

Abschlussbericht

zum Vorhaben

Thema: **Speisemohn im Ökologischen Landbau:
Entwicklung regionaler Anbau- und
Vermarktungskonzepte**

Regio-Mohn

Zuwendungsempfänger:

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Aktenzeichen: **33936/01**

Förderzeitraum: **01.02.2018 - 31.03.2021**



Rheinbach, März 2021

Ausführende Stelle und Leitung des Vorhabens lag bei der Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES)

Nachwachsende Rohstoffe

Campus Klein-Altendorf,

53359 Rheinbach-Wormersdorf

Projektleitung: Prof. Dr. Ralf Pude

Projektkoordination: Hanna Blum

Das Vorhaben war ein Gemeinschaftsprojekt mit der Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller e.V (AöL), dem Biolandhof Grenzmühle, der Steinwald Allianz und dem Biohof Marold.

Das Vorhaben wurde von der Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Autorinnen des Abschlussberichtes: Katharina Luhmer, Hanna Blum

unter Beteiligung von Johanna Marold, Dr. Martin Berg, Dr. Andreè Hamm, Brunhard Kehl, Prof. Ralf Pude, Josef Schmidt, Martin Schmid.

Inhalt

Zielsetzung	4
1.0 Arbeitspaket 1 – Anbauoptimierung.....	5
1.1 Problemstellungen Mohnanbau	5
1.2 Analyse der Produktionsverfahren & Ermittlung betriebswirtschaftlicher Kennzahlen.....	7
1.2 Material und Methoden der Feldversuche	9
1.2.1 Versuchsübersicht	9
1.2.2 Standorte/Witterung	10
1.2.3 Versuchsübergreifende Methodik	11
1.2.4 Statistik	13
1.3 Versuchsberichte.....	14
1.3.1 Saatzeiten, Sorten, Düngung	14
1.3.2 Bestandesdichte.....	40
1.3.3 Unkraut.....	47
1.3.4 Optimierung der Lagerungsbedingungen	59
1.3.5 Gemengeanbau.....	68
2.0 Arbeitspaket 2 - Biodiversität	90
2.1 Blühkartierung	90
2.2 Blütenbesuchende Insekten.....	92
2.3 Mohn als pollenliefernde Pflanze.....	119
3.0 Arbeitspaket 3 - REGIO-Mohn.....	129
3.1 Produktspezifikationen.....	129
3.2 Qualität	131
3.3 REGIO-Mohn	146
3.4 Wissenstransfer	153
4.0 Diskussion	158
5.0 Öffentlichkeitsarbeit.....	160

6.0 Fazit	161
Danksagung	162
Literaturverzeichnis	163
Anhang	166

Abkürzung	Bedeutung
BBCH	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
BFI	Blattflächenindex
CKA	Campus Klein-Altendorf
FF	Friedenfels
WG	Wiesengut
AOL	Professur für Agrarökologie und Organischen Landbau
IEL	Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften
LER / pLER	Land Equivalent Ratio / partieller Land Equivalent Ratio
N _{min}	mineralisch verfügbarer Stickstoff
TM	Trockenmasse
GC	Gaschromatografie
HSPME	Headspace-Solid-Phase-Microextraction

Zielsetzung

Das Potential der Kulturpflanze Mohn (*Papaver somniferum* L.) zu erkennen und zu nutzen war wesentliche Zielsetzung des Projekts. Im Rahmen von Feldversuchen wurden verschiedene Fragen zu nachhaltigen Anbauverfahren und zur umweltschonenden Kultivierung des Mohns untersucht und anhand pflanzenbaulicher und qualitätsbezogener Parameter bewertet. Es sollten insbesondere ökologische Anbauverfahren von Winter- und Sommermohn optimiert werden.

Durch seine üppige Blüte stellt der Mohn für Insekten eine interessante Trachtpflanze dar, weshalb die Biodiversitätswirkung des Mohnanbaus in tierökologischen Freilandbefragungen erforscht wurde. Neben der Ertragsstabilisierung, welche wesentliche Voraussetzung für eine längerfristige Liefersicherheit in Rohwarenkoooperationen darstellt, spielt auch die Qualitätssicherung der Ernteprodukte eine wichtige Rolle für die Substitution der Importware durch heimische Mohnsaat. Mittels qualitätsanalytischer Untersuchungen wurden wertgebende und wertmindernde Inhaltsstoffe der Mohnsamen und -öle untersucht. Die mit Hilfe der Forschungsfragen gewonnenen Erkenntnisse dienten dazu, im Rahmen von Wissenstransfermaßnahmen Anbauer, Verarbeiter und Endkunden zu informieren und zu vernetzen. Dadurch wurden Impulse für regionale Rohwarenpartnerschaften gegeben, um eine transparente Wertschöpfungskette mit qualitativ hochwertigen Produkten sicherzustellen.

Insgesamt ergaben sich somit drei Arbeitspakete, wobei im Arbeitspaket 1 die Anbauoptimierung im Fokus stand. Arbeitspaket 2 umfasste die Untersuchung zur Biodiversitätswirkung des Mohns und Arbeitspaket 3 beschäftigte sich mit Qualitätsaspekten und der Wertschöpfungskette.

1.0 Arbeitspaket 1 – Anbauoptimierung

1.1 Problemstellungen Mohnanbau

Im Rahmen des Arbeitspaket 1 stand die Optimierung standortspezifischer Anbaukonzepte für Sommer- und Wintermohn im Vordergrund. Der Mohn ist eine sehr alte Kulturpflanze, deren Anbau in Deutschland in den letzten Jahrzehnten immer mehr in den Hintergrund gerückt ist (Bernáth & Németh, 2010). Dennoch ist der Mohn in der Lage, mit breiten ökologischen und klimatischen Bedingungen zurecht zu kommen (Baser & Arslan, 2014), sodass der lokale Anbau durchaus erfolgsversprechend sein kann. Trotzdem ist der Mohn auch eine anspruchsvolle Kultur, deren Anbau bspw. schon durch die sehr kleinen Samen hohe Ansprüche an eine sorgfältige Saatbettbereitung stellt (Hiltbrunner et al., 2014). Zusätzlich spielt die Nährstoffversorgung und die Unkrautregulierung eine zentrale Rolle, weshalb ein durchdachtes Bestandesmanagement für eine erfolgreiche Kulturführung nötig

ist. Belastbare Daten für eine erfolgreiche Bestandesführung zu erzeugen, war Hauptziel des Arbeitspaket 1.

