

Sabine Paltrinieri

Kultivierte Wildpflanzenmischungen zur Erzeugung von Biomasse – Beschreibung ihres botanischen Erscheinungsbildes als Grundlage zur Beurteilung möglicher ökologischer Potentiale

Cultivated wild plant mixtures – Description of their botanical appearance as a basis for the assessment of possible ecological potentials

Affiliation

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, Münster.

Kontaktanschrift

Diplom-Biologin Sabine Paltrinieri, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, Heisenbergstr. 2, 48149 Münster, E-Mail: sabine.paltrinieri@uni-muenster.de

Zusammenfassung

Förderinstrumentarien des Erneuerbare-Energien-Gesetzes haben zu einer starken Zunahme der Maisanbaufläche, insbesondere in Gebieten mit einer hohen Dichte von Tiermastanlagen, geführt. Auch mit mehrjährig angebauten Wildpflanzenmischungen wird Biomasse zur Vergärung in Biogasanlagen erzeugt. So kann CO₂-neutral Energie gewonnen werden, und gleichzeitig Biodiversität gesteigert, das Habitatangebot verbessert und die Resilienz der Landschaft erhöht werden. Die vorgelegte Arbeit beschreibt die botanische Situation auf den im „Projekt GrünSchatz“ kartierten Wildpflanzenflächen während der drei kartierten Standjahre. Mit Hilfe von Zeigerwerten nach Landolt werden die entstehenden Standortbedingungen beschrieben. Potentiale bieten diese Kulturen unseren Ergebnissen zufolge aufgrund ihrer hohen Wärme- und Trockenheitstoleranz, der Fähigkeit Bodenfeuchtkapazität zu halten sowie Stickstoff zu binden und Humus zu akkumulieren. Die Erhöhung der Artenvielfalt geht mit einem für landwirtschaftliche Kulturen ungewöhnlich hohem Blütenangebot einher.

Stichwörter

Wildpflanzenmischungen, Blütenreiche Kulturen, Erhöhung der Artenvielfalt innerhalb konventioneller Landwirtschaft, Erhaltung Bodenfeuchte, Stickstoffhaltevermögen des Bodens

Abstract

Promotional measures of the Renewable Energy Act have led to a strong increase in maize cultivation area, especially in areas with a high density of animal fattening farms. Biomass for fermentation in biogas plants can also be produced with perennially cultivated wild plant mixtures. In this way, energy can be produced in a CO₂-neutral way, and at the same

time biodiversity can be increased, habitat availability improved and the resilience of the landscape is enhanced. The presented work describes the botanical situation on such a wild plant area during the three stand years mapped. With the help of pointer values according to Landolt, the resulting biotopes are described. According to our results, these crops offer potential due to their high heat and drought tolerance, the ability to retain soil moisture capacity as well as to bind nitrogen and accumulate humus. The increase in biodiversity is accompanied by an – for agricultural crops – unusually high blossom supply.

Keywords

wild plant crop, flower-rich cultures, increasing biodiversity within conventional agriculture, conservation of soil moisture, nitrogen holding capacity of the soil

Einleitung

Wildpflanzenmischungen zur Erzeugung von Biomasse sind ein Versuch, den Biomasse-Bedarf für Biogasanlagen auf eine Art und Weise zu decken, die nicht nur Biomasse generiert, sondern auch Biodiversität steigert. Gegenüber möglichen Alternativen zur Biomassegewinnung, zum Beispiel aus Mais, durchwachsener Silphie, Riesenweizengras oder Gülle, hat die Wildpflanzenmischung den Vorteil, dass dabei vielfältige Arten zum Einsatz kommen. Darüber hinaus wird die Artenvielfalt dadurch erhöht, dass auf den Wildpflanzenflächen auch Arten der Umgebung Raum zum Keimen und Aufwachsen finden (Scherreiks et al., 2022). Auch die Kulturführung bietet gegenüber intensiv bewirtschafteten Kulturen ökologische Vorteile. Da diese Kulturen lediglich während zur Düngung im Frühjahr und zur Ernte Anfang befahren werden bieten sie einer Vielzahl von Tieren vergleichsweise ungestörtes Habitat und Nahrung (Strauß et al., 2017; Dietzel et al., 2019).



(c) Die Autorin 2023

Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen: 7. September 2022/31. Januar 2023

Schon aufgrund dieser Gesichtspunkte bieten derartige Kulturen ökologische Vorteile gegenüber dem Maisanbau. Sie sind Grund für eine zunehmende Anzahl von Initiativen wie beispielsweise der Deutschen Wildtierstiftung und mittlerweile auch der Bundesländer Niedersachsen, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen zur Förderung derartiger Kulturen (Netzwerk Lebensraum Feldflur). Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beschreibung der botanischen Situation und ihrer Entwicklung während dreier Jahre der in Regel auf fünf Jahre angelegten Kultur (Dauer des Projektes GrünSchatz nach Aussaat in 2015: 2016 – 2018).

Die vorgelegte detaillierte Beschreibung der botanischen Situation auf den Flächen des Projektes GrünSchatz kann als Grundlage für die Bewertung der ökologischen Potentiale derartiger Wildpflanzenmischungen dienen.

Methode

In diesem Forschungsprojekt wurde die Wildpflanzenmischung „BG 70“ (Saaten Zeller) ausgesät (Tab. 1). Diese naturschutzoptimierte Saatgutmischung (BG70-NRW) mit der Codierung 897 war als Kulturart „Sonstige Pflanzen“ zur energetischen Verwertung eingetragen und somit im Zeitraum des Projektes im Rahmen der Direktzahlungen beihilfefähig. Ausgebracht wurde eine Saatmischung mit 21 verschiedenen Arten. Dabei wurde, soweit verfügbar, gebietseigenes Saatgut ausgebracht (vgl. Tab. 1).

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im westlichen Münsterland zwischen dem Ruhrgebiet im Süden und den Baumbergen bei Billerbeck westlich von Münster im Norden. Diese Landschaft, die auch als Münsterländische Parklandschaft bezeichnet wird, ist traditionell durch ein von landwirtschaftli-

cher Nutzung geprägtes Nebeneinander von Äckern, Wiesen, Hecken und kleinen Waldstücken charakterisiert. Sechsahtzig Prozent des landwirtschaftlich genutzten Bodens werden ackerbaulich genutzt. Das Münsterland ist heute eine der weltweit intensivsten Veredlungsregionen (Lammers & Becker, 2014; Le Provost et al., 2021). Dies führt zu einer hohen Dichte an Mastbetrieben und entsprechendem Futteranbau (Mais). Zwischen 2005 und 2012 – seit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) – hat der Anteil der Maisflächen außerdem zum Anbau von Biomasse für Biogasanlagen weiter stark zugenommen. Er liegt derzeit bei etwa 46 Prozent der Ackerfläche (Lammers & Becker, 2014). In einigen Kreisen nimmt Mais sogar bis zu 60 Prozent der Ackerfläche ein (Deutsches Maiskomitee e. V., 2020). Mitunter wird von einer „Vermaisung der Landschaft“ gesprochen (Demuth et al., 2014; Herbes et al., 2014).

Räumlicher Untersuchungsansatz

Im Projekt wurden vier Flächenkonstellationen in sechsfacher Replikation mit einem Wildpflanzenstreifen von 1000 m² jeweils in (1) inmitten einer Wildpflanzenfläche von 1 Hektar, (2) inmitten einer Maisfläche, (3) am Rande einer Maisfläche nahe einer anderen Kultur, sowie (4) am Rande einer Maisfläche nahe einer anderen Struktur (Hecke, Straße, Graben etc.) untersucht (Abb. 1). Dabei wurden zum einen zwei landschaftliche Situationen abgebildet: drei Flächenkomplexe liegen in der freien Feldflur, die drei anderen eher siedlungsnah. Mit Flächen auf verschiedenen Bodentypen (lehmigen Standorten bei Billerbeck und eher sandigen Böden im Bereich Dorsten) und unterschiedlichen Landschaftssituationen sollte der Einfluss der Bodenqualität und der Umgebung auf Artenzusammensetzung, Deckung und Aufwuchs untersucht werden. Die Streifen (2) – (4) hatten eine in der Landwirtschaft übliche Bearbeitungsbreite von zwölf Metern und messen insgesamt jeweils etwas über 1000 m². Nach Einsaat der Mischung im Frühjahr

Tab. 1. Zusammensetzung des im Projekt GrünSchatz verwendeten Saatgutes. Hier eingeteilt in konventionelle Arten des Saatgutes der Wildpflanzenmischung „BG70“ (Saaten Zeller) und Arten dieser Mischung, für die regionales Saatgut aus dem Herkunftsgebiet 2 eingesetzt wurde. Unter ihnen sind einige der maßgeblichen „Biomasse-Bringer“, hier fett gedruckt hervorgehoben.

