

■ **Reduktion der Grünpflegekosten an Straßen bei gleichzeitiger Erhöhung der biologischen Vielfalt im Straßenbegleitgrün – ein Praxistest**

Endbericht

Institut für Landschaft und Umwelt (ILU)

21.01.2021



Mit Unterstützung des Ministerium für
Verkehr Baden-Württemberg



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

Auftraggeber / Gefördert durch:

Ministerium für Verkehr
Baden-Württemberg
Dorotheenstraße 8
70173 Stuttgart



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

Auftragnehmer:

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen-Geislingen
Institut für Landschaft und Umwelt (ILU)
sowie
Institut für Angewandte Agrarforschung
(IAAF)
Hausanschrift:
Hechinger Straße 12, 72622 Nürtingen
Postanschrift:
Postfach 1349, 72603 Nürtingen



Hochschule für
Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen-Geislingen

Projektleitung:

Prof. Dr. Christian Küpfer
Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf
Prof. Dr. Markus Röhl
Prof. Dr. Konrad Reidl

Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing., B.Eng. Manuel Vollrath
B.Eng. Teresa Geiger
B.Sc. Lena Krug
M.Sc. Freya Zettl

Projektbearbeitung extern:

Freier Dipl.-Geograf Ronald Burger
Freier Dipl.-Biologe Klaus Rennwald

Zitiervorschlag:

Vollrath, M., Küpfer, C., Rennwald, K., Burger, R., Geiger, T., Krug, L., Zettl, F. (2020): Reduktion der Grünpflegekosten an Straßen bei gleichzeitiger Erhöhung der biologischen Vielfalt im Straßenbegleitgrün – ein Praxistest.- Endbericht. Im Auftrag des Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. Institut für Landschaft und Umwelt (ILU) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 150 S.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
2. Zielsetzung	8
3. Zusammenfassung und Empfehlungen in Kurzform	9
3.1. Naturschutzfachlicher Wert des Straßenbegleitgrüns.....	9
3.2. Umsetzungsempfehlungen - Kurzform.....	11
4. Methodik.....	12
4.1. Vegetation	12
4.1.1. Vegetationskundliche Erfassung	12
4.1.2. Krautschicht.....	12
4.1.3. Streuschicht.....	12
4.1.4. Offener Boden.....	12
4.1.5. Ertrag und Stickstoffabfuhr	12
4.1.6. Vegetationsdichte.....	13
4.1.7. Zielarten.....	13
4.1.8. Kreuzkrautarten	13
4.2. Fauna.....	14
4.2.1. Entomologische Erfassung	14
4.3. Lage der Versuchsstandorte	15
4.4. Einrichtung der Versuchsstandorte.....	16
4.5. Versuchsstandorte	17
4.5.1. Flächentypen.....	18
4.5.2. Übersicht	23
4.6. Maßnahmen	25
4.6.1. Übersicht	25
4.6.2. Pflegeregime.....	28
4.6.2.1. Mulchen 2x jährlich	28
4.6.2.2. Mähen mit Abräumen und Mulchen	29
4.6.2.3. Mähen mit Abräumen 2x jährlich	29
4.6.3. Parallele Pflegestreifen.....	30
4.6.4. Ansaaten.....	31
4.6.4.1. Übersaat mit Zottigem Klappertopf.....	31

4.6.4.2.Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten	34
4.6.4.3.Neuansaat mit Oberbodenabtrag	35
4.6.5. Maßnahmenkosten.....	37
4.6.5.1.Mähen mit Abräumen	37
4.6.5.2.Mulchen.....	40
4.6.5.3.Übersaaten	41
4.6.5.4.Neuansaat mit Oberbodenabtrag	43
4.7. Statistische Analyse	44
5. Ergebnisse.....	46
5.1. Mulchen (2x jährlich)	46
5.1.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	46
5.1.2. Artenzahlen	47
5.1.3. Krautschicht.....	48
5.1.4. Streuschicht.....	49
5.1.5. Offener Boden.....	50
5.1.6. Vegetationsdichte.....	51
5.1.7. Wildbienen-Monitoring.....	52
5.1.8. Praxiserfahrungen	53
5.1.9. Maßnahmenkosten.....	53
5.2. Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)	54
5.2.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	54
5.2.2. Artenzahlen	55
5.2.3. Krautschicht.....	56
5.2.4. Streuschicht.....	57
5.2.5. Offener Boden.....	58
5.2.6. Vegetationsdichte.....	59
5.2.7. Wildbienen-Monitoring.....	60
5.2.8. Praxiserfahrungen	61
5.2.9. Maßnahmenkosten.....	61
5.3. Mähen mit Abräumen (2x jährlich).....	62
5.3.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	62
5.3.2. Artenzahlen	63
5.3.3. Krautschicht.....	64
5.3.4. Streuschicht.....	65
5.3.5. Offener Boden.....	66

5.3.6. Vegetationsdichte.....	67
5.3.7. Wildbienen-Monitoring.....	68
5.3.8. Praxiserfahrungen.....	69
5.3.9. Maßnahmenkosten.....	69
5.4. Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auf Sichtflächen.....	70
5.4.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	70
5.4.2. Artenzahlen	71
5.4.3. Krautschicht.....	72
5.4.4. Streuschicht.....	73
5.4.5. Offener Boden.....	74
5.4.6. Wildbienen-Monitoring.....	75
5.4.7. Praxiserfahrungen.....	76
5.4.8. Maßnahmenkosten.....	76
5.5. Übersaat mit Zottigem Klappertopf.....	77
5.5.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	77
5.5.2. Artenzahlen	78
5.5.3. Ansaaterfolg.....	79
5.5.4. Krautschicht.....	80
5.5.5. Streuschicht.....	81
5.5.6. Offener Boden.....	82
5.5.7. Vegetationsdichte.....	83
5.5.8. Wildbienen-Monitoring.....	84
5.5.9. Praxiserfahrungen.....	85
5.5.10. Maßnahmenkosten.....	85
5.6. Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten	86
5.6.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	86
5.6.2. Artenzahlen	87
5.6.3. Ansaaterfolg.....	88
5.6.4. Krautschicht.....	89
5.6.5. Streuschicht.....	90
5.6.6. Offener Boden.....	91
5.6.7. Vegetationsdichte.....	92
5.6.8. Wildbienen-Monitoring.....	93
5.6.9. Praxiserfahrungen und Kosten.....	93
5.7. Neuansaat mit Oberbodenabtrag	94
5.7.1. Magstadt, Böblingen	94

5.7.2. Ailringen, Hohenlohekreis	97
5.8. Kreuzkräuter im Modellprojekt.....	99
5.8.1. Bestandsentwicklung im Modellprojekt.....	99
5.9. Wildbienen-Monitoring	101
5.9.1. Wildbienenbestände im Modellprojekt.....	101
5.9.2. Flächentypen und ihre Bedeutung für den Wildbienenenschutz.....	104
5.10. Parallele Pflegestreifen - Refugialflächen.....	106
5.10.1. Einschätzung aus faunistischer Sicht.....	106
5.10.2. Einschätzung aus vegetationskundlicher Sicht.....	107
5.10.3. Einschätzung aus Sicht der Straßenmeistereien.....	108
6. Öffentlichkeitsarbeit und Mitarbeiterschulung	109
7. Zusammenführung der Ergebnisse	110
7.1. Maßnahmen im Vergleich.....	110
7.2. Aushagerung und Mehrkosten gegenüber der Regelpflege	119
7.3. Angepasste Regelpflege: Parallele Pflegestreifen.....	122
7.4. Kreuzkräuter.....	123
7.5. Wildbienen	124
8. Umsetzungsempfehlungen	126
9. Umsetzungsszenario	129
10. Diskussion.....	130
11. Forschungsbedarf	134
12. Danksagungen.....	135
13. Literatur	Fehler! Textmarke nicht definiert.
14. Anhang	139
14.1. Pflanzenliste	139
14.2. Wildbienenliste	146

1. Einleitung

In Baden-Württemberg erstrecken sich entlang von Bundesfern-, Landes- und Kreisstraßen über 27.000 Hektar Gras- und Gehölzflächen, die keiner produktionsorientierten Nutzung unterliegen und im Zuge der Unterhaltung regelmäßig gepflegt werden. Diese Flächen können einer Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten Rückzugs- und Lebensraum bieten und mit ihrer linearen Struktur und der landesweiten Verbreitung wichtige Bausteine des Biotopverbundes darstellen. Vor dem Hintergrund des Arten- und Lebensraumverlustes, insbesondere im Grünland, verdienen straßenbegleitende Grünflächen mit ihrer Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt besondere Beachtung.

Die Naturschutzstrategie des Landes Baden-Württemberg definiert unter anderem das Ziel, die Pflege von Straßenbegleitflächen möglichst naturverträglich zu gestalten und im Sinne des Erhalts der Biodiversität zu optimieren. Vor diesem Hintergrund hat das Verkehrsministerium (VM) im Jahr 2016 das Hinweispapier „Straßenbegleitgrün – Hinweise zur ökologisch-orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen“ veröffentlicht und eingeführt. Im Juni 2017 hat das VM in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) das Modellprojekt "Reduktion der Grünpflegekosten an Straßen bei gleichzeitiger Erhöhung der biologischen Vielfalt - ein Praxistest" gestartet.

Den Schwerpunkt des Projektes bildet die Untersuchung unterschiedlicher Pflegemethoden von Straßenböschungen zur Steigerung der Biodiversität durch Aushagerung. In kleinerem Umfang wird darüber hinaus die Wirksamkeit einer nahezu umbruchlosen Ansaat zur einfachen und schnellen Anlage mehrjähriger naturschutzfachlich wertvoller Blühflächen erprobt. Weiterhin wird durch Befragungen ermittelt, inwieweit eine den Inhalten der Arbeitshilfe des VM zur ökologisch orientierten Pflege des Straßenbegleitgrüns angepasste Regelpflege von Grasflächen des Extensivbereichs einen finanziellen Mehraufwand gegenüber der bisherigen Regelpflege verursacht und inwiefern sich dies auf die naturschutzfachliche Wertigkeit der Flächen auswirkt.

Im ersten Teil des dreijährigen Modellprojektes wurden in den Landkreisen Böblingen, Göppingen und dem Hohenlohekreis verschiedene Pflegemaßnahmen in ihrer mittelfristigen ökonomischen und ökologischen Wirkung untersucht. Im Rahmen des Sonderprogrammes zur Stärkung der biologischen Vielfalt wurde das Projekt auf weitere Landkreise ausgeweitet. In der zweiten Runde des Modellprojektes kamen ab März 2018 die Straßenmeistereien des Alb-Donau-Kreises, des Neckar-Odenwald-Kreises und des Ortenaukreises hinzu, wodurch die Aussagekraft der Ergebnisse hinsichtlich einer Übertragung auf das Land verbessert wird.

Vor dem Hintergrund des Insektensterbens sowie angesichts der zentralen Bedeutung bestäubender Insekten für die Ökosysteme und des Potentials des Straßenbegleitgrüns als Lebensraum für Insekten wurde in beiden Runden des Modellprojektes eine Begleituntersuchung von Wildbienen auf den Projektflächen durchgeführt. Diese Untersuchungen liefern wichtige Informationen zur Funktion und Wertigkeit der besiedelten Lebensräume, die allein anhand der Vegetation nicht abzuleiten sind, da viele Arten sehr spezifische Habitatsprüche aufweisen. Mit der Begleituntersuchung eines Modellorganismus (in diesem Fall der Wildbiene) lassen sich strukturelle und phänologische Veränderungen im Pflanzenbestand besser erkennen

2. Zielsetzung

Im Rahmen des Modellprojektes wurden über einen längeren Zeitraum systematisch und wissenschaftlich auswertbar die ökologischen und ökonomischen Folgen einer geänderten Pflege des Straßenbegleitgrüns dokumentiert. Darauf basierend sollen folgende Ziele erreicht werden:

1. *Durchführung eines Praxistests mit verschiedenen Pflegemethoden für unterschiedliche Vegetationstypen-/Standortkombinationen und Bewertung der kurz-, mittel- und langfristigen Erfolgsaussichten zu Steigerung der Pflanzen- und Wildbienenvielfalt unter Berücksichtigung der Pflegekosten und praktischer Aspekte.*
2. *Durchführung umbruchloser Übersaaten mit mehrjährigen Blütmischungen auf unterschiedlichen Standorten, Einschätzung der Praxistauglichkeit und positiven Effekte auf die Artenvielfalt von Pflanzen- und Wildbienen.*
3. *Untersuchung der Fragestellung, inwieweit eine den Inhalten des Hinweispapiers „Straßenbegleitgrün - Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen“ angepasste Regelpflege einen finanziellen Mehraufwand gegenüber der bisherigen Regelpflege verursacht und sich positiv auf die naturschutzfachliche Wertigkeit der Flächen auswirkt.*
4. *Untersuchung, wie sich die anfallenden Mehrkosten für die Aushagerung ausgewählter Böschungsschnitte auf geeigneten Böschungen mittelfristig darstellen und diese deren Beitrag zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt gegenüberstellen.*

Aus dem Modellprojekt sollen standortangepasste Handlungsempfehlungen zur langfristigen Pflege der auszuhagernden bzw. ausgehagerten Böschungen und der angelegten Blühflächen hervorgehen.

Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen die Arbeitshilfen des VM zur ökologischen Pflege weiterentwickelt werden, um Empfehlungen für eine sowohl unter Kostengesichtspunkten, als auch im Hinblick auf die Förderung der biologischen Vielfalt optimierte Pflege der straßenbegleitenden Flächen zu erhalten. Weiterhin soll das Projekt wie auch die Aushagerung straßenbegleitender Grasflächen dazu beitragen, die anzupassenden Pflegemaßnahmen in die Arbeitsabläufe des Straßenbetriebsdienstes integrieren. Die Vegetationsaufnahmen in Kombination mit der begleitenden Wildbienenuntersuchung dienen außerdem der Erhebung von Grundlagendaten zur Funktion und Wertigkeit des Straßenbegleitgrüns als Lebensraum auch im Hinblick auf verschiedene Pflegeregime.

Damit stellen die Ergebnisse des Modellprojektes eine wichtige Grundlage dar, um die Artenvielfalt auf straßenbegleitenden Flächen langfristig zu fördern und somit die Möglichkeiten nutzbar zu machen, die das Straßenbegleitgrün als Beitrag zur Biodiversität bietet.

3. Zusammenfassung und Empfehlungen in Kurzform

3.1. Naturschutzfachlicher Wert des Straßenbegleitgrüns

Straßenbegleitgrün dient heute vielen Pflanzen und Insektenarten des Grünlandes als Ersatzhabitat und gewinnt mit zunehmender Flächenversiegelung, Landschaftszerschneidung, landwirtschaftlicher Intensivierung und Nutzungsaufgabe stetig an Bedeutung für ein breites Spektrum an Pflanzen- und Insektenarten des Grünlandes und der Ruderalstandorte. Um jedoch langfristig als Ersatzhabitat zu dienen, sollte die Pflege den standörtlichen Bedingungen, dem Aufwuchs und der Vegetation angepasst werden und einer entsprechenden Grünlandbewirtschaftung in Frequenz und Methode möglichst nahekommen.

Allen Bemühungen zur Aufwertung des Straßenbegleitgrüns zum Trotz steht dabei nicht zur Diskussion, ob es dieselbe Bedeutung für Flora und Fauna wie z.B. Naturschutzgebiete hat – alle Bemühungen, straßenbegleitende Flächen aufzuwerten und für Insekten attraktiver zu gestalten, dienen der Minimierung negativer Folgen menschlichen Verhaltens im Umgang mit der Natur. Straßenbegleitgrün wird niemals große zusammenhängende Naturschutzgebiete, vielfältige Landschaften, alte Wälder oder artenreiches Grünland ersetzen können.

Im Fokus des Modellprojektes lag die Aufwertung von artenarmen Straßenbegleitgrünflächen, sodass beim Leser insgesamt der Eindruck entstehen kann, dass es nur artenarmes Straßenbegleitgrün gibt. Wie die Erfahrungen aus zahlreichen Bereisungen der Modelllandkreise und Erhebungen der Wildbienen im Modellprojekt jedoch zeigen, gibt es durchaus sehr wertvolle Straßenbegleitgrünflächen, die keiner Aufwertung bedürfen und auch unter Regelpflege bereits hervorragend dem Schutz von Insekten und Pflanzen dienen. Es gibt hier jedoch sehr große Unterschiede, die auf der Geologie, dem Boden, dem Relief und der umliegenden Vegetation beruhen und kleinräumig sehr groß sein können. Es zeigt sich auch, dass Straßenbegleitgrün für Wildbienen ein hohes Potenzial aufweist. Dies liegt zum einen am teilweise sehr reichhaltigen Blütenangebot, das sowohl eine breite Palette von Arten des Grünlandes, aber auch zahlreiche Ruderalarten beinhaltet. Zum anderen ergibt sich auf sehr mageren Standorten, besonders aber in steileren und mageren Böschungen ein günstiges Nistplatzangebot für zahlreiche in der Erde nistende Wildbienenarten.

Ein genereller Trend ist dennoch feststellbar: In Baden-Württemberg ist ein großer Teil des Extensivbereichs des Straßenbegleitgrüns (mit Grünlandvegetation) aus naturschutzfachlicher Sicht unternutzt, dadurch floristisch verarmt (von Gräsern dominiert) und wird dem potenziellen Nutzen für den Naturschutz nicht gerecht. Artenreiches Magergrünland lässt sich zwar längst nicht auf allen Standorten entwickeln und kann unter den aktuellen personellen und technischen Voraussetzungen nicht zum allgemeingültigen Entwicklungsziel im Straßenbegleitgrün erhoben werden, aber die aktuell durchgeführte Pflegepraxis (einmaliges spätes Mulchen) begünstigt die Entstehung von artenarmen Gräserdominanzbeständen.

Entwicklungsziel sollte ein vielfältiges Mosaik aus verschiedenen Grünlandbeständen, Nutzungsformen und -intensitäten sein. Dabei sollten die natürlichen Potenziale einer Landschaft möglichst effizient ausgenutzt werden und nicht „gegen den Standort gearbeitet“ werden. Die Entwicklung von artenreichen Mähwiesen sollte dabei genauso Berücksichtigung finden wie die Förderung von trockenen Extremstandorten für spezialisierte Arten oder die Anlage von blütenreichen Blühflächen.

Exkurs: Höhere Pflanzenartenvielfalt durch intensivere Pflege

Ab einem Ertrag von ca. 60 dt/ha TM verlieren Grünlandbestände aufgrund der zunehmenden Lichtkonkurrenz ihre Pflanzenartenvielfalt. Konkurrenzstarke Arten, vor allem Gräser, nutzen das Nährstoffpotenzial besser aus und verdrängen in der Folge lichtbedürftige Kräuter (Dierschke und Briemle 2008). In diesem Ertragsbereich liegt ein Teil der untersuchten Flächen und weist durchschnittlich auch die niedrigsten Artenzahlen auf. Es ist davon auszugehen, dass einmaliges spätes Mulchen im Herbst oder Winter (Regelpflege) diese negativen Prozesse verstärkt und auch bei niedrigeren Erträgen von 30 bis 55 dt/ha Trockenmasse (TM) hervorruft.

Wie Jakobsson et al. (2018) zeigen, ist eine zweischürige Pflege des Straßenbegleitgrüns einer einschürigen Pflege vorzuziehen. Ein Abräumen der Biomasse scheint darüber hinaus ein Schlüsselfaktor für eine hohe Artenvielfalt zu sein, wobei selbst eine zweischürige Mulchmahd einer einschürigen späten Mulchmahd vorzuziehen ist (LUBW 2009). Zweimaliges Mulchen wird häufig als Alternative zu einer zweischürigen Mahd empfohlen um die Pflanzenartenvielfalt von Magerwiesen zu erhalten (u.a. Dierschke und Briemle 2008; LUBW 2009). Auch ohne direkten Nährstoffentzug stellt sich nach einiger Zeit ein „Ausmagerungsaspekt“ ein, der auf einer regelmäßigen Lichtstellung der Vegetation beruht (Bosshard 2016).

Sehr magere Bestände mit schütterem Aufwuchs (Magerrasen oder Halbtrockenrasen) sind von diesen Empfehlungen jedoch ausgenommen und können zum Erhalt einmal im Jahr gepflegt werden (Dierschke und Briemle 2008).

3.2. Umsetzungsempfehlungen - Kurzform

Die Ergebnisse des Modellprojektes fließen in konkrete Handlungsempfehlungen zur Aufwertung von Straßenbegleitgrünflächen mit Grünlandvegetation (Grasböschungen) mittlerer bis trockener Standorte ein. Nicht untersucht wurden magere artenreiche Grünlandbestände, die keiner Aufwertung bedürfen und auch unter Regelpflege einen akzeptablen Zustand aufweisen. In Abbildung 1 werden die Maßnahmenempfehlungen mit höchster Priorität sowie die aktuell praktizierte Regelpflege in ihrer Wirkung auf Flora und Fauna des Grünlandes in vereinfachter Form dargestellt. Für eine detaillierte Darstellung und Beschreibung der Umsetzungsempfehlungen siehe Kapitel 8.

Standort und Ertrag:	Wirkung auf Pflanzen und Insekten des Grünlandes:			Refugialflächen
	nachteilig	nicht optimal	vorteilhaft	
sehr wüchsige Standorte >55 dt/ha	Mulchen (1x jährlich)			10-20%
mäßig wüchsige Standorte 30-55 dt/ha		Mulchen (1x jährlich)	Mähen mit Abräumen (2x jährlich) & Neu- und Übersaaten	10-20%
trockenwarme Sonderstandorte <30 dt/ha			Mulchen (bis 1x jährlich) Sonderstandorte fördern Übersaaten	20-30%
große Sichtflächen			Mulchen (2-3x jährlich) Neuansaat: Dann Mähen mit Abräumen	20-30%
blühende Massentrachten			stehen lassen	

Ist-Zustand
(Regelpflege)
zu empfehlen

Abbildung 1 Vereinfachte Maßnahmenempfehlung zur Aufwertung von Straßenbegleitgrünflächen mit Grünlandvegetation mittlerer bis trockener Standorte.

4. Methodik

4.1. Vegetation

4.1.1. Vegetationskundliche Erfassung

Zwischen 2017 und 2020 wurden 322 Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Für die vegetationskundliche Erfassung wurden alle vorkommenden Gefäßpflanzen auf den Dauerbeobachtungsflächen erfasst und deren Flächenanteile nach Londo 1976 geschätzt.

Die Erstaufnahme der Dauerbeobachtungsflächen erstreckte sich von Juni bis August 2017 (Projektrunde 1: Landkreise Böblingen, Göppingen und Hohenlohekreis) bzw. Juni bis August 2018 (Projektrunde 2: Alb-Donau-Kreis, Neckar-Odenwald-Kreis und Ortenaukreis), wodurch die geplanten Maßnahmen erst im jeweiligen Folgejahr durchgeführt werden konnten (mit Ausnahme der Ansaaten im Herbst 2018).

Nach durchgeführter Maßnahme im Frühsommer (erster Pflegedurchgang), erfolgte die regelmäßige vegetationskundliche Untersuchung der Dauerbeobachtungsflächen des zweiten Vegetationsaufwuchses frühestens ca. 6 Wochen nach dem ersten Pflegedurchgang. Die extreme Trockenheit im Jahr 2018 und örtlich auch 2019 hatten z.T. Ergebnisse zur Folge, die eine Auswertung einiger Flächen unmöglich machte. Insbesondere auf einigen voll besonnten und südexponierten Böschungen konnten in diesen Jahren keine verwertbaren Untersuchungen stattfinden.

4.1.2. Krautschicht

Zur Charakterisierung der Krautschicht wurde die Deckung (als Flächenanteil der Dauerbeobachtungsfläche) sowie das Verhältnis von Gräsern zu Kräutern in der Krautschicht geschätzt. Für spätere Untersuchungen wurde die Deckung der Krautschicht und der Kräuteranteil verwendet.

4.1.3. Streuschicht

Zur Quantifizierung der Streuschicht wurde die Deckung (als Flächenanteil der Dauerbeobachtungsfläche; auch unter vorhandener Vegetation) geschätzt und die Schichtdicke an vier zufällig ausgewählten Stellen gemessen und gemittelt.

4.1.4. Offener Boden

Die Deckung mit offenen Bodenstellen (als Flächenanteil der Dauerbeobachtungsfläche) wurde geschätzt, wobei nur tatsächlich sichtbare Bodenstellen berücksichtigt wurden und kein offener Boden, der von Vegetation oder Streu bedeckt war.

4.1.5. Ertrag und Stickstoffabfuhr

Zur Bestimmung des Ertrages in [dt/ha] Trockenmasse (TM) und der Stickstoffabfuhr in [kg/ha] Stickstoff (N), wurde außerhalb, unmittelbar am Rand der Dauerbeobachtungsflächen an jährlich wechselnder Position die Biomasse auf einer 1 m² Fläche entnommen. Dabei wurde mit Hilfe einer handelsüblichen Gartenschere die Biomasse bodennah abgeschnitten. Es wurde jegliche Biomasse, die in der abgesteckten Fläche lag oder hineinragte, entnommen (jedoch kein Laub und Streu aus dem Vorjahr). Zur Bestimmung des Trockengewichts, wurden die Proben in einem Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz bei 55°C getrocknet und gewogen. An der Universität Hohenheim wurde der Kohlenstoff- und Stickstoffanteil jeweils einer Teilprobe jeder Probe bestimmt.

Die tatsächlichen Erträge der Flächen dürften grundsätzlich etwas höher liegen als die angegebenen Werte, da die Biomasse des zweiten Aufwuchses 2 bis 4 Wochen vor dem zweiten Pflegedurchgang entnommen wurde. Im Jahr 2020 wurden keine Biomasseproben entnommen.

4.1.6. Vegetationsdichte

Neben den Untersuchungen zum Biomasseaufwuchs wurde für die Vegetationsdichte ermittelt. Hierzu wurde das Verfahren von Barkman 1988 ausgewählt, das in Traxler 1997 beschrieben wird (vgl. Traxler 1997). Das Verfahren wurde leicht modifiziert bzw. den Bedingungen einer Straßenböschung angepasst. Die Strukturanalyse wurde auf den in Kap. 4.1 beschriebenen Plots, immer an derselben Position durchgeführt. Für die Untersuchung wurde ein Dichtemesser gebaut (vgl. Geiger 2016). Der Dichtemesser besteht aus vier senkrechten Latten, die im Abstand von 0,10 x 1,0 m im Rechteck aufgestellt sind. Zur besseren Handhabung wurden jeweils zwei Latten oben und unten miteinander verbunden. An diesen Latten befinden sich auf den Höhenstufen 1,00 m, 0,80 m, 0,60 m, 0,40 m, 0,30 m, 0,20 m und 0,10 m kleine Haken zur Befestigung zweier Stäbe.



Foto 1 Vorrichtung zur Messung der Vegetationsdichte. Foto: ILU.

Bei der Messung werden die Stäbe nacheinander, von oben nach unten, auf die Haken gehängt. Zur einfacheren Handhabung sind die Stäbe durch farbige Markierungsstreifen in vier gleich große Teile mit jeweils 0,25 m Länge unterteilt. Für die Messung wird bei jeder Höhenstufe die Dichte des Aufwuchses zwischen dem vorderen und hinteren Stab ermittelt. Zusätzlich erfolgt die Messung der maximalen Vegetationshöhe und Schätzung der durchschnittlichen Vegetationshöhe.

4.1.7. Zielarten

Als Zielarten, wurden alle nektar- und pollenführenden Pflanzenarten gezählt, die von blütenbesuchenden Insekten genutzt werden. Gesamtartenliste der Gefäßpflanzen im Anhang.

4.1.8. Kreuzkrautarten

Nicht nur das Jakobs-Kreuzkraut (*Jacobaea vulgaris*) ist giftig, sondern auch weitere Kreuzkrautarten, wie das Raukenblättrige Kreuzkraut (*Senecio erucifolius*) und das Schmalblättrige Kreuzkraut (*Senecio inaequidens*). Für diese drei Arten wurde die Entwicklung (mittlere Deckung [%] sowie Vorkommen [ja/nein]) auf den Versuchsflächen infolge der Maßnahmen untersucht. Aufgrund der kleinen Stichprobe

für die Auswertung der drei Arten und großen Varianz in den Daten, wurden die Arten zusammengefasst und die Maßnahmen wie folgt gebündelt:

Mahdregime: Mulchen 2x, Mähen mit Abräumen und Mulchen, Mähen mit Abräumen 2x

Übersaaten: Übersaat mit Zottigem Klappertopf, Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten

4.2. Fauna

4.2.1. Entomologische Erfassung

Die Erfassung der Wildbienen wurde in den Jahren 2018 und 2019 (Landkreise BB, GP und HOH) sowie 2019 und 2020 (Landkreise ADK, NOK und OTK) durchgeführt. Das erste Untersuchungsjahr (vor jeglicher Maßnahme) wird daher nicht berücksichtigt. Die Wildbienenuntersuchungen wurden viermal jährlich im Zeitraum von April bis September auf den Projektflächen durchgeführt. Das Begutachten der Flächen unmittelbar nach dem Pflegeeingriff liefert keine hilfreichen Informationen hinsichtlich der Standort-eignung und -entwicklung für Wildbienen, sodass die Begehungen vor und zwischen den Maßnahmen durchgeführt wurden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Wildbienenerfassungsrunden (W1 bis W4) und Pflegedurchgänge (Pfl1 und Pfl2).

Landkreis	J	F	M	A			M			J			A			S	O	N	D
OTK																			
BB																			
GP																			
HOH																			
NOK																			
ADK																			
				W1			W2			W3			W4			Pfl2			

Es wurden gezeitete Transektbegehungen (20 min für 50 m) jeweils auf den Maßnahmen- und Kontrollflächen durchgeführt. Alle Sichtbeobachtungen von Wildbienen 2 m links und rechts vom Transektverlauf wurden notiert um Artenzahl und Individuenzahl zu erfassen. Arten, die nicht direkt im Feld identifiziert werden konnten, wurden mittels Kescher gefangen, mit Essigsäureethylester abgetötet und bis auf Artniveau nachbestimmt. Im Anschluss an die Transektbegehung wurden die Flächen nochmals außerhalb des Transektes abgegangen, um relevanten Strukturen außerhalb des Transektes zu erfassen (offene Bodenstellen, relevante Pflanzenarten, Nistplätze) und eine qualitative Einschätzung der Flächen-eignung abzugeben.

Im Jahr 2018 wurden aufgrund der extremen Dürre und fehlendem Zweitaufwuchs nur drei Erfassungsrunden durchgeführt, was zu tendenziell etwas niedrigeren Arten- und Individuenzahlen im U2 führt.

4.3. Lage der Versuchsstandorte

Die Auswahl und räumliche Festlegung der Versuchsstandorte, erfolgte zusammen mit den beteiligten Straßenmeistereien des Alb-Donau-Kreises, der Landkreise Böblingen, Esslingen, Göppingen, des Hohenlohe-, Neckar-Odenwald- und Ortenaukreises. Bei der Auswahl entsprechender Straßenböschungen wurde die örtliche Parksituation und Zugänglichkeit berücksichtigt, sowie die Übersichtlichkeit des Straßenverlaufs zur Sicherheit der Wissenschaftlichen Mitarbeiter, externen Entomologen und des Personals der Straßenmeistereien.

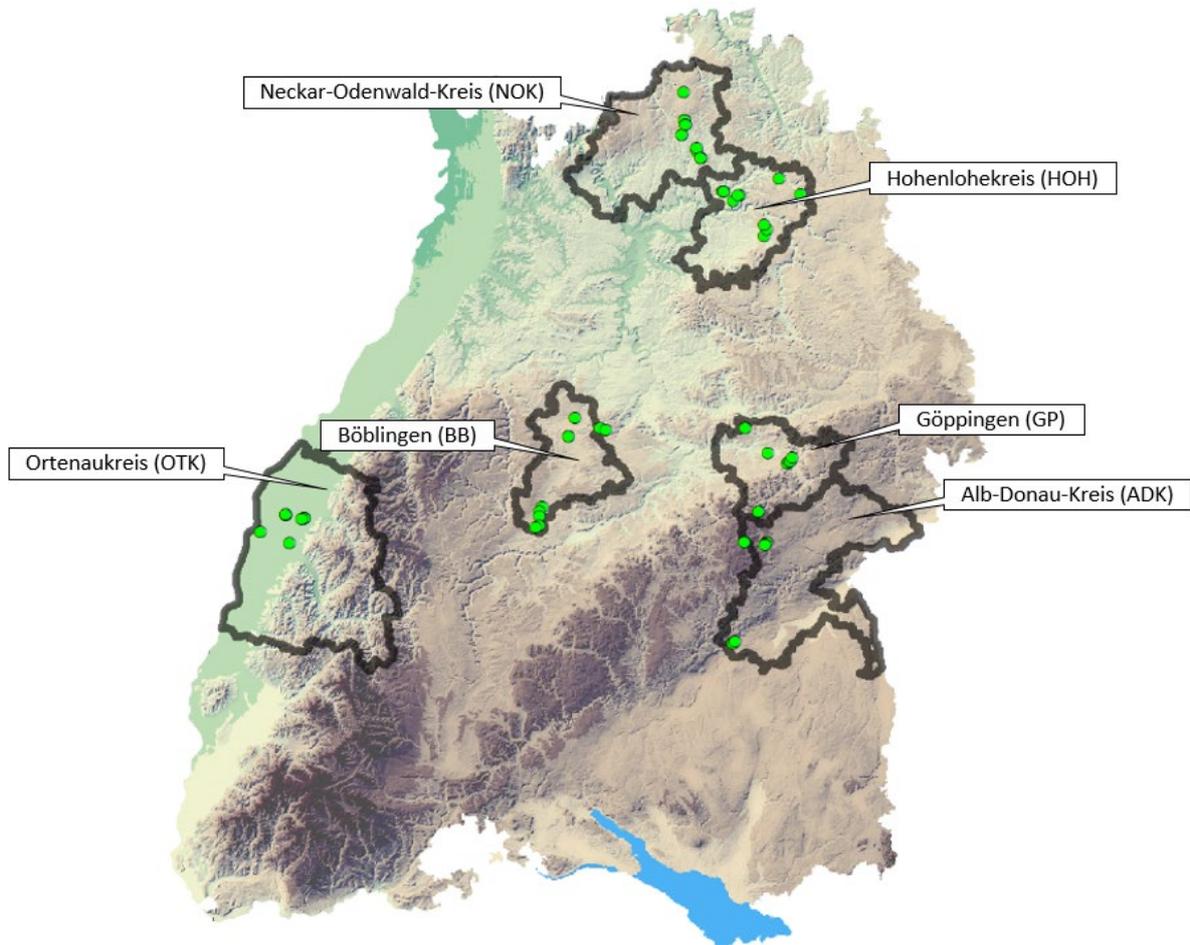


Abbildung 2 Lage der Versuchsflächen in Baden-Württemberg.

Abbildung 2 zeigt die Lage der Versuchsstandorte in den teilnehmenden Landkreisen in Baden-Württemberg. Die Versuchsstandorte liegen in den Naturräumen (Naturräume 3. Ordnung nach Meynen) Bauland, Hohenloher-Haller-Ebene, Hügelland der unteren Riß, Kocher-Jagst-Ebenen, Mittlere Flächenalb, Mittlere Kuppenalb, Mittleres Albvorland, Obere Gäue, Offenburger Rheinebene, Sandstein-Odenwald, Schönbuch Glemswald sowie Schurwald und Welzheimer Wald.

4.4. Einrichtung der Versuchsstandorte

Ein Versuchsstandort besteht aus mindestens zwei Versuchsflächen (Maßnahmen- und Kontrollfläche) und ist wie in Abbildung 3 dargestellt aufgebaut. Aufgrund der schwierigen Suche nach geeigneten Versuchsstandorten in einigen Landkreisen, wurden teilweise bis zu 6 Versuchsflächen an einem Versuchsstandorte platziert.

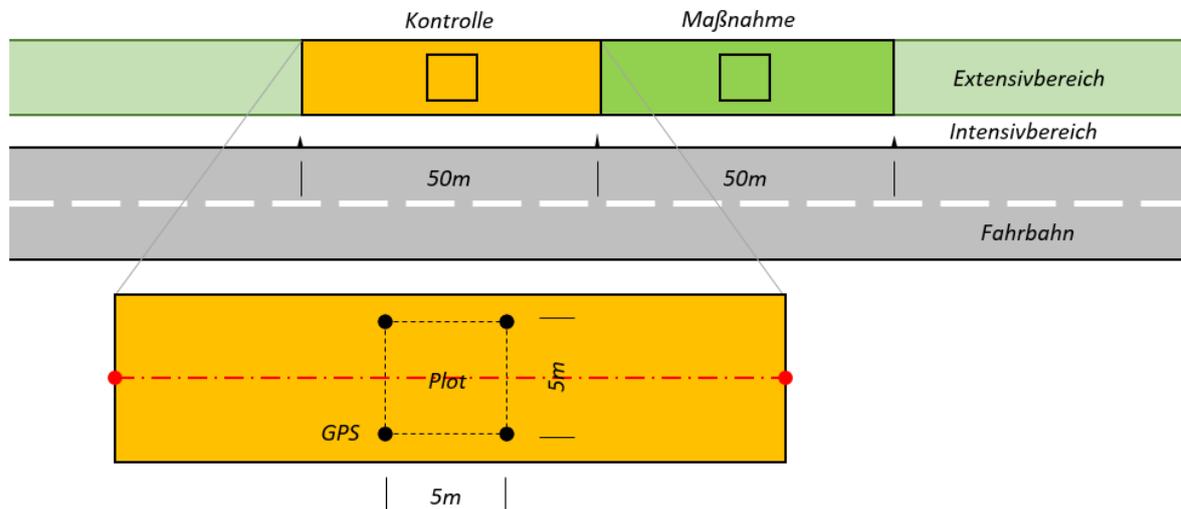


Abbildung 3 Schematische Darstellung eines Versuchsstandortes mit Kontroll- und Maßnahmenfläche, darin liegenden Dauerbeobachtungsflächen „Plots“ (schwarze Quadrate); Schwarze Dreiecke stellen Verkehrsleitpfosten dar; Darunter vergrößert die schematische Darstellung einer Kontrollfläche mit Plot, Eckpunkte der Plots wurden D-GPS eingemessen (schwarze Punkte); Rote Strich-Punkt-Linie zeigt den Transekt für die Erfassung der Wildbienen.

Die Länge einer Versuchsfläche beträgt mindestens 50 m. Zur einfacheren Einteilung fand, wenn möglich, eine Orientierung an vorhandenen Verkehrsleitpfosten statt. Die Plotgröße beträgt in der Regel 25 m² bei quadratischem Zuschnitt, wobei in Einzelfällen aufgrund des Flächenzuschnitts nur 6 m² möglich waren und rechteckige Zuschnitt erforderlich waren. Die Eckpunkte der Plots wurden bodeneben vermarkert und anschließend mittels D-GPS lagegenau eingemessen.

4.5. Versuchsstandorte

Die zu erprobenden Maßnahmen wurden den Standorten nicht randomisiert zugewiesen, sondern jeweils einem Böschungstyp, der sich hinsichtlich Straßenraumsituation, Ertrag [dt/ha TM], Gesamt- und Zielartenzahl (Vegetation) sowie Vegetationstyp unterschied.

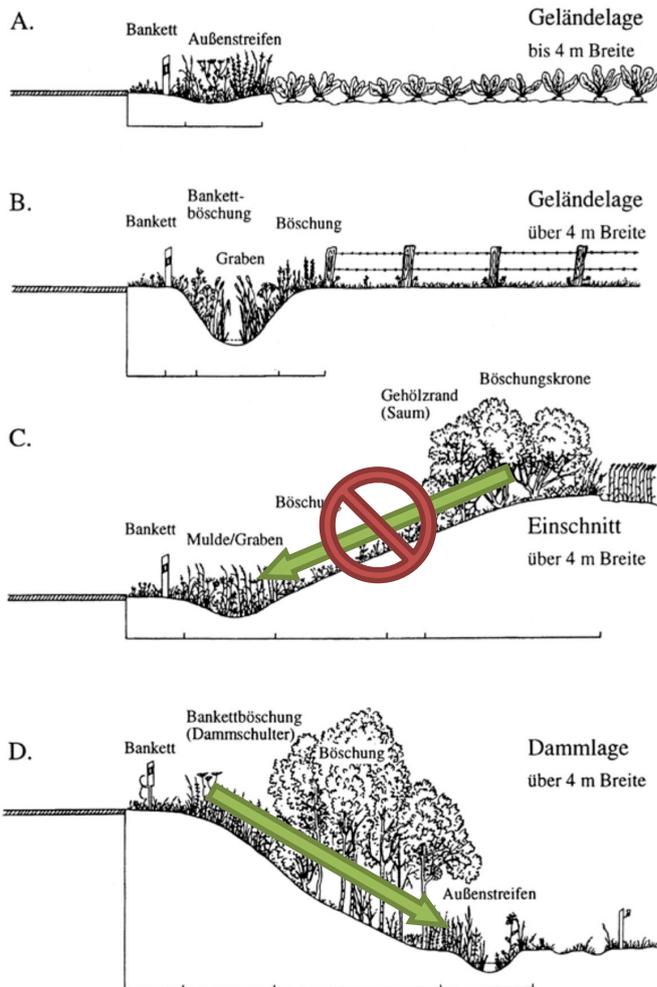
So wurde beispielsweise aufgrund der Verkehrssicherheit und zur Vermeidung von Verkehrsbehinderungen nur auf ebenen und der Fahrbahn abgewandten Böschungen Mähen mit Abräumen durchgeführt. Darauf aufbauend nur auf solchen Böschungen, die nicht oder nur wenig von lateralen Nährstoffeintrag betroffen waren und bereits einige Zielarten im Bestand aufwiesen. Für diesen Flächentyp wurde das naturschutzfachliche Potenzial dementsprechend sehr hoch eingeschätzt.

Als weiteres Beispiel sind artenarme sehr nährstoffreiche Böschungen zu nennen, die häufig in direktem Kontakt zu gedüngten landwirtschaftlichen Flächen stehen, günstige Standorteigenschaften aufweisen und sehr häufig vorkommen. Da hier günstige Bodeneigenschaften auf stetigen lateralen Nährstoffnachschub treffen, kann von einer Ausmagerung durch Mähen mit Abräumen nur eingeschränkt ausgegangen werden. Je nach Standort und Boden, können Jahrzehnte für eine messbare Ausmagerung vergehen und die Verwertung bzw. Entsorgung der anfallenden Biomasse ist eine ungeklärte Frage. Das Aufwertungspotenzial ist dementsprechend als gering einzustufen. Aufgrund der Häufigkeit dieses Flächentyps, wurde im Rahmen des Modellprojektes jedoch ein kostengünstigerer Ansatz verfolgt und zweimaliges Mulchen, sowie die Kombination aus Mähen mit Abräumen (erster Aufwuchs) und Mulchen (zweiter Aufwuchs) erprobt.

Durch die Einteilung in Flächentypen und gezielten Zuweisung der Maßnahmen ergeben sich verschiedene Ausgangsniveaus einiger Parameter, was einen direkten Vergleich der Maßnahmen untereinander nur eingeschränkt erlaubt.

4.5.1. Flächentypen

Je nach Ausgangssituation sind Lage und Topographie des Straßenbegleitgrüns unterschiedlich, daher ist eine grobe Klassifizierung hinsichtlich der räumlichen Situation sinnvoll. Abbildung 4 zeigt typische räumliche Situationen im Straßenraum, die Straßenrandzonierung und geeignete Arbeitsrichtungen für die Aufnahme von Mähgut (grüner Pfeil). Dargestellt sind auch Gehölze und Bäume, die jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung sind.



Straße mit Begleitgrün in (nahezu) ebener Lage, keine oder nur schwach ausgebildete dazwischenliegende Entwässerungsmulde oder Randstein. Mähgutaufnahme auf der Fläche möglich. (Typ 4, Foto 7 entsprechend)

Straße mit Begleitgrün in (nahezu) ebener Lage, mit dazwischenliegender Entwässerungsmulde/Graben. Zufahrt erschwert, Mähgutaufnahme auf der Fläche möglich.

Straße mit Begleitgrün an Böschung (Einschnittssituation). Mähgutaufnahme im Straßenbereich ungünstig. (Typ 1c und 2c, Foto 2 und 4 entsprechend)

Straße mit Begleitgrün an Böschung (Dammlage) Mähgutaufnahme am Hangfuß möglich. (Typ 1d und 2d, Foto 3 und 5 entsprechend)

Abbildung 4 Räumliche Situation und Straßenrandzonierung für typische Beispiele (VM 2016), verändert nach HfWU.

Im Folgenden werden verschiedene Flächentypen unter Berücksichtigung der räumlichen Situation in Steckbriefen beschrieben. Angaben zu Vegetation (Gesamtartenzahl) beziehen sich auf den dreijährigen Mittelwert der unbehandelten Kontrollflächen \pm Standardfehler (SE). Angaben zum Ertrag in dt/ha siehe Kapitel 4.1.5. Es wurden nicht alle denkbaren Kombinationen aus Standort und räumlicher Situation berücksichtigt, sondern nur Häufige und solche, die Rückschlüsse auf andere Fälle erlauben. Tabelle 2 fasst die Zuweisung der Maßnahmen zusammen und Tabelle 3 zeigt die Stichprobenzahl der Maßnahmen in den Landkreisen und Projektrunden.

Typ 1 „sehr wüchsig“



Foto 2 Typ 1c „sehr wüchsig, Einschnitt“, Foto: ILU.



Foto 3 Typ 1d „sehr wüchsig, Dammlage“, Foto: ILU.

Charakterisierung:

Nährstoffreiche frische Standorte mit sehr hohem und dichtem Aufwuchs, stark obergrasdominiert, keine Stockwerke in der vertikalen Vegetationsstruktur, Lichtmangel am Grund, dichte Streuschicht noch im Frühsommer, i.d.R. arm an wertgebenden Blütenpflanzen, viele Nährstoffzeiger, häufig lateraler Nährstoffeintrag aus angrenzender Landwirtschaft.

Ertrag: ca. 64 dt/ha TM

Mittlere Gesamtartenzahl: $19,4 \pm 1,0 SE$

Mittlere Zielartenzahl: $9,5 \pm 1,0 SE$

Vegetation: artenarme Glatthafer-Wiesen i.w.S.; oft im Übergang zu Glatthafer-Fettwiesen und nährstoffreichen Stauden- bzw. Unkrautfluren und Ruderalgesellschaften.

Typ 2 „mäßig wüchsig“



Foto 4 Typ 2c „mäßig wüchsig, Einschnitt“, Foto: ILU.



Foto 5 Typ 2d „mäßig wüchsig, Dammlage“, Foto: ILU.

Charakterisierung: Mäßig wüchsig und mäßig frischer Standort, lichter Aufwuchs, neben Obergräsern auch Untergräser vorhanden, vertikale Vegetationsstruktur mit Stockwerken zu erkennen, Licht bis auf den Grund, Magerkeitszeiger bzw. Zielarten vorhanden.

Ertrag: ca. 54 dt/ha TM

Mittlere Gesamtartenzahl: $21,9 \pm 0,8 SE$

Mittlere Zielartenzahl: $12,1 \pm 0,7 SE$

Vegetation: artenreiche Glatthafer-Wiesen i.w.S.; teilweise im Übergang zu Salbei-Glatthafer-Wiesen und halbruderalen Queckenrasen trockenwarmer Standorte.

Typ 3 „trocken und lückig“



Foto 6 Typ 3 „trocken und lückig“, Foto: ILU.

Charakterisierung: Niedriger und sehr lückiger Aufwuchs, meistens südexponiert und steil, regelmäßiger Trockenstress, viel offener Boden, von Aufrechter Trespe (*Bromus erectus*) dominiert. Unter sehr ähnlichen standörtlichen Bedingungen kommen überaus artenreiche sowie artenarme Bestände vor (Potenzial sehr hoch).

Ertrag: ca. 30 dt/ha TM

Mittlere Gesamtartenzahl: $23,3 \pm 1,2 SE$

Mittlere Zielartenzahl: $15,4 \pm 0,8 SE$

Vegetation: Trocken- und Halbtrockenrasen im Übergang zu Salbei-Glatthafer-Wiesen, halbruderalen Queckenrasen trockenwarmer Standorte und Ruderalgesellschaften.

Typ 4 „Sichtfläche“



Foto 7 Typ 4a „Sichtfläche, Geländelage“, Foto: ILU.

Charakterisierung: Ebene, kurzrasige Sichtflächen in Kreuzungsbereichen sowie Aus- und Auffahrten (Intensivbereich), die in der Regel mindestens 2x jährlich gemulcht werden um Sichtachsen freizuhalten, häufig vergleichsweise artenreich.

Ertrag: ca. 25 dt/ha TM*

**Der tatsächliche Ertrag dürfte höher liegen, weil aus Gründen der Verkehrssicherheit kein freier Aufwuchs möglich war.*

Mittlere Gesamtartenzahl: $25,4 \pm 1,6 SE$

Mittlere Zielartenzahl: $16,0 \pm 1,2 SE$

Vegetation: Kriech- und Trittrasen i.w.S.

Typ 5 „Referenz“ (artenreiche Ansaaten)



Foto 8 Typ 5 „Referenz“, Foto: ILU.

Charakterisierung: Artenreiche, mehr oder weniger nährstoffreiche Böschungen verschiedener Standorte, auf denen im Zuge des Straßenbaus bzw. der Neuanlage artenreiche Ansaaten durchgeführt wurden (ein bis mehrere Jahre alt). Flächen dieser Ausprägung werden als Referenz herangezogen.

Ertrag: ca. 20 dt/ha TM*

**Der tatsächliche Ertrag dürfte höher liegen, da teilweise junge Ansaaten mit aufgenommen wurden.*

Mittlere Gesamtartenzahl: $28,8 \pm 2,0 SE$

Mittlere Zielartenzahl: $19,8 \pm 1,5 SE$

Vegetation: Artenreiche Ansaaten

4.5.2. Übersicht

Die Flächentypen werden im Folgenden anhand der Ertragsmenge in [dt/ha] Trockenmasse (TM), der potenziellen Stickstoffabfuhr in [kg/ha], dem Anteil der Zielarten in der Vegetation in [%] sowie den vorkommenden Wildbienenarten gegenübergestellt.

Intensiv gedüngte Vielschnittwiesen können Erträge weit über 100 dt/ha TM erbringen (Dierschke und Briemle 2008). Mit ca. 60 dt/ha TM liegen selbst die ertragsreichsten Flächen des Typ 1 „sehr wüchsig“ noch deutlich darunter (siehe Abbildung 5), weisen jedoch bereits die wenigsten Zielarten unter den Flächentypen auf (siehe Abbildung 7).

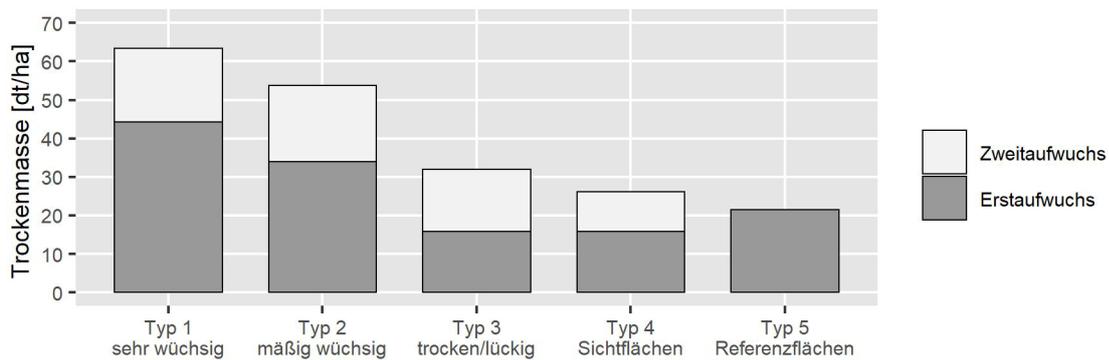


Abbildung 5 Mittlere Ertragsmenge in [dt/ha] TM der verschiedenen Flächentypen; dreijährige Mittelwerte von 2017 bis 2019.

Bei einer zweischürigen Nutzung lassen sich auf Flächen des Typ 1 „sehr wüchsig“ prinzipiell bis zu 90 kg/ha Stickstoff entziehen (siehe Abbildung 6). Diese Zahl erlaubt jedoch nicht unbedingt einen direkten Rückschluss auf die Dauer einer Aushagerung (Bosshard 2016).

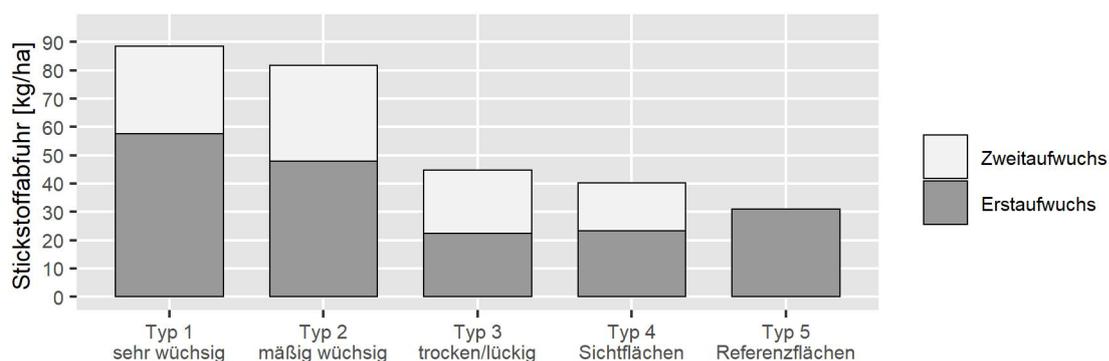


Abbildung 6 Mittlere potenzielle Stickstoffabfuhr in [kg/ha] der verschiedenen Flächentypen; dreijährige Mittelwerte von 2017 bis 2019.

Die Gegenüberstellung der Zielartenanteile an den übrigen Pflanzenarten macht deutlich, wie stark sich die Vegetation unterscheidet (siehe Abbildung 7). Typ 4 „Sichtflächen“ weist beispielsweise fast genausoviele Zielarten im Bestand auf (durchschnittlich $16,0 \pm 1,2$ Standardfehler (SE)), wie Typ 1 „sehr wüchsig“ insgesamt Pflanzenarten aufweist (durchschnittlich $19,4 \pm 1,0$ SE).