In Deutschland zugelassen sind die morphinarmen Sorten `Zeno Morphex`, `Mieszko` und `Viola`. Insbesondere zur Sorte `Viola`, die erst seit 2017 zugelassen ist, lagen kaum Anbauerfahrungen vor. Ein zentrales Projektziel war es daher, die offenen Anbaufragen in Exaktversuchen an verschiedenen Standorten sowohl für Sommer- als auch für Wintermohn zu klären, um eine verlässliche Datenbasis für eine zukünftige Anbauplanung auf Grundlage dieser Sorten zu schaffen. Ein Aspekt der Studie waren daher Sortenvergleiche der beiden Sommermohnsorten im Hinblick auf Pflanzenentwicklung und Ertrag, beispielsweise unter Einfluss verschiedener Saatzeitpunkte und Bestandesdichten.

Ein großes Problem des Mohnanbaus ist die hohe Verunkrautungsneigung, insbesondere im Wintermohn. Durch die langsame Jugendentwicklung ist die Konkurrenzkraft des Mohns gerade im Rosettenstadium sehr gering (Dobos et al., 2013). Vor allem im ökologischen Anbau sind daher Maßnahmen der mechanischen Unkrautregulierung notwendig, um einen erfolgreichen Mohnbestand zu etablieren (Hiltbrunner et al., 2014). Dies trifft auch für den Sommermohn zu, sodass allgemein geklärt werden sollte, welche Unkrautregulierungsverfahren in welchen Mohn-Entwicklungsstadien einen hohen Wirkungsgrad haben und möglichst geringe Pflanzenschädigungen verursachen. Für die Unkrautregulierung spielen auch die Saatzeitpunkte eine Rolle, die bei verzögerter Aussaat noch die Möglichkeit eines Falschen Saatbetts und intensiver Bodenbearbeitung offenhalten. Gleichzeitig steigt mit späten Saatterminen das Risiko einer nicht ausreichenden Bestandesetablierung. Daher wurden sowohl im Sommer- als auch im Wintermohn unterschiedliche Saatzeitpunkte im Hinblick auf ihre Effekte auf Unkrautsituation, Pflanzenentwicklung und Ertrag getestet. Des Weiteren wurde im Rahmen des Projekts der Nährstoffbedarf, insbesondere im Hinblick auf Stickstoff und Bor als wesentliche Einflussfaktoren, von Sommer- und Wintermohn überprüft und über Kombinationen verschiedener Düngehöhen und -mittel möglichst umfassend beschrieben. Besonders wichtig war es in diesem Zusammenhang, eine möglichst rasche Verfügbarkeit organischer Dünger zu gewährleisten, um insbesondere für den Wintermohn im ökologischen Anbau im Frühjahr ausreichend Wachstumsmöglichkeiten zu schaffen (Dobos et al., 2013). Zusätzlich wurden im Hinblick auf Flächenknappheit und veränderte Wachstumsbedingungen im Zeichen des Klimawandels die Möglichkeiten innovativer Anbauverfahren im Rahmen von Misanbauversuchen mit verschiedensten Mischungspartnern untersucht. Schlussendlich blieb die Frage nach der Lagerfähigkeit der geernteten Samen, die in einem Lagerversuch überprüft und durch inhaltsstoffliche, mikrobiologische und sensorische Untersuchungen begleitet wurde.

1.2 Analyse der Produktionsverfahren & Ermittlung betriebswirtschaftlicher Kennzahlen

Die Analyse wurde von Johanna Marold vorgenommen. Im Jahr 2018 wurden anhand einer Befragung von 11 Betrieben die Punkte Anbau, Ernte, Verarbeitung, Lagerung und Vermarktung analysiert, um mögliche Hemmschwellen zu identifizieren, beziehungsweise die Stärken des heimischen Mohnanbaus herauszuarbeiten. Die befragten Betriebe waren bundesweit verteilt, 8 Betriebe bewirtschafteten ihre Flächen ökologisch. Die Betriebe bewirtschafteten 2018 eine Mohnanbaufläche von 190 ha, während die bundesweite Anbaufläche von Mohn 2018 bei 475 ha lag (Mitt. Bundesopiumstelle). Die Ergebnisse werden im Folgenden auszugsweise vorgestellt, mit dem Fokus auf den Anbauverfahren.

Die Anbaubreite des Mohns reicht in den untersuchten Fällen von lehmigen Sandböden mit 15-45 Bodenpunkten, über Lößböden mit hohen Bodenpunkten von 70-90 bis hin zu Verwitterungsböden mit geringen Bodenpunkten um 20.

Bei der Befragung nach den angebauten Sorten wurde 10 x 'Mieszko' Nachbau angegeben, 4 x 'Viola' und 5 x Wintermohn 'Zeno Morpheus'. Der Mohn wurde schwerpunktmäßig nach Getreide oder auch nach Klee gras angebaut. Tab. 1 gibt einen Überblick der genannten Anbauverfahren und Betriebsmittel.

