

Print: ISSN 1867-0911  
Internet: ISSN 1867-0938  
Band 75 | Nr. 03-04  
2023



# Journal für Kulturpflanzen

Journal of Cultivated Plants



**Online Version:** <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal/index>

### Journal für Kulturpflanzen vereint mit Pflanzenbauwissenschaften

Print: ISSN 1867-0911, Internet: ISSN 1867-0938

Website: <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal>

### Charakteristik

Bei uns steht die Kulturpflanze mit all ihren Facetten im Mittelpunkt. Alle publizierten Beiträge haben einen starken Bezug zur angewandten Forschung und unterstreichen die Bedeutung und Chancen der gewonnenen Erkenntnisse für die land- und gartenbauliche Praxis. Im Bereich der Forschung an Kulturpflanzen nehmen wir Beiträge aus allen einschlägigen Fachgebieten entgegen, z. B. Bodenkunde, Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Garten-, Obst- und Weinbau, Pflanzengenetik und Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit sowie Agrartechnik.

Wir publizieren deutsch- und englischsprachige Original- und Übersichtsarbeiten sowie Kurzmitteilungen. Im redaktionellen Teil der Zeitschrift erscheinen außerdem Nachrichten, Personalien und Buchbesprechungen sowie Mitteilungen einschlägiger Fachgesellschaften.

### Verantwortlicher Herausgeber / Editor-in-Chief

Prof. Dr. Frank Ordon, Präsident und Professor des Julius Kühn-Instituts – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

### Schriftleitung / Managing Editor

Dr. Anja Hühnlein, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-2206, E-Mail: [journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de](mailto:journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de)

### Co-Schriftleitung

Dr. Heike Riegler (JKI Quedlinburg)

### Redaktionsbeirat / Editorial Board

Prof. Dr. Henryk Flachowsky (JKI Dresden)  
Prof. Dr. Simone Graeff-Hönninger (Universität Hohenheim)  
Prof. Dr. Jörg Michael Greef (JKI Braunschweig)  
Prof. Dr. Johannes Hallmann (JKI Braunschweig)  
Dr. Olaf Hering (JKI Berlin)  
Prof. Dr. Johannes Jehle (JKI Darmstadt)  
Prof. Dr. Wilhelm Jelkmann (JKI Dossenheim)  
Dr. Hella Kehlenbeck (JKI Kleinmachnow)  
Dr. Heinz-Josef Koch (Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen)  
Dr. Andrea Krähmer (JKI Berlin)  
Prof. Dr. Carola Pekrun (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen)  
Dr. Jens Pistorius (JKI Braunschweig)  
Dr. Bernhard Carl Schäfer (JKI Braunschweig)  
Prof. Dr. Frank Marthe (JKI Quedlinburg)  
Prof. Dr. Hartmut Stützel (Leibniz Universität Hannover)  
Prof. Dr. Friedhelm Taube (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Prof. Dr. Reinhard Töpfer (JKI Siebeldingen)  
Dr. Ute Katharina Vogler (JKI Braunschweig)  
Prof. Dr. Jens Karl Wegener (JKI Braunschweig)  
Dr. Ralf Wilhelm (JKI Quedlinburg)  
Prof. Dr. Peter Zwerger (JKI Braunschweig)

### Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr.-Ing. Frank Beneke (Georg-August-Universität Göttingen)  
Prof. Dr. Klaus Dittert (Georg-August-Universität Göttingen)  
Prof. Dr. Wolfgang Friedt (Justus-Liebig-Universität Gießen)  
Prof. Dr. Hans-Peter Kaul (Universität für Bodenkultur Wien)  
Prof. Dr. Bernward Märländer (Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen)  
Elmar Pfülb (Bundessortenamt Hannover)  
Mag. Astrid Plenk (AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH)  
Dr. Ellen Richter (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen)  
Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

### Manuskripteinreichung

Bitte reichen Sie Original- und Übersichtsarbeiten sowie Kurzmitteilungen und Nachrichten über das elektronische Zeitschriftenverwaltungssystem ein:

<https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal>.

Um die Einreichung zu beginnen, registrieren Sie sich als Nutzer der Zeitschrift über einen Klick auf „Registrieren“ im oberen rechten Bildschirmrand. Nach erfolgreicher Manuskripteinreichung erhalten Sie eine Bestätigung per E-Mail. Indem Sie sich mit Ihrem Benutzernamen und Passwort im System anmelden, können Sie jederzeit den Status Ihrer Einreichung einsehen.

Bei Fragen zur Manuskripteinreichung kontaktieren Sie gern die Schriftleiterin Dr. Anja Hühnlein (Tel.: 03946 47-2206, E-Mail: [journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de](mailto:journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de)).

### Verlag

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

### Realisierung

Layout-Design: Anja Wolck (JKI Berlin)

Technische Implementierung und Produktion: mediaTEXT Jena GmbH, Richard-Sorge-Straße 6 a/b, 07747 Jena.

### Druck

ROCO Druck GmbH, Neuer Weg 48 A, 38302 Wolfenbüttel.

### Copyright

Seit Januar 2019 werden alle Beiträge im Journal für Kulturpflanzen als Open-Access-Artikel unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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. Sechsendachtzig 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>. 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	<b>Gewöhnlicher Beifuß</b>
Quirl-Malve	Kornblume
Echter Eibisch	<b>Wilde Möhre</b>
Weißer Steinklee	Gewöhnliche Margerite
Echter Steinklee	<b>Rote Lichtnelke</b>
Schwarze Flockenblume	<b>Rainfarn</b>
Echter Alant	Schwarze Königskerze
Espalette	
Echter Buchweizen	
Fenchel	
Luzerne	
Sonnenblume	

## Situation A: Freie Landschaft

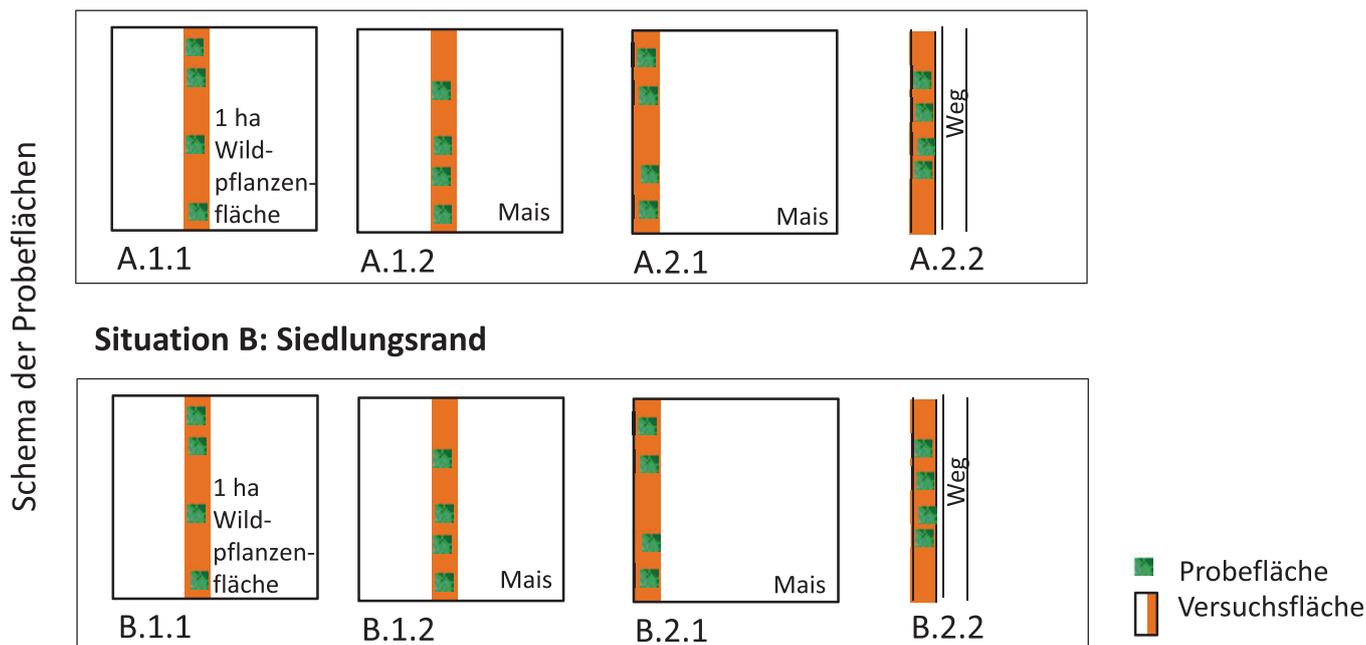


Abb. 1. Schema der Anordnung der Untersuchungsflächen im Projekt GrünSchatz: 1.1 = inmitten einer 1 ha –Wildpflanzenfläche –, 1.2 = inmitten einer Maisfläche –, 2.1 = am Rande einer Maisfläche – und 2.2 = an Randstruktur gelegen.

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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>-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 (Min<sub>2016</sub> 0,3 %, Max<sub>2016</sub> 39,3 %, MW<sub>2016</sub> 10,4 %; Min<sub>2017</sub> 0,0 %, Max<sub>2017</sub> 31,0 %, MW<sub>2017</sub> 7,0 %; Min<sub>2018</sub> 0,0 %, Max<sub>2018</sub> 31 %, MW<sub>2018</sub> 7,6 %). Tendenziell, aber nicht auf allen Flächen, sanken die Offenbodenanteile im Laufe der Standjahre.

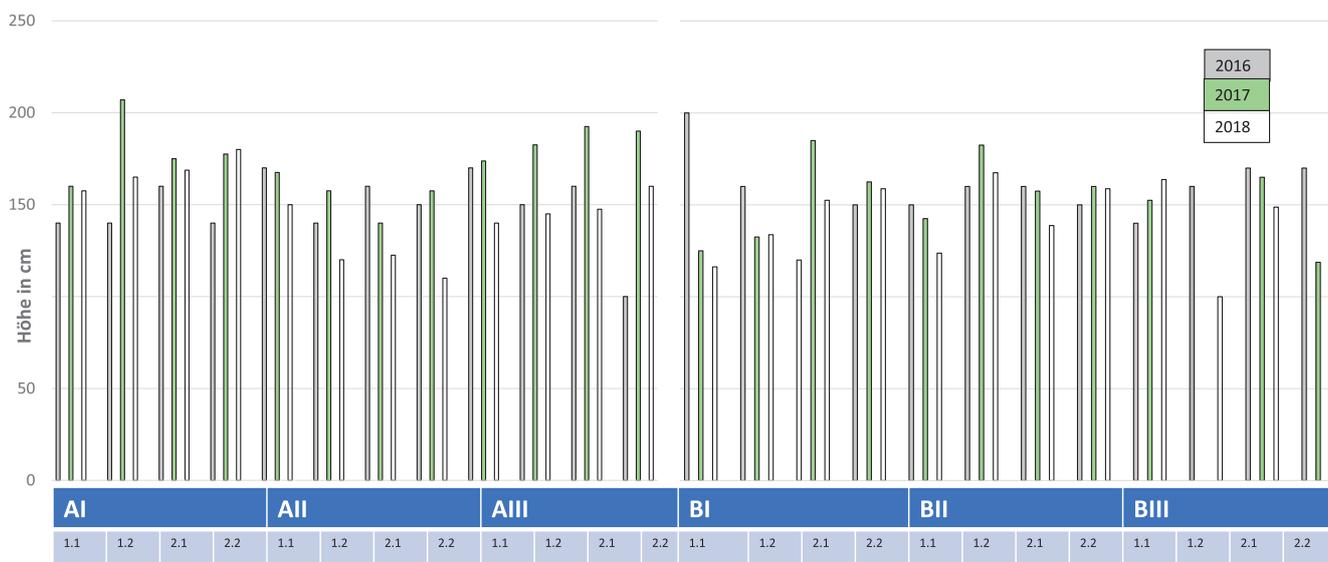


Abb. 2. Höhe des durchschnittlichen Aufwuchses auf den verschiedenen Flächen jeweils im August, kurz vor der Ernte auf den einzelnen Flächenkomplexen (AI, AII, AIII, BI, BII, BIII) in den Jahren 2016, 2017, 2018.

## 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  $\geq 2$  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 1000m<sup>2</sup>-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  $\geq 2$  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.

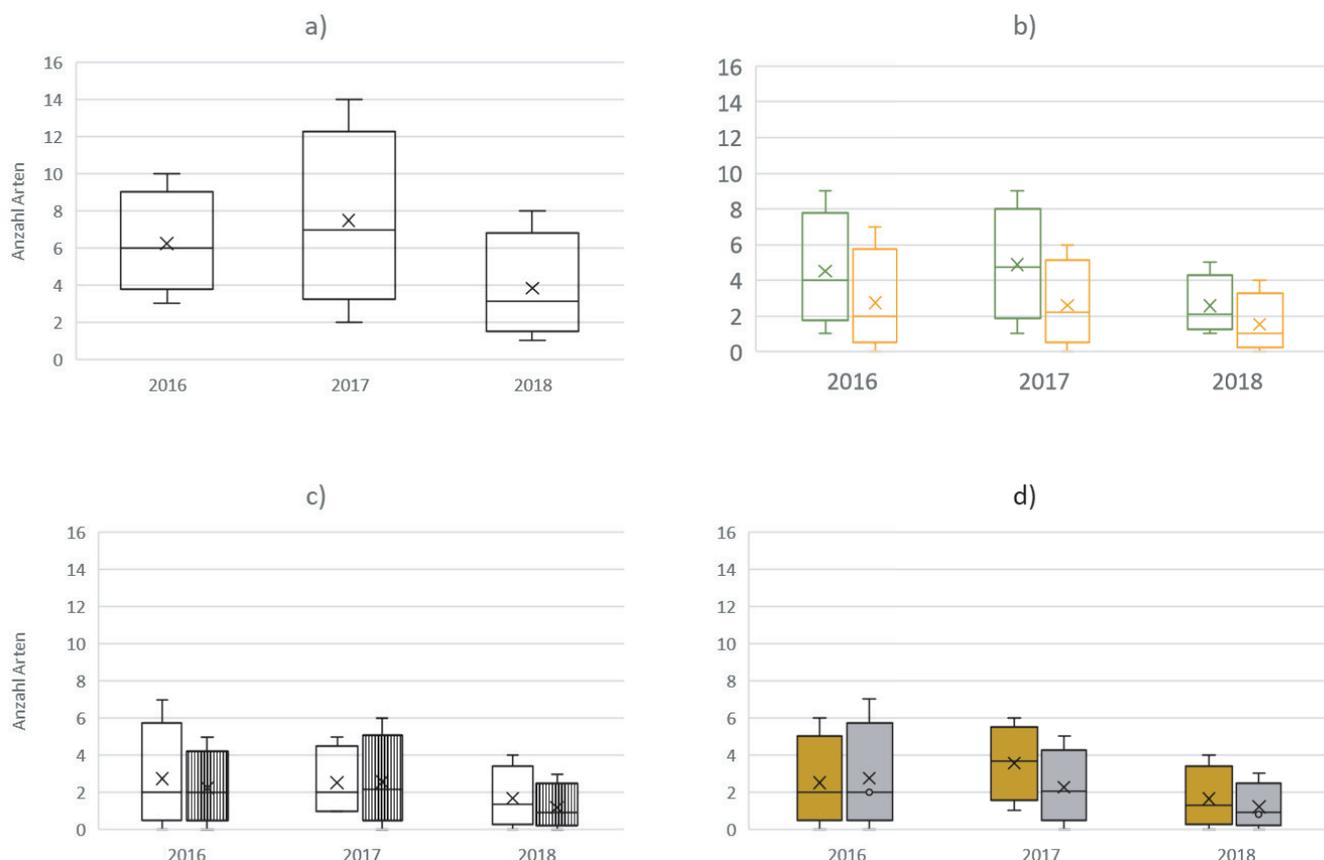


Abb. 4. Entwicklung der Artenzahl 2016 – 2018; a) insgesamt, b) der gesäten Grünschatzarten (grün) und spontan aufgekommene Arten (orange), c) spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) spontan aufgekommene Arten auf Lehm Böden (braun) und Sandböden (grau).

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 m<sup>2</sup>-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 1000m<sup>2</sup>-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.

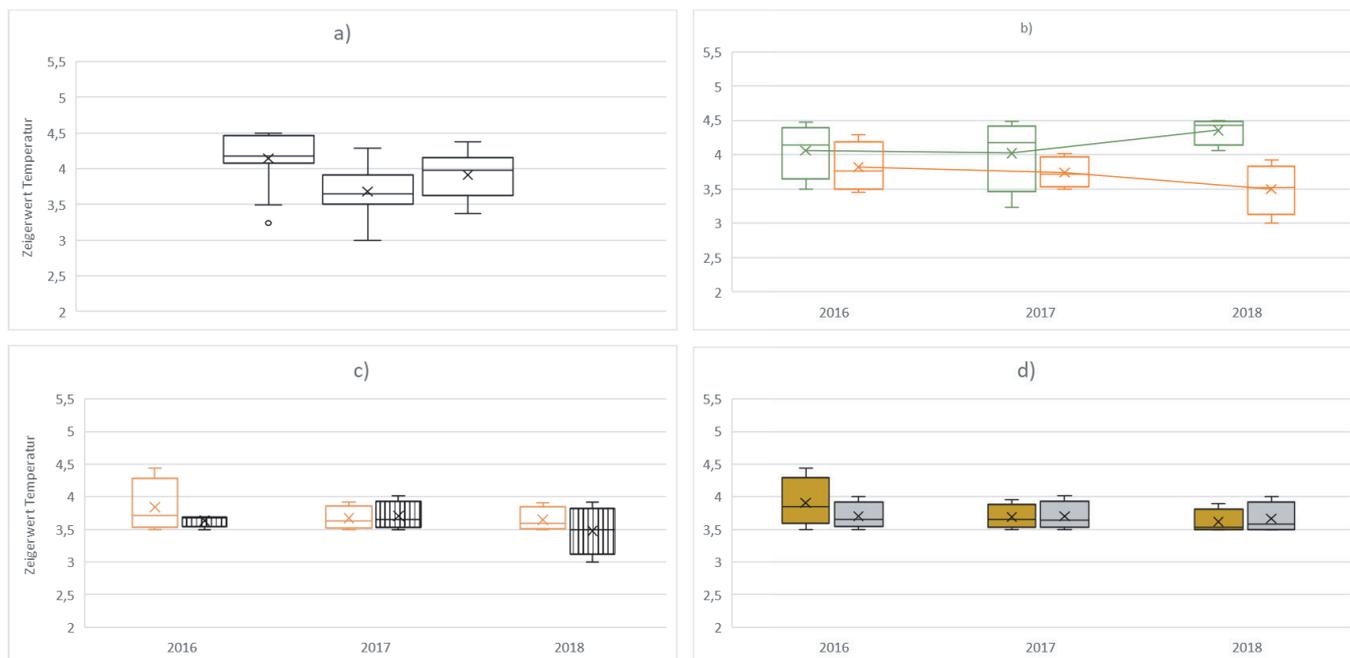


Abb. 5. Entwicklung des Zeigerwertes für Temperatur a) gemittelt für alle Flächen b) der gesäten Grünschatzarten (grün) vs. spontan aufgekommene Arten (orange), c) spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) spontan aufgekommene Arten auf Lehm Böden (braun) und Sandböden (grau).

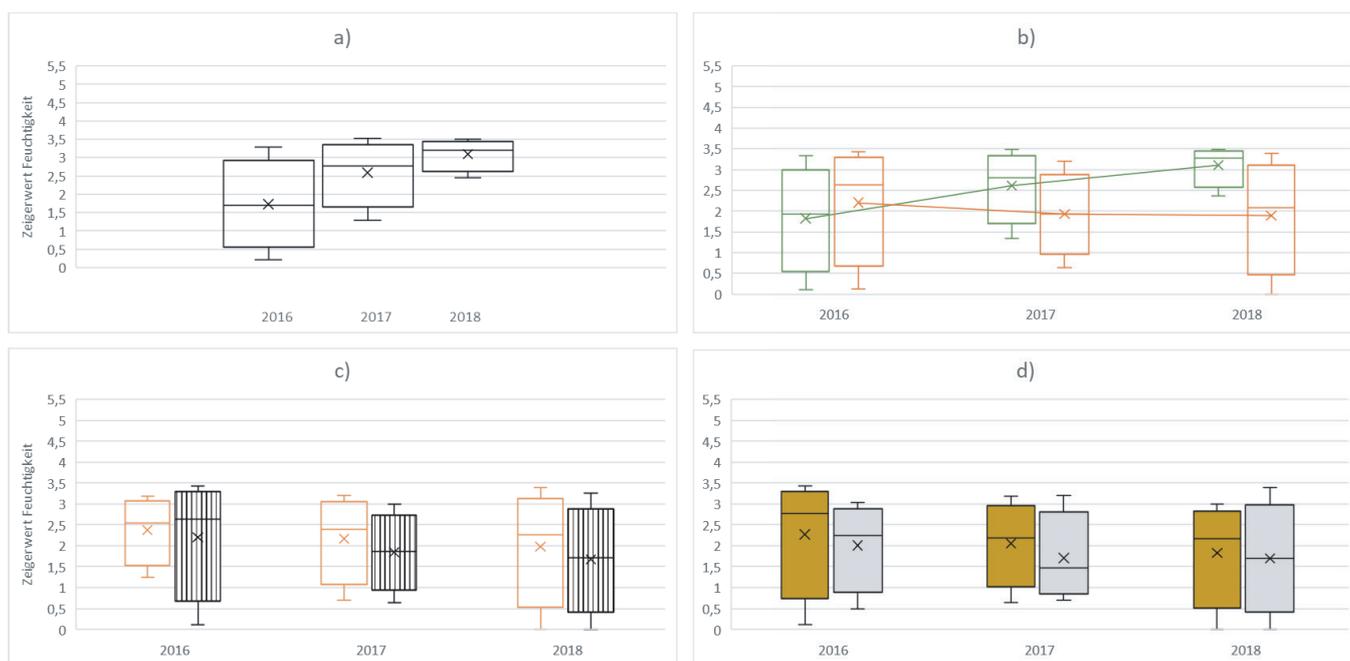


Abb. 6. Entwicklung des Zeigerwertes für Feuchtigkeit als a) Jahresmittelwerte aller Flächen, b) der gesäten Grünschatzarten (grün) und spontan aufgekommene Arten (orange), c) der spontan aufgekommene Arten auf den Flächen und Streifen, d) der spontan aufgekommene Arten auf Lehm Böden (braun) und Sandböden (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 m<sup>2</sup>-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-nährstoffzeiger (mit dem Wert WN=3) bis Extrem-nährstoffzeiger (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 m<sup>2</sup>-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)

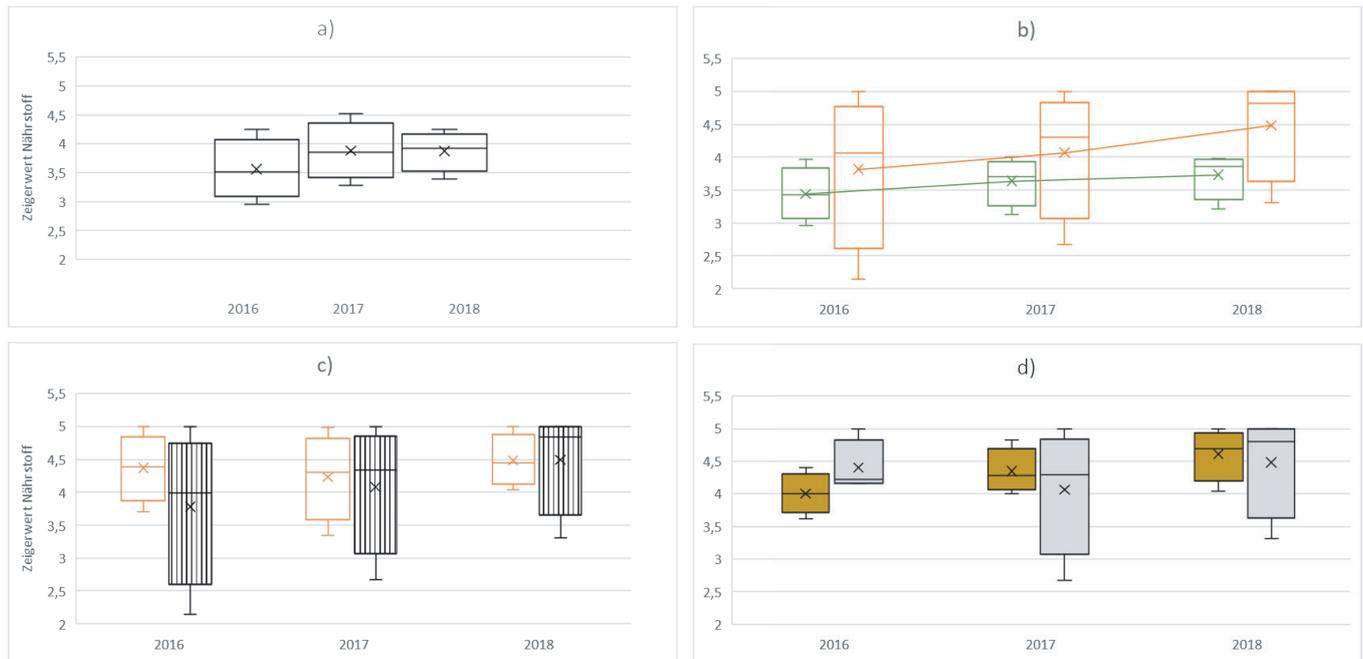


Abb. 7. Entwicklung des Nährstoff-Zeigerwertes als Jahresmittelwerte aller Flächen (a) sowie b) differenziert nach gesäten Grünscatzarten und spontan aufgekommene Arten sowie c) nach spontan aufgekomenen Arten auf den Flächen und Streifen, und d) spontan aufgekommene Arten auf Lehm- und Sandböden.

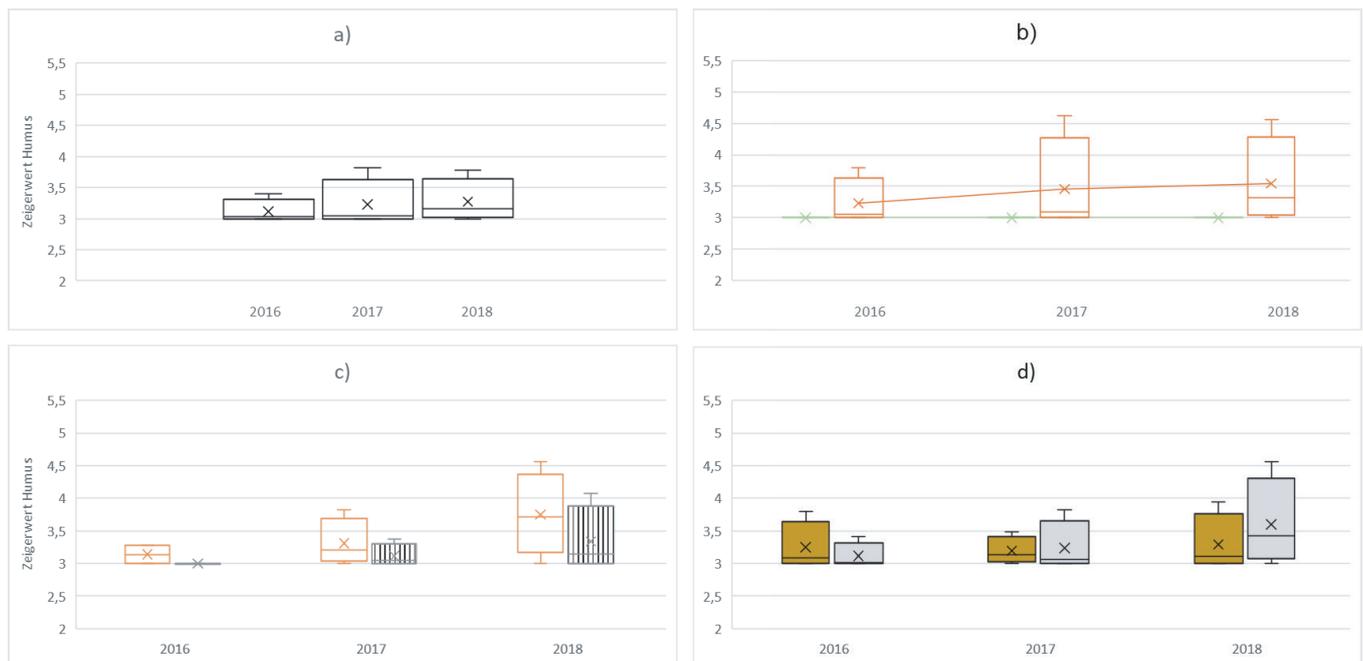


Abb. 8. Entwicklung des Humus-Zeigerwertes als a) Jahresmittelwert aller Flächen, sowie differenziert b) nach gesäten Grünscatzarten (grün) und spontan aufgekomenen Arten (orange), c) nach spontan aufgekomenen Arten auf den Flächen und Streifen, und d) spontan aufgekommene Arten auf Lehm- und Sandböden (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 m<sup>2</sup>-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 1000m<sup>2</sup>-Streifen, c) Vergleich des Aufwuchses auf Lehm- und auf Sandböden.

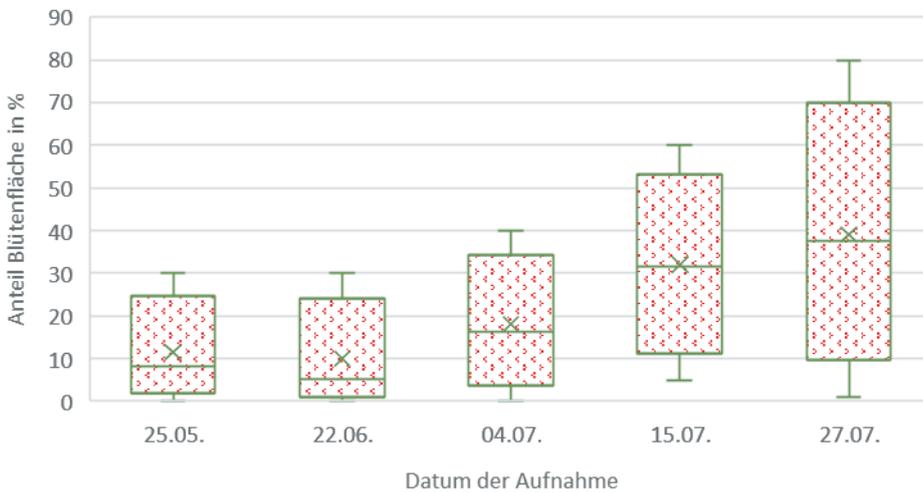


Abb. 10. Entwicklung des von Blüten bedeckten Flächenanteils im Laufe des Kartierjahres 2018.