Konventionelle Arten der Wildpflanzenmischung „BG70“	Regiosaatgutarten aus dem Herkunftsgebiet 2 der Wildpflanzenmischung „BG70-NRW“
Mauretanische Malve	Gewöhnliche Schafgarbe
Wild Malve	Gewöhnlicher Beifuß
Quirl-Malve	Kornblume
Echter Eibisch	Wilde Möhre
Weißer Steinklee	Gewöhnliche Margerite
Echter Steinklee	Rote Lichtnelke
Schwarze Flockenblume	Rainfarn
Echter Alant	Schwarze Königskerze
Espalette	
Echter Buchweizen	
Fenchel	
Luzerne	
Sonnenblume	

Situation A: Freie Landschaft

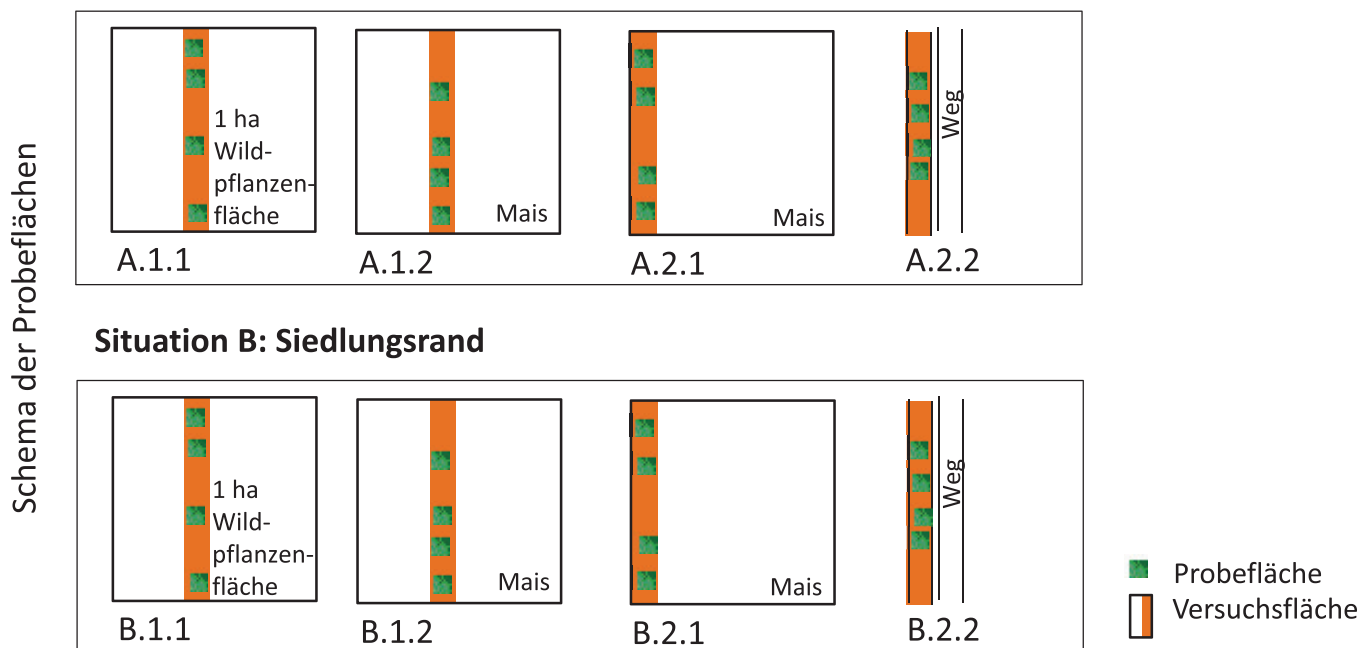


Abb. 1. Schema der Anordnung der Untersuchungsflächen im Projekt GrünSchatz: 1.1 = inmitten einer 1 ha –Wildpflanzenfläche –, 1.2 = inmitten einer Maisfläche –, 2.1 = am Rande einer Maisfläche – und 2.2 = an Randstruktur gelegen.

2015 erfolgte die erste Kartierung im Juni 2016. Da sich keine regelmäßigen Unterschiede bezüglich des Aufwuchses zwischen Streifen (2) bis (4) zeigten, wurden diese in der Folge als „Streifen“ zusammengefasst und den Streifen (1), die innerhalb einer 1Hektar-Wildpflanzenfläche standen, gegenübergestellt.

Kartiermethode

Alle auf den 24 Wildpflanzenflächen aufgewachsenen Pflanzen wurden in drei Standjahren an pro Fläche vier zufällig generierten und über die Jahre gleichbleibenden per DGPS (Differentiellen Global Positioning System) eingemessenen, 10 m² großen Probe-Plots auf ihre Arten-Zusammensetzung unter Angabe der Deckung der einzelnen Arten nach Londo erfasst (Londo, 1976). Im Zuge der Erfassung der Arten wurde auch jeweils der Offenbodenanteil abgeschätzt, sowie bei der Kartierung vor der Ernte – Ende Juli oder Anfang August – jeweils die durchschnittliche Höhe des Aufwuchses sowie die maximale Höhe und die Art, die diesen Maximalaufwuchs zeigte, aufgenommen. Im Jahr 2018 erfolgte eine Erfassung der Blühsituation zu fünf Zeitpunkten im Laufe des Frühlings bis zur Ernte Anfang August am 23.5., 20.-24.6., 4.-7-7, 15.-16.7 sowie 26.-29.7. 2018. Bei der Kartierung des Blühstatus wurde der blühende Anteil der Fläche als 100 Prozent gesetzt und visuell abgeschätzt, wie groß der Anteil der verschiedenen Farben am Gesamt-Blühstatus ist.

Ermittlung der Zeigerwerte

Über die Berechnung der Zeigerwerte für Temperatur (WT), Lichtanspruch (WL), Feuchtigkeit (WF), Nährstoffaffinität (WN) und Humus (WH) wurden die Wildpflanzenflächen charakterisiert. Die Zeigerwert-Berechnung nach Landolt et al.

(2010) erfolgte stets unter Berücksichtigung der Flächenanteile der jeweilig kartierten spontan aufgekommenen Arten. Die Arten der eingesäten Wildpflanzenmischung wurden – da künstlich eingebracht und daher nicht aussagekräftig – nicht in die Berechnung der Zeigerwerte einbezogen.

Ergebnisse

Die botanischen Kartierungen zeigten auf den einzelnen Flächen ein sehr heterogenes Bild.

Höhe des Aufwuchses

Die Höhe des Aufwuchses zum Zeitpunkt kurz vor der Ernte Anfang August variierte zwischen 118 und 300 cm (Abb. 2). Ein regelmäßiger Zusammenhang der durchschnittlichen Aufwuchshöhe mit der Lage der Flächen auf lehmigen oder sandigen Böden oder mit dem Flächentyp „1 Hektar-Fläche“ versus „1000 m²-Streifen“ im Mais, am Mais oder an Randstruktur gelegen, ließ sich nicht erkennen. Eine Betrachtung über die Jahre 2016–2018 zeigte tendenziell eine Zunahme des maximalen Aufwuchses von 2016 nach 2017 und im darauffolgenden Jahr 2018 eine Abnahme.

Offenbodenanteile

Die Saatgutmischung lief an den verschiedenen Standorten sehr verschieden gut auf. Es zeigten sich sehr unterschiedlich hohe Offenbodenanteile von 0,3 bis 39 Prozent (Min₂₀₁₆ 0,3 %, Max₂₀₁₆ 39,3 %, MW₂₀₁₆ 10,4 %; Min₂₀₁₇ 0,0 %, Max₂₀₁₇ 31,0 %, MW₂₀₁₇ 7,0 %; Min₂₀₁₈ 0,0 %, Max₂₀₁₈ 31 %, MW₂₀₁₈ 7,6 %). Tendenziell, aber nicht auf allen Flächen, sanken die Offenbodenanteile im Laufe der Standjahre.

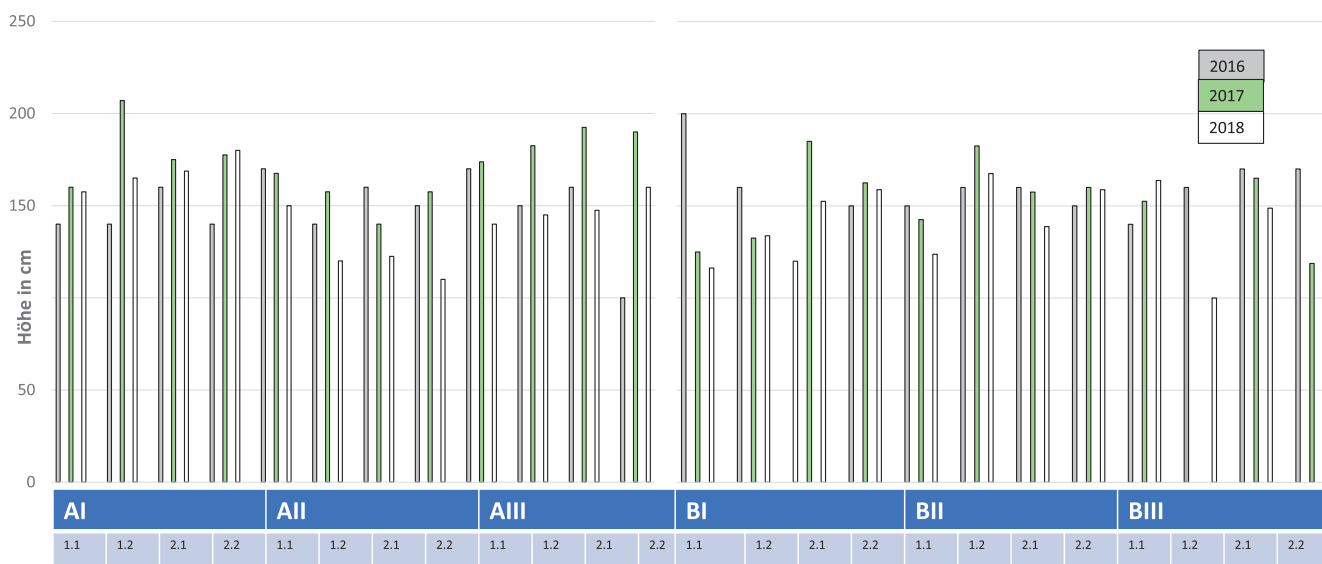


Abb. 2. Höhe des durchschnittlichen Aufwuchses auf den verschiedenen Flächen jeweils im August, kurz vor der Ernte auf den einzelnen Flächenkomplexen (AI, AII, AIII, BI, BII, BIII) in den Jahren 2016, 2017, 2018.