Tab. 1 Anbauverfahren von Mohn von 11 befragten Anbaubetrieben bundesweit, 2018 (in Klammer die Anzahl der Nennungen)

	Minimum	Mittel	Maximum
Saatzeitpunkt Wintermohn	Ende August	Mitte September	Ende September
Saatzeitpunkt Sommermohn	Mitte Februar	Ende März/Anfang April	Mitte Mai
Saatstärke (kg/ha)	0,8	1	2
Saattiefe (cm)	0,5	1	
Reihenabstand (cm)	Breitsaat/Getreideabstand	25	37,5
Ertrag (öko, dt/ha)	1	5	15
N-Düngung gesamt kg N/ha	20-40		100
Hackdurchgänge Wintermohn vor Winter	1		2
Hackdurchgänge Winter- u. Sommermohn ab Frühjahr	1		3

Die Mehrzahl der Betriebe (8) pflügt vor der Mohnsaat. Die Unkrautregulierung erfolgt bei den Bio Betrieben überwiegend mit der Maschinenhacke, gelegentlich zusätzlich mit dem Striegel, bis zu einer Pflanzenhöhe von 20 cm. Einzelne Betriebe führen zusätzliche eine

manuelle Unkrautregulierung durch. Im konventionellen Anbau erfolgt die Unkrautregulierung chemisch mit im Schnitt 3 Herbizidanwendungen. Als Problemunkräuter wurden Kamille (9), Weißer Gänsefuß (8), Disteln (6), Klatschmohn und Ackersenf (jeweils 3) genannt, ebenso wird der Durchwuchs von Kulturpflanzen, wie beispielsweise Raps, als problematisch eingeschätzt.

Zu den Pathogenen an Mohn wurde von fast allen Betrieben das Auftreten von Falschem Mehltau genannt. Weiterhin vereinzelt Rapsglanzkäfer, Blattläuse, Kapselrüssler sowie weitere undefinierbare Erscheinungsbilder: leere Kapseln, rötlich verfärbte Blätter, Löcher in der Samenkapsel.

10 von 11 Betrieben hatten in den letzten 5 Jahren mindestens einen Totalausfall oder Verluste von Teilflächen.

Die Ernte erfolgt auf allen Betrieben mit Mähdreschern ohne spezielle Modifikationen. Als Kenngrößen für den verlustarmen Drusch wird angegeben: zügige Fahrgeschwindigkeit, um ein Wegkippen der Pflanzen vom Schneidwerk zu verhindern, größtmögliche Windreduzierung, Dreschtrommelumdrehungen von 400-550 U/Min sowie eng gestellter Dreschkorb. Problematisch werden beim Drusch hoher Unkrautbesatz oder zu dünne Bestände gesehen. Auf 8 Betrieben wird der Mohn nach dem Drusch direkt getrocknet, auf den anderen Betrieben wenigstens belüftet. In 7 Betrieben erfolgt auf dem Betrieb die komplette Reinigung der Mohnsaat, auf den restlichen Betrieben erfolgt die Feinreinigung bei externen Lohnaufbereitern.

Die Rohware der befragten Betriebe geht zu 12,1% an Bäcker, 37,3% an Händler, 43,5% an Ölmöhlen und 4,5% in die Direktvermarktung und 2,6% in andere Kanäle.

Große Herausforderungen sehen die Betriebe im Anbau, in der Etablierung kontinuierlicher Absatzwege und der Reinigung der Rohware in den gewünschten Qualitäten. Gewünscht wird eine bessere Vernetzung der Anbauer*innen untereinander, mehr Informationen über die Zusammenhänge der qualitätswirksamen Faktoren und eine Verbesserung der Pflanzenzüchtung (neue Sorten). Mit der Analyse wurde erstmals der Anbau von Speisemohn in Deutschland näher betrachtet.

Eine betriebswirtschaftliche Betrachtung des ökologischen Mohnanbaus wurde im Rahmen des Projektes nicht durchgeführt, da zu wenig belastbares Datenmaterial zur Verfügung stand.

1.2 Material und Methoden der Feldversuche

1.2.1 Versuchsübersicht

Tab. 2 Übersicht der Feldversuche im AP 1 2018-2020 (WG: Wiesengut, CKA: Campus Klein-Altendorf, FF: Friedenfels)

Thema	Versuchsfaktoren	Versuchsjahre	Standorte
Saatzeiten, Sorten, Düngung	Saatzeiten + N-Düngung Wintermohn	2018 2019 2020	WG WG + CKA WG
	Saatzeiten Wintermohn	2018 2019 2020	FF FF FF + CKA
	Bordüngung Wintermohn	2019 2020	WG WG
	N-Düngung Wintermohn	2020	CKA
	N, (S, B) Düngung Sommermohn	2018 2019	CKA CKA
	Saatzeiten + Sorten Sommermohn	2018 2019 2020	CKA + FF CKA + FF CKA
	Bor Sommermohn	2018 2020	FF FF
Bestandesdichte	Wintermohn	2019 2020	CKA + WG CKA
	Sommermohn	2019 2020	CKA CKA
Unkraut	Wintermohn	2019 2020	CKA
	Sommermohn	2018 2019 2020	CKA CKA CKA
Gemenge	Senf & Getreide in Wintermohn	2019 2020	CKA CKA
	Weißklee in Wintermohn	2020	FF + CKA
	Gerste & Weißklee in Sommermohn	2018 2019 2020	CKA CKA CKA
	Kümmel in Sommermohn	2018 2019 2020	CKA CKA CKA
	Lupinen & Linsen in Sommermohn	2019 2020	FF FF

Wintermohn / Sommermohn

1.2.2 Standorte/Witterung

Campus Klein-Altendorf (CKA)

Das Versuchsgut Campus Klein-Altendorf liegt bei Rheinbach in der südlichen Niederrheinischen Bucht auf der Hauptterasse des Rheins. Die Böden sind hauptsächlich nährstoffreiche Parabraunerden aus Löss mit Ackerzahlen von 85-90. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,4 °C bei im Mittel 603 mm Niederschlag (Mittelwert von 1956-2014). Die klimatische Entwicklung in den drei Versuchsjahren ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