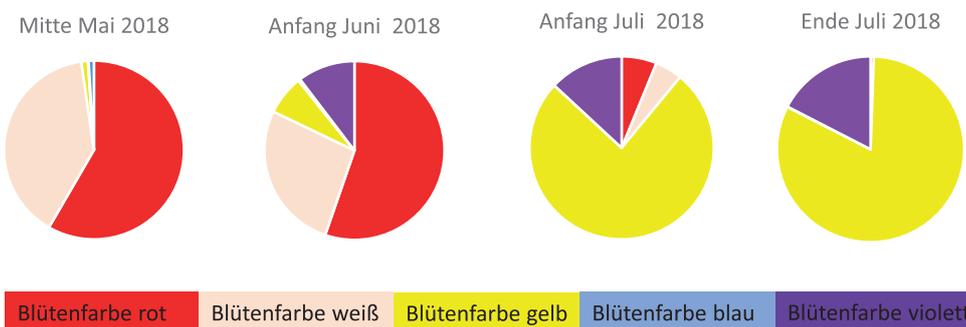


Abb. 11. Entwicklung des Farbspektrums der Wildpflanzenmischungen in der Vegetationsperiode bis zur Ernte.

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  $\beta$ -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 m<sup>2</sup>-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 CO<sub>2</sub> 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.; Ferrer, 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](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.

Stefanie Göttig<sup>1</sup>, Annette Herz<sup>2</sup>, Christian Walter<sup>1</sup>

## Der Einfluss von Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) auf die Diversität von Bestäubern (Apidae & Syrphidae) im Leindotter-Erbсен-Mischfruchtanbau

Impact of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) on the diversity of pollinators (Apidae & Syrphidae) in camelina-pea mixed crop cultivation

### Affiliationen

<sup>1</sup>DAW SE, Ober-Ramstadt.

<sup>2</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Dossenheim.

### Kontaktanschrift

Dr. Stefanie Göttig, DAW SE, Roßdörfer Str. 50, 64372 Ober-Ramstadt, E-Mail: stefanie.goettig@gmx.de

## Zusammenfassung

Der Rückgang von Insekten gibt Anlass dazu insektenfreundliche Anbausysteme in Agrarlandschaften zu etablieren, um Bestäuber nachhaltig zu fördern und Ökosystemleistungen zu stärken. Die Studie sollte klären, ob der zusätzliche Anbau von Leindotter in Erbsenkulturen die Vielfalt von Wildbienen und Schwebfliegen nachweislich erhöht. In drei aufeinander folgenden Versuchsjahren wurde die Diversität der Bestäubergemeinschaft in Leindotter-Erbсен-Mischfruchtanbau, reinen Erbsenkulturen und reinen Leindotterkulturen anhand von standardisierten Methoden wie Farbschalen- und Sichtfängen erhoben und analysiert. Auch der Blattlausbefall, sowie Blattlausprädatoren und Tagfalter wurden erfasst. Der Vergleich der Bestäuber zeigt in Mischfruchtanbau eine Erhöhung der Artenzahlen in allen drei Untersuchungsjahren sowie der Individuenzahlen in den Jahren 2020 und 2021 gegenüber reinen Erbsenkulturen. Berechnete Diversitätsindizes (Shannon-Wiener-Index  $H_s$  und Evenness  $E$ ) lagen im Durchschnitt für Leindotter-Erbсен-Kulturen bei  $H_s = 2,86$  mit  $E = 0,72$  und somit deutlich höher als für Erbsenkulturen, mit  $H_s = 2,39$  und  $E = 0,65$ . In den reinen Leindotterkulturen profitieren auch Tagfalter deutlich vom zusätzlichen Blütenangebot. Die Studie legt dar, dass der Anbau von Leindotter wertvolle Blütenressourcen schafft, welche nachweislich von einer diverseren Bestäubergemeinschaft genutzt werden, wodurch die Biodiversität in Agrarlandschaften gestärkt werden kann.

## Stichwörter

**Leindotter, Mischfruchtanbau, Bestäuber, Diversität, nachwachsende Rohstoffe**

## Abstract

The decline in insects forces the establishment of insect-friendly cultivation systems in agricultural landscapes in order to support pollinating insects and preserve ecosystem services. The study aims to clarify whether the additional cultivation of camelina in pea crops increases the diversity of wild bees and hoverflies. Abundance and diversity were considered and evaluated in camelina-pea mixed crop cultures, pea cultures and camelina cultures in three consecutive years by using standardized methods such as pan traps and visual catches. Aphid infestation, aphid predators as well as butterflies were also recorded. The comparison of pollinators shows an increase in species numbers in all three years of collection as well as in the number of individuals in 2020 and 2021 in mixed crops compared to pea crops. Calculated diversity indices (Shannon-Wiener-Index  $H_s$  and Evenness  $E$ ) averaged  $H_s = 2.86$  with  $E = 0.72$  for mixed crops and thus higher than for pea crops, with  $H_s = 2.39$  and  $E = 0.65$ . In camelina crops, also butterflies benefit visibly from the additional offer of flowers. The study demonstrates that additional cultivation of camelina provide necessary flowering resources, that have been shown to be used by a more diverse pollinator community, thereby supporting biodiversity in agricultural landscapes.

## Keywords

**camelina, mixed crop cultivation, pollinators, diversity, renewable resources**

## Einleitung

Insekten bilden einen wesentlichen Bestandteil der biologischen Vielfalt und sind zudem untrennbar mit der Landwirtschaft und der Erzeugung von Kulturpflanzen verbun-



(c) Der Autor/Die Autorinnen 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: 25. November 2022/17. März 2023

den. Durch eine ausreichende Diversität können wichtige Ökosystemleistungen, wie das Bestäuben von Wild- und Kulturpflanzen und das Bekämpfen von Schädlingen in Agrarökosystemen, aufrechterhalten werden (Insektenatlas, 2020). Der wirtschaftliche Gesamtwert der Bestäuberleistung von Insekten belief sich 2005 weltweit auf geschätzt 153 Milliarden Euro. Dies entspricht 9,5 % des Werts der gesamten weltweiten landwirtschaftlichen Produktion, die in diesem Zeitraum für die menschliche Ernährung verwendet wurde (Gallai et al., 2009). Der Bestäubung durch Insekten kommt somit auch eine hohe ökonomische Bedeutung zu. Seit Jahrzehnten zeichnen sich deutlich sowohl ein Rückgang der Biomasse von Insekten (Sorg et al., 2013; Hallmann et al., 2017) als auch ein regionaler und globaler Rückgang der Artenvielfalt ab (Potts et al., 2010; Zattara & Aizen, 2021; BfN, 2022). Dieser ist auf Verluste und Veränderungen von Lebensräumen zurückzuführen. Großflächige und auf Monokulturen basierende Anbausysteme in Agrarlandschaften tragen durch die Intensivierung der Bewirtschaftung und der daraus resultierenden Armut an Strukturvielfalt, der Fragmentierung zusammenhängender Ökosysteme sowie der überhöhten Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln zu dieser Negativentwicklung bei (EEA, 2010; BfN, 2022). Daher gibt es Anlass dazu, insektenfreundliche Anbausysteme in Agrarlandschaften zu schaffen, um wichtige Bestäubergruppen, wie Wildbienen und Schwebfliegen, nachhaltig zu fördern und ihre Ökosystemleistungen zu erhalten.

Die Ölpflanze Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) stammt in ihrer Wildform aus den südosteuropäisch-südwestasiatischen Steppengebieten (Knörzer, 1978). Wie frühe Samenfunde zeigen, wurde der uns heute bekannte Saat-Leindotter bereits während der Bronze- und Eisenzeit in Deutschland kultiviert und in Europa verbreitet. Aufgrund der Intensivierung der Landwirtschaft geriet er jedoch im Laufe des letzten Jahrhunderts zunehmend in Vergessenheit (Heyland, 2006; Karg & Weber, 2019). Heute zählt Leindotter zu den ältesten Kulturpflanzen Europas und steht auf der Roten Liste der gefährdeten einheimischen Nutzpflanzen in Deutschland (BLE, 2018). Seit seiner Wiederentdeckung in den 1970er Jahren nahm die Zahl der Studien zu dessen Anbaumöglichkeiten wieder zu (Makowski, 1993; Putnam et al., 1993). Leindotter gilt als anspruchslos, gedeiht auf Grenzertragsböden, benötigt nur wenig Stickstoff und weist Robustheit gegenüber Frost, Krankheitserregern und Schädlingen auf (Robinson, 1987; Makowski, 1993; Akk & Ilumäe, 2005; Eynck & Falk, 2013). Besonders im Mischfruchtanbau, dessen ökologische Vorzüge gegenüber der Monokultur, wie die Erhöhung der Standfestigkeit, die höhere Konkurrenzkraft gegen Beikräuter sowie die Möglichkeit zur Abfederung biotischer und abiotischer Stressfaktoren, schon lange bekannt sind (Aufhammer, 1999), erwies sich Leindotter in zahlreichen Praxisversuchen als vielversprechender Gemengepartner mit Getreiden und Leguminosen. So konnten pflanzenbauliche Vorteile wie die Unterdrückung von Beikräutern, seine Funktion als Stütz- und Kavalierspflanze sowie die Steigerung der Flächenproduktivität und von Ertragspotenzialen dazu beitragen, dass dessen Anbau, vor allem im Ökolandbau, wieder vermehrt auf Interesse stieß (Ackermann & Saucke,

2005; Saucke & Ackermann, 2006; Paulsen, 2007; Paulsen & Schochow, 2007; Froschhammer et al., 2015). Durch den stark verminderten bis nicht notwendigen Einsatz von Herbiziden, Insektiziden und Stickstoffdünger ist die Umweltbelastung vergleichsweise gering. Die Einbringung von Leindotter in Monokulturen erhöht nicht nur die Biodiversität der Kulturpflanzen an sich, sondern bietet Bestäubern eine attraktive Nahrungsquelle wie Groeneveld & Klein (2014) anhand von Besuchsraten an Leindotterblüten zeigen konnten. Der Anbau von Leindotter als Zweitfrucht und der Mischfruchtanbau mit Erbsen bilden ein umwelt- und insektenfreundliches Anbausystem (Gollner et al., 2010). Solche Anbaukonzepte haben das Potenzial, durch die Bereitstellung zusätzlicher Blütenressourcen in sonst blütenarmen Jahreszeiten, die Diversität von Insekten in Agrarlandschaften zu stärken.

Trotz der Tatsache, dass Leindotter eine gefährdete Nutzpflanze darstellt, gilt die Art als eine der vielversprechendsten alternativen Ölpflanzen mit pflanzenbaulichen Vorteilen und einer guten Ökobilanz (Eynck & Falk, 2013). Dieser scheinbare Widerspruch begründet sich darin, dass sich der heutige Absatzmarkt auf die Herstellung hochwertiger Speiseöle in geringen Mengen beschränkt (Bertrand, 2004). Dieser Nischenmarkt ist für einen großflächigen Anbau jedoch zu unattraktiv und führte bei LandwirtInnen zu einer Zurückhaltung im Anbau. Industrielle Verwendungsmöglichkeiten von Leindotteröl in Biodiesel oder Flugzeugtreibstoff bestehen bereits länger (Bernardo et al., 2003; Moser, 2010; Paulsen et al., 2011) und finden vermehrt in Nordamerika Anwendung. Die Verwendung in der menschlichen und tierischen Nahrungskette steht aktuell, aufgrund des steigenden Interesses an alternativen Proteinquellen und nicht zuletzt aufgrund des hohen Ölgehalts der Saat von 30-40 % und des hohen Anteils ungesättigter Fettsäuren (Zubr, 1997; Pilgeram et al., 2007), vermehrt im Fokus, dahingehend besteht jedoch noch Forschungsbedarf (Waraich et al., 2013). Generell ist die anteilige Verfütterung des bei der Ölproduktion anfallenden Presskuchens an Wiederkäuer, Schweine und Hühner möglich (Zubr, 1997; Böhme & Flachowsky, 2005; Aziza et al., 2010; Almeida et al., 2013). Aus regionalem Mischfruchtanbau mit Leindotter (Abb. 1) ergibt sich eine Kombination von nachhaltiger Produktionsweise eines Rohstoffs mit geringer Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung und günstiger inhaltlicher Zusammensetzung, wodurch sich ein Interesse der Industrie entwickelte (Mitteilungen der DAW SE und der Worlée Chemie GmbH). Es zeigte sich, dass Leindotteröl den global gehandelten Rohstoff Leinöl ersetzen und als Ausgangsstoff für die Herstellung von Holzlasuren genutzt werden kann, was den Absatzmarkt in Deutschland deutlich vergrößert. Dadurch wird ein Anreiz zum Anbau geschaffen, der ökonomischen Ansprüchen entspricht und gleichzeitig das Potenzial besitzt einen positiven Einfluss auf Ökosysteme und die Biodiversität auszuüben.

Ziel dieser Studie ist die Bewertung des Effektes des zusätzlichen Leindotteranbaus auf die Anzahl und Diversität blütenbesuchender Insekten, infolge der Erhöhung des verfügbaren Blütenangebotes, sowohl im Vergleich zum Status Quo, dem Anbau reiner Erbsenkulturen, als auch durch die Betrachtung des Leindotteranbaus als Zweitfrucht.



Abb. 1. Mischfruchtkultur mit Leindotter und Erbsen.

## Material und Methoden

### Erfassung

In den Jahren 2019-2021 wurden im Frühsommer jeweils eine Leindotter-Erbsen-Mischfruchtkultur (LE) und eine Erbsen Reinkultur (E) in Sachsen-Anhalt (Badersleben) untersucht. Darüber hinaus erfolgte eine Aufnahme im Spätsommer in einer Leindotter Reinkultur (L) an einem weiteren Standort in Brandenburg (Fehrbellin). Die untersuchten Schläge wurden alle konventionell bewirtschaftet und wechselten aufgrund von ackerbaulichen Notwendigkeiten jährlich. In den Untersuchungsjahren 2019 und 2021 lagen die Mischfruchtkulturen in unmittelbarer Nähe zu den zeitgleich beprobten Erbsen Reinkulturen (Abstand maximal 10 m), alle Flächen befanden

sich in einem Umkreis von zwei Kilometern. Lediglich im Jahr 2020 lag das Mischfruchtfeld, innerhalb einer bewirtschafteten Kulturlandschaft, drei Kilometer zur Erbsen Reinkultur entfernt. Die Schläge des Leindotter Zweitfruchtanbaus lagen in einem Umkreis von fünf Kilometern.

Die Erfassung der Insekten wurde während der zweiwöchigen Blühperiode des Leindotters durch eine Kombination aus Farbschalen und gezielten Sichtfängen mit Kescher durchgeführt. Ergänzt wurde diese auf den Feldern LE und E durch standardisierte Beobachtungseinheiten und eine Blattlausbonitur (Tab. 1).

### Farbschalen

Als Untersuchungsmethode, deren Stärke im Bereich der quantitativen Erfassung von fliegenden Insekten auf Blüten-

Tab. 1. Untersuchungsflächen und Erfassungsmethoden. Beprobte Kulturen (Leindotter-Erbsen-Mischfrucht (LE), Erbsen Reinkultur (E), Leindotter Zweitfrucht (L)) in Sachsen-Anhalt und Brandenburg sowie jeweils angewandte Methoden während der zweiwöchigen Blühphase des Leindotters in drei Untersuchungsjahren 2019-2021.

Kultur	Zeitraum	Fläche (ha)	Lage	Farbschalen (Proben)	Keschern (Dauer in min.)	Beobachtung (Dauer in min.)	Blattlausbonitur (Pflanzen)
LE	Juni 2019	17	Sachsen-Anhalt	150	345	-	500
E	Juni 2019	11,5	Sachsen-Anhalt	150	120	-	500
L	August 2019	14	Brandenburg	150	255	-	-
LE	Juni 2020	13,2	Sachsen-Anhalt	150	180	60	500
E	Juni 2020	2,3	Sachsen-Anhalt	150	180	60	500
L	August 2020	31	Brandenburg	150	225	-	-
LE	Juni 2021	20	Sachsen-Anhalt	150	180	60	500
E	Juni 2021	8	Sachsen-Anhalt	150	180	60	500
L	August 2021	10	Brandenburg	150	240	-	-

höhe liegt, wurden Farbschalen gewählt. Die Methode gilt als gut etabliert, standardisierbar und ermöglicht die Abdeckung eines weiten Artenspektrums durch die Kombination aus drei Farben (Westphal et al. 2008). Die Fangschalen (RONDO® Gelbfangschale, Temmen GmbH, Hattersheim-Eddersheim, DE; Durchmesser 22,5 cm) wurden in den Farbvarianten gelb (Grundfarbe), weiß und blau verwendet. Diese wurden händisch mit Schmirgelpapier angeraut und anschließend von außen in weiß und blau doppelt lackiert (Caparol Capalac AllGrund, CAPAROL Farben Lacke Bautenschutz GmbH, Ober-Ramstadt, DE). Die Aufstellung erfolgte mittels Kunststoffstangenrohren (Länge 2 m, Durchmesser 20 mm, Elektronik-Zubehör) welche an einem Ende 10 cm mit einem Heißluftfön erwärmt und zusammengepresst wurden, um die Einbringung in den Boden zu ermöglichen. Während der zweiwöchigen Blühphase wurden pro Fläche zwei Transekte à 100 m entlang von Fahrrinnen gebildet. Diese wurden 2019 von gegenüberliegenden Feldrändern zur Mitte hin angeordnet. Da dies in den Folgejahren durch Unzugänglichkeiten aufgrund der Position oder Größe der Schläge jedoch nicht umsetzbar war, wurden die Transekte von einem begehbaren Feldrand zur Mitte hin angeordnet, wobei ein Abstand von ca. 150 m bestand. Pro Transekt wurden fünf Sets aus jeweils drei Schalen (gelb, weiß, blau) im Abstand von 20 m installiert (insgesamt 30 Farbschalen pro Feld). Innerhalb der Dreiersets wurden die Schalen mit einem Abstand von ca. 1,5 cm aufgestellt. Deren Leerung und Überführung der Proben in Ethanol (70 %) erfolgte alle 48 h, sodass sich pro Feld und Jahr eine Gesamtprobenanzahl von 150 ergab. Als Fangflüssigkeit (ca. 400 ml pro Falle) diente Wasser mit einigen Tropfen Geschirrspülmittel. Die Aufstellhöhe orientierte sich an der Blütenhöhe und wurde im Verlauf der Probennahme angepasst.

### Gezielter Sichtfang mit Kescher

Um das Artenspektrum, vor allem der Familie der Schwebfliegen (Syrphidae), vollständiger zu erfassen, wurden die Farbschalenfänge durch gezielte Sichtfänge mittels eines Keschers (Alu-Teleskop-Netzstock 35–66 cm, Kescherweite ca. 100 cm) ergänzt. Es wurden gezielt Insekten von den Blüten gesichert, aber auch Streiffänge durchgeführt. Gut erkennbare Arten wurden direkt wieder frei gelassen, vor allem größere Bienen und Hummeln. Die Handfänge erfolgten möglichst standardisiert bei angemessener Witterung (> 18°C, sonnig, nicht zu windig) durch Abschreiten von Transekten von jeweils ca. 250 m Länge und 2,5 m Breite. Die Transekte wurden für 45–60 min. beprobt und währenddessen mehrfach Tiere entnommen. Die Sichtfänge der zu vergleichenden Schläge in Sachsen-Anhalt wurden innerhalb der zweiwöchigen Blütezeit jeweils viermal, im Zweitfruchtanbau in Brandenburg fünfmal wiederholt. Im ersten Untersuchungsjahr wichen die Zeiten der Beprobung stärker voneinander ab, da der Sichtfang auf dem reinen Erbsenfeld zunächst mehrfach aufgrund der Abwesenheit von Bestäubern frühzeitig abgebrochen wurde.

### Beobachtungseinheiten

In den Jahren 2020 und 2021 wurden, ergänzend zur Erfassung der Insekten mit Farbschalen und gezielten Sichtfängen,

definierte Beobachtungseinheiten auf den Feldern LE und E durchgeführt um den optischen Eindruck der Häufigkeit von Bestäubern in den Kulturen zu einem bestimmten Zeitpunkt standardisiert zu erfassen. Dabei wurden im Laufe der Blühperiode mehrere Einheiten mit jeweils 15 min. Beobachtungszeit durchgeführt. Die Blüten von etwa 25 Pflanzen wurden dabei beobachtet und anfliegende Bestäuber und andere Nützlinge gezählt und den Gruppen Bienen, Hummeln, Schwebfliegen und Marienkäfer sowie sonstige Insekten (Fliegen (Diptera) und Wanzen (Heteroptera)) zugeordnet. Insgesamt wurden je Feld ca. 100 Pflanzen/60 min. beobachtet. Die Beobachtungseinheiten wurden möglichst in der Feldmitte bei angemessener Witterung (> 18 °C, sonnig, nicht zu windig) durchgeführt. Bei sehr großen Schlägen wurden Pflanzen zur Beobachtung gewählt, die mindestens 50 m Abstand zum Feldrand aufwiesen.

### Blattlausbonitur

Zur Einschätzung des Blattlausbefalls wurden Erbsenpflanzen der Felder LE und E bonitiert. Die Bonitur erfolgte insgesamt fünfmal pro Variante innerhalb der Versuchszeit von zwei Wochen. Dabei wurden pro Bonitur jeweils vier Bereiche (ca. 2 m<sup>2</sup>) zufällig ausgewählt und die Blüten von 25 Pflanzen auf Blattlausbefall untersucht (n = 100 pro Bonitur). Die Zählung erfolgte durch Abschätzung der Anzahl der Individuen. Größere Kolonien wurden in Zehnerschritten geschätzt.

### Bestimmung

Als allgemein wichtige Bestäubergruppen wurden die Echten Bienen (Apidae), darunter die Honigbiene (*Apis mellifera*) sowie Wildbienen inkl. Hummeln (*Bombus*) und Kuckuckshummeln (*Psithyrus*) und die Familie der Schwebfliegen (Syrphidae) betrachtet und bis zur Art bestimmt. Auch Tagfalter und Blattlausprädatoren (Marienkäfer und Florfliegen) wurden quantitativ aufgenommen, davon Marienkäfer und Tagfalter ebenfalls auf Artebene bestimmt. Da Farbschalen eine ausgesprochen schlechte Fängigkeit gegenüber Tagfaltern haben und deren Konservierung in Ethanol zu starken Verlusten von Flügelschuppen und der Schuppenfarbe führt, wurden die vorhandenen Arten, zusätzlich zu den Fallenfängen, durch Beobachtungen und Fotoauswertungen bestimmt. Die Auszählung und Bestimmung der Insekten erfolgte in einem entomologischen Labor des Julius Kühn-Instituts (JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen). Bestimmt wurden die Tiere unter Zuhilfenahme eines Stereomikroskops (Zeiss Stemi 508 LAB) sowie von Bestimmungsliteratur zu Wildbienen (Amiet et al., 2001; 2004; 2007; 2010; 2014; Pauly, 2015; Scheuchl, 2006), Hummeln (Mauss, 1987; Amiet et al., 2017; Gokcezade et al., 2017), Schwebfliegen (van Veen, 2004; Ball & Morris, 2015; Bot & van de Meutetter, 2019), Marienkäfern (Majerus & Kearns, 1989) und Tagfaltern (Chinery, 2012; UFZ, 2019). Teilweise wurden schwer zu trennende Arten zusammengefasst wie z. B. zum *Bombus terrestris/lucorum* (-Komplex) oder zur *Andrena minutula* (-Gruppe). Die Gefährdungsbeurteilung für Wildbienen und Schwebfliegen erfolgte anhand der entsprechenden Roten Listen für Deutschland (Ssyanck et al., 2011; Westrich et al., 2011).

## Auswertung

Aufgrund der jahreszeitlichen und geografischen Unterschiede des Anbaus der Leindotterkultur als Zweitfrucht im Spätsommer, konnte kein direkter Vergleich mit den restlichen Aufnahmen im Frühjahr erfolgen. Diese wurden bei der Auswertung getrennt voneinander betrachtet.

Zur quantitativen Bewertung und zum Vergleich der Datensätze wurden zwei sich ergänzende Diversitätsindizes berechnet. Der Shannon-Wiener-Index ( $H_s$ ) baut auf der Anzahl der gefundenen Arten sowie deren Abundanzen (Anzahl der Individuen je Art) auf und beschreibt die Vielfalt innerhalb der untersuchten Kultur. Die bestimmten Bestäuber der Farbschalen- und Kescherfänge wurden dabei zusammengefasst, um ein möglichst breites Artenspektrum abzubilden. Da  $H_s$  allein nicht erkennen lässt, ob sein Wert aufgrund einer hohen Artenzahl mit jeweils unterschiedlicher Individuenzahl oder durch gleichmäßige Verteilung der Individuen auf wenige Arten entstanden ist, wird ein Vergleichsmaß ergänzt, die Evenness (E). Ein theoretisches Diversitätsmaximum ( $H_{max}$ ) ist bei einer Gleichverteilung der Individuen auf die Arten erreicht. Dieses wird berechnet und mit  $H_s$  des Datensatzes in Relation gesetzt. Vollkommene Evenness ( $E = 1$ ) wird erreicht, wenn alle Arten mit dem gleichen Anteil an Individuen vertreten sind ( $H_s = H_{max}$ ). Je stärker sich E von eins unterscheidet ( $< 1$ ), desto mehr weichen die Dominanzverhältnisse verschiedener Arten von der Gleichverteilung ab.

Da die Stichprobengröße ( $N = 1$  pro Variante und Jahr) sehr klein ist und keine Normalverteilung der Daten vorliegt, wurde auf die Durchführung von Signifikanztests verzichtet. Stattdessen wurde eine deskriptive Statistik angewendet, um die Arten- und Individuenzahlen, die berechneten Diversitätsindizes (Shannon-Wiener-Index und Evenness) für die Gesamtdiversität und die Diversität der einzelnen Bestäuber

Gruppen (Wildbienen, Hummeln und Schwebfliegen) sowie die entsprechenden Durchschnittswerte der drei Untersuchungsjahre (2019–2021) darzustellen und einen Vergleich zwischen den Varianten (Leindotter-Erbsen-Mischfrucht- und Erbsen Reinkultur) zu ermöglichen.

## Ergebnisse

Im Untersuchungszeitraum (2019–2021) wurden unter Berücksichtigung aller drei Kulturen (LE, E und L) insgesamt 6968 Bestäuber (Honigbienen, Wildbienen inkl. Hummeln und Schwebfliegen) erfasst und auf Artebene bestimmt. Dabei konnten 128 Arten unterschieden werden. Die Gesamtzahl der Bestäuber beinhaltet 328 Individuen aus Kescherfängen, davon 144 Individuen aus 37 Arten auf EL, 52 Individuen aus 17 verschiedenen Arten auf E und 132 Individuen aus 30 Arten auf L. Insgesamt konnten die Farbschalenfänge durch die Sichtfänge um neun Arten auf EL, um vier Arten auf E und um vier Arten auf L ergänzt werden.

### Vergleich Erbsen Reinkultur und Leindotter-Erb- sen-Mischfruchtkultur

#### Bestäuber

Präsent waren insgesamt 79 verschiedene Arten auf LE und 65 verschiedene Arten auf E. Die Häufigkeiten der Bestäuber unterschieden sich teilweise deutlich (Tab. 2). In allen drei Untersuchungsjahren waren in Summe mehr Arten an Bestäubern auf LE als auf E zu finden. In den Jahren 2020 und 2021 lagen dort ebenso die Individuenzahlen höher. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Artenzahlen der einzelnen Bestäubergruppen wurden mehr Wildbienen-, Hummel- und Schwebfliegenarten auf LE verzeichnet.

Tab. 2. Häufigkeit der Bestäuber aus Farbschalen- und Kescherfängen. Anzahl der Arten und Individuen (inkl. Summen, Mittelwerten MW und Standardabweichung SD) der Bestäubergruppen auf Erbsen Reinkultur und Leindotter-Erb-  
sen-Mischkultur der Untersuchungsjahre 2019–2021.

	Erbsen				Leindotter und Erbsen			
	2019	2020	2021	MW ± SD	2019	2020	2021	MW ± SD
Arten								
Honigbiene	1	1	1	1,0 ± 0,00	1	1	1	1,0 ± 0,00
Wildbienen	27	14	28	23,0 ± 7,81	30	26	38	31,3 ± 6,11
Hummeln	6	10	6	7,3 ± 2,31	7	8	9	8,0 ± 1,00
Schwebfliegen	8	7	9	8,0 ± 1,00	14	11	12	12,3 ± 1,53
Σ	42	32	44	39,3 ± 6,43	52	46	60	52,6 ± 7,02
Individuen								
Honigbiene	99	177	89	121,7 ± 48,18	148	91	164	134,3 ± 38,37
Wildbienen	356	133	487	325,3 ± 178,98	301	346	718	455,0 ± 228,87
Hummeln	73	104	123	100,0 ± 25,24	61	130	224	138,3 ± 81,82
Schwebfliegen	37	23	64	41,3 ± 20,84	45	81	75	67,0 ± 19,29
Σ	565	437	763	588,3 ± 164,25	555	648	1181	794,7 ± 337,79

Dies spiegelt sich ebenso bei der Betrachtung der Diversitätsindizes wider (Tab. 3). Sowohl die Gesamtwerte als auch die Werte der einzelnen Bestäubergruppen lassen eine deutliche Tendenz zu einer höheren Diversität auf LE erkennen. Für LE lagen alle durchschnittlichen Index-Werte höher als für E. Die berechneten Maximalwerte liegen für LE zwischen 3,83 und 4,09 und für E zwischen 3,47 und 3,78. Der Vergleich zeigt eine Erhöhung der Gesamtdiversität durch den zusätzlichen Anbau von Leindotter zur Erbse in den Jahren 2020 und 2021. Ebenso wurden im Jahr 2019 eine höhere Schwebfliegen-, 2020 eine höhere Wildbienen- und 2021 zusätzlich eine erhöhte Hummel- und Schwebfliegendiversität festgestellt.