Artenzahl

Insgesamt konnten in allen Kartierungen zusammengekommen 73 Arten kartiert werden. Außer dem Fenchel wurden alle ausgesäten Arten gefunden. Daneben konnten 53 verschiedene spontan aufgewachsene Arten kartiert werden. Die Anzahl derer, die bei einer Durchschnitts-Berechnung aller in einem Jahr kartierten Flächen auf einen Flächenanteil von ≥ 2 Prozent kommen ist allerdings deutlich geringer. Lediglich die 16 in Tabelle 2 aufgeführten Arten werden mit solcher Stetigkeit gefunden.

Deutlich ließen sich Arten mit dominanten Potentialen erkennen. Das waren die als Biomasseträger gesäten Arten Schwar-

ze Flockenblume, *Centaurea nemoralis*, und insbesondere der Rainfarn, *Tanacetum vulgare*. Auch die Wilde Möhre, *Daucus carota*, wurde häufig gefunden. Diese Arten dominierten ab dem zweiten Standjahr, 2017 die Bestände (Abb. 3).

Die Anzahl der Arten pro Fläche nahm im Laufe der Jahre insgesamt ab. Abbildung 4a zeigt die Durchschnittswerte der jeweiligen Kartierjahre. Auch bei Differenzierung nach ausgesäten GrünSchatz- und spontan aufgekommenen Arten (Abb. 4b) zeigte sich diese Entwicklung; sowohl auf den 1 Hektar-Flächen als auch 1000m²-Streifen (Abb. 4c) und auch unabhängig vom Bodentyp (Abb. 4d).

Die Streuung in einzelnen Gruppen war erheblich. Von 2016 nach 2017 kam es bei Betrachtung der Mittelwerte zunächst zu einem leichten Anstieg der Artenzahl; von 2017 nach 2018 dann zu einem deutlichen Abfall (Abb. 4a) Das Artenspektrum auf den Flächen schwankte von Fläche zu Fläche und über die Jahre 2016 bis 2018 stark. Auf den einzelnen Probeplots konnten jeweils zwischen zwei und 19 verschiedene Arten gefunden werden (Durchschnitt: acht Arten). Eine bis zwölf Arten davon

Tab. 2. Arten, die bei der Durchschnittsberechnung aller in einem Jahr kartierten Flächen in 2016, 2017 oder 2018 auf einen Flächenanteil von ≥ 2 Prozent kamen.

	2016	2017	2018
<i>Artemisia vulgaris</i>	10,9	7,7	1,7
<i>Centaurea cyanus</i>	4,1	0,5	0,0
<i>Centaurea nemoralis</i>	6,4	14,1	10,6
<i>Daucus carota</i>	2,0	0,2	0,6
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	1,5	2,3	0,0
<i>Malva sylvestris</i>	5,2	2,1	0,3
<i>Melilotus officinalis</i>	20,2	1,3	0,0
<i>Silene dioica</i>	3,7	2,9	0,1
<i>Tanacetum vulgare</i>	11,0	37,1	64,4
<i>Cirsium arvense</i>	2,6	5,3	2,5
<i>Matricaria recutita</i>	4,9	0,0	0,0
<i>Rumex obtusifolius</i>	1,4	5,1	2,1
<i>Triplepernum spec.</i>	3,6	1,7	0,1
<i>Urtica dioica</i>	0,6	3,1	2,5
<i>Viola arvensis</i>	2,4	0,0	0,0



Abb. 3. typisches Erscheinungsbild der Wildpflanzenflächen in 2018, hier Fläche BII 1.2 in Wulfen.

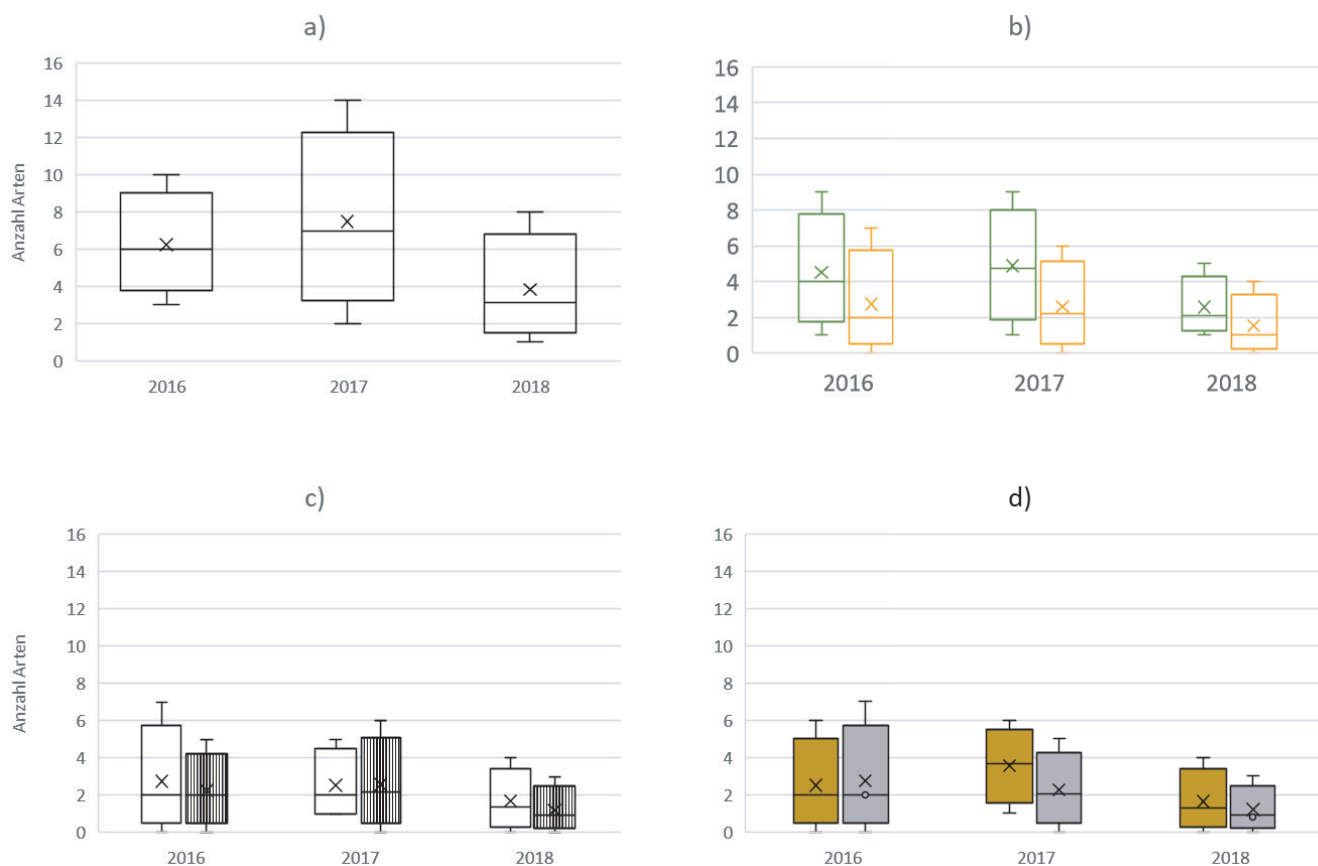


Abb. 4. Entwicklung der Artenzahl 2016 – 2018; a) insgesamt, b) der gesäten Grünschatzarten (grün) und spontan aufgekommene Arten (orange), c) spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) spontan aufgekommene Arten auf Lehm Böden (braun) und Sandböden (grau).

entstammten jeweils der ausgesäten Wildpflanzenmischung. Die übrigen Arten kamen spontan auf. Eine Differenzierung zwischen den ausgesäten und den spontan aufgekommenen Arten zeigte, dass beide Gruppen den Trend mitzeichnen: Anstieg der Artenzahl von 2016 nach 2017, danach folgt ein Abfall in 2018 (Abb. 4b). Das Niveau der Vielfalt spontaner Arten auf den 1 Hektar-Flächen war höher als auf den Streifen (Abb. 4c). Bei Unterscheidung der Entwicklungen auf Lehm- und auf Sandböden war zu erkennen, dass sich auf den Lehm Böden ab 2017 eine größere Artenvielfalt findet bei insgesamt sehr starker Streuung. (Abb. 4d) – bei insbesondere im Jahr 2016 auf den Flächen und den Lehm Böden starker Streuung.

Entwicklung der Zeigerwerte

Zeigerwert Temperatur

Auf den Versuchsflächen wurden zumeist Mäßigwärmezeiger (WT=3) bis hin zu Extremwärmezeiger (WT=5) kartiert. Insgesamt lagen die meisten Zeigerwerte zwischen 3,0 und 4,5 – in einem recht engen Bereich. Die Mittelwerte der Zeigerwerte der GrünSchatz-Arten schwankten minimal zwischen 4,06 und 4,35. Die spontan aufgelaufenen Arten zeigten niedrigere, in der Tendenz leicht sinkende Werte, die erstaunlicherweise in dem sehr heißen und trockenen Jahr 2018 mit 3,49 auf niedrigstem Niveau anlangten. Weder die verschiedenen

Flächensituationen – 1 Hektar-Fläche oder 1000 m²-Streifen (Abb. 5c), noch die verschiedenen Bodentypen (Abb. 5d) schienen einen messbaren Unterschied zu verursachen.

Zeigerwert Licht

Auch die gefundenen Zeigerwerte Licht (WL) stellten sich sehr konstant dar. Schwankungen reichten bei Betrachtung aller Arten von WL=3,0 im absoluten Minimum bis maximal WL=4,05. Dies wies die Flächen als geeigneten Lebensraum für Arten, die Halbschatten oder volles Licht bevorzugen aus. Für die spontan aufgelaufenen Arten zeigte sich ein sehr geringfügiges Absinken des Mittelwertes des Zeigerwertes von WL=3,8 nach WL=3,6 zu eher Halbschatten-kompatiblen Arten. Unterschiede in Abhängigkeit von Flächengröße (1 Hektar-Fläche oder 1000m²-Streifen) oder Bodentyp waren nicht zu erkennen.