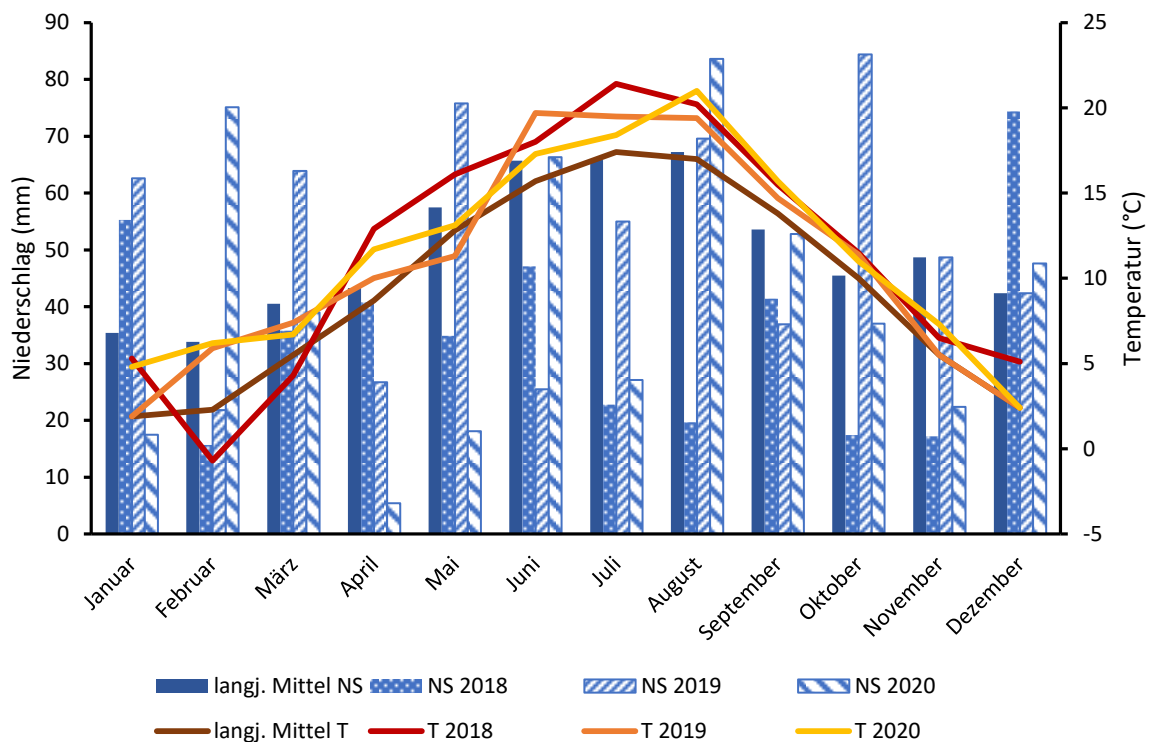


Abb. 1 Mittlere Monatsniederschläge (NS) und Durchschnittstemperaturen (T) am Campus Klein-Altendorf für die Versuchsjahre 2018-2020 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1956-2014)

(<https://www.cka.uni-bonn.de/>)

Wiesengut

Das Wiesengut wird seit 1985 ökologisch bewirtschaftet. Es liegt bei 65 m ü NN in den Siegniederungen bei Hennef. Vorherrschende Böden sind lehmig-schluffige bis sandig-schluffige Auensedimente, die schwankenden Grundwasserständen ausgesetzt sind. Die Ackerzahlen liegen zwischen 20 und 70 Bodenpunkten. Im Mittel werden am Wiesengut 840 mm Niederschlag im Jahr gemessen bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 10,3 °C.

(<https://www.wiesengut.uni-bonn.de/>)

Güterverwaltung Friedenfels

Die Flächen für die Praxisversuche in Bayern lagen bei 519 m ü NN in der Region Steinwald und wurden von der Güterverwaltung Friedenfels zur Verfügung gestellt. Die Flächen werden langjährig ökologisch bewirtschaftet. Die Versuchsböden waren sandig-lehmig mit Ackerzahlen von etwa 30. Im Mittel werden am Standort Friedenfels 800 mm Niederschlag gemessen bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 7°C.

1.2.3 Versuchsübergreifende Methodik

Alle Feldversuche wurden methodisch einheitlich bonitiert, wobei die Fragestellungen der einzelnen Versuche die jeweils erhobenen Boniturparameter im Vegetationsverlauf und zur Ernte bestimmten. Die Messung der einzelnen Parameter wird im Folgenden erläutert.

Die Mohnaussaat der Versuche am Campus Klein-Altendorf sowie am Wiesengut erfolgte mit einer Einzelkornsämaschine für Feinsämereien (MiniAir, Kverneland, Säscheibe mit 0,6 mm) mit Aussaatstärken zwischen 0,8 und 1,4 kg ha⁻¹. Bei einer Arbeitsbreite von 1,50 m wurden so immer drei Mohnreihen im Abstand von 45 cm (2018) bzw. 50 cm (2019-2020) ausgesät. Zur Beprobung wurde jeweils die mittlere der drei Reihen verwendet, um Randeffekte auszuschließen. Die Parzellengröße betrage je 3 x 10 m außer in den Versuchen zur Bestandesdichte, die auf Parzellen von 1,5 x 10 m angelegt wurden.

Entwicklungsstadium (BBCH)

Das Entwicklungsstadium der Mohnpflanzen wurde mit Hilfe der BBCH-Skala dokumentiert. Da für den Mohn keine eigene publizierte Skala existiert, wurde näherungsweise die BBCH-Skala für Raps an einigen Stellen modifiziert und für den Mohn adaptiert. Wie beim Raps auch fällt das Makrostadium 2 (Seitensprossbildung, Bestockung) gerade bei dichter Saat nur gering aus und fällt zudem zeitlich mit dem Längenwachstum zusammen. Der Blattbildung, bzw. dem Rosettenstadium (BBCH 1), folgt direkt das Längenwachstum und Schossen des Haupttriebs (BBCH 3) und geht anschließend in die Phase Entwicklung der Blütenanlage des Hauptsprosses (BBCH 5) über. Es folgen Blüte (BBCH 6), Fruchtbildung (BBCH 7), Ausreifen (BBCH 8) und Absterben (BBCH 9) der Pflanzen. Das BBCH-Stadium orientiert sich am Haupttrieb der Pflanze und wurde repräsentativ als ein Wert pro Parzelle dokumentiert.

Pflanzenentwicklung

Zur Ermittlung des Feldaufgangs nach der Keimung wurden die einzelnen Pflanzen auf der Länge eines laufenden Meters anhand von 3 Metern pro Parzelle ausgezählt. Zur Ernte konnte mit der Wiederholung dieser Zählung die Bestandesdichte ermittelt werden.