### Artenspektren der Kulturen und Betrachtung gefährdeter Arten

(siehe Tab. 5: Gesamtartenliste und Gefährdung)

Die **Honigbiene** war als nicht gefährdetes Nutztier, wie zu erwarten, jedes Jahr auf allen untersuchten Feldern zu finden. Ihr Vorkommen schwankte, aufgrund der Abhängigkeit von der Anzahl an Bienenvölkern und deren Entfernung zum Feld, stark.

Insgesamt wurden 50 verschiedene **Wildbienenarten** (ohne Hummeln) auf LE und 40 Arten auf E nachgewiesen. Die Aufteilung nach Gattungen (Abb. 2) zeigt, dass auf LE deutlich mehr Sandbienen (*Andrena*) und Schmalbienen (*Lasioglossum*)-Arten im Vergleich zu E auftraten. Darunter war die Blauschillernde Sandbiene (*A. agilissima*), die auf Kreuzblütengewächse spezialisiert und in Deutschland in Kategorie 3 „gefährdet“ eingestuft ist (Westrich et al., 2011). Auch die Vierfleckige Schmalbiene (*L. quadrinotatum*) trat auf LE in jedem Jahr in geringer Zahl auf und ist als gefährdet und selten eingestuft. Beide Arten waren auf E gar nicht zu finden. Generell wies das Mischfruchtfeld im Gegensatz zum reinen Erbsenfeld eine höhere Anzahl an Arten auf, die in der Roten Liste der Bienen (Westrich et al., 2011) aufgeführt sind (LE: 12; E: 5). Auf beiden Feldern am stärksten vertreten waren

die Erzfärbene Sandbiene (*A. nigroaenea*), die Grauschwarze Düstersandbiene (*A. cineraria*), die Gelbbindige Furchenbiene (*Halictus scabiosae*) und die Gelbbein-Furchenbiene (*L. xanthopus*).

Insgesamt wurden 9 verschiedene **Hummelarten** auf LE und 10 Arten auf E bestimmt. Neben der am stärksten vertretenen Erdhummel (*Bombus terrestris*-Gruppe) traten die Steinhummel (*B. lapidarius*) und die Gartenhummel (*B. hortorum*) auf beiden Kulturen im Frühsommer häufig auf, jedoch in deutlich höherer Individuenzahl auf LE. Auch die zugehörigen Brutparasiten, die Gefleckte Kuckuckshummel (*B. (Psithyrus) vestalis*) sowie die Felsen-Kuckuckshummel (*B. (Psithyrus) rupestris*), traten in geringer Anzahl auf allen Feldern auf.

Insgesamt konnten 19 verschiedene **Schwebfliegenarten** auf LE und 14 Arten auf E nachgewiesen werden. Darunter fanden sich auf beiden Kulturen überwiegend typische Blattlausprädatoren. Diese aphidophagen Arten traten meist in großer Anzahl auf, wie z. B. die Hainschwebfliege (*Episyrphus balteatus*), die Gemeine Feldschwebfliege (*Eupeodes corollae*) und die Gemeine Stiftschwebfliege (*Sphaerophoria scripta*). Bei 17 der gefundenen Arten lag die Anzahl auf LE höher als auf E. Aber auch in Deutschland gefährdete Arten wurden gefunden, wie *Sphaerophoria philantus* (Kategorie 3 „gefährdet“) auf LE sowie *Eupeodes lundbecki* (G „Gefährdung unbekanntes Ausmaßes“) auf E (Ssymank et al., 2011).

### Nützlinge und Tagfalter

Sowohl die in Tab. 4 dargestellten Summen als auch die durchschnittlichen Werte der Anzahl der Individuen zeigen eine deutliche Erhöhung des Vorkommens von Nützlingen (inklusive der Tagfalter) auf dem Leindotter-Erbsen-Mischfruchtfeld (LE) gegenüber der Erbsen Reinkultur (E). In allen drei Untersuchungsjahren lag eine höhere Anzahl an Marienkäfer- und Flurfliegen Individuen auf LE vor. Tagfalter traten im Frühsommer nur einzeln in den Fangschalen auf.

Tab. 3. Diversitätsindizes. Indexwerte (Shannon-Wiener-Index  $H_s$  und Evenness E inkl. Mittelwerten MW und Standardabweichung SD) der Bestäuber gesamt, sowie der Aufteilung nach Gruppen auf Erbsen Reinkultur und Leindotter-Erbsen-Mischkultur der Untersuchungsjahre 2019-2021.

	Erbsen				Leindotter und Erbsen			
	2019	2020	2021	MW ± SD	2019	2020	2021	MW ± SD
$H_s$								
gesamt	2,71	1,88	2,60	2,39 ± 0,45	2,66	2,96	2,97	2,86 ± 0,18
Wildbienen	2,35	1,90	2,00	2,08 ± 0,24	2,27	2,40	2,52	2,40 ± 0,13
Hummeln	0,71	1,18	0,86	0,92 ± 0,24	1,05	1,24	1,27	1,19 ± 0,12
Schwebfliegen	1,48	1,69	1,74	1,64 ± 0,14	2,26	1,88	2,08	2,07 ± 0,19
E								
gesamt	0,72	0,63	0,69	0,68 ± 0,04	0,67	0,77	0,73	0,72 ± 0,05
Wildbienen	0,71	0,72	0,60	0,68 ± 0,08	0,67	0,78	0,69	0,71 ± 0,06
Hummeln	0,40	0,51	0,48	0,46 ± 0,06	0,54	0,60	0,58	0,57 ± 0,03
Schwebfliegen	0,71	0,87	0,79	0,79 ± 0,08	0,86	0,78	0,84	0,83 ± 0,04

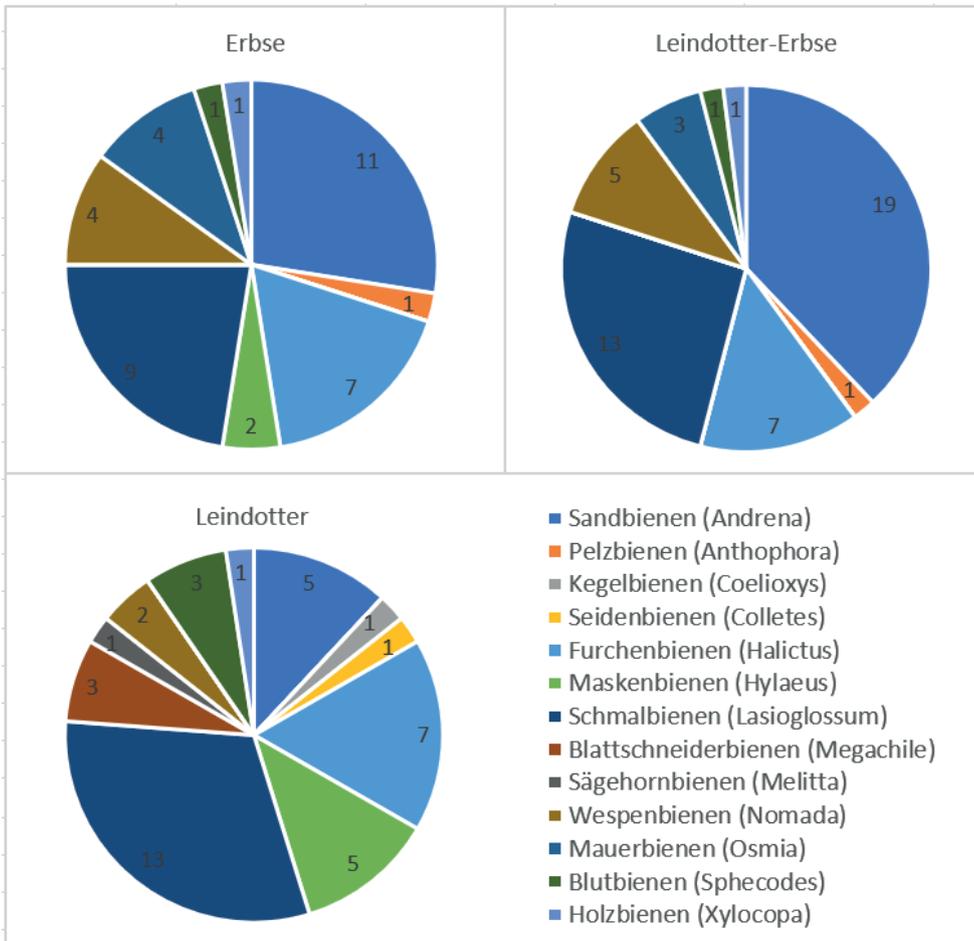


Abb. 2. Aufteilung Wildbienen-gattungen. In drei Untersuchungs-jahren insgesamt festgestellte Wildbienen (ohne Hummeln und Kuckuckshummeln) nach Gattungen mit entsprechender Anzahl der Arten auf Erbsen Reinkultur und Leindotter-Erbsen-Mischkultur (Juni) sowie Leindotter Zweitfrucht (August).

Die Leindotter-Erbsen-Mischfruchtkultur wies neben den höheren Individuenzahlen auch eine höhere Vielfalt an Marienkäferarten auf als die Erbsenkulturen. Auf LE konnten Individuen aus insgesamt 10 Arten gefunden werden. Im Gegensatz dazu wurden auf E nur fünf Arten aufgenommen. Abbildung 3 zeigt die Häufigkeit der Marienkäferarten auf den untersuchten Kulturen, anteilig am Gesamtvorkommen. Als die häufigste Art konnte der Siebenpunkt-Marienkäfer (*Coccinella 7-punctata*) mit insgesamt 301 Individuen festgestellt werden, welcher jedes Jahr auf allen untersuchten Flächen zu finden war. Alle sonstigen verzeichneten Arten kamen nur vereinzelt vor. Sechs Individuen konnten dabei nicht bestimmt werden.

### Beobachtungseinheiten

Die Summen der durch die Beobachtungseinheiten registrierten Bestäuber Individuen lagen bei 22 Individuen auf E zu 71 Individuen auf LE. Die Anzahl der sonstigen registrierten Insekten lag mit 10-13 Individuen auf allen Feldern in einem vergleichbaren Bereich. Im Jahr 2020 konnten auf E lediglich zwei Bestäuber (Schwebfliegen) und 13 sonstige Insekten beobachtet werden. Auf LE waren es hingegen 24 Bestäuber, darunter sechs Bienen und fünf Hummeln. Schwebfliegen waren mit 13 Individuen am stärksten vertreten. Außerdem zeigten sich auf LE acht Marienkäfer und 11 sonstige Insekten. Im Jahr 2021 wurden auf E neben vier Bienen auch 18 Schwebfliegen registriert. Im Vergleich dazu kamen 48 Bienen, sieben Hummeln, 16 Schwebfliegen und 11 Marienkäfer auf dem Mischfruchtfeld vor.

Tab. 4. Häufigkeit der Nützlinge und Tagfalter aus Farbschalenfängen. Anzahl der Individuen (inkl. Summen, Mittelwerten MW und Standardabweichung SD) der Untersuchungsjahre 2019-2021 auf Erbsen Reinkultur und Leindotter-Erbsen-Mischkultur.

	Erbsen				Leindotter und Erbsen			
	2019	2020	2021	MW ± SD	2019	2020	2021	MW ± SD
Individuen								
Marienkäfer	40	6	5	17,0 ± 19,92	124	49	97	90,0 ± 37,99
Florfliegen	11	1	14	8,7 ± 6,81	13	16	43	24,0 ± 16,52
Tagfalter	4	4	0	2,7 ± 2,31	7	2	2	3,7 ± 2,89
Σ	55	11	19	28,4 ± 23,44	144	67	142	117,7 ± 43,89

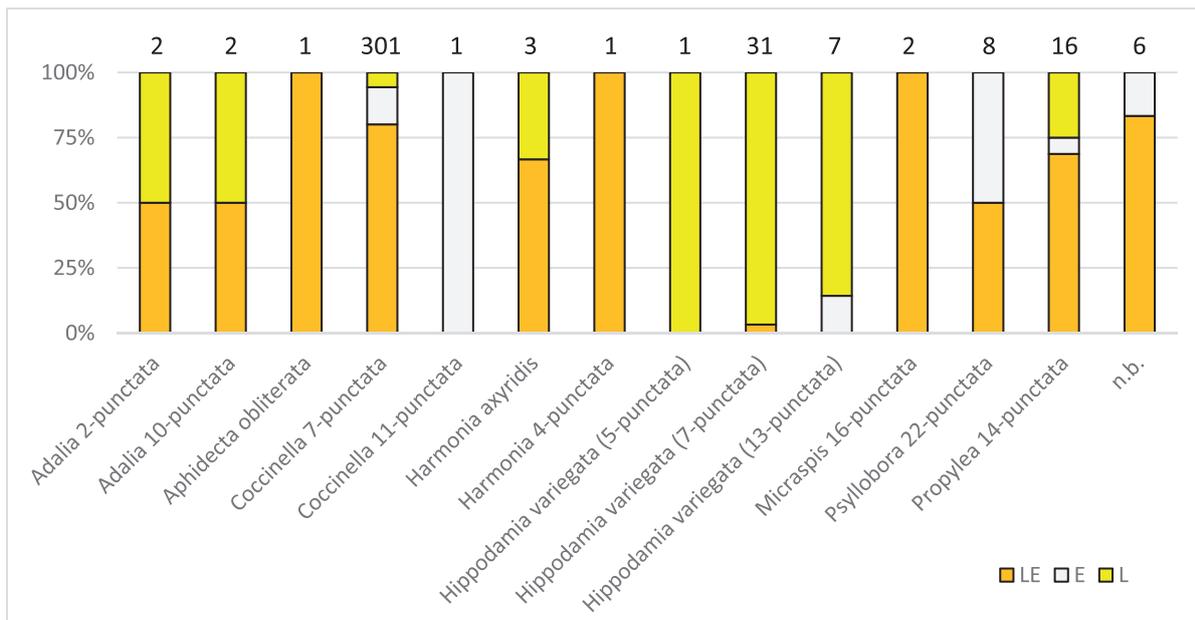


Abb. 3. Häufigkeiten (%) der Marienkäferarten und nicht bestimmbarer Individuen (n. b.) auf Erbsen Reinkultur (E), Leindotter-Erbse-Mischkultur (LE) und Leindotter Zweitfrucht (L). Prozentuale Anteile an aufsummierten Individuenzahlen (1-301) der Untersuchungsjahre 2019-2021.

### Blattlausbonitur

In den drei Untersuchungsjahren war der Blattlausdruck insgesamt sehr unterschiedlich stark ausgeprägt. Während in den Jahren 2020 und 2021 ein nur geringer Befall von weniger als sechs Blattläusen pro Pflanze vorhanden war, zeigte sich im Jahr 2019 ein stärkerer Befall auf beiden Feldern mit bis zu > 30 Individuen nach fünf Bonituren. In diesem Jahr war bei den ersten beiden Bonituren ein geringerer oder ähnlich starker Befall auf den Mischfruchtfeldern zu verzeichnen, dieses Verhältnis verschob sich jedoch mit der dritten Bonitur und der allgemeinen Zunahme des Blattlausdrucks, sodass der Befall in allen drei Jahren auf LE überwog. Im Vergleich zum Erbsenfeld war der Befall anfangs auf dem Mischfruchtfeld 2019 insgesamt zwar um 2 % geringer, stieg aber ab der

3. Bonitur auf beiden Feldern stark an und lag zum Zeitpunkt der 5. Bonitur über dem des Erbsenfeldes. Im Jahr 2020 war der Blattlausbefall hingegen um 21 % höher, lag zum Zeitpunkt der 5. Bonitur aber unter dem Wert des Erbsenfeldes. Im Jahr 2021 zeigte sich eine Verringerung um 15 % und eine Abnahme der Anzahl der Blattläuse ab der zweiten Untersuchungswoche. Schlussendlich ließ sich anhand der aufgenommenen Daten keine allgemeine Tendenz zu einer deutlichen Dezimierung der Blattlauspopulationen an Erbsenpflanzen in Mischfruchtfeldern zeigen. Während der Bonituren konnten jedes Jahr im Laufe der Zeit vermehrt parasitierte Blattläuse und auch zahlreiche Schwebfliegen- und Marienkäfer Eier und Larven an den Blattlauskolonien auf beiden Feldern beobachtet werden.

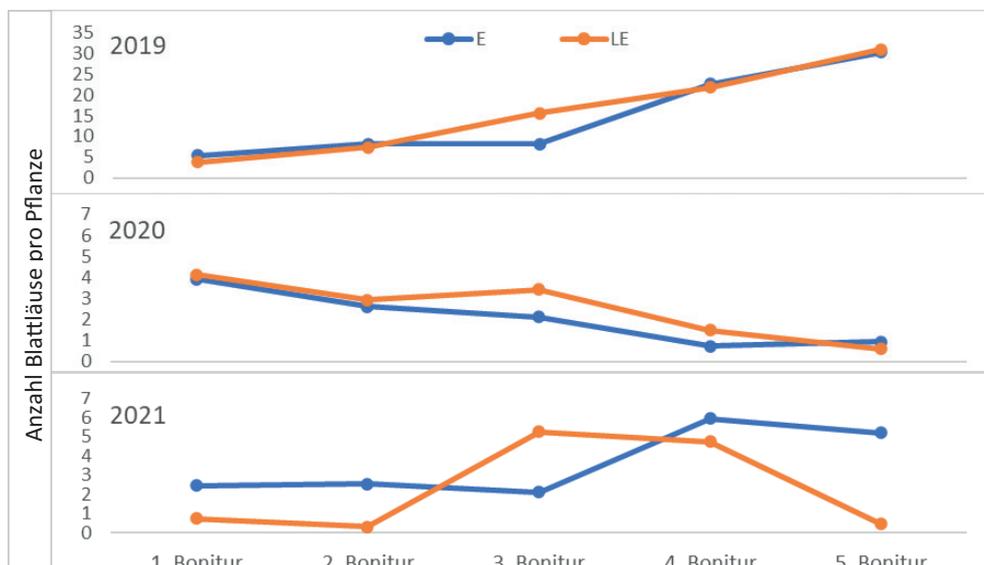


Abb. 4. Anzahl der Blattläuse an Erbsenpflanzen auf Erbsenfeld (E) und Leindotter-Erbse-Mischfruchtfeld (LE). Jeweils fünf Bonitur Termine mit n=100 Pflanzen während der zweiwöchigen Blühphase der Untersuchungsjahre 2019-2021.

## Leindotter Zweitfrucht

### Bestäuber

Im Leindotter Zweitfruchtanbau waren insgesamt 79 verschiedene Bestäuberarten präsent. In den Spätsommern 2019–2021 konnten im Mittel 47 Arten und 949 Individuen dokumentiert werden (Tab. 5). Die Individuenzahlen schwankten sehr und die Schwerpunkte der Verteilung der Individuen unterscheiden sich ebenfalls. 2019 waren die höchsten Individuenzahlen bei den Schwebfliegen zu verzeichnen, 2020 bei den Hummeln und 2021, neben den Honigbienen, bei den Schwebfliegen. Im Durchschnitt traten im Spätsommer auf L die meisten Hummel- und Schwebfliegenarten auf. Die große Anzahl an Honigbienen im Jahr 2021 auf L bedingt eine starke Beeinflussung der Verteilung der Individuen auf die Arten. Diese Verschiebung der Dominanzverhältnisse spiegelt sich in den niedrigen Indexwerten wider (Tab. 5). 2021 trat trotz der höchsten Anzahl an Bestäuberarten die niedrigste überhaupt verzeichnete Diversität auf ( $H_5 = 1,80$  und  $E = 0,45$ ). Spitzenwerte für das jeweilige Jahr wurden 2019 bei den Hummeln, 2020 bei Wildbienen und Schwebfliegen sowie 2021 bei Hummeln und Schwebfliegen verzeichnet.

Es wurden insgesamt 45 verschiedene **Wildbienenarten** festgestellt, wovon 15 Arten auf der Roten Liste der Bienen (Westrich et al., 2011) aufgeführt sind. Die Schwarze Köhler-Sand-

biene (*Andrena pilipes*) trat nach der Vierbindigen Furchenbiene (*Halictus quadricinctus*) mit den meisten Individuen auf. Beide sind in der Kategorie 3 als „gefährdet“ eingestuft (Westrich et al., 2011). Ausschließlich auf L traten die Hosenbiene *Dasygaster hirtipes*, welche auf der Vorwarnliste steht, und die seltene Kegelbiene *Coelioxys elongata* sowie die seltene Seidenbiene *Colletes fodiens*, auf. Im Spätsommer konnten insgesamt 11 Wildbienengattungen erfasst werden, mehr als im Frühsommer auf LE und E. Darunter ein großer Anteil an Schmal- und Maskenbienen. Kegel-, Seiden-, Blattschneider-, sowie Sägehornbienen wurden nur auf L festgestellt (Abb. 2).

Insgesamt konnten 10 verschiedene **Hummelarten** auf L nachgewiesen werden. Die Ackerhummel (*B. pascuorum*) sowie die Veränderliche Hummel (*B. humilis*) waren hier im Spätsommer häufig. Letztere ist in Deutschland in Kategorie 3 „gefährdet“ eingestuft (Westrich et al., 2011). Einzig auf L konnte außerdem die Feld-Kuckuckshummel (*B. (Psithyrus) campestris*) festgestellt werden, welche die Veränderliche Hummel parasitiert. Häufig auf L war ebenso die Bunthummel (*B. sylvarum*), welche auf der Vorwarnliste steht und dessen langfristiger Bestandstrend als zurückgehend eingestuft ist (Westrich et al., 2011).

Insgesamt konnten 23 verschiedene **Schwebfliegenarten** auf L erfasst werden. Den größten Anteil davon stellten die Fleckaugenschwebfliege (*Eristalinus sepulchralis*), die Kleine

Tab. 5. Übersicht Leindotter Zweitfrucht. Häufigkeit der Bestäuber (Anzahl Arten und Individuen), Nützlinge und Tagfalter (Individuen) aus Farbschalen- und Kescherfängen sowie Indexwerte (Shannon-Wiener-Index  $H_5$  und Evenness  $E$ ) der Bestäuber gesamt, sowie der Aufteilung nach Gruppen inkl. Summen, Mittelwerten MW und Standardabweichung SD der Untersuchungsjahre 2019–2021.

	Leindotter							
	2019	2020	2021	MW ± SD	2019	2020	2021	MW ± SD
	Arten				Individuen			
Honigbiene	1	1	1	1 ± 0,00	145	40	1097	427,3 ± 582,32
Wildbienen	18	26	26	23,3 ± 4,62	61	186	184	143,7 ± 71,60
Hummeln	8	8	9	8,3 ± 0,58	43	253	128	141,3 ± 105,63
Schwebfliegen	10	15	18	14,3 ± 4,04	235	85	362	227,3 ± 138,66
Σ	37	50	54	47 ± 8,89	484	564	1771	939,7 ± 721,07
	Shannon-Wiener-Index $H_5$				Evenness $E$			
gesamt	2,04	2,87	1,80	2,24 ± 0,56	0,56	0,73	0,45	0,58 ± 0,14
Wildbienen	2,34	2,42'	2,17	2,31 ± 0,12	0,79'	0,74	0,67	0,73 ± 0,06
Hummeln	1,32'	1,18	1,28'	1,26 ± 0,07	0,63'	0,57	0,58	0,59 ± 0,03
Schwebfliegen	0,89	2,28'	2,13'	1,77 ± 0,76	0,41	0,84	0,74	0,66 ± 0,23
	Nützlinge und Tagfalter							
Marienkäfer	49	9	3	20,3 ± 25,01				
Florfliegen	59	18	3	26,7 ± 28,99				
Tagfalter	66	10	26	34 ± 28,84				
Σ	174	37	32	81 ± 80,58				

Keilfleckschwebfliege (*Eristalis arbustorum*) sowie die Zwiebelmondschwebfliege (*Eumerus strigatus*). Die Adulten dieser Arten ernähren sich von Pollen und Nektar; ihre Larven leben aber nicht aphidophag, sondern entwickeln sich in verrottendem Pflanzenmaterial. Auch die im Larvenstadium saprophag lebende Art *Parhelophilus versicolor* steht durch den sich andeutenden langfristigen Bestandsrückgang auf der Vorwarnliste (Ssymank et al., 2011) und war mit nur einem Individuum auf L im Jahr 2019 vertreten.

### Nützlinge und Tagfalter

Insgesamt konnten acht verschiedene Marienkäferarten festgestellt werden, die vor allem 2019 mit hohen Individuenzahlen auftraten. Darunter am häufigsten vertreten waren verschiedene *Hippodamia*-Varianten (Abb. 3). Im Spätsommer fällt die hohe Anzahl von durchschnittlich 34 Tagfalter Individuen auf. Den überwiegenden Teil stellten dabei die Weißlinge mit den Arten Großer Kohlweißling (*Pieris brassicae*), Kleiner Kohlweißling (*Pieris rapae*), Rapsweißling (*Pieris napi*), Reseda-Weißling (*Pontia edusa*) und Gemeiner Gelbling (*Colias hyale*) dar. Auch Tagfalter der Familie der Bläulinge (Lycaenidae) waren in großer Anzahl vertreten, z. B. durch den Gemeinen Bläuling (*Polyommatus icarus*) und den Kleinen Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*). Es konnten aber ebenso Edelfalter registriert werden, darunter eine Vielzahl des Kleinen Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*), des Kleinen Wiesenvögelchens (*Coenonympha pamphilus*) und vereinzelt auch Brombeer-Perlmutterfalter (*Brenthis daphne*) sowie Distelfalter (*Vanessa cardui*). Unmittelbar neben dem Leindotterfeld konnte darüber hinaus ein Admiral (*Vanessa atalanta*) gesichtet werden. Es zeigt sich vor allem im Spätsommer eine sehr hohe Attraktivität des Leindotters für Tagfalter, deren hohe Individuendichte bereits beim Betreten des Feldes auf den ersten Blick registriert werden konnte.

### Diskussion

Durch die Studie konnte gezeigt werden, dass der zusätzliche Anbau von Leindotter in Erbsenkulturen das Vorkommen und die Diversität von Bestäubern in Agrarlandschaften stärkt, indem notwendige Blütenressourcen bereitgestellt werden. Sowohl die erhöhten Arten- und Individuenzahlen als auch die Diversitätsindizes der Leindotter-Erbsen-Mischfruchtkulturen gegenüber den reinen Erbsenkulturen zeigen dies deutlich.

In dieser Studie wurden einerseits Bestäubergemeinschaften unterschiedlicher Kulturen (Erbsen und Leindotter-Erbsen) unter identischen geografischen und zeitlichen Bedingungen im Frühjahr verglichen, sowie andererseits eine Leindotterkultur betrachtet, die im Spätsommer als Alternative zur Brachfläche als Zweitfrucht angebaut wird. Die gesonderte Betrachtung der Leindotterkultur wird dabei, sowohl durch den natürlichen saisonalen Wechsel der auftretenden Arten und von Umweltfaktoren, als auch durch geografisch beeinflusste Abweichungen der Landschaftsstrukturen außerhalb der Versuchsflächen, bedingt. Erbsen- und Leindotter-Erbsen-Mischfruchtkulturen unterlagen hingegen vergleichbaren Effekten. Der Lebensraum von Wildbienen muss der jeweiligen Art entsprechenden klimatischen Ansprüchen genügen, Nist-

plätze und ggf. dazu benötigtes Baumaterial aufweisen sowie bestimmte Nahrungsquellen in ausreichender Menge bieten (Westrich, 2019). Das Vorhandensein oder Fehlen dieser artspezifischen Voraussetzungen hat deutliche Auswirkungen auf die in einer Kultur vorkommenden Arten. Auch Forcella et al. (2021) beschreiben eine deutliche Korrelation des Vorkommens verschiedener Insektengruppen auf Leindotterkulturen mit bestimmten Wetter- und Landschaftsbedingungen. Dies zeigt sich auch durch die Unterschiede der in vorliegender Studie festgestellten Bestäubergemeinschaften im Frühjahr und Spätsommer, deren Gattungs- und somit auch Artensammensetzung sich deutlich unterscheidet. Die jeweils dominantesten Arten, welche sich sowohl anhand ihrer Jahreszyklen als auch ihrer ökologischen und nahrungsbezogenen Ansprüche unterscheiden, zeigen dies beispielhaft. Die auf den Erbsen- und Mischfruchtfeldern am stärksten auftretenden Wildbienen, die Grauschwarze Düstersandbiene *Andrena cineraria* und die Erzfarbene Sandbiene *Andrena nigroaenea* waren nur im Frühjahr vertreten, im Spätsommer waren hingegen wie erwartet, Arten wie die Schwarze Köhler-Sandbiene *Andrena pilipes* und die Vierbindige Furchenbiene *Halictus quadricinctus* am dominantesten, während typische Frühjahrsbienen nicht mehr registriert werden konnten. Die überwiegende Mehrheit der erfassten Bestäuberarten sind Pollengeneralisten, die neben anderen Familien häufig gelblühende Kreuzblütengewächse wie Senf und Raps besuchen. Die Untersuchung im Spätsommer ermöglichte insgesamt zwar keinen Vergleich, jedoch eine Ergänzung zur Bewertung der Attraktivität von Leindotter auf Bestäuber.