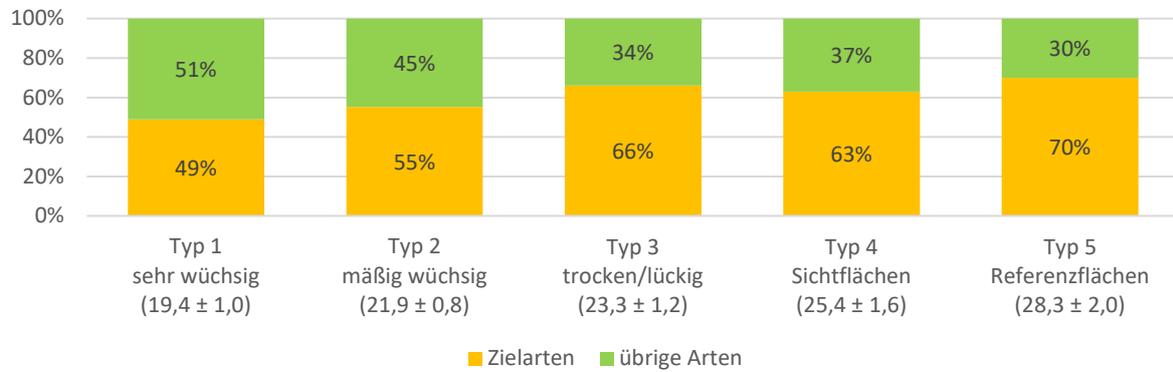


Abbildung 7 Anteil der Zielarten an den übrigen Pflanzenarten der verschiedenen Flächentypen; absolute mittlere Gesamtartenzahl \pm SE in Klammern; vierjährige Mittelwerte von 2017 bis 2020 (nur unbeeinflusste Kontrollflächen).

4.6. Maßnahmen

4.6.1. Übersicht

Der Fokus der Studie liegt auf der Erprobung von Maßnahmen zur Aufwertung artenarmer Bestände. Ausgehend von der Hypothese, dass

a) Nährstoffentzug und Lichtstellung durch Abräumen bzw. zweischüriges Pflegeregime sowie
b) kostengünstige Übersaaten die Biodiversität im Straßenbegleitgrün erhöhen können, wurden folgende Maßnahmen erprobt:

a) Verändertes Pflegeregime:

- Mulchen 2x jährlich,
- Mähen mit Abräumen (erster Aufwuchs) und Mulchen (zweiter Aufwuchs) und
- Mähen mit Abräumen 2x jährlich.

b) Ansaaten:

- Übersaat mit Zottigem Klappertopf,
- Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten und
- Neuansaat mit Oberbodenabtrag (Einzelversuch).

Nachfolgende Tabelle 2 zeigt die verschiedenen Maßnahmen in ihrer Zuordnung zu den einzelnen Flächentypen. Tabelle 3 zeigt die Stichprobenzahl der Maßnahmen in den verschiedenen Landkreisen und Projektrunden.

Tabelle 2: Kategorisierung der Flächentypen und Zuordnung der Maßnahmen.

Flächentypen	Ziel	Straßenraumsituation	Regelpflege	Maßnahme	Bemerkungen
Typ 1 „sehr wüchsig“ >55 dt/ha wenige Zielarten vorhanden	Aushagerung	Einschnitt: c	Mulchen 1x jährlich (spät)	Mulchen (2x jährlich)	Indirekte Aushagerung durch Auflichtung des Bestandes. 1. Pflegedurchgang: Mulchen 2. Pflegedurchgang: Mulchen
		Dammlage: d		Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)	Moderate Aushagerung und Auflichtung des Bestandes. 1. Pflegedurchgang: Mähen mit Abräumen 2. Pflegedurchgang: Mulchen
		verschieden		Neuansaat mit Oberbodenabtrag; Regelpflege	Oberbodenabtrag (ca. 7cm) und Neuansaat.
Typ 2 „mäßig wüchsig“ 30-55 dt/ha einige Zielarten vorhanden	Aushagerung	Einschnitt: c	Mulchen 1x jährlich (spät)	Übersaat mit Zottigem Klappertopf; Regelpflege	Indirekte Aushagerung durch Reduktion der Gräserdominanz mit Zottigem Klappertopf (<i>Rhinanthus alectorolophus</i>) unter Beibehaltung der Regelpflege.
		Dammlage: d		Mähen mit Abräumen (2x jährlich)	Aushagerung und Auflichtung des Bestandes. 1. Pflegedurchgang: Mähen mit Abräumen 2. Pflegedurchgang: Mähen mit Abräumen
Typ 3 „trocken/lückig“ <30 dt/ha viele Zielarten vorhanden (nicht immer)	Ergänzung von Arten	verschieden	Regelpflege	Übersaat mit Mager-Trockenrasenarten; Regelpflege	Übersaat mit standörtlich angepassten Arten unter Beibehaltung der Regelpflege.
Typ 4 „Sichtflächen“ (Intensivbereich)	Aushagerung	Geländelage: a, b	Intensivbereich: Mulchen 2-3x jährlich (je nach Aufwuchs öfter)	Mähen mit Abräumen (2x jährlich)	Aushagerung und Auflichtung des Bestandes. 1. Pflegedurchgang: Mähen mit Abräumen 2. Pflegedurchgang: Mähen mit Abräumen
Typ 5 „Referenz“ (artenreiche Ansaaten)	nur Beobachtung	verschieden	Mulchen 1x jährlich (spät)	Keine Maßnahme; Regelpflege	Beobachtung artenreicher Ansaatflächen zur besseren Einordnung der Ergebnisse und als Referenzgröße.

Tabelle 3: Stichprobenzahl der untersuchten Maßnahmen

Maßnahme	Umsetzungszeitraum	2017 - 2019			2018 - 2020			Stichprobe insgesamt
		BB	GP	HOH	OTK	ADK	NOK	
Mulchen (2x jährlich)	Ende Mai/Anfang Juni; Ende August/Anfang September	0	1	1	2	3	2	9
Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)	Ende Mai/Anfang Juni; Ende August/Anfang September	1	0	1	3	2	2	9
Mähen mit Abräumen (2x jährlich)	Ende Mai/Anfang Juni; Ende August/Anfang September	2	1	1	2	1	2	9
Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auch Sichtflächen	Ende Mai/Anfang Juni; Ende August/Anfang September	1	1	3	2	0	1	8
Übersaat mit Klappertopf	Frühjahr 2018 bzw. Herbst 2019	1	1	1	0	4	2	9
Übersaat mit Mager- Trockenrasenarten	Frühjahr 2018 bzw. Herbst 2019	3	2	2	1	0	2	10
Neuansaat mit Oberbodenabtrag	Frühjahr 2018	1	0	1	0	0	0	2
Referenzflächen, keine Maßnahme	-	1	3	1	0	0	0	5
		10	9	11	10	10	11	61

4.6.2. Pflegeregime

Es wurden verschiedene Varianten eines intensivierten zweischürigen Pflegeregimes erprobt. Der Pflegezeitraum für den ersten Schnitt wurde entsprechend der Phänologie bzw. Höhenlage für jeden Landkreis berücksichtigt (siehe Tabelle 4) und orientiert sich an den Mahdzeitpunkten artenreicher zweischüriger Wiesen (Nowak und Schulz 2002; Dierschke und Briemle 2008). Für den zweiten Schnitt wurde auf eine Anpassung verzichtet. Auf den jeweiligen Kontrollflächen wurde nur ein Pflegedurchgang im Spätsommer durchgeführt (2. Pflegedurchgang).

Tabelle 4 Übersicht der Pflegezeiträume von Januar bis Dezember mit Anpassung an die Phänologie der verschiedenen Landkreise.

Landkreis	J	F	M	A	M		J	J	A	S	O	N	D
OTK													
BB													
GP													
HOH													
NOK													
ADK													

1. Pflegedurchgang
2. Pflegedurchgang

4.6.2.1. Mulchen 2x jährlich

Im Rahmen des Modellprojektes wurden die meisten Flächen von den Straßenmeistereien mit einem Schwerlastgeräteträger mit Auslegermähgerät und Schlegelmulcher gepflegt (Foto 9).



Foto 9 Schwerlastgeräteträger der Straßenmeisterei Geislingen an der Steige mit Auslegermähgerät und Schlegelmulcher. Foto: ILU

Tabelle 5 zeigt den vereinfachten Pflegeplan für Mulchen 2x jährlich. Der Pflegedurchgang im Spätsommer (Regelpflege) wird um einen früheren Pflegedurchgang im Frühsommer ergänzt. Eine weitere Bearbeitung der Versuchsfelder erfolgte nicht.

4.6.3. Parallele Pflegestreifen

Im Hinweispapier „Straßenbegleitgrün - Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen“ wird bei der Pflege von Grasflächen des Extensivbereichs eine jährlich wechselnde streifenweise Mahd empfohlen (siehe Abbildung 8).

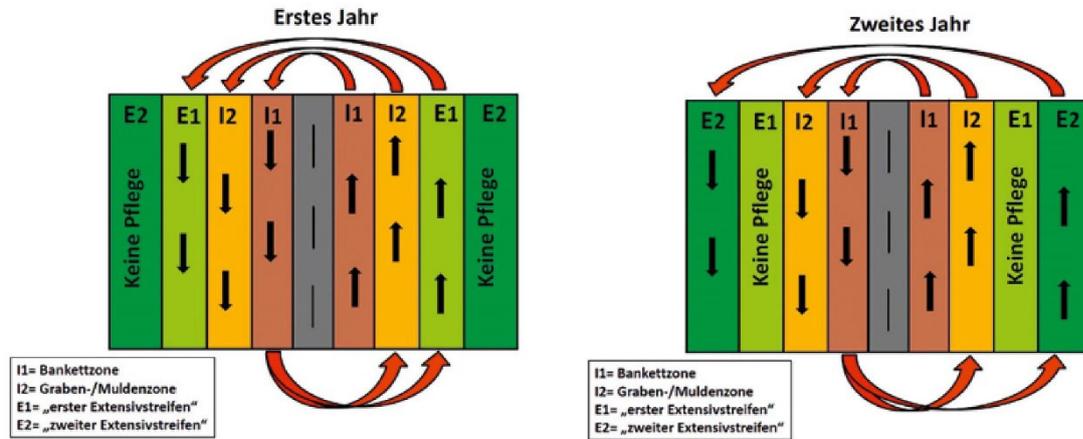


Abbildung 8 Prinzip der parallelen Pflegestreifen im ersten und zweiten Jahr (VM 2016)

Bei dieser Vorgehensweise werden in einem Jahr stets nur 50% des Extensivbereichs gepflegt und 50% bleiben stehen um Wirbellosen durchgängig Überwinterungsmöglichkeiten zu bieten bzw. um deren Eier und Larven zu schützen.

Zur Beantwortung der Frage, ob diese Vorgehensweise einen naturschutzfachlichen Mehrwert besitzt, wurden aktuelle und relevante wissenschaftliche Studien ausgewertet und zusammengetragen. Praktische und finanzielle Auswirkungen wurden mit den Straßenmeistereien erörtert und abgeschätzt.

4.6.4. Ansaaten

Auf Straßenböschungen an vielbefahrenen Straßen, die zur Fahrbahn geneigt sind (Einschnittssituation, Typ c) sind aufwändige Ansaatverfahren wie Oberbodenabtrag und z.B. Spritzansaat nur mit sehr hohem Aufwand und Verkehrsbeeinträchtigung möglich.

In einer Reihe von Vorversuchen wurden verschiedene Saatmischungen für verschiedene Standorte in Kombination mit einer nahezu umbruchlosen Übersaat erprobt. Ziel war es einen kostengünstigen Lösungsansatz zu untersuchen, der mit minimalem Aufwand von Straßenmeistereien insbesondere auf steilen Böschungen (Einschnittssituation, c) durchgeführt werden kann. Es kamen verschiedene mechanische Bodenstörungen, wie scharfes Abrechen von Hand oder Bandrechen und partielles Fräsen zum Einsatz. Ziel der Übersaaten war es, Arten im Bestand zu ergänzen und nicht komplett auszutauschen. An zwei Versuchsstandorten wurde eine aufwändige Variante mit vorherigem Oberbodenabtrag durchgeführt und dem Ziel den vorherigen Bestand gänzlich auszutauschen. Zum Einsatz kam ausschließlich zertifiziertes Regiosaatgut aus den entsprechenden Produktionsräumen. Alle Mischungen wurden von Hand ausgebracht und für eine gleichmäßige Verteilung auf 40 g/m² aufgefüllt. Als Füllstoff wurde Sand verwendet. Es wurden keine Keimungsversuche mit dem Sand durchgeführt. Auf Schrot aus Samen als Füllstoff wurde verzichtet, um keine Wildschweine oder Vögel in den Straßenbereich zu locken.

4.6.4.1. Übersaat mit Zottigem Klappertopf

Zum Einsatz kam eine Mischung mit typischen Wiesenarten und hohem Anteil des Zottigen Klappertopf (*Rhinanthus alectorolophus*) auf mäßig wüchsigen Standorten (siehe Kapitel 4.5.1).

Tabelle 8 Saatstärke 1 g/m² (Kräuteranteil 100%); Füllstoff: Sand 39 g/m²

Pflanzenart	Anteil [%]	Gewicht [g/m ²]	Samenzahl [Samen/m ²]
Zottiger Klappertopf (<i>Rhinanthus alectorolophus</i>)	60,0%	0,60	150
Kleiner Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	8,0%	0,08	11
Acker-Witwenblume (<i>Knautia arvensis</i>)	7,0%	0,07	15
Wiesen-Flockenblume (<i>Centaurea jacea</i>)	5,0%	0,05	24
Knolliger Hahnenfuß (<i>Ranunculus bulbosus</i>)	4,0%	0,04	12
Wiesen-Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	4,0%	0,04	13
Wiesen-Salbei (<i>Salvia pratensis</i>)	4,0%	0,04	22
Rauer Löwenzahn (<i>Leontodon hispidus</i>)	3,0%	0,03	21
Wilde Möhre (<i>Daucus carota</i>)	2,0%	0,02	20
Gewöhnliche Braunelle (<i>Prunella vulgaris</i>)	1,0%	0,01	14
Gewöhnliche Schafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>)	1,0%	0,01	50
Wiesen-Margerite (<i>Leucanthemum vulgare</i>)	1,0%	0,01	25

Um offene Bodenstellen für eine umbruchlose Übersaat zu erzeugen wurden verschiedene Bodenvorbereitungen erprobt. Bis auf den ADK, kamen nur bodenschonende Methoden ohne Tiefenwirkung zum Einsatz, um Erosion zu vermeiden und die Stabilität der Böschungen zu gewährleisten. Durchschnittlich wurde so ein Offenbodenanteil von ca. 30% erreicht.

In Folge der extremen Dürre im Jahr 2018 und den daraus resultierenden geringen Ansaaterfolgen für die im Frühjahr 2018 durchgeführten Ansaaten, wurde für die Herbstansaaten ein Oberflächenfestiger auf Algenbasis zur Verbesserung des Wasserhaushaltes verwendet (VERDYOL® SUPER, ohne Nährstoffe). Die Ausbringung (20 g/m²) erfolgte in einem zweiten Arbeitsschritt, nach der Ausbringung des Saatgutes.

Tabelle 9 Bodenvorbereitung und Ansaatzeitpunkte im Überblick

	BB	GP	HOH	NOK	ADK	OTK
Bodenvorbereitung	Scharfes Abrechen (händisch)	Scharfes Abrechen (händisch)	Scharfes Abrechen mit Bandrechen	Scharfes Abrechen (händisch)	Partielles Fräsen** (schachbrettartig)	Keine Versuch***
Ansaatzeitpunkt	März 2018*			Oktober 2018		
Oberflächenfestiger	Keiner			VERDYOL® SUPER 20 g/m ²		

* Zur Unterbrechung der Dormanz wurden die Klappertopfsamen im Januar 2018 im Freien und in Saatwannen mit feuchtem Sand unter Gazestoff stratifiziert.

** Im Alb-Donau-Kreis kam eine Grabenfräse am Ausleger zum Einsatz (Fahrtrichtung rückwärts).

*** Zottiger Klappertopf ist nur im westlichen Bereich des OTK heimisch.

Zottiger Klappertopf

Der Zottige Klappertopf (*Rhinanthus alectorolophus Scop.*) ist eine Art der Gattung Klappertopf (Rhinanthus) und gehört zur Familie der Sommerwurzgewächse (Orobanchaceae) (Olmstead et al. 2001). Insgesamt sind in Deutschland vier Arten dieser Gattung heimisch (Bettinger et al. 2013). Alle Vertreter der Gattung Rhinanthus sind Halbparasiten (Mudrák et al. 2014). Diese Anpassung ermöglicht es den Klappertöpfen sowohl eigenständig Photosynthese zu betreiben (resultierend in kümmerlichem Wuchs und niedriger Reproduktionsrate) als auch Wirtspflanzen zu befallen und ihnen Nährstoffe und Wasser zu entziehen (Westbury 2004). Erst wenn das Saugorgan (Haustorium) der Klappertöpfe die Wurzel (bzw. das Xylem) einer Wirtspflanze durchbohrt hat und ihr Nährstoffe sowie Wasser entzieht, wächst die Pflanze kräftig (Jiang et al. 2010). Aufgrund der halbparasitischen Lebensweise und Schwächung seiner Wirtspflanzen, kann der Klappertopf den Biomasseaufwuchs befallener Bestände um bis zu 78% senken (Mittelwert = 26%) (Ameloot et al. 2005). Hierbei bevorzugt die Pflanze Gräser und Leguminosen (Cameron et al. 2006). In Beständen mit Klappertopf werden daher normalerweise Gräser geschwächt und Kräuter (Zielarten einbegriffen) gefördert (Ameloot et al. 2005). Die Artenvielfalt liegt bei einem relativen Biomasseanteil *Rhinanthus alectorolophus* von 31% hierbei um 12% höher als in Beständen ohne Klappertopf, wobei sich der Gesamtertrag um 26% reduziert (Heer et al. 2018).

Die Art erreicht Wuchshöhen von 10-80cm, kommt auf Mäßig frischen bis mäßig trockenen, extensiv genutzte Wiesen, Halbtrockenrasen und Getreideäcker vor und blüht von Mai bis September (Jäger et al. 2013). Als kalkholde Art kommt Sie bis auf den Schwarzwald und das Alpenvorland fast flächendeckend in Baden-Württemberg vor (siehe Abbildung 9) und ist aus diesem Grund grundsätzlich auch an allen Straßen problemlos einsetzbar.

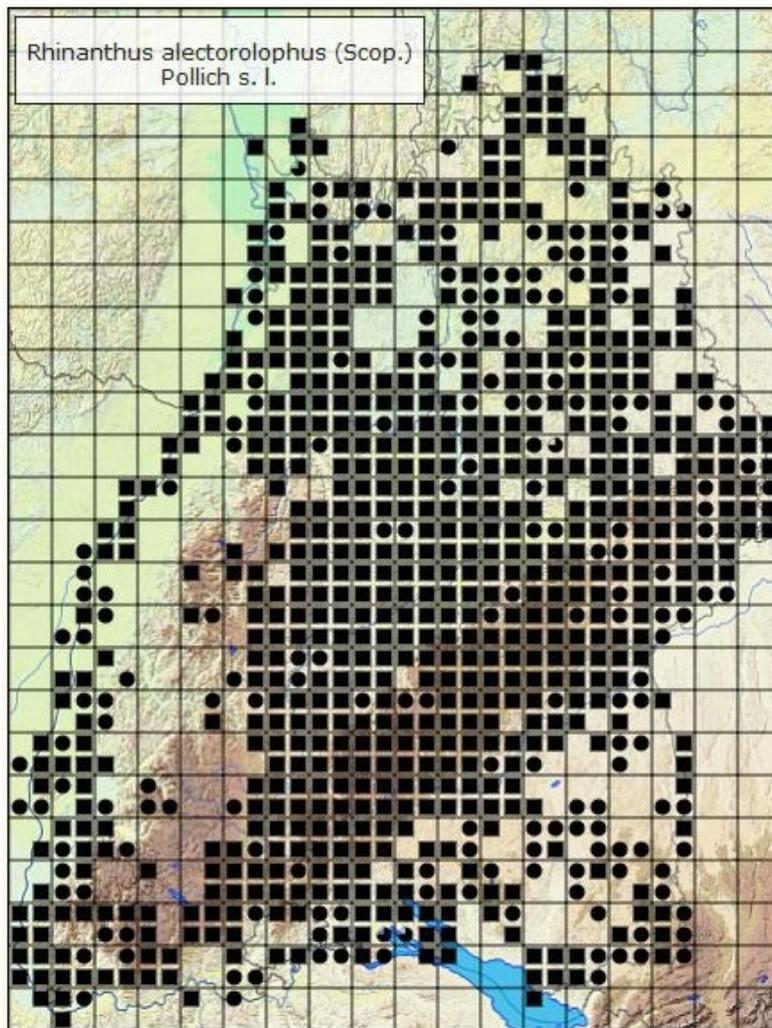


Abbildung 9 Verbreitungsgebiet des Zottigen Klappertopf in Baden-Württemberg; Quelle: (Wörz et al. 2020), zuletzt abgerufen 06.2020.

Der Zottige Klappertopf (und auch die übrigen Klappertopfarten) enthält Aucubin, ein Alkaloid, das die Pflanze im grünen Zustand leicht giftig macht. Getrocknet im Heu verliert die Pflanze ihre Wirkung und hat darüber hinaus sehr hohe Bröckelverluste. Bereits ab einem Biomasseanteil von 3% kann die Art den Ertrag von Wirtschaftswiesen deutlich senken, weshalb sie von Landwirten häufig ungern gesehen wird. Die Bekämpfung gestaltet sich recht einfach, denn als sommerannuelle (einjährige) Art, muss sie lediglich vor der Samenreife gemäht werden. Die Samen überdauern darüber hinaus nur einen Winter und bilden keine dauerhafte Samenbank. Moderate Düngung führt ebenfalls zum Ausfall der Art (vgl. LAZBW 2018).

Der mittlere Ertrag auf den Versuchsflächen betrug ca. 54 dt/ha Trockenmasse (zwei Schnitte) und liegt damit geringfügig über der Ertragsobergrenze von 50 dt/ha Trockenmasse, die von Mudrák et al. (2014) für gezielte Klappertopf-Ansaaten empfohlen werden. Es ist jedoch unklar, ob sich die Obergrenze auf den Ertrag aus einem oder mehreren Schnitten bezieht.

4.6.4.2. Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten

Mischung 2 wurde für sehr trockene, südexponierten und voll besonnten Standorte mit viel Offenboden konzipiert (siehe Kapitel 4.5.1) und beinhaltet Arten der Trespen-Volltrockenrasen, Halbtrockenrasen und Magerrasen.

Tabelle 10 Saatstärke 1,5 g/m² (Kräuteranteil: 100%); Füllstoff: Sand 38,5 g/m²

Pflanzenart	Anteil [%]	Gewicht [g/m ²]	Samenzahl [Samen/m ²]
Skabiosen-Flockenblume (<i>Centaurea scabiosa</i>)	28,0	0,42	74
Kleiner Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	25,4	0,38	54
Wiesen-Salbei (<i>Salvia pratensis</i>)	10,0	0,15	83
Knolliger Hahnenfuß (<i>Ranunculus bulbosus</i>)	8,0	0,12	35
Tauben-Skabiose (<i>Scabiosa columbaria</i>)	7,0	0,11	88
Kleiner Klappertopf (<i>Rhinanthus minor</i>)	5,0	0,08	25
Kleine Pimpinelle (<i>Pimpinella saxifraga</i>)	5,0	0,08	63
Edel-Gamander (<i>Teucrium chamaedrys</i>)	4,0	0,06	40
Karthäuser-Nelke (<i>Dianthus carthusianorum</i>)	4,0	0,06	60
Gewöhnliches Leimkraut (<i>Silene vulgaris</i>)	3,0	0,05	64
Kleines Habichtskraut (<i>Hieracium pilosella</i>)	0,5	0,01	58
Scharfer Mauerpfeffer (<i>Sedum acre</i>)	0,1	0,002	38

Es kam nur scharfes Abrechen von Hand zur Bodenvorbereitungen zum Einsatz. Aufgrund des hohen Offenbodenanteils der Versuchsflächen (siehe Kapitel 4.5.1) wurde mit geringem Aufwand ein Anteil von ca. 31% erreicht. Eine Ausnahme bildet der Ortenaukreis, hier wurde eine ebene sehr magere Fläche vollflächig gefräst und Heu zur Abdeckung der Ansaat verwendet.

Aufgrund der Dürre im Jahr 2018 und der generell extremen Standortbedingungen auf diesem Flächentyp (siehe 4.5.1) wurde für die Herbstansaat im Jahr 2018 ebenfalls ein Bodenfestiger (VERDYOL® COMPLEX TAS, mit N-P-K-Mg Anteil), verwendet.

Tabelle 11 Bodenvorbereitung und Ansaatzeitpunkte im Überblick

	BB	GP	HOH	NOK	OTK	ADK
Bodenvorbereitung	Scharfes Abrechen (händisch)	Scharfes Abrechen (händisch)	Scharfes Abrechen (händisch)	Scharfes Abrechen (händisch)	Flächiges Fräsen	Keine Versuch*
Ansaatzeitpunkt	April 2018			Oktober 2018		
Oberflächenfestiger	Keiner			VERDYOL® COMPLEX TAS 75 g/m ²		

*Im Alb-Donau-Kreis wurden nur sehr kleinflächige geeignete Bestände gefunden.

4.6.4.3. Neuansaat mit Oberbodenabtrag

In Anlehnung an das Konzept einer dominanzreduzierten Artenzusammensetzung für artenreiche Wiesen auf nährstoffreichen Standorten (Bosshard 1998), kam auf zwei Versuchsstandorten (Landkreise BB und HOH) eine Mischung mit Magerwiesenarten zum Einsatz. Aufgrund der kleinen Stichprobenzahl (n=2) wird lediglich der Übersicht halber von den Erfahrungen berichtet.

Tabelle 12 Saatstärke 3,0 g/m² (Kräuteranteil: 30%; Gräseranteil: 70%); Füllstoff: Sand 37 g/m²

Pflanzenart	Anteil [%]	Gewicht [g/m ²]	Samenzahl [Samen/m ²]
Kräuteranteil 30%			
Kleiner Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	2,50	0,075	11
Wiesen-Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	2,50	0,075	25
Spitzwegerich (<i>Plantago lanceolata</i>)	2,00	0,060	35
Vogel-Wicke (<i>Vicia cracca</i>)	2,00	0,060	2
Wiesen-Flockenblume (<i>Centaurea jacea</i>)	2,00	0,060	29
Wiesen-Witwenblume (<i>Knautia arvensis</i>)	2,00	0,060	13
Zottiger Klappertopf (<i>Rhinanthus alectorolophus</i>)	1,40	0,042	11
Espalette (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	1,00	0,030	2
Gewöhnlicher Wundklee (<i>Anthyllis vulneraria</i>)	1,00	0,030	11
Knollige Hahnenfuß (<i>Ranunculus bulbosus</i>)	1,00	0,030	9
Wiesen-Bocksbart (<i>Tragopogon pratensis</i>)	1,00	0,030	4
Wiesen-Salbei (<i>Salvia pratensis</i>)	1,00	0,030	17
Gewöhnliche Braunelle (<i>Prunella vulgaris</i>)	0,80	0,024	34
Großblütige Braunelle (<i>Prunella grandiflora</i>)	0,80	0,024	32
Wiesen-Margerite (<i>Leucanthemum vulgare</i>)	0,70	0,021	53
Wilde Möhre (<i>Daucus carota</i>)	0,70	0,021	21
Echtes Labkraut (<i>Galium verum</i>)	0,50	0,015	30
Gewöhnliche Schafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>)	0,50	0,015	75
Gewöhnlicher Hornklee (<i>Lotus corniculatus</i>)	0,50	0,015	13
Gewöhnliches Bitterkraut (<i>Picris hieracioides</i>)	0,50	0,015	15
Gewöhnliches Ferkelkraut (<i>Hypochaeris radicata</i>)	0,50	0,015	21
Gewöhnliches Leimkraut (<i>Silene vulgaris</i>)	0,50	0,015	21
Hopfen-Luzerne (<i>Medicago lupulina</i>)	0,50	0,015	7
Kriegender Günsel (<i>Ajuga reptans</i>)	0,50	0,015	10
Nickendes Leimkraut (<i>Silene nutans</i>)	0,50	0,015	50
Tauben-Skabiose (<i>Scabiosa columbaria</i>)	0,50	0,015	13
Wiesen-Pippau (<i>Crepis biennis</i>)	0,50	0,015	17
Wiesen-Platterbse (<i>Lathyrus pratensis</i>)	0,50	0,015	1
Wiesen-Primel (<i>Primula veris</i>)	0,40	0,012	10
Karthäuser-Nelke (<i>Dianthus carthusianorum</i>)	0,30	0,009	9
Herbst-Schuppenlöwenzahn (<i>Leontodon autumnalis</i>)	0,20	0,006	9
Kleines Habichtskraut (<i>Hieracium pilosella</i>)	0,20	0,006	46
Steifhaariger Löwenzahn (<i>Leontodon hispidus</i>)	0,20	0,006	4
Großer Ehrenpreis (<i>Veronica teucrium</i>)	0,10	0,003	15
Wiesen-Glockenblume (<i>Campanula patula</i>)	0,10	0,003	75

Acker-Glockenblume (<i>Campanula rapunculoides</i>)	0,05	0,002	75
Arznei-Thymian (<i>Thymus pulegioides</i>)	0,05	0,002	10
Pflanzenart	Anteil [%]	Gewicht [g/m ²]	Samenzahl [Samen/m ²]
Gräseranteil 70%			
Wiesenschwingel (<i>Festuca pratensis</i>)	25,0	0,750	1071
Aufrechte Trespe (<i>Bromus erectus</i>)	14,0	0,420	78
Flaumiger Wiesenhafer (<i>Helictotrichon pubescens</i>)	5,0	0,150	75
Horst-Rotschwingel (<i>Festuca rubra</i>)	5,0	0,150	214
Wiesen-Rispengras (<i>Poa pratensis</i>)	5,0	0,150	500
Goldhafer (<i>Trisetum flavescens</i>)	4,0	0,120	462
Echter Schafschwingel (<i>Festuca ovina</i>)	3,0	0,090	180
Gewöhnliches Ruchgras (<i>Anthoxanthum odoratum</i>)	3,0	0,090	150
Gewöhnliches Zittergras (<i>Briza media</i>)	3,0	0,090	129
Weiche Trespe (<i>Bromus hordeaceus</i>)	3,0	0,090	32

Zur Bodenvorbereitung wurde der Oberboden bis ca. 7 cm Tiefe abgezogen und rau hinterlassen. Es fand keine weitere Bodenvorbereitung statt, die Ansaat erfolgte ohne Oberflächenfestiger und ohne Abdeckung mit Heu.



Foto 10 Abziehen des Oberbodens mit Verkehrssicherungsmaßnahmen; Foto: Straßenmeisterei Künzelsau

4.6.5. Maßnahmenkosten

Mit freundlicher Unterstützung des Maschinenring Alb-Neckar-Fils e.V. wurden, unter Verwendung der Verrechnungssätze 2019-2020, marktübliche Nettopreise bei Vergaben für die Region Alb-Neckar-Fils ermittelt.

Die Preisermittlung erfolgt für einmaliges Mähen mit Abräumen (handgeführter Balkenmäher, mit Ballen pressen, ohne Abtransport und Entsorgung), einmaliges Mulchen (handgeführter Mulcher) sowie für die erprobten Übersaaten. Im Ergebnisteil finden sich die entsprechend zusammengesetzten Maßnahmenkosten für Mulchen (2x jährlich), Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich) sowie Mähen mit Abräumen (2x jährlich) (siehe Kapitel 5).

Berechnungsschritte:

- Ermittlung der Flächenleistung [m^2/Std]
- Ermittlung des Stundensatzes [$\text{€}/\text{Std}$]
- Ermittlung des Flächenpreises [$\text{€}/\text{m}^2$]

Der Berechnung für Flächenpreise wurden zwei Szenarien zugrunde gelegt:

- „großparzellig“ Pflege einer zusammenhängenden Fläche und
- „kleinparzellig“ Pflege dreier Teilflächen mit selber Gesamtfläche.

4.6.5.1. Mähen mit Abräumen

Nicht berücksichtigt bei der Kostenkalkulation sind anfallende Kosten für den Abtransport und die Entsorgung/Verwertung der anfallenden Biomasse. Die Kosten hierfür können nicht pauschalisiert werden und sind je nach regionaler Situation und anfallender Aufwuchsmenge höchst variabel. Ertragsschwankungen im Grünland von bis zu 600% sind möglich (LUBW 2009).

Ermittlung der Flächenleistung [m^2/Std]

Für die Ermittlung der Pflegekosten wurde folgende Annahmen getroffen:

Balkenmäher handgeführt	
Flächencharakteristik	Weitestgehend homogene große zusammenhängende Grasflächen mit Neigung bis max. 20°, wenig Gehölzaufwuchs.
Verkehrssicherung	Keine (siehe Kapitel 4.5)
Arbeitsbreite Balkenmäher [m]	1,5
Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]	2,0
Abschlag der Flächenleistung für begleitende Tätigkeiten wie Wartung, Tanken und Wenden [%]	-25
Resultierende Flächenleistung [m^2/Std]	2250

Ermittlung des Stundensatzes [€/Std]

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR* Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std	
A1 Mähen und liegen lassen	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person	-	28,00	
	Motorgeräteträger, schwer, handgeführt je Meter Arbeitsbreite	Std	841	43,00	mit Arbeitsgerät Balkenmäher 1,5m Breite; Faktor: 1,5	1,5	64,50	
*MR: Maschinenring-Nummer							Zwischensumme:	92,50

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std
A2 Schwaden zum Hangfuß	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person; 1/3 effizienter als Balkenmäher (höhere Arbeitsgeschwindigkeit, geringerer Wartungsaufwand); Faktor: 0,66	0,66	18,48
	Motorgeräteträger, schwer, handgeführt je Meter Arbeitsbreite	Std	841	43,00	mit Arbeitsgerät: Bandrechen 1,5m Breite, jedoch um 1/3 effizienter als Balkenmäher (höhere Arbeitsgeschwindigkeit, geringerer Wartungsaufwand); Faktor: 1,5*0,66	0,99	42,57
Zwischensumme:							61,05

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std
A3 Ballen pressen, ohne Abtransport	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person	-	28,00
	Allrad-Schlepper und Geräteträger 100 PS	Std	16	29,10	insges. 30 min An-/Abfahrt, 20 min Betrieb je Stunde (50 min), Zuschlag für Landschaftspflege- und Kommunalarbeiten +50%; Faktor: 0,83*1,5	1,25	36,23
	Rundballenpresse Durchmesser 120 cm	Ballen	324	6,50	Zuschlag für Landschaftspflege- und Kommunalarbeiten +50%, 6 Ballen für 2250 m ² ; Faktor: 1,5*6	9	58,50
Zwischensumme:							122,73

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std
Fahrtkosten für A1 und A2; zwei Szenarien	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person	-	28,00
	Mannschaftstransportwagen (Lkw bis 3,5t ZG)*	Std		7,80	-	-	7,80
	Anhänger über 2,0t - 3,5t ZG*	Std		2,70	-	-	2,70

* Nach landeseinheitlichem Kostensatz für Kommunalarbeiten

Zwischensumme: 38,50

großparzellig: 15 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 15 min Fahrt = 60 min Faktor: 1	1	38,50
kleinparzellig: 15 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 10 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 10 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 15 min Fahrt = 2h 20 min Faktor: 2,33	2,33	89,71

Ermittlung des Flächenpreises [€/m²]

Der Flächenpreis für einmaliges Mähen mit Abräumen (mit Ballen pressen, ohne Abtransport und Entsorgung) errechnet sich wie folgt:

(Zwischensumme A1 + Fahrtkosten + Zwischensumme A2 + Fahrtkosten + Zwischensumme A3) / Flächenleistung

Daraus ergibt sich für die Berechnungsszenarien (groß- und kleinparzellig) ein Flächenpreis (netto) von:

großparzellig (zusammenhängende Fläche mit 2250m²): 0,16 €/m²

kleinparzellig (drei Teilflächen zu je 750m²): 0,20 €/m²

4.6.5.2. Mulchen

Ermittlung der Flächenleistung [m^2/Std]

Für die Ermittlung der Pflegekosten wurde folgende Annahmen getroffen:

Mulcher handgeführt	
Flächencharakteristik	weitestgehend homogene große zusammenhängende Grasflächen mit Neigung bis max. 20°, wenig Gehölzaufwuchs.
Verkehrssicherung	keine (siehe Kapitel 4.5).
Arbeitsbreite Mulcher [m]	1,5 m
Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]	2,5
Abschlag der Flächenleistung für begleitende Tätigkeiten wie Wartung, Tanken und Wenden [%]	-15
Resultierende Flächenleistung [m^2/Std]	3187,5

Ermittlung des Stundensatzes [$\text{€}/\text{Std}$]

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std
A1 Mulchen	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person	-	28,00
	Motorgeräteträger, schwer, handgeführt je Meter Arbeitsbreite	Std	841	43,00	mit Arbeitsgerät Mulcher 1,5m Breite; Faktor: 1,5	1,5	64,50
Zwischensumme:							92,50

Fahrtkosten: siehe Mähen mit Abräumen (Kapitel 4.6.5.1).

Ermittlung des Flächenpreises [$\text{€}/\text{m}^2$]

Der Flächenpreis für einmaliges Mulchen errechnet sich wie folgt:

(Zwischensumme A1 + Fahrtkosten) / Flächenleistung

Daraus ergibt sich für die Berechnungsszenarien (groß- und kleinparzellig) ein Flächenpreis (netto) von:

großparzellig (zusammenhängende Fläche mit $3187,5\text{m}^2$): 0,05 $\text{€}/\text{m}^2$

kleinparzellig (drei Teilflächen zu je $1062,5\text{m}^2$): 0,09 $\text{€}/\text{m}^2$

4.6.5.3. Übersaaten

Idealerweise wird die Übersaat nach der Regelpflege (Mulchen) im Herbst durchgeführt. Nicht berücksichtigt bei der Kostenkalkulation sind anfallende Kosten zur Verkehrssicherung je nach Straßenraumsituation und eine Abfuhr und Entsorgung des Pflanzenmaterials, welches beim Abrechen anfällt („Rechtgut“). Nicht in jedem Fall ist ein Abtransport erforderlich, insbesondere in der Dammlage (Typ d), wenn die Böschungen nicht allzu viel Aufwuchs aufweisen und die Vegetation im Rahmen der Regelpflege gemulcht wurde.

Als Berechnungsgrundlage wurde die Verwendung eines handgeführten Bandrechens angenommen. Natürlich ist auch manuelles Abrechen möglich und bei steilen Flächen sogar praktikabler, jedoch ist die Flächenleistung mit ca. 200 bis 300 m²/Stunde (Erfahrungen aus dem Modellprojekt) ca. 10-mal niedriger und kann daher nur in seltenen Einzelfällen in Betracht gezogen werden.

Flächenleistung [m²/Std]

Für die Ermittlung der Pflegekosten wurde folgende Annahmen getroffen:

Bandrechen handgeführt	
Flächencharakteristik	weitestgehend homogene große zusammenhängende Grasflächen mit Neigung bis max. 20°, wenig Gehölzaufwuchs.
Verkehrssicherung	Je nach Straßenraumsituation
Arbeitsbreite Balkenmäher [m]	1,5
Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]	2,0 (langsame Arbeitsgeschwindigkeit für mehr Bodenstörungen)
Abschlag der Flächenleistung für begleitende Tätigkeiten wie Wartung, Tanken und Wenden [%]	-15
Resultierende Flächenleistung [m ² /Std]	2550

Ermittlung des Stundensatzes [€/Std]

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std	
A1 Scharfes Abrechen mit Bandrechen und anschließender Übersaat.	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person; Ansaat direkt im Anschluss, Faktor: 2	2	56,00	
	Motorgeräteträger, schwer, handgeführt je Meter Arbeitsbreite	Std	841	43,00	mit Arbeitsgerät: Bandrechen 1,5m Breite, Faktor: 1,5	1,5	64,50	
Zwischensumme:								100,50

Arbeitsschritt	Art der Maschine, Arbeitskraft	Einheit	MR Nr.	€	Bemerkungen, Zu- und Abschläge	Faktor	€/Std
Fahrtkosten für A1; zwei Szenarien	Arbeitskraft Landschaftspflege, Kommunalarbeiten	Std	800	28,00	1 Person	-	28,00
	Mannschaftstransportwagen (Lkw bis 3,5t ZG)*	Std		7,80	-	-	7,80
	Anhänger über 2,0t - 3,5t ZG*	Std		2,70	-	-	2,70

* Nach landeseinheitlichem Kostensatz für Kommunalarbeiten

Zwischensumme: 38,50

großparzellig: 15 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 15 min Fahrt = 60 min Faktor: 1	1	38,50
kleinparzellig: 15 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 10 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 10 min Fahrt + 15 min Abladen + 15 min Aufladen + 15 min Fahrt = 2h 20 min Faktor: 2,33	2,33	89,71

Saatgut [€/m²]

Saatmischungen sollten an die lokale Vegetation (Biotoptypen im Umfeld) und standörtlichen Bedingungen (Artenspektrum) angepasst werden, was eine generelle Preisermittlung erschwert. Klare Aussagen über erforderliche Saatstärken können im Rahmen des Modellprojektes nicht getroffen werden, aber Saatstärken von 3 oder 4 g/m² erhöhen die Etablierungschancen bei umbruchlosen Übersaaten stark. Die Klappertopfernte unterliegt großen jährlichen Schwankungen und je nach standörtlichen Bedingungen sind unterschiedliche Bodenverbesserer erforderlich oder nicht. Die Preisermittlung basiert daher auf Mischkalkulationen tatsächlich entstandener Kosten im Rahmen des Modellprojektes und Preisen verschiedener Hersteller.

Saatgut		[€/m ²]
Saatgut	3,5 g/m ²	0,35 bis 0,50
Füllstoff	36,5 g/m ²	0,03
Bodenverbesserer (mit und ohne Nährstoffkomponente)	20 bis 70 g/m ²	0,09 bis 0,43
Preisspanne:		0,47 - 0,96

Ermittlung des Flächenpreises [€/m²]

Der Flächenpreis für umbruchlose Übersaaten errechnet sich wie folgt:

$$((A1 + \text{Fahrkosten}) / \text{Flächenleistung}) + \text{Saatgut}$$

Daraus ergibt sich für die Berechnungsszenarien (groß- und kleinparzellig) ein Flächenpreis (netto) von:

großparzellig (zusammenhängende Fläche mit 2550 m²): 0,53 bis 1,02 €/m²

kleinparzellig (drei Teilflächen zu je 850 m²): 0,55 bis 1,04 €/m²

4.6.5.4. Neuansaat mit Oberbodenabtrag

Die beiden Neuansaat im Modellprojekt wurden auf recht kleinen Flächen von 160 bis 260 m² durchgeführt und eignen sich daher nur eingeschränkt als Berechnungsgrundlage für Quadratmeterpreise. Zusammen mit den Erfahrungen die das Ministerium für Verkehr im Rahmen des Sonderprogramms zur Förderung der Biologischen Vielfalt gewonnen hat, kann jedoch ein Preis von ca. 5,0 bis 15,0 €/m² für Neuansaat angenommen werden. Hierbei sind verschiedene Bodenbearbeitungsformen wie Oberbodenabtrag, Fräsen und mehrmaliges Eggen sowie das einarbeiten von Kalkschotter in den Boden enthalten.

4.7. Statistische Analyse

Statistische Tests wurden mit den Daten aus den Jahren 2017 bis 2020 gemacht. Die erste Projektrunde startete im Jahr 2017 in den Landkreisen BB, GP und HOH. Die zweite Projektrunde begann im Jahr 2018 mit den Landkreisen ADK, NOK und OTK. Zur Auswertung der Daten wurde jeweils das erste, zweite und dritte Untersuchungsjahr (U) der Projektrunden zusammengelegt, was die außerordentlich großen dürrebedingten Einflüsse im Jahr 2018 etwas abmildert (siehe Tabelle 13). Die Maßnahmen sind nicht alle gleichmäßig auf die Landkreise (und damit Projektrunden) verteilt, was sich in Einzelfällen doch in witterungsbedingten Schwankungen äußert (darauf wird entsprechend verwiesen).

Tabelle 13 Projektrunden und Zusammenlegung der Untersuchungsjahre.

Landkreise	2017	2018	2019	2020
Projektrunde 1: BB, GP und HOH	U1	U2	U3	
Projektrunde 2: ADK, NOK und OTK		U1	U2	U3

Auf einen direkten statistischen Vergleich der Maßnahmen untereinander wird verzichtet, da die Maßnahmen auf verschiedenen Flächentypen mit unterschiedlichen standörtlichen Voraussetzungen durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.5.1). Ein solcher Vergleich wäre möglich, müsste dann jedoch mit relativen Veränderungen (Zu- und Abnahmen in Prozent) der erhobenen Parameter durchgeführt werden, was wiederum keinen Rückschluss auf die relative Wertigkeit der Flächentypen ermöglicht hätte.

Für die statistische Auswertung wurde R Version 3.6.1 (R Core Team 2019) in Kombination mit RStudio Version 1.2.1335 (RStudio Team 2015) verwendet. Arbeiten an der Datenbank wurden mit Access 2016®, Excel 2016®, sowie mit den R Paketen openxlsx (Schauberger et al. 2020), dplyr (Wickham et al. 2020) und plyr (Wickham 2020b) durchgeführt. Grafiken in R mit den Paketen ggplot2 (Wickham 2020a), ggpubr (Kassambara 2020) und RColorBrewer (Neuwirth 2014) erzeugt. Für die Analyse der Daten kamen die Pakete nlme (Bates et al. 2020) und emmeans (Lenth 2020) zum Einsatz.

Für die statistische Analyse der Vegetation (Gesamt- und Zielartenzahl) und Wildbienen (Artenzahl und Individuenzahl) wurden gemischte lineare Modelle verwendet. Die linearen Modelle wurden nur angewendet, sofern die obligatorischen Voraussetzungen erfüllt waren. Diese wurden jeweils visuell (Histogramm der Residuen; Residuen vs. Vorhergesagte Werte; Q-Q-Plot) und mit Test (*Shapiro-Wilk normality test*) überprüft. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5% verwendet. Die statistische Auswertung der Individuenzahlen der Wildbienen wurde mit logarithmierten Daten durchgeführt.

Vegetation

Abhängige Variable: Gesamtartenzahl bzw. Zielartenzahl. Unabhängige Faktoren: Experiment (Maßnahme oder Kontrolle), Untersuchungsjahr (U2 und U3) sowie deren Interaktion. Da zum Zeitpunkt der Ersterhebung im Untersuchungsjahr 1 (U1) noch keine Maßnahme auf den Versuchsflächen stattfand, wurde die erste Aufnahme als Kovariable in das Modell aufgenommen, daher werden nur die Untersuchungsjahre U2 und U3 miteinander verglichen. Zufällige Faktoren: Block (Versuchsstandort) und Plot (Dauerbeobachtungsfläche). Nach signifikanter ANOVA ($p < 0,05$) wurde ein Post-Hoc-Test (Tukey HSD) durchgeführt.

Wildbienen

Abhängige Variable: Artenzahl bzw. Individuenzahl. Unabhängige Faktoren: Experiment (Maßnahme oder Kontrolle), Untersuchungsjahr (U2 und U3) sowie deren Interaktion und Zielartenzahl. Da zum Zeitpunkt der Ersterhebung (Vegetation) im Untersuchungsjahr 1 (U1) noch keine Erfassung der Wildbienen stattfand, wurden nur die Untersuchungsjahre U2 und U3 miteinander verglichen. Zufällige Faktoren waren Block (Versuchsstandort) und Plot (Dauerbeobachtungsfläche). Nach signifikanter ANOVA ($p < 0,05$) wurde ein Post-Hoc-Test (Tukey HSD) durchgeführt.

5. Ergebnisse

5.1. Mulchen (2x jährlich)

5.1.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Im Rahmen der Projektlaufzeit ist keine Veränderung der Gesamt- und Zielartenzahl (Vegetation) durch die Umstellung der Pflege festzustellen. Schwankungen betreffen stets Kontroll- und Maßnahmenflächen und sprechen somit nicht für einen Effekt durch die Maßnahme.

Krautschicht: Erwartungsgemäß nimmt die Deckung der Krautschicht infolge der intensiveren Pflege ab, teilweise sogar deutlich. Dies ist auch der Vegetationsstruktur geschuldet, die von Obergräsern dominiert ist und nach der Mahd mit Abräumen ein mosaikartiges Bild aus senkrechtstehenden Grashorschen und offenem Boden bewirkt.

Streuschicht: Mulchen zeigt 5 bis 8 Wochen nach dem ersten Schnitt nicht den gewünschten Effekt einer gänzlich zersetzten Streuschicht, vielmehr nimmt die Deckung und Schichtdicke der Streuschicht stark zu. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen aus den Offenhaltungsversuchen (LUBW 2009), werden jedoch für Standorte mit mehr als 60 dt/ha Ertrag von anderen Quellen gestützt (Dierschke und Briemle 2008).

Offener Boden: Offene Bodenstellen, die von Sonnenlicht erreicht werden, sind aufgrund der Vegetationsstruktur auf diesem Flächentyp (Typ 1) fast nicht vorhanden und werden nach dem Mulchen durch eine dicke Streuschicht abgedeckt, was die Etablierung zufällig einwandernder krautiger Pflanzenarten (aber auch von Gehölzen) erschwert.

Vegetationsdichte: Auf den Versuchsflächen bewirkt die Maßnahme bereits im 2. Jahr eine Reduktion der Vegetationsdichte des zweiten Aufwuchses, was mehr Licht am Boden, reduzierte Konkurrenzkraft dominanter Gräser und höhere Etablierungschancen für Zielarten zur Folge hat.

Wildbienen-Monitoring: Veränderungen der Wildbienenbestände, die auf einer Wirkung der Maßnahme beruhen, sind nicht eingetreten.

Praxiserfahrungen: Im Rahmen des Modellprojektes traten keine Schwierigkeiten bei zweimaliger Mulchmahd auf.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.1.2. Artenzahlen

Nach zwei Untersuchungsjahren sind keine Veränderungen in den Artenzahlen eingetreten. Die Auswertung ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (siehe Abbildung 10 A1 und B1). Die durchschnittlichen Artenzahlen auf den Referenzflächen liegen deutlich über denen der Versuchsflächen (siehe A1 und A2) und spiegeln die verschiedenen Ausgangsbestände bzw. Flächentypen wider (siehe Kapitel 4.5.1). Die Untersuchung der Zielartenzahlen ergibt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (siehe B1). Der Unterschied zwischen den Zielartenzahlen der Referenzflächen und den Zielartenzahlen auf den Versuchsflächen im U3 ist deutlich und beträgt durchschnittlich 7,9 Arten (siehe B1 und B2).

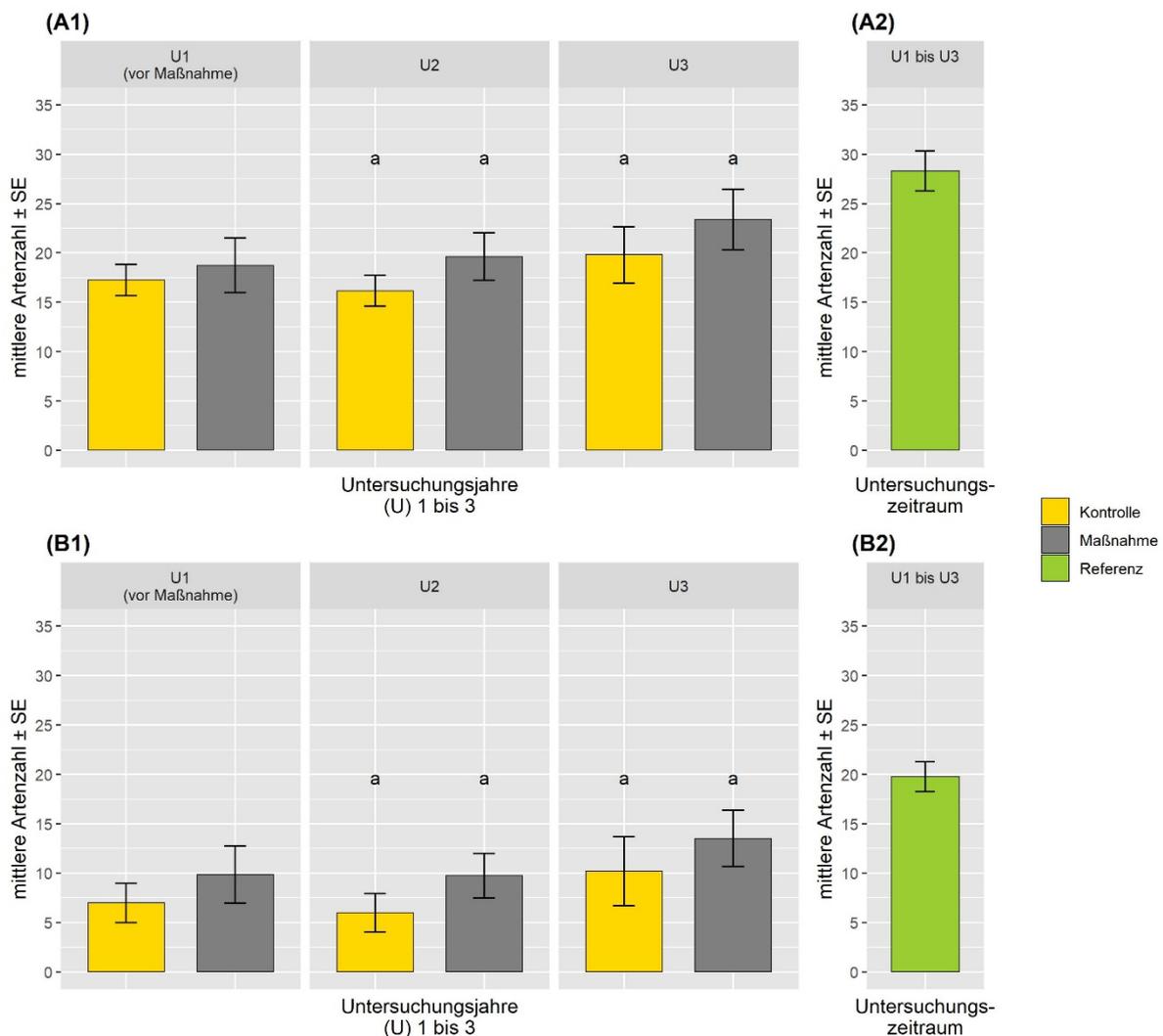


Abbildung 10 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.1.3. Krautschicht

Im U3 ist zeichnet sich eine niedrigere Deckung der Krautschicht auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu den Kontrollflächen ab, was auf die Intensivierung der Pflege zurückzuführen ist (siehe Abbildung 11 A1). Die Betrachtung des Kräuteranteils lässt keine Tendenz erkennen (siehe B1).