Die Pflanzenhöhe wurde an 5 Pflanzen pro Parzelle ermittelt.

Die Bestimmung der Frisch- und Trockenmasse des Pflanzenmaterials erfolgte mit mehrmaligen Zeiternten während des Vegetationsverlaufes (Zählen und Auswiegen des oberirdischen Pflanzenmaterials auf einer Fläche von 0,1 m²). Dazu wurde der Göttinger Zähl- und Schätzrahmen mittig auf der Mohnreihe platziert. Die Proben wurden anschließend bei 60 °C bis zum Erreichen der Gewichtskonstanz getrocknet und nochmals gewogen.

Der Blattflächenindex (BFI) gibt die Blattfläche bezogen auf die zugrundeliegende Bodenfläche an und ist somit ein einheitsloser Index:

$$\text{BFI} = \text{Blattfläche (cm}^2\text{)} / \text{Bodenfläche (cm}^2\text{)}$$

Für die BFI Messung wurde die frische Biomasse von 0,1 m² verwendet. Gemessen wurden die Blätter mit dem Leafarea-Meter Li-Cor 3100 C (Li-Cor, USA), welches die Blattfläche in cm² angibt.

Stickstoff und Kohlenstoff

Zur Bestimmung des prozentualen Stickstoff- und Kohlenstoffanteils mussten die getrockneten Proben zunächst zerkleinert werden. Die Proben wurden mittels Schneidmühle (SM 300, Retsch, Deutschland) bei einer Siebgröße von 0,25 mm bei 3.000 rpm vermahlen. Proben mit wenig Biomasse (< 1 g) wurden mittels Handmörser zerrieben. Zur Analyse wurden jeweils 6 mg pulverisierte Probe in Zinn cups eingewogen und mit einem Elementaranalysegerät (EA 3000, EuroVector, Italien) analysiert. Zusätzlich wurden externe Nährstoff-Analysen zu einzelnen Teilversuchen bei der LUFA und Agrolab beauftragt.

Unkraut

Um die Unkrautsituation zu erfassen wurden Unkrautdeckungsgrad, Unkrautanzahl, Unkrautarten sowie Entwicklungsstadium der Hauptunkräuter beschrieben und eine Boniturnote für den Gesamtunkrautbesatz einer jeden Parzelle vergeben. Die Boniturnote lag zwischen 1 und 9, wobei 1 einen Unkrautbesatz von 0% darstellte und 9 eine Verunkrautung von 67,5 – 100% bedeutete. Die Ermittlung des Unkrautdeckungsgrades, der Unkrautanzahl und -arten erfolgte auf einer Fläche von 0,1 m² mit Hilfe des Göttinger Zähl- und Schätzrahmens an 3 Stellen pro Parzelle. Der Unkrautdeckungsgrad wurde dabei in Prozent geschätzt. In den Versuchen zur Unkrautregulierung wurde über die Anzahl der Unkräuter (3 x 0,1 m²) der Wirkungsgrad in % erhoben. Über den Deckungsgrad (%) der Kulturpflanze konnten Aussagen zum Pflanzenschadigungsgrad erfolgen.

Ernteparameter

Zur Ernte wurden die Mohnpflanzen auf 3 laufenden Metern pro Parzelle entnommen. Pro Meter wurde die Anzahl Pflanzen sowie die Anzahl Kapsel ausgezählt. Dann wurden die Kapseln vom Stroh getrennt und gewogen. Das Stroh wurde für 24 h bei 104 °C im Trockenschrank getrocknet und die Trockenmasse bestimmt. Anschließend wurden die Kapseln mit einer Bügelsäge aufgesägt und das Samengewicht pro laufenden Meter bestimmt. Zur Ermittlung der Tausendkornmasse wurden 1.000 Samenkörner gewogen, die mittels 5-Kanal-Zählgerät (Contador 2, Pfeuffer, Deutschland) abgezählt wurden.

In einigen Versuchen wurde neben der manuellen Ernte auch maschinell beerntet, was einen Vergleich beider Ernteverfahren und die Abschätzung möglicher Druschverluste zuließ. Dazu wurde jeweils eine Spur (1,5 x 3 m) jeder Parzelle, die zuvor nicht invasiv beprobt worden war, mit dem Parzellenmähdrescher (Elite, Wintersteiger) ausgedroschen, anschließend mittels Siebmaschine und Windsichtung gereinigt und die Samen ausgewogen.

1.2.4 Statistik

Die Feldversuche wurden in randomisierten Block- oder Streifenanlagen angelegt, die eine varianzanalytische Auswertung (ANOVA) erlaubten. Bei Paarvergleichen wurden t-Tests zum statistischen Vergleich genutzt. Post-Hoc Vergleiche wurden, wenn erforderlich, mittels Tukey-HSD-Tests berechnet. Die Berechnungen erfolgten mit SPSS 26. Abbildungen wurden in SPSS 26 oder Excel 2019 erstellt.

1.3 Versuchsberichte

1.3.1 Saatzeiten, Sorten, Düngung

Wintermohn – Saatzeitpunkt & Stickstoffdüngung

Die Aussaat des Wintermohns erfolgt üblicherweise Ende September bis Anfang Oktober. Daraufhin folgt eine langsame Jugendentwicklung, während der der Mohn Blattmasse bildet, aber im Rosettenstadium verbleibt. Im Frühjahr beginnt dann mit dem Einsetzen des Langtages das Längenwachstum, die Hauptwachstumsphase des Wintermohns liegt etwa Ende April bis Mitte Mai. Die Mohnpflanze benötigt insbesondere zu Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr eine ausreichende Stickstoffversorgung, die aufgrund geringer Mineralisationsraten bei noch kalten Bodentemperaturen eine Herausforderung darstellt. Im Ökolandbau ist dies besonders kritisch, da keine flüssigen Mineraldünger zur Verfügung stehen und die Wirkung flüssiger Wirtschaftsdünger stark witterungsabhängig ist und zeitlich nicht präzise vorhergesagt werden kann. Daher wurde in mehrjährigen Feldversuchen getestet, in welcher Form und in welcher Höhe Stickstoff mit organischen Düngern das Mohnwachstum positiv beeinflussen kann.