Es zeigte sich anhand der Verteilung der Individuen auf die vorhandenen Bestäubergruppen und den unterschiedlich ausgeprägten Dominanzverhältnissen in den drei Versuchsjahren, dass alle untersuchten Bestäubergruppen (Honigbienen, Wildbienen inkl. Hummeln und Schwebfliegen) Leindotter als attraktive Nahrungspflanze annehmen, darunter auch als gefährdet gelistete Arten. Leindotter bietet Bestäubern eine attraktive Nahrungsquelle, wie bereits Groeneveld & Klein (2014) anhand von Besuchsraten an Leindotterblüten zeigen konnten. Die Studie zeigt, dass Leindotter vor allem von Honigbienen und Wildbienen frequentiert wird. Die Anzahl der Blütenbesucher des Leindotters war dabei fast viermal so hoch wie die des zeitgleich blühenden Ackerhellerkrauts. In den USA wurde der Wert verschiedener Ölpflanzen für Bestäuber analysiert. Auch diese Studien heben den Wert des Leindotters für Bienen hervor. Die Autoren zeigten auf, dass die Nektarproduktion von Leindotterfeldern bei 100 kg Zucker je Hektar lag und somit höher ist als die von Raps mit 83 kg/ha und Ackerhellerkraut mit 13 kg/ha (Eberle et al. 2014 und 2015). Pollen hingegen wird nach Thom et al. (2018) im Vergleich zu anderen Ölpflanzen wie beispielsweise Raps (50-150 kg/ha) eher weniger produziert ( $\leq 40$  kg/ha). Die Ergebnisse dieser Studie lassen auch den Schluss zu, dass Leindotter für Honigbienen als Trachtpflanze fungieren kann. Dies konnte, neben der Beobachtung und Erfassung zahlreicher Honigbienen in allen untersuchten Kulturen, auch durch den Austausch mit Vertretern der Leindotter-Initiative e. V. bzw. mehreren an Leindotter interessierten Imkern bekräftigt werden (pers. Mitteilungen). Durch den Anbau von Leindotter im Frühjahr und Spätsommer können demnach sowohl im Juni als auch im August nach der Rapsblüte Trachtlücken

geschlossen werden, wovon letztendlich alle Bestäuber in Jahreszeiten mit ansonsten nur geringem Blütenangebot profitieren.

Auch die Betrachtung der Diversität der Bestäuber anhand der berechneten Diversitätsindizes zeigt, dass der zusätzliche Anbau von Leindotter in Erbsenkulturen die Vielfalt von Bestäubern in Agrarlandschaften stärkt. In einer belgischen Studie wurde bei Untersuchungen von Leindotterblühstreifen in Winter-Weizen ein Indexwert von  $H_s = 2,31$  für Bestäuber (Wildbienen und Schwebfliegen) festgestellt, deren Diversität ebenfalls mittels Fangschalen und Sichtfängen erhoben wurde (Amy et al., 2018). Dies entspricht dem Bereich der hier festgestellten Durchschnittswerte für die Reinkulturen von  $H_s = 2,39$  für Erbsen und  $H_s = 2,24$  für Leindotter. Die gleiche Studie zeigte, dass eine Erhöhung des Blütenangebots ebenso die Diversität, vor allem der Schwebfliegen, signifikant erhöhte. Dies zeigt auch die vorliegende Studie, welche im Mischfruchtanbau hohe Durchschnittswerte durch den zusätzlichen Anbau von Leindotter mit  $H_s = 2,86$  erreichte. Auch alle erhobenen Indexwerte für die einzelnen Bestäubergruppen lagen über den Werten der reinen Erbsenkultur. Prinzipiell liegt die Obergrenze für die Diversität eines untersuchten Systems bei dessen theoretischem Maximalwert ( $H_{max}$ ), der von der Anzahl vorgefundener Arten abhängt. Auch diese berechneten Maximalwerte liegen für die Leindotter-Erbsen-Mischfrucht-kulturen zwischen 3,83 und 4,09 und somit deutlich höher als die für die reinen Erbsenkulturen festgestellten Werte, welche zwischen 3,47 und 3,78 liegen. Dies untermauert die Annahme, dass bereits die Umwandlung einer Reinkultur in eine Mischfruchtkultur und die damit verbundene großflächige Erhöhung des Blütenangebots um nur eine Art, die Diversität in Agrarlandschaften stärken kann.

Die Wichtigkeit eines diversen Pflanzenangebots in oder um landwirtschaftliche Kulturen und der damit verbundene positive Einfluss auf Bestäuber und Nützlinge ist schon lange bekannt (Van Emden, 1965). Die Förderung von Nützlingen durch Maßnahmen wie Blühstreifen und Mischfruchtanbau gilt als vorbeugende Maßnahme zur Schädlingsregulierung im biologischen Pflanzenschutz (Gurr et al., 2003). Marienkäfer (Larven und Adulte) und Florfliegenlarven sind effektive Gegenspieler von Blattläusen, wobei einzelne Larven bis zu 700 Individuen fressen und deren Schadwirkung bereits durch fünf Gegenspieler pro  $m^2$  effektiv reguliert werden kann (Kühne et al., 2006). Im Leindotter-Erbsen-Mischfruchtanbau zeigten sich gegenüber dem Anbau reiner Erbsenkulturen deutlich mehr Nützlinge. Auch Schwebfliegen finden in den Mischfruchtfeldern optimale Voraussetzungen. Adulte Tiere ernähren sich von Pollen und Nektar des Leindotters und die Blattlauskolonien der Erbsenpflanzen bieten die Basis zu deren Fortpflanzung. Auch die durchgeführten Beobachtungseinheiten verdeutlichen den im Feld bereits optisch erhaltenen Eindruck eines Mehraufkommens von Bestäubern und Nützlingen in der Leindotter-Erbsen-Mischfrucht. Trotz dieses erhöhten Aufkommens von Blattlausprädatoren auf den Mischfruchtfeldern und entgegen der Beobachtung einiger LandwirtInnen, konnte jedoch anhand der aufgenommenen Daten durch die Blattlausbonitur kein deutlicher Effekt auf die Blattlauspopulationen festgestellt werden. In den Jahren 2019 und 2020 entwickelten sich die Blattlauskolonien

der Erbsenfelder gleich mit denen der Mischfruchtfelder. In den Jahren 2020 und 2021 war das Vorkommen sehr gering ( $< 6$  Blattläuse pro Pflanze). Die Tatsache, dass 2019 das einzige Jahr mit einem erhöhten Blattlausvorkommen war, brachte keine sichtbaren Unterschiede in den Tendenzen der Ergebnisse. Nur im Jahr 2021 zeigte sich eine Verringerung der Blattläuse um 15 % und eine Abnahme der Anzahl der Blattläuse ab der zweiten Untersuchungswoche; somit war das Jahr 2021 das einzige Jahr, in dem die Entwicklung der Blattlauspopulationen tendenziell einen reduzierenden Einfluss durch Nützlinge vermuten lässt. Die verzögerte Entwicklung von Räuber- gegenüber Beutepopulationen zur Erreichung effektiver Populationsdichten ist bekannt und unterliegt zudem weiteren äußeren Faktoren, wie z. B. der Frühjahrsentwicklung von Blattläusen und den entsprechenden Antagonisten (Suter, 1977; Wetzler et al., 1987). Der Einfluss der Nützlinge auf die untersuchten Blattlauspopulationen entfaltete somit möglicherweise erst nach der kurzen Untersuchungsperiode von 14 Tagen sein volles Potenzial. Hierzu wären längerfristig angelegte Studien, welche die Populationsentwicklungen über die gesamte Saison erfassen, sinnvoll.

Durch die Kooperation mit externen LandwirtInnen, die Leindotter explizit im Rahmen des Projektes anbauten, bestand keine Möglichkeit auf die Auswahl der für die Studie zur Verfügung gestellten Schläge Einfluss zu nehmen. Auch durch den landwirtschaftlich erforderlichen jährlichen Wechsel der Kulturen auf den Schlägen, kam es zu Standortwechseln der Versuchsflächen und dadurch nicht vermeidbaren Abweichungen der Schlaggrößen und deren Zugänglichkeit. Letzteres führte zu einer nötigen Anpassung der Anordnung der Farbschalentransekte ab dem Jahr 2020. Im Rahmen des Projektes war die konventionelle Bewirtschaftung aller Anbauflächen vorgegeben, was neben den geringen Entfernungen der Untersuchungsflächen (Erbsen und Leindotter-Erbsen) dazu beitrug die Landschaftseffekte möglichst gering zu halten.

Die Verwendung unterschiedlicher Fangmethoden kann zu einer angemessenen Standardisierung der Erfassungsmethoden beitragen (Schuch et al., 2020) und begünstigt die Erweiterung des erfassten Artenspektrums (McCravy, 2018). Die Farbschalen in der vorliegenden Studie standen in einer unmittelbar blütenreichen Umgebung und waren zudem an die Höhe des umgebenden Blühhorizonts angepasst. Des Weiteren ist die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Farbschalen ab einer Distanz von 5 m nicht mehr nachweisbar (Droege et al., 2010), daher ist eine Fernanlockung von Bestäubern, die Leindotter nicht als Nahrungsquelle annehmen, anders als z. B. bei Verwendung von erhöhten Farbschalen auf einem umgebrochenen Acker, unwahrscheinlich. Zu betonen ist die ausgesprochen schlechte Fängigkeit von Farbschalen gegenüber Tagfaltern, daher unterstützt das Ergebnis sehr stark die hohe Tagfalterdichte auf den Leindotterkulturen im Spätsommer. Die Ergänzung durch gezielte Sichtfänge konnte in der vorliegenden Studie eine Erhöhung des Artenspektrums erzielen. Die Dauer des Kescherns wurde zwar erst ab dem zweiten Untersuchungsjahr angeglichen, die Durchführung über drei Versuchsjahre hinweg, ermöglichte jedoch trotzdem eine angemessene Ergänzung zu den Fallenfängen. Die Ergebnisse der Fallen- und Sichtfangauswertung wurden außerdem durch die erhobenen Daten der Beobachtungseinheiten bekräftigt.

## Fazit

Leindotter stellt, gerade angesichts des sich schnell ändernden Klimas, eine vielseitige und immer wichtiger werdende Nutzpflanze dar, die neben den bereits bestehenden Möglichkeiten, auch Anbau- und Nutzungspotenziale für die Zukunft birgt (Dhurba et al., 2022). Die Erkenntnisse dieser Studie unterstreichen, dass auch in der konventionellen Landwirtschaft intelligente Anbaukonzepte einen Beitrag dazu liefern können, die negativen Auswirkungen einer intensiven Landwirtschaft auf die Artenvielfalt zu vermindern, die Diversität zu stärken und wichtige Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften zu erhalten. Die deutliche Förderung von Bestäubern und Nützlingen auf den Leindotter-Erbsen-Mischfruchtfeldern stellt den Wert von Leindotter als Nahrungsquelle für Insekten sowie die ökologische Sinnhaftigkeit des Mischfruchtanbaus mit Leindotter unter Beweis.

## Erklärung zu Interessenskonflikten

Der Autor/die Autorinnen erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

## Danksagung

Den Rahmen dieser Studie bildete das Projekt „Etablierung eines großflächigen Mischfruchtanbaus von Erbsen und Leindotter zur Stärkung von Artenvielfalt und Ökosystemleistungen und Aufbau einer Wertschöpfungskette basierend auf nachhaltig produzierten, heimischen, nachwachsenden Rohstoffen“. Es wurde im Bundesprogramm Biologische Vielfalt durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz von 2018-2022 gefördert (Förderkennzeichen: 3517 685009).

Ein besonderer Dank gilt allen Projektbeteiligten für die hervorragende Kooperation, besonders den LandwirtInnen für die gute Zusammenarbeit und das zur Verfügung stellen ihrer Schläge zur Durchführung dieser Studie.

## Zusatzinformationen

Zu diesem Artikel gibt es eine ergänzende Tabelle, die unter <https://doi.org/10.5073/JfK.2023.03-04.02> verfügbar ist:

| Tab. S. Gesamtartenliste und Gefährdung

## Literatur

**Ackermann, K., H. Saucke, 2005:** Einfluss des Gemengepartners Leindotter (*Camelina sativa* L.) auf Beikrautbesatz, Schädlingsbefall und Ertrag in Körnererbsen. In: Heß, J., G. Rahmann (Hrsg.). *Ende der Nische: Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. 01.-04. März 2005, Kassel, 75-76, ISBN 3-89958-115-6.

**Akk, E., E. Ilumäe, 2005:** Possibilities of growing *Camelina sativa* in ecological cultivation. Estonian Research Institute Agriculture, 28-33, URL: <https://www.researchgate.net/publication/268411025>. Zugriff: 08.06.2022.

**Almeida, F. N., J.K. Htoo, J. Thomson, H.H. Stein, 2013:** Amino acid digestibility in camelina products fed to growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science* **93** (3), 335-343, DOI: 10.4141/cjas2012-134.

**Amiet, F., M. Herrmann, A. Müller, R. Neumeyer, 2001:** *Fauna Helvetica: Apidae 3 – Halictus, Lasioglossum*. Neuchâtel, CH, CSCF & SEG, ISBN: 2-88414-017-4.

**Amiet, F., M. Herrmann, A. Müller, R. Neumeyer, 2004:** *Fauna Helvetica: Apidae 4 – Anthidium, Chelostoma, Coelioxys, Dioxys, Heriades, Lithurgus, Megachile, Osmia, Stelis*. Neuchâtel, CH, CFCS & SEG, ISBN: 2-88414-021-2.

**Amiet, F., M. Herrmann, A. Müller, R. Neumeyer, 2007:** *Apidae 5 – Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tetralonia, Thyreus, Xylocopa*. Neuchâtel, CH, CSCF & SEG, ISBN: 978-2-88414-032-4.

**Amiet, F., M. Herrmann, A. Müller, R. Neumeyer, 2010:** *Fauna Helvetica: Apidae 6 – Andrena, Mellitturga, Panurginus, Panurgus*. Neuchâtel, CH, CSCF & SEG, ISBN: 978-2-88414-039-3.

**Amiet, F., M. Herrmann, A. Müller, R. Neumeyer, 2014:** *Fauna Helvetica: Apidae 2 – Colletes, Dufoura, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rhopitoides, Rophites, Sphecodes, Systropa*. Neuchâtel, CH, CSCF & SEG, ISBN: 978-2-88414-015-7.

**Amiet, F., A. Müller, C. Praz, 2017:** *Fauna Helvetica: Apidae 1 – Allgemeiner Teil, Gattungen Apis, Bombus*. Neuchâtel, CH, CSCF & SEG, ISBN: 978-2-88414-042-3.

**Amy, C., G. Noël, S. Hatt, R. Uyttenbroeck, F. van de Meutter, D. Genoud, F. Francis, 2018:** Flower strips in wheat intercropping system: Effect on pollinator abundance and diversity in Belgium. *Insects* **9** (3), DOI: 10.3390/insects9030114.

**Aufhammer, W., 1999:** *Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ein Beitrag zur Nutzung von Biodiversität im Pflanzenbau*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN: 978-3800141357.

**Aziza, A.E., N. Quezada, G. Cherian, 2010:** Antioxidative effect of dietary Camelina meal in fresh, stored, or cooked broiler chicken meat. *Poultry Science* **89** (12), 2711-2718, DOI: 10.3382/ps.2009-00548.

**Ball, S., R. Morris, 2015:** *Britain's Hoverflies – A field guide*. New Jersey, UK, Princeton University Press, ISBN: 978-0-691-16441-0.

**Bernardo, A., R. Howard-Hildige, A. O'Connell, R. Nichol, J. Ryan, B. Rice, E. Roche, J.J. Leathy, 2003:** Camelina oil as a fuel for diesel transport engines. *Industrial Crops and Products* **17**, 191-197, DOI: 10.1016/S0926-6690(02)00098-5.

**Bertrand, M., 2004:** Leindotteröl – ein altes Pflanzenöl mit neuer Zukunft?. *Ernährungs-Umschau* **51** (1), 12-16.

**BfN, 2022:** *Insektenrückgang – Daten, Fakten, Handlungsbedarf*. Bundesamt für Naturschutz (BfN), URL: <https://www.bfn.de/insektenrueckgang>. Zugriff: 08.06.2022.

**BLE, 2018:** *Rote Liste der gefährdeten einheimischen Nutzpflanzen in Deutschland*, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), URL: <https://pgrdeu.genres.de/on-farmbewirtschaftung/rote-liste-nutzpflanzen/>. Zugriff: 08.06.2022.

- Böhme, H., G. Flachowsky, 2005:** Zur Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel. *Landbauforschung Völkenrode* **55** (3), 157-162.
- Bot, S., F. van de Meutetter, 2019:** *Zweefvliegen*. Zeist, NL, KNNV Uitgeverij, ISBN: 978-90-5011-756-2.
- Chinery, M., 2012:** *Pareys Buch der Insekten*. Stuttgart, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, ISBN: 978-3-440-13289-0.
- Dhurba, N., H.L. Richard, J.K.Q. Solomon, J.C. Cushman, 2022:** Realizing the Potential of *Camelina sativa* as a Bioenergy Crop for a Changing Global Climate. *Plants* **11** (6), 772, DOI: 10.3390/plants11060772.
- Droege, S., V.J. Tepedino, G. Lebuhn, W. Link, R.L. Minckley, Q. Chen, C. Conrad, 2010:** Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity* **3** (1), 15-23, DOI: 10.1111/j.1752-4598.2009.00074.x.
- Eberle, C.A., F. Forcella, J.G. Lundgren, K.T. Nemeč, R.W. Gesch, W.E. Riedell, S.K. Papiernik, M. Thom, 2014:** Using cash cover crops to provide pollinator provisions in the upper Midwest. ASA, CSSA & SSSA: International Annual Meeting: Grand Challenges, Great Solutions. 2.-5. November, Long Beach, Kalifornien, USA.
- Eberle, C.A., M.D. Thom, K.T. Nemeč, F. Forcella, J.G. Lundgren, R.W. Gesch, W.E. Riedell, S.K. Papiernik, A. Wagner, D.H. Peterson, J.J. Eklund, 2015:** Using pennycress, camelina, and canola cash cover crops to provision pollinators. *Industrial Crops and Products* **75** (B), 20-25, DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.06.026.
- EEA, 2010:** *Assessing biodiversity in Europe – the 2010 report 5/2010*. European Environment Agency (EEA), Copenhagen, DK, 58 S., DOI: 10.2800/42824.
- Eynck, C., K. Falk, 2013:** *Camelina (Camelina sativa)*. In: B.P. Singh (Hrsg.). *Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics*. CAB International (CABI), Wallingford, UK, 369-391, ISBN: 978-1845938857.
- Forcella, F., S. Patel, A.W. Lenssen, C. Hoerning, M.S. Wells, R.W. Gesch, M.T. Berti, 2021:** Weather and landscape influences on pollinator visitation of flowering winter oilseeds (field pennycress and winter camelina). *Journal of Applied Entomology*, **145** (4), 286-294, DOI: 10.1111/jen.12854.
- Froschhammer, P., H. Schulz, J. Heß, 2015:** Mischfruchtanbau mit Soja und Leindotter. In: Häring, A.M., B. Hörning, R. Hoffmann-Bahnsen, H. Luley, V. Luthardt, J. Pape, G. Trei (Hrsg.): *Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung: Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, 17.-20. März 2015, Eberswalde, 292-294, ISBN: 978-3895748851.
- Gallai, N., J. Salles, J. Settele, B. Vaissiere, 2009:** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with world pollinator decline. *Ecological Economics* **68** (3), 810-821, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.014.
- Gokcezade, J., B.A. Greben-Krenn, J. Neumayer, 2017:** *Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Wiebelsheim, Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co., ISBN: 978-3-494-01787-7.
- Gollner, G., C. Gabler, S. Grausgruber-Gröger, J.K. Friedel, H. Grausgruber, B. Freyer, 2010:** Körnerleguminosen in Mischkulturen mit Leindotter (*Camelina sativa*) im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen. *Journal für Kulturpflanzen* **62** (11), 402-408, DOI: 10.5073/JfK.2010.11.02.
- Groeneveld, J., A.M. Klein, 2014:** Pollination of two oil-producing plant species: Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) and pennycress (*Thlaspi arvense* L.) double-cropping in Germany. *Global Change Biology – Bioenergy* **6**, 242-251, DOI: 10.1111/gcbb.12122.
- Gurr, G.M., D.S. Wratten, J.M. Luna, 2003:** Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* **4** (2), 107-116, DOI: 10.1078/1439-1791-00122.
- Hallmann, C.A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Sipel, N. Hofland, H. Schwan, W. Sternmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörren, D. Goulson, H. de Kroon, H., 2017:** More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* **12** (10), DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.
- Heyland, H.H., 2006:** *Handbuch des Pflanzenbaus 4: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN: 978-3-8001-3203-4.
- Insektenatlas, 2020:** *Insektenatlas – Daten und Fakten über Nütz- und Schädlinge in der Landwirtschaft – 4.0 international*. Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland und Le Monde Diplomatie (Hrsg.), 2. Auflage, ISBN: 978-3-86928-215-2.
- Karg, S., E. Weber, 2019:** *Heilsam Kleidsam Wundersam – Pflanzen im Alltag der Steinzeitmenschen*. Darmstadt, wbg Theiss in Wissenschaftliche Buchgesellschaft (wbg), ISBN: 978-3806238860.
- Knörzer, K.H., 1978:** Entwicklung und Ausbreitung des Leindotters (*Camelina sativa* s.l.). *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **91** (1), 187-195, DOI: 10.1111/j.1438-8677.1978.tb03642.
- Kühne, S., U. Burth, P. Marx, 2006:** *Biologischer Pflanzenschutz im Freiland: Pflanzengesundheit im ökologischen Landbau*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN: 978-3800147816.
- Majerus, M., P. Kearns, 1989:** *Ladybirds – Naturalists Handbooks 10*. Slough, UK, The Richmond Publishing Co. Ltd, ISBN: 978-0855462673.
- Makowski, N., 1993:** Anbau von Leindotter. *Raps* **2**, 73-77
- Mauss, V., 1987:** *Bestimmungsschlüssel für die Hummeln der Bundesrepublik Deutschland*. Hamburg, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN), 50 S.
- McCravy, K., 2018:** A Review of Sampling and Monitoring Methods for Beneficial Arthropods in Agroecosystems. *Insects* **9**, 170, DOI: 10.3390/insects9040170.
- Moser, B., 2010:** Camelina (*Camelina sativa* L.) oils as a biofuels feedstock: golden opportunity or false hope?. *Lipid Technology* **22** (12), 270-273, DOI: 10.1002/lite.201000068.

- Paulsen, H.M., 2007:** Mischfruchtanbausysteme mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau 1. Ertragsstruktur des Mischfruchtanbaus von Leguminosen oder Sommerweizen mit Leindotter (*Camelina sativa* L. Crantz). Landbauforschung Völkenrode **57**, 107-117.
- Paulsen, H.M., M. Schochow, 2007:** Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau: Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 309, URL: <http://forschung.oekolandbau.de> (BÖL-Bericht-ID 13217).
- Paulsen, H.M., V. Wichmann, U. Shuemann, B. Richter, 2011:** Use of straight vegetable oil mixtures of rape and camelina as on farm fuels in agriculture. Biomass and Bioenergy **35** (9), 4015-4024, DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.06.031.
- Pauly, A., 2015:** Clés illustrées pour l'identification des abeilles de Belgique et des régions limitrophes (Hymenoptera: Apoidea) I. Halictidae (Französisch). In: *Clé des Halictidae de Belgique, Document de Travail du Projet BELBEES*. Bruxelles, BE, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 118 S.
- Pilgeram, A.L., D.C. Sands, D. Boss, N. Dale, D. Wichman, P. Lamb, C. Lu, R. Barrows, M. Kirkpatrick, B. Thompson, D.L. Johnson, 2007:** *Camelina sativa*, A Montana Omega-3 and Fuel Crop. In: Janick, J., A. Whipkey (Hrsg.), Issues in new crops and new uses. Alexandria, USA, ASHS Press, 129-131.
- Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger, W.E. Kunin, 2010:** Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution **25** (6), 345-353, DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007.
- Putnam, D., J. Budin, L.A. Field, W. Breene, 1993:** Camelina: A promising low-input oilseed. In: Janick, J., J.E. Simon (Hrsg.), *New crops*. New York, USA, Wiley, 314-322.
- Robinson, R., 1987:** *Camelina: A useful research crop and a potential oilseed crop*. Minnesota, USA, Minnesota Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, Station Bulletin 579.
- Saucke, H., K. Ackermann, 2006:** Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). Weed Research **46** (6), 453-461, DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00530.x.
- Scheuchl, E., 2006:** *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreich. Band II: Megachilidae – Melittidae*. Velden, Eigenverlag Erwin Scheuchl, ISBN: 9788788757613.
- Schuch, S., H. Ludwig, K. Wesche, 2020:** *Erfassungsmethoden für ein Insektenmonitoring. Eine Materialsammlung*, Bonn, Bundesamt für Naturschutz (BfN). BfN-Skripten 565, ISBN: 978-3-89624-326-3.
- Sorg, M., H. Schwan, W. Sternmans, A. Müller, 2013:** Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise Fallen in den Jahren 1989 und 2013. Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld **1**, 1-5.
- Ssymank, A., D. Doczkal, K. Rennwald, F. Dziocck, 2011:** Rote Liste und Gesamtartenliste der Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) Deutschlands. In: Binot-Hafke, M., S. Balzer, N. Becker, H. Gruttke, H. Haupt, N. Hofbauer, G. Ludwig, G. Matzke-Hajek, M. Strauch, (Red.): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1)*. Münster, Landwirtschaftsverlag – Naturschutz und Biologische Vielfalt **70** (3), 13-83.
- Suter, H., 1977:** *Populationsdynamik der Erbsenblattlaus (Acyrtosiphon pisum Harr.) und ihrer Antagonisten*. Dissertation, Zürich: ETH Library.
- Thom, M., C.A. Eberle, F. Forcella, R. Gesch, S. Weyers, 2018:** Specialty oilseed crops provide an abundant source of pollen for pollinators and beneficial insects. Journal of Applied Entomology **142** (1-2), 211-222, DOI: 10.1111/jen.12401.
- UFZ, 2019:** *Bestimmungstabellen und Bestimmungshilfen für Tagfalter*, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), URL: <https://www.ufz.de/tagfalter-monitoring/index.php?de=41776>, Zugriff: 12. April 2019.
- van Emden, H., 1965:** The Role of Uncultivated Land in the Biology of Crop Pests and Beneficial Insects. Scientific Horticulture **17**, 121-136.
- van Veen, M., 2004:** *Hoverflies of Northwest Europe – Identification keys to the Syrphidae*. Zeist, NL, KNNV Publishing, ISBN: 978-90-5011-199-7.
- Waraich, E.A., R. Ahmad, M.Y. Ashraf, N.V. Saifullah, M.S. Naeem, Z. Rengel, 2013:** *Camelina sativa*, a climate proof crop, has high nutritive value and multiple-uses: a review. Australian Journal of Crop Science **7** (10), 1551-1559.
- Westphal, C., R. Bommarco, G. Carré, E. Lamborn, N. Morison, T. Petanidou, S.G. Potts, S.P.M. Roberts, H. Szentgyörgyi, T. Tscheulin, B.E. Vaissière, M. Woyciechowski, J.C. Biesmeijer, W.E. Kunin, J. Settele, I. Steffan-Dewenter, 2008:** Measuring bee diversity in different European habitat and biogeographical regions. Ecological Monographs **78** (4), 653-671.
- Westrich, P., 2019:** *Die Wildbienen Deutschlands*. 2. Auflage. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN: 978-3-8186-0880.
- Westrich, P., U. Frommer, K. Mandery, H. Riemann, H. Ruhnke, C. Saure, J. Voith, 2011:** Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. In: Binot-Hafke, M.; Balzer, S.; Becker, N.; Gruttke, H.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G.; Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Red.): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1)*. Münster, Landwirtschaftsverlag – Naturschutz und Biologische Vielfalt **70** (3), 373-416.
- Wetzel, T., F. Holz, A. Stark, 1987:** Bedeutung von Nützlingspopulationen bei der Regulation von Schädlingspopulationen im Getreidebestand. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst **39**, 1-7.
- Zattara, E., M. Aizen, 2021:** Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. One Earth **4** (1), 114-123, DOI: 10.1101/869784.
- Zubr, J., 1997:** Oil-seed crop: *Camelina sativa*. Industrial Crops and Products **6** (2), 113-119, DOI: 10.1016/S0926-6690(96)00203-8.

Franziska Becker<sup>1</sup>, Paula Fuchs<sup>2</sup>, Wolfgang Heyer<sup>1</sup>, Jan Rücknagel<sup>2</sup>

## Einfluss von Zwischenfruchtanbau bei Mais auf die Arthropoden Biomasse und Diversität

Effect of intercrop cultivation in maize stands on arthropods biomasses and diversity

### Affiliationen

<sup>1</sup>INL – Privates Institut für Nachhaltige Landwirtschaft GmbH, Halle (Saale).

<sup>2</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Halle (Saale).

### Kontaktanschrift

Dr. habil. Wolfgang Heyer, INL – Privates Institut für Nachhaltige Landwirtschaft GmbH, Reilstrasse 128, 06114 Halle (Saale),

E-Mail: wolfgang.heyer@inl-mail.de

## Zusammenfassung

In einem Feldversuch wurden acker- und pflanzenbauliche Effekte von sechs Zwischenfruchtmischungen sowie der Kontrolle ohne Zwischenfrucht im Maisanbau untersucht. Ebenfalls wurde die Arthropodenfauna mit Bodenfallen an drei Terminen im Jahr 2020 erfasst (10.-17.7.; 17.8. – 24.8.; 14.9. – 17.9.). Versuchsziel war es zu überprüfen, ob die auf dem Feld verbleibende pflanzliche Biomasse (dt TM/ha) und ihr Energiegehalt (GJ/ha) einen Einfluss auf die Diversität (Shannon-Weaner-Index) der Arthropodengemeinschaft und ihre Biomasse hat. Es wurde festgestellt, dass sich die Diversität der Arthropodengemeinschaft zwischen einigen Varianten signifikant unterschied. Die Differenzen konnten jedoch nicht mit der eingebrachten pflanzlichen Biomasse und Energie oder anderen Faktoren (Anzahl Pflanzenarten in der Saatgutmischung, Winterfestigkeit der Zwischenfrüchte) erklärt werden. Jedoch nahm die Arthropodenbiomasse mit dem Anstieg der pflanzlichen Biomasse und des Energieeintrages zu. Das Ergebnis steht im Einklang mit Literaturbefunden zum Energietransfer im Nahrungsnetz und der unterschiedlichen Ressourcennutzung durch Arthropodenarten. Ebenso wird das Ergebnis im Rahmen mit politischen Ansätzen zur Förderung des Insektenschutzes diskutiert.