Zeigerwert für Feuchtigkeit

Anders sah es bei dem Zeigerwert für Feuchtigkeit (WF) aus (Abb. 6). Es wurden gemäß der Landolt-Skala mit dem Wert WF=1 sowohl ausgesprochene Trockenzeiger, mit dem Wert WF=2 mäßige Trockenzeiger, die auf feuchten Böden nicht konkurrenzfähig sind, mit dem Wert WF=3 Zeiger mäßig trockener bis feuchter Standorte und mit Zeigerwerten bis 3,5 Arten mit einer Tendenz zu eher feuchten Standorten kartiert. Dies ist der Verschiedenheit der Standorte geschuldet.

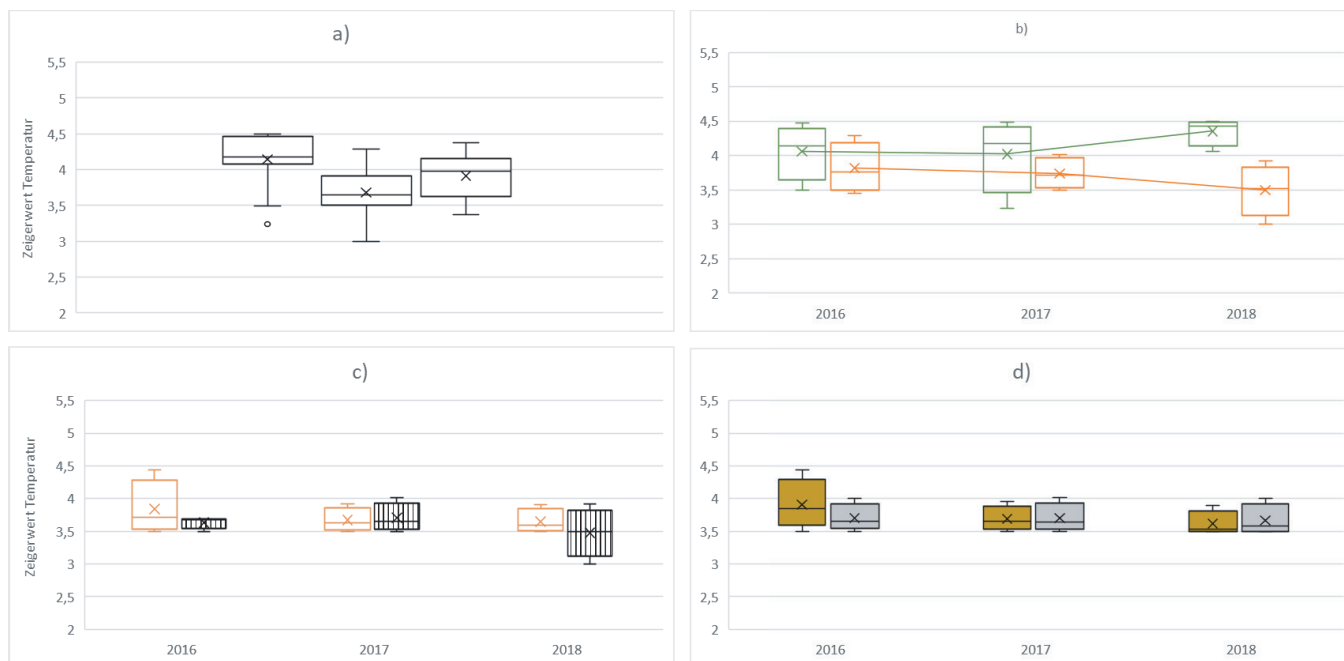


Abb. 5. Entwicklung des Zeigerwertes für Temperatur a) gemittelt für alle Flächen b) der gesäten Grünschatzarten (grün) vs. spontan aufgekommene Arten (orange), c) spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) spontan aufgekommene Arten auf Lehmböden (braun) und Sandböden (grau).

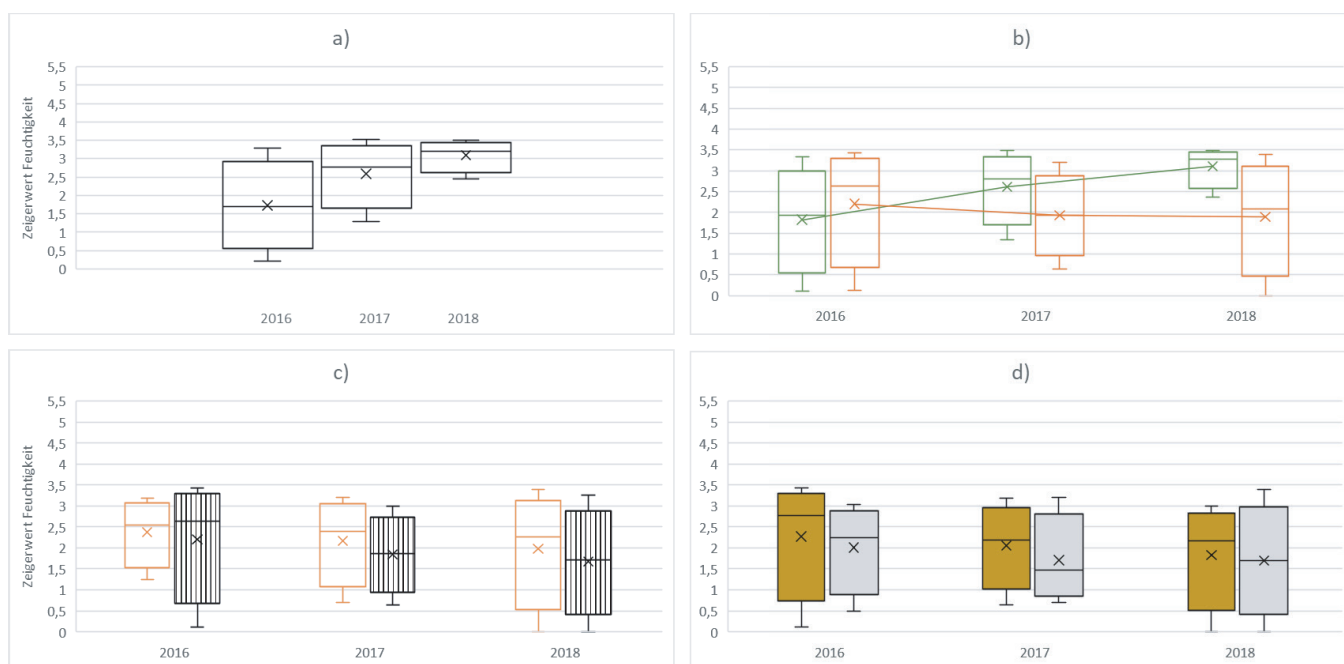


Abb. 6. Entwicklung des Zeigerwertes für Feuchtigkeit als a) Jahresmittelwerte aller Flächen, b) der gesäten Grünschatzarten (grün) und spontan aufgekommene Arten (orange), c) der spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) der spontan aufgekommene Arten auf Lehm- (braun) und Sandböden (grau).

Während die Mittelwertberechnung aller Daten feuchter werdende Verhältnisse anzeigte, wiesen die Zeigerwerte der spontan aufkommenden Arten, die mit ihrem Auftreten mehr Aussage über die entstehenden Verhältnisse machen, auf einen leichten Abfall hin (Median von 2,6 im Jahr 2016 auf 2,1 im Jahr 2018). Bei Vergleich der Zeigerwerte auf den 1 Hektar-Flächen mit denen auf den 1000 m²-Streifen ließ sich dasselbe Muster – allerdings bei enormer Streuung – erkennen. Bei Differenzierung zwischen den beiden Bodentypen war

sowohl auf Lehm- als auch auf Sandböden ein Absinken der Zeigerwerte Feuchtigkeit von 2016 nach 2017, dann jedoch bei ebenfalls starker Streuung wieder ein leichter Anstieg der Mittelwerte nach 2018 zu erkennen.

Zeigerwert Nährstoffe

Auf den Versuchsfeldern wurden Mäßig- bis Extremnährstoffzeiger (mit dem Wert WN=3) bis Extremnährstoffzeiger (mit dem Wert WN=5)

festgestellt. Der Zeigerwert stieg sowohl als Durchschnittswert aller Arten (Abb. 7a) als auch bei der differenzierten Betrachtung der gesäten und der spontan aufkommenden Arten (Abb. 7b) an. Aus der Palette der ausgesäten Arten konnten „Mäßigernährstoffzeiger“ wie Wilde Möhre (*Daucus carota*), Esparsette (*Onobrychis sativa*) und *Centaurea cyanus* im Jahr 2017 wenig und im Jahr 2018 gar nicht mehr kartiert werden. Bei den spontan aufgekomenen Arten war ein kontinuierlicher Anstieg der Mit-

telwerte von 3,8 auf 4,8 zu beobachten. Während im Jahr 2016 noch vorwiegend mäßige Nährstoffzeiger kartiert wurden, sind in den Folgejahren mit dem Zeigerwert $WN=4$, mit Tendenz zu $WT=5$, zunehmend extreme Nährstoffzeiger zu finden (Abb. 7b).