Eine zusätzliche Herausforderung im Mohnanbau ist die Unkrautregulierung zu Wachstumsbeginn, da mit der langsamen Jugendentwicklung auch eine längere Phase mit geringer Bodenbedeckung einhergeht. Der konkurrenzschwache (Winter-)mohn sollte daher auf möglichst unkrautarmen Flächen ausgesät werden, einer intensiven Bodenbearbeitung nach der Vorfrucht und einer gründlichen Saatbettbereitung kommt daher eine wichtige Bedeutung zu (Dobos et al., 2013). Dazu muss der Saatzeitpunkt gegebenenfalls hinausgezögert werden. Trotzdem muss dem Mohn eine ausreichende Vorwinterentwicklung ermöglicht werden. Eine Entwicklung der Rosette mit 6-8 Laubblättern (BBCH 16-18) wird als günstiges Entwicklungsstadium angesehen. In den Versuchen wurde vor diesem Hintergrund eine Variation der Saattermine durchgeführt.

Zur Beantwortung der Fragestellung nach Düngung und Saatzeitpunkt wurden mehrere Feldversuche am Wiesengut sowie in Klein-Altendorf mit der Wintermohnsorte 'Zeno Morphex' angelegt. Tab. 3 gibt eine Übersicht zu den einzelnen Fragestellungen und Varianten. Dabei wurden Saatzeitpunkte und N-Düngungsvarianten jeweils auch miteinander kombiniert und es gab zu jedem Saatzeitpunkt eine ungedüngte Kontrollvariante. Alle Parzellen wurden vierfach wiederholt.

Tab. 3 Übersicht über die Versuche Saatzeitpunkt und Stickstoffdüngung im Wintermohn an den Standorten Wiesengut und Campus Klein-Altendorf

Versuchsjahr	Standort	Versuchsfaktoren	Varianten
2017/18	Wiesengut	Saatzeitpunkt N-Düngung	Früh, Spät 30 kg N/ha 80 kg N/ha Hornmehl Hornspäne
2018/19	Wiesengut	Saatzeitpunkt N-Düngung	Früh, Spät 30 kg N/ha 80 kg N/ha Hornmehl Hornspäne
2018/19	CKA	(Saatzeitpunkt) N-Düngung	Früh, (Spät) 30 kg N/ha 80 kg N/ha Hornmehl Hornspäne
2019/20	Wiesengut	Saatzeitpunkt N-Düngung	Früh, Spät 30 kg N/ha 80 kg N/ha Hornmehl Hornspäne
2019/20	CKA	Saatzeitpunkt	Früh, Spät

Die gewählten Düngemittel Hornmehl und Hornspäne enthalten etwa 14% Stickstoff und unterscheiden sich im Grad ihrer Vermahlung. Die Größe der Hornmehlpartikel beträgt <1 mm, während Hornspäne eine Größenklasse von 2-7 mm aufweisen. Aufgrund der im Verhältnis zur Masse größeren Oberfläche des Hornmehls, setzt sich dieses im Boden zügiger um und der Stickstoff wird schneller pflanzenverfügbar. Die Düngerausbringung erfolgte im zeitigen Frühjahr (Ende Februar/Anfang März) per Hand. Zur Einschätzung der Nährstoffsituation im Boden wurden Grundboden- und Mikronährstoffanalysen (pH, P, K, Mg, B) durchgeführt (Tab. 4). Da die Stickstoffdüngung im Fokus der Versuche lag, wurde auch der $N_{\min}$ Gehalt (NO_3^- & NH_4^+) stichprobenartig überprüft (Tab. 5).

Tab. 4 Gehalte an Bodennährstoffen in 0-30 cm Tiefe auf der Wintermohnversuchsfläche am Wiesengut (WG) und Campus Klein-Altendorf (CKA)

Standort	Versuchsjahr	pH	P	K	Mg	B
			(mg 100 g ⁻¹)			
WG	2017/18	6	5	8	7	0
	2018/19	6.3	9	11	9.9	2.5
	2019/20	6.8	11	9	5.6	3.3
CKA	2018/19	6.5	14	15	12.1	4.6
	2019/20	6.8	20	19	9.3	

Tab. 5 Stickstoff in der Bodenlösung (NO₃⁻ & NH₄⁺) in den Wintermohnversuchsflächen am Wiesengut (WG) und Campus Klein-Altendorf (CKA)

Standort	Zeitpunkt	N min (kg ha ⁻¹)		
		0-30 cm	30-60 cm	60-90
WG	März 2018	39	57	70
	Feb. 2019	25	17	14
CKA	Okt. 2018	63	22	-
	Feb. 2019	2	12	46
	Feb. 2020	16	22	17

Als Saatzeitpunkte wurden zwei Termine zwischen Mitte September und Mitte Oktober gewählt. Eine Übersicht der Saatzeitpunkte ist in der folgenden Tabelle angegeben.

Tab. 6 Übersicht der einzelnen Saatzeitpunkte in den Versuchsjahren an beiden Standorten

Frühe Saattermine	Späte Saattermine	Standort
26.09.17	16.10.17	Wiesengut
28.09.18	12.10.18	Wiesengut
04.10.18	22.10.18	Campus Klein-Altendorf
17.09.19	16.10.19	Wiesengut
20.09.19	13.10.19	Campus Klein-Altendorf

Ergebnisse

Durch die versetzten Saatzeitpunkte gab es in der Pflanzenentwicklung jahres- und standortübergreifend deutliche Unterschiede.