## Stichwörter

**Zwischenfruchtanbau, Biodiversität, Arthropoden, Nahrungsnetz, Energiefluss, Intensität der Landwirtschaft**

## Abstract

In a field trial, agronomic and crop effects of six intercrop mixtures and control (without catch crop) were investigated in maize cultivation. Additionally, the arthropod fauna was recorded with ground traps on in three dates in 2020 (10.-17.7.; 17.8. – 24.8.; 14.9. – 17.9.). The experimental objective was to verify whether the plant biomass remaining on the field (dt

DM/ha) and its energy content (GJ/ha) have an impact on the diversity (Shannon-Weaner index) of the arthropod community and its biomass. It was found that the diversity of arthropod community differed significantly between some variants. However, the differences could not be explained by the introduced plant biomass and energy or other factors (number of plant species in the seed mixture, winter hardiness of the catch crops etc.). However, arthropod biomass increased as plant biomass and energy input increased. The result is consistent with literature findings on food web energy transfer and differential resource use by arthropod species. Similarly, the result is discussed in the context of policy approaches to promote insect conservation.

## Keywords

**catch crop-growing, biodiversity, arthropods, food web, energy flow, agricultural intensity**

## Einleitung

In den letzten Jahren nahmen öffentliche und politische Diskussionen um die biologische Vielfalt einen erheblichen Raum ein. Sie wurden intensiviert durch Studien zur Insektenfauna, welche nachweisliche Einbußen in der Biomasse bei Fluginsekten erlitt (Sorg et al., 2013; Hallmann et al., 2017). Auch für speziellere Artengruppen, wie Schmetterlinge (Haslberger & Seegerer, 2016; Habel et al., 2016; Thomas, 2016) oder Zikaden (Schuch et al., 2012) wurden Verluste im Artenbestand beschrieben.

Als Treiber von Biodiversitätsverlusten wird die Landwirtschaft mitverantwortlich gemacht (Emmerson et al., 2016; Hallmann et al., 2017) und Einflüsse einer sich wandelnden Landnutzung auf verschiedene Insektengruppen wurden statistisch belegt (Benton et al., 2002). Effekte resultierten aus Veränderungen der Agrarlandschaft z. B. des Grünlandanteils (Seibold et al., 2019), des Anteils natur- und naturnaher Flä-



(c) Die Autoren/Die Autorinnen 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: 14. Dezember 2022/16. Februar 2023

chen sowie der Fruchtartenvielfalt (Benton et al., 2002). Damit einhergehend wurden zugleich funktionale Ökosystemleistungen beeinflusst (Garibaldi et al., 2011; Holzschuh et al., 2012; Haenke et al., 2014; Rusch et al., 2016).

On-site Effekte auf Organismen wurden überwiegend dem Pflanzenschutzmitteleinsatz (Basedow et al., 1976; Benton et al., 2002; Geiger et al., 2010) und der Düngung (Vollhardt et al., 2019) zugeschrieben. Die Art der Bodenbearbeitung beeinflusste ebenfalls das Auftreten von Käfern und Regenwürmern (Kreuter & Schmidt, 2007).

Aufgeführte Off- und On-site Effekte auf Biodiversität werden häufig unter dem Begriff „Intensive Landwirtschaft“ undifferenziert betrachtet (Emmerson et al., 2016). Diese Sichtweise spiegelt sich auch in der Gesetzgebung und in Dokumenten der Politikberatung (Leopoldina, 2018; BMU, 2019; BGBl, 2021) wider.

Aus fachlicher Perspektive beeinflussen die aufgeführten Faktoren populationsdynamische Prozesse auf unterschiedlichen Ebenen, so z. B. über die Habitatfunktion (Fruchtartenvielfalt), Eingriffe in Stoffströme und in den Energietransfer des Nahrungsnetzes (Nährstoffgaben, Pflanzenschutz), weshalb auch Gonthier et al. (2014) betonen, dass auf die Ackerfläche ausgerichtete Maßnahmen den landschafts- und strukturbildenden Förderansätzen zum Erhalt von Biodiversität gleichzusetzen sind.

Dieser Rahmen gab Anlass in einem Feldversuch der Frage nachzugehen, inwieweit eine erweiterte Zufuhr pflanzlicher

Biomasse das Auftreten von Arthropoden auf Ackerflächen beeinflusst und sich ein Zwischenfruchtanbau auf den Energietransfer im Nahrungsnetz auswirkt.

## Methodik der Untersuchungen

### Zwischenfruchtversuch

Der Versuch wurde innerhalb einer bestehenden acker- und pflanzenbaulichen Versuchsanlage zur Prüfung von Umwelteffekten des Zwischenfruchtanbaus in Mais durchgeführt. Im Abschlussbericht des Projektes (DBU, 2021) ist dieser Versuch in seiner Zielsetzung, Anlage und Methodik genauer beschrieben. Die Zwischenfrüchte wurden nach Winterweizen und Bodenbearbeitung (Pflug, Packer und Kreiselegge) am 9.8.2019 gesät. Im Frühjahr 2020 wurde der Aufwuchs gemulcht, gefräst und Silomais (Sorte „Mallory“ Reifezahl S220) nach Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 22.4.2020 gelegt.

Aus diesem Versuch wurden acker- und pflanzenbauliche Daten übernommen, so die verwendeten Pflanzenarten, ihre Saatgutanteile (Tab. 1) sowie mit den Anbauvarianten zugeführte ober- und unterirdische pflanzliche Biomasse.

Die Umrechnung der zugeführten Biomasse in Energiewerte erfolgte über das Modell REPRO (Hülsbergen, 2003). Es differenziert die Energiegehalte der Zwischenfrüchte zwischen 14,8 MJ/kg TM (Erbse) und 27,9 MJ/kg TM (Öllein) und wur-

Tab. 1. Charakterisierung der Zwischenfruchtvarianten

Versuchsvariante	Zwischenfruchtmischung*	Aussaatzeit und Saatmenge	Pflanzenarten und Anteile
Var. 1	Kontrolle ohne Zwischenfrucht		ohne
Var. 2	Sommerzwischenfrucht mit Nichtleguminosen, abfrierend (viterra MAIS)	Ansaat 21.8.2019 50 kg/ha	46 % <i>Avena strigosa</i> 40 % <i>Raphanus sativus</i> L. 10 % <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth 4 % <i>Helianthus annuus</i>
Var. 3	Sommerzwischenfrucht mit Leguminosen, abfrierend (viterra BODENGARE)	Ansaat 21.8.2019 25 kg/ha	39 % <i>Pisum sativum</i> L. 38 % <i>Vicia sativa</i> 13 % <i>Lupinus angustifolius</i> L. 3.5 % <i>Trifolium Alexandrinum</i> L. 3 % <i>Trifolium resupinatum</i> L. 2.5 % <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth 1 % <i>Helianthus annuus</i>
Var. 4	Sommerzwischenfrucht mit Leguminosen und Nichtleguminosen, abfrierend (viterra TRIO)	Ansaat 21.8.2019 20 kg/ha	38 % <i>Trifolium Alexandrinum</i> L. 36 % <i>Raphanus sativus</i> L. 26 % <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth
Var. 5	Winterzwischenfrucht mit Nichtleguminosen, nicht abfrierend (viterra UNIVERSAL WINTER)	Ansaat 22.8.2019 25 kg/ha	48 % <i>Avena strigosa</i> 36 % <i>Lolium multiflorum</i> Lam. 16 % <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth
Var. 6	Winterzwischenfrucht mit Leguminosen, nicht abfrierend (Eigenmischung)	Ansaat 22.8.2019 70 kg/ha	50 % <i>Pisum sativum</i> L. 36 % <i>Vicia villosa</i> 14 % <i>Trifolium incarnatum</i> L.
Var. 7	Winterzwischenfrucht mit Leguminosen und Nichtleguminosen, nicht abfrierend (viterra LUNDGAARDER GEMENGE)	Ansaat 22.8.2019 50 kg/ha	31 % <i>Lolium multiflorum</i> Lam. 29 % <i>Trifolium incarnatum</i> L. 20 % <i>Vicia villosa</i> 20 % <i>Pisum sativum</i> L.

\*Zusammensetzung der "viterra" Mischungen 2018; 2019

de für vorliegende Fragestellung mit weiteren Daten ergänzt (LfULG, 2010; LfL, 2011).

Tabelle 1 beschreibt die Zwischenfruchtvarianten, welche in der Anzahl der Mischungspartner, den Leguminosen- und Kruziferenanteilen sowie in der Winterfestigkeit variieren.

### Erfassung der Arthropoden

Mit Bodenfallen von 10 cm Durchmesser wurden die Arthropoden im Block 1 (B1) und 3 (B3) des gepflügten Bereichs der Versuchsanlage (Parzellengröße 67,5 m<sup>2</sup>) erfasst. Die Fänge erfolgten im Zeitraum vom 10.-17.7.2020; 17.8. – 24.8.2020 und 14.9. – 17.9.2020.

Die gefangenen Arthropoden wurden in 70 %igem Alkohol konserviert und in tropfnassem Zustand ihre Biomasse bestimmt. Anschließend wurden sie nach Stamm (*Arthropoda*), Unterstamm (z. B. *Myriapoda*), Ordnungen (z. B. Webspinnen (*Arachnida*), Weberknechte (*Opiliones*), Familien (z. B. Laufkäfer [*Carabidae*], Kurzflügelkäfer [*Staphylinidae*], Marienkäfer [*Coccinellidae*]) und Gattungen (z. B. Großlaufkäfer [*Carabus*], Sandlaufkäfer [*Cincindela*]) geordnet. Insgesamt wurden 15 Kategorien erfasst und für leichter kenntliche Individuen erfolgten Artbestimmungen (z. B. Getreidelaufkäfer [*Zabrus tenebrioides* Goeze], Schwarzer Krumhornkäfer [*Loricera pillicornis* Fabr.], Kupferfarbener Listkäfer (*Poecilus cupreus* Lin.), Buntfarbener Putzläufer [*Platynus dorsalis* Ponthopidan], Schwarzer Moderkäfer [*Ocyopus olens* Müller], Totengräber [*Necrophorus vespilloides* Herbst]).

### Statistische Auswertung

Die Beschreibung der Arthropodengesellschaften erfolgte nach vorstehender Differenzierung über die Berechnung biologischer Kennzahlen: die Artenidentität nach Jaccard sowie die Dominanzidentität nach Renkonen. Sie beschreiben die relative Ähnlichkeit der Arthropodengesellschaften. Die Kennzahl „Diversität“ (Diversitätswert nach Shannon-Weaver) bündelt beide Informationen in einem dimensionslosen Index. Nach dem von MacArthur (1965) beschriebenen

Verfahren (modifizierter t-Test) konnten die Diversitätsdifferenzen zwischen den Varianten auf Signifikanz geprüft werden.

Abhängigkeiten der Arthropodenbiomasse und der Diversität der Arthropodengemeinschaften von der Zufuhr pflanzlicher organischer Biomasse wurden über Korrelations- und Regressionsberechnungen geprüft. Unabhängige Parameter waren die Biomassezufuhr (dt TM/ha) bzw. die damit realisierte Energiezufuhr (GJ/ha).

Zusätzlich wurden Effekte weiterer acker- und pflanzenbaulicher Parameter (Anzahl Mischungspartner, Leguminosen/Nichtleguminosen – Anteile), Winterhärte der Zwischenfrüchte und der Biomasseverteilung (überwiegend ober- bzw. unterirdisch) auf die Diversität der Arthropodengemeinschaften über Mittelwertvergleiche überprüft. Signifikanzprüfungen erfolgten mit jeweils 10 % Irrtumswahrscheinlichkeit.

## Ergebnisse

### Biomassezufuhr in den Versuchsvarianten

In der Tab. 2 ist die dem Anbausystem zugeführte pflanzliche Biomasse in dt TM/ha dargestellt, unterschieden nach den Wiederholungen (B1; B2) und dem ermittelten Lageort (oberirdisch, unterirdisch) der Pflanzenreste. In der Kontrollvariante resultiert die Biomasse allein aus Ernte- und Wurzelrückständen der Vorfrucht, in den weiteren Varianten zusätzlich aus verbliebenem Pflanzenmaterial der Zwischenfruchtmischungen. Daraus ergeben sich Unterschiede in der Biomassezufuhr und Verteilung auf die Bodenschichten (Abb. 1). In den Varianten 3 und 6 war der Biomasseanteil im Boden erhöht, in den Varianten 2, 4 und 5 war das Pflanzenmaterial überwiegend auf dem Boden abgelagert. Neben den Unterschieden innerhalb der ZF-Varianten 2 – 7 wird eine erhebliche Differenz zur Biomasseverteilung in der Kontrollvariante (1) sichtbar. Organisches Material war hier hauptsächlich auf dem Boden abgelagert.

Tab. 2. Mit dem Zwischenfruchtanbau zugeführte pflanzliche Biomasse (dt/ha) und Verteilung auf die Bodenschichten

Variante	oberirdisch		unterirdisch		Gesamt	
	B1	B2	B1	B2	Summe	Mittelwert
Var. 1*	3,33	4,58	31,91	4,3	44,12	11,03
Var. 2	22,38	28,43	39,84	68,13	158,78	39,68
Var. 3	26,71	22,25	19,69	9,51	78,16	19,54
Var. 4	19,56	16,44	29,88	19,47	85,35	21,34
Var. 5	20,61	24,59	35,08	31,46	111,74	27,94
Var. 6	38,60	36,18	31,69	11,09	117,56	29,39
Var. 7	32,58	32,74	30,33	24,32	119,87	29,97

\*Biomassezufuhr über die Vorfrucht

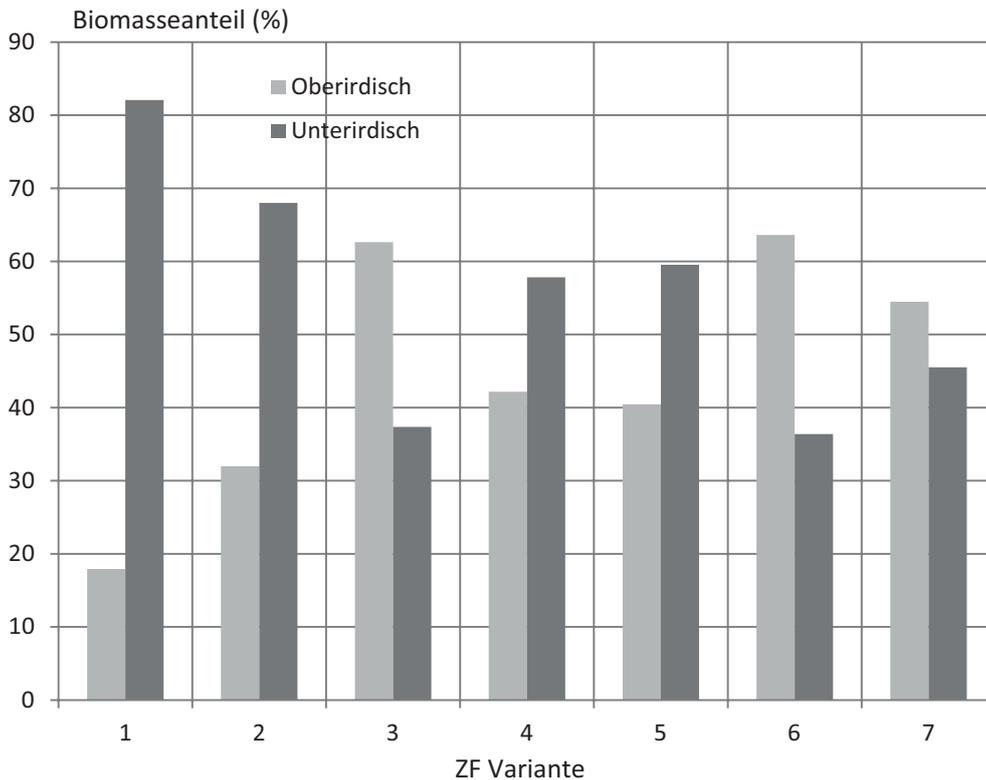


Abb. 1. Anteil auf der Bodenoberfläche bzw. im Boden abgelagerte Pflanzenbiomasse.

### Energiezufuhr in den Versuchsvarianten

Nach Tab. 1 sind die verwendeten ZF-Ansaaten Gemische mehrerer Pflanzenarten, deren Anteile und Energiegehalte verschieden sind. Auf Grundlage, der in Tab. 1 verzeichneten Saatgutanteile wurde, die in das Anbausystem mit dem Biomasseaufwuchs (Tab. 2) eingebrachte Energie (GJ/ha) ermittelt. Die berechneten Werte sind in der Tab. 3 enthalten, untersetzt nach den Wiederholungen sowie in Summe beider Werte und als Mittelwert. Danach variieren auch die eingebrachten Energiegehalte zwischen den Versuchsvarianten sehr deutlich. Zudem ergeben sich im Abgleich mit der eingebrachten Biomasse (Tab. 2) Verschiebungen in der Rangstellung der Varianten. So hat Var. 2 zwar eine höhere Biomasse als Var. 7, energetisch ergibt sich jedoch ein umgekehrtes

Bild. Die Energiewerte unterscheiden auch die Var. 6 und 7 deutlicher voneinander.

### Arthropodenbiomasse und Differenzierung der Arthropodengesellschaften in den Versuchsvarianten

Mit der Abb. 2 wird die abgefangene Arthropodenbiomasse in Summe der Wiederholungen und Fangperioden dargestellt, ebenso die Individuenanzahl der gefangenen Arthropoden. Ersichtlich wird eine Differenzierung beider Werte zwischen den Versuchsvarianten und es unterschied sich die Biomasse einzelner Varianten auch nach statistischen Gesichtspunkten. So hebt sich die in den Varianten 2 und 7 gefangene Arthropodenbiomasse gesichert von den Fängen aus der Kontrolle und z. T. von den Varianten 3 – 6 ab. Die Einflüsse des Zwischenfruchtanbaus auf die Arthropodengemeinschaften

Tab. 3. Mit der gesamten pflanzlichen Biomasse zugeführte Energie (GJ/ha)\*

Variante	Wiederholung		Gesamt	
	B1	B2	Summe	Mittelwert
Var. 1	64,78	17,59	82,37	41,18
Var. 2	117,62	184,97	302,59	151,29
Var. 3	92,98	63,65	156,63	78,31
Var. 4	88,67	64,40	153,07	76,53
Var. 5	102,68	103,34	206,02	103,01
Var. 6	132,83	89,33	222,16	111,08
Var. 7	142,05	179,76	321,81	160,90

\*Berechnet nach Anteilen der Mischungspartner (vergl. Tab. 1)

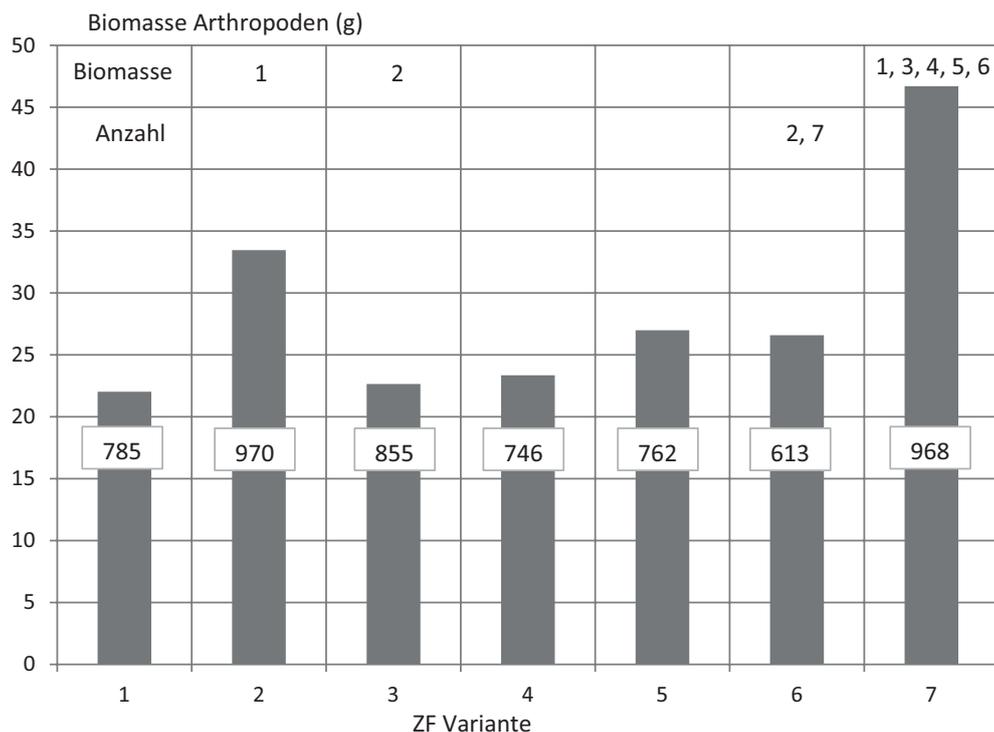


Abb. 2. Arthropodenbiomasse und Anzahl gefangener Arthropoden in den Varianten in Summe aller Untersuchungstermine und Wiederholungen. Obere Zahlen zeigen signifikante Unterschiede in der Biomasse und Individuenanzahl zu den benannten Varianten.

werden durch die Arten- und Dominanzidentität beschrieben. Die Identität auftretender Arten und Artengruppen lag im Mittel der Versuchsvarianten bei 66,2 % (min. 44,0 %, max. 75,0 %). Die Dominanzidentität variierte zwischen 68,9 % und 89,6 % bei einem Mittelwert von 78,7 %.

Der Diversitätsindex beurteilt beide Faktoren gemeinschaftlich und Diversitätsunterschiede ließen sich statistisch fassen, was mit der Abb. 3 dargestellt ist. Der Diversitätsindex der Varianten 2 – 4 und 7 war gegenüber der Kontrolle signifikant gemindert und die Varianten 5 und 6 waren ihr ähnlich. Auch die Arthropodengemeinschaften der Varianten 5 – 7 waren nach statistischer Maßgabe identisch.

### ***Einfluss der Biomasse- und Energiezufuhr auf die Arthropodenbiomasse und Diversität der Arthropodengesellschaft***

Die Arbeitshypothese stellt letztlich die Frage, ob Zusammenhänge zwischen der im Ökosystem verbleibenden pflanzlichen Biomasse, der mit ihr zugeführten Energie und der Arthropodenbiomasse bzw. Diversität der Arthropodengemeinschaften bestehen.

Mit den Darstellungen der Abb. 4 und 5 bestätigen sich vermutete Abhängigkeiten. Mit dem Pflanzenmaterial eingebrachte Biomasse bestimmt die Arthropodenbiomasse mit ca. 30 % Anteil. Unter Zugrundelegung der im Pflanzenmaterial enthaltenen Energie ergaben sich noch deutlichere Zusammenhänge (Abb. 5). Demnach war die Biomasse abgefangener Arthropoden zu ca. 60 – 80 % vom Energiegehalt der eingebrachten pflanzlichen Biomasse abhängig. Im Gegensatz zu diesen Befunden zeigte die Diversität der Arthropodengemeinschaften keine statistisch belegbare Abhängigkeit von der zugeführten Biomasse oder Energie. Auch die Anzahl der

Mischungspartner der ZF-Varianten und ihre Vegetationsbeständigkeit hatten keinen tendenziellen Einfluss auf die Diversität der Arthropodenfauna. Ebenso hatte die Verteilung der pflanzlichen Biomasse auf die Bodenstraten keinen Einfluss.

### **Diskussion**

Zum methodischen Verständnis ist bezüglich der Versuchsanlage und der durchgeführten Untersuchungen auf den Abschlussbericht zum Forschungsprojekt (DBU, 2021) zu verweisen. Er enthält zusätzliche Informationen zu acker- und pflanzenbaulichen Parametern, u. a. zu der Bodenbedeckung, den Maiserträgen, den Treibhausgasemissionen sowie der Energieeffizienz des ZF-Anbaus sowie ausführliche statistische Belege zur Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf diese Parameter.

Zur Methodik des Einflusses des Zwischenfruchtanbaus auf die belebte Umwelt sind mehrere Anmerkungen notwendig, um die Ergebnisse einzuordnen. So erfolgten die Fänge mit Bodenfallen. Bei dieser indirekten Fangmethode ist die Biomasse der erbeuteten Arthropoden von verschiedenen Faktoren abhängig (Heyer et al., 1993) und kann nicht direkt einer Flächeneinheit zugeordnet werden. Dennoch repräsentieren die Fänge die Arthropodenaktivität auf einer Anbauparzelle recht genau, weil sich im Verlauf der Vegetationszeit aggregierte Verteilungen in der Arthropodenfauna einstellen. Entsprechende Nachweise ergeben sich aus Untersuchungen von Heyer & Dammer (2000) zur Dispersionsdynamik von Laufkäfern auf einer Kleinfläche von 2000 m<sup>2</sup> mit 8 Fruchtarten. Laufkäfer waren innerhalb dieses Raumes zunächst zufallsverteilt und im Verlauf der Vegetationszeit stellten sich Aggregationen in bestimmten Flächenbereichen ein. Diese Verteilung hatte Bestand, solange die Fruchtart als Lebensraum die Ansprüche der Käfer erfüllte.

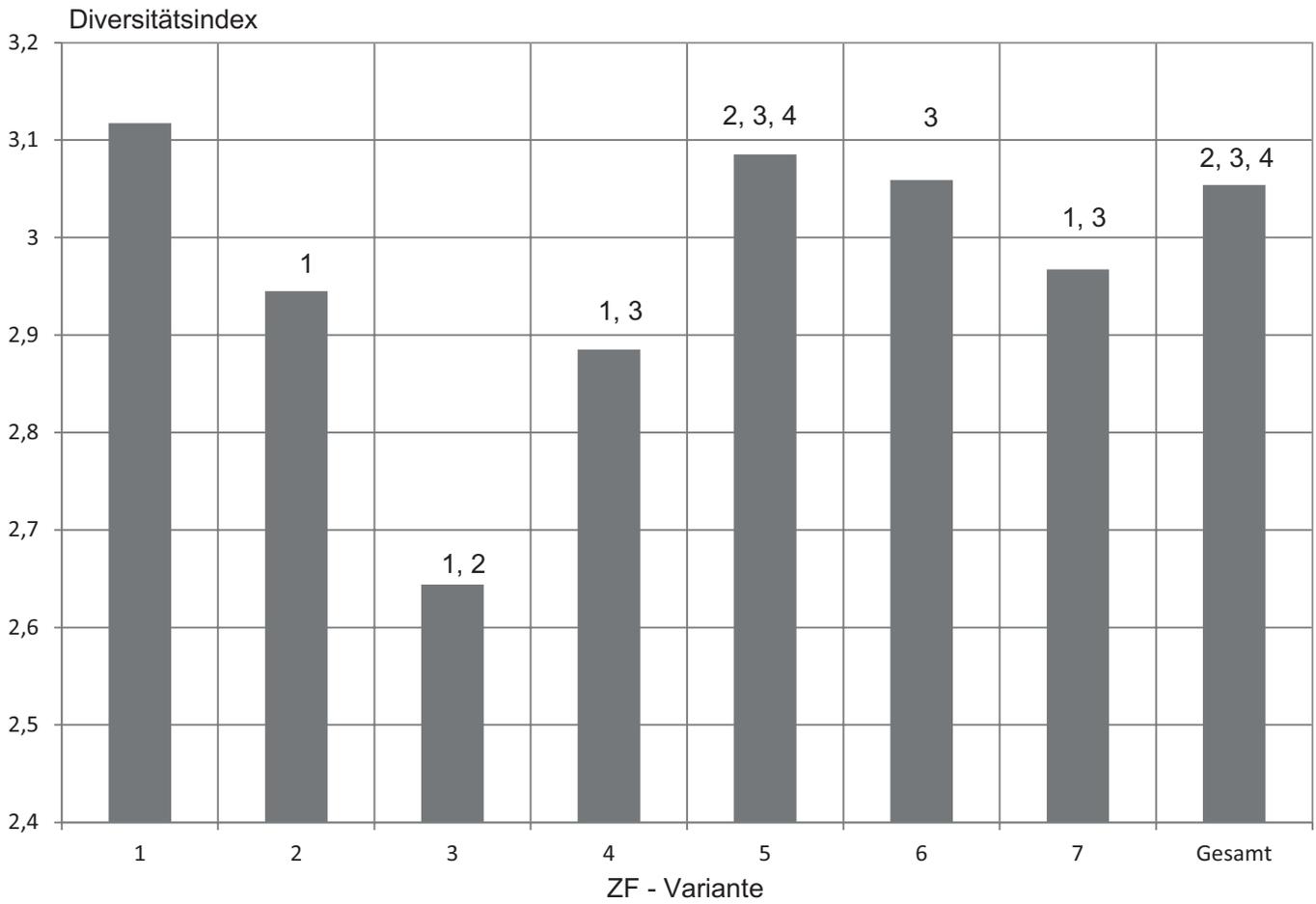


Abb. 3. Diversitätsindex der Versuchsvarianten in Summe der Fangtermine und Wiederholungen. Zahlen zeigen signifikante Unterschiede zu den genannten Varianten.