Auf den 1.000 m²-Streifen war bei leichtem Anstieg des Zeigerwertes (Mittelwert) von 3,9 nach 4,8 eine stärkere Streuung der Werte zu erkennen als auf den 1 Hektar-Flächen, auf denen die Werte annähernd konstant blieben (4,37 nach 4,48)

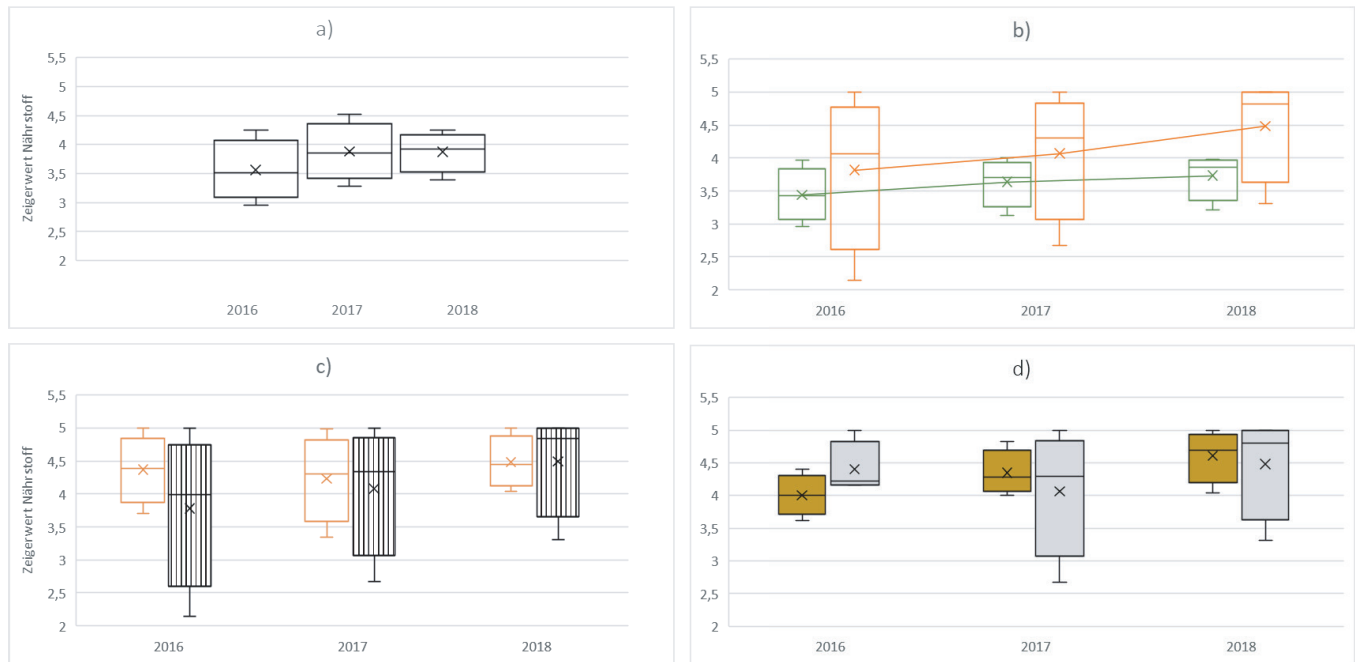


Abb. 7. Entwicklung des Nährstoff-Zeigerwertes als Jahresmittelwerte aller Flächen (a) sowie b) differenziert nach gesäten Grünscatzarten und spontan aufgekomenen Arten sowie c) nach spontan aufgekomenen Arten auf den Flächen und Streifen, und d) spontan aufgekomenen Arten auf Lehm- und Sandböden.

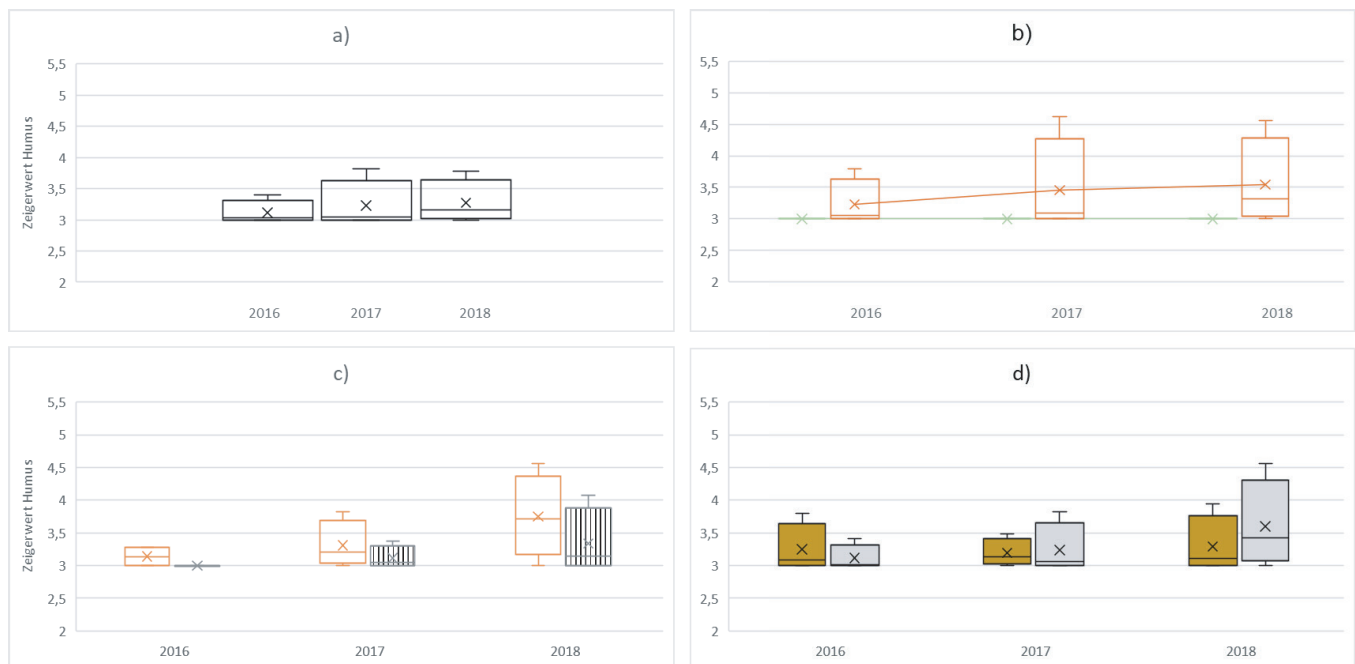


Abb. 8. Entwicklung des Humus-Zeigerwertes als a) Jahresmittelwert aller Flächen, sowie differenziert b) nach gesäten Grünscatzarten (grün) und spontan aufgekomenen Arten (orange), c) nach spontan aufgekomenen Arten auf den Flächen und Streifen, und d) spontan aufgekomenen Arten auf Lehm- und Sandböden (braun) und Sandböden (grau).

(Abb. 8c). Bei Differenzierung zwischen den Standorten auf Lehm und auf Sand zeigte sich das Niveau der Nährstoff-Zeigerwerte auf beiden Bodentypen ansteigend (Abb. 8d). Auf den Lehmböden starteten die Werte auf leicht niedrigerem Niveau, erreichten aber in 2018 nahezu gleiche Mittelwerte wie auf den Sandböden. Auf den lehmigen Böden war ein relativ kontinuierlicher Anstieg zu beobachten. Auf den Sandböden war die Streuung ausgeprägter.

Zeigerwert Humus

Der Zeigerwert für Humus (WH) zeigte für die spontan auftretenden Arten mit leicht steigenden Werten von 3,06 im Jahr 2016 auf 3,31 in 2018, dass auf den Flächen vorwiegend mäßige Humuszeiger mit zunehmender Tendenz zu Humuszeigern (bei einem Wert von WH=4) gefunden werden. Über die Standjahre wurde eine sehr leicht steigende Tendenz erkennbar (Abb. 8a, 8b). Dieser Anstieg zeigte sich auf den Flächen deutlicher als auf den Streifen (Abb. 8c) und auf den Sandböden bei stärkerer Streuung stärker aus als auf den Lehmböden. (Abb. 8d). Insgesamt nahm die Streuung im Laufe der Jahre zu.

Einfluss der gesäten Zielarten auf Gesamtzeigerwerte

Die Gesamtzeigerwerte (Abb. 5-8, jeweils a) wurden stark von den dominanter werdenden Arten aus dem Spektrum der ausgesäten Arten bestimmt. Tabelle 3 stellt deren Zeigerwerte dar. Die Abbildungen 5-8 (jeweils b) zeigen, dass Unterschiede zwischen gesäten Grünschatz- und spontan aufgefundenen Arten bestehen.

Entwicklung der Artenzusammensetzung

Im Jahr 2016 – ein Jahr nach der Aussaat – trat der Steinklee, *Melilotus officinalis*, sehr dominant mit Flächendeckungen von bis zu 86 Prozent auf einigen Probeplots in Erscheinung. Danach wurde er im Jahr 2017 nur noch vereinzelt und mit Anteilen von bis zu 5 Prozent gefunden. Ab 2017 traten der Rainfarn, *Tanacetum vulgare*, mit auf einigen Flächen bis zu 98 Prozent – und der Beifuß, *Artemisia vulgaris*, mit bis zu 85 Prozent Deckungsanteil auf. Die schwarze Flockenblume, *Centaurea nemoralis*, hatte im Jahr 2017 zwar bei Betrachtung aller Flächen nur einen durchschnittlichen Deckungsanteil von 15 Prozent, konnte allerdings auf einigen Probeplots Deckungsanteile von 70 Prozent einnehmen. Ein Vergleich

des Aufwuchses innerhalb der 1 Hektar-Flächen mit dem auf 1000 m²-Streifen zeigte keine regelmäßigen erkennbaren Unterschiede (Abb. 9b). Eine differenzierte Betrachtung der Flächen auf Lehm- und Sandböden (Abb. 9c) lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Rainfarn, *Tanacetum vulgare*, auf Sandböden schneller dominant wird. Der Flächenanteil, auf dem Arten spontan aufkamen, nahm von 2016 nach 2017 zu, sank allerdings von 2017 nach 2018 wieder stark.

Blütenangebot

Kulturen, auf denen Wildpflanzenmischungen zur Erzeugung von Biomasse angebaut werden, stellen ein üppiges Blütenangebot. Eine Kartierung im Jahr 2018 zeigte, dass der von Blüten bedeckte Anteil der Fläche von 9 Prozent auf 35 Prozent am 27. Juli stieg. Ein Großteil der Pflanzen stand zu diesem Zeitpunkt in Blüte (Abb. 10).