Feldaufgang

Zur Aussaat im Herbst konnten am Wiesengut stets zwei Saattermine realisiert werden, die bis zum Winter eine Rosette im Blattstadium 18 entwickelten. Der Feldaufgang verlief relativ gleichmäßig, unterschied sich aber zum Teil zwischen den Saatzeitpunkten, sodass 18/19 nach der Keimung rund 291 Pflanzen pro m² in Parzellen des ersten Saatzeitpunkts (S1) standen und 269 Pflanzen pro m² in Parzellen des zweiten Saatzeitpunkts (S2). Insgesamt war somit die Bestandesdichte zu Winterbeginn im gesamten Versuch sehr hoch. Die Bestandesdichte zum 15.11.2018 am Campus Klein-Altendorf ergab 132 Pflanzen pro m² im S1 und 166 Pflanzen pro m² im S2. Im Vergleich zu den Bestandesdichten am Wiesengut

war die Pflanzendichte am Campus Klein-Altendorf somit deutlich geringer. Allerdings wurde der zweite Saattermin am CKA aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen erst am 22.10.18 gesät, weshalb sich die Pflanzen nicht ausreichend entwickeln konnten und ab Frühjahr nur noch die Düngevarianten des S1 untereinander verglichen wurden. Insgesamt lag die Pflanzendichte mit im Durchschnitt der Jahre 193,3 Pflanzen pro m² sehr hoch.

Höhe

Die Wintermohnpflanzen erreichten über alle Jahre gesehen eine Höhe zwischen 97 und 192 cm (Ø 145 cm), mit Ausnahme des S2 19/20 am Wiesengut, der kleiner als 97 cm blieb.

Im Versuchsjahr 2017/18 am Wiesengut waren die früh gesäten Pflanzen bis Mitte April größer als die des S2, glichen sich aber bis zur Ernte weitgehend an. Die größten Pflanzenhöhen erreichte innerhalb des ersten Saatzeitpunkts (S1) die Variante, die mit 80 kg N ha⁻¹ Hornmehl gedüngt wurde, was sich mit den Ergebnissen aus 2018/19 deckt. Dort war die Höhenentwicklung des S1 allgemein zunächst stärker als im S2, was sich in diesem Jahr jedoch bis zur Ernte fortsetzte. Dies ist exemplarisch in Abb. 2 dargestellt.

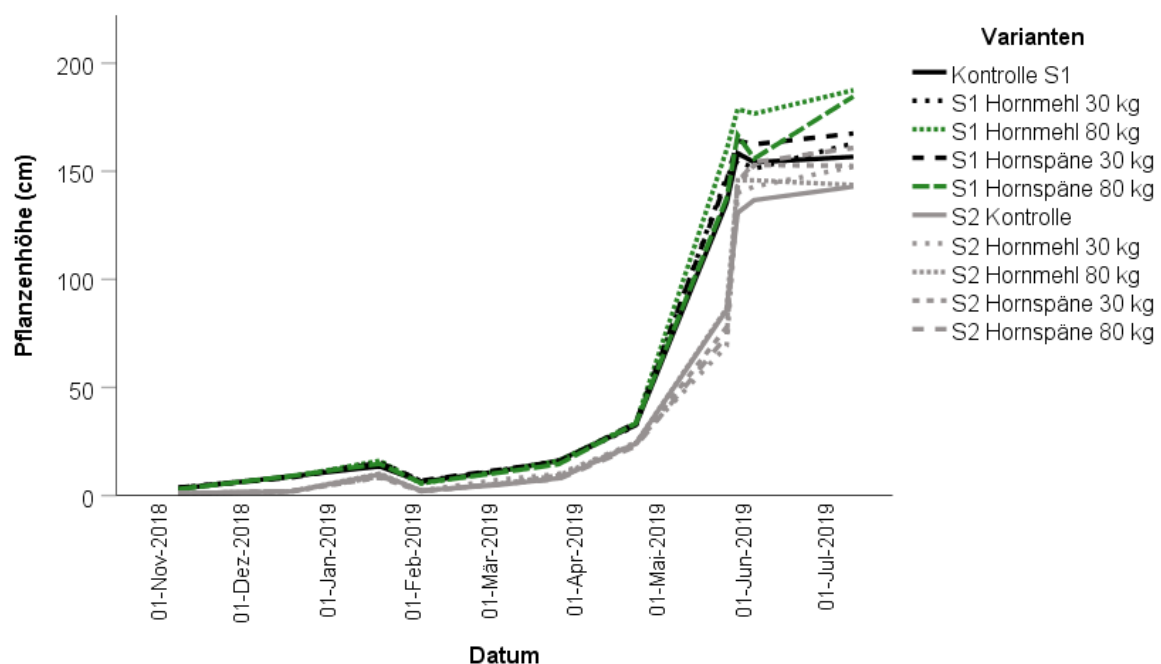


Abb. 2 Pflanzenhöhe (cm) der früh (S1) und spät (S2) gesäten Mohnpflanzen mit ungedüngter Kontrollvariante sowie je vier Düngevarianten am Wiesengut 2018/19. Die beiden Varianten mit der höchsten Pflanzenhöhe zur Ernte sind grün markiert

Durch den zweiwöchigen Vorsprung der Pflanzen des S1 war auch deren Höhenentwicklung über die gesamte Vegetationszeit stärker gegenüber den Pflanzen des S2 (Abb. 2), sodass auch zur Ernte die S1 Pflanzen signifikant größer waren als die S2 Pflanzen. Düngehöhe und Düngemittel hatten zunächst keinen signifikanten Einfluss auf das Höhenwachstum, insbesondere zum S2 gab es bis auf eine einmalige Ausnahme (31.05.2019: hier war die

Kontrolle im S2 signifikant kleiner als die Düngevarianten) keine Höhenunterschiede zwischen den Varianten. Zum S1 traten Unterschiede ab Ende Mai auf, hierbei fiel Düngevariante 2 auf (Hornmehl 80 kg N/ha), die stets die höchsten Werte aufwies. Diese waren jedoch nicht durchgehend signifikant unterschiedlich zu den übrigen Varianten. Ebenfalls erhöhte Werte erreichte die Varianten Hornspäne 80 kg ab Ende Mai.

2019/20 stellte sich Wiesengut der Unterschied zwischen den beiden Saatzeitpunkten noch ausgeprägter dar (Abb. 3). Die Pflanzen des S1 waren durchgängig signifikant größer als die des S2, unabhängig von der Düngung. Zusätzlich ließ sich dieselbe Tendenz wie im Vorjahr erkennen, dass die mit 80 kg N gedüngten S1 Varianten am Ende die größte Pflanzenhöhe aufwiesen.