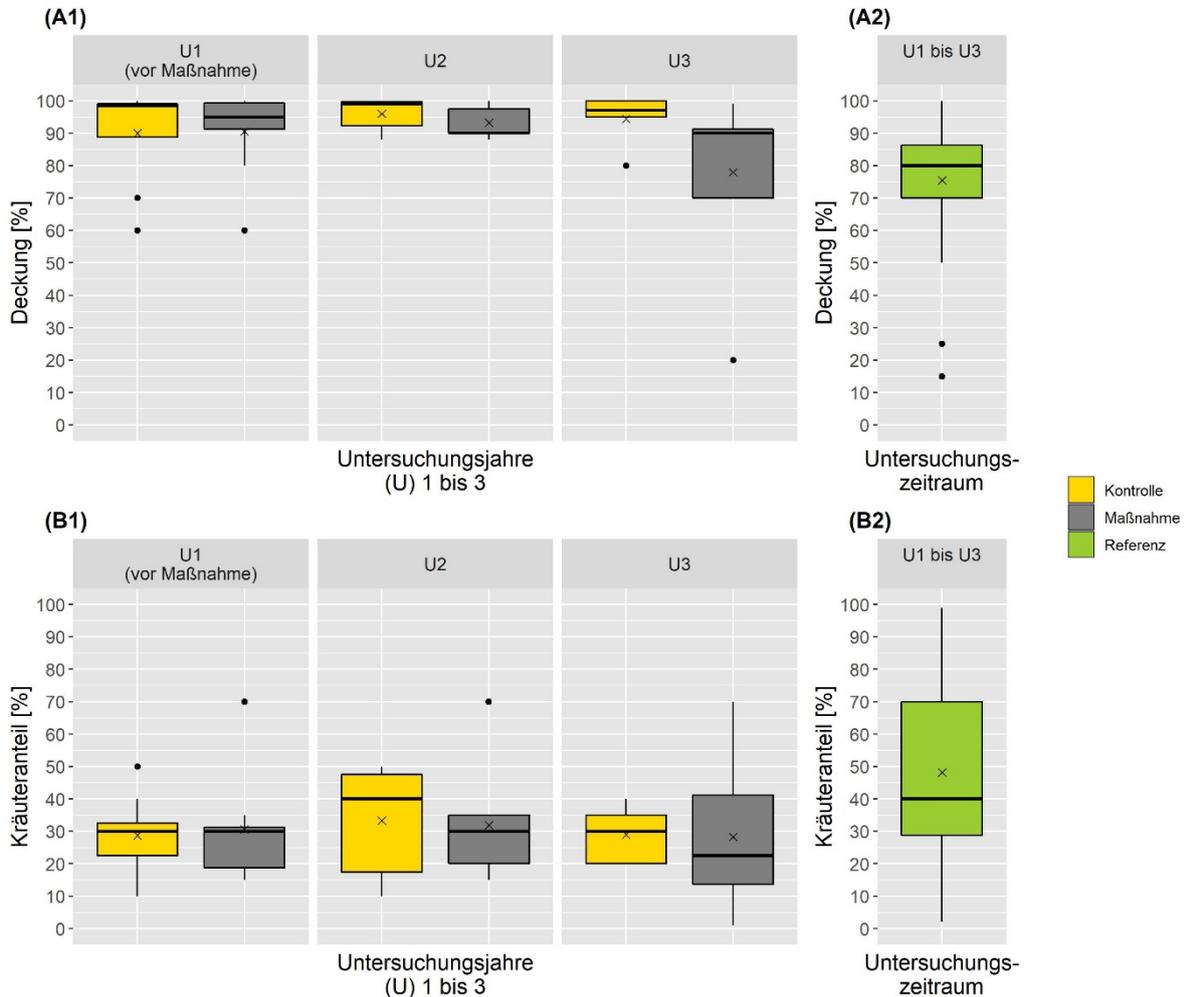


Abbildung 11 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsfelder (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsfelder; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $\pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.1.4. Streuschicht

Die Deckung der Streuschicht unterliegt großen witterungsbedingten jährlichen Schwankungen, aber es zeichnet sich dennoch eine deutliche Zunahme gegenüber der Kontrollgruppe ab (siehe Abbildung 12 A). Die Schichtdicke schwankt weniger und auch hier ist eine Zunahme auf den Maßnahmenflächen bei gleichzeitiger Abnahme auf den Kontrollflächen zu erkennen (siehe B1).

Wird die Deckung nach Mulchen bereits 5-8 Wochen nach dem ersten Mulchdurchgang erfasst ist nicht genügend Zeit um die Streuschicht wieder vollständig abzubauen. Eine Untersuchung der Streuschicht ein Jahr später unmittelbar vor dem ersten Pflegedurchgang sollte andere Ergebnisse liefern. Die Ergebnisse aus dem Modellprojekt stehen im Widerspruch zu den Erkenntnissen aus den Offenhaltungsversuchen (vgl. LUBW 2009).

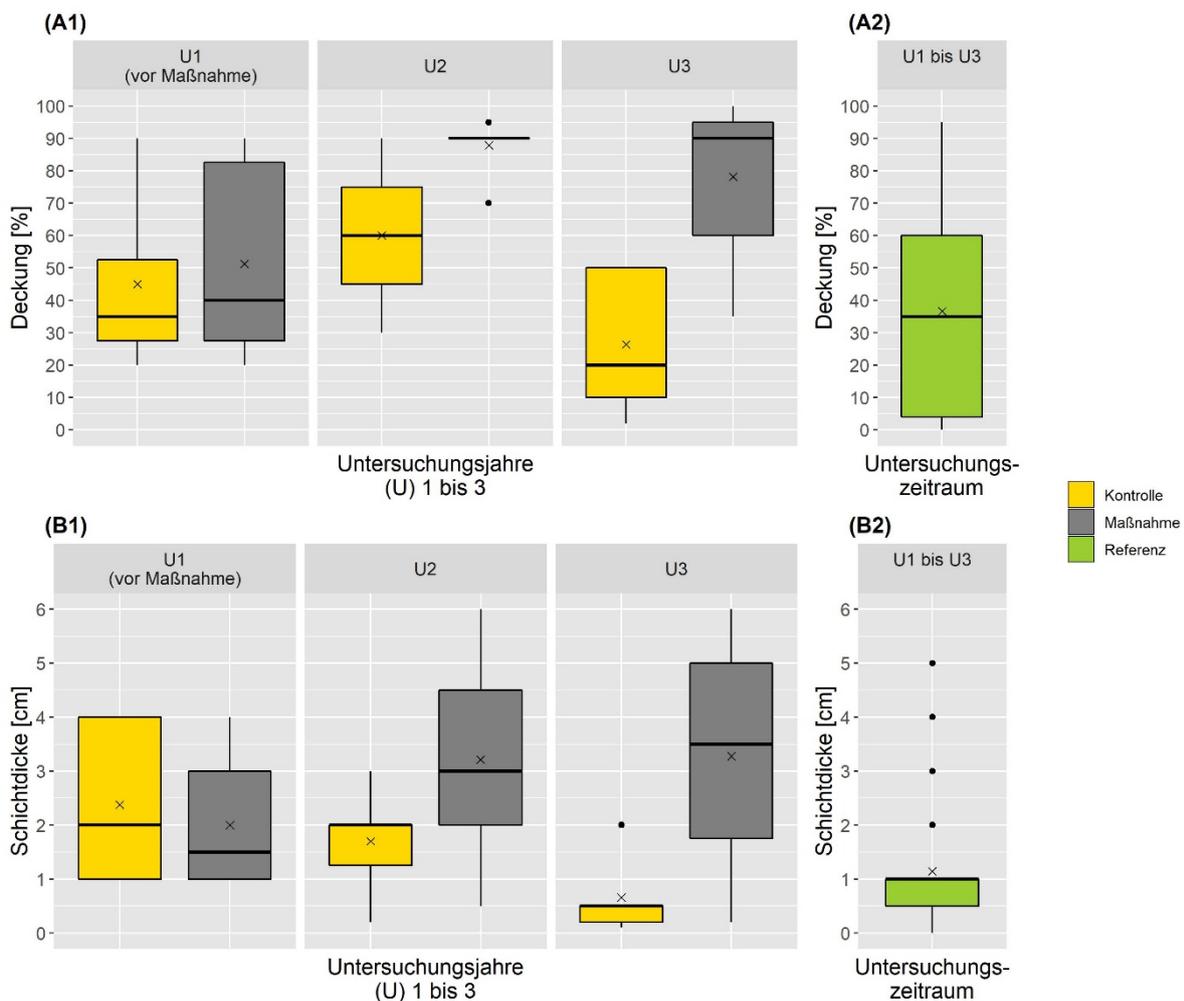


Abbildung 12 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsflächen; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.1.5. Offener Boden

Die Deckung offener Bodenstellen hat sich auf den Maßnahmenflächen in der Projektlaufzeit nicht verändert und liegt deutlich unter den Referenzflächen (siehe Abbildung 13 A und B). Der enorme Unterschied zwischen Versuchs- und Referenzflächen ist auf verschiedene Flächentypen (siehe 4.5.1) zurückzuführen und veranschaulicht die großen standörtlichen Unterschiede im Straßenbegleitgrün. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass bei der Datenerhebung 5-8 Wochen nach erfolgter Pflege alle offenen Bodenstellen von Streufilz bedeckt sind und daher nicht erfasst werden. Wird die Streuschicht jedoch beseitigt befindet darunter meist keinerlei Vegetation, sondern nur Offenboden was für wüchsige Bestände typisch ist (Dierschke und Briemle 2008).

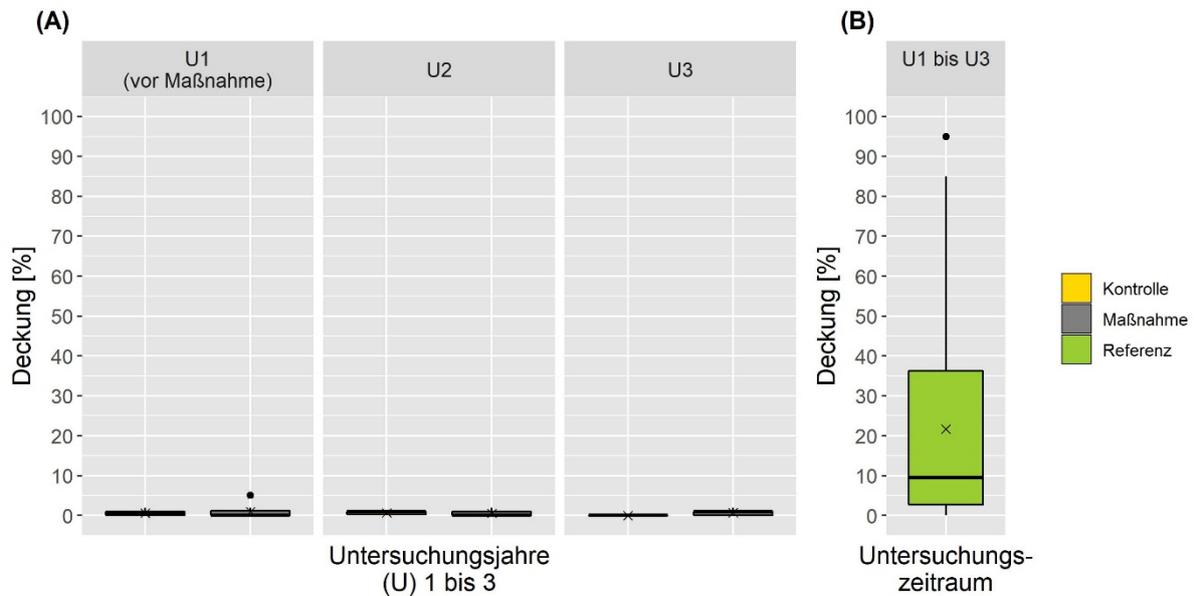


Abbildung 13 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.1.6. Vegetationsdichte

Im U3 ist eine geringere Vegetationsdichte auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu den Kontrollflächen zu erkennen, die jedoch auf dem Vergleich von Erst- und Zweitaufwuchs beruht und daher zu erwarten ist (siehe Kapitel 4.1.6; siehe Abbildung 14 C). Gegenüber der Vegetationsdichte der Maßnahmenflächen im U2 ist jedoch ebenfalls eine Abnahme feststellbar, was bereits für einen Effekt auf den Maßnahmenflächen spricht. Zweischürige Bestände reagieren stärker auf Witterungseinflüsse als einschürige, was große jährliche Schwanken erklärt (LUBW 2009), aber in diesem Fall durch das Zusammenführen der Erhebungsjahre weniger relevant ist. Sehr deutlich ist die geringere Vegetationsdichte im Referenzbestand zu erkennen, der dadurch deutlich lichtdurchlässiger ist (siehe D).

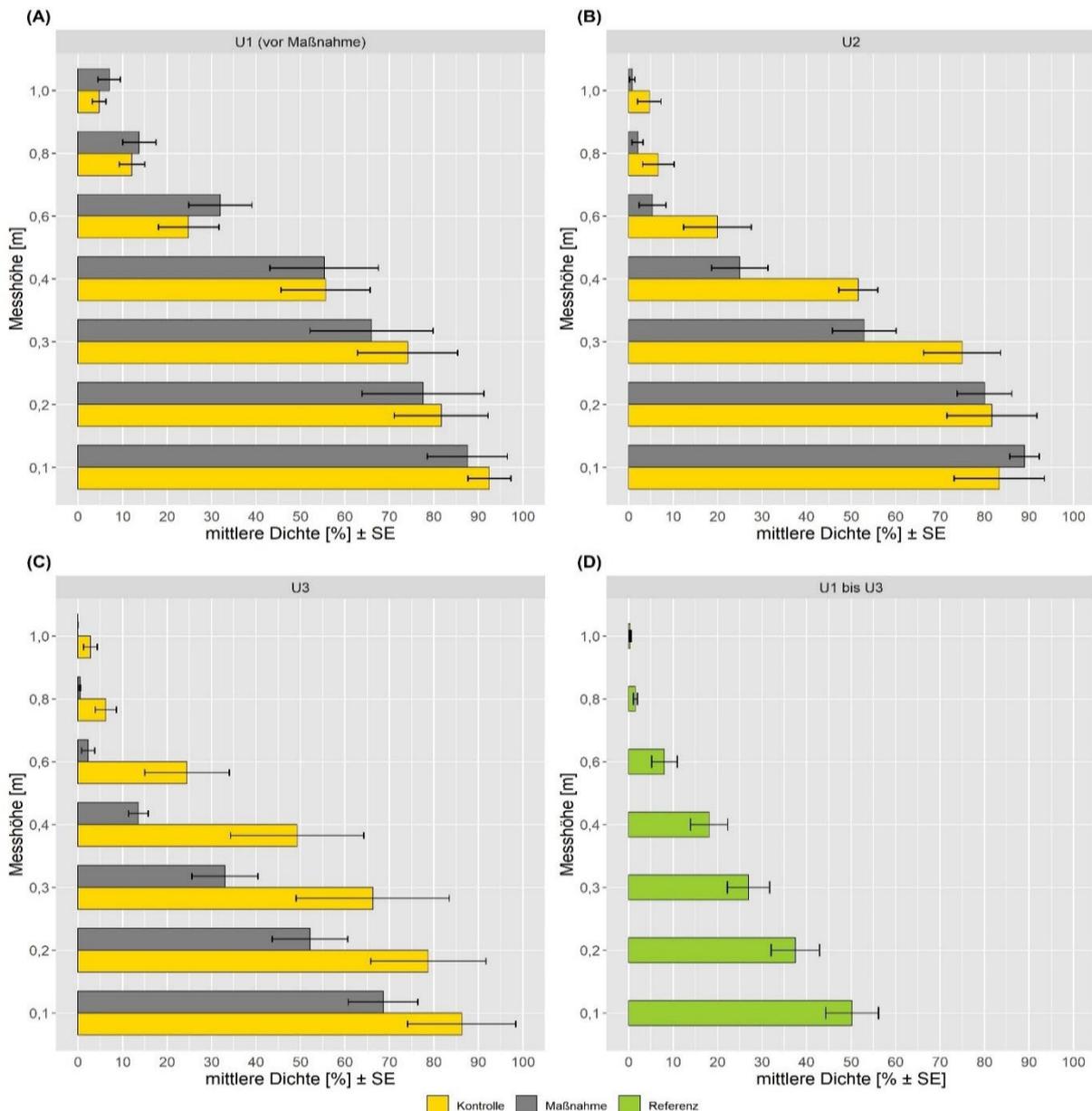


Abbildung 14 Entwicklung der mittleren Vegetationsdichte ± SE in verschiedenen Messhöhen; Kontrolle: freier Erstaufwuchs; Maßnahme: zweiter Aufwuchs 5-8 Wochen nach 1. Pflegedurchgang; (A) Untersuchungsjahr U1, vor erfolgter Maßnahme (Erstaufwuchs); (B) Untersuchungsjahr U2; (C) Untersuchungsjahr U3; (D) Mittelwert der Referenzflächen im gesamten Untersuchungszeitraum (Erstaufwuchs).

5.1.7. Wildbienen-Monitoring

Es konnten keine Veränderungen im Wildbienenbestand festgestellt werden (siehe Abbildung 15 A1 und B1). Die Artenzahlen der Versuchsflächen im gesamten Versuchszeitraum (Mittelwert U2 und U3 = $6,3 \pm 0,9 SE$) liegen deutlich unter den Artenzahlen der Referenzflächen (Mittelwert = $15,6 \pm 1,3 SE$) (siehe A2). Auch die Individuenzahlen auf den Versuchsflächen (Mittelwert = $12,2 \pm 2,2 SE$) sind im Vergleich zu den Referenzflächen (Mittelwert = $37,7 \pm 4,1 SE$) wesentlich niedriger.

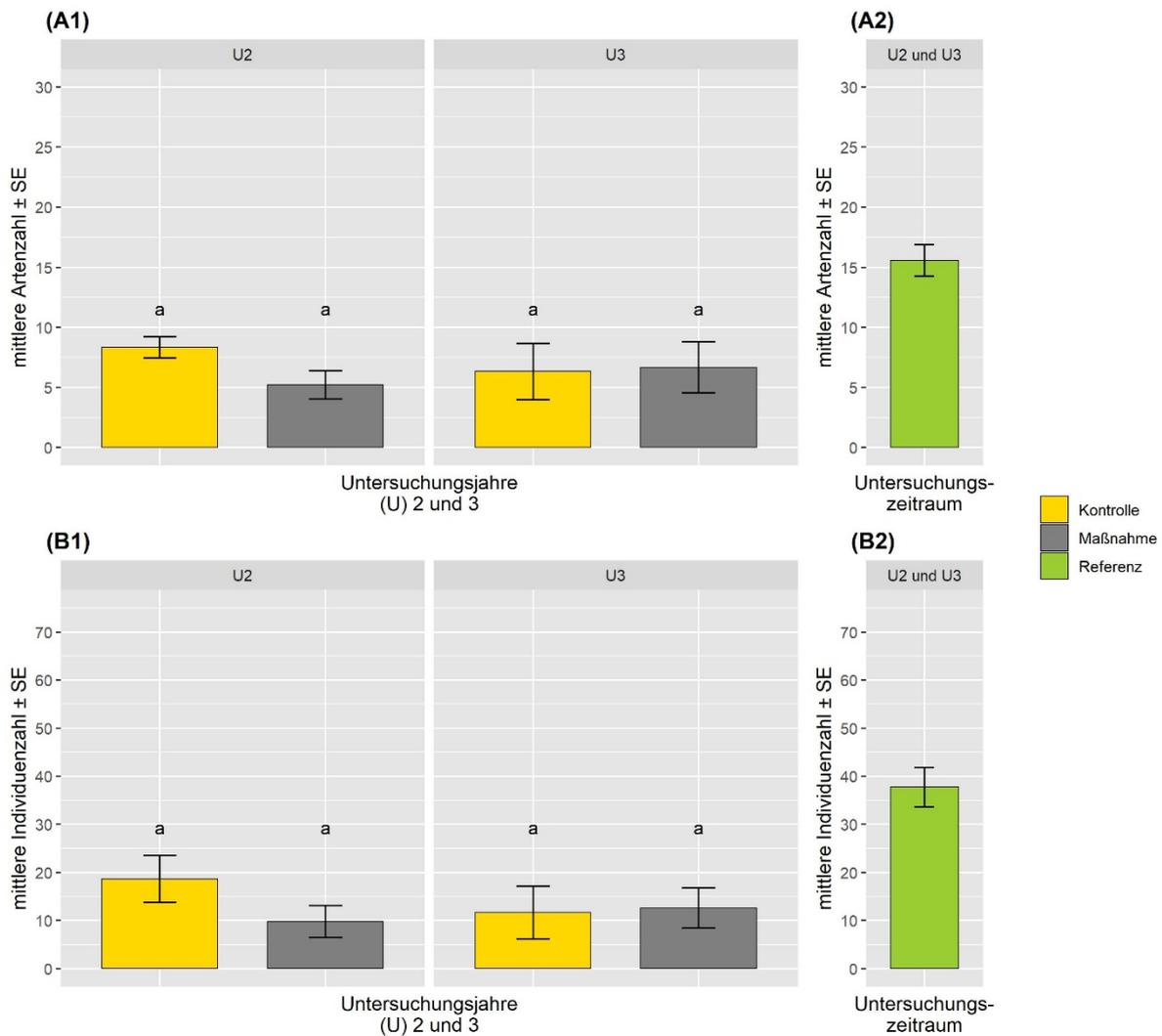


Abbildung 15 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.1.8. Praxiserfahrungen

Zweimaliges Mulchen stellt prinzipiell die am einfachsten umzusetzende Pflegemethode unter den im Modellprojekt erprobten Methoden dar. Die Pflege des Straßenbegleitgrüns ist auf eine Mulchmahd ausgerichtet und die Maschinen stehen zur Verfügung.

Im Rahmen des Modellprojektes wurden die Flächen hauptsächlich von den Straßenmeistereien mit den üblichen Schwerlastgeräteträgern mit Schlegelmulcher am Ausleger gemäht. Aufgrund der etablierten Arbeitsabläufe kam es im Rahmen des Modellprojektes zu keinen Problemen bei der Umsetzung.

5.1.9. Maßnahmenkosten

Zur Ermittlung der Preise wurde von der Vergabe des ersten Pflegedurchganges an Lohnunternehmen ausgegangen, der zweite Pflegedurchgang wird somit weiterhin über die Regelpflege abgedeckt (siehe Tabelle 14); Berechnungsgrundlage: Kapitel 4.6.5.2.

Tabelle 14 Ermittelte Nettopreise: Mulchen (2x jährlich)

Pflegedurchgänge		Maßnahme
1. Pflegedurchgang		Mulchen, Vergabe
2. Pflegedurchgang		<i>Mulchen, Regelpflege durch Straßenmeistereien*</i>
Preise pro Jahr	großparzellig	0,05 €/m ²
	kleinparzellig	0,09 €/m ²

* *Kosten für Regelpflege sind nicht berücksichtigt.*

5.2. Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)

5.2.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Bei der kombinierten Anwendung von Mähen mit Abräumen (1. Pflegedurchgang im Frühsommer) und Mulchen (2. Pflegedurchgang im Spätsommer) ist keine Zunahme der Gesamtartenzahl feststellbar. Die Zielartenzahl hat sich jedoch in geringem Maße signifikant um durchschnittlich +1,4 Arten erhöht ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

Krautschicht: Erwartungsgemäß nimmt die Deckung der Krautschicht infolge der intensiveren Pflege teilweise deutlich ab. Dies ist auch der Vegetationsstruktur geschuldet, die von Obergräsern dominiert ist und nach der Mahd mit Abräumen ein mosaikartiges Bild aus senkrecht stehenden Grashorsten und offenem Boden bewirkt.

Streuschicht: Die Streuschicht nimmt deutlich in Deckung und Dicke ab, was unmittelbar auf die Mähgutabfuhr zurückzuführen ist.

Offener Boden: Auffällig ist der hohe Anteil offener Bodenstellen infolge der Abfuhr. Durch Lichtstellen, Ausmagerung und die Etablierung niedrigwüchsiger lichtbedürftiger Arten nach einigen Jahren, wird dieser Effekt schwächer, es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass es gerade Anfangs durch die Mähgutabfuhr auf diesem Flächentyp zu verstärkter Erosion kommen kann (entsprechendes Gefälle vorausgesetzt).

Vegetationsdichte: Die Vegetationsdichte nimmt im zweiten Maßnahmenjahr bereits deutlich ab, was in Bodennähe nun wesentlich mehr Licht zur Folge hat. Mehr Licht am Boden und reduzierte Konkurrenzkräften dominanter Gräser hat höhere Etablierungschancen für Zielarten zur Folge.

Wildbienen-Monitoring: Durch die Maßnahme ist zwar kein signifikanter Anstieg der Wildbienen-Artenzahl gegenüber der Kontrolle feststellbar, aber es zeichnet sich ein positiver Trend ab, den es auf den Kontrollflächen nicht gibt. Mehr Individuen sind jedoch nicht feststellbar.

Praxiserfahrungen: Abgesehen von der unklaren Frage der Mähgutnutzung oder -entsorgung sind keine unerwarteten Schwierigkeiten im Rahmen des Modellprojektes eingetreten. Eine Begrenzung der Neigung von maximal 20° und die Beschränkung auf Flächen in Dammlage scheint unter dem jetzigen Erfahrungsstand sinnvoll und hat nach Aussage der Straßenmeistereien zu keinen Verkehrsbehinderungen geführt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.2.2. Artenzahlen

Nach zwei Jahren sind keine nennenswerten Veränderungen in den Gesamtartenzahlen eingetreten. Die Auswertung der Gesamtartenzahlen ergibt keine signifikanten Entwicklungen auf den Maßnahmenflächen (siehe Abbildung 16 A1). Die signifikante Zunahme ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD) der Gesamtartenzahlen auf den Kontrollflächen im U3 beruht vermutlich auf einer kleineren Stichprobe (bedingt durch Ausfälle). Die Gesamtartenzahl der Referenzflächen liegt sehr deutlich über denen, der Versuchsflächen (siehe A2). Die durchschnittlichen Zielartenzahlen auf den Maßnahmenflächen der Untersuchungsjahre U2 und U3 weisen einen signifikanten Anstieg von 1,4 Arten auf ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD) (siehe B1).

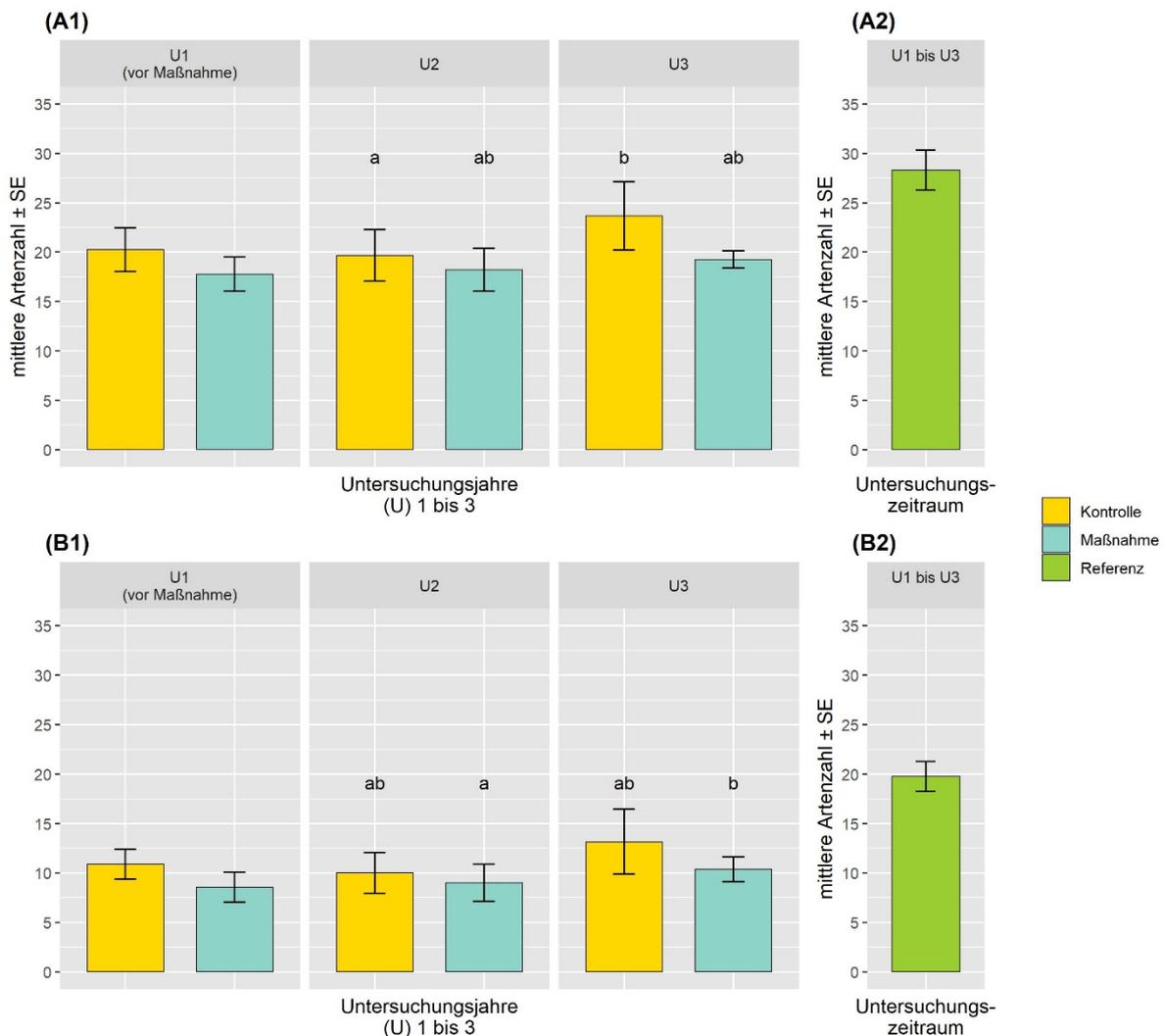


Abbildung 16 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.2.3. Krautschicht

In Folge der intensivierten Pflege ist im U3 eine niedrigere Deckung der Krautschicht auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu den Kontrollflächen zu erkennen (siehe Abbildung 17 A1). Schwankungen im durchschnittlichen Kräuteranteil sowie in der Streuung der Daten machen eine Interpretation schwierig, aber erwartungsgemäß liegt der Kräuteranteil im U3 auf den Maßnahmenflächen etwas unter den Kontrollflächen (siehe Abbildung 17 B1).

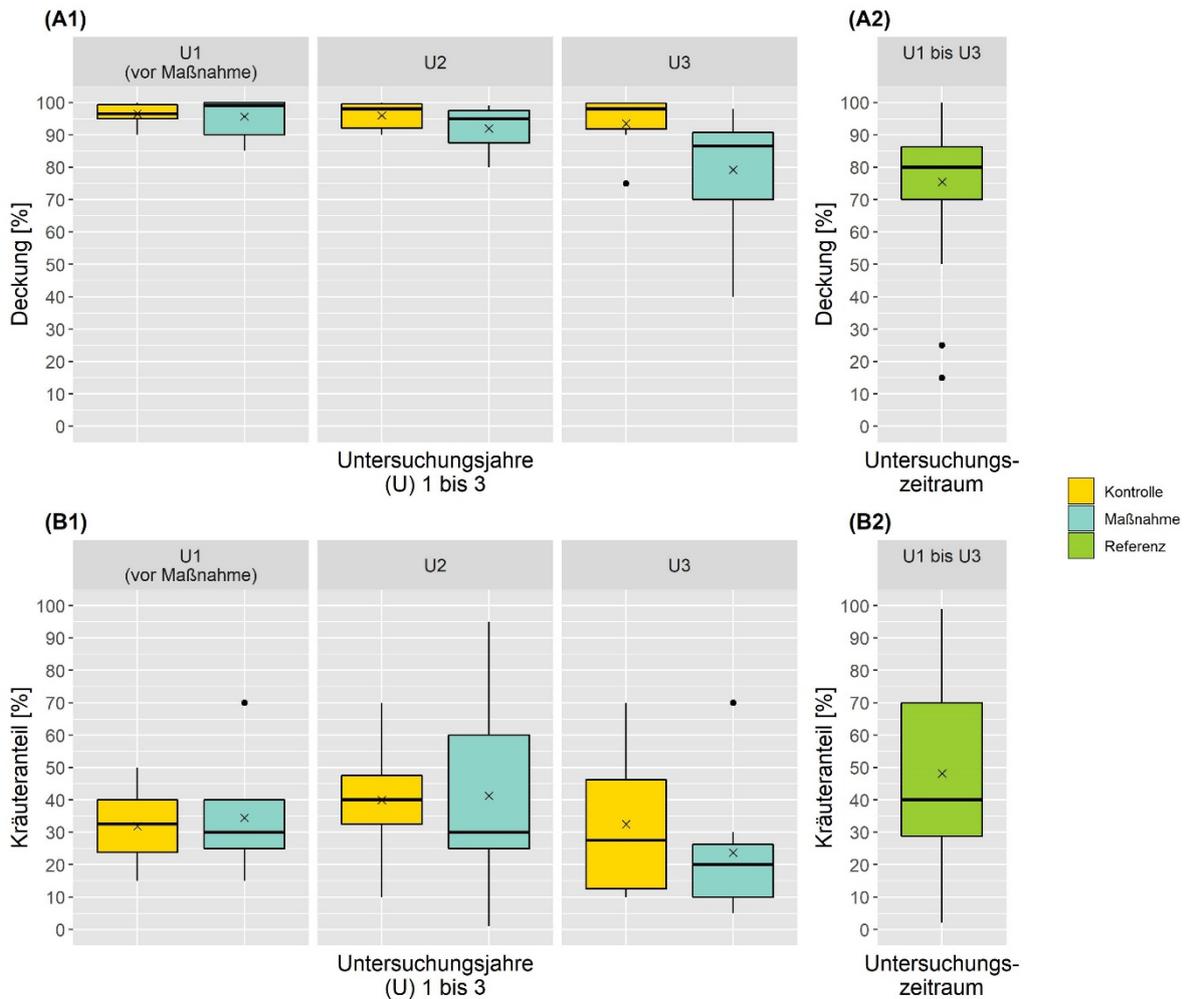


Abbildung 17 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungs Jahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsflächen; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.2.4. Streuschicht

Trotz großer Variabilität der Daten ist auf den Maßnahmenflächen ist eine deutliche Abnahme der durchschnittliche Deckung der Streuschicht zu erkennen (siehe Abbildung 18 A1). Die Entfernung der Biomasse des ersten Aufwuchses spiegelt sich hier direkt wider. Die durchschnittliche Schichtdicke nimmt, wenn auch weniger deutlich, ab und ist im U3 deutlich kleiner als in der Kontrollgruppe (B1).

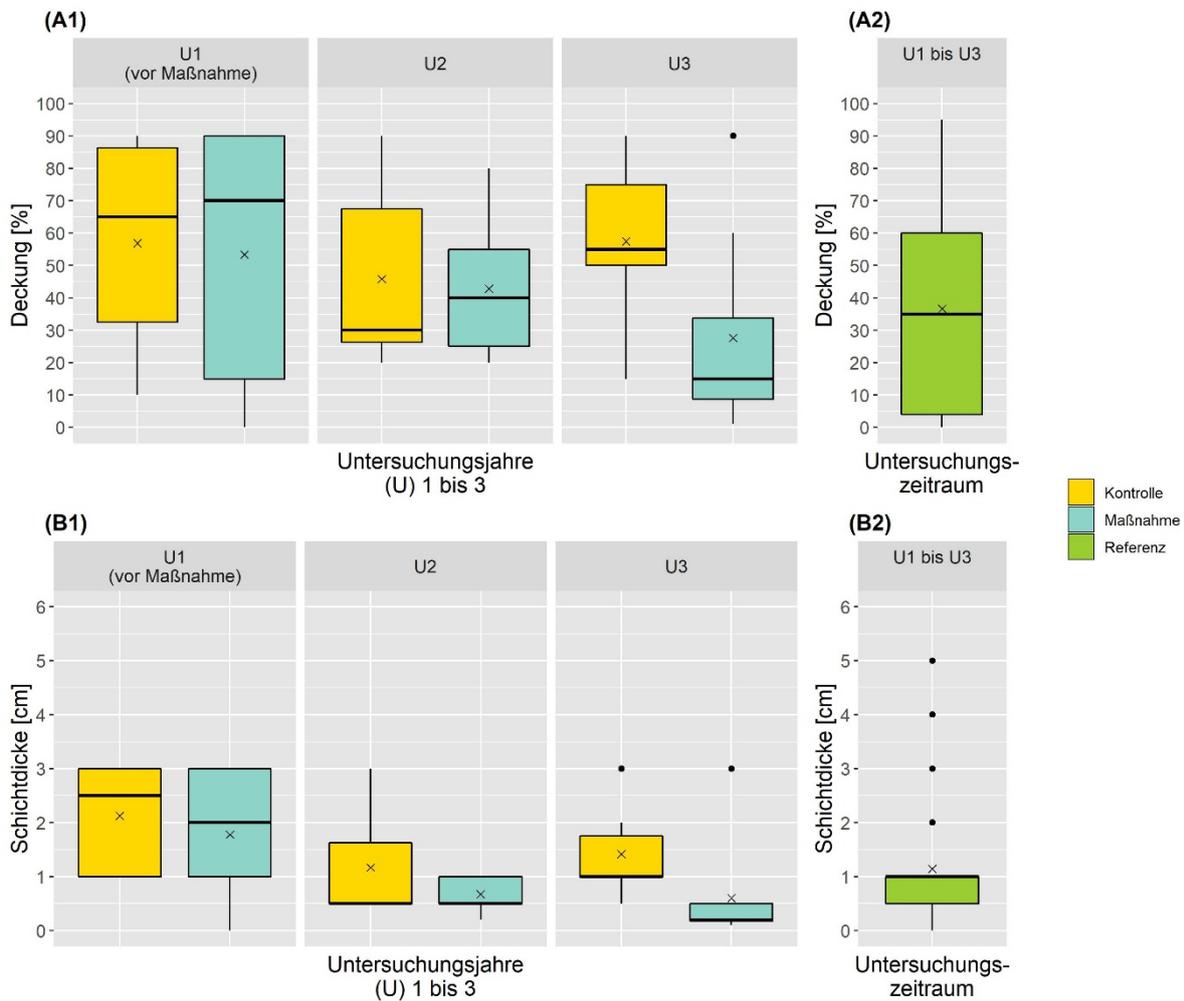


Abbildung 18 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungs Jahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsflächen; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.2.5. Offener Boden

Im U3 ist eine deutliche Zunahme offener Bodenstellen auf den Maßnahmenflächen zu erkennen (siehe Abbildung 19 A). Im Vergleich zu den Maßnahmenflächen im U1 (Mittelwert=1,7%) liegt der Anteil im U3 (Mittelwert=8,9%) um mehr als das 5-fache darüber. Grund für diese schnelle Zunahme ist vermutlich die homogene vertikale Vegetationsstruktur. Der Flächentyp 1 (siehe Kapitel 4.5.1) ist von Obergräsern dominiert und weist keine „Stockwerke“ in der Struktur auf. Aufgrund des Lichtmangels am Grund fehlen niedrigwüchsige Kräuter und Untergräser, weshalb der Bestand nach der Mahd und dem Abräumen sofort Lücken aufweist. Im Gegensatz zum Mulchen wird offener Boden hier nicht direkt wieder von Streu abgedeckt, was der Ansiedlung lichtbedürftiger Arten ebenso förderlich ist wie der Ansiedlung von Wildbienen. Unter Umständen kann die Pflegemethode auf dem Flächentyp 1 in den Sommermonaten und in den ersten Jahren der Pflegeumstellung aber zu verstärkter Erosion führen – zumindest bei hohem Anteil offenen Bodens an der Gesamtfläche.

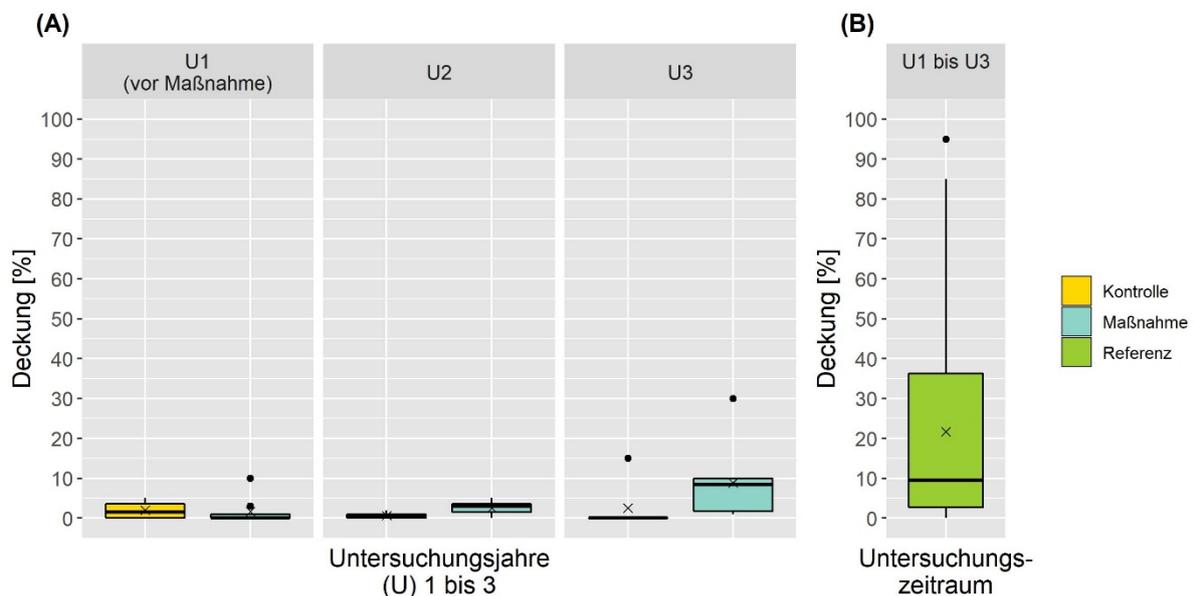


Abbildung 19 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< +/- 1.5 * IQR$).

5.2.6. Vegetationsdichte

Der zweite Aufwuchs auf den Maßnahmenflächen im U3 ist im Vergleich zur Kontrolle deutlich lichter (siehe Abbildung 20 C). Auch im Vergleich zu den Maßnahmenflächen im U2 ist der Aufwuchs weniger dicht, aber im Gegensatz dazu bleibt die Vegetationsdichte der Kontrollflächen relativ konstant. Die abnehmende Dichte kann daher bereits auf einen Effekt durch die Maßnahme erklärt werden.

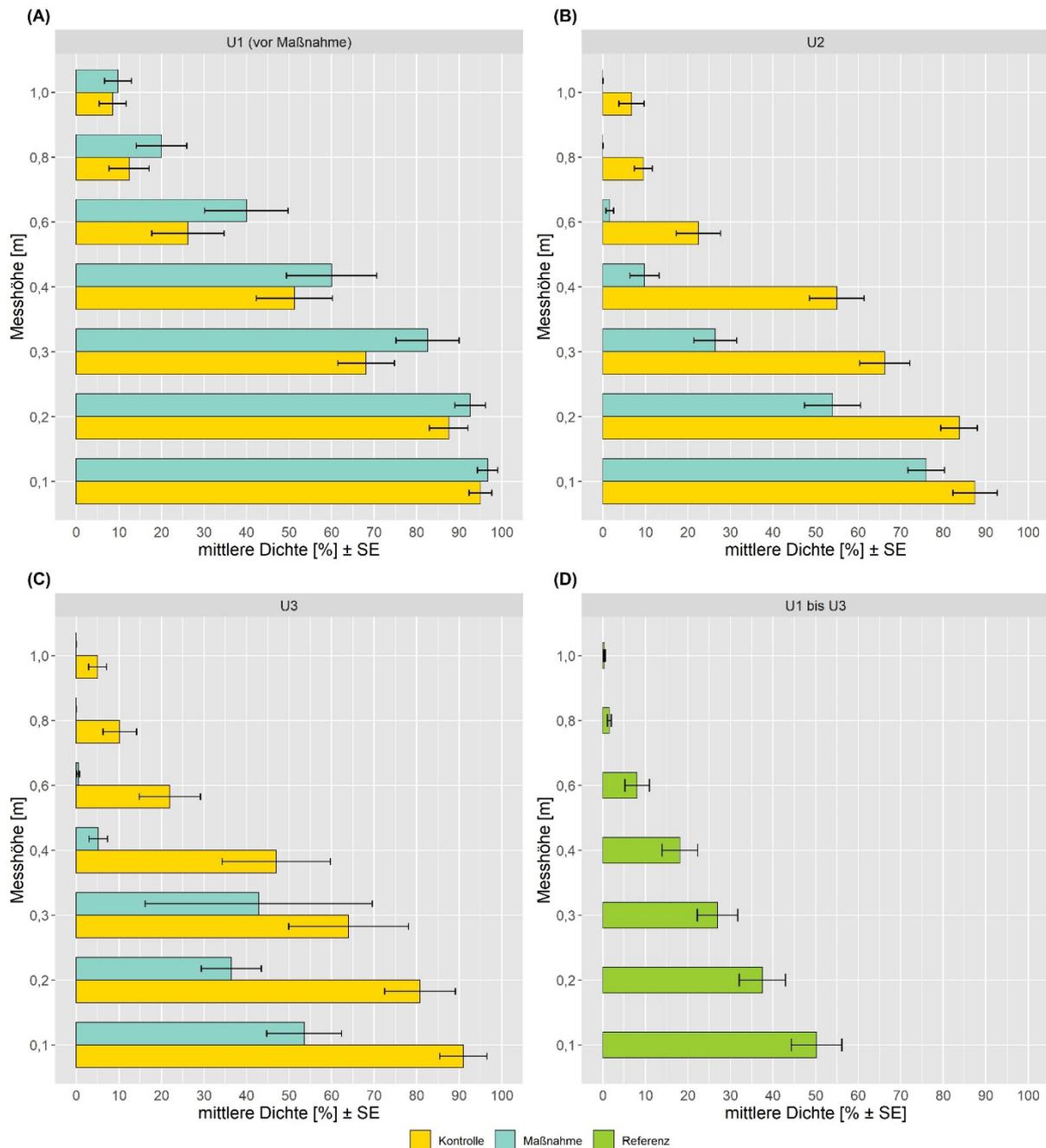


Abbildung 20 Entwicklung der mittleren Vegetationsdichte \pm SE in verschiedenen Messhöhen; Kontrolle: freier Erstaufwuchs; Maßnahme: zweiter Aufwuchs 5-8 Wochen nach 1. Pflegedurchgang; (A) Untersuchungsjahr U1, vor erfolgter Maßnahme (Erstaufwuchs); (B) Untersuchungsjahr U2; (C) Untersuchungsjahr U3; (D) Mittelwert der Referenzflächen im gesamten Untersuchungszeitraum (Erstaufwuchs).

5.2.7. Wildbienen-Monitoring

Auf den Maßnahmenflächen ist keine signifikante Veränderung der Artenzahl feststellbar, allerdings ist ein leichter Anstieg auf den Maßnahmenflächen um durchschnittlich +2,8 Arten erkennbar, der auf den Kontrollflächen nicht feststellbar ist (siehe Abbildung 21 A1). Die Individuenzahl nimmt auf den Kontroll- und Maßnahmenflächen von U2 auf U3 im selben Maße zu, was für den Einfluss der fehlenden Erfassungsrunde im Jahr 2018 spricht (B1). Ein Maßnahmeneffekt zeichnet sich nicht ab.

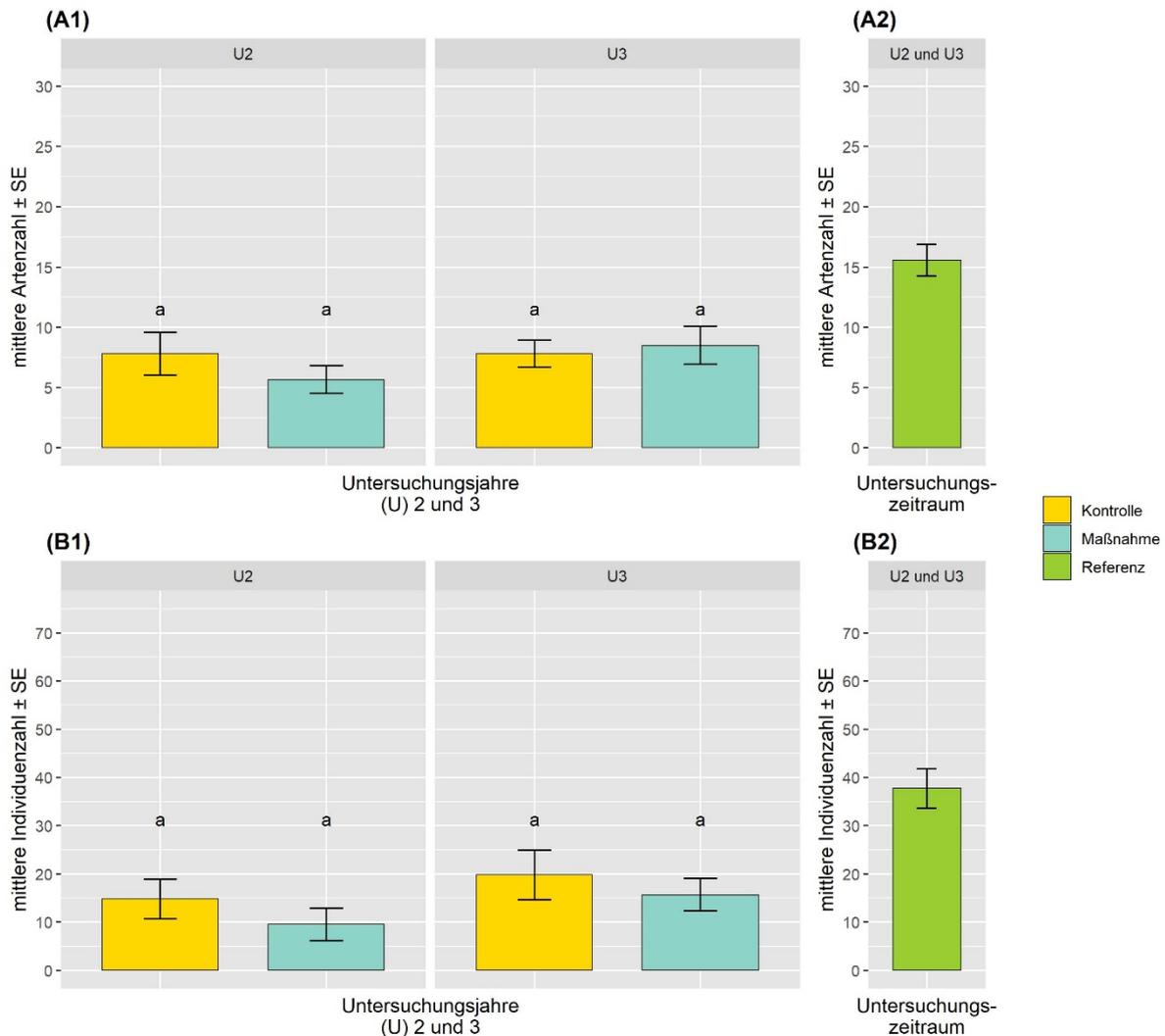


Abbildung 21 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.2.8. Praxiserfahrungen

Die kombinierte Anwendung von Mähen mit Abräumen (1. Pflegedurchgang) und Mulchen (2. Pflegedurchgang) konnte nicht von allen Straßenmeistereien in Eigenregie durchgeführt werden. Handgeführte Balkenmäher, Bandrechen oder entsprechende Anbaugeräte für Mähraupen gehören nicht zur standardmäßigen technischen Ausstattung der Straßenmeistereien, sodass für das Mähen mit Abräumen oft auf Dienstleister zurückgegriffen werden musste.

Ein großes Problem stellt hierbei die Mähgutverwertung dar. Vereinzelt fanden sich Landwirte, die den Aufwuchs verwerten konnten, aber in der Regel musste die Biomasse auf verschiedenen Wegen entsorgt werden. Die angefallenen Mengen im Modellprojekt waren jedoch zu gering, um Rückschlüsse auf geeignete Verwertungs- bzw. Entsorgungskonzepte ziehen zu können.

Es traten keine Behinderungen des fließenden Verkehrs durch das Mähen mit Abräumen im Straßenraum auf, was maßgeblich an der Ausrichtung der Flächen lag (Damm-lage, Typ d), was auch die Einrichtung von Sicherungsmaßnahmen unnötig machte. Bedingung für eine effiziente Mähgutaufnahme ist darüber hinaus die direkte Anbindung an einen Fahrweg am Fuß der Böschung.



Foto 11 Beispiel für den Flächentyp d mit landwirtschaftlichem Fahrweg am Böschungsfuß. Foto: ILU

5.2.9. Maßnahmenkosten

Zur Ermittlung der Preise wurde von der Vergabe des ersten Pflegedurchganges an Lohnunternehmen ausgegangen, der zweite Pflegedurchgang wird somit weiterhin über die Regelpflege abgedeckt (siehe Tabelle 15). Entsorgungskosten sind hierin nicht enthalten; Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 4.6.5.1.

Tabelle 15 Ermittelte Nettopreise: Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)

Pflegedurchgänge		Maßnahme
1. Pflegedurchgang		Mähen mit Abräumen, Vergabe
2. Pflegedurchgang		Mulchen, Regelpflege durch Straßenmeistereien*
Preise pro Jahr, ohne Entsorgung	großparzellig	0,16 €/m ²
	kleinparzellig	0,20 €/m ²

*Kosten für Regelpflege sind nicht berücksichtigt.

5.3. Mähen mit Abräumen (2x jährlich)

5.3.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Durch zweimaliges Mähen mit Abräumen ist bereits nach zwei Jahren ein positiver, wenn auch nicht signifikanter Trend in der Gesamtartenzahl feststellbar. Die durchschnittliche Gesamtartenzahl der Maßnahmenflächen steigt von $21,5 \pm 2,4 SE$ im Untersuchungsjahr 1 (U1), auf $27,9 \pm 1,8 SE$ im U3. Die Zielartenzahl auf den Maßnahmenflächen im U3 nimmt ebenfalls zu, unterscheidet sich jedoch noch nicht signifikant von den Maßnahmenflächen im U2. Gemessen an den Kontrollflächen ist die Zunahme der mittleren Zielartenzahl im U3 jedoch bereits signifikant und beträgt durchschnittlich +4,7 Arten ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

Krautschicht: Die Deckung der Krautschicht und der Kräuteranteil nehmen im Vergleich zu den Kontrollflächen erwartungsgemäß ab, was durch die intensiviertere Pflege zu erklären ist. Mahdempfindliche Arten haben durch die mechanische Störung erschwerte Wachstumsbedingungen und nehmen mengenanteilig ab und fallen in den Folgejahren teilweise aus.

Streuschicht: Streuschichtdeckung und -dicke nehmen durch das Abräumen ab und offene Bodenstellen im Vergleich zu den Kontrollflächen zu.

Offener Boden: Eine sehr geringe Zunahme offener Bodenstellen ist infolge der intensiveren Bearbeitung der Flächen feststellbar.

Vegetationsdichte: Infolge der zweischürigen Pflege zeigt sich bereits nach zwei Jahren eine deutliche Abnahme der Vegetationsdichte des zweiten Aufwuchses, was günstigere Keimungsbedingungen für lichtkeimende Arten zu Folge hat und die Etablierung neuer Arten begünstigt.

Wildbienen-Monitoring: Die Arten- und Individuenzahlen der Wildbienen hat sich auf den Maßnahmenflächen nicht signifikant erhöht, jedoch zeigt sich im Gegensatz zu den Kontrollflächen eine Zunahme der Zahlen, was u.U. bereits auf die Maßnahmenwirkung zurückzuführen ist.