Das Farbspektrum der Blüten (Abb. 11) spiegelte dabei die zunehmend dominanter werdende Rolle des gelb blühenden Rainfarns wider, der kurz vor der Ernte, Ende Juli etwa 80 Prozent der Blüten ausmachte. Abbildung 11 stellt diese Entwicklung als Blütenfarbenanteile an der blühenden Fläche – gemittelt über alle Flächen – zu den jeweiligen Zeitpunkten dar. Die Anteile weißer Blüten in Mai/Juni waren zumeist der Fettwiesen-Margerite, *Leucanthemum ircutianum*, die Rotanteile der Roten Lichtnelke, *Silene dioica*, geschuldet. Im Juni begann die schwarze Flockenblume, *Centaurea nemoralis*, lila und der Rainfarn, *Tanacetum vulgare*, gelb zu blühen. Diese beiden Arten stellten mit fortschreitendem Sommer einen immer größeren Anteil – und Ende Juli nahezu die Gesamtheit der Blüten (Abb. 11).

Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung beschreiben das Erscheinungsbild der Wildpflanzenmischungen, die im Rahmen des Projektes GrünSchatz in den Jahren 2015 bis 2018 zur Erzeugung von Biomasse für Biogasanlagen angebaut wurden. Dies mag zur Einschätzung der ökologischen Potentiale derartiger Kulturen dienen. Die durch diese Kulturen hervorgerufene Erhöhung der pflanzlichen Artenvielfalt und die Art und Weise der Bewirtschaftung lassen für die Agrarlandschaft vergleichsweise vielfältige und ungestörte Flächen entstehen. Die positiven ökologischen Effekte sind mehrfach beschrieben worden (Strauß et al., 2017; de Mol et al., 2018; Vollrath et al., 2016; Günner et al., 2018). Diese

Tab. 3. Zeigerwerte der dominierenden vier Grünschatzarten.

Arten	Zeigerwert „Temperatur“	Zeigerwert „Licht“	Zeigerwert „Feuchtezahl“	Nährstoffzahl	Humuszahl
<i>Artemisia vulgaris</i> aggr.	4	4	2,5	4	3
<i>Centaurea nemoralis</i> (als "C. nigra")	4	4	2,5	3	3
<i>Melilotus officinalis</i> *	5	4	n.a.	3	3
<i>Tanacetum vulgare</i> aggr.	5	4	3,5	4	3

**Melilotus albus* und *M. officinalis* traten nur in 2016 in relevanter Menge auf

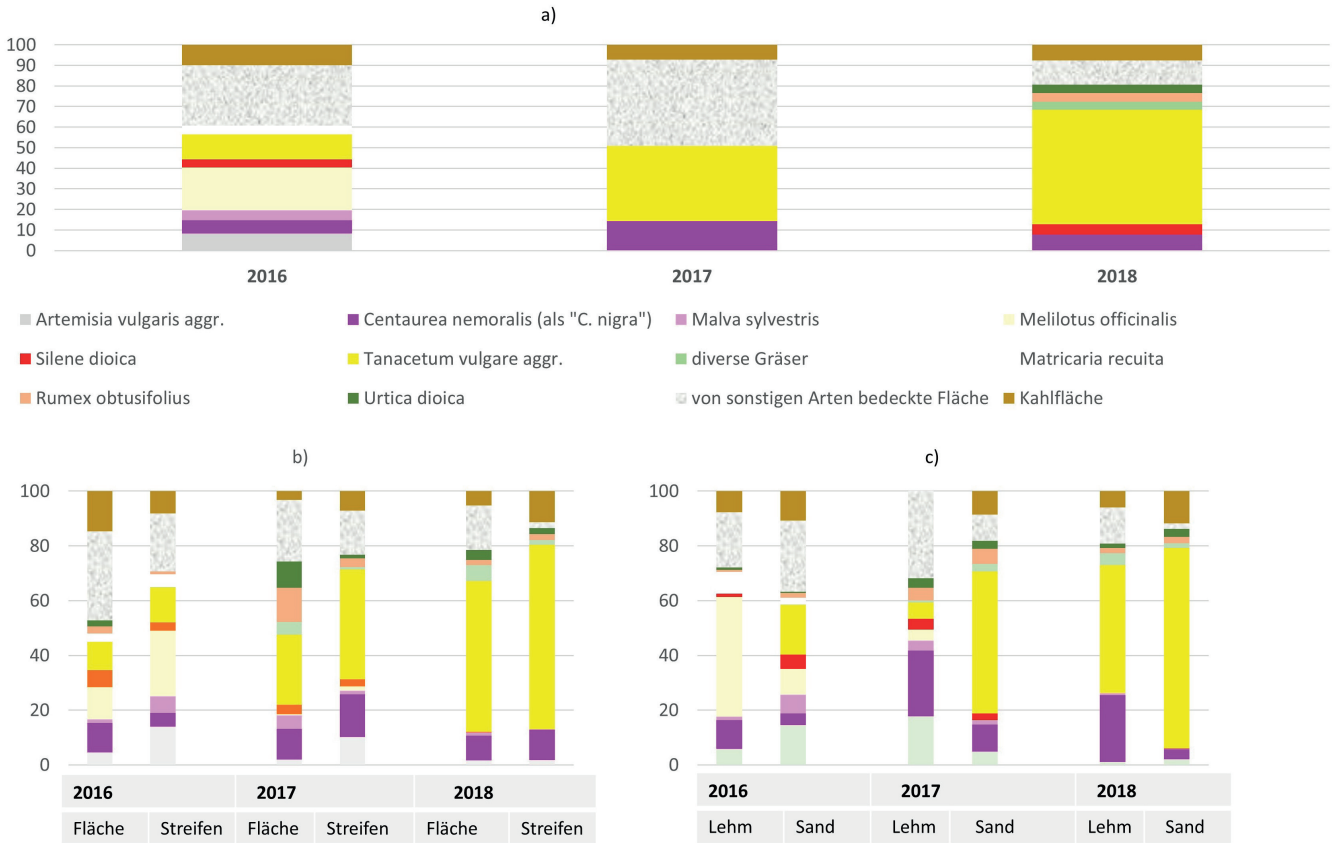


Abb. 9. Flächenanteile (in %) der dominierenden Arten a) Gesamtentwicklung 2016 -2018, b) Vergleich des Aufwuchses auf 1 Hektar-Flächen und 1000m²-Streifen, c) Vergleich des Aufwuchses auf Lehm- und auf Sandböden.

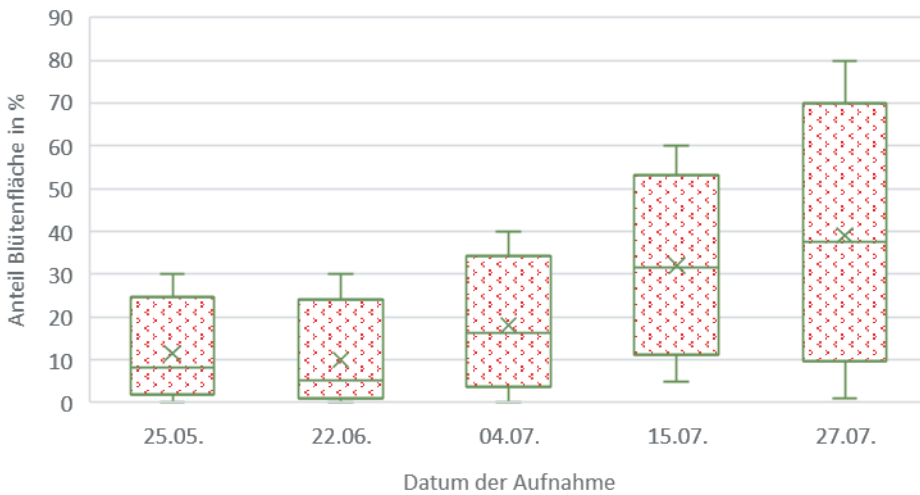


Abb. 10. Entwicklung des von Blüten bedeckten Flächenanteils im Laufe des Kartierjahres 2018.

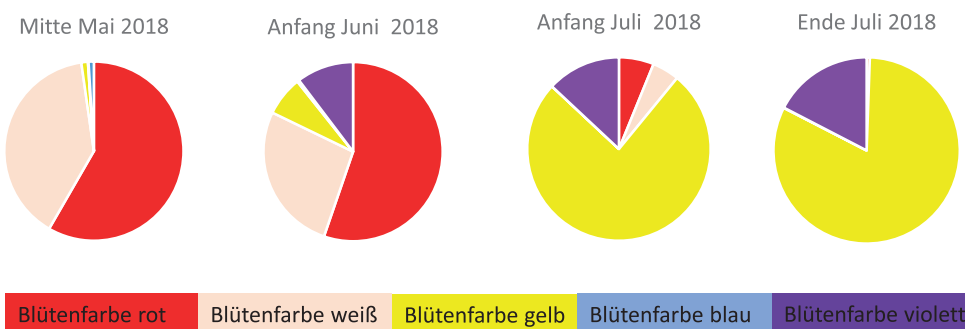


Abb. 11. Entwicklung des Farbspektrums der Wildpflanzenmischungen in der Vegetationsperiode bis zur Ernte.

Aufwertung stellt laut de Mol et al. (2018) die mit der Biogasmischung BG 70 von Saaten Zeller eingesäte Flächen auf Artenzusammensetzung und insbesondere die Anteile der Ziel- und der „Unkraut“-Arten untersuchte, eine wertvolle Ökosystemleistung dar. Im hier vorgestellten Projekt wurde eine modifizierte Saatgutmischung BG 70 von Saaten Zeller eingesetzt. Soweit verfügbar wurde gebietseigenes Saatgut (Herkunftsgebiet 2) verwendet (vgl. Tab. 1).