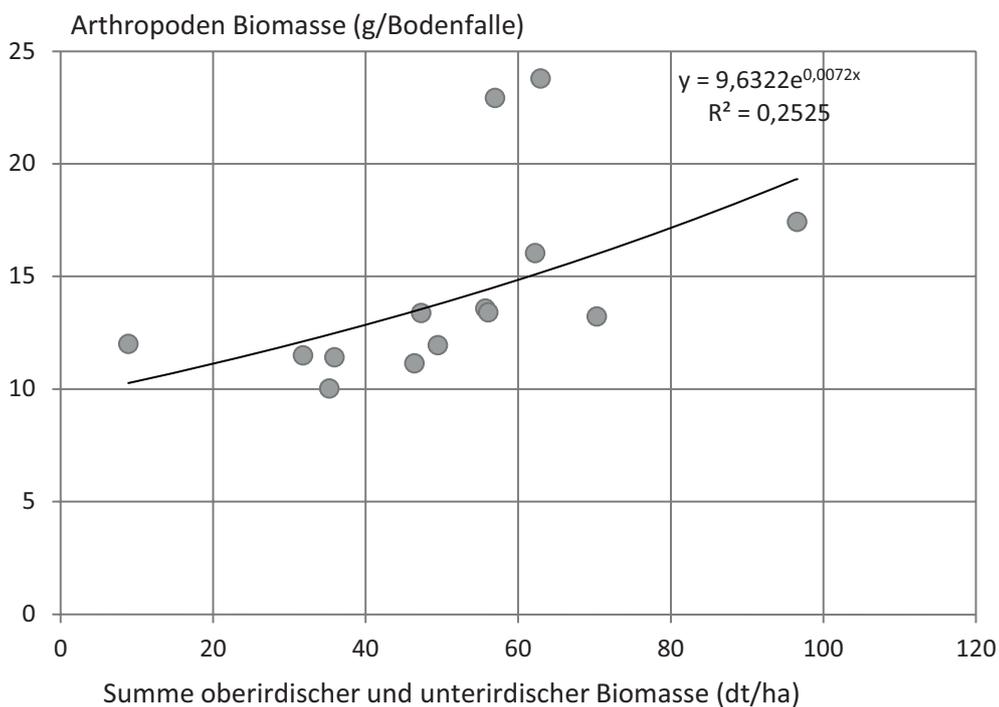


Abb. 4. Zusammenhang zwischen eingebrachter pflanzlicher Biomasse (dt/ha) und der gefangenen Arthropodenbiomasse (g/Bodenfalle).

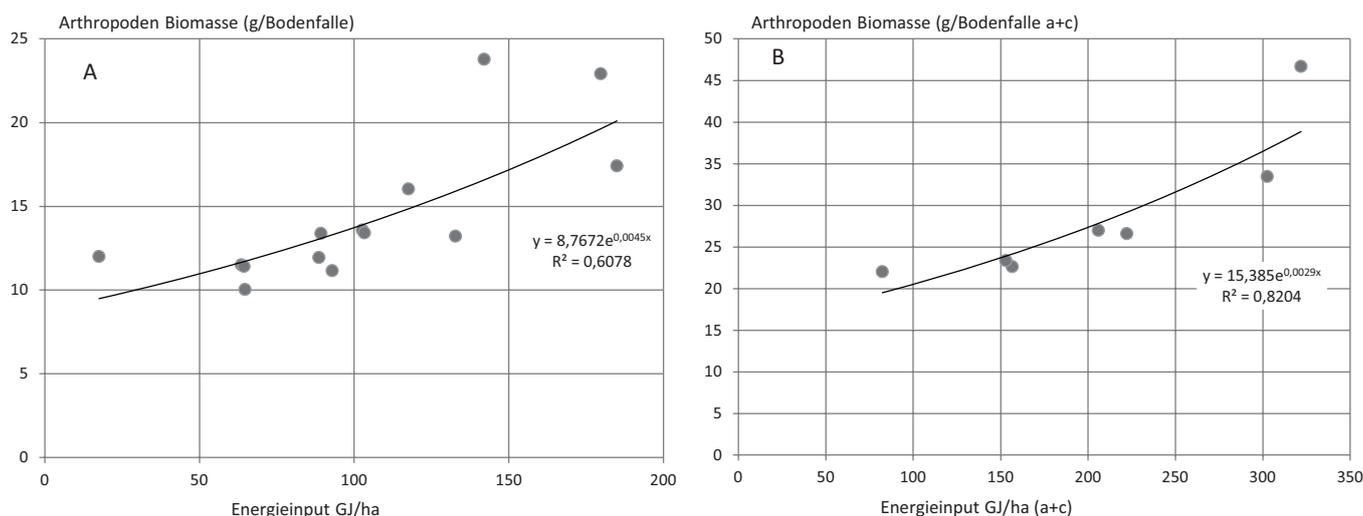


Abb. 5. Zusammenhang zwischen dem mit pflanzlicher Biomasse verbundenen Energieeintrag (GJ/ha) und der gefangenen Arthropodenbiomasse (g/Bodenfalle). A – Wiederholungen getrennt, B – Wiederholungen zusammengefasst.

Die eingebrachte pflanzliche Biomasse war nicht den Herkunftspflanzen zuzuordnen, weshalb die Berechnung der Energiewerte nach Artanteilen im Saatgut erfolgte. Die Energiewerte wurden dafür mit weiteren Literaturdaten (LfULG, 2010; LfL, 2011) abgeglichen und ergänzt. Diese Notwendigkeit bestand, da vorliegende Energiedaten vordergründig für betriebliche Fragestellungen, so z. B. dem Energieeinsatz [Input], der Energiebindung im abgeführten Ertrag oder dem Energiegewinn [Output], herangezogen wurden (Hülsbergen et al., 2001; Sanders & Heß, 2019) und des Weiteren der Erstellung von Futterrationen dienen. Der Energieertrag auf den Feldern verbleibender Pflanzenreste stand bisher weniger im wissenschaftlichen Fokus und Energiewerte beschränken sich auf landwirtschaftliche Hauptfruchtarten, Futterpflanzen und deren verwertbare Pflanzenteile in der Tierfütterung.

Daher wurden die Energieberechnungen nach möglichen Ertragsanteilen z. Z. des ZF- Umbruchs durchgeführt und für einzelne Pflanzenarten eine Mittelwertbildung über Pflanzenteile (z. B. Ölfrüchte) vorgenommen. Für die Ableitung genauerer Energiewerte bestehen weiterhin offene Fragen und Forschungsbedarf, insbesondere für weitere Pflanzenarten, sowohl für Saatmischungen im Zwischenfruchtanbau als auch für Blüh- und ökologische Ausgleichsflächen.

Trotz genannter Einschränkungen war die Versuchsfrage positiv zu beantworten. Die über Zwischenfrüchte zusätzlich in das Anbausystem eingebrachte Biomasse erhöhte die Biomasse der abgefangenen Arthropoden und dieser Zusammenhang war ebenfalls über die Energiezufuhr zu beschreiben, d. h. der Energietransfer über das Nahrungsnetz wird positiv beeinflusst. Ein Effekt, der auch von von Berg et al. (2010) auf Grundlage von Kohlenstoffisotop Analysen bei Maismulch beobachtet wurde und sich auch für andere Organismengruppen (Regenwurm) in Zusammenhang mit der zugeführten Strohmenge zeigte (Köpke, 2012).

Dahingegen war die Arten- und Dominanzstruktur der Lebensgemeinschaften nicht über die Biomasse- oder Energiezufuhr zu beschreiben und sie war weiterhin von der Biomasseverteilung über die Bodenstraten sowie von der quantita-

tiven Saatgutzusammensetzung und deren Winterbeständigkeit unabhängig. Dieser Befund ordnet sich in Ergebnisse anderer Untersuchungen ein, welche andeuten, dass die Biodiversitätsausstattung der Flächen von den jeweiligen funktionalen Anforderungen des Ökosystems abhängt (Heyer & Christen, 2005; Leibold et al., 2017; Bannar-Martin et al., 2018). Funktionale Leistungen werden über Energieflüsse erbracht, jedoch über die Artenausstattung des Systems realisiert. Daher ist die Vielfalt der Lebensgemeinschaft eher von der energetischen Verwertbarkeit der Stoffe, der Ressourcenqualität und den mutualistischen Beziehungen innerhalb der Lebensgemeinschaften geprägt (von Berg et al., 2010; Brock et al., 2017; Heyer et al., 2018). Dies ist verständlich, denn Arten entstanden evolutionär aus der Anpassung an die Verwertung spezifischer Ressourcen und den interaktiven Beziehungen im Nahrungsnetz (Marklet et al., 2019).

Zusätzlich modifiziert die Flächenbewirtschaftung die über die Trophiestufen ablaufenden Prozesse durch Fruchtartenwahl (Dammer & Heyer, 1997), Standort und Art der Bodenbearbeitung (Kreuter & Schmidt, 2007; Pätzold et al., 2019), den Nährstoffersatz, Einsatz von PSM etc. Letztlich belegen die Beispiele die Vielfalt wechselnder Anforderungen an die Leistung von Diversität in Agrar-Ökosystemen, weshalb in der Literatur auch der Begriff der ungeplanten „Assoziierten Biodiversität“ oder auch „Assoziierte Ökosystemdienstleistungen“ Verwendung findet (Tscharnke, 2012; Casagrande et al., 2017). Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es zutreffend, dass die Ausprägung der Diversität der Lebensgemeinschaften nicht allein über energetische Abhängigkeiten beschrieben werden konnten und dieses Ergebnis nicht den Grenzen des Versuchsaufbaus geschuldet ist.

Dennoch erweitern die Untersuchungsbefunde die Möglichkeiten einer energetischen Beschreibung von Agrar-Ökosystemen (Steinborn, 2000) und die energetischen Betrachtungen erlauben zudem übergreifende Beurteilungen des Systemstatus und berühren somit auch verschiedene Umweltschutzgüter. Für die belebte Umwelt lassen sich Nahrungsnetze (Bossel, 1990) beschreiben und das „Biodiversitätspotenzial“ von Agrar-Ökosystemen aktuell und tendenziell auf indirek-

tem Weg beurteilen (Siebrecht & Hülsbergen, 2008; Heyer & Christen, 2005).

Neben acker- und pflanzenbaulichen Parametern kann die Stärke des anthropogenen Eingriffs in den Naturkreislauf über den Energieeinsatz bei der Bodenbearbeitung, im Pflanzenschutz und der mineralischen Düngung erfasst werden. Andererseits beschreibt die im Anbausystem verbleibende pflanzliche Biomasse die Energiemenge, die potenziell für die Stärkung des Nahrungsnetzes und den Erhalt von „Gratisfunktionen“ der Biodiversität zur Verfügung steht.

Wenn Einflüsse auf Biodiversität zu beurteilen sind, kann letztlich das Verhältnis zwischen der Stärke des anthropogenen Energieeinsatzes und der im System verbleibenden Energie als „Intensität der Landnutzung“ im On-Site Kontext herangezogen werden.

Aus diesem Zusammenhang hat die vorliegende Untersuchung auch politische Dimensionen, denn Düngung und Pflanzenschutz sind in Stellungnahmen der Leopoldina zum Artenrückgang in der Agrarlandschaft (Leopoldina, 2018) angesprochen und als Handlungsbereiche 4 und 5 im Aktionsprogramm Insektenschutz explizit aufgeführt (BMU, 2019). Sie werden als Maßnahmen einer intensiven Landwirtschaft angesehen. Vorstehende Untersuchungsbefunde führen zu der Erkenntnis, dass die Betrachtung der Energieflüsse agrarischer Ökosysteme die Intensität der Landnutzung handlungsübergreifend erfassen kann und Rückschlüsse auf das natürliche Nahrungsnetz und potenzielle Leistung von Biodiversität ermöglicht. Bereits Benton et al. (2003), Gonthier et al. (2014) und Manning et al. (2019) verwiesen als politische Forderung auf die Notwendigkeit, multifaktorielle Ansätze zum Schutz und Erhalt von Biodiversität stärker zu beachten.

## Erklärung zu Interessenskonflikten

Alle Autoren und Autorinnen erklären, dass für die Veröffentlichung vorliegender Untersuchungsergebnisse keine Interessenskonflikte vorliegen.

## Literatur

**Bannar-Martin, K.H., C.T. Kremer, S.K.M. Ernest, M.A. Leibold, H. Auge, J. Chase, S.A.J. Declerck, N. Eisenhauer, S. Harpole, H. Hillebrand, F. Isbell, T. Koffel, S. Larsen, A. Narwani, J.S. Petermann, Ch. Roscher, J.S. Cabral, S.R. Supp, 2018:** Integrating community assembly and biodiversity to better understand ecosystem function: the Community Assembly and the Functioning of Ecosystems (CAFE) approach. *Ecology Letters* **21**, 167–180, DOI: 10.1111/ele.12895.

**Basedow, Th., Å. Borg, F. Scherney, 1976:** Auswirkungen von Insektizidbehandlungen auf die epigäische Raubarthropoden in Getreidefeldern, insbesondere die Laufkäfer [*Col., Carabidae*]. *Entomologie Experimentalis et Applicata* **19**, 37–51, DOI: 10.1111/j.1570-7458.1976.tb02579.x.

**Benton, T.G., D.M. Bryant, L. Cole, H.Q.P. Crick, 2002:** Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* **39**, 673–687, DOI: 10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x.

**Benton, T.G., J.A. Vickery, J.D. Wilson, 2003:** Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* **18** (4), 182–188, DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00011-9.

**BGBI, 2021:** Gesetz zum Schutz der Insektenvielfalt in Deutschland und zur Änderung weiterer Vorschriften vom 18. August 2021. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 59, ausgegeben zu Bonn am 30. August 2021.

**BMU, 2019:** Aktionsprogramm Insektenschutz – Gemeinsam wirksam gegen das Insektensterben. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 67 S.

**Bossel, H., 1990:** Ökosysteme und Ihre Entwicklung. In: Umweltwissen- Daten, Fakten, Zusammenhänge. Springer, Berlin, Heidelberg, 169 S., DOI: 10.1007/978-3-662-10701-0\_6.

**Brock, A., M. Kaestner, S. Trapp, 2017:** Microbial growth yield estimates from thermodynamics and its importance for degradation of pesticides and formation of biogenic non-extractable residues. *Environmental Research* **28**, 1-22, DOI: 10.1080/1062936X.2017.1365762.

**Casagrande, M., L. Alletto, C. Naudin, A. Lenoir, A. Siah, F. Celette, 2017:** Enhancing planned and associated biodiversity in French farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* **37**, 57, DOI: 10.1007/s13593-017-0463-5.

**Dammer, K.-H., W. Heyer, 1997:** Quantifying the influence of the cultivated plant species on the occurrence of carabid beetles within certain species using contingency table analysis. *Environmental and Ecological Statistics* **4**, 321–336, DOI: 10.1023/A:1018543000013.

**DBU, 2021:** Abschlussbericht zum Projekt: Einfluss des Zwischenfruchtanbaus auf Lachgasemissionen, Stickstoffeffizienz und Energiebilanzen. DBU- Aktenzeichen: 33896/01 – 34, 49 S.

**Emmerson, M., M.B. Morales, J.J. Oñate, P. Batáry, F. Berendse, J. Liira, T. Aavik, I. Guerrero, R. Bommarco, S. Eggers, T. Pärt, T. Tschardtke, W. Weisser, L. Clement, J. Bengtsson, 2016:** Chapter Two – How agricultural intensification affects biodiversity and ecosystem services. *Advances in Ecological Research* **55**, 43-97, DOI: 10.1016/bs.aecr.2016.08.005.

**Geiger, F., J. Bengtsson, F. Berendse, W.W. Weisser, M. Emmerson, M.B. Morales, P. Ceryngier, J. Liira, T. Tschardtke, C. Winqvist, S. Eggers, R. Bommarco, T. Pärt, V. Bretagnolle, M. Plantegenest, L. W. Clement, Ch. Dennis, C. Palmer, J.J. Oñate, I. Guerrero et al., 2010:** Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* **11** (2), 97–105, DOI: 10.1016/j.baae.2009.12.001.

**Gonthier, D.J., K.K. Ennis, S. Farinas, H.-Y. Hsieh, A.L. Iverson, P. Batáry, J. Rudolphi, T. Tschardtke, B.J. Cardinale, I. Perfecto, 2014:** Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* **281** (1791), 20141358, DOI: 10.1098/rspb.2014.1358.

**Habel, J.C., A. Segerer, W. Ulrich, O. Torchyk, W.W. Weisser, T. Schmitt, 2016:** Butterfly community shifts over two cen-

- turies. *Conservation Biology*, **30** (4), 754–762, DOI: 10.1111/cobi.12656.
- Haenke S., A. Kovács-Hostyánszki, J. Fründ, P. Batáry, B. Jauker, T. Tschardt, A. Holzschuh, 2014:** Landscape configuration of crops and hedgerows drives local syrphid fly abundance. *Journal of Applied Ecology* **51** (2), 505–513, DOI: 10.1111/1365-2664.12221.
- Hallmann, C.A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hören, D. Goulson, H. de Kroon, 2017:** More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* **12** (10): e0185809, DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.
- Haslberger, A., A.H. Segerer, 2016:** Checkliste der Schmetterlinge Bayerns. Supplement der Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft, Bd. **106**, URL: <http://barcoding-zsm.de/bayernfauna/lepidoptera>.
- Heyer, W., J. Döring, K.H. Dammer, 1993:** Beurteilung des Fanges epigäischer Nützlinge mit Bodenfallen in Kulturpflanzenbeständen. *Kühn Archiv, Landwirtschaftliche Fakultät der MLU Halle*, **87**, Heft 1, S. 53–61.
- Heyer, W., K.-H. Dammer, 2000:** Der Einfluss landwirtschaftlicher Kulturpflanzen auf die Dispersionsdynamik von Carabiden – Ergebnisse eines Modellversuches. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **33** (1), 31–48, DOI: 10.1080/03235400009383326.
- Heyer, W., O. Christen, 2005:** Landwirtschaft und Biodiversität – Zusammenhänge und Wirkungen in Agrarökosystemen. Schriftenreihe des Institutes für Landwirtschaft und Umwelt, Heft 5/2000. 140 S.
- Heyer, W., A. Deter, S. Vitzthum von Eckstädt, F. Reinicke, 2018:** Einfluss perennierender und annualer Fruchtarten auf Arthropodengesellschaften – Dynamik und Triebkräfte in Agrar-Ökosystemen. *Journal für Kulturpflanzen*, **70** (9), 273–290, DOI: 10.5073/JfK.2018.09.01.
- Holzschuh A., J.-H. Dudenhöffer, T. Tschardt, 2012:** Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation* **153**, 101–107, DOI: 10.1016/j.biocon.2012.04.032.
- Hülsbergen, K.-J., B. Feil, S. Biermann, G.-W. Rathke, W.-D. Kalk, W. Diepenbrock, 2001:** A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Eco-systems and Environment* **86**, 303–321, DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00286-3.
- Hülsbergen K.-J., 2003:** Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Berichte aus der Agrarwirtschaft. Aachen, Shaker Verlag.
- Köpke, U., 2012:** Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau: Neue Ansätze. Vortrag 45. Fortbildungskurs „Ökologischer Landbau“, SIGÖL, Bad Düben, 8. März 2012.
- Kreuter, T., W. Schmidt, 2007:** Selbstregulation im pfluglosen Ackerbau. Abschlussbericht zum Projekt „Wirkung bodenschonender Bewirtschaftungsverfahren auf das Bodenleben und die Selbstregulation von Ackerflächen“. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 10.
- Leibold, M.A., J. M. Chase, S.K.M. Ernest, 2017:** Community assembly and the functioning of ecosystems: how metacommunity processes alter ecosystem attributes. *Ecology* **98** (4), 909–919, DOI: 10.1002/ecy.1697.
- Leopoldina, 2018:** Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften – Artenrückgang in der Agrarlandschaft: Was wissen wir und was können wir tun? Halle (Saale).
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft), 2011:** Zwischenfruchtbau – LfL Informationen. 5 S.
- LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie), 2010:** Ölfrüchte im Ökologischen Landbau – Informationen für die Praxis. 103 S.
- MacArthur, R.H., 1965:** Patterns of species diversity. *Biological Reviews* **40** (4), 510–533, DOI: 10.1111/j.1469-185X.1965.tb00815.x.
- Manning, P., J. Loos, A. Barnes, P. Batary, F. Bianchi, N. Buchmann, G.B. Deyn, A. Ebeling, N. Eisenhauer, M. Fischer, J. Fründ, I. Grass, J. Isselstein, M. Jochum, A. Klein, E. Klingenberg, D. Landis, J. Leps, R. Lindborg, T. Tschardt, 2019:** Chapter Ten – Transferring biodiversity-ecosystem function research to the management of ‘real-world’ ecosystems. *Advances in Ecological Research* **61**, DOI: 10.1016/bs.aecr.2019.06.009.
- Markl, J., D.E. Sadava, D.M. Hillis, H.C. Heller, S.D. Hacker, 2019:** Artbildung. In: Markl, J. (Hrsg.) *Purves Biologie*. 10. Auflage, Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 671–696, DOI: 10.1007/978-3-662-58172-8\_22.
- Garibaldi, L.A., I. Steffan-Dewenter, C. Kremen, J.M. Morales, R. Bommarco, S.A. Cunningham, L.G. Carvalheiro, N. P. Chacoff, J.H. Dudenhöffer, S.S. Greenleaf, A. Holzschuh, R. Isaacs, K. Krewenka, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, L.A. Morandin, S.G. Potts, T.H. Ricketts, H. Szentgyörgyi, B.F. Viana, C. Westphal, R. Winfree, A.M. Klein, 2011:** Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* **14** (10), 1062–1072, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x.
- Pätzold, S., Ch. Hbirkou, D. Dicke, R. Gerhards, G. Welp, 2019:** Linking weed patterns with soil properties: a long-term case Study. *Precision Agriculture* **21**, 569–588, DOI: 10.1007/s11119-019-09682-6.
- Rusch A., R. Chaplin-Kramer, M.M. Gardiner, V. Hawro, J. Holland, D. Landis, C. Thies, T. Tschardt, W.W. Weisser, C. Winqvist, M. Woltz, R. Bommarco, 2016:** Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **221**, 198–204, DOI: 10.1016/j.agee.2016.01.039.
- Sanders J, J. Heß (Hrsg.), 2019:** Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 S., Thünen Rep **65**, DOI: 10.3220/REP1576488624000.

- Schuch, S., K. Wesche, M. Schaefer, 2012:** Long-term decline in the abundance of leafhoppers and planthoppers (Auchenorrhyncha) in Central European protected dry grasslands. *Biological Conservation* **149**, 75–83, DOI: 10.1016/j.biocon.2012.02.006.
- Seibold S., M.M. Gossner, N.K. Simons, N. Blüthgen, J. Müller, D. Ambarli, Ch. Ammer, J. Bauhus, M. Fischer, J.C. Haber, K.-E. Linsenmair, T. Nauss, C. Penone, D. Prati, P. Schall, E.-D. Schulze, J. Vogt, S. Wöllauer, W.W. Weisser, 2019:** Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* **574**, 671–674, DOI: 10.1038/s41586-019-1684-3.
- Siebrecht, N., K.-J. Hülsbergen, 2008:** Das Biodiversitätspotential – ein Ansatz zur Analyse potenzieller biotischer Effekte Landwirtschaftlicher Betriebe. In: Mayer, J., T. Alföldi, F. Leiber, D. Dubois, P. Fried, F. Heckendorn, E. Hillmann, P. Klocke, A. Lüscher, S. Riedel, M. Stolze, F. Strasser, M. van der Heijden, H. Willer (Hrsg.) *Werte – Wege – Wirkungen: Bio-landbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel, Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009*, Band 1, S. 410-413.
- Sorg, M., H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, 2013:** Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise-Fallen in den Jahren 1989 und 2013. *Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld* **1**, 1-5.
- Steinborn, W., 2000:** Quantifizierung von Ökosystem-Eigenschaften als Grundlage für die Umweltbewertung. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 119 S.
- Thomas, J. A., 2016:** Butterfly communities under threat. *Science* **353**, 216-218, DOI: 10.1126/science.aaf8838.
- Tscharnke, T., 2012:** Pflanzenbauliches Handeln bestimmt Biodiversität und assoziierte Ökosystemdienstleistungen in Agrarökosystemen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **24**, 17–20.
- Vollhardt, I.M.G., Z. Ye, N. Parth, O. Rubbmark, J. Fründ, M. Traugott, 2019:** Influence of plant fertilisation on cereal aphid-primary parasitoid-secondary parasitoid networks in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **281**, 47–55, DOI: 10.1016/j.agee.2019.04.030.
- von Berg K., C. Thies, T. Tschardt, S. Scheu, 2010:** Changes in herbivore control in arable fields by detrital subsidies depend on predator species and vary in space. *Oecologia* **163**, 1033-1042, DOI: 10.1007/s00442-010-1604-6.

Jan Hinrichs-Berger, Kamilla Zegermacher, Gabriele Zgraja

## *Lecanosticta acicola* (Ascomycota) causing brown spot needle blight on Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in Germany

Lecanosticta-Nadelbräune (*Lecanosticta acicola* (Ascomycota)) an Atlas-Zeder (*Cedrus atlantica*) in Deutschland

### Affiliation

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe.

### Correspondence

Dr. Jan Hinrichs-Berger, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Neßlerstraße 25, 76227 Karlsruhe, E-Mail: jan.hinrichs-berger@ltz.bwl.de

## Abstract

The fungus *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Sydow causes needle blight on trees of the genera *Pinus* and *Cedrus*. On pines, it has been known in Germany since 1994. Here, its first detection on Atlas cedar in Germany is reported.

## Keywords

***Lecanosticta acicola*, brown spot needle blight, *Cedrus atlantica*, Atlas cedar**

## Zusammenfassung

Der Pilz *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Sydow verursacht die Nadelbräune an Bäumen aus der Gattung *Pinus* und *Cedrus*. An Kiefern ist er in Deutschland bereits seit 1994 bekannt. Hier wird über seinen ersten Nachweis an Atlas-Zeder in Deutschland berichtet.

## Stichwörter

***Lecanosticta acicola*, Lecanosticta-Nadelbräune, *Cedrus atlantica*, Atlaszeder**

## Introduction

The Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) is on the Red List of Threatened Species (Thomas, 2013) and is considered an alternative tree species in Europe in the wake of climate change (Luciano de Avila & Albrecht, 2018; Courbet et al., 2012). In this respect, diseases observed on this tree species are of particular interest. Therefore, the cause of a premature needle fall on two Atlas cedars in a park in Konstanz was investigated in more detail.

## Methods

Twigs and fallen needles of the cedar trees were examined for fungal organs present on the sample as it is received in the laboratory or after moist chamber incubation by a dissecting microscope (Leica M125; Leica, Wetzlar, Germany) and a compound microscope (Leica DM2000). Conidia mounted in water were measured with a light microscope at a magnification of  $\times 400$  or  $\times 1000$ .

For DNA extraction one single typical well-developed conidoma from each sample was transferred into 2.0 mL reaction tube containing grinding beads and homogenized using the MP FastPrep24 homogenizer (MP Biomedicals LLC, Solon, Ohio, USA). DNA was extracted using the Qiagen DNeasy Plant Pro Kit (Qiagen, Venlo, Netherlands) and the ITS region was amplified by PCR using the ITS4/ITS5 primers (White et al., 1990). Sequencing was performed on the Applied Biosystems SeqStudio Genetic Analyzer (Thermo Fischer Scientific, Waltham, Massachusetts, USA). ITS-sequences were processed using the DNASTAR Lasergene software (DNASTAR, Madison, WI, USA) and compared to the sequences of NCBI Genbank using the BLAST function.

## Results and Discussion

In a public park in the city of Konstanz (Baden-Württemberg, Germany) two old Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) trees showing needle cast and their crowns were almost completely defoliated (Fig. 1). Brown, pre-maturely abscised needles laid on the lower twigs (Fig. 2) and on the ground. Only the current-year needles remained attached to the lower twigs giving them a “paintbrush” appearance (Fig. 3). On dead needles black acervuli developed and broke through the epidermis by one or two slits creating a bridge of epidermal tissue over the fruiting bodies (Fig. 4). Under moist conditions, brown to olive, straight to curved thick-walled conidia with 1 to 5 septa (most 2-3 septa) were released. They differ clearly in size depending on condition of the specimens. Spores from herbari-



(c) The author(s) 2023

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).



Fig. 1. Defoliation of Atlas cedar infected by *Lecanosticta acicola*



Fig. 2. Browning of needles and needle cast

um specimens measure (21)-29-(38) × (3)-4.4-(6) μm vs. (30)-44-(68) × (3)-4.5-(6) μm measured for living conidia obtained from incubation experiments in a moist chamber (Fig. 5). A sexual stage (Ascomata) of the fungus was not detected.

According to the morphology of the acervuli and the conidia the fungus was identified as a species of the genus *Lecanosticta* (Ascomycota). The rDNA (ITS) sequences from two isolates were more than 99.8 % identical to the epitype of a *Lecanosticta acicola* (Thümen) H. Sydow (isolate CBS 133791,

GenBank Accession No. NR\_120239.1). The generated sequences were submitted to GenBank (accession numbers ON416900, ON416901) and herbarium samples were deposited in the fungal collections of the State Museum of Natural History Karlsruhe (KR), Germany (accession numbers: KR-M-0047823, KR-M-0047824).