Praxiserfahrungen: Abgesehen von der ungeklärten Frage der Mähgutnutzung oder -entsorgung sind keine unerwarteten Schwierigkeiten im Rahmen des Modellprojektes eingetreten. Eine Begrenzung der Neigung von maximal 20° und die Beschränkung auf Flächen in Dammlage scheint unter dem jetzigen Erfahrungsstand machbar und sinnvoll und hat wegen der Dammlage zu keinen Verkehrsbehinderungen geführt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.3.2. Artenzahlen

Die Auswertung der Gesamtartenzahlen ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen, wenngleich ein positiver Trend auf den Maßnahmenflächen erkennbar ist (siehe Abbildung 22, A1). Die durchschnittlichen Gesamtartenzahlen auf den Maßnahmenflächen liegen im U3 auf dem Niveau der Referenzflächen (siehe A1 und A2).

Während zwischen den Zielartenzahlen im U2 noch kein Unterschied zwischen Maßnahme und Kontrolle besteht, ist im U3 ein signifikanter Unterschied von durchschnittlich +4,7 Arten ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD) zwischen den Kontroll- und Maßnahmenflächen festzustellen (siehe B1). Die Zunahme zwischen den Maßnahmenflächen im U2 und U3 beträgt durchschnittlich 3,6 Arten (nicht signifikant).

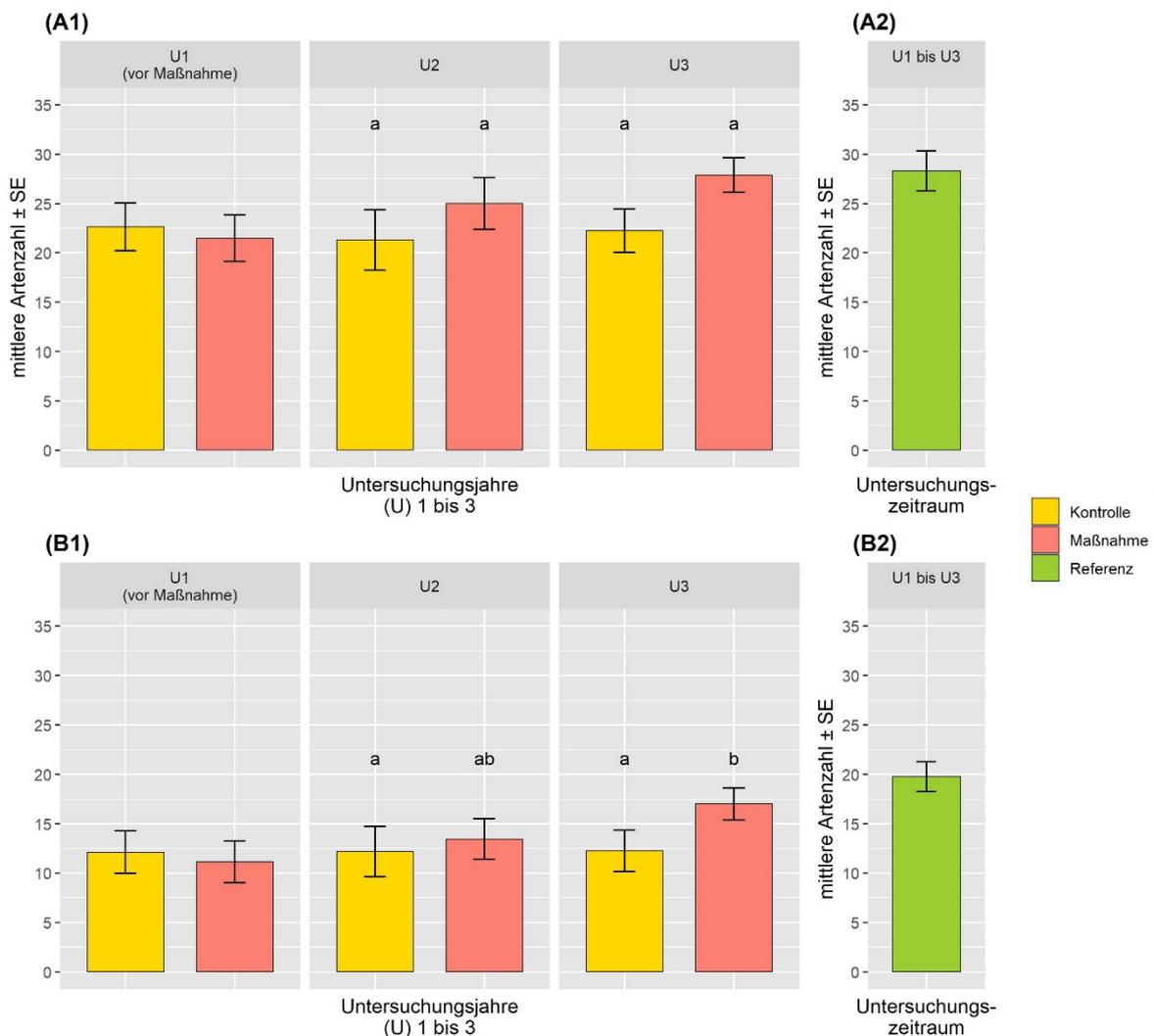


Abbildung 22 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.3.3. Krautschicht

In Folge der deutlich intensivierten Pflege nimmt die Deckung der Krautschicht auf den Maßnahmenflächen ab (siehe Abbildung 23 A1). Der Kräuteranteil hat sich auf den Maßnahmenflächen im Vergleich zu den Kontrollflächen deutlich reduziert (siehe B1). Eine anfängliche Abnahme des Kräuteranteils auf den Maßnahmenflächen durch die Umstellung auf eine zweischürige Pflege ist durchaus normal, da sich das Pflegeregime sehr stark gegenüber der Regelpflege unterscheidet und mahdempfindliche Pflanzenarten zunächst ausfallen.

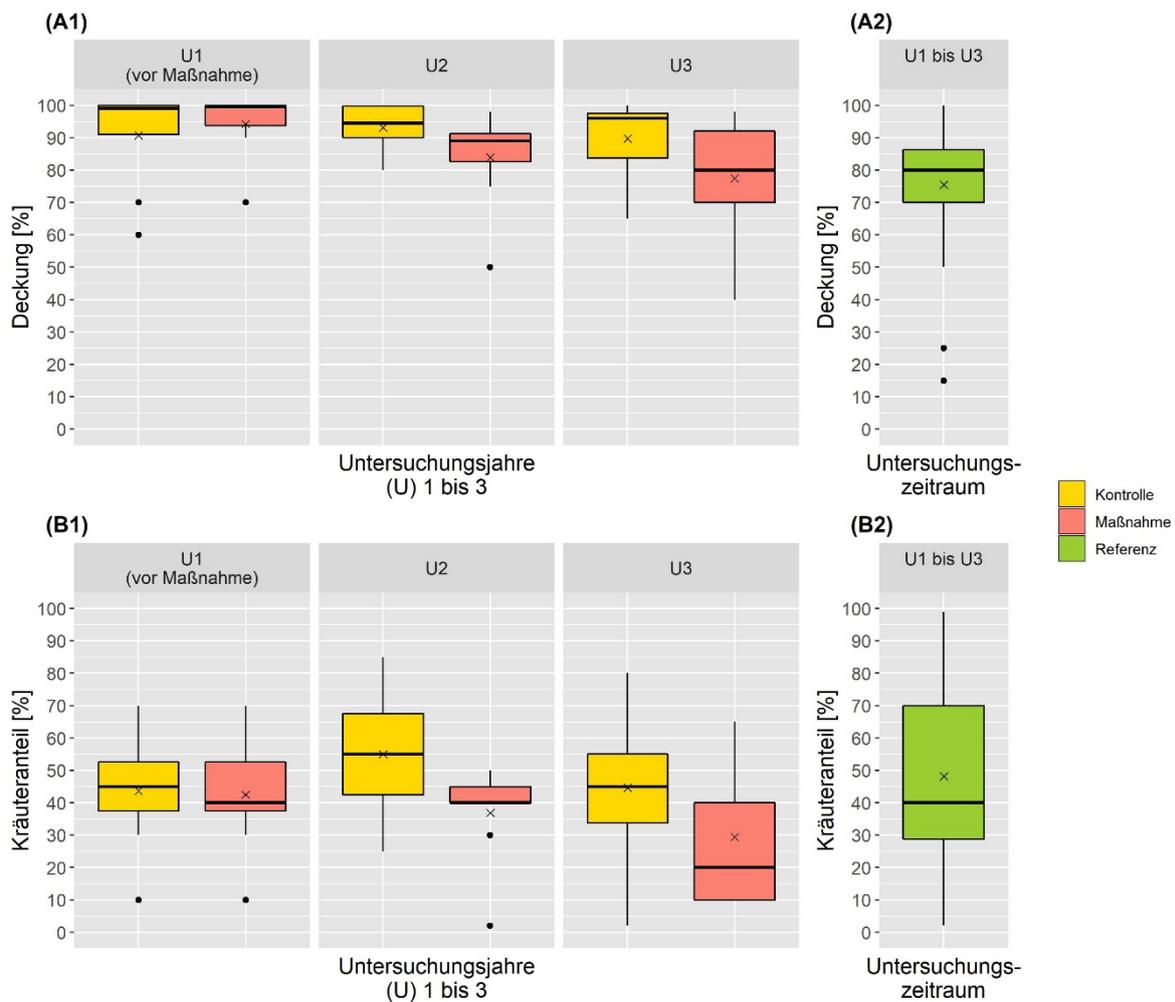


Abbildung 23 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsflächen; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.3.4. Streuschicht

Entgegen der Erwartung, zeigt sich bei zweimaliger Mahd mit Abräumen erst im U3 eine Reduktion der Deckung der Streuschicht gegenüber der Kontrollgruppe (siehe Abbildung 24 A1). Auch die Schichtdicke weist erst im U3 einen deutlichen Unterschied gegenüber der Kontrollgruppe auf (siehe B1). Mit einer durchschnittlichen Schichtdicke von $0,4 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ SE}$ auf den Maßnahmenflächen im U3 ist die Streuschicht jedoch vergleichsweise dünn (Mulchen 2x: Mittelwert der Maßnahmenflächen im U3 = $3,3 \text{ cm} \pm 0,7 \text{ SE}$).

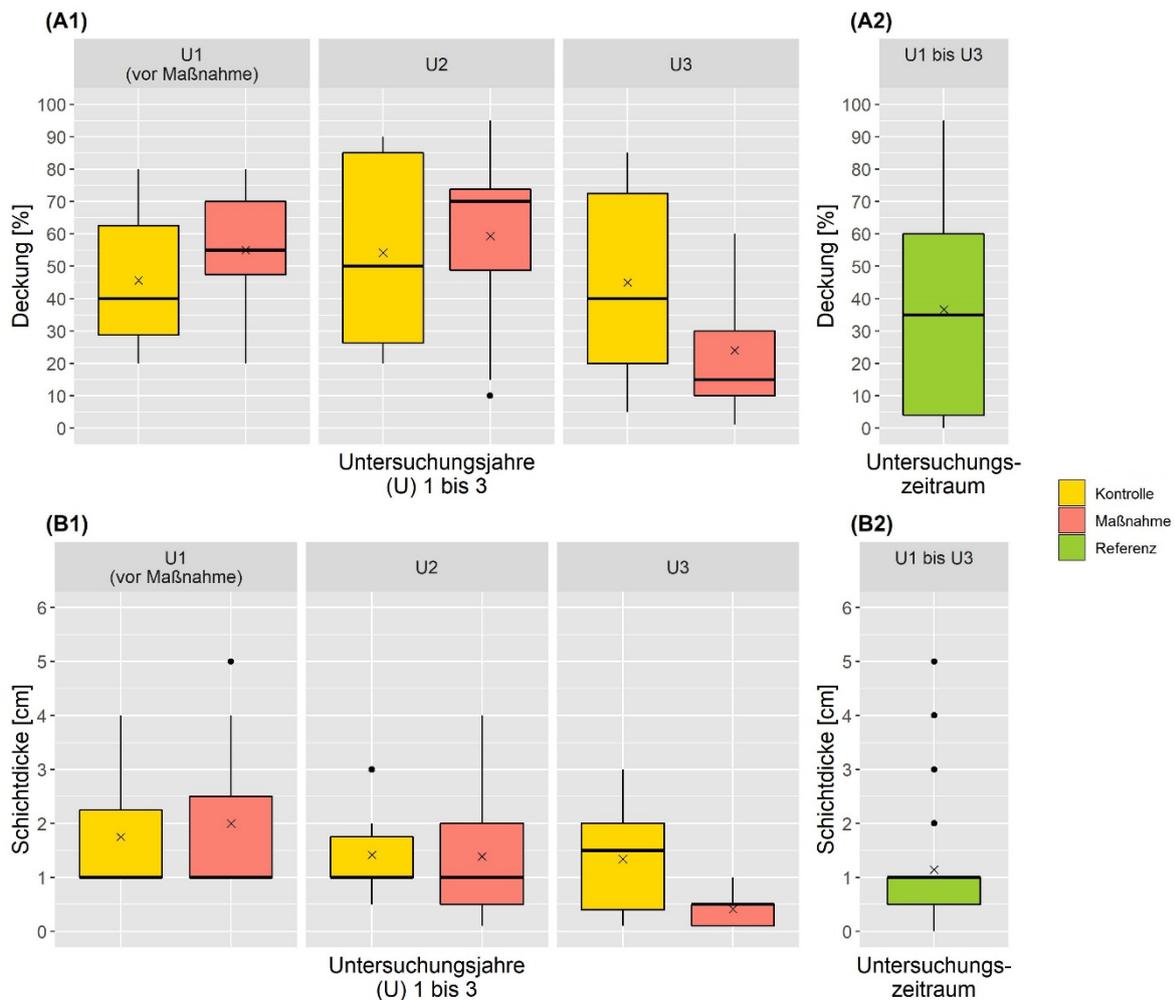


Abbildung 24 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsflächen; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, < +/- 1.5 * IQR).

5.3.5. Offener Boden

Durch das Abräumen und die einhergehende mechanische Bearbeitung der Grasnarbe, weisen die Maßnahmenflächen (Mittelwert aus U2 und U3 = 7,0 % ± 5,1 SE) einen höheren Anteil offener Bodenstellen als die Kontrollflächen (Mittelwert aus U2 und U3 = 3,7 % ± 3,2 SE) auf (siehe Abbildung 25 A). Die Mittelwerte sind stark von einzelnen Flächen mit hoher Deckung geprägt (Ausreißer), dennoch ist eine geringe Zunahme auf den Maßnahmenflächen erkennbar.

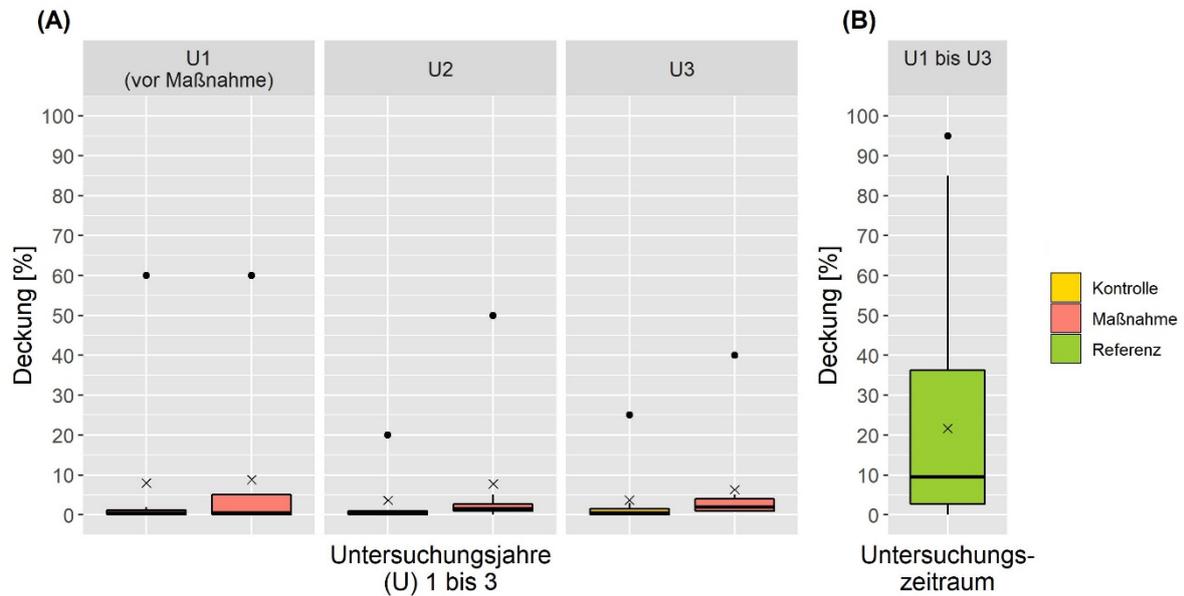


Abbildung 25 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, < +/- 1.5 * IQR).

5.3.6. Vegetationsdichte

In der Variante zweimaliges Mähen mit Abräumen liegt die Vegetationsdichte im U3 deutlich unter der Kontrollgruppe und sogar deutlich unter der Dichte auf den Referenzflächen (siehe Abbildung 26 C und D). Noch deutlicher als bei Variante „Mähen mit Abräumen und Mulchen“ (siehe Kapitel 5.2.6) ist eine Abnahme der Vegetationsdichte auf den Maßnahmenflächen von U2 zu U3 in allen Messhöhen zu beobachten. Da der Versuch gleichmäßig in beiden Projekttrunden wiederholt wurde, ist nur von einem geringen Witterungseinfluss auszugehen und die reduzierte Vegetationsdichte ist auf die Maßnahme zurückzuführen.

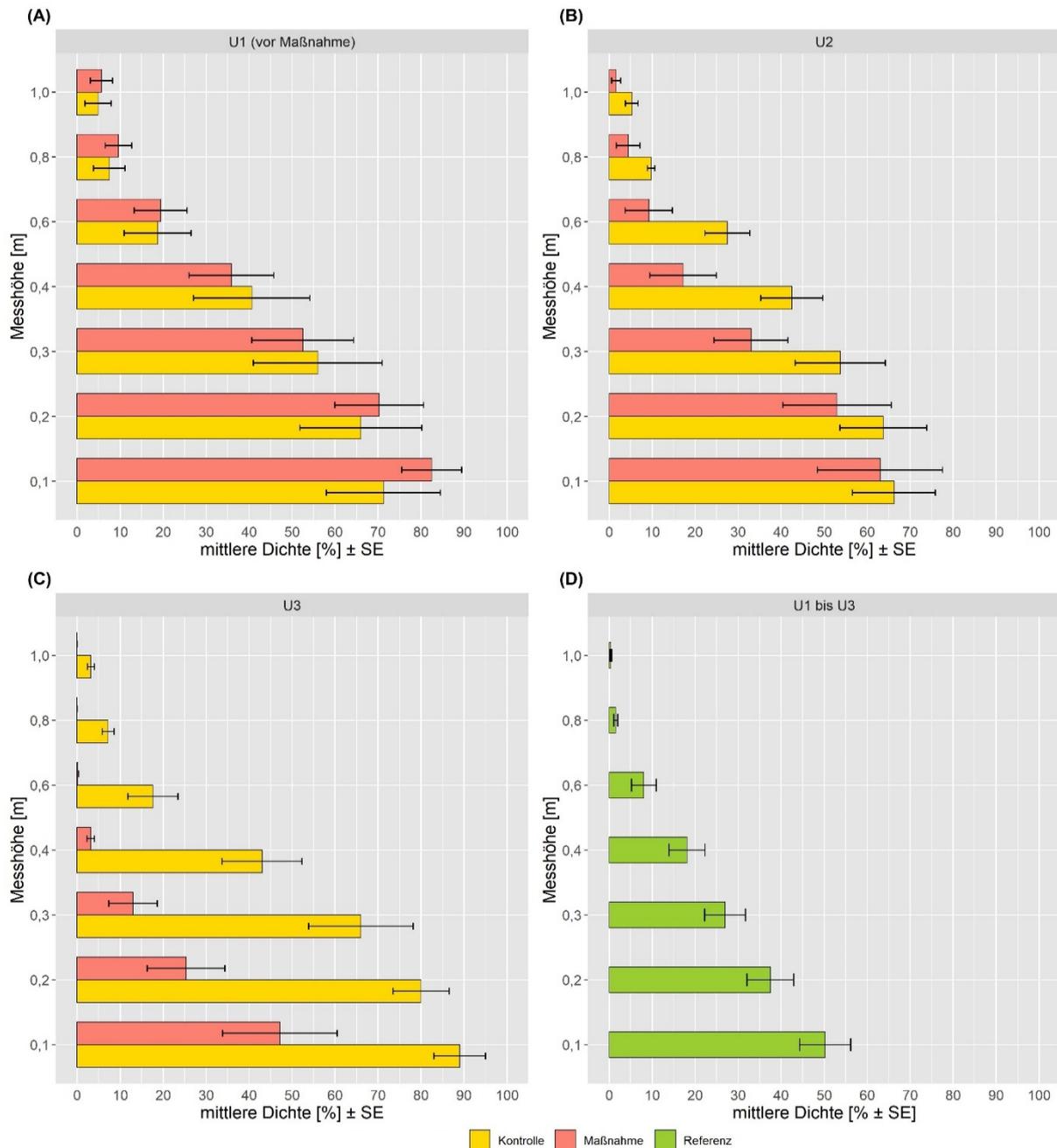


Abbildung 26 Entwicklung der mittleren Vegetationsdichte ± SE in verschiedenen Messhöhen; Kontrolle: freier Erstaufwuchs; Maßnahme: zweiter Aufwuchs 5-8 Wochen nach 1. Pflegedurchgang; (A) Untersuchungszeitpunkt U1, vor erfolgter Maßnahme (Erstaufwuchs); (B) Untersuchungszeitpunkt U2; (C) Untersuchungszeitpunkt U3; (D) Mittelwert der Referenzflächen im gesamten Untersuchungszeitraum (Erstaufwuchs).

5.3.7. Wildbienen-Monitoring

Statistisch signifikante Unterschiede sind bei den Wildbienen Artenzahlen nicht feststellbar (siehe Abbildung 27 A1). Bedingt durch einzelne sehr hohe Artenzahlen (Ausreißer) unter den Kontrollflächen im U2, ist der Mittelwert und Standardfehler sehr groß, was eine Interpretation erschwert. Die Artenzahl der Maßnahmenflächen beträgt im U2 $8,8 \pm 1,7 SE$ und im U3 $12,9 \pm 2,1 SE$, wohingegen sich die mittlere Artenzahl der Kontrollflächen durchschnittlich um 1,4 Arten reduziert. Ein Maßnahmeneffekt ist daraus nicht unbedingt abzuleiten. Die Individuenzahlen verhalten sich ähnlich, aber unterscheiden sich nicht signifikant (siehe B1).

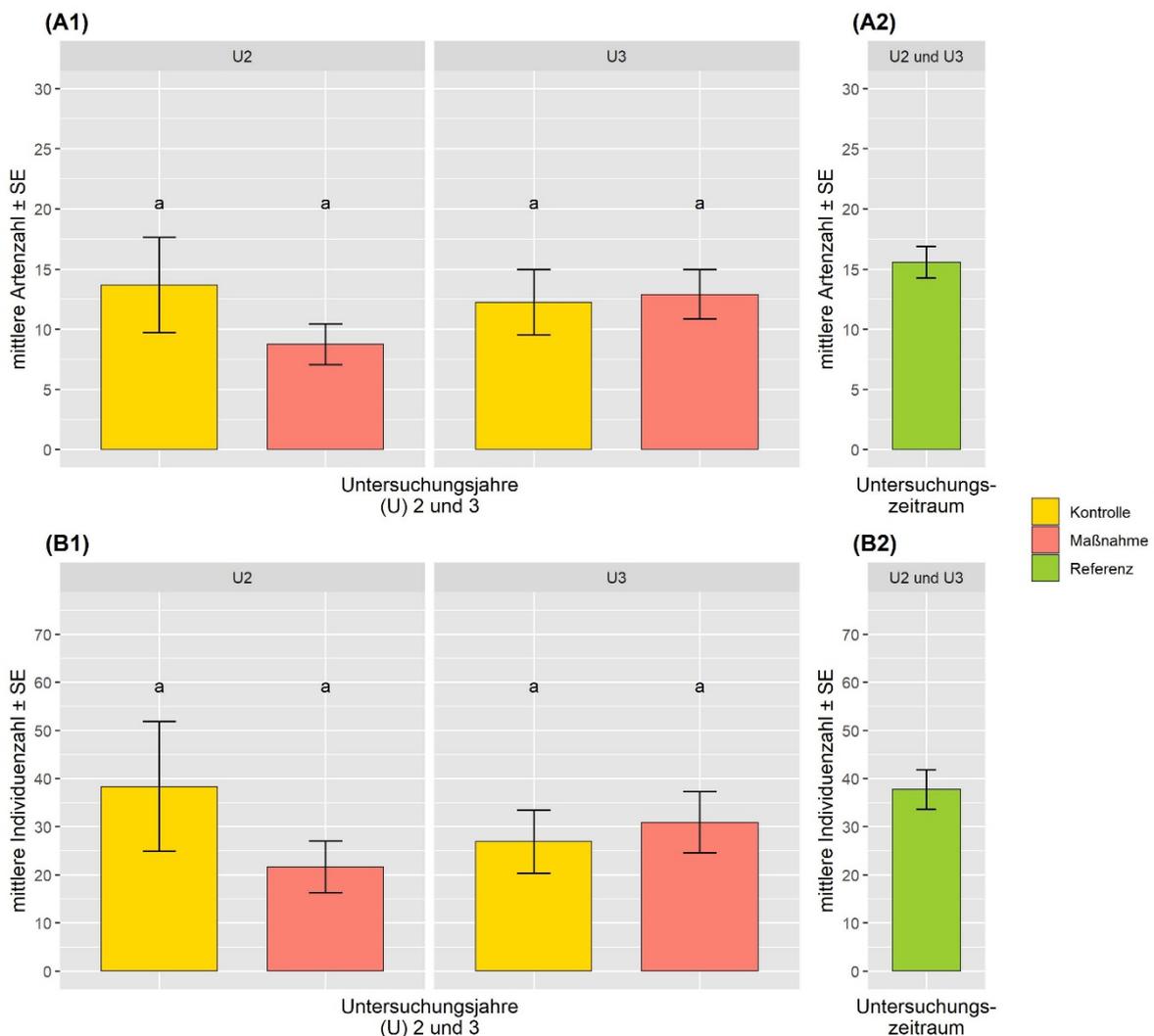


Abbildung 27 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.3.8. Praxiserfahrungen

Zweimaliges Mähen mit Abräumen (1. und 2. Pflegedurchgang) birgt dieselben technischen und logistischen Herausforderungen wie die kombinierte Anwendung 1. Mähen / 2. Mulchen (siehe Kapitel 5.2.8).

5.3.9. Maßnahmenkosten

Zur Ermittlung der Preise wurde von der Vergabe beider Pflegedurchgänge an Lohnunternehmen ausgegangen. Die Kosten für die Regelpflege entfallen somit, was jedoch bei der Preisbildung nicht berücksichtigt wird (siehe Tabelle 16). Entsorgungskosten sind hierin nicht enthalten; Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 4.6.5.1.

Tabelle 16 Ermittelte Nettopreise: Mähen mit Abräumen (2x jährlich)

Pflegedurchgänge		Maßnahme
1. Pflegedurchgang		Mähen mit Abräumen, Vergabe
2. Pflegedurchgang		Mähen mit Abräumen, Vergabe
Preise pro Jahr, ohne Entsorgung	großparzellig	0,31 €/m ²
	kleinparzellig	0,41 €/m ²

5.4. Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auf Sichtflächen

5.4.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Das veränderte Mahdregime hat auf den Sichtflächen zu keinen wesentlichen Veränderungen im Vegetationsbestand geführt. Die Artenzahlen liegen unverändert auf hohem Niveau und sind sogar mit den Referenzflächen zu vergleichen, obwohl keine Ansaaten durchgeführt wurden und die Flächen in der Regel mindestens zwei Mal im Jahr gemulcht werden (Intensivbereich).

Zweimaliges Mähen mit Abräumen ähnelt in seiner Wirkung auf die Vegetation der zweimaligen Mulchmahd sehr, daher werden sich Unterschiede in der Krautschicht, in der Streuschicht, in offenen Bodenstellen und Wildbienenbeständen, die auf eine Aushagerung zurückzuführen sind, vermutlich erst nach mehreren Jahren einstellen (vgl. LUBW 2009).

Praxiserfahrungen: Abgesehen von der ungeklärten Frage der Mähgutnutzung oder -entsorgung sind im Rahmen des Modellprojektes keine unerwarteten Probleme eingetreten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.4.2. Artenzahlen

Die Auswertung der Gesamt- und Zielartenzahlen ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (siehe Abbildung 28 A1 und B1). Der generelle Anstieg zwischen U2 und U3 ist auf die größere Stichprobenzahl in der ersten Projektrunde (siehe Kapitel 4.5.1) und die Dürre im Jahr 2018 zurückzuführen, was zu einer höheren Zahl von extremer Trockenheit betroffener Flächen führt.

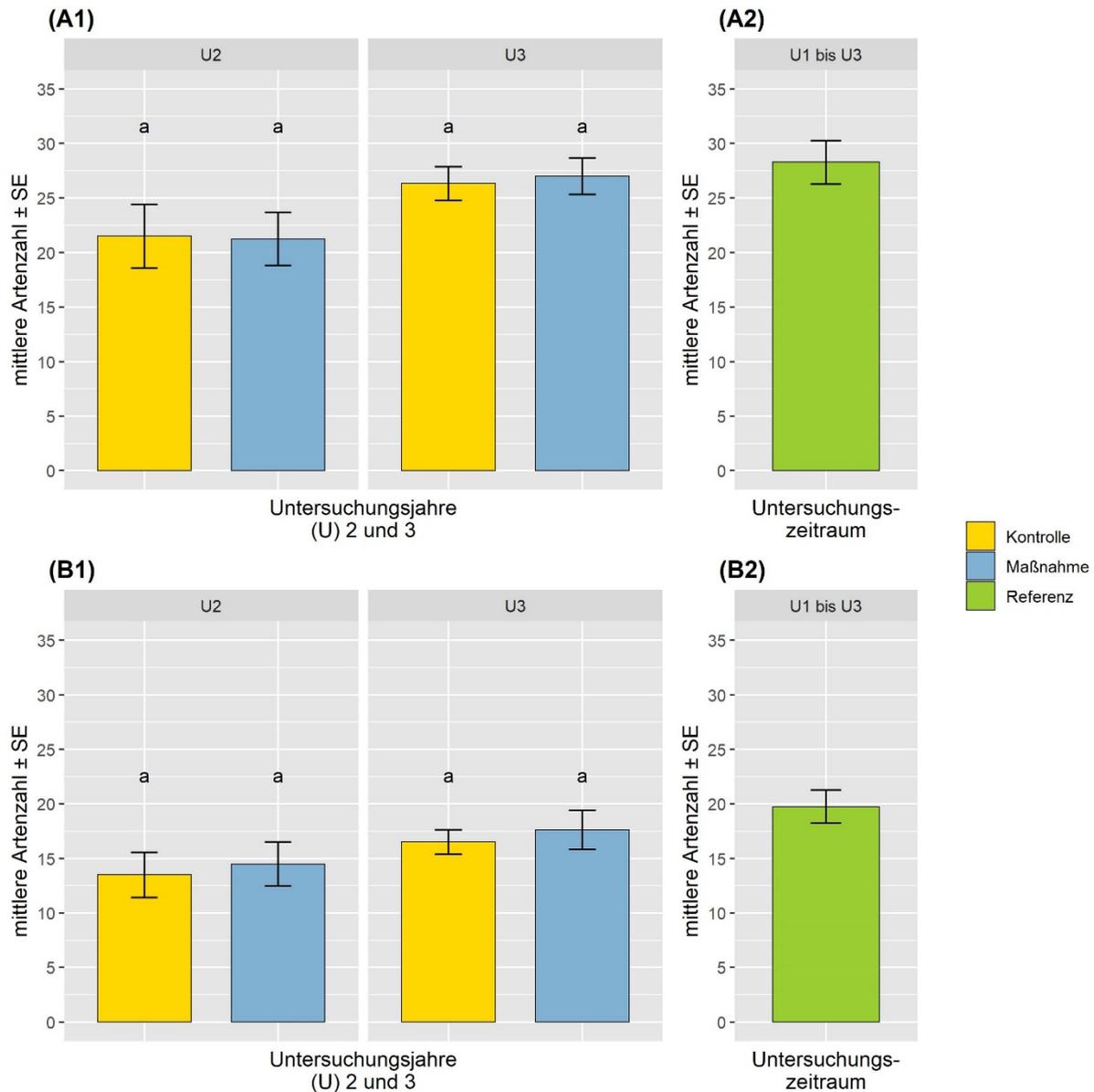


Abbildung 28 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.4.3. Krautschicht

Es sind keine maßgeblichen Veränderungen in der Krautschicht zu erkennen (siehe Abbildung 29 A1). Wie in Kapitel 5.4.1 beschrieben ist der gleichmäßige Anstieg der Deckung auf den Kontroll- und Maßnahmenflächen von U2 auf U3 auf eine Ungleichverteilung der Wiederholungen in Projektunde 1 und 2 sowie den trockenen Sommer 2018 zurückzuführen. Der höhere Kräuteranteil ist sicherlich auf die bessere Sichtbarkeit der Pflanzen in gemähten Beständen im Vergleich zu gemulchten Beständen zurückzuführen und nicht auf eine reelle Zunahme, was die Schätzung bei der Vegetationsaufnahme beeinflusst (siehe B1).

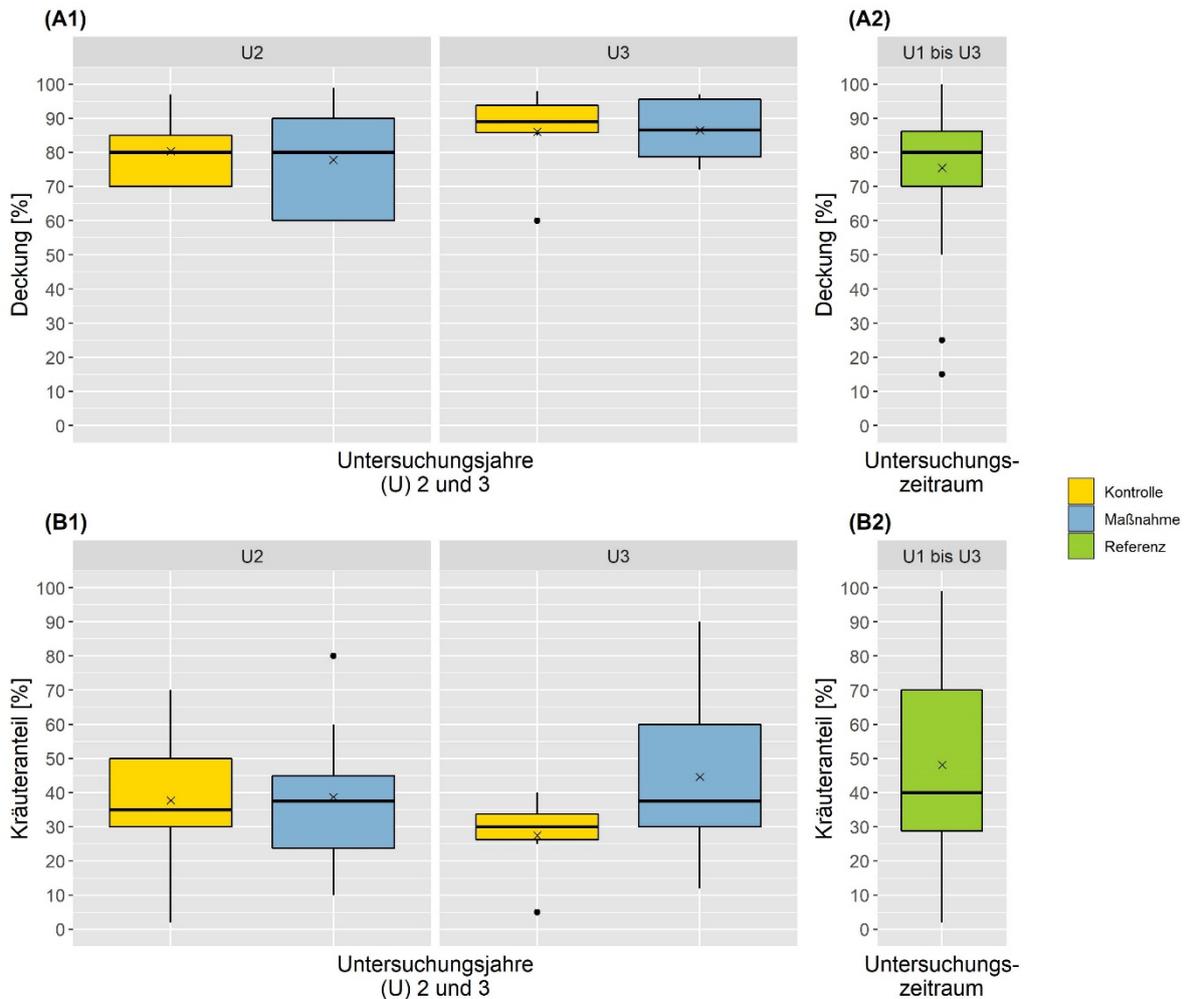


Abbildung 29 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsfelder (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsfelder; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQA}$).

5.4.4. Streuschicht

Durch die Umstellung von Mulchen auf zweimaliges Mähen mit Abräumen ist die Streuschichtdeckung bereits im zweiten Untersuchungsjahr sehr deutlich (siehe Abbildung 30 A). Im U3 ist der Unterschied sogar noch deutlicher. Auch die Schichtdicke ist auf den Maßnahmenflächen in beiden Jahren deutlich geringer, Vergleich zu den Kontrollflächen (siehe B1).

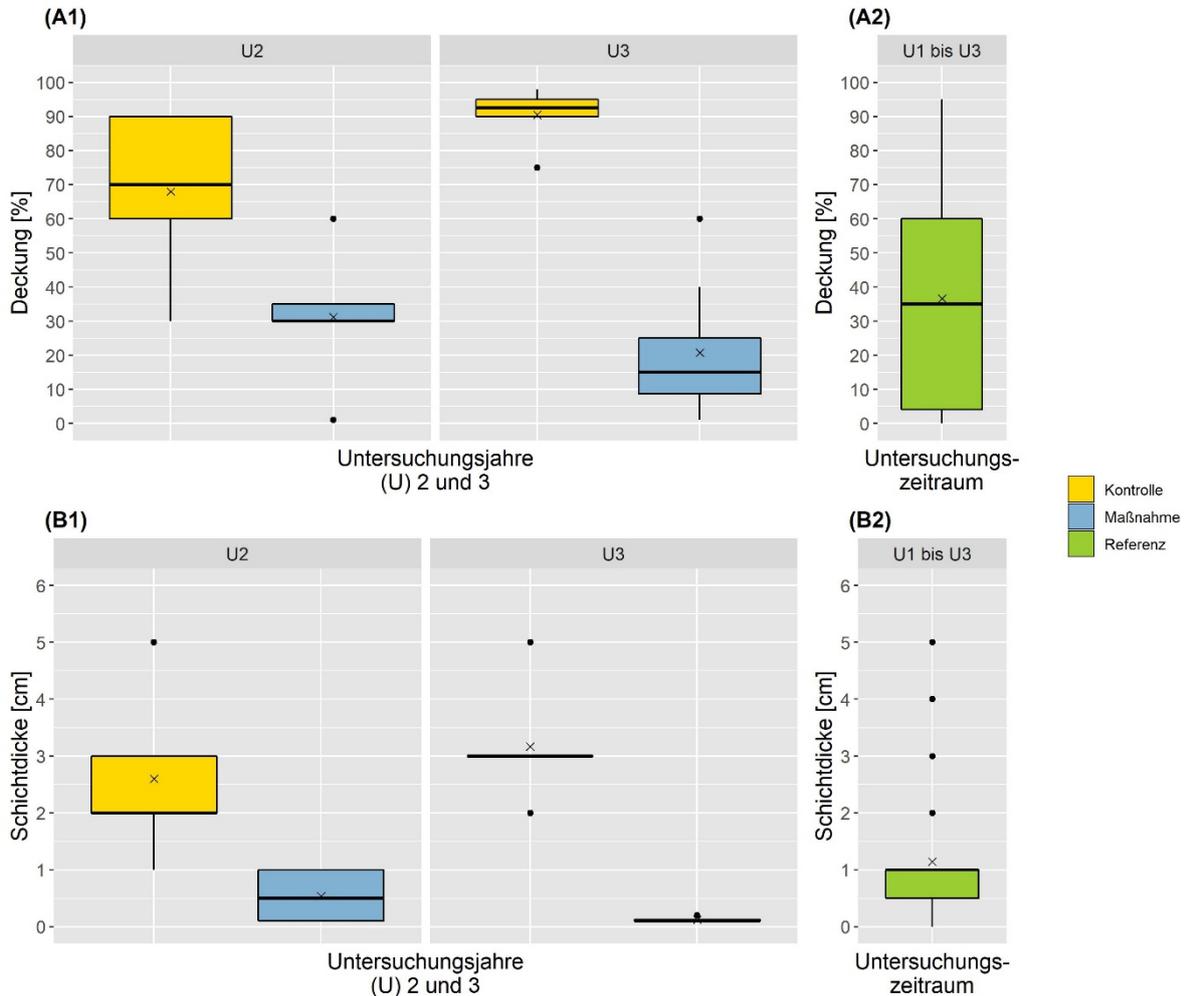


Abbildung 30 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsfelder; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsfelder; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.4.5. Offener Boden

Die Ergebnisse des Modellprojekts zeigen, dass offene Bodenstellen auf Sichtflächen generell nur in vergleichsweise in geringen Anteilen vorkommen. Grund hierfür ist der häufige Schnitt, der zumindest auf wüchsigen Standorten eine dichte Grasnarbe fördert, in der zahlreiche schnittresistente kriechende, offene Bodenstellen rasch wieder bedeckende Kräuter vorkommen. Der hohe Offenbodenanteil im U2 ist auf die ungleiche Verteilung der Maßnahme auf die Projektrunde 1 und das Dürrejahr 2018 zurückzuführen (siehe Kapitel 5.4.1). Das Entfernen der Streuschicht und die mechanische Bearbeitung (Schwaden bzw. händisches Abrechen) hat hier drastisch zur Austrocknung beigetragen.

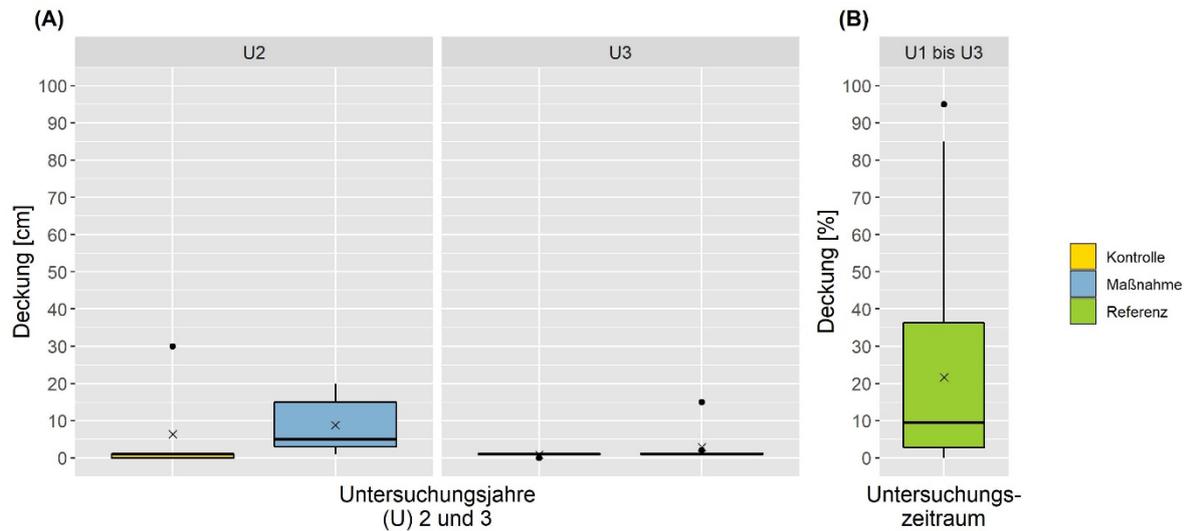


Abbildung 31 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $\pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.4.6. Wildbienen-Monitoring

Die gleichmäßigen Zunahmen der Wildbienenbestände von U2 auf U3 erklären sich aus der Dürre im Jahr 2018 und dem Verzicht einer Erfassungsrunde im Jahr 2018 (siehe Kapitel 4.2.1). Berücksichtigt man diesen Umstand, ist keine Zunahme der Artenzahlen feststellbar (siehe Abbildung 32 A1). Auffallend ist, dass die untersuchten Sichtflächen grundsätzlich eine relativ hohe Artenzahl von Wildbienen aufweisen und in etwa auf dem Niveau der untersuchten Referenzflächen liegen (siehe A2). Bei der Individuenabundanz zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Artenzahlen, jedoch wirkt sich eine sehr individuenreiche Maßnahmenfläche aus dem Jahr 2019 im U3 sehr stark auf den Mittelwert und Standardfehler aus, was eine Interpretation erschwert (siehe B1).

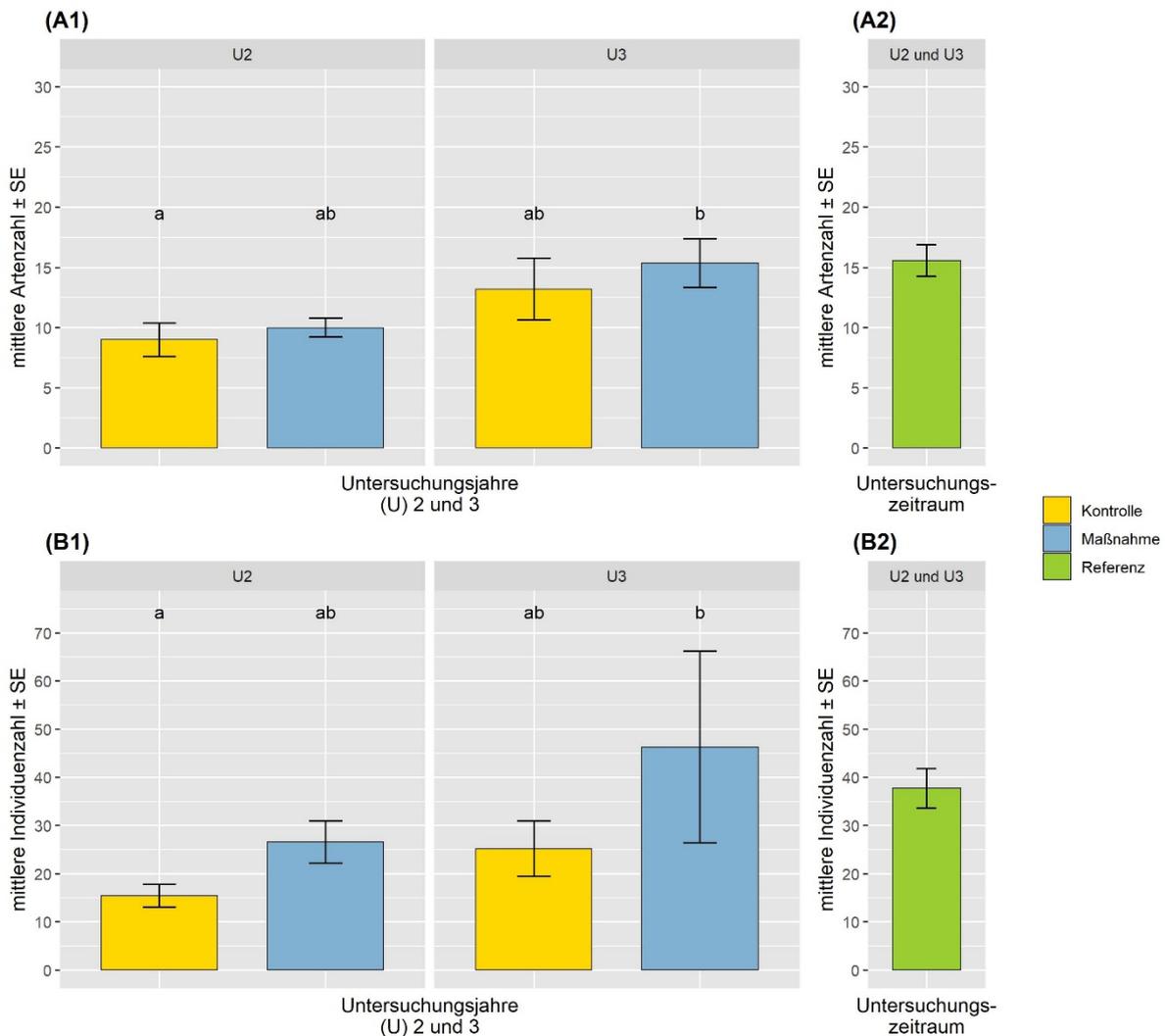


Abbildung 32 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.4.7. Praxiserfahrungen

Zweimaliges Mähen mit Abräumen (1. und 2. Pflegedurchgang) auf Sichtflächen birgt ähnliche technische und logistischen Herausforderungen wie zweimaliges Mähen mit Abräumen auf Böschungen des Typs d (siehe Kapitel 5.2.8). Die Befahrbarkeit dieser Flächen ist jedoch wesentlich einfacher, was teilweise dazu führt, dass die Straßenmeistereien Pflegeverträge mit Landwirten abschließen kurzfristig „auf Zuruf“ die Pflege übernehmen, sofern die Flächen sich dafür eignen.

5.4.8. Maßnahmenkosten

Zur Ermittlung der Preise wurde von der Vergabe beider Pflegedurchgänge an Lohnunternehmen ausgegangen. Da es sich um Sichtflächen um Intensivbereiche handelt, unterliegt die Pflege grundsätzlich den Anforderungen der Verkehrssicherheit, daher können Kosten für die Pflege durch die Straßenmeistereien nicht pauschal abgezogen werden. Entsorgungskosten sind hierin nicht enthalten; Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 4.6.5.1.

Tabelle 17 Ermittelte Nettopreise: Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auf Sichtflächen

Pflegedurchgänge		Maßnahme
1. Pflegedurchgang		Mähen mit Abräumen, Vergabe
2. Pflegedurchgang		Mähen mit Abräumen, Vergabe
Preise pro Jahr, ohne Entsorgung	großparzellig	0,31 €/m ²
	kleinparzellig	0,41 €/m ²

5.5. Übersaat mit Zottigem Klappertopf

5.5.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Durch die umbruchlose Übersaat haben die Gesamt- und Zielartenzahlen auf den Maßnahmenflächen im Durchschnitt um +8,6 bzw. +8,2 Arten signifikant ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD) zugenommen. Nur 33% der ausgebrachten Arten sind im zweiten Jahr nach der Ansaat aufgekommen. Mit durchschnittlich 19,8 Zielarten auf den Maßnahmenflächen ist das Niveau der Referenzflächen erreicht, jedoch ist der mengenmäßige Anteil dieser Arten am Gesamtbestand weitaus geringer als auf den Referenzflächen.

Ansaaterfolg: Im Durchschnitt der Untersuchungsjahre 2 und 3 sind nur 33% der 12 ausgebrachten Pflanzenarten aufgekommen. Auffallend hoch ist jedoch die Zahl der Begleitarten, die infolge der Maßnahme spontan aufgekommen sind und durchschnittlich 10,9 Arten umfasst. Von diesen Begleitarten gehören 78% bzw. 8,5 Arten zu den Zielarten.

Krautschicht, Streuschicht und Offenbodenanteil weisen keine relevanten Veränderungen auf.

Vegetationsdichte: Die angestrebte Reduktion der Vegetationsdichte durch die Wirkung von *Rhinanthus alectorolophus* (Zottiger Klappertopf) kann nicht beobachtet werden. Die Art hat sich mit einer mittleren Deckung von 0,65% nur auf 5 von 9 Versuchsflächen etabliert.

Wildbienen.Monitoring: Auf den Ansaatflächen sind im zweiten Jahr nach der Ansaat durchschnittlich +2,8 Wildbienenarten mehr zu finden, was jedoch keinen signifikanten Anstieg darstellt. Auf den Maßnahmenflächen blieb die Zahl jedoch nahezu konstant.

Praxiserfahrungen: Händisches oder maschinelles Abrechen der Versuchsflächen im Vorfeld der Ansaaten hat sich im Modellprojekt als sehr einfach umsetzbar erwiesen und konnte auch auf steilen Flächen problemlos durchgeführt werden. Störungsintensivere Verfahren wie Fräsen müssen im Einzelfall von den Bodeneigenschaften, der Flächenneigung und der Erosionsgefahr abhängig gemacht werden und in der Regel werden dann Verkehrssicherungsmaßnahmen nötig sein.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.5.2. Artenzahlen

Nach erfolgter Ansaat sind die Artenzahlen auf den Maßnahmenflächen im U2 und U3 signifikant höher ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD), als auf den jeweiligen Kontrollflächen (siehe Abbildung 33 A1). Im Durchschnitt der Untersuchungsjahre 2 und 3 weisen die Maßnahmenflächen 8,6 Arten mehr auf, als die Kontrollflächen. Ein Vergleich mit den Referenzflächen zeigt, dass die Artenzahlen der Maßnahmenflächen auf ähnlichem Niveau liegen (siehe A2). Die Entwicklung der Zielarten verläuft nahezu identisch und weist signifikant höhere Zielartenzahlen auf den Versuchsflächen auf ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD) (siehe B1). Nach erfolgter Ansaat steigt die Zahl der Zielarten im Durchschnitt der Untersuchungsjahre U2 und U3 um +8,2 Arten an und befindet sich nun ebenfalls auf den Niveau der Referenzflächen (siehe B2).