Die Aussaat einer Wildpflanzenmischung mit 21 Arten führt bereits per se zu einer enormen Steigerung der Artenvielfalt – insbesondere verglichen mit einer Mais-Monokultur. Die große Anzahl von Arten, die häufig nur an einzelnen Standorten vorkamen und daher in den Jahresmittelberechnungen nur geringe prozentuale Deckungen erreichen, zeigt, dass derartige Kulturen an verschiedenen Standorten sehr verschiedene Pflanzengemeinschaften entstehen lassen, was die β -Diversität in der Landschaft erhöht. Auch de Mol et al. (2018) wiesen bereits auf diesen für die Biodiversität positiven Aspekt hin.

Möglicherweise wurden durch Bodenbearbeitung im Rahmen von Flächenvorbereitung und Ansaat der Wildpflanzenmischungen und dank des Verzichtes auf Pestizide auch die Samenbanken der jeweiligen Flächen aktiviert (Soliveres et al., 2016) wie es als potenziell möglich beschrieben wird (Scherreiks et al., 2022). Auch Klaus et al. (2017) berichten – allerdings für Grünland – von einer Bereicherung der pflanzlichen Artenvielfalt durch Störungen. Insofern sind die Offenbodenanteile auf den GrünSchatzflächen als Keimungsnischen für Lichtkeimer aus ökologischer Perspektive durchaus als positiv und die Artendiversität steigernd einzustufen.

Wie schon von de Mol et al. (2018) in ihrem Projekt beschrieben, wurde über die Standjahre auch im Projekt GrünSchatz eine deutliche Abnahme der Artenvielfalt festgestellt. Dieser Diversitätsverlust ist aus ökologischer Perspektive bedauerlich. Die zunehmende Dominanz insbesondere des „Biomasse-Bringers Rainfarn“ ist der Kompromiss, der eingegangen wird, um auf konventionell landwirtschaftlich genutzter Fläche biodiversitätssteigernd wirksam zu sein. Das Artenvielfalts-Niveau blieb unseren Untersuchungen zufolge allerdings bis zum Ende der Aufnahmen im Jahr 2018 auf allen Flächen deutlich über demjenigen der umgebenden Mais-Kulturen. Auch die Unterschiede in den Artenzusammensetzungen an den verschiedenen Standorten fielen in den als Referenz betrachteten Maiskulturen geringer aus (Lohoff, 2019). Beobachtungen auf derzeit angebauten Flächen bestätigen unsere Befunde (mündliche Mitteilung Werner Kuhn).

Die größere Diversität der Wildpflanzenflächen ergab sich auch dadurch, dass die verwendete Saatgutmischung auf den 24 Flächen der sechs verschiedenen Standorte sehr heterogen auflief. Das zeigte sich auch an den sehr unterschiedlichen Aufwuchshöhen (1 – 3 m) und Offenbodenanteilen, die zwischen 0,3 und 39 Prozent differierten. Regelmäßige Muster zeigten sich dabei weder bei Differenzierung zwischen 1000 m²-Streifen oder 1 Hektar-Flächen, noch zwischen den Kulturen auf Lehmboden (Komplexe A I und A II) oder auf Sandboden (Komplexe A III-B III), und nur andeutungsweise bei einer Betrachtung über die Jahre. Im zweiten Kartierjahr (2017) lagen die Aufwüchse auf höherem Niveau als im ersten Kartierjahr (2016), das von mäßigem Anwuchs nach der

Aussaat im 2015 geprägt war. Im dritten Jahr zeigten sich auf den meisten Flächen wiederum geringere Aufwüchse. Ob und inwieweit dies auch der Dürre des Jahres 2018 geschuldet war, bleibt unklar.

Die Bewertung der vorgelegten Erkenntnisse aus dem Projekt GrünSchatz (2015 – 2018) sollte unter Berücksichtigung der inzwischen erfolgten Weiterentwicklung der Kultur erfolgen. Mittlerweile erfolgt die Aussaat in die Stoppeln der Vorkultur, was Erträge im Aussaatjahr durch die Vorkultur, sichereres Aufgehen des Saatgutes, geschlossener Bestände und weniger Beikräuter generiert (mündliche Mitteilung Rainer Schuldt, Werner Kuhn 2022). Auch wird meist auf Flächen von mehreren Hektar angebaut, da sich diese Verfahrensweise als ökonomisch vorteilhaft erwiesen hat. Ob diese Art der Bewirtschaftung zu weniger Artenvielfalt führt, sollte geprüft werden. Da das Ziel die Erhöhung der Biodiversität in der konventionell bewirtschafteten Agrarlandschaft ist, ist die Akzeptanz durch die Bewirtschafter essenziell. Gerade im westlichen Münsterland, wo Schweinemast vielerorts finanzielles Rückgrat der landwirtschaftlichen Betriebe ist, präsentiert sich die Agrarlandschaft sehr monoton und ausgeräumt. Blütenreiche Säume und Brachflächen sind eine Seltenheit (Wanney, 2022). Wildpflanzenmischungen könnten dazu beitragen, diesen Verlust der Agrobiodiversität auf der Ebene der blühenden Ackerkräuter zu verringern und Lebensräume zu schaffen (Günner et al., 2018; Krimmer et al., 2021). So könnten auch außerhalb von Schutzgebietskulissen, auf Flächen, die bei Bewirtschaftung als Maiskulturen zur Erzeugung von Biomasse in der Regel einem starken mechanischen und agrochemischen Druck ausgesetzt sind, Refugialräume entstehen (Newbold et al., 2016). Derartige Flächen könnten auch als Brücken im Sinne der Biotopvernetzung dienen – eine Hilfestellung, die in Anbetracht des geringen Flächenanteils von Naturschutzgebieten (nur sechs Prozent deutschlandweit) sinnvoll erscheint (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2022).

Die berechneten Zeigerwerte für Temperatur, Lichtbedürfnis, Humidität, Nährstoffanspruch und Humus geben dabei Auskunft über die ökologischen Verhältnisse, die sich auf derartigen Kulturen entwickelten.

Die sich spontan ansiedelnden Arten zeigen das in der Umgebung und der Samenbank verfügbare Artenspektrum und machen eine deutlichere Aussage über die entstehenden Standortverhältnisse als die gesäten, also anthropogen eingebrachten, Arten. Dabei zeigt die Betrachtung der Zeigerwerte für Temperatur, dass die auf den Wildpflanzenflächen im westlichen Münsterland entstandenen Pflanzengesellschaften mit Mäßig- bis Extremwärmezeigern recht wärmeliebend sind. Dass der Zeigerwert der spontan aufgekommenen Arten im Laufe der Standjahre etwas sinkt ist erstaunlich, denn das letzte Kartierjahr (2018) war außergewöhnlich heiß. Eine Erklärung könnte sein, dass sich die Mäßigwärmezeiger unter dem zunehmenden Blätterdach der Stauden der GrünSchatzkultur – durch Beschattung vor zu großer Hitze geschützt – halten können.

Die gefundenen „Zeigerwerte Licht“ deuten darauf hin, dass die Kulturen für Halbschatten- und volles Licht benötigende Arten geeigneten Lebensraum bieten. Dieser Wert zeigt sich

als sehr stabil mit sehr leichter Tendenz hin zu Halbschatten tolerierenden Arten. Angesichts des zunehmend dominant werdenden und Beschattung generierenden Rainfarns und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass aber auch stets noch stärker belichtete Offenbodenanteile erhalten bleiben, erscheint das plausibel.

Die gefundenen Zeigerwerte für Feuchtigkeit weisen die Flächen als Standorte für eher an trockene Gegebenheiten angepasste Arten aus. Insgesamt scheinen die Flächen Feuchtigkeit gut halten zu können. Es zeigen sich Anzeichen von Resilienz gegenüber Hitze und Trockenheit: Der Zeigerwert für Feuchtigkeit sinkt über die Standjahre nur leicht ab, und steigt im Jahr 2018 sogar leicht an. Das ist besonders bemerkenswert, da das Jahr 2018 im Münsterland extrem trocken war. Der optische Eindruck der „grünen“ Kulturflächen hinter einem verdorrten Saum in diesem Sommer bestätigt das (Abb. 12). In Anbetracht der sich abzeichnenden Klimaerwärmung könnte das ein Argument für den Anbau derartiger Wildpflanzenmischungen sein.

Besonders interessant stellt sich die Entwicklung der Zeigerwerte für Nährstoffe dar. Angesichts zahlreicher Diskussionen um die zu starke Stickstoffbelastung von Böden in der Agrarlandschaft und möglicher Beeinträchtigungen des Grundwassers durch hohe Stickstoffeinträge (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2020), sind stickstoffbindende Kulturen für eine nachhaltige Landwirtschaft hochinteressant. Zwar werden auf den Flächen spätestens im dritten Standjahr deutlich Zeiger für hohe bis sehr hohe Nährstoffversorgung gefunden, dennoch stiegen die „Zeigerwerte N“ trotz massiver Düngung – die Versuchsflächen im Projekt GrünSchatz wurden mit 180 kg N/ha (mineralisch und Gülle) gedüngt – nur minimal an. Aus den Untersuchungen auf niedersächsischen Praxisflächen (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz et al., 2020) sowie aus mündlichen Mitteilungen kooperierender Wildpflanzenanbauern (mündliche Mitteilung, Werner Kuhn, 2022) ist bekannt, dass es trotz der starken Düngergabe nicht zu einer Erhöhung der Nmin-Werte im Boden kommt.

Derartige Kulturen aus Wildpflanzenmischungen besitzen offensichtlich das Potential, große Mengen an Nährstoffen aufzunehmen. Wenn diese Nährstoffe in Biomasse umge-



Abb. 12. GrünSchatzfläche hinter verdorrtem Rain im extrem trockenen Juli 2018 (Photo: Anne Kutscheidt).

setzt und der Flächen mit der Ernte wieder entzogen werden, scheint damit eine Verlagerung in tiefere Bodenschichten vermieden zu werden.