The genus *Lecanosticta* includes nine species with *L. acicola* being the type species. *L. pharomachri* and *L. acicola* are the only species known to be significant plant pathogens (Theron et al., 2022; van der Nest et al., 2019a). They cause brown spot needle blight that is a serious disease of pines worldwide with more than 40 *Pinus* species becoming infected (Farr & Rossman, 2022). However, *L. acicola* is not limited to the genus *Pinus*, since Oskay et al. (2020) and Schenck et al. (2022) report an infection of *C. libani* and *C. atlantica* under natural conditions. *Cedrus* is a member of the family Pinaceae as are



Fig. 3. "Paintbrush" appearance of a twig



Fig. 4. Fructifications (acervuli) rupturing the needle epidermis

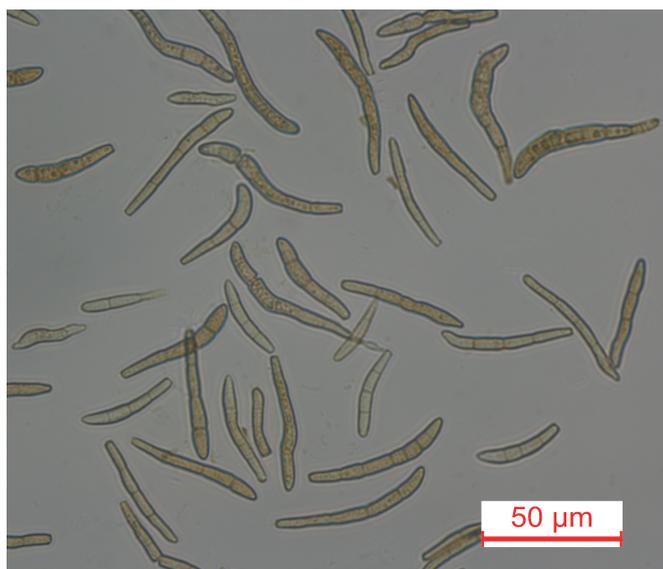


Fig. 5. Fresh living conidia

all other hosts known so far. Although *L. acicola* is already known as needle parasite on *Pinus* in Germany since 1994 (Pehl, 1995), to our knowledge, this is the first report of *L. acicola* on *C. atlantica* in Germany. The defoliation on Atlas cedar was considerable (Fig. 1) compared to the low disease severity reported from *C. libani* in Turkey (Oskay et al., 2020). The drought of 2018 to 2020 may have favoured the outbreak of the disease and the wet summer of 2021 ensured the spread of conidia within the trees. The source of inoculum could not be identified.

*L. acicola* is becoming a pathogen of great concern in Europe. Its introduction to and spread within Europe is probably due to the effects of climate change, increasing international trade of infected plant material and the emergence of additional aggressive strains (van der Nest et al., 2019b). More surveys are needed to closely monitor the spread of the pathogen to other hosts.

## Acknowledgements

The authors would like to thank Markus Scholler (State Museum of Natural History Karlsruhe) for critically reading the manuscript.

## Conflicts of interest

The authors declare that they do not have any conflicts of interest.

## References

- Courbet, F., Lagacherie, M., Marty, P.; Ladier, J., Ripert, C., Riou-Nivert, P., Huard, F., Klein, E.K., Amandier, L., Paillasa, E., 2012: Atlas Cedar and climate change in France: assessment and recommendations. HAL Id: hal-02601155 URL: <https://hal.inrae.fr/hal-02601155>. Access: 16 October 2022.
- Farr, D.F., A.Y. Rossman, 2022: Fungal Databases, U. S. National Fungus Collections, ARS, USDA. URL: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Access: 1 November 2022.
- Luciano de Avila, A., A. Albrecht, 2018: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe – eine Stoffsammlung. Freiburg, Eigenverlag der FVA, ISBN 978-3-933548-95-5.
- Oskay, F., M. Laas, M. Mullett, A. Lehtijärvi, H.T. Doğmuş-Lehtijärvi, S. Woodward, R. Drenkhan, 2020: First report of *Lecanosticta acicola* on pine and non-pine hosts in Turkey. *Forest Pathology* 50 (6), DOI: 10.1111/efp.12654.
- Pehl, L., 1995: *Lecanosticta acicola* – Eine neue Kiefernkrankheit in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 47 (12), 305-309.
- Schenck, N., C. Renault, C. Saurat, J.B. Daubree, E. Kersaudy, C. Husson, R. Ioos, 2022: First report of *Lecanosticta acicola* causing brown spot needle blight on Atlas cedar in France. *New Disease Reports* 45 (2), 103, DOI: 10.1002/ndr2.12082.
- Thomas, P., 2013: *Cedrus atlantica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42303A2970716, DOI: 10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42303A2970716.en. Access: 16 October 2022.
- Theron, C.A., S. Marincowitz, C. A. Rodas, M.J. Wingfield, I. Barnes, I. 2022: *Lecanosticta pharomachri* and its newly discovered sexual state causing a serious needle disease of *Pinus* spp. in Colombia. *Plant Disease* 106 (7), 1935-1943, DOI: 10.1094/PDIS-08-21-1759-RE.
- van der Nest, A., M.J. Wingfield, P.C. Ortiz, I. Barnes, 2019a: Biodiversity of *Lecanosticta* pine-needle blight pathogens suggests a Mesoamerican Centre of origin. *IMA fungus* 10, 2, DOI: 10.1186/s43008-019-0004-8.
- van der Nest, A., M.J. Wingfield, J. Janoušek, I. Barnes, 2019b: *Lecanosticta acicola*: A growing threat to expanding global pine forests and plantations. *Molecular Plant Pathology* 20 (10), 1327–1364, DOI: 10.1111/mpp.12853.
- White, T.J., T. Bruns, S. Lee, J. Taylor, 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, 315–322.

Friederike Chilla<sup>1,\*</sup>, Hana Tlapák<sup>1,\*</sup>, Anna Pucher<sup>1</sup>, Kerstin Flath<sup>1</sup>, Matthias Becker<sup>2</sup>, Hendrik Hanekamp<sup>3</sup>

## Diagnose Kartoffelkrebs – Dauersporangien von *Synchytrium endobioticum* sicher erkennen und beurteilen

Diagnosing potato wart disease – reliable identification and assessment of resting spores of *Synchytrium endobioticum*

### Affiliationen

\*haben zu gleichen Teilen beigetragen

<sup>1</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Kleinmachnow.

<sup>2</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Braunschweig.

<sup>3</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Hannover.

### Kontaktanschrift

Dr. Friederike Chilla, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: friederike.chilla@julius-kuehn.de

## Zusammenfassung

Die Dauersporangien des Kartoffelkrebserreger, *Synchytrium endobioticum*, stellen aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischer Behandlungen eine besondere Gefährdung in Form von Langzeitkontamination von Resterden und Ackerflächen dar. Sie weisen ein breites Spektrum an Erscheinungsformen mit spezifischen Charakteristika auf und sind deshalb eine besondere Herausforderung bei der sicheren Diagnose von Kartoffelkrebs. Neben der Bewertung als *Synchytrium endobioticum* stellt die Beurteilung der Vitalität des einzelnen Sporangiums auf Basis mikroskopischer Untersuchungen eine Herausforderung dar. Die Referenzbildsammlung soll eine Entscheidungshilfe und Schulungsmaterial für die Diagnoselabore bieten. Exemplarisch werden Sporangienbilder verschiedener Kategorien bewertet und Besonderheiten hervorgehoben. Die Referenzbildsammlung ist auf der Homepage des Nationalen Referenzlaboratoriums des Julius Kühn-Instituts für registrierte Nutzer abrufbar.

## Stichwörter

**Kartoffelkrebs, *Synchytrium endobioticum*, Dauersporangien, Referenzbildsammlung**

## Abstract

Due to their resistance to chemical treatments, the resting spores of *Synchytrium endobioticum* the causal agent of potato wart disease pose a particular threat in the form of long-term contamination of residual soil and arable land. They show a wide spectrum of characteristic morphological phenotypes and are therefore a particular challenge in the reliable diagnosis of potato wart. In addition to addressing them as *Synchytrium endobioticum*, assessing the viability of the resting spore based on microscopic examination is challenging. The reference image collection is intended to provide decision support and training material for diagnostic laboratories. Exemplary images of resting spores/sporangium of different categories are evaluated and special characteristics are

highlighted. The reference image collection is available on the homepage of the National Reference Laboratory of the Julius Kühn Institute for registered users.

## Keywords

**Potato wart disease, *Synchytrium endobioticum*, resting spores, reference image collection**

## Einleitung

Eine der bedeutendsten Erkrankungen im Kartoffelanbau ist der Kartoffelkrebs, welcher durch den obligat biotrophen, bodenbürtigen Pilz *Synchytrium endobioticum* verursacht wird. Eine Infektion mit *S. endobioticum* führt zu vermehrten Zellteilungen in Sprossapikalmeristemen, aus denen tumorartige Strukturen resultieren. Eine chemische Bekämpfung dieser Erkrankung ist nicht möglich (Ballvora et al., 2011), weshalb größte Vorsicht beim Umgang mit kontaminierten Pflanzen und Böden geboten ist. Weil der Pilz erhebliche Schäden verursachen kann und in Europa nicht endemisch ist, wird *S. endobioticum* als Quarantäneschadorganismus eingestuft. Damit einhergehend sind das Auftreten und die damit verbundenen rechtlichen Auswirkungen durch die europäische „Durchführungsverordnung mit Maßnahmen zur Tilgung und zur Verhinderung der Ausbreitung von *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival“ geregelt (European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety, 2022). Weil der Pilz robuste Dauerstadien produziert, stellt ein Befall mit Kartoffelkrebs eine Langzeitkontamination von Flächen dar (Ballvora et al., 2011). Um Anbauflächen für den Kartoffelanbau erhalten zu können, ist eine sichere Diagnose des Kartoffelkrebserreger essentiell.

Eine Besonderheit dieses Schaderreger ist die Ausbildung sehr widerstandsfähiger Dauersporangien, welche unter geeigneten Bedingungen Jahrzehnte im Boden überdauern und Infektionen hervorrufen können (Sharma & Cammack, 1976; Przetakiewicz, 2015). Die sichere Identifikation von Dauersporangien von *S. endobioticum* ist daher ein wichtiger Aspekt in der Feststellung von Kartoffelkrebs. Einige definierte

Kriterien, die eine Identifikation von Dauersporangien erlauben, sind die Größe von 25 µm bis 75 µm, die rundlich-ovale Form, die gold-braune Farbe, eine unregelmäßig verdickte Zellwand und Grate/Furchen an der Außenseite der Sporangien (European and Mediterranean Plant Protection Organisation, 2017). Das Erscheinungsbild von Dauersporangien kann allerdings sehr divers sein, was eine eindeutige Diagnose erschweren kann. Die Referenzbildsammlung soll die Diagnoselabore darin unterstützen nach einheitlichen Kriterien auf Basis des aktuellen Standes der Wissenschaft Untersuchungen durchzuführen. Die Referenzbildsammlung wurde im Rahmen des Projekts „Entwicklung innovativer Nachweisverfahren für den Kartoffelkrebs als Grundlage für die nachhaltige Sicherung der Kartoffelproduktion in Deutschland“ (INNOKA) erstellt. Die Förderung des Vorhabens erfolgt (bzw. erfolgte) aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt (bzw. erfolgte) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Die Referenzbildsammlung wird allen Diagnoselaboren der Pflanzenschutzdienste zur Verfügung gestellt und soll als Schulungsmaterial und Entscheidungshilfe bei der Beurteilung von Dauersporangien dienen. Sie ist gemeinsam mit einem zusammenfassenden Poster auf der Internetseite des Nationalen Referenzlabors des Julius Kühn-Instituts für registrierte Nutzer abrufbar (Chilla et al., 2022).

## Aufbau und Inhalt der Referenzbildsammlung

Die Referenzbildsammlung ist in die Abschnitte Einleitung, lichtmikroskopische Aufnahmen und Auswertung von Analyseproben gegliedert.

In der Einleitung werden zunächst die morphologischen Merkmale der Dauersporangien beschrieben und Kriterien für deren Bewertung dargestellt. Einige Kriterien wie Größe, Farbe und Struktur der Sporangienhülle müssen für eine positive Bewertung zwingend erfüllt sein, während bei anderen Kriterien aufgrund der Diversität der Sporangien Abweichungen möglich sind. Die beschriebenen Merkmale werden mit Hilfe von lichtmikroskopischen Aufnahmen und Bildern der konfokalen Laser Scanning-Mikroskopie (CLSM) dargestellt (Abb. 1).

Die Beurteilung der Vitalität von Dauersporangien ist besonders anspruchsvoll, gleichzeitig aber essentieller Bestandteil der Diagnose. Aus diesem Grund werden die Eigenschaften, nach denen unbehandelte Dauersporangien als vital bewertet werden, sorgfältig dargestellt. Es wird auch auf gekeimte Dauersporangien eingegangen, die ein besonders vitales Stadium darstellen.

Der Hauptteil der Referenzbildsammlung besteht aus einer Vielzahl lichtmikroskopischer Aufnahmen diverser Dauersporangien, die in verschiedene Kategorien (typische (vi-

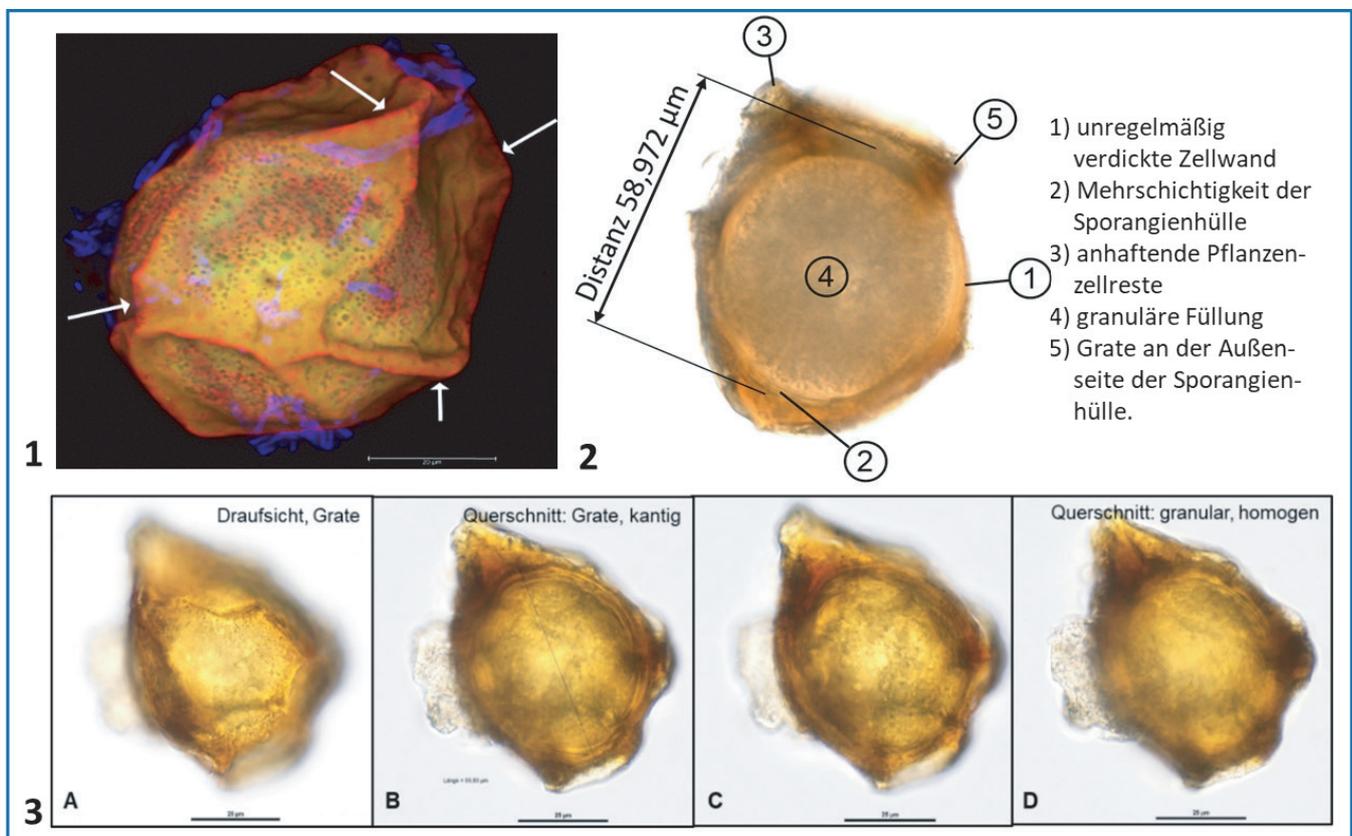


Abb. 1. Mikroskopie von Dauersporangien. (1) Aufnahme eines Dauersporangiums im CLSM zur Veranschaulichung von Graten (Pfeile) an der Sporangienaußenseite. (2) Die wichtigsten morphologischen Kriterien zur Identifikation von *S. endobioticum*. (3) Dauersporangium in verschiedenen Fokusebenen. A. Aufsicht mit Darstellung der Grate. B/C. Querschnitt mit Graten (als Kanten sichtbar). D. Querschnitt mit Sicht auf granulär, homogene Füllung des Sporangiums.

tale), leere, teilentleerte, untypische und keimende Dauersporangien sowie Sporangien im Verbund) unterteilt wurden (Abb. 2).

Neben jedem Bild sind die in der Einleitung beschriebenen Merkmale zur Bestimmung von *S. endobioticum* aufgeführt und jene abgehakt, die auf das gezeigte Bild zutreffen. Zudem sind die Herkunft des Dauersporangiums (Kompost oder Felderde) und Besonderheiten aufgeführt, sowie eine abschließende Beurteilung, ob es sich um *S. endobioticum* handelt. Die Einstufung der Lebensfähigkeit ist entweder übergreifend

für die gesamte Kategorie oder für das einzelne Sporangium angegeben.

An die umfassende Bildsammlung schließt sich der Abschnitt zur Auswertung von Analyseproben an, in dem ein Muster eines Formblatts für die Bewertung von Proben oder einzelnen Sporangien enthalten ist. In diesem Formblatt sind alle morphologischen Merkmale, die für die Beurteilung notwendig sind, aufgeführt und Zutreffendes kann angekreuzt werden. Das Musterformblatt kann von den Diagnoselaboren an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden.

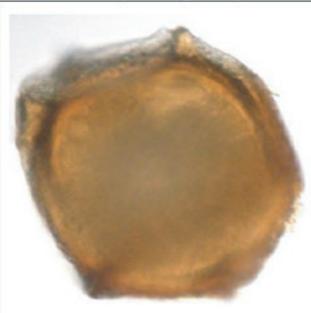
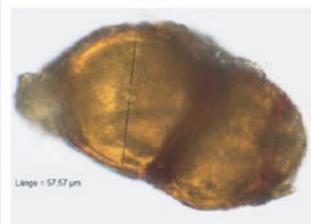
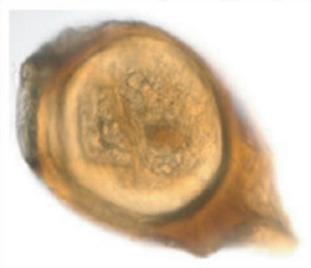
Nr.	Sporangienbild	Sporangienbeschaffenheit	Besonderheiten	S. e.
<b>Typische Dauersporangien (lebensfähig)</b>				
1		<input checked="" type="checkbox"/> Größenbereich: 61,23 µm <input checked="" type="checkbox"/> goldbraune Färbung <input checked="" type="checkbox"/> rundlich/ oval <input checked="" type="checkbox"/> ungleichmäßig verdickte Zellwand <input checked="" type="checkbox"/> Mehrschichtigkeit der Sporangienhülle <input checked="" type="checkbox"/> Grate/ Furchen <input checked="" type="checkbox"/> gräuliche Füllung ≥ 2/3 <input checked="" type="checkbox"/> homogene granuläre Füllung → Sporangium aus Kompost	- Grate an Außenseite des Sporangiums gut sichtbar	ja
<b>Dauersporangien im Verbund</b>				
12		<input checked="" type="checkbox"/> Größenbereich: 57,57 µm <input checked="" type="checkbox"/> goldbraune Färbung <input checked="" type="checkbox"/> rundlich, oval <input checked="" type="checkbox"/> ungleichmäßige verdickte Zellwand <input checked="" type="checkbox"/> Mehrschichtigkeit der Sporangienhülle <input checked="" type="checkbox"/> Grate/ Furchen <input checked="" type="checkbox"/> gräuliche Füllung ≥ 2/3 <input type="checkbox"/> homogene granuläre Füllung → Sporangium aus Felderde	→ lebensfähig	ja
<b>Teilentleerte Dauersporangien (fragliche Lebensfähigkeit)</b>				
27		<input checked="" type="checkbox"/> Größenbereich: 53,90 µm <input checked="" type="checkbox"/> goldbraune Färbung <input checked="" type="checkbox"/> rundlich, oval <input checked="" type="checkbox"/> ungleichmäßige verdickte Zellwand <input checked="" type="checkbox"/> Mehrschichtigkeit der Sporangienhülle <input checked="" type="checkbox"/> Grate/ Furchen <input type="checkbox"/> gräuliche Füllung ≥ 2/3 <input type="checkbox"/> homogene granuläre Füllung → Sporangium aus Kompost	→ nicht lebensfähig	ja

Abb. 2. Exemplarischer Auszug verschiedener Kategorien aus der Referenzbildsammlung. Dargestellt werden die zutreffenden morphologischen Merkmale und Besonderheiten mit Einschätzung der Vitalität.

## Ausblick

Das Julius Kühn-Institut ist in Kooperation mit verschiedenen Hochschulen und Züchtern im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte in hohem Maß an der Aufklärung des Keimungsprozesses und den unterschiedlichen Entwicklungsstadien von Sporangien, besonders mit Hinblick auf die Änderungen der Sporangienfüllung interessiert. Diese aktuellen Forschungsergebnisse werden fortlaufend in die Referenzbildsammlung integriert, um ein möglichst umfassendes Bild von der Beschaffenheit von Dauersporangien nach neustem Stand der Forschung zeichnen zu können.

## Danksagung

Besonderer Dank gilt Yvonne Ratzlaff, Sascha Henke, Heike Rudolph, Jessica Schunke, Kelly Coutinho Szinovatz (alle Julius Kühn-Institut), Meike Legeit, Marion Mumber, Antje Löhmann (alle Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt) und Dr. Peter Büttner (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft) für die Bereitstellung von Sporangienbildern sowie die kritische Durchsicht der Referenzbildsammlung.

## Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autoren/die Autorinnen erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

## Literatur

**Ballvora, A., K. Flath, J. Luebeck, J. Strahwald, E. Tacke, H.R. Hofferbert, C. Gebhardt, 2011:** Multiple alleles for resistance and susceptibility modulate the defense response in the interaction of tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) with *Synchytrium endobioticum* pathotypes 1, 2, 6 and 18. *Theoretical and Applied Genetics*; TAG **123** (8), 1281–1292.

**Chilla, F., H. Tlapák, A. Pucher, K. Flath, M. Becker, H. Hanekamp, 2022:** Beurteilung von Dauersporangien des Kartoffelkrebserregers *Synchytrium endobioticum*. Poster, OpenAgrar-Repository, DOI: 10.5073/20221110-131659.

**European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO), 2017:** PM 7/28 (2) *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin **47** (3), 420–440, DOI: 10.1111/epp.12441.

**European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety, 2022:** Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1195 of July 2022 establishing measures to eradicate and prevent the spread of *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival.

**Przetakiewicz, J., 2015:** The Viability of Winter Sporangia of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. from Poland. *American Journal of Potato Research* **92** (6), 704–708, DOI: 10.1007/s12230-015-9480-6.

**Sharma, R., R. Cammack, 1976:** Spore germination and taxonomy of *Synchytrium endobioticum* and *S. succisae*. *Transactions of the British Mycological Society* **66** (1), 137–147.

**Hans-Peter Kaul**

## Die Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (GPW) teilt mit:

### Berichte der AGs

**Affiliation**

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau, Wien, Österreich.

**Kontaktanschrift**Prof. Dr. Hans-Peter Kaul, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau, Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln an der Donau, Österreich,  
E-Mail: hans-peter.kaul@boku.ac.at

### AG Versuchswesen

Am 22. u. 23. Juni 2022 fand die diesjährige Gemeinsame Sommertagung der AG "Landwirtschaftliches Versuchswesen" der Biometrischen Gesellschaft mit den Arbeitsgruppen „Versuchswesen“ der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, "Biometrie und Bioinformatik" der GPZ sowie "Biometrie und Versuchsmethodik" der DPG in Präsenz auf dem Landwirtschaftszentrum "Eichhof" des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen Bad Hersfeld statt. Am ersten Tag wurden zahlreiche Vorträge zu biometrischen Problemen in Versuchswesen gehalten, während am zweiten Tag die Versuchseinrichtungen besichtigt wurden.

Die Sommertagung 2023 wird am 29./30. Juni bei Bayer CropScience in Monheim stattfinden. Das Schwerpunktthema wird diesmal der Pflanzenschutz sein, aber auch Beiträge zu anderen Themen, einschließlich des Pflanzenbaus, sind sehr willkommen. Details zur geplanten Sommertagung finden Sie unter:

<http://www.biometrische-gesellschaft.de/arbeitsgruppen/landwirtschaftliches-versuchswesen/>.

Dort sind auch ein kurzer Bericht über die diesjährige Sommertagung und Folien einiger der Vorträge verfügbar.

Hans-Peter Piepho  
(Stuttgart-Hohenheim)

### AG Ertragsphysiologie

Seit dem vergangenen Berichtszeitraum hat die AG zwei Workshops durchgeführt, jeweils gemeinsam mit AGs benachbarter Fachgesellschaften. Am 18. und 19. Mai 2022 traf sich unsere AG gemeinsam mit der AG Ertrags- und Stressphysiologie der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e. V. (GPZ; Christiane Balko) zum Thema „Durch Phänotypisierung und Modellierung zu besser angepassten Kulturpflanzen?“ in Braunschweig. Die gut 50 TeilnehmerInnen tauschten sich zu neuen Entwicklungen im Bereich der Phänotypisierung und modellbasierter Ideotypisierung von Kulturpflanzen aus (Abb. 1). Gerade vor dem Hintergrund steigender Herausforderungen an die Pflanzenproduktion im Klimawandel, ist die effektive Nutzung neuer Technologien zur Beschreibung und Verbesserung des Genotyp  $\times$  Umwelt  $\times$  Managementsystems von zunehmender Bedeutung. Die bessere Verknüpfung und Integration von Forschung und Entwicklung im Bereich von Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau ist hierfür essentiell. Ein wichtiges Ziel der Veranstaltung war daher der vertiefte Austausch von ForscherInnen aus Pflanzenbau und

Pflanzenzüchtung. Neben vier Key-Notes von Livia Paleari (Uni Mailand), Rodrigo Jose Galan & Angela Maria Bernal Vasquez (KWS), Stefan Paulus (IfZ/Uni Göttingen) und Graeme Hammer (Uni Queensland), trugen besonders auch die AG-Mitglieder Josephine Buckowiecki, Till Rose (beide CAU Kiel), Tsu-Wei Chen (HU Berlin), Jorita Krieger und Ashifur Rahman Shawon (beide JKI) durch spannende Einblicke in ihre aktuelle Forschung zu einem gelungenen Workshop bei. Das gemeinsame Abendessen im „Braunschweiger Parlament“ ermöglichte nach langer Durststrecke endlich wieder den gemeinsamen persönlichen Austausch innerhalb der AG sowie mit den KollegInnen der GPZ. Am zweiten Tag gewährte das JKI-Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde im Rahmen der Exkursion interessante Einblicke in laufende experimentelle Forschungsarbeiten und die Forschungsinfrastruktur am JKI-Standort Braunschweig Bundesallee. Neben der Vorstellung der genutzten Drohnentechnik und Sensorik konnten wir die neu installierte FACE (Free Air Carbon Enrichment)-Anlage (Abb. 2) sowie die Rain-out Shelter besichtigen. Der Dank der AG gilt den JKI-KollegInnen vor Ort.

Am 11. November veranstaltete die AG gemeinsam mit der Kommission IV der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG; Claas Nendel) einen Online-Workshop zu „Modellierung von Fruchtfolgen“ mit gut 50 Teilnehmenden. Im Fokus standen unter anderem die Dynamik der Wasser, Stickstoff- und Kohlenstoffflüsse in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen, und wie diese mit Hilfe von Simulationsmodellen dargestellt und untersucht werden können. Neben der Bewertung des Status-quo von Fruchtfolgen in Deutschland (Clemens Jähncke, HU Berlin) konzentrierten sich die Vorträge von Kurt Heil (TU München), Ixchel Hernandez-Ochoa (Uni Bonn) und Ahmed Attia (ICBA/JKI) vor allem auf die Modellierung des Boden-Pflanzenkontinuums und der entsprechenden Wasser-, Stickstoff- und Bodenkohlenstoffdynamiken. Johannes Schulers (ZALF) Beitrag zu ökonomischen und ökologischen Aspekten von Leguminosen in Fruchtfolgen rundete die Veranstaltung ab. Die Beiträge und abschließende Diskussion zeigte, dass die Modelle grundsätzlich in der Lage sind, die meisten relevanten Fruchtfolge-Effekte abzubilden, die experimentelle Datengrundlage, gerade vor dem Hintergrund der Vielfalt an Bodenklimaräumen und Fruchtfolgen, jedoch weiterhin den größten Flaschenhals zur Verbesserung der Simulationen darstellt. Die Diskussion zeigte auch das starke Interesse an einer Fortführung der Veranstaltungsreihe zu Fruchtfolgen, die mit dem ersten Workshop der AG zur Modellierung von Fruchtfolgen in 2020 startete.

Til Feike  
(Kleinmachnow)



Abb. 1 Gruppenfoto des gemeinsamen GPW-GPZ-Workshops zu „Durch Phänotypisierung und Modellierung zu besser angepassten Kulturpflanzen?“



Abb. 2 Gemeinsame Besichtigung der FACE (Free Air Carbon Enrichment)-Anlage des JKI-Instituts für Pflanzenbau und Bodenkunde

Ulrich Köpke

## Nachruf für Professor Dr. Wolfgang Böhm, Göttingen

### Affiliation

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Organischen Landbau, Bonn.

Als Kriegskind 1937 geboren, war Wolfgang Böhm nach Abschluss der Mittleren Reife 1953 zunächst als Chemielaborant bei Riedel de Haen in Hannover tätig. Später erlangte er die Hochschulreife und nahm im Jahr 1965 an der Universität Göttingen ein umfängliches Studium der Naturwissenschaften mit dem Hauptfach Geographie auf. Seine Staatsexamensprüfung schloss er mit einer wissenschaftlichen Arbeit über den Göttinger Geographen Hermann Wagner ab und begann im Jahre 1970 unverzüglich mit einem Zweitstudium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Georgia Augusta. Hier beeindruckten ihn die didaktischen Fähigkeiten des Bodenkundlers Brunk Meyer. Gleichwohl führte ihn sein weiterer Werdegang an das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Dort schloss er bei Kord Baeumer schon 1973 seine Dissertation über Phosphordüngung und Wurzelwachstum von Getreide im System der Direktsaat ab und hatte für die Folgejahre mit der Wurzelökologie sein Hauptforschungsgebiet gefunden.