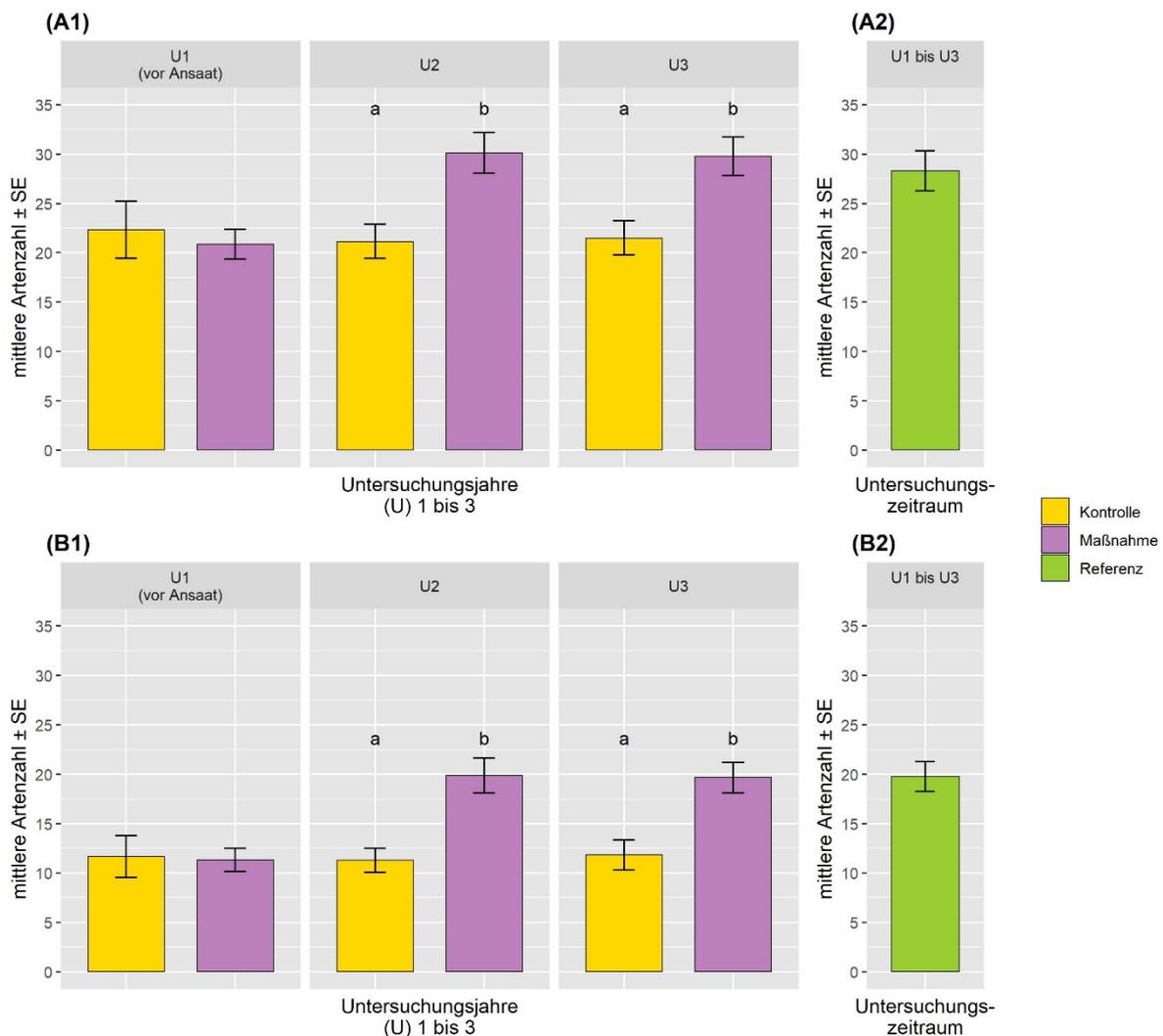


Abbildung 33 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.5.3. Ansaaterfolg

Die Untersuchung des Ansaaterfolges zeigt, dass im Durchschnitt der beiden Untersuchungsjahre U2 und U3 4,0 Arten aus der Ansaat aufgekommen sind (siehe Abbildung 34 A). Das entspricht 33% der 12 enthaltenen Arten in der Mischung (siehe Tabelle 8). Auffällig ist die hohe Zahl der Begleitarten, die in Folge der Maßnahmen auftreten und die Zunahme der Artenzahl hauptsächlich bewirkt. Der Mittelwert der Begleitarten aus U2 und U3 übersteigt mit 10,9 die Zahl der Arten aus der Ansaat um mehr als das Doppelte. Als Folge der Bearbeitung der Maßnahmenflächen ist ein Rückgang der Bestandsarten festzustellen. Betrachtet man den Ansaaterfolg unter Berücksichtigung der Zielarten, zeichnet sich ein ähnliches Bild, wie für die Gesamtartenzahl (siehe B). Da alle Arten aus der verwendeten Mischung Zielarten sind, ist der Ansaaterfolg mindestens so große, wie bei der Gesamtartenzahl. Wie auch bei der Gesamtartenzahl, sind ca. doppelt so viele Zielarten unter den Begleitarten aufgekommen im Vergleich zur Ansaat. Im Durchschnitt der Untersuchungsjahre U2 und U3, gehören ca. 78 % der Begleitarten zu den Zielarten (u.A. *Cirsium vulgare*, *Glechoma hederacea*, *Capsella bursa-pastoris*, *Geranium dissectum*, *Medicago lupulina*, *Lactuca serriola* und *Tripleurospermum perforatum*).

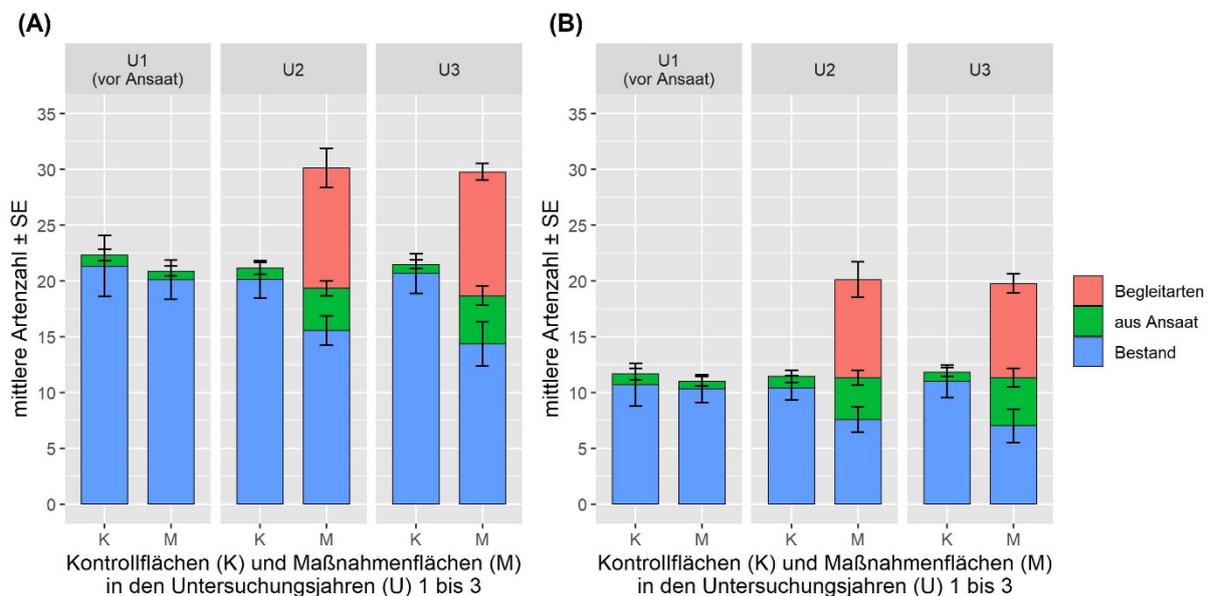


Abbildung 34 Entwicklung des Ansaaterfolges in mittleren Artenzahlen \pm SE, in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A) Unter Berücksichtigung aller vorkommenden Arten; (B) Unter Berücksichtigung der Zielarten. Arten eingeteilt in Bestand (Arten, die in der ersten Vegetationsaufnahme vorkamen), aus Ansaat (Arten, die in der Mischung der Ansaat enthalten waren) und Begleitarten (Arten, die nicht in der jeweils vorangegangenen Vegetationsaufnahme enthalten waren bzw. nach erfolgter Ansaat vorkamen).

5.5.4. Krautschicht

Die Deckung der Krautschicht auf den Maßnahmen und Kontrollflächen weist im U1 nahezu keinen Unterschied auf (siehe Abbildung 35 A1). Im U2 ist die Deckung auf den Maßnahmenflächen in Folge der mechanischen Bearbeitung vor der Ansaat geringer. Auf den Maßnahmenflächen sind keine nennenswerten Veränderungen im Kräuteranteil nach der Ansaat zu erkennen und eine Zunahme infolge der Ansaat ist nicht zu erkennen und liegt weit unterhalb der Referenzflächen, was für eine geringe Quantität der Zielarten im Bestand spricht (siehe B1 und B2). Die starke Abnahme des Kräuteranteils der Kontrollflächen liegt unter Umständen an üblicherweise früher durchgeführten Mahdterminen im Alb-Donau-Kreis, der mit 4 Wiederholungen überrepräsentiert ist.

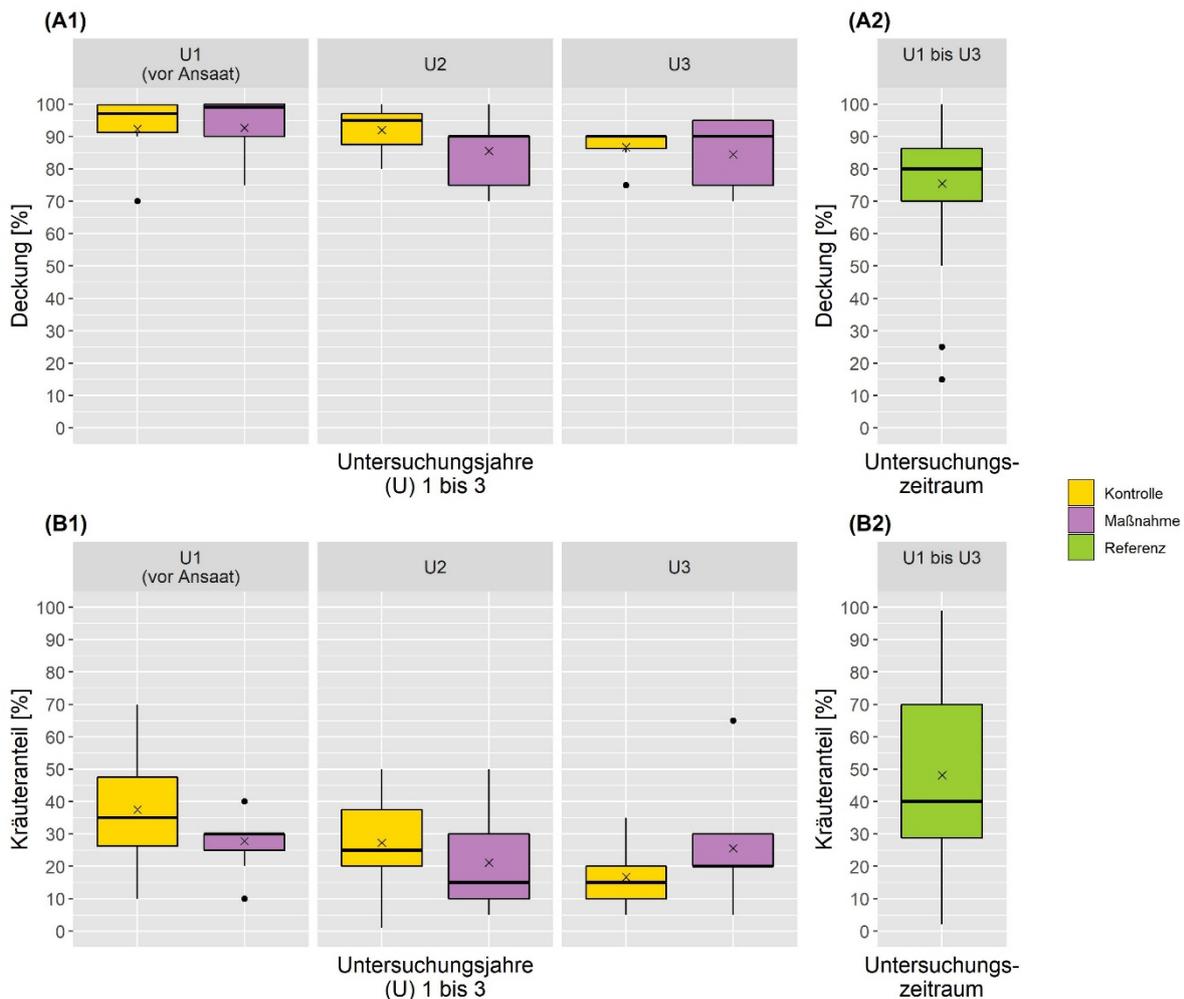


Abbildung 35 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsflächen; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot IQR$).

5.5.5. Streuschicht

Von einer nennenswerten Veränderung in der Streuschichtdeckung wurde nicht ausgegangen und die Daten spiegeln das auch nicht wider (siehe Abbildung 43 A). Infolge der Ansaat ist allenfalls eine un-deutliche Reduktion der Schichtdicke aufgrund des lichterem Aufwuchses zu erkennen (siehe B1).

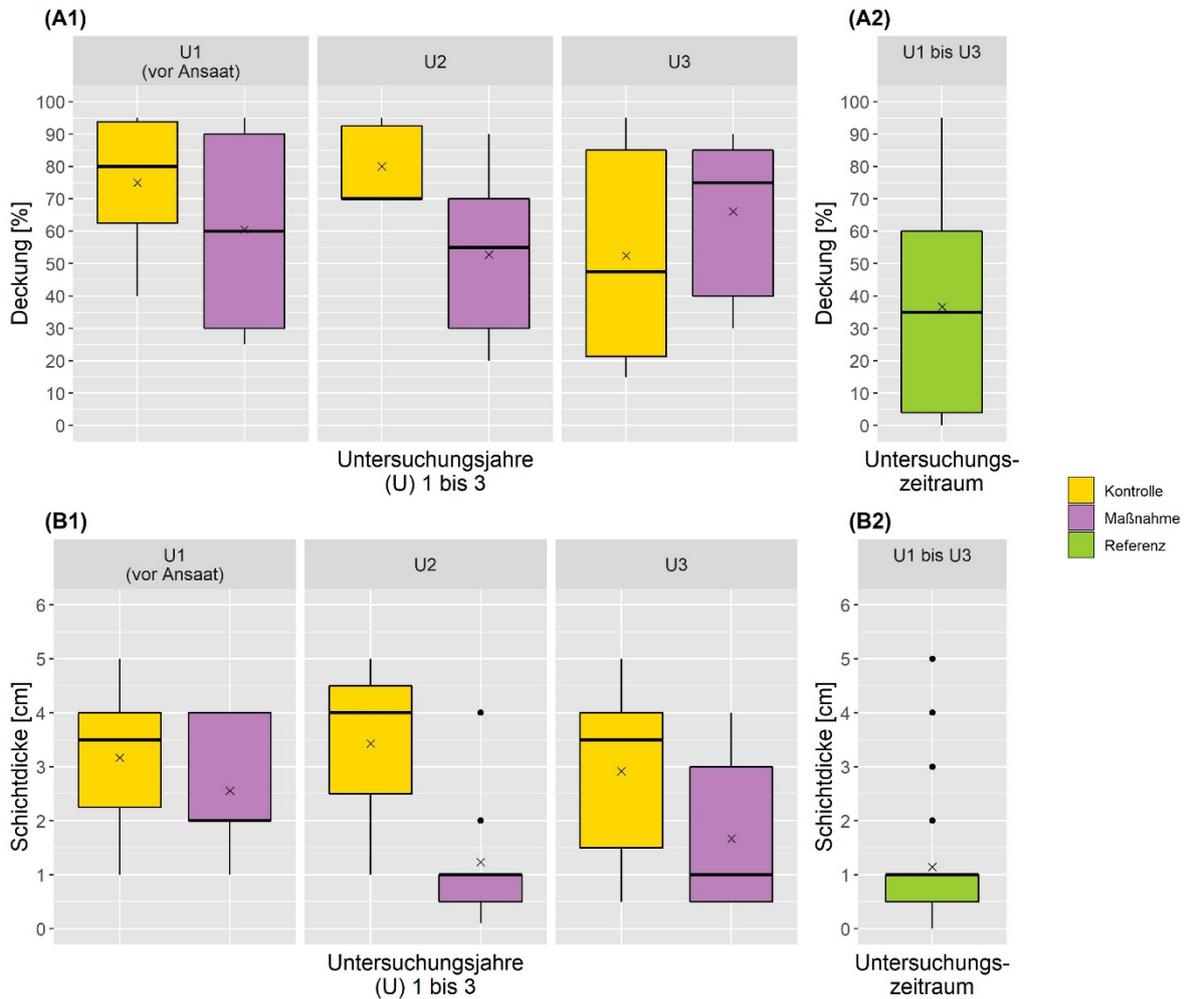


Abbildung 36 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsflächen; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot IQR$).

5.5.6. Offener Boden

Durch die Flächenvorbereitung sind offene Bodenstellen entstanden, die im U2 noch deutlich erkennbar sind, im U3 schon wieder fast geschlossen sind (siehe Abbildung 37 A). Zum Zeitpunkt der Ansaat betrug der Anteil offener Bodenstellen durchschnittlich 30%. Die Flächen wurden allerdings im Rahmen der Regelpflege gemulcht, was dazu führt, dass offene Bodenstellen von der Streuschicht abgedeckt werden.

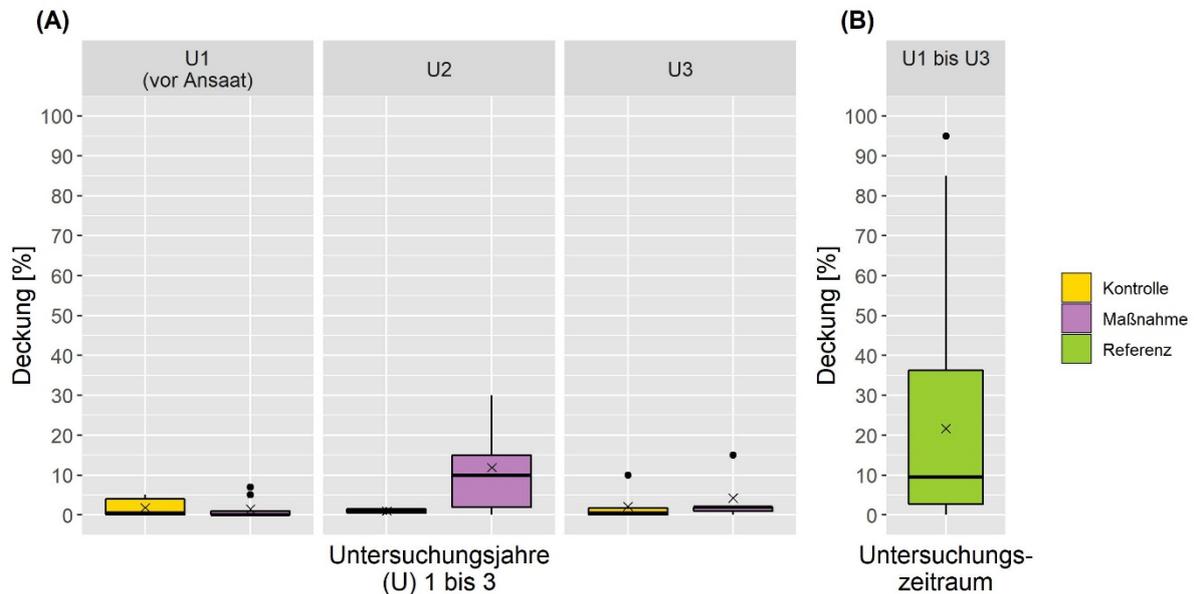


Abbildung 37 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.5.7. Vegetationsdichte

Durch die Ansaat sind keine Veränderungen in der Vegetationsdichte zu erkennen (siehe Abbildung 38). Die Messungen wurden in ungestörten Bereichen der Dauerbeobachtungsfläche durchgeführt. Eine Abnehmende Vegetationsdichte infolge der Wirkung von *Rhinanthus alectorolophus* (Klappertopf) kann nicht beobachtet werden.

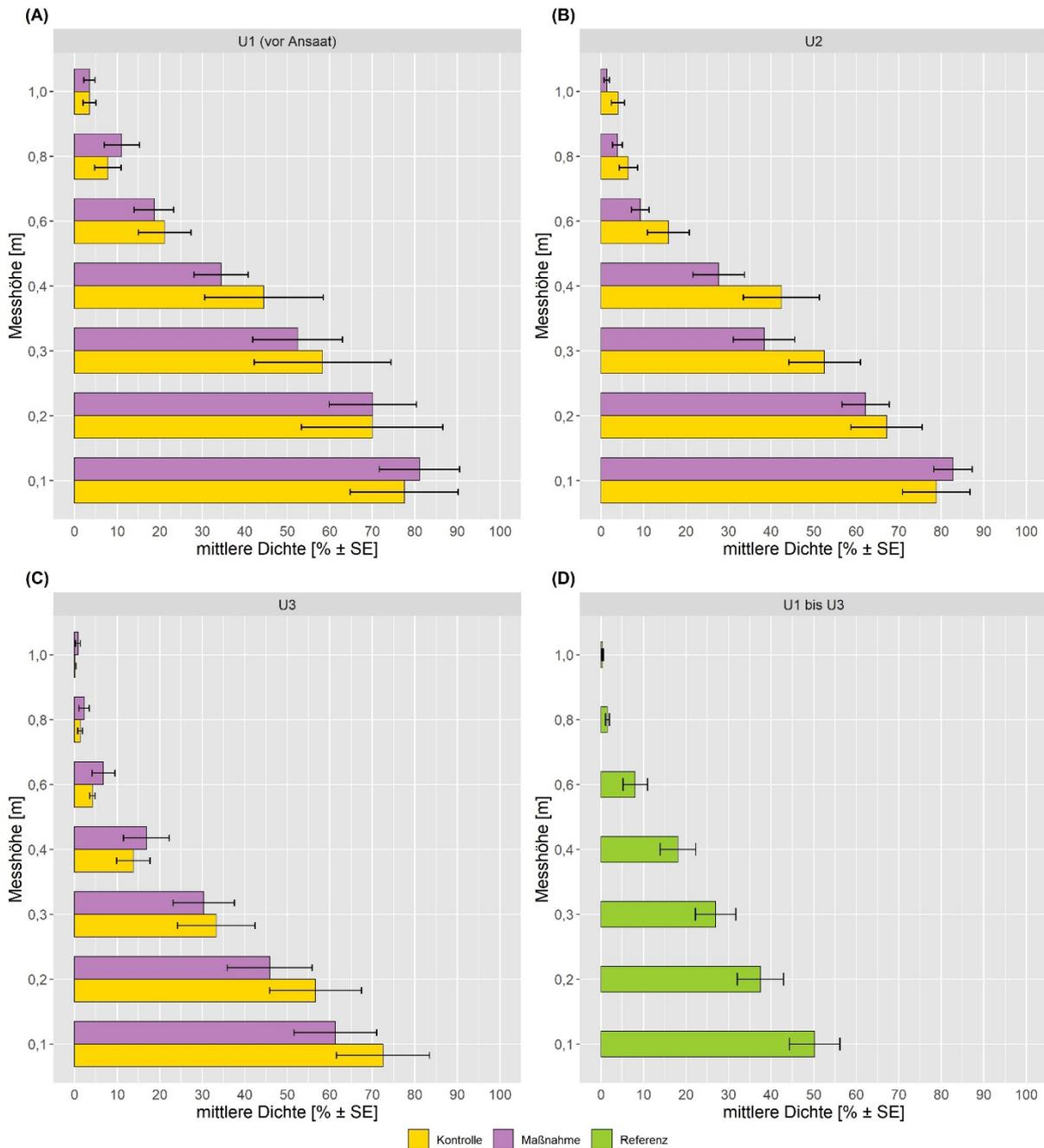


Abbildung 38 Entwicklung der mittleren Vegetationsdichte \pm SE in verschiedenen Messhöhen; Kontrolle: freier Erstaufwuchs; Maßnahme: zweiter Aufwuchs 5-8 Wochen nach 1. Pflegedurchgang; (A) Untersuchungsjahr U1, vor erfolgter Maßnahme (Erstaufwuchs); (B) Untersuchungsjahr U2; (C) Untersuchungsjahr U3; (D) Mittelwert der Referenzflächen im gesamten Untersuchungszeitraum (Erstaufwuchs).

5.5.8. Wildbienen-Monitoring

Eine signifikante Zunahme der Wildbienenbestände infolge der Ansaaten ist nicht festzustellen (siehe Abbildung 39). Jedoch nimmt die Artenzahl auf den Maßnahmenflächen im Gegensatz zu den Kontrollflächen zu (siehe A1). Die mittlere Artenzahl beträgt im U2 $5,5 \pm 1,4 SE$ und im U3 $8,3 \pm 1,0 SE$, wohingegen auf den Kontrollflächen nur eine Zunahme von 0,3 Arten festgestellt wird. Die Individuenzahl liegt im U3 sowohl auf den Kontroll-, als auch auf den Maßnahmenflächen jeweils um ca. 30% höher als im U2, was daher nicht für einen Maßnahmeneffekt spricht (siehe B1).

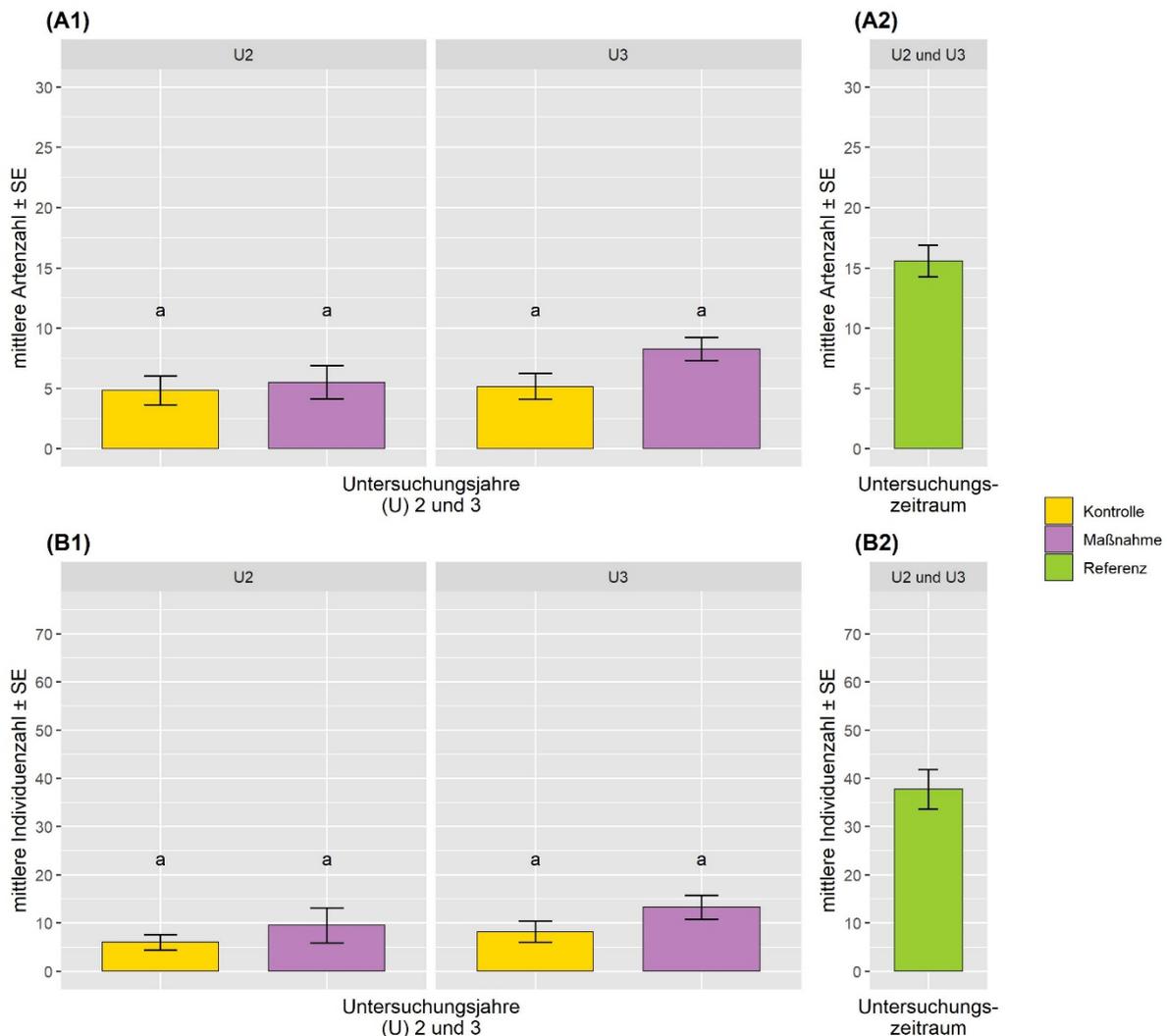


Abbildung 39 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.5.9. Praxiserfahrungen

Auf den Maßnahmenflächen wurde weiterhin die Regelpflege durchgeführt, daher liegt der Mehraufwand lediglich bei der Flächenvorbereitung und Durchführung der Ansaat. Im Rahmen des Modellprojektes wurden verschiedene Bodenbearbeitungen durchgeführt (siehe Kapitel 4.6.4.1).

Ma Abrechen von Hand mit Bandrechen oder partielles Fräsen haben sich als praktikable Methoden erwiesen, um einen Offenbodenanteil von ca. 30% zu erzielen. Das anfallende Rechgut wurde teilweise am Fuß der Böschung belassen und war nach längstens zwei Jahren vollständig abgebaut. Die Arbeiten wurden teils von den Straßenmeistereien und teils von Mitarbeitern der Hochschule durchgeführt. Auch steile Böschungen ließen sich problemlos abrechen.

Fräsen birgt insbesondere bei steilen Flächen das Risiko von Bodenerosion, daher kam diese Methode nur drei Mal im ADK auf gering geneigten Flächen zum Einsatz und wurde schachbrettartig durchgeführt. Zum Einsatz kam ein Schwerlastgeräteträger (Unimog) mit Grabenfräse am Ausleger, der rückwärts bewegt wurde. Im ADK waren daher begleitende Sicherungsmaßnahmen für den Verkehr notwendig.

5.5.10. Maßnahmenkosten

Zur Ermittlung der Preise wurde von einer Vergabe ausgegangen (Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 4.6.5.3).

Tabelle 18 Ermittelte Nettopreise: Übersaaten

Übersaat		
Preise pro Übersaat	großparzellig	0,53 bis 1,01 €/m ²
	kleinparzellig	0,55 bis 1,04 €/m ²

5.6. Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten

5.6.1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Artenzahlen: Durch die umbruchlose Übersaat haben sich zwei Jahre nach erfolgter Maßnahme keine signifikanten Zunahmen der Pflanzenartenzahlen auf den Versuchsflächen ergeben. Im Gegensatz zu den Kontrollflächen (nahezu gleichbleibend), haben sich die mittleren Gesamtartenzahlen, gemessen am Ausgangswert, im ersten Untersuchungsjahr (Mittelwert = $21,4 \pm 1,7 SE$) jedoch um +7,7 Arten auf durchschnittlich $29,1 \pm 2,8 SE$ erhöht. Im selben Zeitraum haben sich die Zielartenzahlen auf den Maßnahmenflächen um +6,0 Arten erhöht. In beiden Fällen wurde das Niveau der artenreichen Referenzflächen erreicht.

Ansaaterfolg: Der Ansaaterfolg im zweiten Jahr nach der Übersaat ist mit einer Etablierungsrate von 20% aufgelaufener Kräuter aus der Mischung sehr gering. Wie schon bei der Übersaat mit Klappertopf, ist die Zahl der spontanen Begleitarten im dritten Untersuchungsjahr sehr hoch (Mittelwert = $10,6 \pm 1,6 SE$). Von diesen Begleitarten sind durchschnittlich 77% bzw. $8,2 \pm 1,6 SE$ auch Zielarten.

Krautschicht: In der Krautschicht und im Kräuteranteil sind keine Veränderungen feststellbar, die auf die Übersaat zurückzuführen sind.

Streuschicht und offener Boden: Durch großflächige Entfernung abgestorbener Pflanzenteile und der Streuschicht, sind offene Bodenstellen entstanden (ca. 31% der Fläche). Es ist anzunehmen, dass durch dieses Vorgehen eine sommerliche Austrocknung der Flächen begünstigt wird. Dieser subjektive Eindruck wird durch die etwas geringere Vegetationsdichte der Maßnahmenflächen gegenüber den Kontrollflächen bestärkt.

Wildbienen-Monitoring: Die Übersaat hat zu keiner Erhöhung der Wildbienzahlen auf den Maßnahmenflächen geführt.

Praxiserfahrungen: Abrechen der Versuchsflächen (von Hand oder maschinell) im Vorfeld der Ansaaten hat sich im Modellprojekt als sehr einfach umzusetzen erwiesen und konnte auch auf steilen Flächen problemlos durchgeführt werden. Störungsintensivere Verfahren wie Fräsen müssen im Einzelfall von den Bodeneigenschaften, der Flächenneigung und der Erosionsgefahr abhängig gemacht werden und es werden in der Regel Verkehrssicherungsmaßnahmen nötig sein.

Im Folgenden werden die Ergebnisse vegetationskundlichen und entomologischen Untersuchungen ausführlich beschrieben.

5.6.2. Artenzahlen

Nach der Ansaat sind keine signifikanten Zunahmen der Gesamtartenzahlen feststellbar (siehe Abbildung 40 A1). Betrachtet man jedoch den gesamten Versuchszeitraum U1 bis U3 ist durchaus eine positive Entwicklung der Artenzahlen auf den Maßnahmenflächen erkennbar (Maßnahmenflächen U1 Mittelwert = $21,4 \pm 1,7$ SE; Maßnahmenflächen U3 Mittelwert = $29,1 \pm 2,8$ SE). Insbesondere die Differenz zwischen Kontroll- und Maßnahmenflächen nimmt gegenüber U1 zu. Das Niveau der Gesamtartenzahl liegt im U3 auf dem, der Referenzflächen (siehe A2).

Die Auswertung der Zielarten ergibt ebenfalls keine signifikante Steigerung, ein positiver Trend ist jedoch auch hier erkennbar (siehe B1). Das Niveau der Referenzflächen wird auch bei den Zielarten erreicht (siehe B2). In beiden Fällen (Gesamt- und Zielartenzahl) reagieren die Versuchsflächen recht unterschiedlich auf die Maßnahmen und die Standardfehler sind groß im Vergleich zur Klappertopf-Übersaat (siehe Kapitel 5.5.2). Insgesamt ist von einem relativ geringen Ansaaterfolg auszugehen.

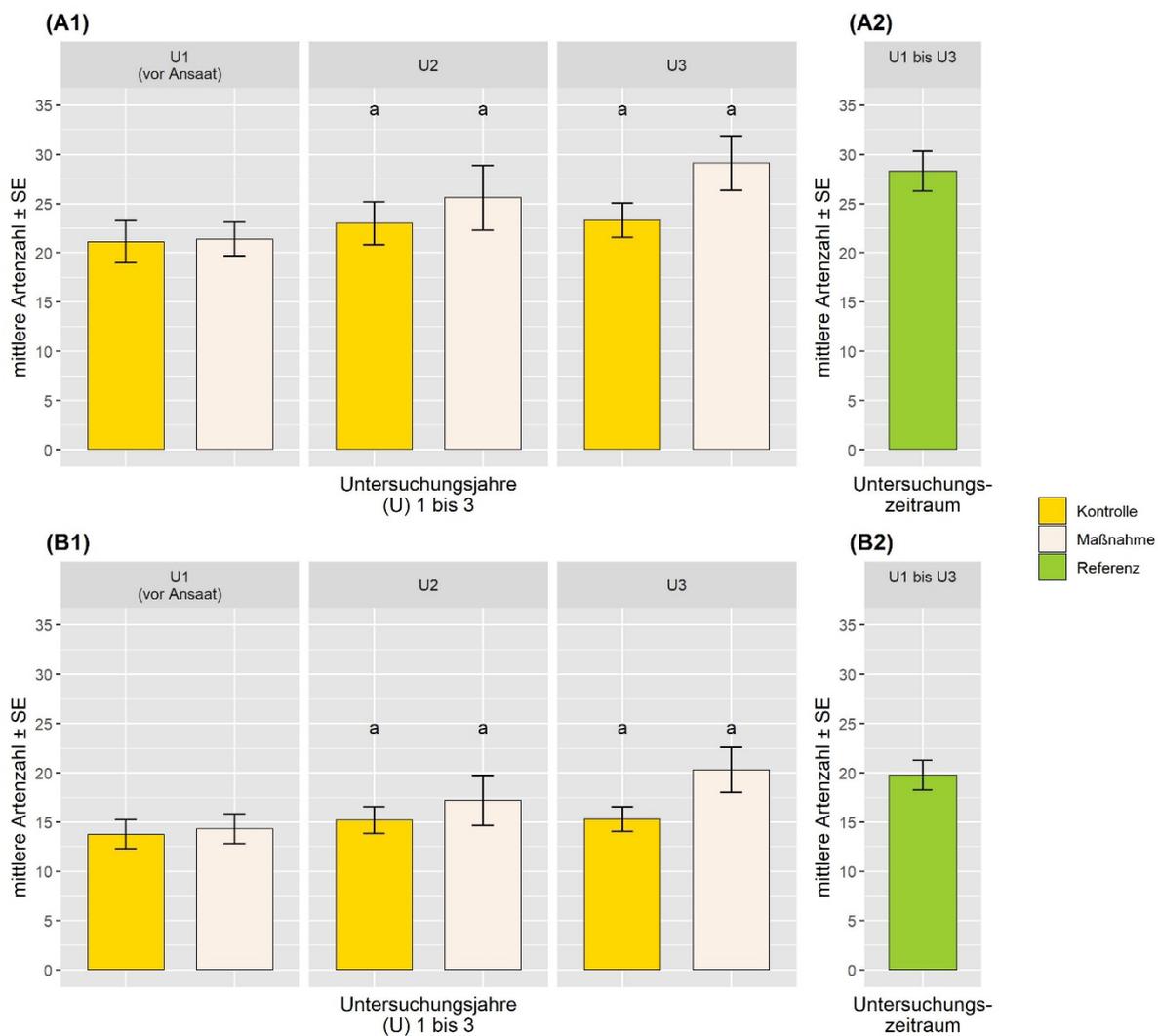


Abbildung 40 Entwicklung der mittleren Artenzahl \pm SE in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Entwicklung der mittleren Gesamtartenzahl auf den Versuchsflächen; (A2) Durchschnittliche Gesamtartenzahl der Referenzflächen; (B1) Entwicklung der mittleren Zielartenzahl auf den Versuchsflächen; (B2) Durchschnittliche Zielartenzahl der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.6.3. Ansaaterfolg

Die Auswertung des Ansaaterfolges zeigt, dass im U2 durchschnittlich 1,4 Arten und im U3 durchschnittlich 2,4 Arten aus der Ansaat aufgekommen sind (siehe Abbildung 41 A). Das entspricht 12 % bzw. 20 % der 12 enthaltenen Arten in der Mischung (siehe Tabelle 10). In Folge der Vorbereitung der Maßnahmenflächen ist ein Rückgang der Bestandsarten festzustellen. Dieser Effekt ist auf die stärkere Austrocknung der Maßnahmenflächen in Folge der Entfernung der Streuschicht und Offenlegung von Bodenflächen zurückzuführen, die im Jahr 2018 und 2019 besonders stark war. Auffällig ist die hohe Zahl der Begleitarten, die infolge der Maßnahmen auftreten und vorher nicht im Bestand auftauchten. Im U3 übersteigt die Zahl der Begleitarten (Mittelwert = $10,6 \pm 1,6 SE$) die Zahl der Arten aus der Ansaat (Mittelwert = $2,4 \pm 0,6 SE$) um mehr als das Vierfache.

Betrachtet man den Ansaaterfolg unter Berücksichtigung der Zielarten, zeichnet sich ein ähnliches Bild (siehe B). Da alle Arten aus der verwendeten Mischung Zielarten sind, ist der Ansaaterfolg mindestens so groß, wie bei der Gesamtartenzahl. Im U3 sind durchschnittlich $8,2 \pm 1,6 SE$ Begleitarten und nur $3,2 \pm 0,9 SE$ Arten aus der Ansaat aufgekommen. 77% der Begleitarten im U3 sind auch Zielarten (u.A. *Centaurea jacea*, *Daucus carota*, *Lactuca serriola*, *Papaver rhoeas*, *Sonchus asper*, *Veronica arvensis* und *Viccia hirsuta*).

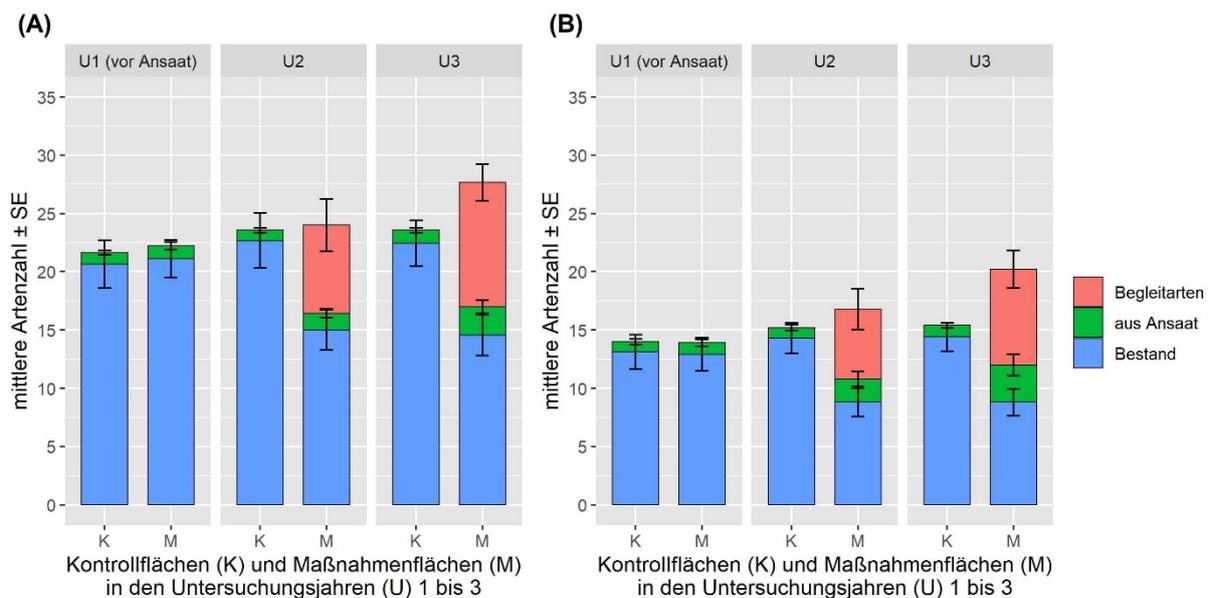


Abbildung 41 Entwicklung des Ansaaterfolges in mittleren Artenzahlen $\pm SE$, in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A) Unter Berücksichtigung aller vorkommenden Arten; (B) Unter Berücksichtigung der Zielarten. Arten eingeteilt in Bestand (Arten, die in der ersten Vegetationsaufnahme vorkamen), aus Ansaat (Arten, die in der Mischung der Ansaat enthalten waren) und Begleitarten (Arten, die nicht in der jeweils vorangegangenen Vegetationsaufnahme enthalten waren bzw. nach erfolgter Ansaat vorkamen).

5.6.4. Krautschicht

Die Deckung der Krautschicht weist, außer einem kurzzeitigen Rückgang auf den Maßnahmenflächen in Folge der mechanischen Bearbeitung im U2 keine bemerkenswerten Veränderungen auf (siehe Abbildung 42 A1). Die Deckung der Krautschicht ist im U3 wieder auf dem Ausgangsniveau und aufgrund der standörtlichen Ähnlichkeit vergleichbar mit den Referenzflächen (A2). Infolge der Ansaat hat sich der Kräuteranteil auf den Maßnahmenflächen so gut wie nicht verändert (siehe B1).

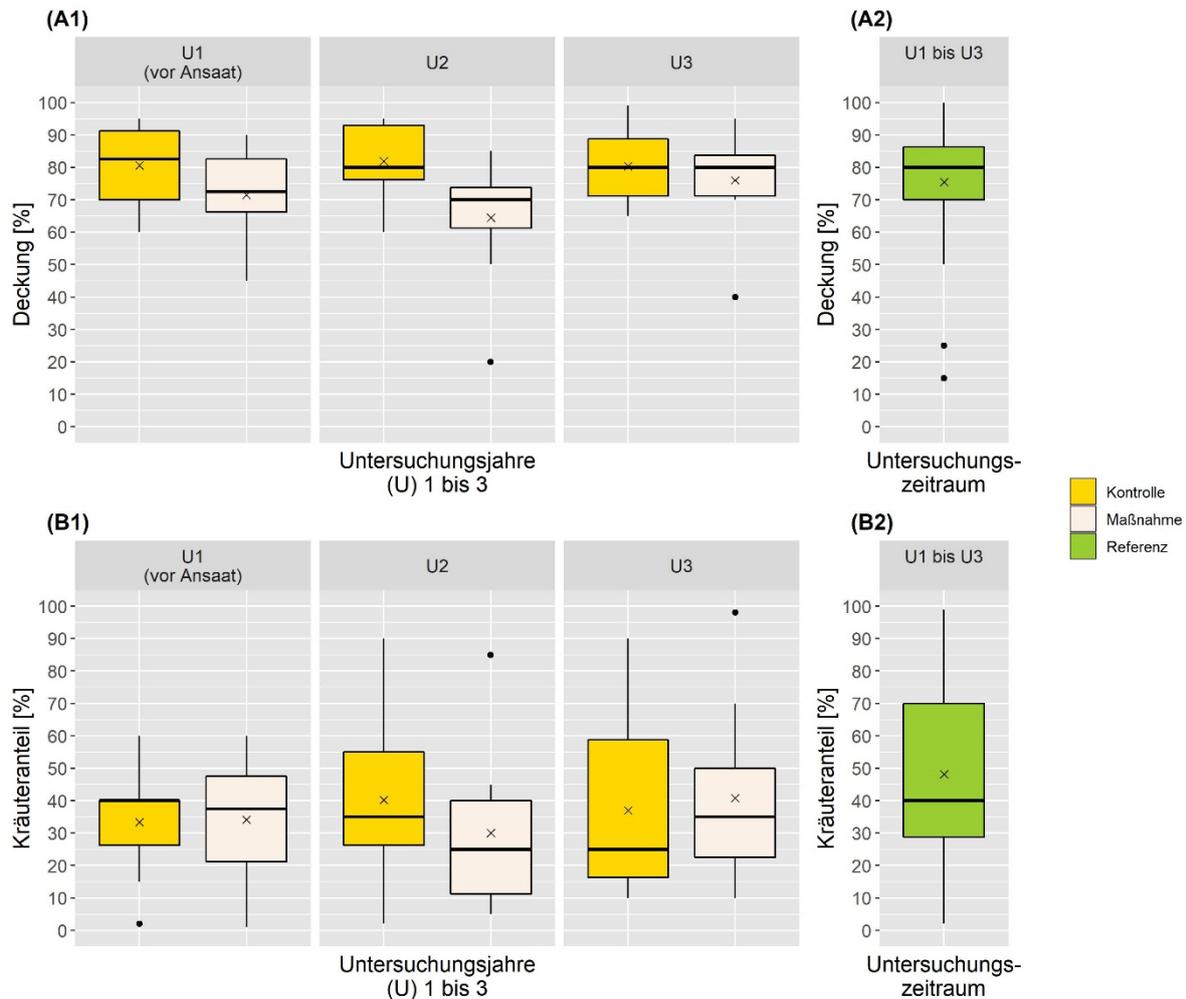


Abbildung 42 Entwicklung der Krautschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsfelder (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (A2) Deckung der Krautschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen (Gräser und Kräuter zusammengefasst); (B1) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Versuchsfelder; (B2) Kräuteranteil in [%] als Anteil der Krautschicht der Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot IQR$).

5.6.5. Streuschicht

Von einer nennenswerten Veränderung in der Streuschichtdeckung wurde nicht ausgegangen und die Daten spiegeln das auch nicht wider (siehe Abbildung 43 A). Der Flächentyp weist das größte Risiko einer sommerlichen Austrocknung auf (siehe Kapitel 4.5.1) und besitzt daher stets einen relativ hohen Anteil vertrockneter Biomasse, die nicht selten mehr als ein Jahr auf der Fläche verbleibt und (je nach Ertrag) dicke „Platten“ bilden kann, was auf den Kontrollflächen im U1 und U3 deutlich wird (siehe B1). Generell ist die Streuschicht auf diesen sehr trockenen Standorten nicht einfach von vertrockneter Vegetation zu unterscheiden (insbesondere im Jahr 2018 und 2019), was einer Interpretation im Wege steht.

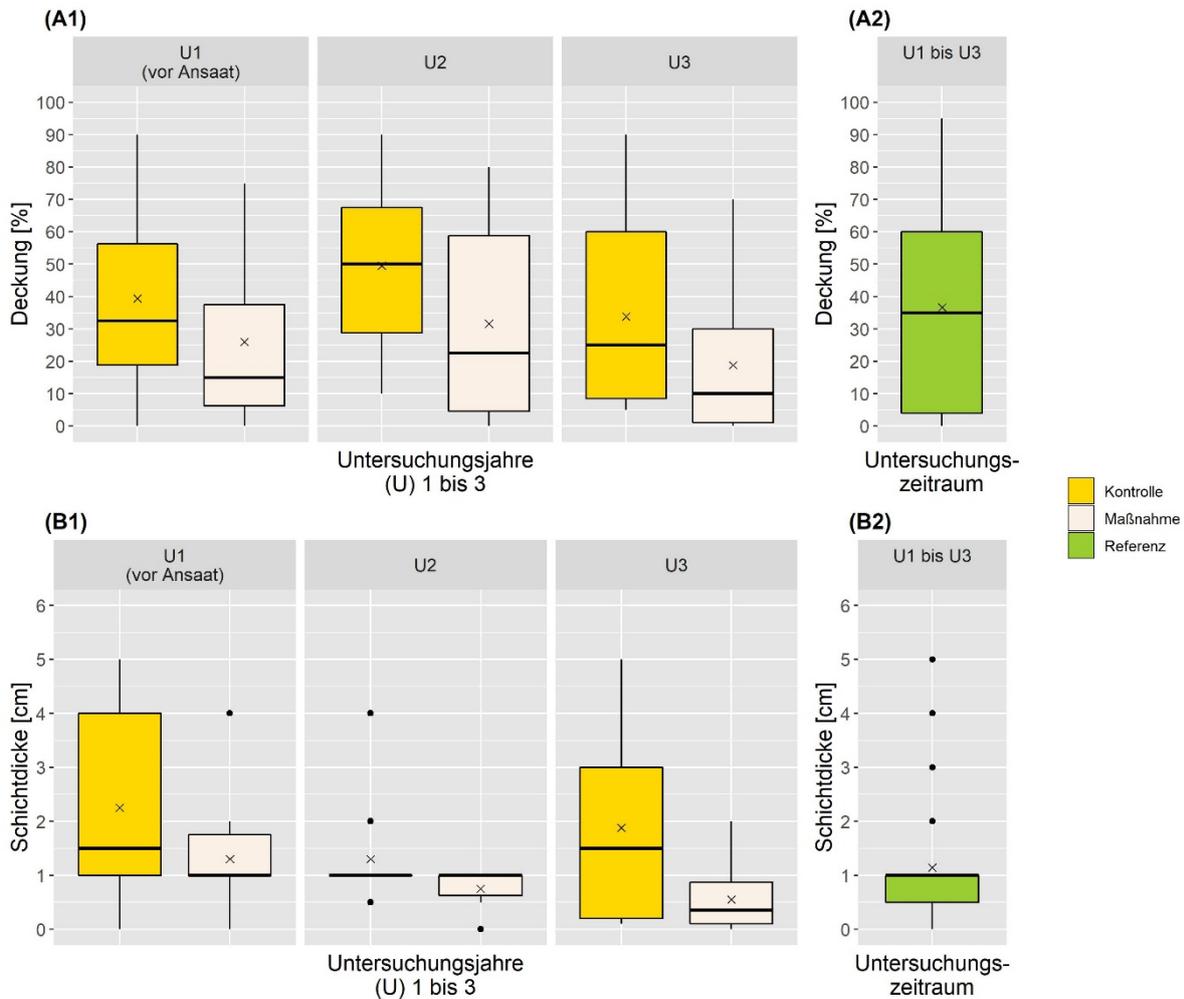


Abbildung 43 Kenngrößen zur Streuschicht in den verschiedenen Untersuchungsjahren. (A1) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Versuchsflächen; (A2) Deckung der Streuschicht in [%] als Flächenanteil der Referenzflächen; (B1) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Versuchsflächen; (B2) Schichtdicke der Streuschicht in [cm] auf den Referenzflächen; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, < +/- 1.5 * IQR).

5.6.6. Offener Boden

Durch das entfernen der Streuschicht und Abrechen der Maßnahmenflächen von Hand zur Vorbereitung der Übersaat wurden offene Bodenstellen erzeugt, die zum Zeitpunkt der Ansaat einen Flächenanteil von durchschnittlich 31 % hatten. Im U2 beträgt die Deckung immernoch durchschnittlich 28,2 % (siehe Abbildung 44 A). Erst im 2. Jahr nach der Ansaat schließen sich diese Bodenstellen wieder und die Deckung nimmt ab.

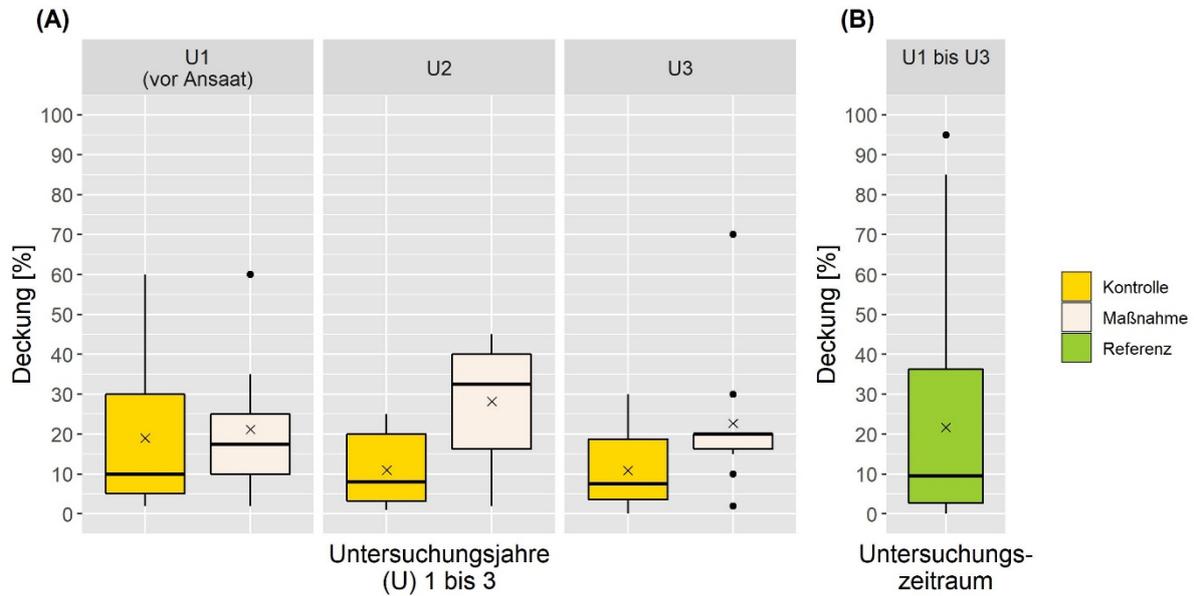


Abbildung 44 Deckung offener Bodenstellen in [%] als Flächenanteil der Beobachtungsflächen. (A) Versuchsflächen in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (B) Referenzflächen Untersuchungszeitraum; Boxplot: Median (waagerechter Strich), Mittelwert (Kreuz), Interquartilabstand (IQA), oberes und unteres Dezil (senkrechte Linien), Ausreißer (Punkte, $< \pm 1.5 \cdot \text{IQR}$).