Dass die Zeigerwerte für Humus im Laufe der Standjahre leicht ansteigen, deutet auf einen weiteren vorteilhaften Effekt der Wildpflanzenmischungen hin. Eine Humusanreicherung im Boden dürfte Bodenstruktur, Wasserhaltekapazität und Potentiale des Bodens als Nährstoffspeicher und die Nährstoffdynamik langfristig verbessern (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2022).

Ein weiterer Vorteil ist, dass die mehrjährigen Kulturen mit dauerhaft bewachsenen Flächen dem Bodenverlust durch Erosion entgegenwirken und CO₂ speichern.

Auch wenn keine Rote-Liste-Arten kartiert wurden, ist allein die Vielfalt und die Masse der blühenden Pflanzen insbesondere in einer ansonsten recht ausgeräumten Agrarlandschaft als Gewinn zu bewerten. Im Rahmen unserer Untersuchungen wurden in einer Literaturstudie (Schneidereit, 2018) allein für die 30 am häufigsten kartierten Pflanzen über 900 Insektenarten, die diese Pflanzen als Pollen- oder Nektarquelle nutzen, identifiziert. Bis die Pflanzen – je nach Witterung Ende Juli/Anfang August geerntet werden, stellen sie ein außergewöhnlich reiches Pollen- und Nektarangebot dar. In der Praxis dürfte dieser Gewinn etwas geschmälert ausfallen, da sich im Laufe der Jahre vom Rainfarn dominierte Bestände entwickeln. Auch die Ernte zur Hauptblütezeit ist eher ökonomisch als ökologisch von Vorteil. Andererseits wachsen die Pflanzen nach der Ernte bis zum Vegetationsende im Herbst nochmals auf und bei einigen Arten kommt es zu erneuter Blüte, was dann wieder Habitat- Pollen- und Nährstoffangebot der Agrarlandschaft bereichert.

Insgesamt sollte die Interpretation der vorgelegten Daten unter Berücksichtigung der Tatsache erfolgen, dass das Ziel die Erhöhung der Biodiversität in der konventionell bewirtschafteten Agrarlandschaft ist. Im Sinne Poschlods (Poschlod, 2014) könnte der Begriff „Kulturlandschaft“ so wieder positiver belegt werden: als Landschaft, in der das kulturelle Wesen Mensch, orientiert an seinen Bedürfnissen und existentiellen Notwendigkeiten, seinen gestalterischen und technischen Möglichkeiten und den natürlichen Gegebenheiten, Natur formt und dabei Habitate schafft.

Projektpartner im Projekt GrünSchatz waren die Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Landschaftsökologie, die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und das Planungs- und Umweltamt der Stadt Dorsten. Das Projekt wurde vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) gefördert.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autorin erklärt, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2022: Özdemir: Humusaufbau bedeutet Klimaschutz. Pressemittei-

lung Nr. 17/2022 vom 09. Februar 2022. URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/17-humusaufbau-bescheiduebergabe.html>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2022: Naturschutzgebiete in Deutschland. URL: <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/naturschutzgebiete-deutschland>. Zugriff: 01.03. 2023.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2020: Nitratbericht 2020 – Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn.

Demuth, B., S. Heiland, N. Wiersbinski, C. Hildebrandt, 2014: Die Energiewende als Treiber der Landschaftsentwicklung. In Demuth, B. et al. (Hrsg.): *Energielandschaften – Kulturlandschaften der Zukunft? Dokumentation ausgewählter Beiträge der Workshops II (18.-21.03.2013) + III (15.-18.10.2013)*. BfN-Skripten 364. Bonn – Bad Godesberg. 4-17.

Deutsches Maiskomitee e. V., 2020: Maisanteil an AF und LN Kreisebene 2020 – prozentualer Anteil des Maisanbaus an der Ackerfläche und an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche auf Landkreisebene.

de Mol, F., L. Tamms, B. Gerowitt, 2018: Biodiversität einer mehrjährigen Wildpflanzenmischung für die Biogasproduktion. In Nordmeyer, H., L. Ulber (Hrsg.). 28. *Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*, 27. Februar – 1. März 2018, Julius Kühn-Institut, Braunschweig, Germany, Julius-Kühn-Archiv 458, 35-40, DOI: 10.5073/jka.2018.458.005.

Dietzel, S., F. Sauter, M. Moosner, C. Fischer, J. Kollmann, 2019: Blühstreifen und Blühflächen in der landwirtschaftlichen Praxis – eine naturschutzfachliche Evaluation. *Anliegen Natur* 41, (1), 73-86.

Günner, P., S. Paltrinieri, M. Meyer, T. Buttschardt, 2018: Vielfalt statt Einfalt: das GrünSchatz-Projekt – Potenziale zur Erhöhung der Artenvielfalt im Rahmen konventioneller Landwirtschaft im Münsterland. *Natur in NRW*, (4), 39–43.

Herbes, C., E. Jirka, J. Braun, K. Pukall, 2014: Der gesellschaftliche Diskurs um den „Maisdeckel“ vor und nach der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012. The Social Discourse on the “Maize Cap” before and after the 2012 Amendment of the German Renewable Energies Act (EEG). *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society* 23, (2), 100–108.

Klaus, V.H., Schäfer, D., Kleinebecker, T., Fischer, M., Prati, D., Hölzel, N., 2017: Enriching plant diversity in grasslands by large-scale experimental sward disturbance and seed addition along gradients of land-use intensity

Krimmer, E., K. Marzini, I. Heidinger, 2021: Wildpflanzenmischungen für Biogas: Artenvielfalt produktionsintegriert fördern – Praxisversuche zur ökologischen Aufwertung der Landschaft. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 53, (2), 12–21.

Lammers, M., Becker, T., 2014: Landwirtschaft im Münsterland – Daten – Fakten – Analysen. 2. Auflage, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.

Landolt, E., B. Bäumler, A. Ehrhardt, O. Hegg, F. Klötzli, W. Lämmler, M. Nobis, K. Rudamann-Maurer, F. Schweingruber, J.-P. Theurillat, E. Urmi, M. Vust, T. Wohlgenuth, 2010: Flora indicativa – Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps. Editions des Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève; Haupt, Geneve, Bern, Stuttgart, Wien. 2. Aufl., 376 S.

Le Provost, G., J. Thiele, C. Westphal, C. Penone, E. Allan, M. Neyret, F. Van der Plas, M. Ayasse, R. Bardgett, K. Birkhoffer, S. Bosch, M. Bonkowski, F. Buscot, H. Feldhaar, R. Gaulton, K. Goldmann, M. Gossner, V. Klaus, T. Kleinebecker, J. Krauss, et al., 2021: Contrasting responses of above- and belowground diversity to multiple components of land-use intensity. *Nature communications* 12, (1), 1-13.

Lohoff, F., 2019: Biodiversität und Sukzession in Wildpflanzenflächen zur Erzeugung von Biogas von 2016 bis 2019. Bachelorarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.

Londo, G., 1976: The Decimal Scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio*, 33, (1), 61-64.

Newbold, T., Hudson, L.; Arnell, A.; Contu, S.; Palma, A.; Ferrier, S.; Hill, S.; Hoskins, A.; Lysenko, I.; Phillips, H.; Burton, V.; Chng, C.; Emerson, S.; Di Gao, P.; Hutton, J.; Sanchez-Ortiz, K., Benno I.; Whitmee, S.; Zhang, H.; Scharlemann, J.; Purvis, A., 2016: Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment? *Science*, Vol 252, NO.6296

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Landesjägerschaft Niedersachsen e. V., Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e. V., 2020: Wildpflanzen auf Praxisflächen in Niedersachsen – Erfahrungen und Ergebnisse. URL: https://www.3-n.info/media/assets/uploads/pdf_Prjkt_WildpflanzenAufPraxisflaechen_Endbericht.pdf. Zugriff: 30.11. 2022.

Poschlod, P., 2014: Kulturlandschaft, Landnutzungswandel und Vielfalt – Mechanismen und Prozesse der Entstehung und Entwicklung unserer Kulturlandschaft und die Notwendigkeit einer Genbank für „Wildpflanzen für Ernährung und Landwirtschaft (WEL)“. In: Poschlod, P. et al. (Hrsg.): *Handbuch Genbank WEL, Hoppea, Sonderband*, Regensburg, 7–40.

Scherreiks P., M. Gossner, D. Ambarli, M. Ayasse, N. Blüthgen, M. Fischer, V. Klaus, T. Kleinebecker, F. Neff, D. Prati, S. Seibold, N. Simons, W. Weisser, K. Wells, C. Westphal, J. Thiele, 2022: Present and historical landscape structure shapes current species richness in Central European grasslands. *Landscape ecology*, 37 (3), 745-762, DOI: 10.1007/s10980-021-01392-7.

Schneiderreit, H., 2018: Charakterisierung von Wildenergiepflanzen und in Vergesellschaftung regelmäßig spontan auftretenden Pflanzenarten. Bachelorarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.

Soliveres, S., F. van der Plas, P. Manning, D. Prati, M. Gossner, S. Renner, F. Alt, H. Arndt, V. Baumgartner, J.

Binkenstein, K. Birkhofer, S. Blaser, N. Blüthgen, S. Boch, S. Böhm, C. Börschig, F. Buscot, T. Diektötter, J. Heinze, N. Hölzel et al., 2016: Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature* **536** (7617), 456–459.

Strauß, C., C. Hildebrandt, K. Ammermann, 2017: Verbesserte Artenvielfalt durch den Anbau mehrjähriger Kulturarten zu Biogasproduktion? *Natur und Landschaft* **52**, (5), 214–220, DOI: 10.17433/5.2017.50153467.214-220.

Vollrath, B., A. Werner, M. Degenbeck, K. Marzini, 2016: Schlussbericht zum Vorhaben: Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion(Phase II)." Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim. URL: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22038211.pdf>. Zugriff: 07.06. 2017.

Wanney, L. 2022: Die Honigbiene im GrünSchatz-Projekt. Bachelorarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.