Der amerikanische Wurzelforscher Howard Taylor berichtete einmal anerkennend über die sowohl hohe als auch entspannte Intensität mit der sich Böhm der Wurzelforschung während seines Forschungsaufenthalts an der Iowa State University widmete. Wochentags im Felde – die Arbeiten mit erstklassigen Dias dokumentierend – vertiefte sich Böhm an den Wochenenden in der Bibliothek ins Studium der internationalen Wurzelliteratur. Mit zahlreichen Fotokopien begründete er sein Göttinger Wurzelarchiv, das interessierten Kollegen neben seiner persönlichen Expertise vielgenutzter Quellort wurde. Mit dem so vorbereiteten 1979 erstmals erschienenen Standardwerk *Methods of Studying Root Systems* bestimmte er die Wurzelökologie weltweit, war Kopf einer damals international führenden Arbeitsgruppe zur Wurzelforschung am Göttinger Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Diese führte er mit zurückhaltender Autorität. Selbstlos förderte er Graduierte und Mitarbeitende, immer bereit für jede ihm mögliche Unterstützung, für freimütigen Dialog und freilassendem Rat. Über despektierliche Äußerungen, dass man ‚einen richtigen Wissenschaftler am weißen Kittel erkennen‘ könne, war er erhaben. Er trug ihn oft, auch in Lehrveranstaltungen – eine Gewohnheit, die wohl dem Lebensabschnitt als Chemielaborant geschuldet war, die er aber auch mit dem von ihm verehrten Senior Prof. Dr. Arnold Scheibe gemein hatte. Ihm assistierte Böhm lange Zeit bei der Herausgabe der Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau.

Nach seiner Habilitation 1980, nur zehn Jahre nach Beginn seines Landwirtschaftsstudiums, wurde Böhm 1985 zum außerplanmäßigen Professor ernannt und wechselte – für sein kollegiales Umfeld zunächst durchaus irritierend – sein Forschungsgebiet. Fortan arbeitete er intensiv und unbeirrt zur Wissenschaftsgeschichte des Landwirtschaftlichen Pflanzenbaus. Daraus resultierte ein zweites Hauptwerk seines Schaffens: Ein umfängliches ‚Biografisches Handbuch zur Geschichte des Pflanzenbaus‘ erschien 1997. Das vielgenutzte Werk versammelt die verdichteten Biografien und Lebensleistungen von 669 Persönlichkeiten des deutschsprachigen Kulturraums; eine immense Leistung, detailliert vor- und nachbereitet durch zahlreiche Publikationen über Leben und Werk bedeutender Pflanzenbauwissenschaftler und die Wissenschaftsgeschichte des Landwirtschaftlichen Pflanzenbaus. Es gibt wohl niemanden, der eine umfassendere Übersicht zur Geschichte des Landwirtschaftlichen Pflanzenbaus im deutschsprachigen Raum, seine Repräsentanten, ihr Denken und ihr Wirken hatte. So ausgewiesen war Böhm auch der bestgeeignete Leiter des ‚Arbeitskreises für Wissenschaftsgeschichte des Pflanzenbaus‘ in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, den er von 1991-2005 führte.

Wolfgang Böhm war in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften also mit mehreren Hauptwurzeln verankert. Umso mehr schmerzte es ihn wohl, dass seine wiederholten wohlbegründeten Zurufe zum Wissenschaftsverständnis des Landwirtschaftlichen Pflanzenbaus und zur treffgenauen Namensänderung der Gesellschaft ungehört verhallten. Da mag er als Freund klassischer Dichtkunst Trost in der Lyrik gefunden haben. Einige bibliophil gestaltete Bände mit Werken von Eichendorff, Goethe und Mörike gab er im Eigenverlag heraus.

Wir schauen dankbar auf den Lebensgang eines Kollegen, der durch beharrliches, aber dennoch gelassenes, unverkrampftes Verfolgen einmal gefasster Ziele, mutigen Wechsel von Arbeits- und Forschungsinhalten, Treue zur Arbeit, dienendes, selbstloses Zu-Arbeiten, waches Interesse am Anderen, Sozialkompetenz, Bescheidenheit und die gepflegte Kultur des klassischen per-Brief-Kommunizierens geprägt war.

Am 30. September 2022 verstarb Prof. Dr. Wolfgang Böhm, ehemaliger Hochschullehrer für Pflanzenbau an der Georg-August-Universität Göttingen im 85. Lebensjahr.

Simone Graeff-Hönniger<sup>1</sup>, Hans-Peter Piepho<sup>2</sup>

## Nachruf für Professor Dr. Wilhelm Claupein

### Affiliationen

<sup>1</sup>Universität Hohenheim, FG Pflanzenbau, Stuttgart-Hohenheim.<sup>2</sup>Universität Hohenheim, FG Biostatistik, Stuttgart-Hohenheim.

Am 3. Februar 2023 ist Professor Wilhelm Claupein ganz unerwartet verstorben.

Professor Claupein studierte Agrarwissenschaften an den Universitäten Göttingen und Gießen. Nach seiner Promotion in Gießen 1987 war er als wissenschaftlicher Assistent an der Universität Göttingen tätig, wo er 1993 habilitiert wurde. Nachdem er von 1995 bis 1998 eine Professur am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der Universität für Bodenkultur in Wien innehatte, ging er 1998 nach Hohenheim und übernahm die Professur für Allgemeinen Pflanzenbau am Institut für Pflanzenbau und Grünland. Er wurde im September 2022 emeritiert.

Professor Claupein hat sich mit einer sehr breiten Palette von produktionsökologischen Fragestellungen bei verschiedenen Kulturpflanzenarten (z. B. Raps, Mais, Getreidearten) befasst und dort sehr wichtige Fachbeiträge geleistet. Sein Schwerpunkt lag vor allem in der Bearbeitung von Fragestellungen rund um unterschiedliche Bodenbearbeitungsverfahren und deren Bedeutung für den Pflanzenbau. In vertiefenden Studien beschäftigte er sich insbesondere mit der Regenwurmmaktivität und der Auswirkung der Bodenbearbeitung auf deren Vorkommen. Zu erwähnen ist außerdem sein Engagement in der

Forschungskooperation der Universität Hohenheim mit der CAU in Peking, China, die ihm sehr am Herzen lag.

Professor Claupein war ein begeisterter Lehrer, der seine Vorlesungen und Seminare mit viel Leidenschaft und Engagement durchführte. Er hat seine Studierenden in Lehrveranstaltungen gerne durch provokatives Nachfragen gefordert und zum Nachdenken und kritischen Hinterfragen angeregt. Davon hat er in auch Gesprächen mit seinen Kolleginnen und Kollegen oft lebhaft und anschaulich berichtet.

Wilhelm Claupein war ein ausgesprochener Liebhaber klassischer Musik und leidenschaftlicher Opernbesucher. Dies war für alle, die ihn kannten, kaum zu übersehen. Selbst die vertiefteste fachliche Konversation wurde fast sicher irgendwann durch ein erheiterndes Zitat oder eine amüsante Anekdote aus einer berühmten oder auch nicht so berühmten Oper bereichert.

Für viele Jahre war Wilhelm Claupein im Vorstand der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften tätig, so als Beisitzer von 1997 bis 1999 und als Geschäftsführer von 2003 bis 2005. Zudem hat er 2003 die AG Precision Farming gegründet. Die Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften und das Institut für Kulturpflanzenwissenschaften werden Wilhelm Claupein ein ehrendes Andenken bewahren.

### **Buchrezension – AgrarFakten (ISBN: 978-3-00-073111-2)**

Das Buch „AgrarFakten Ernährung – Umwelt – Klima, Landwirtschaft, quo vadis?“ wird von Gerhard Breitschuh und Manfred Munzert im Selbstverlag Gehard Breitschuh herausgegeben. Es wird die zweite, bearbeitete Auflage vom Dezember 2022 besprochen. Das Buch umfasst auf 292 Seiten folgende Themengebiete: Grundsätzliches; Pflanzenproduktion; Tierproduktion; Bioenergie und Energiewende; Treibhausgasrelevanz der Landwirtschaft; Öko-Landbau und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft.

Innerhalb der Themengebiete sind die Beiträge der jeweiligen Autoren aufgeführt. In 39 Beiträgen nehmen die Autoren Stellung zu unterschiedlichen Fragestellungen, z. B. „Mineraldüngung – Fluch oder Segen?“ oder „Wie umweltverträglich ist die deutsche Landwirtschaft?“.

Das Buch, bzw. die Beiträge darin basieren auf der Webseite [www.agrarfakten.de](http://www.agrarfakten.de), die 2013 eingerichtet wurde. Das Ziel wird wie folgt beschrieben: „Fachexperten konnten sich hier zu Wort melden, um mit soliden Fakten falschen – oft auch diffamierenden – Darstellungen zu widersprechen.“ Die Beiträge wurden von unterschiedlichen Autoren verfasst, das Buch listet 44 Autoren auf. Gemäß der Selbstbeschreibung auf der Webseite sind die Autoren „erfahrene, teils auch pensionierte und damit unabhängige Agrarwissenschaftler.“ Die Beiträge der Webseite wurden für das Buch teilweise aktualisiert, besonders im Hinblick auf zeitlich sensible Angaben, z. B. die Anzahl zugelassener Pflanzenschutzmittel auf Seite 99. Die Änderungen wurden durch Unterstreichungen gekennzeichnet.

Die Autoren scheuen sich auch nicht, eher unpopuläre Meinung des öffentlichen Diskurses zu äußern. So findet sich auf Seite 285 unter dem Resümee die Aussage: „Chemischer Pflanzenschutz ist unverzichtbar für die Ernährungssicherung; er muss jedoch auf das Mindestmaß beschränkt werden.“

Das Buch bietet einen breitgefächerten Einblick in unterschiedliche Themenbereiche der Landwirtschaft. Dabei wird versucht, sowohl einer lesbaren, somit eher populärwissenschaftlichen Ausdrucksweise, und einer wissenschaftlichen belegten, z. B. durch Literaturzitate, Darstellungsweise gerecht zu werden. Ob jedoch das Zitat: „Die wissenschaftlichen Erkenntnisse hierzu haben die Autoren in ihren speziellen Beiträgen überzeugend herausgearbeitet.“ vollumfänglich zutrifft, bleibt dem geneigtem Leser selbst überlassen.

Jürgen Schwarz  
(Kleinmachnow)

### **Annual Review of Biochemistry, Vol. 90, 2021. Eds.: Roger D. Kornberg, James E. Rothman, JoAnne Stubbe, Jeremy W. Thorner. Palo Alto California, USA, Annual Reviews, 846 S., ISBN 978-0-8243-0890-2, ISSN 0066-4154**

Der vorliegende Band 90 beginnt mit einem Artikel von H.R. Kaback mit dem Titel „It's Better To Be Lucky Than Smart“.

Weitere Übersichtsartikel zu folgenden Themenbereichen der Biochemie schließen sich an:

Short- and Long-Term Adaptation to Altered Levels of Glucose: Fifty Years of Scientific Adventure (Kosaku Uyeda); From Bioorganic Models to Cells (Stephen J. Benkovic); Structural Mechanisms for Replicating DNA in Eukaryotes (Ilan Attali, Michael R. Botchan, James M. Berger); Mechanisms of Vertebrate DNA Interstrand Cross-Link Repair (Daniel R. Semlow, Johannes C. Walter); Repair of DNA Double-Strand Breaks by the Nonhomologous End Joining Pathway (Benjamin M. Stinson, Joseph J. Loparo); Repair of DNA Breaks by Break-Induced Replication (Z.W. Kockler, B. Osia, R. Lee, K. Musmaker, A. Malkova); The Long Road to Understanding RNAPII Transcription Initiation and Related Syndromes (Emmanuel Compe, Jean-Marc Egly); Designing Biological Circuits: Synthetic Biology Within the Operon Model and Beyond (Max A. English, Raphael V. Gayet, James J. Collins); Understanding the Function of Mammalian Sirtuins and Protein Lysine Acylation (Miao Wang, Hening Lin); Molecular Epigenetics: Chemical Biology Tools Come of Age (John D. Bagert, Tom W. Muir); Influenza Virus RNA-Dependent RNA Polymerase and the Host Transcriptional Apparatus (Tim Krischuns, Maria Lukarska, Nadia Naffekh, Stephen Cusack); The Roots of Genetic Coding in Aminoacyl-tRNA Synthetase Duality (Charles W. Carter Jr., Peter R. Wills); Synonymous but Not Silent: The Codon Usage Code for Gene Expression and Protein Folding (Yi Liu, Qian Yang, Fangzhou Zhao); Cullin-RING Ubiquitin Ligase Regulatory Circuits: A Quarter Century Beyond the F-Box Hypothesis (J. Wade Harper, Brenda A. Schulman); An Overview of Microcrystal Electron Diffraction (MicroED) (Xuelang Mu, Cody Gillman, Chi Nguyen, Tamir Gonen); Preparing Better Samples for Cryo-Electron Microscopy: Biochemical Challenges Do Not End with Isolation and Purification (Robert M. Glaeser); Optobiochemistry: Genetically Encoded Control of Protein Activity by Light (Jihye Seong, Michael Z. Lin); Introduction to the Theme an Membrane Channels (Gunnar von Heijne); The Form and Function of PIEZO2 (Marcin Szczot, Alec R. Nickolls, Ruby M. Lam, Alexander T. Chesler); Structural Mechanism of Transport of Mitochondrial Carriers (J.J. Ruprecht, E.R.S. Kunji); Membrane Exporters of Fluoride Ion (Benjamin C. McLwain, Michal T. Ruprecht, Randy B. Stockbridge); Chaperoning SNARE Folding and Assembly (Yongli Zhang, Frederick M. Hughson); Tunnels for Protein Export from the Endoplasmic Reticulum (I. Raote, V. Malhotra); Quality Control of Procollagen in Cells (Shinya Ito, Kazuhiro Nagata); Posttranslational Regulation of HMG CoA Reductase, the Rate-Limiting Enzyme in Synthesis of Cholesterol (Marc M. Schumacher, Russell A. DeBose-Boyd); PI(4,5)P2 Clustering and Its Impact an Biological Functions (Yi Wen, Volker M. Vogt, Gerald W. Feigenson); Mechanisms for Regulating and Organizing Receptor Signaling by Endocytosis (Mark von Zastrow, Alexander Sorokin); Structural Insights Accelerate the Discovery of Opioid Alternatives (Tao Che, Bryan L. Roth); A Natural Product Chemist's Guide to Unlocking Silent Biosynthetic Gene Clusters (Brett C. Covington, Fei Xu, Mohammad R. Seyedsayamdost); Molecules from the Microbiome (Emilee E. Shine, Jason M. Crawford); Glycyl Radical Enzymes and Sulfonate Metabolism in the Microbiome (Yifeng Wei, Yan Zhang).

Somit ist der Band 90 des Annual Review of Biochemistry – wie die vorhergehenden – eine wertvolle Informationsquelle biochemischer Literatur. Außerdem sind die Abstracts der Artikel des Bandes 90 online unter <https://www.annualreviews.org/journal/biochem> verfügbar.

Die Redaktion

**Annual Review of Biochemistry, Vol. 91, 2022.**  
**Eds.: Roger D. Kornberg, James E. Rothman, Jo-Anne Stubbe, Jeremy W. Thorner. Palo Alto California, USA, Annual Reviews, 759 S., ISBN 978-0-8243-0891-9, ISSN 0066-4154**

Der vorliegende Band 91 beginnt mit einem Artikel von Eugene Y.D. Chua, Joshua H. Mendez, Micah Rapp, Serban I. Ilca, Yong Zi Tan, Kashyap Maruthi, Huihui Kuang, Christina M. Zimanyi, Anchi Cheng, Edward T. Eng, Alex J. Noble, Clinton S. Potter, Bridget Carragher mit dem Titel Better, Faster, Cheaper: Recent Advances in Cryo-Electron. Microscopy

*Weitere Übersichtsartikel zu folgenden Themenbereichen der Biochemie schließen sich an:*

High-Resolution Single-Molecule Magnetic Tweezers (Hyun-Kyu Choi, Hyun Gyu Kim, Min Ju Shon, Tae-Young Yoon); Validating Small Molecule Chemical Probes for Biological Discovery (Victoria Vu, Magdalena M. Szewczyk, David Y. Nie, Cheryl H. Arrowsmith, Dalia Barysytė-Lovejoy); The Purinosome: A Case Study for a Mammalian Metabolon (Anthony M. Pedley, Vidhi Pareek, Stephen J. Benkovic); The Initiation of Eukaryotic DNA Replication (Alessandro Costa, John F.X. Diffley); Ribonucleotide Incorporation by Eukaryotic B-Family Replicases and Its Implications for Genome Stability (Jessica S. Williams, Thomas A. Kunkel); DNA-Protein Crosslinks and Their Resolution (Pedro Weickert, Julian Stinglele); Managing the Steady State Chromatin Landscape by Nucleosome Dynamics (Kami Ahmad, Steven Henikoff, Srinivas Ramachandran); The Role of DEAD-BoxATPases in Gene Expression and the Regulation of RNA-Protein Condensates (Karsten Weis, Maria Hondele); In Vitro Genetic Code Reprogramming for the Expansion of Usable Non-canonical Amino Acids (Takayuki Katoh, Hiroaki Suga); The Structural Dynamics of Translation (Andrei A. Korostelev); Macrocyclization and Backbone Modification in RiPP Biosynthesis (Hyunji Lee, Wilfred A. van der Donk); Driving E3 Ligase Substrate Specificity for Targeted

Protein Degradation: Lessons from Nature and the Laboratory (Angus D. Cowan, Alessio Ciulli); Influence of Nonspecific Interactions on Protein Associations: Implications for Biochemistry In Vivo (Germán Rivas, Allen P. Minton); Encapsulins (Tobias W. Giessen); The Life of SARS-CoV-2 Inside Cells: Replication-Transcription Complex Assembly and Function (Zhiyong Lou, Zihao Rao); Structural Mimicry in Microbial and Antimicrobial Amyloids (Nimrod Golan, Yizhaq Engelberg, Meytal Landau); Kinetic Proofreading (Hinrich Boeger); Metalloproteomics for Biomedical Research: Methodology and Applications (Ying Zhou, Hongyan Li, Hongzhe Sun); Emerging Chemical Diversity and Potential Applications of Enzymes in the DMSO Reductase Superfamily (Chi (Chip) Le, Minwoo Bae, Sina Kiamehr, Emily P. Balskus); MAPK-Activated Protein Kinases: Servant or Partner? (Natalia Ronkina, Matthias Gaestel); Evolutionary Dynamics and Molecular Mechanisms of HORMA Domain Protein Signaling (Yajie Gu, Arshad Desai, Kevin D. Corbett); The Wnt Pathway: From Signaling Mechanisms to Synthetic Modulators (Ellen Youngsoo Rim, Hans Clevers, Roel Nusse); Biochemistry, Cell Biology, and Pathophysiology of the Innate Immune cGAS-cGAMP-STING Pathway (Christopher Ritchie, Jacqueline A. Carozza, Lingyin Li); Sensory TRP Channels in Three Dimensions (Melinda M. Diver, John V. Lin King, David Julius, Yifan Cheng); The Function, Structure, and Origins of the ER Membrane Protein Complex (Ramanujan S. Hegde); Role of the TOM Complex in Protein Import into Mitochondria: Structural Views (Yuhei Aruiso, Kenichiro Imai, Toshiya Endo); Structure and Mechanism of the Lipid Flippase MurJ (Alvin C.Y. Kuk, Aili Hao, Seok-Yong Lee); Lipoproteins in the Central Nervous System: From Biology to Pathobiology (Ana-Caroline Raulin, Yuka A. Martens, Guojun Bu).

Somit ist der Band 91 des Annual Review of Biochemistry – wie die vorhergehenden – eine wertvolle Informationsquelle biochemischer Literatur. Außerdem sind die Abstracts der Artikel des Bandes 91 online unter <https://www.annualreviews.org/journal/biochem> verfügbar.

Die Redaktion

## März/March

07. – 09.03.2023 | Nossen

### SEED SYMPOSIUM 2023

<https://meetings.ipk-gatersleben.de/seed2023/>  
E-Mail: [seed2023@ipk-gatersleben.de](mailto:seed2023@ipk-gatersleben.de)

08. – 09.03.2023 | Braunschweig

### 51. Tagung des Arbeitskreises Nematologie

<https://plant-protection.net/de/arbeitskreise/nematologie>  
Mail: [geschaeftsstelle@phytomedizin.org](mailto:geschaeftsstelle@phytomedizin.org)

14. – 16.03.2023 | Berlin

### GMO Analysis and new genomic techniques

<https://www.bfr-akademie.de/gmo2023/>

## April/April

18. – 19.04.2023 | Quedlinburg

### proWeizen-Konferenz

<https://www.proweizen.de/pro-weizen/>

23. – 27.04.2023 | Friedrichroda

### International Reinhardsbrunn-Symposium Modern Fungicides and Antifungal Compounds

<https://plant-protection.net/de/reinhardsbrunn>  
E-Mail: [info@reinhardsbrunn-symposium.de](mailto:info@reinhardsbrunn-symposium.de)

25. – 27.04.2023 | Augsburg

### Deutsche Baumpflegetage 2023

<https://www.deutsche-baumpflegetage.de/>  
Veranstalter: Forum Baumpflege GmbH & Co. KG  
E-Mail: [augsburg@deutsche-baumpflegetage.de](mailto:augsburg@deutsche-baumpflegetage.de)

30.04. – 04.05.2023 | St. Louis, USA

### 6th Symposium of the International Society for Biosafety Research (ISBR) – Advancing science in support of sustainable bio-innovation

<https://isbr.info/home>  
Kontakt: Wilhelm, Ralf  
E-Mail: [ralf.wilhelm@julius-kuehn.de](mailto:ralf.wilhelm@julius-kuehn.de)

## Juni/June

07.06.2023 | Dahnsdorf

### Feldtag Dahnsdorf

<https://www.julius-kuehn.de/vf/versuchsflaechen-dahnsdorfkleinmachnow/>  
Kontakt: Dr. Jürgen Schwarz  
E-Mail: [juergen.schwarz@julius-kuehn.de](mailto:juergen.schwarz@julius-kuehn.de)

09.06.2023 | Dahnsdorf

### Zukunftsdialo Ökologischer Landbau

<https://zukunftsdialoekoekolandbau.julius-kuehn.de/>

19. – 23.06.2023 | Rostock

### ILC 2023: 16th International Lupin Conference

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/ilc-2023-16th-international-lupin-conference/>  
Kontakt: Brigitte Ruge-Wehling  
E-Mail: [brigitte.ruge-wehling@julius-kuehn.de](mailto:brigitte.ruge-wehling@julius-kuehn.de)

13. – 14.06.2023 | Zossen

### Arbeitssitzung Fachreferenten Nematologie

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/arbeitssitzung-fachreferenten-nematologie/>  
Kontakt: [johannes.hallmann@julius-kuehn.de](mailto:johannes.hallmann@julius-kuehn.de)

25.06.2023 | Dossenheim

### Tag der offenen Tür am JKI-Standort Dossenheim

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/tag-der-offenen-tuer-am-jki-standort-dossenheim-1/>

## August/August

20. – 25.08.2023 | Lyon, France

### 12TH International Congress of Plant Pathology

<https://www.icpp2023.org/>

## September/September

25.09.2023 | Göttingen

### Urbane Pflanzen Konferenzen

#### Wir gestalten die Stadt der Zukunft

#### Wurzeln und Wasser: Gesunde Pflanzen in der Schwammstadt

#### VIII. Tagung „Wie funktioniert Stadtgrün besser?“

<https://plant-protection.net/de/upc/>  
Kontakt: Feldmann, Falko

E-Mail: [falko.feldmann@julius-kuehn.de](mailto:falko.feldmann@julius-kuehn.de)

26. – 29.09.2023 | Göttingen

### Pflanzenschutztagung

<https://www.pflanzenschutztagung.de/>  
Veranstalter: Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e. V.  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt  
E-Mail: [info@pflanzenschutztagung.de](mailto:info@pflanzenschutztagung.de)

## Oktober/October

04. – 06.10.2023 | Göttingen

### Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

<https://www.gpw.uni-kiel.de/de>  
Kontakt: Reinhard Neugschwandtner  
E-Mail: [geschaeftsfuehrer.gpw@boku.ac.at](mailto:geschaeftsfuehrer.gpw@boku.ac.at)

## November/November

12. – 18.11.2023 | Hannover

### HOME OF FARMING PIONEERS

#### Leitthema „Green Productivity“

<https://www.agritechnica.com/de/>

## Dezember/December

04. – 05.12.2023 | Fulda

### Resistenztagung 2023

#### Krankheitsbekämpfung und Resistenzzüchtung in Getreide, Hülsenfrüchten und Raps

<https://plant-protection.net/de/resistenztagung>

## 2024

## Januar/January

29. – 30.01.2024 | Braunschweig

### 37. Tagung des DPG-Arbeitskreises Krankheiten in Getreide und Mais

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/37-tagung-des-dpg-arbeitskreises-krankheiten-in-getreide-und-mais/>  
Kontakt: Bernd Rodemann  
E-Mail: [bernd.rodemann@julius-kuehn.de](mailto:bernd.rodemann@julius-kuehn.de)

30.01.2024 | Braunschweig

### 18. Treffen des Fachausschusses Pflanzenschutzmittelresistenz – Fungizide

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/18-treffen-des-fachausschusses-pflanzenschutzmittelresistenz-fungizide/>

## 128 | Termine und Veranstaltungen

### Februar/February

27. – 29.02.2024 | Braunschweig

---

#### Unkrauttagung

**31. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung**

<https://www.unkrauttagung.de/>

E-Mail: [unkrauttagung@julius-kuehn.de](mailto:unkrauttagung@julius-kuehn.de)

### November/November

12. – 15.11.2024 | Hannover

---

**EuroTier und EnergyDecentral: Richtungsweisende Innovationen ermöglichen Transformation bei Tierhaltung und Energie**

<https://www.eurotier.com/de/>

<https://www.energy-decentral.com/de/>

# Das JKI - als Arbeitgeber

Sind Sie interessiert?

Sie finden den Flyer unter folgender URL:

<https://doi.org/10.5073/20230301-153240-0>



The flyer features a light green background with white, torn-edge paper cutouts. At the top right, there is a logo for JKI (Julius Kühn-Institut) with a stylized leaf icon. Below the logo, the text 'Das JKI' is written in large, bold blue letters, with a green horizontal bar under the 'D'. Underneath, 'Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen' is written in smaller blue text. The main message is presented in green text: 'Ein attraktiver und vielfältiger Arbeitgeber mit Zukunft und unterschiedlichen Facetten'.

  
JKI  
Julius Kühn-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

**Das JKI**  
Bundesforschungsinstitut  
für Kulturpflanzen

Ein  
attraktiver  
und  
vielfältiger  
Arbeitgeber  
mit  
Zukunft und  
unterschiedlichen  
Facetten

# Journal für Kulturpflanzen

## Journal of Cultivated Plants

---

**Inhalt: Band 75 (03-04). S. 77–128, 2023, ISSN 1867-0911**

---

### Originalarbeiten

**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 \_\_\_\_\_ 77

**Stefanie Göttig, Annette Herz, Christian Walter**

Der Einfluss von Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) auf die Diversität von Bestäubern (Apidae & Syrphidae) im Leindotter-Erbсен-Mischfruchtanbau

Impact of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) on the diversity of pollinators (Apidae & Syrphidae) in camelina-pea mixed crop cultivation \_\_\_\_\_ 90

**Franziska Becker, Paula Fuchs, Wolfgang Heyer, Jan Rücknagel**

Einfluss von Zwischenfruchtanbau bei Mais auf die Arthropoden Biomasse und Diversität

Effect of intercrop cultivation in maize stands on arthropods biomasses and diversity \_\_\_\_\_ 104

---

### Kurzmitteilung

**Jan Hinrichs-Berger, Kamilla Zegermacher, Gabriele Zgraja**

*Lecanosticta acicola* (Ascomycota) causing brown spot needle blight on Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in Germany

*Lecanosticta*-Nadelbräune (*Lecanosticta acicola* (Ascomycota)) an Atlas-Zeder (*Cedrus atlantica*) in Deutschland \_\_\_\_\_ 114

---

### Nachrichten

**Friederike Chilla, Hana Tlapák, Anna Pucher, Kerstin Flath, Matthias Becker, Hendrik Hanekamp**

Diagnose Kartoffelkrebs – Dauersporangien von *Synchytrium endobioticum* sicher erkennen und beurteilen

Diagnosing potato wart disease – reliable identification and assessment of resting spores of *Synchytrium endobioticum* \_\_\_\_\_ 117

**Hans-Peter Kaul**

Die Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (GPW) teilt mit: Berichte der AGs \_\_\_\_\_ 121

---

### Personalien

**Ulrich Köpke**

Nachruf für Professor Dr. Wolfgang Böhm, Göttingen \_\_\_\_\_ 123

**Simone Graeff-Hönniger, Hans-Peter Piepho**

Nachruf für Professor Dr. Wilhelm Claupein \_\_\_\_\_ 124

---

### Literatur

\_\_\_\_\_ 125

---

### Termine und Veranstaltungen

\_\_\_\_\_ 127

**Unser Titelbild:**

Erscheinungsbild der Wildpflanzenflächen im August des zweiten Standjahres (2016) kurz vor der Ernte. Erkennbar sind die dominierenden Arten Rainfarn (*Tanacetum vulgare*), Wilde Möhre (*Daucus carota*) und Schwarze Flockenblume (*Centaurea nemoralis*). Foto: Sabine Paltrinieri, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Lizenziert unter CC-BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).