5.6.7. Vegetationsdichte

Durch die Ansaat ist eine sehr leichte Abnahme der Vegetationsdichte gegenüber den Maßnahmenflächen zu erkennen (siehe Abbildung 45 U2 und U3). Diese Abnahme ist durch die Entfernung der Streuschicht und Störung der Grasnarbe zu erklären. Das sommerliche Austrocknungsrisiko steigt in der Folge, was sich in einer etwas lichterem Vegetation manifestiert.

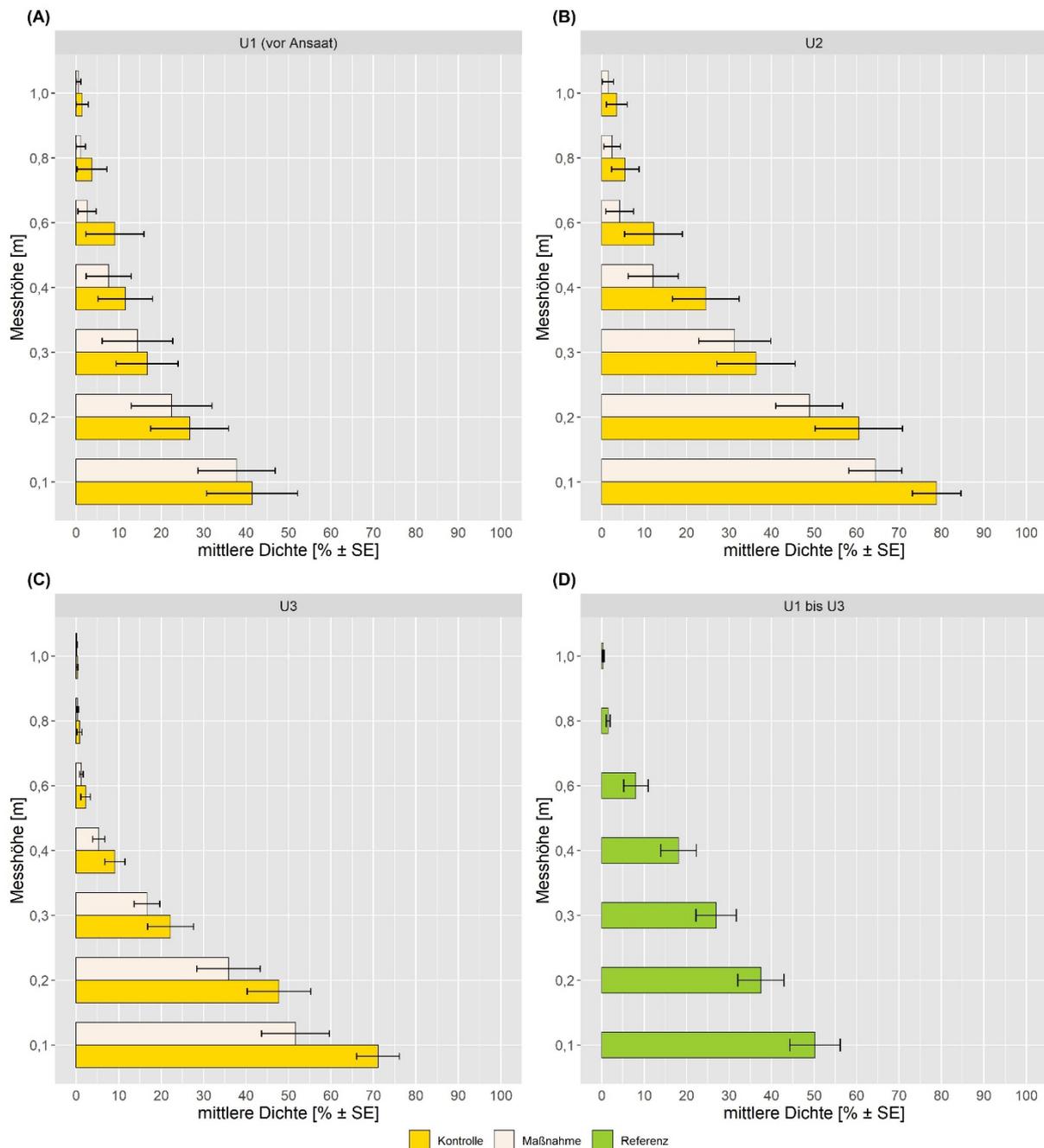


Abbildung 45 Entwicklung der mittleren Vegetationsdichte \pm SE in verschiedenen Messhöhen; Kontrolle: freier Erstaufwuchs; Maßnahme: zweiter Aufwuchs 5-8 Wochen nach 1. Pflegedurchgang; (A) Untersuchungsjahr U1, vor erfolgter Maßnahme (Erstaufwuchs); (B) Untersuchungsjahr U2; (C) Untersuchungsjahr U3; (D) Mittelwert der Referenzflächen im gesamten Untersuchungszeitraum (Erstaufwuchs).

5.6.8. Wildbienen-Monitoring

Eine Zunahme der Arten- oder Individuenzahl der Wildbienen ist infolge der Übersaat auf den Maßnahmenfläche nicht festzustellen (siehe Abbildung 46 A1 und B1). Gleichmäßige Anstiege von U2 auf U3 sind durch eine fehlende Erfassungsrunde im U2 zu erklären (siehe Kapitel 4.2.1). Sehr auffällig ist jedoch, dass Flächentyp 3 grundsätzlich die meisten Wildbienenarten der im Modellprojekt untersuchten Flächen aufweist und sowohl in der Art- als auch Individuenabundanz über den Referenzflächen liegt (siehe A2 und B2).

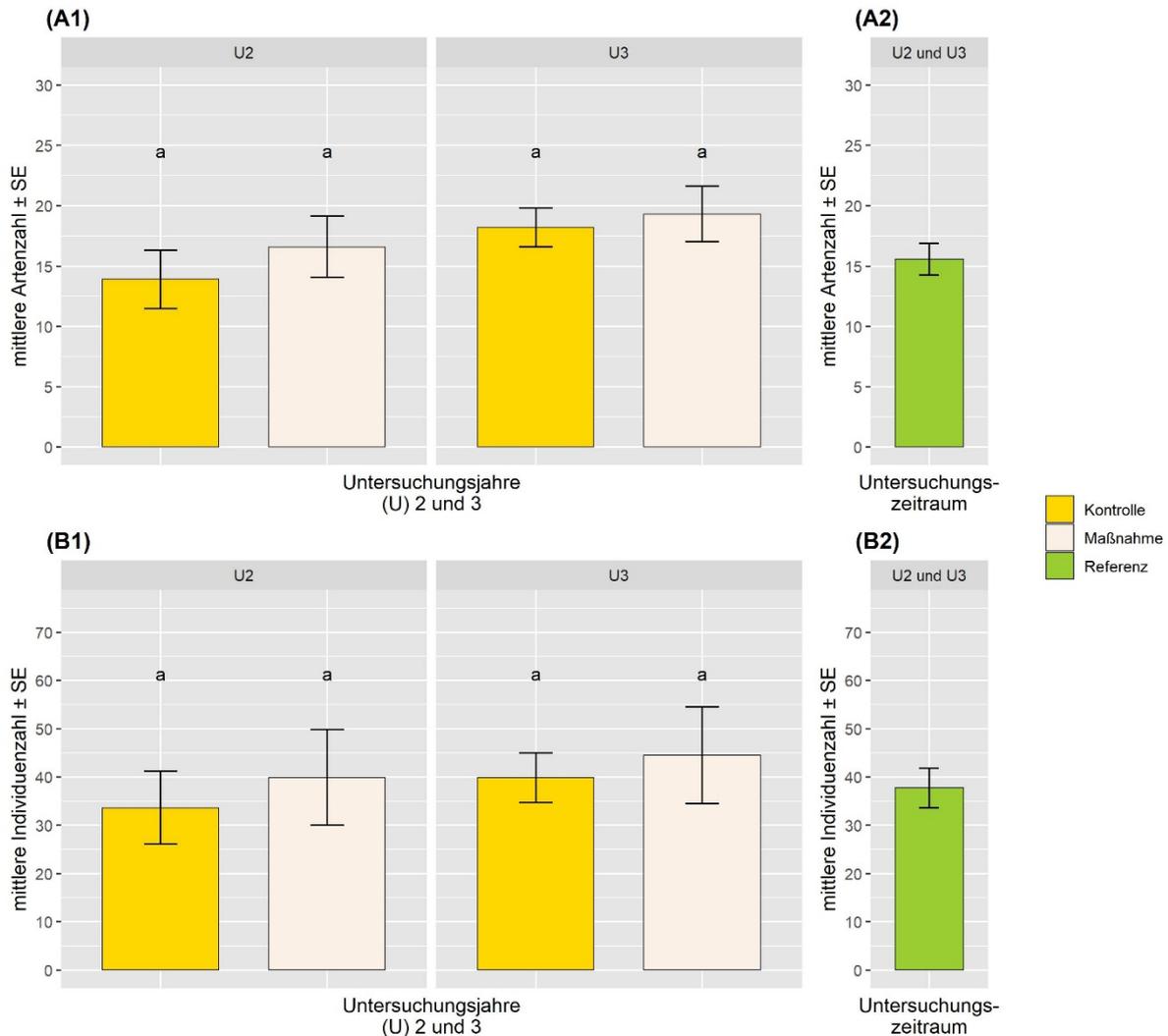


Abbildung 46 Entwicklung der Wildbienenbestände in den verschiedenen Untersuchungsjahren; (A1) mittlere Artenzahl ± SE der Versuchsflächen; (A2) mittlere Artenzahl ± SE der Referenzflächen; (B1) mittlere Individuenzahl ± SE der Versuchsflächen; (B2) mittlere Individuenzahl ± SE der Referenzflächen; Unterschiedliche Buchstaben über den Balken geben signifikante Unterschiede an ($p < 0,05$; Post-Hoc-Test: TukeyHSD).

5.6.9. Praxiserfahrungen und Kosten

Siehe hierzu die Ausführungen zu den Klappertopf-Übersaaten in Kapitel 5.5.9.

5.7. Neuansaat mit Oberbodenabtrag

Sicherlich stellt eine Neuansaat mit Abstand die effizienteste Methode dar, um schnell und zielgerichtet die Artenvielfalt einer Fläche zu erhöhen, was die Entwicklung der Artenzahlen auf den Projektflächen zeigen. Je nach Straßenraumsituation sind hierfür jedoch Verkehrsbeeinträchtigungen (Sperrung einer Fahrbahn) unumgänglich. Das Abziehen des Oberbodens von ca. 7cm Mächtigkeit minimiert das erneute Aufkommen von Bestandsarten sehr effizient, stellt aber zugleich einen großen Eingriff in Flora und Fauna dar und kann im Falle von belasteten Böden unerwartet teuer werden. Im Rahmen des Modellprojektes wurde der Oberboden an anderer Stelle im Verlauf des Straßenzuges wieder verfüllt, sodass keine Entsorgungskosten anfielen. Im Gegensatz zum Fräsen oder Pflügen wird durch das Abtragen des humushaltigen Oberbodens auch ein Großteil der direkt pflanzenverfügbaren Nährstoffe entfernt, was die längerfristige Etablierung blumenreicher Bestände erheblich begünstigt.

Sowohl in Magstadt als auch in Ailringen gelang auch ohne Heuabdeckung und Bodenfestiger bzw. -verbesserer ein zufriedenstellender Ansaaterfolg.

5.7.1. Magstadt, Böblingen

Anschlussstelle B464/L1189 bei Magstadt, südliches „Ohr“

Gesamtkosten:

Entwicklung der Ansaatfläche von 2017 bis 2019



Foto 12 Zustand vor der Ansaat; Foto: ILU

Juli 2017: Dichter, sehr hochwüchsiger Gräserdominanzbestand.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 21

Zielartenzahl: 9

Wildbienen:

keine Erhebung



Foto 13 Abgezogener Oberboden; Foto: Straßenmeisterei Leonberg

April 2018: Insgesamt wurden ca. 260m² Oberboden abgezogen. Die Fläche wurde nach dem Abziehen des Oberbodens fälschlicherweise mit dem Bagger eingeebnet und dabei stark verdichtet. Die Ansaat erfolgte im Frühjahr und wurde ohne Abdeckung mit Heu und Oberflächenfestiger/Bodenverbesserer durchgeführt. Auf der Innenfläche des „Ohrs“ sind keine Verkehrssicherungsmaßnahmen erforderlich gewesen.



Foto 14 Zustand kurz nach der Ansaat; Foto: ILU

Juli 2018: Hoher Unkrautdruck durch Ackerkratzdistel und geringer Ansaaterfolg aufgrund der sommerlichen Dürre.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 34

Zielartenzahl: 28

Wildbienen:

Artenzahl: 13

Individuenzahl: 31



Foto 15 Zustand ein Jahr nach der Ansaat; Foto: ILU

Juni 2019: Sehr guter Ansaaterfolg, insbesondere der Kräuter.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 46

Zielartenzahl: 34

Wildbienen:

Artenzahl: 22

Individuenzahl: 65

5.7.2. Ailringen, Hohenlohekreis

L1025 bei Ailringen, westliche Böschung
Entwicklung der Ansaatfläche von 2017 bis 2019



Foto 16 Zustand vor der Ansaat; Foto: ILU

Juli 2017: Dichte, sehr nährstoffreiche Unkrautflur.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 27

Zielartenzahl: 15

Wildbienen:

keine Erhebung



Foto 17 Abzogener Oberboden; Foto: Straßenmeisterei Künzelsau

April 2018: Insgesamt wurde ein Streifen von ca. 65m Länge und 2,5m Breite abgezogen. Die Ansaat im Frühjahr, die Fläche wurde nach dem rau hinterlassen. Die Ansaat erfolgte ohne Abdeckung mit Heu und Oberflächenfestiger/Bodenverbesserer. Für die Arbeit mit dem Bagger war die Sperrung einer Fahrbahn erforderlich.



Foto 18 Zustand kurz nach der Ansaat; Foto: ILU

Juli 2018: Teilweise Unkrautdruck durch Brombeere, geringer Ansaaterfolg aufgrund der sommerlichen Dürre.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 31

Zielartenzahl: 25

Wildbienen:

Artenzahl: 9

Individuenzahl: 38



Foto 19 Zustand ein Jahr nach der Ansaat; Foto: ILU

Juli 2019: Mäßiger Ansaaterfolg. Klatschmohn aus Samenbank aktiviert.

Vegetation:

Gesamtartenzahl: 32

Zielartenzahl: 25

Wildbienen:

Artenzahl: 18

Individuenzahl: 34

5.8. Kreuzkräuter im Modellprojekt

5.8.1. Bestandsentwicklung im Modellprojekt

Kreuzkrautarten kamen im Modellprojekt recht vereinzelt vor, daher ist die Stichprobe klein und die Deckungen haben sich teils erheblich unterschieden. Eine Zunahme der mittleren Deckung der Kreuzkrautarten aufgrund der Pflegeumstellung ist nicht festzustellen (siehe Abbildung 47 A). Infolge der Übersaaten lassen sich keine Aussagen machen, weil die Arten zu vereinzelt vorkamen und zu große Varianzen in den Daten herrschen (siehe B). Insgesamt ist die Zeitreihe und Stichprobe zu klein um Rückschlüsse über die Reaktion der Kreuzkrautarten zu ziehen.

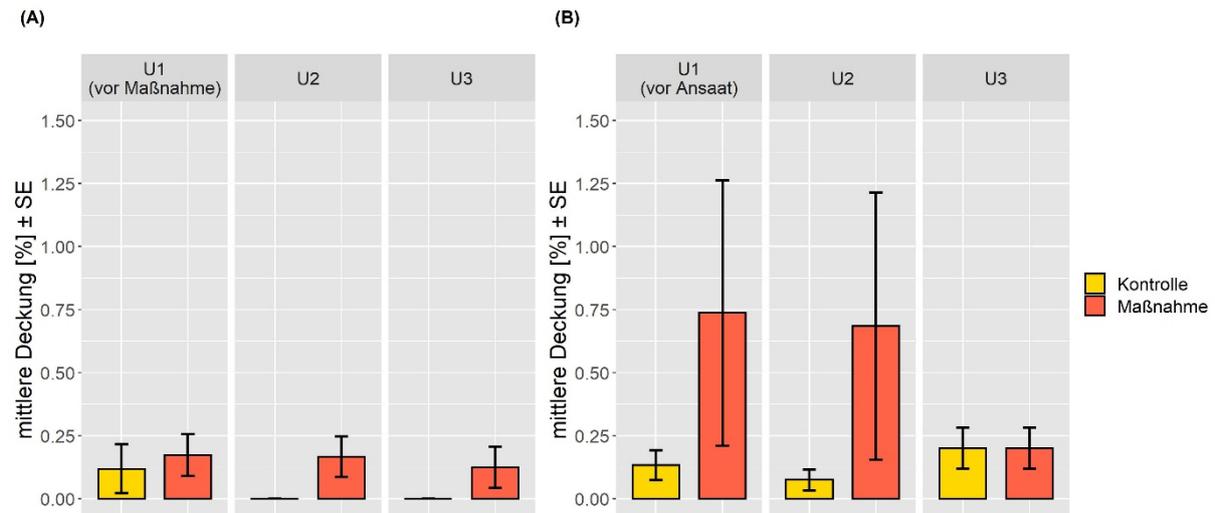


Abbildung 47 mittlere Deckung \pm SE aller Kreuzkrautarten (*Jacobaea vulgaris*, *Senecio inaequidens*, *Senecio erucifolius*) infolge der Maßnahmen in den Untersuchungsjahren (U) 1 bis 3; (A) Umstellung des Pflegeregimes (Mulchen 2x, Mähen mit Abräumen und Mulchen, Mähen mit Abräumen 2x); (B) Übersaaten (Übersaat mit Zottigem Klappertopf, Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten).

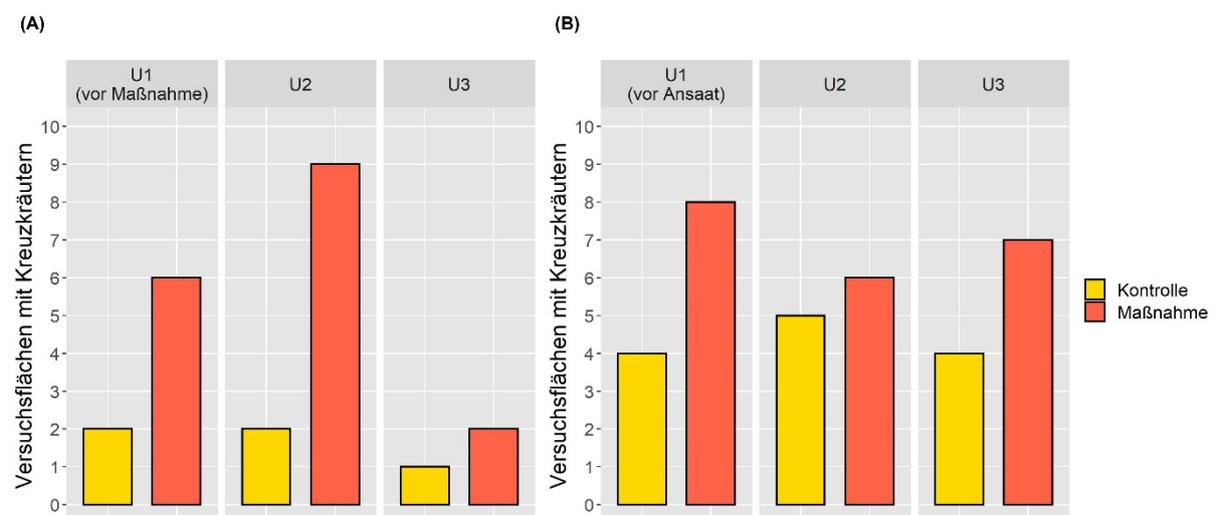


Abbildung 48 Zahl der Versuchsflächen mit Kreuzkräutern (*Jacobaea vulgaris*, *Senecio inaequidens*, *Senecio erucifolius*) in den Untersuchungsjahren (U) 1 bis 3; (A) Umstellung des Pflegeregimes (Mulchen 2x, Mähen mit Abräumen und Mulchen, Mähen mit Abräumen 2x); (B) Übersaaten (Übersaat mit Zottigem Klappertopf, Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten).

Über die Häufigkeit der Kreuzkrautarten auf den Versuchsflächen lässt sich aufgrund des kleinen Datensatzes ebenfalls keine klare Aussage machen. Große anfängliche Unterschiede zwischen Kontroll- und Maßnahmenflächen machen eine Interpretation schwierig. Abbildung 48 zeigt die Vorkommen der Kreuzkrautarten auf den Versuchsflächen mit erfolgter Pflegeumstellung (A) und durchgeführter Über-
saat (B).

Auf den Versuchsflächen des Modellprojektes konnte in der kurzen Projektlaufzeit keine Bestandsveränderung festgestellt werden, die auf eine Förderung durch die erprobten Maßnahmen schließen lässt.

Alle im Modellprojekt vorkommenden Kreuzkrautarten (*Jacobaea vulgaris*, *Senecio inaequidens*, *Senecio erucifolius*) sind unter anderem Arten der Ruderal- und Segetalgesellschaften und kommen häufig in Möhren-Steinklee-Gesellschaften (Verband Dauco-Melilotion) vor, die sich auf wenig bis mäßig stickstoffreichen, häufig offenen Standorten einstellen (häufig an Straßenböschungen) (Oberdorfer 2001). Die Vegetation an Straßenböschungen weist häufig Übergänge zwischen Grünlandgesellschaften und Ruderalgesellschaften auf, weshalb sich die genannten Arten häufig am Rand und auf Straßenböschungen finden.

5.9. Wildbienen-Monitoring

5.9.1. Wildbienenbestände im Modellprojekt

Im Rahmen des Wildbienen-Monitorings für das Modellprojekt wurden in den Jahren 2018 bis 2020, 195 Bienenarten bestimmt, was ca. 40% der in BW heimischen Bienenarten entspricht und insgesamt 4980 Individuen nachgewiesen.

Für 460 Bienenarten sind (Stand 2000) für Baden-Württemberg Gefährdungskategorien (RL-BW) definiert (Westrich et al. 2000). Abbildung 49 zeigt die Zahl der Bienenarten in den jeweiligen Gefährdungskategorien für Baden-Württemberg (A) und für die Bienenarten, die im Modellprojekt nachgewiesen wurden (B).

Mehr als ein Viertel der Bienenarten auf den Projektflächen (B), sind zumindest in der Vorwarnliste aufgeführt ist. Für 9 Arten liegen nur unzureichende Daten vor, um sie einer Gefährdungskategorie zuweisen zu können. Zu den stark gefährdeten Arten (RL 2) gehören insgesamt 15 Arten. Unter ihnen sind die Gallen-Mauerbiene (*Osmia gallarum*), die Sand-Blattschneiderbiene (*Megachile maritima*), die Grubenhumme (*Bombus subterraneus*) und die Pygmäen-Schmalbiene (*Lasioglossum pygmaeum*). Die Gallen-Mauerbiene ist oligolektisch, also auf Pollen einer Art/Gattung spezialisiert. Die anderen Arten sind weniger anspruchsvoll und sammeln Nektar und Pollen an verschiedenen Pflanzenfamilien (polylektisch). Die Gallen-Mauerbiene nistet in Insektenfraßgängen oder in hohlen Stängeln. Die Sand-Blattschneiderbiene, die Grubenhumme und die Pygmäen-Schmalbiene nisten unterirdisch, wobei die Sand-Blattschneiderbiene sandige Ruderalflächen und die Grubenhumme Säugernester und -gänge bevorzugt.

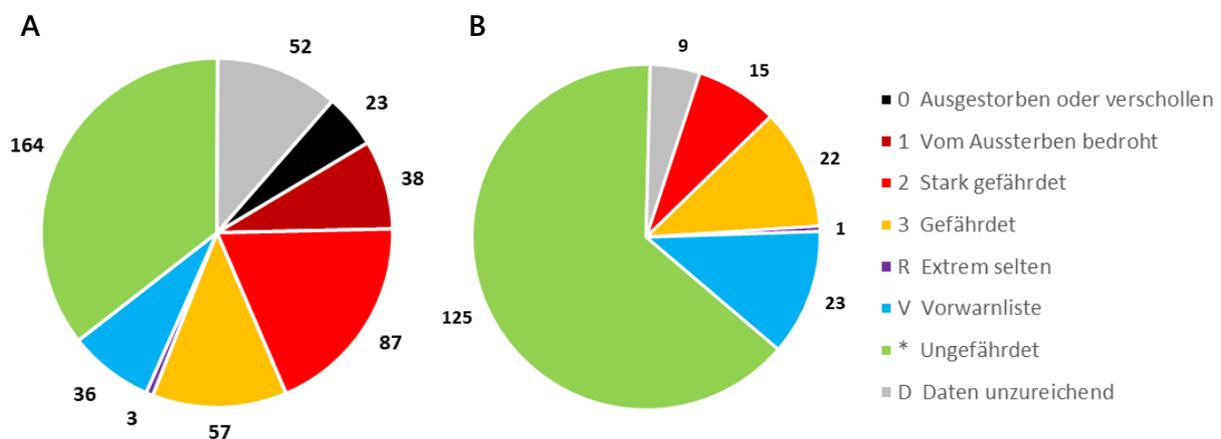


Abbildung 49 Anzahl der Bienenarten in den verschiedenen Gefährdungskategorien (RL-BW); A Baden-Württemberg; B Modellprojekt. Daten der Untersuchungsjahre 2 und 3, sowie Kontroll- und Maßnahmenflächen.

Beim Vergleich der gefährdeten Bienenarten in gesamt BW (A) und im Modellprojekt (B) wird deutlich, dass der Anteil bedrohter Wildbienenarten auf den Projektflächen gemessen am Anteil in gesamt BW eher unterrepräsentiert ist. Etwa die Hälfte der Arten in BW sind zumindest in der Vorwarnliste oder stärker gefährdet, wohingegen dieser Anteil auf den Projektflächen nur etwas mehr als ein Viertel beträgt.

Unter den 15 häufigsten Bienenarten im Modellprojekt finden sich 4 Arten aus der Vorwarnliste (siehe Abbildung 50). Mit Ausnahme der Mai-Langhornbiene (*Eucera nigrescens*), die Schmetterlingsblütler (Fabaceae) als Pollenquelle bevorzugt, gelten die anderen Arten als wenig spezialisierte Generalisten (Ubiquisten), die keine allzu großen standörtlichen Ansprüche stellen, Offenland i.w.S. bewohnen und polylektisch leben (Pollenquelle können verschiedene Pflanzenfamilien/Gattungen sein).

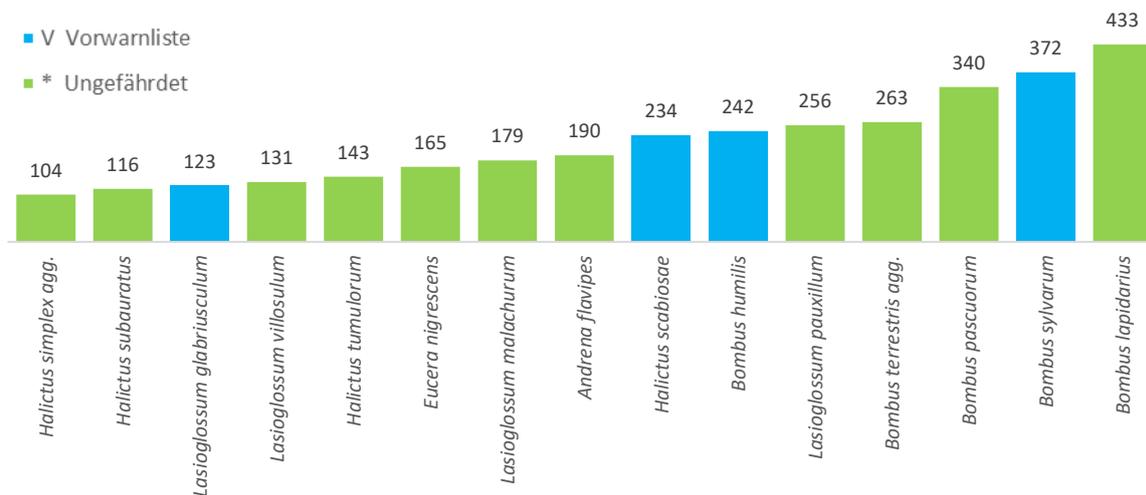


Abbildung 50 Die 15 häufigsten Bienenarten im Modellprojekt und deren Gefährdungskategorie (RL-BW); Daten der Untersuchungsjahre 2 und 3; Abundanzen über alle Untersuchungsflächen hinweg (Kontroll- und Maßnahmenflächen).

Eine direkte Gegenüberstellung der Flächentypen und Bienenarten in den verschiedenen Gefährdungskategorien deutet darauf hin, dass sich die Flächen hinsichtlich der Eignung für den Wildbienenenschutz unterscheiden (siehe Abbildung 51). Typ 3 „trocken/lückig“ weist insgesamt die meisten Bienenarten auf (145) und darüber hinaus auch die meisten RL 2, 3 und V-Arten (37). Mit insgesamt 68 Bienenarten und 17 Bienenarten der Gefährdungskategorie 2, 3 und V scheinen die pflanzenarten- und offenbodenreichen Referenzflächen vergleichsweise uninteressant für den Wildbienenenschutz. Selbst die nährstoffreichen und pflanzenartenarmen Flächen des Typs 1 weisen mehr Bienenarten auf. Beim Vergleich der Flächentypen muss jedoch berücksichtigt werden, dass nicht immer gleich viele Versuchsflächen untersucht wurden und die Stichprobengröße (n) folglich variiert (siehe Tabelle 19).

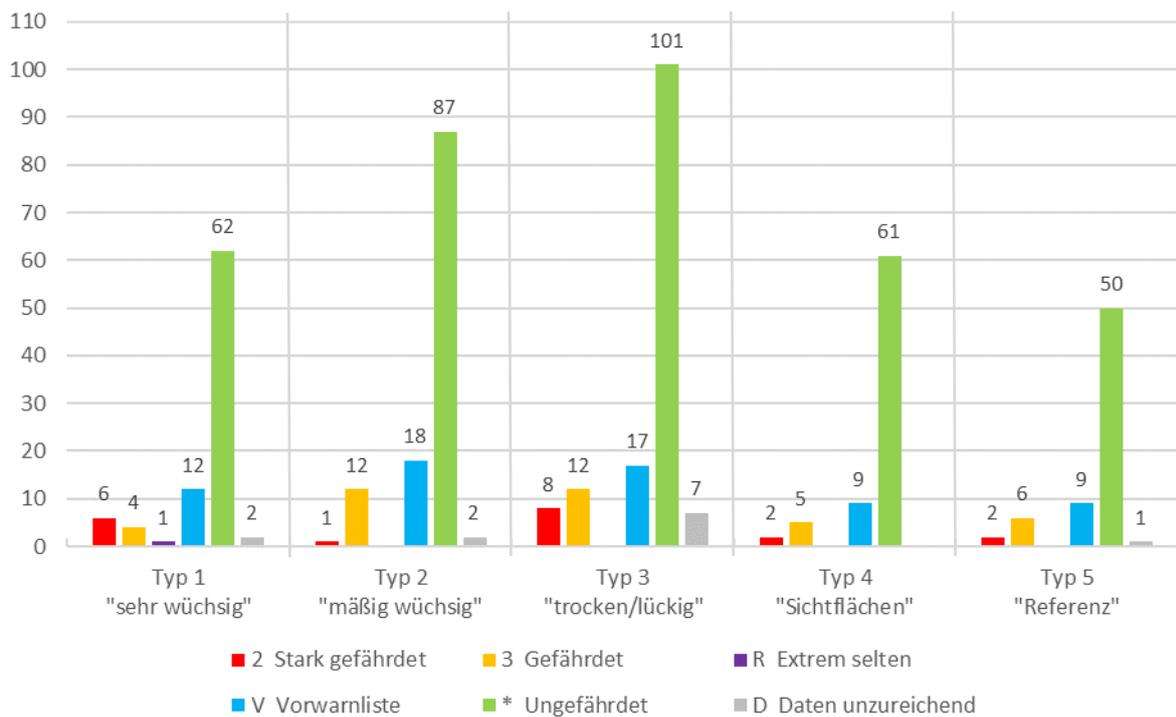


Abbildung 51 Zahl der Bienenarten in den verschiedenen Gefährdungskategorien (RL-BW) der Flächentypen im Modellprojekt; Daten der Untersuchungsjahre 2 und 3, Kontroll- und Maßnahmenflächen.

Tabelle 19 Flächentypen im Modellprojekt und Kenngrößen zu den Bienenbeständen; Daten (Artenzahl und Individuenzahl) der Untersuchungsjahre 2 und 3, Kontroll- und Maßnahmenflächen.

Flächentyp	Untersuchte Versuchsflächen im Modellprojekt; Stichprobe (n)	Bienenarten insgesamt	Mittlere Bienenartenzahl/Versuchsfläche	Mittlere Zahl der RL 2, 3 und V Arten/Versuchsfläche	Mittlere Individuenzahl/Versuchsfläche
Typ 1 „sehr wüchsig“	34	87	2,6	0,6	23,0
Typ 2 „mäßig wüchsig“	32	120	3,8	1,0	38,1
Typ 3 „trocken/lückig“	20	145	7,3	1,9	79,0
Typ 4 „Sichtflächen“	16	77	4,8	1,0	48,3
Typ 5 „Referenz“	7	68	9,7	2,4	75,4

Die vergleichsweise niedrige Zahl von insgesamt 68 Bienenarten auf den sehr pflanzenartenreichen Typ 5-Flächen „Referenz“, kann daher durch die kleine Stichprobe (n=7 Versuchsflächen in nur 2 Landkreisen) erklärt werden, was durchschnittlich 9,7 verschiedene Bienenarten pro untersuchter Fläche ergibt. Ein Vergleich der Bienenarten pro Versuchsfläche erlaubt eine differenziertere Einschätzung der Bedeutung der Flächentypen für den Wildbienenchutz und es zeigt sich, dass artenreiche Ansaaten (Typ 5) sowie trockenwarme Böschungen (Typ 3) im Modellprojekt die artenreichsten Flächen sind. Auch das Verhältnis von RL 2, 3 und V-Arten pro Versuchsfläche ist bei diesen Flächen am höchsten.

5.9.2. Flächentypen und ihre Bedeutung für den Wildbienenenschutz

Typ 1 „sehr wüchsig“

Obwohl im Modellprojekt 6 stark gefährdete (Gefährdungskategorie 2) und 4 gefährdete (Gefährdungskategorie 3) Bienenarten nachgewiesen wurden, hat der Flächentyp für den Wildbienenenschutz nur eine geringe Bedeutung. Die Nachweise der gefährdeten Arten beschränken sich auf Einzelsichtungen und nur zwei Arten, *Lasioglossum puncticolle* (RL: 2) und *Megachile pilidens* (RL: 3) wurden zwei Mal nachgewiesen. Mit durchschnittlichen Zahlen von 2,6 Bienenarten pro Versuchsfläche, 0,6 Arten mit Gefährdungsstatus 2, 3 und V sowie lediglich 23 Individuen pro Versuchsfläche ist die Bedeutung für den Schutz von Wildbienen als gering einzustufen. Die Flächen zeichnen sich überwiegend durch geringes bis mäßiges Blütenangebot aus und weisen nur sehr wenige offene Bodenstellen auf, die bei einmaliger später Regelpflege nach dem Mulchen noch lange mit einer dicken Streuschicht abgedeckt bleiben. Nistplätze bodennistender Wildbienen sind so gut wie nicht oder allenfalls randlich im Intensivbereich vorhanden.

Typ 2 „mäßig wüchsig“

Mit durchschnittlich 3,8 Bienenarten pro Versuchsfläche und durchschnittlich 1,0 RL 2, 3 und V-Arten pro Versuchsfläche, haben die Flächen eine höhere Bedeutung für den Wildbienenenschutz als Typ 1. Die vorkommenden RL-3 Arten wurden insgesamt häufiger nachgewiesen (zwischen ein und drei Mal), was für einen regelmäßigeren Besuch der Flächen spricht und es wurden auch fast doppelt so viele Tiere auf den Flächen nachgewiesen (durchschnittlich 38,1 Nachweise pro Fläche). Die Flächen zeichnen sich, überwiegend durch mäßiges bis hohes Blütenangebot aus und enthalten einige Zielarten. Offene Bodenstellen sind relativ selten und Nistplätze bodennistender Wildbienen wurden so gut wie nicht beobachtet, jedoch ist davon auszugehen, dass offene Bodenstellen zumindest an sonnigen Standorten mit geringerem Vegetationsdruck durchaus von Wildbienen genutzt werden. Der Flächentyp ist mit extensiv genutztem (artenarmem) Grünland zu vergleichen und wird von den meisten Bienenarten nur als Nahrungshabitat genutzt. Arten- und blütenreiche Bestände können durch die hohe Vielfalt, vor allem jedoch Quantität an Blüten, daher eine zentrale Rolle bei der Nektar- und Pollenversorgung für Wildbienen spielen, insbesondere wenn die Nahrungsressourcen in der Umgebung knapp sind. Die Bedeutung für den Wildbienenenschutz ist daher insbesondere bei hoher Quantität von Blüten sehr hoch einzustufen.

Typ 3 „trocken/lückig“

Durchschnittlich wurden im Rahmen des Modellprojektes 7,3 Bienenarten pro Versuchsfläche auf den Flächen des Typs 3 nachgewiesen, darüber hinaus 79,0 Bienen pro Versuchsfläche sowie 1,9 Arten mit Gefährdungskategorie 2, 3 und V. Unter diesen Arten finden sich zahlreiche bodennistende Arten wie *Lasioglossum puncticolle* (RL-BW: 2 Stark gefährdet), die u.a. auf Magerwiesen und Weiden vorkommt, Standorte mit verdichteten offenen Bodenstellen, besonders solchen mit Trockenrissen, bevorzugt und selbst gegrabene Hohlräume als Nistplatz nutzt sowie *Andrena falsifica* (RL-BW: 3 Gefährdet), die auf Magerrasen, trockenen Fettwiesen und Ruderalstellen mit Offenboden vorkommt und ebenfalls in selbst gegrabenen Hohlräumen nistet. Es finden sich jedoch auch Arten, die in Pflanzenstängeln nisten, wie beispielsweise *Ceratina chalybea* (RL-BW: 2 Stark gefährdet), die auf trockenwarmen Ruderalstellen mit schütterer Vegetation vorkommt und in Stängeln von Brombeere, Königskerzen oder Disteln nistet. Zusammen mit den Referenzflächen stellt Typ 3 mit seiner schütterer Vegetation auf südexponierten Böschungen die wertvollsten Flächen für den Wildbienenenschutz im Modellprojekt dar. Im Gegensatz zu den Typen 1 und 2 hat Typ 3 eine überaus hohe Bedeutung als Nisthabitat. Offene Bodenstellen sind generell

häufig und es wurden regelmäßig Nester von Wildbienen beobachtet. Grundsätzlich zeichnet sich Typ 3 durch mittleres bis sehr gutes Blütenangebot aus und der Anteil der Zielarten ist zu vergleichen mit Ansaatflächen.

Typ 4 „Sichtflächen“

Mit durchschnittlichen Zahlen von 4,8 Bienenarten pro Versuchsfläche, 1,0 Arten mit Gefährdungsstatus 2, 3 und V sowie 48,3 Individuen pro Versuchsfläche ist die Bedeutung für den Wildbienenschutz hoch einzustufen. Sichtflächen zeichnen sich durch hohen Artenreichtum der Vegetation aus. Im Modellprojekt sind nur die Referenzflächen bzw. die Versuchsflächen der Übersaaten artenreicher. Diese Beobachtung deckt sich mit den Erkenntnissen zahlreicher Publikationen und ist auf die extensive mind. 2-schürige Pflege des Intensivbereichs zurückzuführen (Nowak und Schulz 2002; LUBW 2009; Bosshard 2016). Offenbodenstellen sind aufgrund der Vielzahl kriechender Arten und dichten Grasnarbe weniger häufig, aber die Flächen können wertvolle Nahrungshabitate für Wildbienen sein.

Typ 5 „Referenz“, artenreiche Ansaaten

Auf den ausgewählten Flächen im Modellprojekt wurden durchschnittlich 9,7 verschiedene Bienenarten, 2,4 Arten mit Gefährdungsstatus 2, 3 und V sowie 75,4 Individuen gezählt. Das macht artenreiche Ansaaten zusammen mit Flächen des Typ 3 zu den wertvollsten Habitaten für den Wildbienenschutz im Modellprojekt.

5.10. Parallele Pflegestreifen - Refugialflächen

5.10.1. Einschätzung aus faunistischer Sicht

Eine umfassende Literaturliteraturauswertung zur Wirkung des Mähens auf Tiere in Wiesen liefern Van de Poel und Zehm (2014). Hier werden nicht nur zahlreiche Studien zusammengefasst, sondern auch Ansätze geliefert, um die Gefährdung bei der Wiesenbewirtschaftung zu minimieren. Die Studie weist jedoch auch ausdrücklich auf große Wissenslücken in diesem Themenbereich hin und macht durch die Vielzahl der verwendeten Methoden bei der Datenerhebung der ausgewerteten Studien die Komplexität des Sachverhalts deutlich.

Die Intensivierung der Landwirtschaft seit den 1950er Jahren hat auch eine erhebliche Intensivierung der Wiesenbewirtschaftung durch Düngung und Mechanisierung der Arbeitsprozesse zur Folge, was sich in einer Abnahme der Artenvielfalt im Grünland u. A. bei Vögeln, Insekten und Pflanzen bemerkbar macht (u. A. Benton et al. 2002; Donald et al. 2006). Grünland und insbesondere artenreiche Wiesen müssen bewirtschaftet werden, um diesen Lebensraum langfristig zu erhalten (Dierschke und Briemle 2008). Für die mechanisierte Wiesenbewirtschaftung sind viele Arbeitsschritte notwendig, die jedoch alle tote und verletzte Tiere zur Folge haben (Hubert et al. 2010).

Wie Hubert et al. (2010) zeigen, spielt die Bewirtschaftungsweise eine entscheidende Rolle dabei, wie viele Tiere (insbesondere Wirbellose) bei der Mahd einer Wiese verletzt oder getötet werden. So zeigt sich bei Mahdversuchen mit kleinen Wachsattrappen (zur Simulation von Insekten) beispielsweise, dass die Schädigungsraten von kleinen auf dem Boden platzierten Attrappen beim Mähen mit einem Trommel-Scheibenmäher fast dreimal höher (ca. 20%) sind, wie mit einem handgeführten Motorbalkenmäher (ca. 7%). Aber nicht nur der eigentliche Schnittvorgang hat erhebliche negative Auswirkungen, sondern auch die jeweils anschließenden Arbeitsgänge wie das Zetten, Schwaden und Ballenpressen tragen zur Mortalität bei und sind im Falle einer schonenden Mahd mit dem Motorbalkenmäher sogar die Haupttodesursache für Heuschrecken und Schmetterlingsraupen. Zu beachten ist hierbei, dass jeder dieser Arbeitsgänge für sich genommen erhebliche Verletzungs- und Mortalitätsraten mit sich bringt und sich die Wirkungen aufaddieren. So reduzierte sich in einem Einzelversuch beispielsweise die Heuschreckendichte in Folge der Mahd mit einem Balkenmäher am Traktor (Erntedauer: 4 Tage; Zetthäufigkeit: 2 x) trotz schonender Schnittmethode um 71,4%.

Es zeigt sich aber auch, dass gerade Mulchgeräte, die in der Grünpflege an Straßen fast ausschließlich zum Einsatz kommen, die größte Schädigung für die Wiesenfauna aufweisen (Van de Poel und Zehm 2014). Eine Studie aus dem Jahr 1987 zeigte, dass durchschnittlich bis zu 88% der zuvor ausgesetzten Wanzen durch den Mulchvorgang ums Leben kamen, mit dem Balkenmäher jedoch nur 52% (Hemmann et al. 1987).

Eine der Möglichkeiten, die Mortalitätsraten bei der Grünlandbewirtschaftung zu minimieren sind Refugialflächen, die bei der Mahd stehen gelassen werden damit ein Teil der Tiere gar nicht erst verletzt oder getötet wird, bzw. damit nach der Mahd zumindest der mobile Teil der Arten dort wieder einen geeigneten Lebensraum findet (Humbert et al. 2012; Van de Poel und Zehm 2014). Auch auf die Reproduktion der Individuen hat das Stehenlassen wesentliche Auswirkungen. Wie Humbert et al. (2012) zeigen, sind die Populationsgrößen von Heuschrecken auf Versuchsflächen mit 10% Refugialflächen um 53% größer

als auf Versuchsfeldern ohne Refugialflächen (ohne Angabe der Mahdmethode, ohne Aufbereiter, ohne Angabe zur Zetthäufigkeit, mit Ballenpresse). Die Autoren der Studie weisen darauf hin, dass 10% Refugialfläche eine willkürlich gewählte Größe ist und keine Vergleichsstudien zur optimalen Größe existieren. Ähnliche Ergebnisse zu Populationsgrößen mit und ohne Refugialflächen liegen auch für zahlreiche andere Artengruppen vor (vgl. Humbert et al. 2012).

Es lässt sich festhalten, dass Refugialflächen einen maßgeblichen Beitrag zur Minimierung negativer Folgen mechanisierter Bewirtschaftungsmethoden von Grünland beitragen können. Gerade im Straßenbegleitgrün, das keinem wirtschaftlichen Produktionsdruck unterliegt, können Refugialflächen (etwa Altgrasstreifen, bzw. Rotationsbrachen) fest eingeplant werden und einen wertvollen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität in einer Landschaft leisten.

5.10.2. Einschätzung aus vegetationskundlicher Sicht

Im Gegensatz zur Fauna spielt die Mähtechnik bei der Vegetation keine Rolle. Hier sind andere Faktoren, wie der Vegetationstyp und das Entwicklungsziel entscheidend. Eine Pflegepraxis mit jährlich wechselnden Pflegestreifen entspricht einer zweijährlichen Mahd, die der Entwicklung und dem Erhalt artenreicher Grünlandbestände in vielen Fällen entgegensteht (siehe hierzu Kapitel 10). Die Praxis ist mit dem Ziel einer Aushagerung nur schwer vereinbar, weil sich die Dauer der Ausmagerung faktisch mindestens verdoppelt oder eine Aushagerung unmöglich macht.

Auf wüchsigen Standorten ist durch fehlendes Lichtstellen (Schnitt der Vegetation) mit einer abnehmenden Artenzahl und dem Verschwinden von lichtbedürftigen Kräutern zu rechnen. Dabei spielt es eine untergeordnete Rolle, ob gemäht und abgeräumt oder lediglich gemulcht wird (Dierschke und Briemle 2008; LUBW 2009).

Nun beziehen sich die oben genannten Quellen auf zumindest ehemals landwirtschaftlich genutztes und nicht selten artenreiches Grünland, das nicht unbedingt mit Straßenbegleitgrün zu vergleichen ist. Jakobsson et al. (2018) zeigen in einer Review-Studie, die 54 internationale Studien zum Pflegemanagement von Straßenbegleitgrün zusammenfasst, dass das Zusammenwirken einer zweischüriger Pflege und Abräumen der Biomasse bei jeder Mahd eine höhere Pflanzenartenvielfalt bewirkt. Auch wenn unterschiedliche Standorte und Vegetationseinheiten im Rahmen der ausgewerteten Studien untersucht wurden, lässt sich folgende generelle Aussage treffen: Die Pflanzenartenvielfalt im Straßenbegleitgrün lässt sich wahrscheinlich erhöhen, wenn: (a) jedes Jahr gepflegt wird, (b) jedes Jahr zweimal gepflegt wird (was insbesondere die Kräutervielfalt fördert) und (c) wenn die Biomasse abgeräumt wird.

Die Erfahrungen aus den Offenhaltungsversuchen zeigen eindeutig, dass Brachephasen von zwei Jahren (d.h. Mulchen alle zwei Jahre) nicht geeignet sind, um Zielarten des extensiven Grünlandes dauerhaft im Bestand zu erhalten (LUBW 2009). Konkurrenzstarke Arten verdrängen lichtbedürftige Arten und Autotrophierung (positive Nährstoffdynamik) verstärkt diesen Prozess, was eine zunehmende Artenverarmung von Grünlandbrachen zur Folge hat (Dierschke und Briemle 2008).

5.10.3. Einschätzung aus Sicht der Straßenmeistereien

Die Ergebnisse der Gespräche mit den kooperierenden Straßenmeistereien aus dem Modellprojekt lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aus Gründen der Verkehrssicherheit können Altgrasstreifen nicht grundsätzlich überall realisiert werden, wenn beispielsweise die Gefahr von Schneeverwehungen besteht, der Wasserabfluss beeinträchtigt wird oder Gefahrenbereiche unübersichtlich werden.

Die Reduzierung der Pflegedurchgänge auf 1 pro 2 Jahre hat sich in der Praxis als problematisch hinsichtlich des Pflegeaufwandes herausgestellt. Bereits in nur einer Vegetationsperiode können Stockausschlag und Gehölzaufwuchs mit Hartriegel, Schlehe, Ahorn oder Brombeere eine erschwerte Pflege des Straßenbegleitgrüns zur Folge haben. Das Auslassen eines Pflegeschnittes entspricht einer zweijährigen Brache bzw. zwei vollen Vegetationsperioden, was sich in erheblichem Stockausschlag und Gehölzaufwuchs sowie einer deutlich erschwerten Pflege und reduzierten Arbeitsgeschwindigkeit bemerkbar machen und das Arbeitsgerät beschädigen kann. Eine anfängliche Kosteneinsparung kann mittelfristig erhöhte Wartungs- und Verschleißkosten der Geräte zur Folge haben.

Wie stark der Stockausschlag bereits nach nur einem Jahr sein kann, zeigt ein Beispiel aus dem Neckar-Odenwald-Kreis (siehe Foto 20).



Foto 20 Stockausschlag nach einem Jahr auf magerem Standort. Foto: Straßenmeisterei Buchen.

6. Öffentlichkeitsarbeit und Mitarbeiterschulung

Die Öffentlichkeitsarbeit zu diesem Vorhaben wurde vom VM aus koordiniert. Neben mehreren Pressemitteilungen wurden zwei Vor-Ort-Termin mit Herrn Minister Hermann MdL durchgeführt. Die Termine fanden im August 2017 im Landkreis Böblingen und im August 2018 im Alb-Donau-Kreis statt. Im Rahmen der Termine wurde die Vorgehensweise des Mähens und Abräumens vorgestellt und die ökologischen Hintergründe erläutert. Über beide Termine wurde in der lokalen Presse berichtet.

Das Projekt wurde bei mehreren Dienstbesprechungen und anderen Veranstaltungen wie der Jahrestagung der Interessensgemeinschaft Straßenmeister in Baden-Württemberg 2019 vorgestellt. Im November 2019 fand an der HfWU in Nürtingen eine Wildbientagung statt, bei der das Projekt einem breiten Publikum aus Laien und Experten vorgestellt wurde.

Im Frühjahr 2021 werden die Ergebnisse des Modellprojektes den Straßenmeistereien präsentiert. Wesentlich dürfte weiterhin sein, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Straßenbaumeistereien, die die Pflegemaßnahmen vor Ort vornehmen, einzubinden, zu sensibilisieren und entsprechend zu schulen. Erfahrungen aus anderen Projekten zeigen, dass das Nutzen spezifischen Wissens und von fachlichen und räumlichen Kenntnissen dieser Personen ebenfalls sehr wichtig für den Maßnahmenerfolg sein können. Sie sollten verstehen, welche Ziele mit den Pflegemaßnahmen verbunden sind und der Erfolg als auch der Misserfolg der Maßnahmen sollte ihnen zugänglich gemacht werden, so dass Erfolge das Bewusstsein für die Sinnhaftigkeit des Handelns stärken und aus Misserfolgen Erfahrungen für Verbesserungen abgeleitet werden können.

7. Zusammenführung der Ergebnisse

7.1. Maßnahmen im Vergleich

Das Modellprojekt verfolgt folgende Zielsetzungen:

1. *Durchführung eines Praxistests mit verschiedenen Pflegemethoden für unterschiedliche Vegetationstypen-/Standortkombinationen und Bewertung der kurz-, mittel- und langfristigen Erfolgsaussichten zu Steigerung der Pflanzen- und Wildbienenvielfalt unter Berücksichtigung der Pflegekosten und praktischer Aspekte.*
2. *Durchführung umbruchloser Übersaaten mit mehrjährigen Blütmischungen auf unterschiedlichen Standorten, Einschätzung der Praxistauglichkeit und positiven Effekte auf die Artenvielfalt von Pflanzen- und Wildbienen.*

Im Sinne der Zielsetzungen werden im Folgenden zunächst alle Maßnahmen einzeln in tabellarischer Form hinsichtlich folgender Kriterien beurteilt:

- Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten,
- Zeit, bis ein Nutzen eintritt,
- Reduzierbarkeit des späteren Pflegeaufwands,
- Bevorzugte Straßenraumsituation, Böschungsneigung und -breite,
- Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme (z.B. durch von der Straße aus arbeitende Maschinen),
- Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU) und
- Kosten (€/m²).

Eine vergleichende Übersicht mit der Beurteilung aller Maßnahmen gibt Tabelle 27 auf Seite 118. Die resultierenden Handlungsempfehlungen werden in Kapitel 8 auf Seite 126 präsentiert.

Tabelle 20 Mulchen (2x jährlich) auf Typ 1 „sehr wüchsig“

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	neutral bis mäßig	Zweimaliges Mulchen kann auf sehr wüchsigen Standorten (ca. 60 dt/ha TM) die Pflanzenartenvielfalt zu erhöhen. Der positive Effekt beruht dabei nicht auf einer Aushagerung, sondern auf zweimaligem Lichtstellen der Vegetation.
Zeit bis Nutzen	langfristig	Insbesondere wenn Zielarten im Bestand fehlen und kein räumlicher Anschluss an artenreiche Bestände besteht, ist von vielen Jahren auszugehen. Bei jährlichen Aufwuchsmengen von deutlich mehr als 60 dt/ha TM muss im Einzelfall überprüft werden, ob sich tatsächlich mehr Pflanzenarten etablieren.
Pflegeaufwand später reduzierbar	nein	Da keine Aushagerung erfolgt, muss die Pflegemethode dauerhaft durchgeführt werden und verliert ihre Wirkung, sobald wieder auf einschürige Pflege umgestellt wird.
Bevorzugte Straßensituation, Böschungsneigung und -breite	keine	Durch die große Arbeitsbreite mit Auslegermähergerät kann in jeder Straßensituation nahezu problemlos gepflegt werden.
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	ja	Jeder zusätzliche Pflegeschnitt, der von der Fahrbahn durchgeführt wird, ist auch eine zusätzliche Verkehrsbeeinträchtigung. Ausnahmen: Bearbeitung über Parallelwege oder mit Raupen.
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	SM (nur sehr begrenzt), größtenteils LU	Unter den aktuellen personellen Voraussetzungen ist eine Verdoppelung des Grünpflegeaufwandes durch einen zweiten Pflegeschnitt im Extensivbereich für Straßenmeistereien aktuell (wenn überhaupt) nur auf wenigen Flächen durchführbar. Für die Umsetzung auf einer größeren Zahl von Flächen ist eine Vergabe an Lohnunternehmen derzeit unumgänglich und wird auch teilweise schon betrieben.
Kosten (€/m ²)	0,05 - 0,09 zzgl. Regelpflege	

Tabelle 21 Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich) auf Typ 1 „sehr wüchsig“

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	mäßig	Eine kombinierte Anwendung von Mähen mit Abräumen (erster Schnitt) und Mulchen (zweiter Schnitt, im Rahmen der Regelpflege) ist geeignet, um die Pflanzenartenvielfalt auf sehr wüchsigen Standorten (ca. 60 dt/ha TM) zu erhöhen. Positive Effekte beruhen dabei einerseits auf einer moderaten Aushagerung des Standortes durch Nährstoffentzug (erster Aufwuchs ca. 2/3 der maximalen N-Abfuhr) und vor allem auf zweimaligem Lichtstellen der Vegetation.
Zeit bis Nutzen	mittel- bis langfristig	Einmaliges Abräumen ist unter Umständen nicht ausreichend, um sehr wüchsige Standorte auszuhagern bzw. der Zeitraum einer Aushagerung wird sehr lang. Es ist zu vermuten, dass die Wirkung des zweimaligen Lichtstellens einen größeren Effekt auf die Vegetation hat als die moderate Aushagerung durch Abräumen des ersten Aufwuchses. Unklar ist, welchen Einfluss die Entfernung der Streuschicht auf die Vegetation hat und ob die kombinierte Pflegemethode hierdurch einen Vorteil gegenüber zweimaligem Mulchen hat. Sehr wahrscheinlich wird die Etablierung neuer Arten jedoch stark begünstigt. Fehlen Zielarten im Bestand oder besteht kein räumlicher Anschluss an artenreiche Bestände, ist von vielen Jahren auszugehen, bis sich die Artenvielfalt signifikant erhöht.
Pflegeaufwand später reduzierbar	(nein)	Vermutlich ist der Aushagerungseffekt auf sehr wüchsigen Standorten recht gering, sodass die Pflegemethode dauerhaft durchgeführt werden müsste.
Bevorzugte Straßenraumsituation, Böschungeneigung und -breite	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	Die notwendigen Arbeitsschritte beim Mähen mit Abräumen mit konventionellen landwirtschaftlichen Geräten in der Einschnitt-Situation (Typ c) würde erhebliche Verkehrsbeeinträchtigungen verursachen, wenn von der Straße aus gepflegt werden muss. Deshalb kommt unter den aktuellen technischen Voraussetzungen nur Typ a, b oder d mit maximal 20° Neigung in Frage.
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	nein	(siehe Straßenraumsituation)
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	LU	Unter den aktuellen personellen und technischen Voraussetzungen ist Mähen mit Abräumen nicht von Straßenmeistereien durchführbar. Für die Umsetzung auf einer größeren Zahl von Flächen ist eine Vergabe an Lohnunternehmen unumgänglich und wird auch teilweise schon betrieben.
Kosten (€/m ²)	0,16 - 0,20 zzgl. Regelpflege	Werte ohne Abtransport und Mähgutverwertung.
Hinweis		Durch das Freilegen von offenen Bodenstellen könnte das Risiko von Bodenerosion auf steileren Flächen des Typ 1 steigen.

Tabelle 22 Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auf Typ 2 „mäßig wüchsig“

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	hoch	Zweimaliges Mähen mit Abräumen ist die effektivste Pflegemethode, um artenreiches Straßenbegleitgrün (Grünland mittlerer Standorte) zu erhalten und zu entwickeln.
Zeit bis Nutzen	kurz- bis mittelfristig	Auf mäßig wüchsigen Standorten (ca. 50 dt/ha TM) mit ca. 12 Zielarten im Ausgangsbestand kann zweimaliges Mähen mit Abräumen bereits nach wenigen Jahren die Artenvielfalt erhöhen.
Pflegeaufwand später reduzierbar	(ja)	Bei einer erfolgreichen Aushagerung (i.e. verringerte Erträge über einen Zeitraum von mehreren Jahren) kann die Pflegeintensität wieder reduziert werden. Bei Erträgen von mehr als 30 dt/ha TM sollte jedoch ein zweischüriges Pflegekonzept beibehalten werden.
Bevorzugte Straßenraumsituation, Böschungsneigung und -breite	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	Die notwendigen Arbeitsschritte beim Mähen mit Abräumen mit konventionellen landwirtschaftlichen Geräten in der Einschnitt-Situation (Typ c) würde erhebliche Verkehrsbeeinträchtigungen verursachen, weshalb unter aktuellen technischen Voraussetzungen (Pflege von der Straße aus) nur Typ a, b oder d mit geringer Neigung in Frage kommt.
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	nein	(siehe Straßenraumsituation)
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	LU	Unter den aktuellen personellen und technischen Voraussetzungen ist Mähen mit Abräumen nicht von Straßenmeistereien durchführbar. Für die Umsetzung auf einer größeren Zahl von Flächen ist eine Vergabe an Lohnunternehmen unumgänglich und wird auch teilweise schon betrieben.
Kosten (€/m ²)	0,31 - 0,41 abzgl. Regelpflege	Werte ohne Abtransport und Mähgutverwertung.

Tabelle 23 Mähen mit Abräumen (2x jährlich) auf Sichtflächen (Typ 4)

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	mäßig	Zweimaliges Mähen mit Abräumen ist in seiner Wirkung auf die Vegetation mit der praktizierten Regelpflege des Intensivbereichs (mind. 2x jährlich Mulchen) durchaus vergleichbar.
Zeit bis Nutzen	langfristig	Sichtflächen weisen generell bereits zahlreiche Zielarten in der Vegetation auf, daher dürften sich positive Effekte durch eine Aushagerung erst nach langer Zeit bemerkbar machen.
Pflegeaufwand später reduzierbar	(ja)	Bei einer erfolgreichen Aushagerung (niedrigere Erträge über einen Zeitraum von mehreren Jahren) kann die Pflegeintensität wieder reduziert werden. Sichtflächen gehören zu den Intensivbereichen mit erhöhten Anforderungen an die Verkehrssicherheit, daher kann ein reduzierter Pflegeaufwand nicht grundsätzlich erwartet werden.
Bevorzugte Straßensituation, Böschungeneigung und -breite	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	Die notwendigen Arbeitsschritte beim Mähen mit Abräumen mit konventionellen landwirtschaftlichen Geräten in der Einschnitt-Situation (Typ c) würde erhebliche Verkehrsbeeinträchtigungen verursachen, weshalb unter aktuellen technischen Voraussetzungen nur Typ a, b oder d mit geringer Neigung in Frage kommt.
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	nein	(siehe Straßensituation)
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	LU	Unter den aktuellen personellen und technischen Voraussetzungen ist Mähen mit Abräumen nicht von Straßenmeistereien durchführbar. Für die Umsetzung auf einer größeren Zahl an Flächen, ist eine Vergabe an Lohnunternehmen unumgänglich und wird auch teilweise schon betrieben.
Kosten (€/m ²)	0,31 - 0,41 weitere Pflegedurchgänge je nach Witterung	Werte ohne Abtransport und Mähgutverwertung.

Tabelle 24 Übersaat mit Zottigem Klappertopf auf Typ 2 „mäßig wüchsig“

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	hoch	Übersaaten auf mäßig wüchsigen Standorten mit Erträgen von ca. 50 dt/ha TM konnten im Rahmen des Modellprojektes die Pflanzenartenvielfalt signifikant erhöhen. Auffällige blütenreiche Bestände sind dabei nicht entstanden. Der Methode sind sicherlich Grenzen gesetzt, aber es besteht noch großes Potenzial in der Optimierung der Vorgehensweise.
Zeit bis Nutzen	kurzfristig	Bei einer Ansaat im Herbst können bereits im Folgejahr Erfolge erzielt werden. Herbstansaaten sind grundsätzlich zu bevorzugen.
Pflegeaufwand später reduzierbar	nein	Eine einschürige Regelpflege sollte mindestens beibehalten werden.
Bevorzugte Straßensituation, Böschungsnähe und -breite	keine	
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	je nach Straßensituation	
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	SM/LU	
Kosten (€/m ²)	0,53 bis 1,04 Beibehaltung der Regelpflege	Werte ohne Abtransport und Entsorgung des Rechsgutes.

Tabelle 25 Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten auf Typ 3 „trocken und lückig“

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	mäßig bis hoch	Eine einmalige Übersaat auf trockenen und lückigen Standorten mit Erträgen von ca. 30 dt/ha TM konnte im Rahmen des Modellprojektes die Pflanzenartenvielfalt zwar nicht signifikant gegenüber den Kontrollflächen erhöhen, jedoch hat sich die Artenvielfalt gegenüber dem Ausgangszustand deutlich erhöht. Auffällige blütenreiche Bestände sind dabei nicht entstanden. Der Methode sind sicherlich Grenzen gesetzt, aber es besteht noch großes Potenzial in der Optimierung der Vorgehensweise.
Zeit bis Nutzen	kurzfristig	Die standörtlichen Bedingungen sind für Keimlinge extrem ungünstig, sodass vermutlich mehrere Übersaaten notwendig sein werden. Einmal etablierte Arten werden sich aus demselben Grund auch erst allmählich auf den Flächen ausbreiten. Herbstansaaten sind grundsätzlich zu bevorzugen.
Pflegeaufwand später reduzierbar	ja	Eine einschürige Regelpflege sollte in der Regel beibehalten werden, kann aber bei extrem trockenen/mageren Standorten sogar auf eine Pflege alle zwei Jahre reduziert werden. Die Entscheidung hierüber ist einzelfallabhängig und sollte von Fachpersonal getroffen werden.
Bevorzugte Straßensituation, Böschungsnähe und -breite	keine	
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	je nach Straßensituation	
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	SM/LU	
Kosten (€/m ²)	0,53 bis 1,04 Beibehaltung der Regelpflege	Werte ohne Abtransport und Entsorgung des Rechgutes.

Tabelle 26 Neuansaat mit Oberbodenabtrag

Kriterien	Bewertung	Bemerkungen
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	sehr hoch	Beide Neuansaat im Modellprojekt haben sich innerhalb eines Jahres zufriedenstellend entwickelt. Oberbodenabtrag auf wüchsigen Standorten erhöht den Ansaaterfolg und sichert längerfristig die Artenvielfalt als Fräsen oder Pflügen und Eggen. Durch gezielte Standort- und Pflanzenauswahl, kann der Nutzen für Flora und Fauna maximiert werden.
Zeit bis Nutzen	kurzfristig	
Pflegeaufwand später reduzierbar	nein	Bei Unkrautdruck kann im ersten Jahr nach Ansaaten evtl. mehrmals gemulcht werden. Danach sollte sich der Pflegeaufwand am Aufwuchs orientieren.
Bevorzugte Straßensituation, Böschungslage und -breite	(keine)	Im Idealfall werden solche Flächen ausgewählt, die sich später auch für Mähen mit Abräumen eignen, was langfristig blütenreiche Bestände garantiert. Auf mageren Standorten kann die Mischung und das Pflegemanagement entsprechend angepasst werden.
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	je nach Straßensituation	
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	SM (nur sehr begrenzt), größtenteils LU	Im Modellprojekt konnte auch ohne aufwändige Heuabdeckung, Spritzansaat oder Bodenverbesserer zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.
Kosten (€/m ²)	5,0 bis 15,0	Verschiedene Methoden.

Tabelle 27 Maßnahmen im Vergleich; Mu1s (Regelpflege): Mulchen (1x jährlich, spät); Mu2: Mulchen (2x jährlich); MaMu: Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich); Ma2: Mähen mit Abräumen (2x jährlich); Ü Klappertopf: Übersaat mit Zottigem Klappertopf; Ü Mager: Übersaat mit Mager- und Trockenrasenarten; Neuansaat: Neuansaat mit Oberbodenabtrag

Maßnahme Kriterien	Mu1s (Regelpflege)	Mu2 auf Typ 1	MaMu auf Typ 1	Ma2 auf Typ 2	Ma2 auf Typ 4	Ü Klappertopf auf Typ 2	Ü Mager auf Typ 3	Neuansaat
Naturschutzfachlicher Nutzen für Pflanzen und Insekten	nachteilig bis neutral	neutral bis mäßig	mäßig	hoch	mäßig	hoch	mäßig bis hoch	sehr hoch
Zeit bis Nutzen	langfristig nachteilig	langfristig	mittel- bis langfristig	kurz- bis mittelfristig	langfristig	kurzfristig	kurzfristig	kurzfristig
Pflegeaufwand später reduzierbar	nein	nein	(nein)	(ja)	(ja)	nein	ja	nein
Bevorzugte Straßensituation, Böschungsneigung und -breite	keine	keine	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	Geländelage, Dammsituation, Neigung <20°, Breite >4m	keine	keine	(keine)
Verkehrsbeeinträchtigung durch Maßnahme	Regelpflege	ja	nein	nein	nein	je nach Straßensituation	je nach Straßensituation	je nach Straßensituation
Umsetzung durch Straßenmeistereien (SM) oder Lohnunternehmen (LU)	SM/LU	SM nur sehr begrenzt, größtenteils LU	LU	LU	LU	SM/LU	SM/LU	SM nur sehr begrenzt, größtenteils LU
Kosten (€/m ²)	Regelpflege	0,05 - 0,09 zzgl. Regelpflege	0,16 - 0,20 zzgl. Regelpflege, ohne Entsorgung	0,31 - 0,41 abzgl. Regelpflege, ohne Entsorgung	0,31 - 0,41 weitere Pflegedurchgänge je nach Witterung, ohne Entsorgung	0,53 bis 1,04 Beibehaltung der Regelpflege	0,53 bis 1,04 Beibehaltung der Regelpflege	5,0 bis 15,0

7.2. Aushagerung und Mehrkosten gegenüber der Regelpflege

Das Modellprojekt verfolgt weiterhin hinsichtlich Kosten für Aushagerung folgende Zielsetzungen:

3. *Untersuchung, wie sich die anfallenden Mehrkosten für die Aushagerung ausgewählter Böschungsabschnitte auf geeigneten Böschungen mittelfristig darstellen und diese deren Beitrag zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt gegenüberstellen.*

Aushagerung:

Pauschale Aussagen über die Dauer der Aushagerung eines Grünlandstandortes lassen sich nur schwer treffen, da viele standörtliche Faktoren die Nährstoffversorgung der Vegetation beeinflussen. So spielen Einzelfaktoren wie Bodenart, Wasserhaushalt, pH-Wert, Humusgehalt, Leguminosenanteil, Stickstoffdeposition aus der Luft und andere Bodennährstoffe und deren Wechselwirkungen eine wichtige Rolle (Klapp 1965). Zuvor gedüngte Standorte müssten unter Umständen Jahrzehnte lang ausgemagert werden, bis sich der Ertrag deutlich mindert. In Hangfußlage, bei stetiger Nährstoffnachlieferung durch Wasserzufluss ist eine Ausmagerung sogar aussichtslos. Nowak und Schulz (2002) gehen auf ehemals gedüngten Standorten von 10 Jahren für eine deutliche Ertragsminderung sowie floristische Veränderung aus.

Nach einer anfänglichen Phase, in der sich auf den nährstoffreichen Flächen ca. 80 kg/ha N durch die Abfuhr der Biomasse entnehmen lassen, sinkt dieser Wert auf ungedüngten Standorten in der Regel ab und pendelt sich bei ca. 60 kg/ha N und einem Ertrag von 40 dt/ha TM ein. Je nach Standort kann das Nachlieferungsvermögen des Bodens jedoch so groß sein, dass keine Ertragsrückgänge eintreten (vgl. Bosshard 2016). Berücksichtigt man, dass durch Deposition aus der Luft in Deutschland ca. 40 kg/ha Stickstoff eingetragen werden und die Deposition an Straßen noch höher als dieser Durchschnittswert sein dürfte liegt, ist nicht grundsätzlich mit einem Ertragsrückgang zu rechnen (Nowak und Schulz 2002; Bosshard 2016).

Dennoch hat der kombinierte Effekt aus Lichtstellung und Aushagerung durch zweimaliges Mähen mit Abräumen den größten positiven Effekt auf die Vegetation unter den erprobten Pflegemaßnahmen und zeigt auf Flächen mit bis zu ca. 50 dt/ha Trockenmasseertrag sowie ca. 12 Zielarten im Ausgangsbestand bereits nach zwei Jahren messbare Zunahmen der Pflanzenartenzahlen.

Praxiserfahrungen:

Im Gegensatz zu weitgehend ebenen landwirtschaftlichen Flächen, die einfach zu befahren sind und sich dadurch mit konventionellem landwirtschaftlichem Gerät bewirtschaften lassen, weist der Extensivbereich des Straßenbegleitgrüns meist wesentlich ungünstigere Grundvoraussetzungen auf. Die Flächen sind häufig steil, schmal und verfügen oft über eine vorgelagerte Mulde oder Graben. In der Konsequenz (und nicht zuletzt auch aus Gründen des Arbeitsschutzes) erfolgte im Straßenunterhalt sukzessive eine Umstellung auf die Pflege mit Schwerlastgeräteträgern und Mulcher am Ausleger.

Bei der Planung der Pflegemaßnahmen zu Beginn des Modellprojektes stellte sich früh heraus, dass die straßenräumliche Situation in Geländelage, Dammlage oder im Einschnitt einen entscheidenden Einfluss auf eine praktikable Durchführbarkeit von Mähen mit Abräumen hat. Hangabwärts Schwaden in einer Einschnitt-Situation hat zur Folge, dass das Mahdgut im Straßenraum aufgenommen werden muss, was

eine erhebliche Beeinträchtigung des fließenden Verkehrs zu Folge hätte. Aus diesem Grund wurde nur auf ebenen Flächen, Böschungen in Dammlage oder nur sehr leichter Einschnittssituation gemäht und abgeräumt, was die Umsetzbarkeit der Maßnahme enorm erleichterte und die Unfallgefahr reduzierte.

Hangneigungen von bis zu 20° erscheinen vertretbar, aber Raupenfahrzeuge können auch auf steileren Flächen zum Einsatz kommen. Ebene Flächen lassen sich deutlich einfacher und daher auch kostengünstiger bewirtschaften, wenn gewöhnliches landwirtschaftliches Gerät zum Einsatz kommt.

Mähgutverwertung:

Nicht in der Preiskalkulation enthalten und nach wie vor ein ungelöstes Problem ist die Verwertung bzw. Entsorgung der anfallenden Biomasse. Die Möglichkeiten reichen von einer direkten Verfütterung, Kompostierung, Vergärung zur Biogaserzeugung bis hin zur Verbrennung und bilden einen eigenen Themenkomplex, der im Rahmen des Modellprojektes nicht vertieft betrachtet werden konnte. Es besteht großer Forschungsbedarf, um lokale funktionierende Lösungen zu entwickeln (siehe Kapitel 10)

Ohne Zweifel am sinnvollsten erscheint die Mahd und direkte Nutzung durch Landwirte. Auf diese Weise profitieren sowohl der Landwirt als auch der Naturschutz und der Grünpflegeaufwand wird reduziert. Eine Laboruntersuchung des Schnittgutes zur Bescheinigung der Unbedenklichkeit ist hier sicherlich angebracht und sinnvoll. Nicht alle Straßenabschnitte sind gleichermaßen von Vermüllung betroffen, so dass eine Abstimmung mit örtlichen Straßenmeistereien dieses Risiko sicher deutlich senken dürfte.

Interessant wäre in diesem Zusammenhang etwa die Kooperation mit den Landwirtschaftsbehörden und den Landschaftspflegeverbänden. Wenn bekannt ist, ob und falls ja in welchem Umfang Landwirte bereit sind, Pflegearbeiten durchzuführen und Schnittgut abzufahren (und ggf. zu verwerten), kann die Frage der Schnittgutverwertung gelöst werden. Durch die Abstimmung mit diesen Institutionen können Detailfragen z.B. bezüglich der Flächenauswahl, dem Maschineneinsatz etc. geklärt und ein Bewirtschaftungskonzept erstellt und abgestimmt werden.

Auch die Beweidung geeigneter Flächen sollte nicht ausgeschlossen werden. Erfahrene Schäfer beweiden regelmäßig Straßenböschungen und können die Risiken gut abschätzen. Hier sollten weitere Erfahrungen zusammengetragen und ausgewertet werden.

Die Kompostierung der Biomasse konnte im Rahmen des Modellprojektes in kleinen Mengen erfolgen, setzte aber eine entsprechende Laboruntersuchung auf Schwermetalle und Bescheinigung der Unbedenklichkeit voraus, die für alle untersuchten Flächen erteilt werden konnte. Ob größere Abnahmemengen in Kompostieranlagen verwertet werden können, hängt stark vom Einzelfall ab.

Berechnungsbeispiel für Mehrkosten:

Mit freundlicher Erlaubnis stellt das Planungsbüro StadtLandFluss die vorläufigen Daten einer laufenden GIS-gestützten Flächenermittlung geeigneter Straßengeleitgrünflächen für naturschutzfachliche Aufwertungen zur Verfügung. Da es sich zum Zeitpunkt der Berichterstellung um eine laufende Untersuchung handelt, sollen die Flächengrößen vorerst einer groben Einschätzung dienen. Die Identifikation geeigneter Flächen basiert auf folgender Methodik und wird anhand der digitalen Flurstückskarten bzw. Straßengeleitgrünflächen vier verschiedener Landkreise durchgeführt. Die Auswahlkriterien orientieren sich im Wesentlichen an den Praxiserfahrungen aus dem Modellprojekt sowie eigenen Gesprächen mit Fachpersonal. Abbildung 52 zeigt die Schritte der Abschichtung und Auswahlkriterien im GIS.

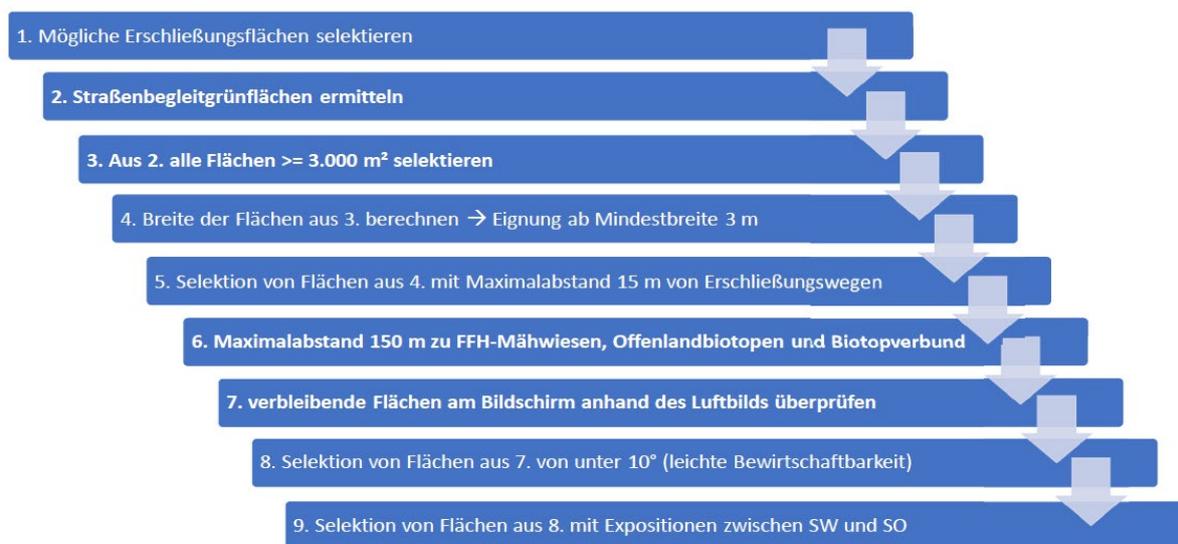


Abbildung 52 Methodik und Auswahlkriterien der selektiven Abschichtung zur Flächenauswahl im GIS; Quelle: StadtLandFluss.

Unter Verwendung der oben dargestellten Methodik ergibt sich ein Pool potenziell geeigneter „Auswahlflächen“ im Straßengeleitgrün von ca. 20,6 ha pro Landkreis (Mittelwert aus 4 Landkreisen) und hochgerechnet einer Gesamtfläche von ca. 721 ha für Baden-Württemberg (35 Landkreise). Tabelle 28 zeigt die daraus resultierenden Umsetzungskosten der im Modellprojekt erprobten Pflegevarianten für die Umsetzung in ganz Baden-Württemberg im Falle von groß- und kleinparzelligen Pflegeflächen. Kalkulationsgrundlage bilden die ermittelten Quadratmeterpreise der verschiedenen Pflegemethoden aus Kapitel 4.6.5 (für eine Übersicht siehe Tabelle 27 bzw. Kapitel 7.1).

Tabelle 28 Jährliche Umsetzungskosten verschiedener Pflegevarianten für „Auswahlflächen“ in 35 Landkreisen in Baden-Württemberg; LU=Lohnunternehmen; SM=Straßenmeistereien; Gesamtfläche 721ha; Werte ohne Abtransport und Mähgutverwertung.

	Mulchen (2x jährlich)	Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)	Mähen mit Abräumen (2x jährlich)
1. Pflegedurchgang	LU: Mulchen	LU: Mähen mit Abräumen	LU: Mähen mit Abräumen
2. Pflegedurchgang	SM: Mulchen (Regelpflege)	SM: Mulchen (Regelpflege)	LU: Mähen mit Abräumen (Regelpflege entfällt)
großparzellig*	383.602€	1.132.653€	2.265.306€
kleinparzellig*	615.369€	1.460.991€	2.921.982€

*Siehe Kapitel 4.6.5

7.3. Angepasste Regelpflege: Parallele Pflegestreifen

Das Modellprojekt verfolgt folgende Zielsetzungen:

4. *Untersuchung der Fragestellung inwieweit eine den Inhalten des Hinweispapiers „Straßenbegleitgrün - Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen“ angepasste Regelpflege einen finanziellen Mehraufwand gegenüber der bisherigen Regelpflege verursacht und sich positiv auf die naturschutzfachliche Wertigkeit der Flächen auswirkt.*

Fauna:

Grundsätzlich ist jede Pflegepraxis zu begrüßen, bei der nicht der gesamte Vegetationsbestand auf einmal bearbeitet wird. Parallele Pflegestreifen ermöglichen es, durch das Belassen von Refugialflächen, die negativen Effekte durch die Pflege von Grünland auf Tiere zu reduzieren. Sie minimieren die Schädigung mechanischer Bearbeitung auf Tiere direkt und sichern indirekt die Nahrungsversorgung und Lebensraumverfügbarkeit bis die Lebensbedingungen außerhalb des Refugiums wieder günstig sind. Insbesondere beim Einsatz von Schlegelmulchern sind Refugialflächen einzurichten, weil diese Pflegemethode besonders viele tote Tiere zur Folge hat. In der landwirtschaftlichen Praxis werden bisher in der Regel 10% Refugialflächen eingerichtet.

Flora:

Straßenbegleitgrün kann in vielen Fällen als unternutzt bezeichnet werden, weil eine einschürige späte Mahd (Regelpflege) nicht der optimalen Grünlandpflege zum Erhalt und der Förderung der Pflanzenartenvielfalt auf mittleren Standorten entspricht. So führt ein gänzlicher Verzicht auf jegliche Grünlandnutzung mittelfristig zur Verbuschung und langfristig zur Bewaldung, was unweigerlich zum Verlust des Lebensraums von Offenlandarten führt, der jedoch aufgrund der enormen Pflanzenartenvielfalt zahlreichen Insekten des Offenlandes als Nahrungsgrundlage und Lebensraum dient. Ein zweischüriges Mahdmanagement ist für Grünland mittlerer Standorte am besten geeignet, um eine möglichst hohe Pflanzenartenvielfalt zu fördern und zu erhalten. Die Einrichtung von Refugialflächen in einer Größenordnung von 50% entspricht im Grunde einer zweijährlichen Pflege und wird in vielen Fällen zu einer Abnahme der Pflanzenanzahlen führen und sollte daher nicht grundsätzlich zur Vorgabe gemacht werden. Hingegen ist die Anlage von Refugialflächen im Umfang von ca. 10 bis 20% eine sinnvolle Maßnahme um das Auskommen von Pflanzenarten sicherzustellen.

Praxis:

Abgesehen von den negativen Folgen für die Artenvielfalt im Grünland, führt verstärkter Gehölzaufwuchs und Stockausschlag zu einem erhöhten Pflegeaufwand im Anschluss an eine zweijährige Brache. Langsame Arbeitsgeschwindigkeiten und erhöhter Materialverschleiß können die eingesparten Pflegekosten relativieren.

Schlussfolgerung:

Die Reduktion auf eine zweijährliche Pflege wird auf einem Großteil des Straßenbegleitgrüns mittelfristig zu einem Rückgang der Pflanzenartenvielfalt führen und finanzielle Einsparmöglichkeiten sind ungewiss. Es gilt daher kurzfristige Schutzbemühungen für Insekten und kurzfristige Kosteneinsparungen gegen langfristige Bemühungen zum Erhalt eines artenreichen Lebensraumes abzuwägen.

7.4. Kreuzkräuter

Eine Umstellung auf zwei Pflegedurchgänge im Straßenbegleitgrün zur Förderung der Pflanzenartenvielfalt wird sehr wahrscheinlich auch Kreuzkrautarten fördern. Eine zweischürige Grünlandnutzung mit einem frühen Schnitt vor Mitte Juni und einem zweiten Schnitt vor der Blüte verhindern zwar eine allzu starke Ausbreitung, jedoch treibt die Pflanze nach dem Schnitt wieder aus und die Rosetten werden von Jahr zu Jahr größer (LAZBW 2018). Dieselben Mechanismen, wie Lichtstellung, Ausmagerung und Störung der Grasnarbe, die eine hohe Artenvielfalt im Grünland fördern, werden sehr wahrscheinlich auch zur Ansiedelung von Kreuzkräutern beitragen (Suter et al. 2007). Insbesondere durch Mähen mit Abräumen werden offene Bodenstellen freigelegt und durch das Abrechen und Befahren mit Geräten gefördert. Bei entsprechender Flächenneigung der Böschung bestehen diese offenen Bodenstellen durch lokale Erosion und Austrocknungsereignisse tendenziell länger als im Wirtschaftsgrünland mit günstigeren Standortbedingungen.

Um die Folgen zu minimieren, könnte die Etablierung einer zweischürigen Pflege (insbesondere mit Abräumen) daher zunächst auf weniger geeigneten Flächen durchgeführt werden, deren Bestände eine günstige Vegetationsstruktur (neben Obergräsern auch Untergräser und niedrigwüchsige Kräuter) und eine geschlossenere Grasnarbe aufweisen.

In Deutschland gilt insbesondere das Jakobs-Kreuzkraut (JKK) als Problemart, was dem naturschutzfachlichen Wert der Pflanze jedoch bei weitem nicht gerecht wird. Laut Landolt et al. (2012) sind in Deutschland und der Schweiz zwar nur vier gefährdete und zwei ungefährdet Wildbienenarten auf Kreuzkrautarten spezialisiert und auf ausreichende Bestände angewiesen, jedoch sind mehr als 170 Insektenarten auf JKK angewiesen, was die überaus hohe Bedeutung für Insekten aller Art deutlich macht (DVL 2017).

Möglicher Umgang mit JKK:

Die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein (StN) hat eine ganzheitliche Strategie entwickelt, um auf ihren 19.300ha Grünland (hauptsächlich (Mäh-)Weiden) mit der (teilweise massiven) JKK-Problematik umzugehen. Das Grünland wird von 1.300 Landwirten vorrangig zum Zwecke des Naturschutzes bewirtschaftet. Die Strategie basiert auf Aufklärung und Akutmaßnahmen und wird im Folgenden stark gekürzt zusammengefasst (vgl. DVL 2017).

1) Aufklärung

- Pächteranschriften mit jährlichem JKK-Rundbrief zur Darstellung der Problematik, Empfehlungen und Hinweise zu Entsorgungsmöglichkeiten,
- Imker-Telefon als Hotline für besorgte Imker, Landwirte, Pferdehalter und Honigkonsumenten sowie
- Öffentlichkeitsarbeit über Pressemitteilungen und Ortsterminen.

2) Akutmaßnahmen

Unterschieden wird zwischen der „Nachbarvariante“, in der Nachbarflächen vor einer Ausbreitung geschützt werden sollen und der „Imkervariante“, die vor Blühbeginn durchgeführt wird, um eine Anreicherung mit Pyrrolizidin-Alkaloiden (PA) im Honig zu vermeiden. Es wird dabei stets geprüft, ob ein Eingreifen unbedingt notwendig ist oder sich vermeiden lässt. Dabei kommen folgende (stets einzelfallbezogene) Maßnahmen zum Einsatz:

- manuelle Mahd oder Ausreißen/-stechen und
- mechanische Mahd oder Mulchmahd.

Grundsätzlich ist Prävention die wirkungsvollste Bekämpfungsmethode. Bei der Ausweisung einer überschaubaren Zahl von Auswahlflächen im Straßenbegleitgrün, ist eine regelmäßige Kontrolle auf JKK und Ausreißen oder Ausstechen die einfachste und zugleich wirkungsvollste Methode JKK zu kontrollieren. Wird zusätzlich eine ganzheitliche JKK-Strategie nach dem Vorbild der StN verfolgt, sind alle Landnutzer informiert und der Umgang mit dieser umstrittenen Pflanze kann ohne Ressentiments erfolgen.

7.5. Wildbienen

Für den Schutz von Wildbienen ist sowohl die Quantität vorhandener Blüten, als auch die Qualität vorhandener Nisthabitate entscheidend (Landolt et al. 2012; Westrich 2018). Straßenbegleitgrün ist vielfältig genug, um beide Anforderungen zu erfüllen. Als besonders wertvoll erweisen sich die trockenen Flächen (Typ 3 „trocken/lückig“), die mindestens zweischurig gemulchten/gemähten Sichtflächen (Typ 4) und die eingesäten Referenzflächen (Typ 5). Eine Aushagerung der hochgrasigen Flächen (Typ 1 „sehr wüchsig“) ließ sich in der kurzen Zeit nicht erreichen. Während dennoch ein gewisses für Wildbienen taugliches Blütenangebot vorhanden ist, fehlen offene Bodenstellen als Nistplätze weitgehend. Die vereinzelt nachgewiesenen (stark) gefährdeten Bienenarten nutzen hier zwar das Pollen- und Nektarangebot, doch ist ihr Vorkommen auf günstige Nistplätze in der Umgebung zurückzuführen. Maßnahmen mit dem Ziel einer wenigstens leichten Aushagerung, vor allem zweischurige Mahd mit Abräumen, machen deshalb dort Sinn, wo Biotope mit sehr günstigen Biotopen in der Umgebung vorhanden sind, aber kein kontinuierliches Blütenangebot gewährleistet ist. Für Flächen des Typs 2 „mäßig wüchsig“ gilt grundsätzlich dasselbe. Allerdings ist es hierbei wegen der günstigeren Ausgangsbedingungen einfacher Zielarten zu fördern. Daher ist eine intensivere zweischurige Pflege auch in stark ausgeräumten Landschaften zu empfehlen, um wenigstens Trittsteinbiotop zu erhalten. Die Flächen von Typ 3 „trocken/lückig“ sind bereits in einem günstigen bis sehr günstigen Zustand. Wenn keine benachbarten Flächen mit ähnlicher Vegetation vorhanden sind, sollten Altgrasstreifen in die Pflege eingeplant werden, um ein kontinuierliches Blütenangebot sicher zu stellen. Die Flächen von Typ 4 „Sichtflächen“ sind in der Regel in gutem Zustand. Inwieweit eine Mahd mit Abräumen das Blüten- oder Nistplatzangebot noch verbessert, kann nur durch Untersuchung über mehrere Jahre festgestellt werden. Die eingesäten Referenzflächen (Typ 5) zeigen, dass sich durch gezielte Einsaaten zumindest über einen Zeitraum von etlichen Jahren wertvolle Lebensräume für Wildbienen und weitere Insekten schaffen lassen.

Ein „Arbeiten gegen den Standort“ ist jedoch den Aufwand im Straßenbegleitgrün unter den heutigen technischen und personellen Voraussetzungen nicht wert, daher gilt es die Stärken des Standortes und der vorhandenen Vegetation möglichst effizient auszunutzen und Prioritäten in der Flächenauswahl zu setzen. Tabelle 29 zeigt den Handlungsbedarf der Flächentypen zum Schutz von Wildbienen.

Tabelle 29 Flächentypen und ihre Bedeutung für den Wildbienenschutz.

Flächentyp	Potenzial für Wildbienen	Flächenpotenzial*	Entwicklungsziel	Handlungsbedarf
Typ 1 „sehr wüchsig“	Sehr gering, fehlende Nahrungspflanzen, fehlendes Nistplatzangebot	hoch	Erhaltung oder langfristige Aushagerung.	klein
Typ 2 „mäßig wüchsig“	Sehr hoch, hohe Dichte an Nahrungspflanzen (breites Spektrum)	mittel	Aushagerung und Entwicklung zu artenreichen zweischürigen Magerwiesen mit hohem Anteil an Ruderalarten.	groß
Typ 3 „trocken/lückig“	Sehr hoch, sehr gutes Nistplatzangebot, sehr wertvolle Nahrungspflanzen (insbesondere Ruderalarten), zahlreiche bedrohte Bienenarten	gering	Förderung von Sonderstandorten wie ruderalisierte Trocken- und Magerrasen mit viel Offenboden! Einschürige Pflege oder alle zwei Jahre	groß
Typ 4 „Sichtflächen“	hoch, hohe Dichte an Nahrungspflanzen (breites Spektrum)	gering	Erhaltung.	klein
Typ 5 „Referenz“, artenreiche Ansaaten	Sehr hoch, durch Wahl des Standortes und Artenzusammensetzung der Saatmischung sind individuelle Lösungen möglich, zahlreiche bedrohte Bienenarten	(prinzipiell) hoch	Landschaft stark ackerbaulich genutzt: Blühmischungen. Landschaft von extensivem Grünland geprägt: Heudrusch oder Mahdgutübertragung. Große Sicht- und „eh-da-Flächen“: Individuelle Lösungen.	groß

*Genauere Hektarangaben für Baden-Württemberg liegen nicht vor, daher ist das Flächenpotenzial in drei Häufigkeitsstufen angegeben (nach Erfahrungswerten ermittelt).

8. Umsetzungsempfehlungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Aufwertungsmaßnahmen aufgelistet, um das Potenzial des Straßenbegleitgrün für den Naturschutz besser auszuschöpfen.

1. Mähen mit Abräumen auf Auswahlflächen

- Etablierung einer zweischürigen Mahd (Mähen mit Abräumen) auf Flächen, die ein hohes naturschutzfachliches Potenzial aufweisen: ca. 30-55 dt/ha TM, ca. 12 Zielarten im Bestand (Typ 2 „mäßig wüchsig“), mind. 4m Breite, mind. 2000m² zusammenhängende Fläche, weniger als 20° Neigung und vorzugsweise in Gelände- oder Dammlage. Idealerweise auf Flächen mit Kontakt zu artenreichem Grünland zur Verbesserung des Biotopverbunds und zur Bildung von Trittsteinbiotopen.

2. Neuansaat in verschiedenen Landschaften

- Von intensivem Ackerbau geprägte Gebiete ohne Kontakt zu artenreichen Biotopen: Durchführung von Neuansaat mit wildkräuterreichen Blütmischungen zur Sicherung der Nahrungsversorgung von Insekten.
- Gebiete mit wertvollen Grünlandbiotopen: Neuansaat mit Mahdgut- oder Druschgutübertragung zur Verbesserung des Biotopverbunds wertvoller Grünlandbiotope und zur Sicherung der lokalen genetischen Vielfalt.
- Sichtflächen und andere „eh-da-Flächen“: Neuansaat sind auch auf großen zusammenhängenden Flächen zu empfehlen, die nicht zu allen Seiten von Straßen umgeben sind, sofern kein Konflikt mit der Verkehrssicherheit besteht.

3. Refugialflächen

- Grundsätzlich sollten wechselnde Refugialflächen von 10 bis 20% Flächenanteil bei jedem Pflegedurchgang bereitgestellt werden.
- Für besonders sensible Standorte (arten- und individuenreich), wie trockenwarme süd-ost bis süd-west exponierte Trockenstandorte und artenreiche Blühflächen sollten 20 bis 30% Refugialflächen eingerichtet werden. Gehölzaufwuchs sollte entsprechend beobachtet werden und ggf. verhindert werden damit die Biotopqualität nicht abnimmt.
- Massentrachten: In günstigen Jahren kann es im Straßenbegleitgrün zu großflächigem Blütenteppichen einzelner Arten kommen (z.B. Kronenwicke (*Securigera varia*), Wilde Möhre (*Daucus carota*) oder Wiesen-Margerite (*Leucanthemum vulgare agg.*)). In diesen Jahren kann die Refugialfläche auch ausgeweitet werden oder der Pflegeschnitt um einige Wochen verschoben werden (wird häufig auch schon in den Straßenmeistereien praktiziert).

4. Praxiserfahrungen mit umbruchloser Ansaatverfahren sammeln

- Erprobung verschiedener umbruchloser Ansaatverfahren durch Straßenmeistereien in verschiedenen Naturräumen des Landes. Ein regelmäßiger Erfahrungsaustausch kann auf diese Weise schnell zu verbesserten praxisgerechten Methoden führen.

5. Sonderstandorte fördern

- Freistellung bzw. Rodung süd-ost bis süd-west exponierter steiler Böschungen mit wenig bis keiner Beschattung, zur gezielten Förderung ruderalisierter Trockenstandorte mit hohem Offenbodenanteil. Pflegeregime: Mulchen (1x jährlich, spät) oder alle zwei Jahre, 20-30% Refugialflächen.

6. Öffentlichkeitsarbeit und Mitarbeiterschulung

- Veranstaltungen zur Vermittlung der Bedeutung des Grünlandes, des Biotopverbunds und der Rolle des Straßenbegleitgrüns in intensiv bewirtschafteten Landschaften als Lebensraum für Pflanzen und Insekten. Informationsveranstaltungen für Straßenmeistereien zum Erfahrungsaustausch verschiedener Pflegemethoden und zur Vermittlung der Erkenntnisse aus dem Modellprojekt.
- Informationsveranstaltungen für interessierte Bürger zum Thema Straßenunterhalt, Grünpflege und Naturschutzbemühungen an Straßen.
- Einbindung und Schulung des Pflegepersonals zur Stärkung der Motivation zur Durchführung einer naturschutzoptimierten Pflege und zur Nutzung deren Detailkenntnisse im Pflegebetrieb.

In Tabelle 30 sind die zentralen Maßnahmen und ihre Eignung für die einzelnen Flächentypen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 30 Maßnahmen und ihre Eignung für verschiedenen Flächentypen; 10-20% Refugialflächen sind grundsätzlich anzustreben.

Maßnahme		Regelpflege: Mulchen (1x jährlich)	Mulchen (2x jährlich)	Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich)	Mähen mit Abräumen (2x jährlich)	Übersaaten mit optimierter Methode	Neuansaat
Flächentyp							
Typ 1 „sehr wüchsig“ >55 dt/ha wenige Zielarten	a	nicht zu empfehlen	zu empfehlen, wichtig: 10-20% Refugialflächen	nicht effizient	(zu empfehlen)	geringe Erfolgsaussichten, nicht effizient	zu empfehlen, wichtig: 20-30% Refugialflächen
	b			aktuell nicht praktikabel	aktuell nicht praktikabel		
	c			nicht effizient	(zu empfehlen)		
	d						
Typ 2 „mäßig wüchsig“ 30-55 dt/ha einige Zielarten	a	nicht zu empfehlen (langfristig nachteilig)	zu empfehlen, wichtig: 10-20% Refugialflächen	zu empfehlen	sehr zu empfehlen		sehr zu empfehlen, wichtig: 20-30% Refugialflächen
	b			aktuell nicht praktikabel	aktuell nicht praktikabel		
	c			zu empfehlen	sehr zu empfehlen		
	d						
Typ 3 „trocken/lückig“ <30 dt/ha oft viele Zielarten vorhanden wertvolle Sonderstandorte!	a	zu empfehlen Extremstandorte: alle 2 Jahre Mulchen, wichtig: 20-30% Refugialflächen	nicht zu empfehlen	nicht zu empfehlen	nicht zu empfehlen	zu empfehlen, insbesondere bei Einschnittssituation c und schmalen Flächen	nicht zu empfehlen (Eingriff sehr groß)
	b						
	c						
	d						
Typ 4 „Sichtflächen“ (Intensivbereich)	a	Regelpflege (2-3x Mulchen): akzeptabel, wichtig: 20-30% Refugialflächen	siehe Regelpflege	nicht dringend notwendig	nicht dringend notwendig		sehr zu empfehlen, wichtig: 20-30% Refugialflächen
	b						

Legende:

Wirkung auf Pflanzen und Insekten des Grünlandes:

nachteilig	nicht optimal	vorteilhaft
------------	---------------	-------------

Potenzielles Erosionsrisiko:

Dringend umsetzen

9. Umsetzungsszenario

Wie Kapitel 7.2 zeigt, kann für Baden-Württemberg von ca. 721 bzw. überschlägig gerechnet 700 bis 750 ha Auswahlflächen ausgegangen werden, die sich prinzipiell und in besonderer Weise für eine naturschutzfachliche Aufwertung und aufgrund des engen Kontaktes zu artenreichem Grünland insbesondere für das Mähen mit Abräumen eignen. Gemäß den Handlungsempfehlungen sind jedoch auch weitere Maßnahmen auf anderen Flächen und in anderen Landschaften sinnvoll und angebracht, daher wird in Tabelle 31 ein denkbares Szenario einer Umsetzung mit den daraus resultierenden Kosten bei vierjähriger Umsetzung und Aufwertung von 1.596 ha Straßenbegleitgrün vorgestellt.

Tabelle 31 Umsetzungsszenario verschiedener Maßnahmen auf unterschiedlichen Flächentypen in Baden-Württemberg und ein vierjähriger Kostenrahmen.

Flächentyp	Hektar	Maßnahme		Kostenrahmen in 4 Jahren
Auswahlflächen nach StadtLandFluss mit Kontakt zu Spenderflächen und artenreichem Grünland: (Typ2a/b/d)	721	Mähen mit Abräumen (2x jährlich, vierjährig)		8.940.400€ bis 11.824.400€
Auswahlflächen nach StadtLandFluss OHNE Kontakt zu Spenderflächen und artenreichem Grünland: (Typ 2a/b/d)	175*	Neuansaat (einmalig)	Mähen mit Abräumen und Mulchen (je 1x jährlich, vierjährig)	9.870.000€ bis 27.650.000€
	175*	Mähen mit Abräumen (2x jährlich, vierjährig)		2.170.000€ bis 2.870.000€
Typ 2c und Typ 3a/b/c/d	350*	Übersaat mit optimierter Methode (einmalig)		1.855.000€ bis 3.640.000€
Typ 4	175*	Neuansaat (einmalig)	Mähen mit Abräumen (2x jährlich, vierjährig)	10.920.000€ bis 29.120.000€
*Denkbare Zielgrößen: 5 bzw. 10ha pro Landkreis = 175 bzw. 350ha				Summe: 33.755.400€ bis 75.104.400€

10. Diskussion

Zeitpunkt der Vegetationsaufnahmen bei Maßnahmen zum Pflegeregime:

Die Auswertung der Pflanzenartenzahlen des Modellprojektes beruht auf dem Vergleich zwischen Kontroll- und Maßnahmenflächen. Dieser wissenschaftliche Standard ermöglicht es, den Effekt einer Maßnahme z.B. von witterungsbedingten Effekten zu trennen. Im ersten Untersuchungsjahr erfolgten die Standortauswahl, die vegetationskundliche Erfassung des Erstaufwuchses im Sommer vor der Regelpflege (Mulchen im Herbst) und schließlich die Maßnahmenzuweisung. Erst im Folgejahr wurde die jeweilige zweischürige Pflege auf den Maßnahmenflächen durchgeführt, was eine Untersuchung des Erstaufwuchses überflüssig und die Untersuchung des Zweitaufwuchses erforderlich machte. Dieser Umstand führt jedoch dazu, dass im zweiten und dritten Untersuchungsjahr der Erstaufwuchs der Kontrollflächen mit dem Zweitaufwuchs der Maßnahmenflächen verglichen wird. Beim Vergleich von Vegetationsbeständen sollten möglichst einheitliche Bedingungen herrschen, damit die Aufnahmen auch vergleichbar sind (vgl. Tremp 2005). Das Versuchsdesign konnte dies nur teilweise erfüllen; diese Schwäche konnte jedoch dadurch ausgeglichen werden, dass im ersten Untersuchungsjahr beide Bestände (Kontrolle und Maßnahme) im Erstaufwuchs untersucht wurden. Tabelle 32 zeigt den Zeitraum der Vegetationsaufnahmen sowie der Pflegedurchgänge und entsprechend ob der Erst- oder Zweitaufwuchs untersucht wurde.

Tabelle 32 Übersicht der Pflegezeiträume von Januar bis Dezember und Zeitpunkt der Vegetationsaufnahmen; senkrechter Strich: Projektbeginn; U=Untersuchungsjahr; V= Versuchsflächen (K=Kontrollflächen, M=Maßnahmenflächen); Mu=Mulchen (Regelpflege); Pfl=Pflegedurchgang; Veg=Vegetationsaufnahme (E=Erstaufwuchs, Z=Zweitaufwuchs).

U	V	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U1	K						Veg E			Mu			
	M						Veg E			Mu			
U2	K							Veg E		Mu			
	M						Pfl	Veg Z		Pfl			
U3	K							Veg E		Mu			
	M						Pfl	Veg Z		Pfl			

1. Pflegedurchgang 2. Pflegedurchgang

Maßnahmenkosten:

Die Ermittlung der Maßnahmenkosten erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Maschinenring Alb-Neckar-Fils e.V. und der Straßenmeisterei Merklingen und unter Verwendung der Verrechnungssätze für 2019-2020 mit marktüblichen Nettopreise bei Vergaben für die Region Alb-Neckar-Fils. Regionale Preisunterschiede wurden nicht berücksichtigt. Die Kostenermittlung basiert auf zahlreichen Annahmen, (u.a. Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und Wartungsaufwand) die sich in der Praxis je nach Lohnunternehmen unterscheiden können und den Preis daher beeinflussen. Die errechneten Quadratmeterpreise stimmen jedoch mit den Erfahrungen der beteiligten Straßenmeistereien bei Vergaben an Lohnunternehmen überein.

Für den Abtransport und die Verwertung der anfallenden Biomasse konnte keine zufriedenstellende Preiskalkulation durchgeführt werden. Die Möglichkeiten des Abtransportes und insbesondere der Verwertung sind zu vielfältig und variabel um hinreichend genaue Kostenkalkulationen durchzuführen. Auf eine Berechnung wurde aus diesem Grund verzichtet.

Umbruchlose Übersaaten:

- Dürrejahre:

Wie der Ansaaterfolg ohne die extreme Dürre im Jahr 2018 und teilweise auch 2019 ausgefallen wäre, lässt sich nicht sagen, aber mit einer Ansaatstärke von 1 bis 1,5 g/m² und einem Ansaaterfolg von lediglich 20 bis 33% der ausgebrachten Arten sowie zahlreichen Begleitarten führt die durchgeführte Übersaat nicht zu einer raschen, umfassenden und zielgerichteten Veränderung des Bestandes. Zwar hat sich das Blütenangebot erhöht, aber ein üppiger, arten- und blütenreicher Bestand, wie man es von Ansaaten üblicherweise erwartet, ist bislang nicht entstanden. Die Übersaat hat jedoch als einzige Methode einen signifikanten Anstieg der Gesamt- und Zielartenzahl bewirkt und erweist sich darüber hinaus als kostengünstig im Vergleich zu Neuansaaten. Es bleibt anzuwarten, ob sich die Zielarten in Zukunft noch etablieren können.

Offen bleibt die Frage, wie lange der Effekt der Übersaat auf die Artenzahl anhält. Nach zwei Jahren konnte der Klappertopf auf keiner Fläche zu nennenswerter Dominanz gelangen und ohne den Einfluss des Klappertopfs stellen sich nach wenigen Jahren sehr wahrscheinlich wieder die ursprünglichen Konkurrenzverhältnisse ein.

Möglichkeiten zu Steigerung des Ansaaterfolges liegen grundsätzlich in der deutlichen Erhöhung der Ansaatstärke z.B. auf 4 g/m² oder in ausgefeilteren Methoden der Bodenstörung, allerdings ohne allzu große Schäden durch Bodenerosion zu riskieren (z.B. begrenzte Tiefe, hangparallel, etc.). Eine weitere Möglichkeit liegt in der mehrmaligen Wiederholung der Übersaat.

- Umbruchloses Verfahren:

Für die erfolgreiche Artenanreicherung in artenarmen Grünlandbeständen zum Beispiel durch Mahdgutübertragung ist eine starke Störung der Grasnarbe durch Pflügen oder Fräsen notwendig (Schmiede et al. 2012). Auch für die Etablierung von *Rhinanthus minor* (Kleiner Klappertopf) empfehlen Westbury et al. (2006) intensive Bodenbearbeitungen wie Fräsen oder Pflügen. Tatsächlich sind die Ansaaterfolge auf den gefrästen Flächen im Alb-Donau-Kreis im ersten Jahr etwas höher, liegen im zweiten Jahr nach der Ansaat jedoch auf demselben Niveau der anderen Versuchsflächen. Auf steilen Straßenböschungen oder unter ungünstigen Bodeneigenschaften sind diese Maßnahmen jedoch schwer umzusetzen und können Erosionsprobleme verursachen. Umbruchlose bzw. umbrucharmer Verfahren sollten deswegen jedoch nicht grundsätzlich außer acht gelassen werden, denn gerade auf steilen und schmalen Böschungen in der Einschnittssituation können Sie gemessen an Neuansaaten mit wenig Aufwand zur Artenvielfalt beitragen.

- Füllstoff Sand und Begleitarten:

Es wurden keine Keimungsversuche z.B. nach Price et al. (2010) mit dem Füllstoff durchgeführt, daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil der aufgekommenen Arten aus dem verwendeten Sand stammt. Der verwendete Sand wurde zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Herbst 2017 sowie Frühjahr und Herbst 2018) aus drei verschiedenen Quellen bezogen. Durchschnittlich 77,5% der aufgekommenen Begleitarten gehören zu den Zielarten.

- Zottiger Klappertopf:

Die angestrebte Reduktion der Vegetationsdichte durch die Wirkung von *Rhinanthus alectorolophus* (Zottiger Klappertopf) konnte nicht beobachtet werden. Die Ansaatstärke von betrug 150 Samen/m², was angesichts einer durchschnittlichen Deckung von 0,65% und einer Etablierung auf nur 5 von 9 Versuchsflächen deutlich zu gering erscheint. Mudrák et al. (2014) empfehlen 200-500 Samen/m², was bei zukünftigen Versuchen in jedem Fall anzustreben ist, jedoch aufgrund starker Schwankungen der jährlichen Marktverfügbarkeit nicht immer zu erreichen sein dürfte.

Zielarten:

Der Begriff Zielart steht im Modellprojekt für alle nektar- und pollenführenden Pflanzen, die von blütenbesuchenden Insekten genutzt werden. Auf eine Auswahl von Pflanzen, die beispielsweise nur besonders für Wildbienen geeignet sind oder als Zählarten des artenreichen Grünlandes im Sinne der Erstellung von Managementplänen für Natura 2000-Gebiete gelten, wurde verzichtet, weil hierdurch zu viele praxisferne Unterscheidungen zu treffen wären. Straßenbegleitgrün kann nur selten genau einer Pflanzengesellschaft zugeordnet werden und besteht häufig aus Fragmentgesellschaften mit zahlreichen unsteten Arten (Dierschke und Briemle 2008). Selbst auf schmalen Straßenböschungen sind verschiedene Vegetationsbestände an Hangschulter und -fuß zu erkennen und durch lange lineare Strukturen werden oft ökologische Gradienten abgebildet bzw. verschiedene Zonen angeschnitten, was sich in plötzlich ändernden Vegetationsbeständen niederschlägt. Daher wäre eine separate Definition von Zielarten für verschiedene Vegetationsbestände wie beispielsweise auf Ruderal-, Trocken-, Feucht- oder Magerstandorten wenig praxisgerecht. Vielmehr macht gerade die Vielfalt und „Wildheit“ des Straßenbegleitgrüns seinen Wert aus und sollte nicht durch zu strenge, z.B. an den Leitbildern klassischer Magerwiesen orientierten Zielvorstellungen, die Straßenbegleitgrünflächen ohnehin nicht erfüllen können, konterkariert werden. Jede blühende Pflanze, sofern es sich nicht um eine Problemart handelt oder dadurch die Pflege erschwert wird, bereichert die Landschaft unabhängig davon, ob es eine Ruderalart, Zählart der FFH-Mähwiesen oder ein Zeiger für Wechselfeuchte ist.

Entomologische Erfassung:

- Wildbienen als Indikatororganismen:

In Baden-Württemberg gehören ca. 40% der Wildbienen den Gefährdungskategorien 1 „Vom Aussterben bedroht“, 2 „Stark gefährdet“ und 3 „Gefährdet“ an (Westrich et al. 2000). Straßenbegleitgrün und Ruderalstellen sind wichtige Lebensräume für Wildbienen, von denen viele im Boden nisten und von offenen Bodenstellen profitieren (Landolt et al. 2012; Westrich 2018). Auch auf kleiner Fläche können blütenreiche Bestände als Nahrungshabitat und schütterere ruderalisierte Bereiche als Nisthabitat dienen. Angesichts der Gefährdung der Wildbienen und Eignung von Straßenböschungen als (Teil-)Lebensraum wurde diese Insektengruppe als Indikatororganismus für die naturschutzfachliche

Bewertung der Projektflächen untersucht. Eine Untersuchung weiterer Insektengruppen wie Heuschrecken oder Laufkäfer hätte weitere Informationen über Wirkungen auf die Fauna geliefert, kam jedoch aus Kostengründen nicht in Frage.

- Erfassungsmethodik:

Die Erfassung der Wildbienen orientierte sich an Schwenninger (1991), wobei weniger als die üblichen 5 bis 7 Begehungen durchgeführt wurden: aufgrund der Durchführung einer zweischürigen Mahd auf den meisten Flächen, konnten im Jahr nur 4 Begehungen im Abstand von 4 Wochen durchgeführt werden.

11. Forschungsbedarf

Umbruchlose Übersaaten:

Auch wenn im Modellprojekt keine auffälligen blütenreichen Blühflächen entstanden sind, können umbruchlose bzw. -arme Übersaaten die Artenvielfalt auf Straßenböschungen enorm erhöhen. Vor allem in der Einschnittssituation auf schmalen Böschungen, wenn sich Mähen mit Abräumen nicht lohnt bzw. nicht in Frage kommt, können diese einfach handhabbaren Übersaaten einen wertvollen Baustein im Naturschutz an Straßen darstellen, auch wenn dies für das ungeübte Auge nicht offensichtlich ist! Im Vergleich zu Neuansaat mit starker Bodenbearbeitung werden umbruchlose Übersaaten immer ineffizient erscheinen, sie verursachen jedoch wesentlich weniger Verkehrsbehinderungen, kosten erheblich weniger, minimieren das Erosionsrisiko, lassen sich in den Arbeitsablauf von Straßenmeistereien integrieren und die Regelpflege kann beibehalten werden. Die im Modellprojekt untersuchten Methoden haben einen ersten Eindruck von der Umsetzbarkeit und Wirksamkeit vermittelt.

Hieraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche Störungsintensität ist nötig und auf steilen Böschungen noch durchführbar?
- Wie lässt sich Erosion verhindern?
- Welche Saatstärke ist mindestens nötig?
- Welche Rolle spielt Sand bei der Etablierung von Beikräutern?
- Ist eine Bodenstörung ohne Übersaat bereits eine geeignete Naturschutzmaßnahme?

Konkretisierung geeigneter Auswahlkriterien für Auswahlflächen:

Es zeigt sich, dass nicht alle Maßnahmen für alle Standorte geeignet sind, was in der Praxis bedeutet, dass der Handlungsbedarf spezifiziert werden muss: Die Auswahl geeigneter Flächen nach zuvor definierten Kriterien (z.B. Unterscheidung nach Damm- und Einschnittlage, Nährstoffpotenzial des Standortes, Exposition, Kontakt zu Spenderflächen, Flächenzuschnitt und -größe) sollte in einen praxisgerechten Handlungs- und Planungsrahmen eingefügt werden. Damit wäre ein effizienter Mitteleinsatz sichergestellt und eine sukzessive Ausweitung der Naturschutzmaßnahmen auf Grundlage einer zuvor erarbeiteten Priorisierung möglich.

Implementierung von Bodenstörungen in eine biodiversitätsoptimierte Pflege des Straßenbegleitgrüns:

Wie sich im Modellprojekt gezeigt hat, können bewusst verursachte Bodenstörungen die Artenvielfalt von Straßenböschungen erhöhen. Diese Beobachtung sollte systematisch untersucht werden, da sich aus Kostengründen und praktischen Gründen nicht alle Straßenböschungen in artenreiche Mähwiesen entwickeln lassen werden. Sehr wohl eignen sich viele Böschungen jedoch als Standorte für halbruderalisiertes Grünland mit hohem Ruderalartenanteil.

Hieraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Die räumlichen und zeitlichen Effekte gezielt und kleinräumig vorgenommener Bodenstörungen auf die Artengemeinschaft von Pflanzen und Wildbienen zur aktiven Förderung der Artenvielfalt ist auf Straßenböschungen so gut wie nicht untersucht. Es bedarf dringend belastbarer empirischer Experimente mit direktem Praxisbezug um das Potenzial der 27.000 ha straßenbegleitender Flächen besser auszuschöpfen.
- Das effiziente und gezielte Einbringen von Bodenstörungen kann an Straßenböschungen nicht auf die Arten erfolgen, zu denen schon Erkenntnisse aus der Störungsökologie im Grünland vorliegen (z.B. durch Trittschäden bei extensiver Beweidung). Hingegen sind praktische Versuche

zu geeigneten Verfahren notwendig, die auf Umsetzbarkeit durch die Straßenmeistereien und Wirksamkeit zu überprüfen sind. Der Verkehrskontext erhöht hierbei den Anspruch an Effizienz und Wirksamkeit, weil Beeinträchtigungen für den fließenden Verkehr so weit wie möglich vermieden werden sollten. Beispielsweise sollte die Störung tief genug erfolgen, um eine zu schnelle Regeneration insbesondere der Gräser zu verhindern, jedoch nicht so tief, dass die Böschungsstabilität zu sehr beeinträchtigt wird (Erosion). Neben der Bearbeitungstiefe spielt auch die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Trägerfahrzeuges eine Rolle, um die Intensität der Störung zu beeinflussen. Um ein geeignetes Verfahren zu ermitteln sollten separate Versuche durchgeführt werden.

12. Danksagungen

Besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Straßenmeistereien und Straßenbauämter der Landkreise, die am Modellprojekt teilgenommen haben und maßgeblich an der Umsetzung des Projektes beteiligt waren: Alb-Donau-Kreis: Dietmar Bohnacker, Tobias Wanner; Böblingen: Jörg Aichele, Stefan Brenner, Julian Kollatschny, Andreas Lier; Göppingen: Thorsten König, Maik Schulz, Joachim Walz; Hohenlohekreis: Oliver Bückner, Simon Hahn, Günter Thürauf; Neckar-Odenwald-Kreis: Joachim Mai; Ortenaukreis: Simone Basler, Marcel Schiff.

Darüber hinaus:

PD Dr. Heiner Reck (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), Michael Buß und Klara Friederich (Landschaftserhaltungsverband Hohenlohekreis e.V.), Dipl. Biol. Karin und Martin Weiß, Rieger-Hofmann GmbH sowie insbesondere dem Maschinenring Alb-Neckar-Fils e.V. für die freundliche und kompetente Beratung bei der Preisermittlung verschiedener Pflegemethoden.

13. Literatur

- Ameloot, Els; Verheyen, Kris; Hermy, Martin (2005): Meta-analysis of standing crop reduction by *Rhinanthus* spp. and its effect on vegetation structure. In: *Folia Geobot* 40 (2-3), S. 289–310. DOI: 10.1007/BF02803241.
- Bates, D.; Pinheiro, J.; DebRoy, S.; Sarkar, D.; EISPACk; Heisterkamp, S. et al. (2020): nlme. Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Version 3.1.
- Benton, Tim G.; Bryant, David M.; Cole, Lorna; Crick, Humphrey Q. P. (2002): Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. In: *Journal of Applied Ecology* 39 (4), S. 673–687. DOI: 10.1046/J.1365-2664.2002.00745.X.
- Bettinger, Andreas; Buttler, Karl Peter; Caspari, Stefan; Klotz, Jürgen; May, Rudolf; Metzinger, Detlev (Hg.) (2013): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Mit 3.000 Einzelkarten. Netzwerk Phytodiversität Deutschlands; Deutschland; Gesellschaft zur Erforschung der Flora Deutschlands. Münster, Bonn-Bad Godesberg: BfNSchriftenvertrieb im Landwirtschaftsverl.; BfN Bundesamt für Naturschutz.
- Bosshard, Andreas (1998): Renaturierung artenreicher Wiesen auf nährstoffreichen Böden. Ein Beitrag zur Optimierung der ökologischen Aufwertung der Kulturlandschaft und zum Verständnis mesischer Wiesen-Oekosysteme. Abhandlung. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- Bosshard, Andreas (2016): Das Naturwiesland der Schweiz und Mitteleuropas. Mit besonderer Berücksichtigung der Fromentalwiesen und des standortgemässen Futterbaus. Bern: Haupt Verlag (Bristol-Schriftenreihe, Band 50).
- Cameron, Duncan D.; Coats, Alison M.; Seel, Wendy E. (2006): Differential resistance among host and non-host species underlies the variable success of the hemi-parasitic plant *Rhinanthus minor*. In: *Annals of botany* 98 (6), S. 1289–1299. DOI: 10.1093/aob/mcl218.
- Dierschke, Hartmut; Briemle, Gottfried (2008): Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Stuttgart: Ulmer (Ökologie Botanik).
- Donald, Paul F.; Sanderson, Fiona J.; Burfield, Ian J.; van Bommel, Frans P.J. (2006): Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116 (3-4), S. 189–196. DOI: 10.1016/j.agee.2006.02.007.
- DVL (Hg.) (2017): Kreuzkräuter und Naturschutz. Nr. 23 der DVL-Schriftenreihe Landschaft als Lebensraum. Göttingen. Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (DVL).
- Geiger, Teresa (2016): Auswirkungen unterschiedlicher Mahdzeitpunkte auf die Pflanzen und Vegetation in Streuwiesen des Alpenvorlandes. Unveröfftl. Bachelorarbeit. Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU), Nürtingen-Geislingen. Fakultät FLUS.
- Heer, Nico; Klimmek, Fabian; Zwahlen, Christoph; Fischer, Markus; Hölzel, Norbert; Klaus, Valentin H. et al. (2018): Hemiparasite-density effects on grassland plant diversity, composition and biomass. In: *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 32, S. 22–29. DOI: 10.1016/j.ppees.2018.01.004.
- Hemmann, Klaus; Hopp, Ingrid; Paulus, Hannes (1987): Zum Einfluß der Mahd durch Messerbalken, Mulcher und Saugmäher auf Insekten am Straßenrand. In: *Natur und Landschaft* 62 (3), S. 103–106.
- Hubert, Jean-Yves; Richner, Nina; Sauter, Joachim; Walter, Thomas; Jaboury, Ghazoul (2010): Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. Forschungsanstalt Agroscope. Ettenhausen (ART-Berichte, 724).

- Humbert, Jean-Yves; Ghazoul, Jaboury; Richner, Nina; Walter, Thomas (2012): Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. In: *Biological Conservation* 152, S. 96–101. DOI: 10.1016/J.BIOCON.2012.03.015.
- Jäger, Eckehart J.; Müller, Frank; Ritz, Christiane M.; Welk, Erik; Wesche, Karsten (2013): Exkursionsflora von Deutschland. 12. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Jakobsson, Simon; Bernes, Claes; Bullock, James M.; Verheyen, Kris; Lindborg, Regina (2018): How does roadside vegetation management affect the diversity of vascular plants and invertebrates? A systematic review. In: *Environ Evid* 7 (1), S. 289. DOI: 10.1186/s13750-018-0129-z.
- Jiang, Fan; Jeschke, W. Dieter; Hartung, Wolfram; Cameron, Duncan D. (2010): Interactions Between *Rhinanthus minor* and Its Hosts: A Review of Water, Mineral Nutrient and Hormone Flows and Exchanges in the Hemiparasitic Association. In: *Folia Geobot* 45 (4), S. 369–385. DOI: 10.1007/s12224-010-9093-2.
- Kassambara, Alboukadel (2020): 'ggplot2' Based Publication Ready Plots [R package ggpubr version 0.4.0].
- Klapp, Ernst (1965): Grünlandvegetation und Standort. Unter Mitarbeit von Klapp, Ernst, 1894-1975. Berlin [u.a.]: Parey. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/452429927/04>.
- Landolt, Ruth; Zurbuchen, Antonia; Müller, Andreas (Hg.) (2012): Wildbienenenschutz. Von der Wissenschaft zur Praxis. Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz. Berne: Haupt (Bristol-Schriftenreihe, Band 33).
- LAZBW (Hg.) (2018): FFH - Mähwiesen. GRundlagen - Bewirtschaftung - Wiederherstellung. Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg - Grünlandwirtschaft. Aulendorf.
- Lenth, Russell (2020): Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means [R package emmeans version 1.5.1].
- LUBW (Hg.) (2009): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg. Ubstadt-Weiher: Regionalkultur (Naturschutz-Spectrum Themen, 97).
- Mudrák, Ondřej; Mládek, Jan; Blažek, Petr; Lepš, Jan; Doležal, Jiří; Nekvapilová, Eliška et al. (2014): Establishment of hemiparasitic *Rhinanthus* spp. in grassland restoration. Lessons learned from sowing experiments. In: *Appl Veg Sci* 17 (2), S. 274–287. DOI: 10.1111/avsc.12073.
- Neuwirth, Erich (2014): ColorBrewer Palettes [R package RColorBrewer version 1.1-2].
- Nowak, Bernd; Schulz, Bettina (2002): Wiesen. Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes. 1. Aufl. Heidelberg: Verl. Regionalkultur (Naturschutz-Spectrum Themen, 93).
- Oberdorfer, Erich (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8., stark überarb. u. erg. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- Olmstead, Richard G.; Pamphilis, Claude W. de; Wolfe, Andrea D.; Young, Nelson D.; Elisons, Wayne J.; Reeves, Patrick A. (2001): Disintegration of the Scrophulariaceae. In: *American Journal of Botany* 88 (2), S. 348–361. DOI: 10.2307/2657024.
- Price, Jodi N.; Wright, Boyd R.; Gross, Caroline L.; Whalley, Wal R. D. B. (2010): Comparison of seedling emergence and seed extraction techniques for estimating the composition of soil seed banks. In: *Methods in Ecology and Evolution* 1 (2), S. 151–157. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2010.00011.x.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2019). Version 3.6.1. Online verfügbar unter URL <https://www.R-project.org/>.

- RStudio Team. Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA (2015). Version 1.2.1335. Online verfügbar unter URL <http://www.rstudio.com/>.
- Schauberger, P.; Walker, A.; Braglia, L.; Sturm, J. (2020): openxlsx. Read, Write and Edit xlsx Files. Version 4.2.2.
- Schmiede, Ralf; Otte, Annette; Donath, Tobias W. (Hg.) (2012): Artenanreicherung durch Mahdgutübertragung in artenarmen Grünlandbeständen - welche Störungsintensität der Grasnarbe ist nötig? *Naturschutz und Biologische Vielfalt* (115). Gießen: Bundesamt für Naturschutz.
- Schwenninger, H. R. (1991): Methodisches Vorgehen bei Bestandsaufnahmen von Wildbienen im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen. In: Trautner (Hg.) 1991 – Arten und Biotopschutz. Weikersheim: Verlag Josef Margraf, S. 195–202.
- Suter, Matthias; Siegrist-Maag, Sandra; Luescher, Andreas (2007): Beeinflusst die Bewirtschaftung das Vorkommen von Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea*)? 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Universität Hohenheim. Stuttgart, 20.03.2007. Online verfügbar unter <https://orgprints.org/9262/>, zuletzt geprüft am 02.11.2020.
- Traxler, Andreas (1997): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Wien: Umweltbundesamt (Österreich / Umweltbundesamt: Monographien, 89,A).
- Tremp, Horst (2005): Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. 41 Tabellen. Stuttgart: Ulmer; UTB (utb-studi-e-book, 8299).
- Van de Poel, Dennis; Zehm, Andreas (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen - Eine Literaturoberwertung für den Naturschutz. In: *Anliegen Natur* 36 (2), S. 36–51.
- VM (Hg.) (2016): Straßenbegleitgrün. Hinweis zur ökologisch orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen. Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg.
- Westbury, Duncan B. (2004): *Rhinanthus minor* L. In: *Journal of Ecology* 92 (5), S. 906–927. DOI: 10.1111/j.0022-0477.2004.00929.x.
- Westbury, Duncan B.; Davies, A.; Woodcock, B. A.; Dunnett, N. P. (2006): Seeds of change. The value of using *Rhinanthus minor* in grassland restoration. In: *Journal of Vegetation Science* 17 (4), S. 435–446. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02464.x.
- Westrich, Paul (2018): Die Wildbienen Deutschlands. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Westrich, Paul; Schwenninger, Hans Richard; Herrmann, Mike; Klatt, Martin; Prosi, Rainer; Schanowski, Arno (2000): Rote Liste der Bienen Baden-Württembergs. 3. Aufl. Hg. v. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. LUBW.
- Wickham (2020a): ggplot2. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. Version 3.3.2.
- Wickham, H.; François, R.; Henry, L.; Müller, K.; RStudio (2020): dplyr. A Grammar of Data Manipulation. Version 1.02.
- Wickham, Hadley (2020b): plyr. Tools for Splitting, Applying and Combining Data. Version 1.8.6.
- Wörz, A.; Voggesberger, M.; Thiv, M. (2020): Aktuelle Verbreitungskarten der Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Online verfügbar unter <http://www.flora.naturkundemuseum-bw.de>, zuletzt aktualisiert am 01.06.2020.

14. Anhang

14.1. Pflanzenliste

Tabelle 33 Liste der nachgewiesenen Pflanzen im Modellprojekt

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	RL-Status BW	Zielart	Problemart
<i>Acer campestre</i>	Feld-Ahorn	*		
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	*		
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesenschafgarbe	*	Z	
<i>Achillea nobilis</i>	Edel-Schafgarbe	3	Z	
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	*	Z	
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Gewöhnlicher Odermennig	*	Z	
<i>Agrostemma githago</i>	Kornrade	1	Z	
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	*		
<i>Agrostis spec.</i>	Straußgras			
<i>Agrostis stolonifera</i>	Weißes Straußgras	*		
<i>Ajuga reptans</i>	Kriechender Günsel	*	Z	
<i>Alchemilla glaucescens</i>	Filz-Frauenmantel	3		
<i>Alchemilla spec.</i>	Frauenmantel			
<i>Alchemilla strigosula</i>	Gestriegelter Frauenmantel	V		
<i>Alliaria petiolata</i>	Knoblauchsrauke	*	Z	
<i>Allium spec.</i>	Lauch		Z	
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Acker-Fuchsschwanz	*		
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanz	*		
<i>Anagallis arvensis</i>	Acker-Gauchheil	*	Z	
<i>Angelica sylvestris</i>	Wilde Engelwurz	*		
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färber-Hundskamille	3	Z	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gewöhnliches Ruchgras	*		
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Echter Wundklee		Z	
<i>Aquilegia vulgaris</i>	Gewöhnliche Akelei	V	Z	
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Acker-Schmalwand	*	Z	
<i>Arctium lappa</i>	Große Klette	*		
<i>Arenaria leptoclados</i>	Dünnstengeliges Sandkraut	*	Z	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Quendel-Sandkraut	*	Z	
<i>Arenaria spec.</i>	Sandkraut		Z	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	*		
<i>Artemisia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Beifuß	*	Z	
<i>Aster linosyris</i>	Gold-Aster	3	Z	
<i>Asteraceae spec.</i>	Korbblüter		Z	
<i>Barbarea vulgaris</i>	Echtes Barbarakraut	*	Z	
<i>Bellis perennis</i>	Ausdauerndes Gänseblümchen	*	Z	
<i>Betonica officinalis</i>	Heilziest	*	Z	
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Fieder-Zwenke	*		
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Wald-Zwenke	*		
<i>Brassica napus</i>	Raps			
<i>Briza media</i>	Gewöhnliches Zittergras	*		
<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe	*		
<i>Bromus hordeaceus</i>	Weiche Trespe	*		
<i>Bromus inermis</i>	Unbewehrte Trespe	*		
<i>Bromus racemosus</i>	Traubige Trespe	3		
<i>Bromus secalinus</i>	Roggen-Trespe	3		
<i>Bromus spec.</i>	Trespe			
<i>Bromus sterilis</i>	Taube Trespe	*		

<i>Calamagrostis epigejos</i>	Land-Reitgras	*		
<i>Caltha palustris</i>	Sumpf-Dotterblume	*	Z	
<i>Calystegia sepium</i>	Gewöhnliche Zaunwinde	*	Z	
<i>Campanula patula</i>	Wiesen-Glockenblume	*	Z	
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume	*	Z	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewöhnliches Hirtentäschel	*	Z	
<i>Cardamine impatiens</i>	Spring-Schaumkraut	*	Z	
<i>Carduus nutans</i>	Nickende Distel	*	Z	
<i>Carduus spec.</i>	Karde		Z	
<i>Carex flacca</i>	Blau-Segge	*		
<i>Carex hirta</i>	Behaarte Segge	*		
<i>Carex muricata agg.</i>	Sparrige Segge			
<i>Carex spec.</i>	Segge			
<i>Carex spicata</i>	Dichtährige Segge	*		
<i>Centaurea cyanus</i>	Echte Kornblume	*	Z	
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	*	Z	
<i>Centaurea scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume	*	Z	
<i>Cerastium arvense</i>	Acker-Hornkraut	*	Z	
<i>Cerastium holosteoides</i>	Gewöhnliches Hornkraut	*	Z	
<i>Chenopodium album</i>	Weißer Gänsefuß	*		
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte	*	Z	
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel	*	Z	
<i>Cirsium spec.</i>	Kratzdistel		Z	
<i>Cirsium vulgare</i>	Gewöhnliche Kratzdistel	*	Z	
<i>Clematis vitalba</i>	Gewöhnliche Waldrebe	*	Z	
<i>Clinopodium vulgare</i>	Wirbeldost	*	Z	
<i>Convolvulus arvensis</i>	Acker-Winde	*	Z	
<i>Conyza canadensis</i>	Kanadischer Katzenschweif	*		
<i>Cornus sanguinea</i>	Roter Hartriegel	*		
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingriffeliger Weißdorn	*		
<i>Crepis biennis</i>	Wiesen-Pippau	*	Z	
<i>Crepis capillaris</i>	Grüner Pippau	*	Z	
<i>Crepis pulchra</i>	Schöner Pippau	V	Z	
<i>Crepis tectorum</i>	Mauer-Pippau	2	Z	
<i>Cruciata laevipes</i>	Gewöhnliches Kreuzlabkraut	*	Z	
<i>Cynosurus cristatus</i>	Wiesen-Kammgras	*		
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras	*		
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre	*	Z	
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Rasen-Schmiele	*		
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke	V		
<i>Dianthus deltoides</i>	Heide-Nelke	3		
<i>Dipsacus fullonum</i>	Wilde Karde	*	Z	
<i>Echium vulgare</i>	Stolzer Heinrich	*	Z	
<i>Elymus repens</i>	Kriechende Quecke	*		
<i>Epilobium angustifolium</i>	Wald-Weidenröschen	*	Z	
<i>Epilobium hirsutum</i>	Zottiges Weidenröschen	*	Z	
<i>Epilobium montanum</i>	Berg-Weidenröschen	*	Z	
<i>Epilobium obscurum</i>	Dunkelgrünes Weidenröschen	*	Z	
<i>Epilobium parviflorum</i>	Bach-Weidenröschen	*	Z	
<i>Epilobium spec.</i>	Weidenröschen		Z	
<i>Epilobium tetragonum</i>	Vierkantiges Weidenröschen	*	Z	
<i>Equisetum arvense</i>	Acker-Schachtelhalm	*		
<i>Erigeron acris subsp. acris</i>	Scharfes Berufkraut	*	Z	

<i>Erigeron annuus</i>	Einjähriger Feinstrahl	*	Z	
<i>Erophila verna</i>	Frühlings-Hungerblümchen	*	Z	
<i>Euonymus europaea</i>	Gewöhnliches Pfaffenkäppchen			
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch	*	Z	
<i>Euphorbia helioscopia</i>	Sonnenwend-Wolfsmilch	*	Z	
<i>Fabaceae spec.</i>	Schmetterlingsblüter		Z	
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Echter Buchweizen		Z	
<i>Falcaria vulgaris</i>	Sichelmöhre	*	Z	
<i>Festuca arundinacea</i>	Rohr-Schwingel	*		
<i>Festuca ovina</i>	Echter Schafschwingel	d		
<i>Festuca pratensis</i>	Wiesen-Schwingel	*		
<i>Festuca rubra</i>	Echter Rotschwingel	*		
<i>Filipendula ulmaria</i>	Mädesüß	*	Z	
<i>Fragaria spec.</i>	Erdbeere		Z	
<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere	*	Z	
<i>Fumaria spec.</i>	Erdrauch		Z	
<i>Galeopsis pubescens</i>	Weicher Hohlzahn	*	Z	
<i>Galeopsis spec.</i>	Hohlzahn		Z	
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Gewöhnlicher Hohlzahn	*	Z	
<i>Galium aparine</i>	Gewöhnliches Klebkraut	*		
<i>Galium glaucum</i>	Blaugrünes Labkraut	V		
<i>Galium mollugo</i>	Echtes Wiesenlabkraut	*		
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	*	Z	
<i>Genista sagittalis</i>	Flügel-Ginster	*	Z	
<i>Genista tinctoria</i>	Färber-Ginster	*	Z	
<i>Geranium dissectum</i>	Schlitzblättriger Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium molle</i>	Weicher Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium pratense</i>	Wiesen-Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium pusillum</i>	Kleiner Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium pyrenaicum</i>	Pyrenäen-Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium robertianum</i>	Ruprechtskraut	*	Z	
<i>Geranium sanguineum</i>	Blut-Storchschnabel	*	Z	
<i>Geranium spec.</i>	Storchschnabel		Z	
<i>Geranium sylvaticum</i>	Wald-Storchschnabel	*	Z	
<i>Geum urbanum</i>	Echte Nelkenwurz	*	Z	
<i>Glechoma hederacea</i>	Gundelrebe	*	Z	
<i>Helictotrichon pratense</i>	Echter Wiesenhafer	V		
<i>Helictotrichon pubescens</i>	Flaumiger Wiesenhafer	*		
<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesen-Bärenklau	*	Z	
<i>Hieracium murorum</i>	Wald-Habichtskraut	*	Z	
<i>Hieracium pilosella</i>	Kleines Habichtskraut	*	Z	
<i>Hieracium spec.</i>	Habichtskraut		Z	
<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras	*		
<i>Holcus mollis</i>	Weiches Honiggras	*		
<i>Hypericum maculatum</i>	Geflecktes Johanniskraut	d	Z	
<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	*	Z	
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewöhnliches Ferkelkraut	*	Z	
<i>Inula conyzae</i>	Dürrwurz	*	Z	
<i>Juglans regia</i>	Walnuß	*		
<i>Knautia arvensis</i>	Acker-Witwenblume	*	Z	
<i>Koeleria pyramidata</i>	Pyramiden-Kammschmiele	*		
<i>Lactuca serriola</i>	Kompaß-Lattich	*	Z	
<i>Lamium album</i>	Weißes Taubnessel	*	Z	

<i>Lamium purpureum</i>	Rote Taubnessel	*	Z	
<i>Lamium spec.</i>	Taubnessel		Z	
<i>Lapsana communis</i>	Rainkohl	*	Z	
<i>Lathyrus latifolius</i>	Breitblättrige Platterbse	*	Z	
<i>Lathyrus pratensis</i>	Wiesen-Platterbse	*	Z	
<i>Lathyrus spec.</i>	Platterbse		Z	
<i>Lathyrus tuberosus</i>	Knollen-Platterbse	*	Z	
<i>Leontodon hispidus</i>	Steifhaariger Löwenzahn	*	Z	
<i>Leontodon incanus</i>	Grauer Löwenzahn	3	Z	
<i>Leontodon spec.</i>	Löwenzahn		Z	
<i>Lepidium spec.</i>	Kresse		Z	
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	Wiesen-Margerite	*	Z	
<i>Linaria vulgaris</i>	Gewöhnliches Leinkraut	*	Z	
<i>Linum catharticum</i>	Purgier-Lein	*	Z	
<i>Lolium multiflorum</i>	Vielblütiger Lolch	*		
<i>Lolium perenne</i>	Ausdauernder Lolch	*		
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewöhnlicher Hornklee	*	Z	
<i>Luzula campestris</i>	Hasenbrot	*		
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Kuckucks-Lichtnelke	*	Z	
<i>Lysimachia nemorum</i>	Hain-Gilbweiderich	*	Z	
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut	*	Z	
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Gilbweiderich	*	Z	
<i>Lythrum salicaria</i>	Blut-Weiderich	*	Z	
<i>Malus spec.</i>	Apfel			
<i>Malva alcea</i>	Rosen-Malve	*	Z	
<i>Malva moschata</i>	Moschus-Malve	*	Z	
<i>Malva spec.</i>	Malve		Z	
<i>Malva sylvestris</i>	Wilde Malve	*	Z	
<i>Matricaria recutita</i>	Echte Kamille	*	Z	
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	*	Z	
<i>Medicago sativa</i>	Saat-Luzerne		Z	
<i>Medicago x varia</i>	Bastard-Luzerne	*	Z	
<i>Melilotus albus</i>	Weißer Steinklee	*	Z	
<i>Melilotus officinalis</i>	Gewöhnlicher Steinklee	*	Z	
<i>Melilotus spec.</i>	Steinklee		Z	
<i>Mentha spec.</i>	Minze		Z	
<i>Moehringia trinervia</i>	Wald-Nabelmiere	*	Z	
<i>Myosotis arvensis</i>	Acker-Vergißmeinnicht	*	Z	
<i>Myosotis ramosissima</i>	Hügel-Vergißmeinnicht	*	Z	
<i>Myosotis scorpioides</i>	Sumpf-Vergißmeinnicht	*	Z	
<i>Oenothera biennis</i>	Gewöhnliche Nachtkerze	*		
<i>Oenothera pseudocernua</i>	Falsche Nachtkerze		Z	
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Futter-Esparsette	*	Z	
<i>Ononis repens</i>	Kriechende Hauhechel	*	Z	
<i>Orchis spec.</i>	Knabenkraut		Z	
<i>Origanum vulgare</i>	Gewöhnlicher Dost	*	Z	
<i>Oxalis stricta</i>	Aufrecher Sauerklee		Z	
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatsch-Mohn	*	Z	
<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinak	*	Z	
<i>Persicaria hydropiper</i>	Wasserpfeffer	*	Z	
<i>Persicaria maculosa</i>	Floh-Knöterich	*	Z	
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohr-Glanzgras	*		
<i>Phleum phleoides</i>	Steppen-Lieschgras	3		

<i>Phleum pratense</i>	Gewöhnliches Wiesenlieschgras	*		
<i>Picris hieracioides</i>	Gewöhnliches Bitterkraut	*	Z	
<i>Pimpinella major</i>	Große Pimpinell	*	Z	
<i>Pimpinella peregrina</i>	Fremde Bibernelle		Z	
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Pimpinelle	*	Z	
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitz-Wegerich	*	Z	
<i>Plantago major</i>	Breit-Wegerich	*	Z	
<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich	*	Z	
<i>Poa annua</i>	Einjähriges Rispengras	*		
<i>Poa chaixii</i>	Wald-Rispengras	*		
<i>Poa pratensis</i>	Echtes Wiesenrispengras	*		
<i>Poa trivialis</i>	Gewöhnliches Rispengras	*		
<i>Polygonum aviculare</i>	Gewöhnlicher Vogelknöterich	*		
<i>Polygonum hydropiper</i>	Wasserpfeffer			
<i>Potentilla anserina</i>	Gänse-Fingerkraut	*	Z	
<i>Potentilla recta</i>	Hohes Fingerkraut	*	Z	
<i>Potentilla reptans</i>	Kriechendes Fingerkraut	*	Z	
<i>Potentilla spec.</i>	Fingerkraut		Z	
<i>Potentilla sterilis</i>	Erdbeer-Fingerkraut	*	Z	
<i>Primula elatior</i>	Große Schlüsselblume	*	Z	
<i>Primula veris</i>	Arznei Schlüsselblume	V	Z	
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Brunelle	*	Z	
<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche	*		
<i>Prunus spinosa</i>	Schlehe	*		
<i>Pulicaria dysenterica</i>	Ruhr-Flohkraut	*	Z	
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche	*		
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	*		
<i>Ranunculus acris</i>	Scharfer Hahnenfuß	*	Z	
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolliger Hahnenfuß	*	Z	
<i>Ranunculus nemorosus</i>	Hain-Hahnenfuß	V	Z	
<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß	*	Z	
<i>Ranunculus spec.</i>	Hahnenfuß		Z	
<i>Reseda lutea</i>	Wilde Resede	*	Z	
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	Zottiger Klappertopf	*	Z	
<i>Rosa canina</i>	Echte Hundsrose	*	Z	
<i>Rosa spec.</i>	Rose		Z	
<i>Rubus spec.</i>	Brombeere		Z	
<i>Rumex acetosa</i>	Wiesen-Sauerampfer	*		
<i>Rumex crispus</i>	Krauser Ampfer	*		
<i>Rumex obtusifolius</i>	Stumpfblatt-Ampfer	*		
<i>Rumex sanguineus</i>	Hain-Ampfer	*		
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	*	Z	
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	*	Z	
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Großer Wiesenknopf	*	Z	
<i>Saponaria officinalis</i>	Gewöhnliches Seifenkraut	*	Z	
<i>Saxifraga granulata</i>	Knöllchen-Steinbrech	V	Z	
<i>Scabiosa columbaria</i>	Tauben-Skabiose	*		
<i>Scorzoneroide spec.</i>	Schuppenlöwenzahn		Z	
<i>Scrophularia nodosa</i>	Knotige Braunwurz	*	Z	
<i>Scrophularia umbrosa</i>	Geflügelte Braunwurz	*	Z	
<i>Securigera varia</i>	Bunte Kronwicke	*	Z	
<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer	*	Z	
<i>Sedum sexangulare</i>	Milder Mauerpfeffer	*	Z	

<i>Sedum telephium</i>	Purpur-Fetthenne	*	Z	
<i>Senecio erucifolius</i>	Raukenblättriges Greiskraut	*	Z	P
<i>Senecio inaequidens</i>	Schmalblättriges Greiskraut	*	Z	P
<i>Senecio jacobaea</i>	Jacobs-Greiskraut	*	Z	P
<i>Setaria pumila</i>	Rote Borstenhirse	*		
<i>Silaum silaus</i>	Wiesensilge	*		
<i>Silene dioica</i>	Tag-Lichtnelke	*	Z	
<i>Silene latifolia subsp. alba</i>	Weißer Lichtnelke	*	Z	
<i>Silene nutans</i>	Nickendes Leimkraut	*	Z	
<i>Silene spec.</i>	Leimkraut		Z	
<i>Silene vulgaris</i>	Gewöhnlicher Taubenkropf	*	Z	
<i>Solidago canadensis</i>	Kanadische Goldrute	*		
<i>Solidago gigantea</i>	Späte Goldrute		Z	
<i>Solidago spec.</i>	Goldrute			
<i>Sonchus arvensis</i>	Acker-Gänsedistel	*	Z	
<i>Sonchus asper</i>	Rauhe Gänsedistel	*	Z	
<i>Sonchus oleraceus</i>	Gemüse-Gänsedistel	*	Z	
<i>Sonchus spec.</i>	Gänsedistel		Z	
<i>Stachys recta</i>	Aufrechter Ziest	*	Z	
<i>Stachys sylvatica</i>	Wald-Ziest	*	Z	
<i>Stellaria graminea</i>	Gras-Sternmiere	*	Z	
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere	*	Z	
<i>Stellaria media</i>	Gewöhnliche Vogelmiere	*	Z	
<i>Stellaria palustris</i>	Sumpf-Sternmiere	2	Z	
<i>Symphytum officinale</i>	Arznei-Beinwell	*	Z	
<i>Tanacetum vulgare</i>	Rainfarn	*	Z	
<i>Taraxacum sectio Ruderalia</i>	Wiesenlöwenzahn	*	Z	
<i>Thalictrum flavum</i>	Gelbe Wiesenraute	*	Z	
<i>Thlaspi arvense</i>	Acker-Hellerkraut	*	Z	
<i>Thymus pulegioides</i>	Arznei-Thymian	*	Z	
<i>Torilis arvensis</i>	Acker-Klettenkerbel	*	Z	
<i>Tragopogon pratensis</i>	Gewöhnlicher Wiesenbocksbart	*	Z	
<i>Trifolium aureum</i>	Gold-Klee	V	Z	
<i>Trifolium dubium</i>	Kleiner Klee	*	Z	
<i>Trifolium hybridum</i>	Schweden-Klee	*		
<i>Trifolium medium</i>	Mittlerer Klee	*	Z	
<i>Trifolium pratense</i>	Rot-Klee	*	Z	
<i>Trifolium repens</i>	Weiß-Klee	*	Z	
<i>Trifolium spec.</i>	Klee		Z	
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	Geruchlose Kamille	*	Z	
<i>Trisetum flavescens</i>	Gewöhnlicher Goldhafer	*		
<i>Triticum spec.</i>	Weizen			
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel	*		
<i>Valeriana officinalis</i>	Arzneibaldrian	*	Z	
<i>Valerianella carinata</i>	Gekielter Feldsalat	*	Z	
<i>Valerianella spec.</i>	Feldsalat		Z	
<i>Verbascum nigrum</i>	Dunkle Königskerze	*	Z	
<i>Verbascum thapsus</i>	Kleinblütige Königskerze	*	Z	
<i>Verbena officinalis</i>	Echtes Eisenkraut	*		
<i>Veronica arvensis</i>	Feld-Ehrenpreis	*	Z	
<i>Veronica chamaedrys</i>	Gamander-Ehrenpreis	*	Z	
<i>Veronica hederifolia</i>	Efeublättriger Ehrenpreis	*	Z	
<i>Veronica peregrina</i>	Fremder Ehrenpreis	*	Z	

<i>Veronica persica</i>	Persischer Ehrenpreis	*	Z	
<i>Veronica spec.</i>	Ehrenpreis		Z	
<i>Veronica teucrium</i>	Großer Ehrenpreis	*	Z	
<i>Vicia angustifolia</i>	Schmalblättrige Futterwicke	*	Z	
<i>Vicia cracca</i>	Vogel-Wicke	*	Z	
<i>Vicia hirsuta</i>	Rauhaarige Wicke	*	Z	
<i>Vicia lathyroides</i>	Sand-Wicke	V	Z	
<i>Vicia sepium</i>	Zaun-Wicke	*	Z	
<i>Vicia spec.</i>	Wicke		Z	
<i>Vicia tenuifolia</i>	Schmalblättrige Wicke	*	Z	
<i>Vicia tetrasperma</i>	Viersamige Wicke	*	Z	
<i>Viola arvensis</i>	Acker-Stiefmütterchen	*	Z	
<i>Viola spec.</i>	Veilchen		Z	
<i>Vulpia myuros</i>	Mäuseschwanz-Federschwingel	*		

14.2. Wildbienenliste

Tabelle 34 Liste der nachgewiesenen Wildbienen im Modellprojekt

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL-Status D	RL-Status BW
<i>Andrena alfkenella</i>	Alfkens Zwergsandbiene	V	D
<i>Andrena anthrisci</i>	Kerbel-Zwergsandbiene	*	*
<i>Andrena bicolor</i>	Zweifarbige Sandbiene	*	*
<i>Andrena carantonica</i>	Gesellige Sandbiene	*	*
<i>Andrena chrysoceles</i>	Gelbbeinige Kielsandbiene	*	*
<i>Andrena cineraria</i>	Grauschwarze Düstersandbiene	*	*
<i>Andrena curvungula</i>	Braune Schuppensandbiene	3	3
<i>Andrena dorsata</i>	Rotbeinige Körbchensandbiene	*	*
<i>Andrena falsifica</i>	Fingerkraut-Zwergsandbiene	*	3
<i>Andrena flavipes</i>	Gewöhnliche Bindensandbiene	*	*
<i>Andrena florivaga</i>	Gabel-Sandbiene	*	*
<i>Andrena fucata</i>	Wald-Lockensandbiene	*	*
<i>Andrena fulvago</i>	Pippau-Sandbiene	3	V
<i>Andrena fulvata</i>	Östliche Zangensandbiene	*	*
<i>Andrena fulvicornis</i>	Rotfühler-Kielsandbiene	3	3
<i>Andrena gravida</i>	Weißbe Bindensandbiene	*	*
<i>Andrena haemorrhoa</i>	Rotschopfige Sandbiene	*	*
<i>Andrena hattorfiana</i>	Knautien-Sandbiene	3	V
<i>Andrena humilis</i>	Gewöhnliche Dörnchensandbiene	V	V
<i>Andrena labialis</i>	Rotklee-Sandbiene	V	V
<i>Andrena labiata</i>	Rote Ehrenpreis-Sandbiene	*	*
<i>Andrena lagopus</i>	Zweizellige Sandbiene	*	*
<i>Andrena lathyri</i>	Zaunwicken-Sandbiene	*	*
<i>Andrena minutula</i>	Gewöhnliche Zwergsandbiene	*	*
<i>Andrena minutuloides</i>	Glanzrücken-Zwergsandbiene	*	*
<i>Andrena nana</i>	Punktierte Zwergsandbiene	3	3
<i>Andrena nigroaenea</i>	Erzfarbene Düstersandbiene	*	*
<i>Andrena nitida</i>	Glänzende Düstersandbiene	*	*
<i>Andrena nitidiuscula</i>	Sommer-Kielsandbiene	3	3
<i>Andrena ovatula</i>	Ovale Kielsandbiene	*	*
<i>Andrena pandellei</i>	Graue Schuppensandbiene	3	3
<i>Andrena proxima</i>	Frühe Doldensandbiene	*	*
<i>Andrena saundersella</i>		G	D
<i>Andrena strohella</i>	Leisten-Zwergsandbiene	*	*
<i>Andrena subopaca</i>	Glanzlose Zwergsandbiene	*	*
<i>Andrena synadelpha</i>		*	D
<i>Andrena trimmerana</i>		R	R
<i>Andrena varians</i>	Veränderliche Lockensandbiene	*	*
<i>Andrena viridescens</i>	Blaue Ehrenpreis-Sandbiene	V	*
<i>Andrena wilkella</i>	Grobpunktierte Kleesandbiene	*	*
<i>Anthidium manicatum</i>	Garten-Wollbiene	*	*
<i>Anthidium oblongatum</i>	Felsspalten-Wollbiene	V	*
<i>Anthidium punctatum</i>	Weißfleckige Wollbiene	V	3
<i>Anthidium strigatum</i>	Zwergharzbiene	V	V
<i>Anthophora plumipes</i>	Frühlings-Pelzbiene	*	*
<i>Bombus barbutellus</i>	Bärtige Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus bohemicus</i>	Böhmische Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus campestris</i>	Feld-Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus hortorum</i>	Gartenhummel	*	*

<i>Bombus humilis</i>	Veränderliche Hummel	3	V
<i>Bombus hypnorum</i>	Baumhummel	*	*
<i>Bombus lapidarius</i>	Steinhummel	*	*
<i>Bombus lucorum</i>	Helle Erdhummel	*	*
<i>Bombus pascuorum</i>	Ackerhummel	*	*
<i>Bombus pratorum</i>	Wiesenhummel	*	*
<i>Bombus ruderarius</i>	Grashummel	3	3
<i>Bombus ruderatus</i>	Feldhummel	D	D
<i>Bombus rupestris</i>	Rotschwarze Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus soroensis</i>	Distelhummel	V	V
<i>Bombus subterraneus</i>	Grubenhummel	2	2
<i>Bombus sylvarum</i>	Bunte Hummel	V	V
<i>Bombus sylvestris</i>	Wald-Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus terrestris</i>	Dunkle Erdhummel	*	*
<i>Bombus terrestris agg.</i>	Erdhummel	*	*
<i>Bombus vestalis</i>	Gefleckte Kuckuckshummel	*	*
<i>Bombus wurfleinii</i>	Bergwaldhummel	V	3
<i>Ceratina chalybea</i>	Metallische Keulhornbiene	3	2
<i>Ceratina cucurbitina</i>	Schwarze Keulhornbiene	*	*
<i>Ceratina cyanea</i>	Gewöhnliche Keulhornbiene	*	*
<i>Chelostoma campanularum</i>		*	*
<i>Chelostoma distinctum</i>	Langfranzige Scherenbiene	*	*
<i>Chelostoma florissomne</i>	Hahnenfuß-Scherenbiene	*	*
<i>Chelostoma rapunculi</i>	Glockenblumen-Scherenbiene	*	*
<i>Coelioxys conica</i>	Vierzählige Kegelbiene	V	3
<i>Coelioxys inermis</i>	Unbewehrte Kegelbiene	*	*
<i>Colletes cunicularius</i>	Frühlings-Seidenbiene	*	*
<i>Colletes daviesanus</i>	Gemeine Seidenbiene	*	*
<i>Colletes similis</i>	Rainfarn-Seidenbiene	V	V
<i>Epeolus variegatus</i>	Gewöhnliche Filzbiene	V	V
<i>Eucera longicornis</i>	Juni-Langhornbiene	V	V
<i>Eucera nigrescens</i>	Mai-Langhornbiene	*	*
<i>Eucera salicariae</i>	Blutweiderich-Langhornbiene	3	2
<i>Halictus eurygnathus</i>	Breitkiefer-Furchenbiene	*	D
<i>Halictus langobardicus</i>	Langobarden-Furchenbiene	*	D
<i>Halictus leucaheneus</i>	Sand-Goldfurchenbiene	3	3
<i>Halictus maculatus</i>	Dickkopf-Furchenbiene	*	*
<i>Halictus rubicundus</i>	Rotbeinige Furchenbiene	*	*
<i>Halictus scabiosae</i>	Gelbbindige Furchenbiene	*	V
<i>Halictus simplex</i>	Gewöhnliche Furchenbiene	*	*
<i>Halictus simplex agg.</i>	Gewöhnliche Furchenbiene Agg.	*	*
<i>Halictus subauratus</i>	Dichtpunktierte Goldfurchenbiene	*	*
<i>Halictus tumulorum</i>	Gewöhnliche Goldfurchenbiene	*	*
<i>Heriades crenulatus</i>	Gekerbte Löcherbiene	*	V
<i>Heriades truncorum</i>	Gewöhnliche Löcherbiene	*	*
<i>Hoplitis claviventris</i>	Gelbspornige Stängelbiene	*	*
<i>Hoplitis leucomelana</i>	Schwarzspornige Stängelbiene	*	*
<i>Hoplosmia spinulosa</i>		3	3
<i>Hylaeus brevicornis</i>	Kurzfühler-Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus communis</i>	Gewöhnliche Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus confusus</i>	Verkannte Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus cornutus</i>	Gehörnte Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus difformis</i>	Beulen-Maskenbiene	*	*

<i>Hylaeus dilatatus</i>	Rundfleck-Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus gredleri</i>	Gredlers Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus hyalinatus</i>	Mauer-Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus nigrinus</i>	Rainfarn-Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus punctatus</i>	Grobpunktierte Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus signatus</i>	Reseden-Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus sinuatus</i>	Gebuchtete Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus styriacus</i>	Steirische Maskenbiene	*	*
<i>Hylaeus variegatus</i>		V	3
<i>Lasioglossum albipes</i>	Weißbindige Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum bluethgeni</i>	Blüthgens Schmalbiene	G	2
<i>Lasioglossum calceatum</i>	Gewöhnliche Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum costulatum</i>	Glockenblumen-Schmalbiene	3	3
<i>Lasioglossum fulvicorne</i>	Braunfühler-Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum glabriusculum</i>	Dickkopf-Schmalbiene	*	V
<i>Lasioglossum intermedium</i>	Mittlere Schmalbiene	3	2
<i>Lasioglossum interruptum</i>	Schwarzrote Schmalbiene	3	3
<i>Lasioglossum laticeps</i>	Breitkopf-Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum lativentre</i>	Breitbauch-Schmalbiene	V	V
<i>Lasioglossum leucopus</i>	Hellfüßige Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum leucozonium</i>	Weißbinden-Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum limbellum</i>	Geriefte Steilwand-Schmalbiene	3	2
<i>Lasioglossum majus</i>		3	3
<i>Lasioglossum malachurum</i>	Feldweg-Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum morio</i>	Dunkelgrüne Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum nitidiusculum</i>	Glänzende Schmalbiene	V	3
<i>Lasioglossum parvulum</i>	Dunkle Schmalbiene	V	2
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	Acker-Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum politum</i>	Polierte Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum punctatissimum</i>	Punktierte Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum puncticolle</i>	Runzelwangige Schmalbiene	3	2
<i>Lasioglossum pygmaeum</i>	Pygmäen-Schmalbiene	G	2
<i>Lasioglossum tricinctum</i>	Dreizahn-Schmalbiene	3	2
<i>Lasioglossum villosulum</i>	Zottige Schmalbiene	*	*
<i>Lasioglossum xanthopus</i>	Große Salbei-Schmalbiene	*	V
<i>Lasioglossum zonulum</i>	Breitbindige Schmalbiene	*	*
<i>Megachile centuncularis</i>		V	V
<i>Megachile circumcincta</i>	Gebänderte Blattschneiderbiene	V	V
<i>Megachile ericetorum</i>	Platterbsen-Blattschneiderbiene	*	*
<i>Megachile genalis</i>	Beulen-Blattschneiderbiene	2	2
<i>Megachile maritima</i>	Sand-Blattschneiderbiene	3	2
<i>Megachile pilidens</i>	Filzzahn-Blattschneiderbiene	3	3
<i>Megachile rotundata</i>	Luzerne-Blattschneiderbiene	*	*
<i>Megachile versicolor</i>	Bunte Blattschneiderbiene	*	*
<i>Megachile willughbiella</i>	Garten-Blattschneiderbiene	*	*
<i>Melitta leporina</i>	Luzerne-Sägehornbiene	*	V
<i>Melitta nigricans</i>	Blutweiderich-Sägehornbiene	*	*
<i>Melitta tricincta</i>	Zahnrost-Sägehornbiene	V	V
<i>Nomada atroscutellaris</i>	Ehrenpreis-Wespenbiene	V	*
<i>Nomada bifasciata</i>	Rotbäuchige Wespenbiene	*	*
<i>Nomada distinguenda</i>	Getrennte Wespenbiene	G	3
<i>Nomada fabriciana</i>	Rotschwarze Wespenbiene	*	*
<i>Nomada facilis</i>	Waldrand-Wespenbiene	G	D

<i>Nomada flava</i>	Gelbe Wespenbiene	*	*
<i>Nomada flavoguttata</i>	Gelbfleckige Wespenbiene	*	*
<i>Nomada flavopicta</i>	Greiskraut-Wespenbiene	*	V
<i>Nomada fucata</i>	Gewöhnliche Wespenbiene	*	*
<i>Nomada fulvicornis</i>	Gelbfühler-Wespenbiene	*	V
<i>Nomada goodeniana</i>	Feld-Wespenbiene	*	*
<i>Nomada hirtipes</i>	Raufüßige Wespenbiene	3	2
<i>Nomada kohli</i>	Kohls Wespenbiene	2	2
<i>Nomada marshallamella</i>	Wiesen-Wespenbiene	*	*
<i>Nomada minuscula</i>	Winzige Wespenbiene	*	*
<i>Nomada panzeri</i>	Panzers Wespenbiene	*	*
<i>Nomada sexfasciata</i>	Langkopf-Wespenbiene	*	*
<i>Nomada sheppardana</i>	Sheppards Wespenbiene	*	*
<i>Nomada stigma</i>	Fleck-Wespenbiene	*	3
<i>Nomada striata</i>	Gestreifte Wespenbiene	*	*
<i>Osmia aurulenta</i>	Goldene Schneckenhausbiene	*	*
<i>Osmia bicolor</i>	Zweifarbige Schneckenhausbiene	*	*
<i>Osmia bicornis</i>	Rote Mauerbiene	*	*
<i>Osmia caerulea</i>	Blau Mauerbiene	*	*
<i>Osmia cornuta</i>	Gehörnte Mauerbiene	*	*
<i>Osmia gallarum</i>	Gallen-Mauerbiene	V	2
<i>Osmia rufohirta</i>	Rothaarige Schneckenhausbiene	3	3
<i>Osmia uncinata</i>	Rinden-Mauerbiene	G	*
<i>Panurgus calcaratus</i>	Stumpfzähnlige Zottelbiene	*	*
<i>Sphecodes crassus</i>	Dichtpunktete Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes ephippius</i>	Gewöhnliche Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes ferruginatus</i>	Rostfarbene Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes geoffrellus</i>	Glänzende Zwerg-Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes gibbus</i>	Buckel-Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes hyalinatus</i>	Durchscheinende Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes marginatus</i>	Geränderte Blutbiene	*	D
<i>Sphecodes miniatus</i>	Gewöhnliche Zwerg-Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes monilicornis</i>	Dickkopf-Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes niger</i>	Schwarze Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes pseudofasciatus</i>	Spanische Blutbiene	D	D
<i>Sphecodes puncticeps</i>	Punktete Blutbiene	*	*
<i>Sphecodes reticulatus</i>	Netz-Blutbiene	*	3
<i>Sphecodes scabricollis</i>	Leistenkopf-Blutbiene	G	*
<i>Stelis breviscula</i>	Kurze Dusterbiene	*	*
<i>Xylocopa violacea</i>	Blauschwarze Holzbiene	*	V

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
Institut für Landschaft und Umwelt
Hechinger Straße 12
72622 Nürtingen

Tel. 07022 201-259
Fax. 07022 201-283
ilu@hfwu.de