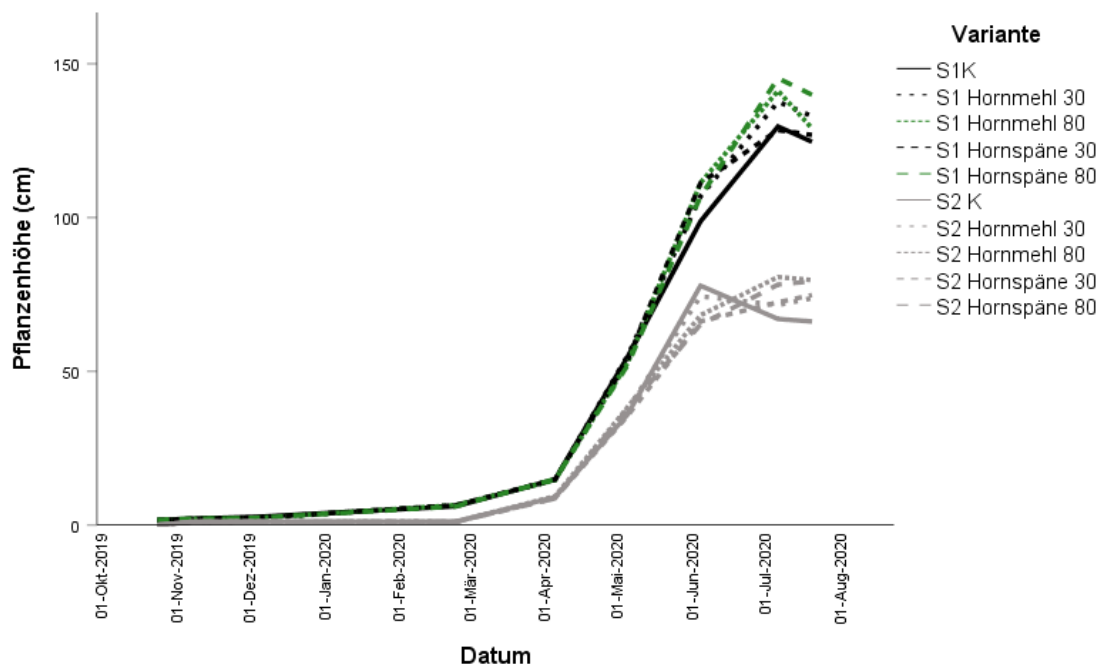


Abb. 3 Pflanzenhöhe (cm) der früh (S1) und spät (S2) gesäten Mohnpflanzen mit ungedüngter Kontrollvariante sowie je vier Düngevarianten am Wiesengut 2019/20. Die beiden Varianten mit der höchsten Pflanzenhöhe zur Ernte sind grün markiert

Am Campus Klein-Altendorf 18/19 verlief die Höhenentwicklung bis zum 18.06.19 gleichmäßig. Zu Ernte wurde in der Variante S1 Hornmehl 80 kg N/ha eine Höhe von 167 cm gemessen, was signifikant über der Kontrolle (153 cm) und den 30 kg N Varianten lag. Die Variante Hornspäne 80 kg N ha⁻¹ erreichte ebenfalls eine relativ große Höhe mit im Mittel 160 cm. Im Saatzeitpunktvergleich 2019/20 am CKA erreichten die früh gesäten Variante eine signifikant höhere Größe ($166,53 \pm 10,94$ cm) als der Saatzeitpunkt 2 ($137,97 \pm 10,47$ cm).

Insgesamt zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Saatzeitpunkts auf die Pflanzenhöhe. Vor allem zu Beginn des Wachstums waren die früh gesäten Pflanzen höher als die später

gesäten. Dieser Effekt des Saatzeitpunktes verstärkte sich im den Anbaujahr 19/20 (am Wiesengut) bis zur Ernte noch deutlicher.

Zusätzlich wurde die Tendenz sichtbar, dass 80 kg N ha⁻¹ das Höhenwachstum des Mohns positiv beeinflussen, sowohl als Hornmehl als auch als Hornspäne.

Biomasse

Zeiternten im Verlauf der Wintermohnkultur sollten Effekte des Saatzeitpunktes und der Düngung auf die Pflanzenentwicklung klären. Es zeigte sich, dass der Saatzeitpunkt einen starken Einfluss auf die Ausbildung der Biomasse hatte. 2018/19 wiesen die Pflanzen des S1 stets die höhere Trockenmasse (g m⁻²) auf als die des S2. Kurz vor der Blüte Ende Mai lag die Trockenmasse der früh gesäten Pflanze bei 1.458,5 g m⁻², während die zum zweiten Termin gesäten Pflanzen mit 1.150,8 g m⁻² rund 20% weniger Biomasse hervorbrachten. Auch in 17/18 war die Trockenmasse des S1 bis April häufig signifikant höher als die des S2, die Unterschiede waren etwas geringer ausgeprägt als in 18/19. Ein signifikanter Einfluss des Düngers auf die Trockenmasse war dabei jedoch zu keinem Zeitpunkt nachweisbar. Auch am Campus Klein-Altendorf konnte kein Einfluss des Düngers auf die Trockenmasse des Mohns beobachtet werden. Dagegen war im Jahr 19/20 am Wiesengut, neben dem durchgängig signifikant höherem Biomasseaufkommen in den früh gesäten Varianten, zwischenzeitlich auch ein signifikanter Biomasse-Vorsprung der 80 kg Hornmehl gedüngten S1 Pflanzen messbar.



Abb. 4 Saatzeitpunkt 1 (links) und Saatzeitpunkt 2 (rechts) am Wiesengut im Mai 2018

Blattflächenindex (BFI)

Der BFI gibt das Verhältnis von Blattoberfläche zu Bodenoberfläche an. Je höher der BFI, desto mehr photosynthetisch aktive Blattoberfläche steht der Pflanze zur Verfügung und beschreibt damit indirekt auch Wachstum und Fitness der Pflanze. Hohe Blattflächen werden auch durch höhere Bestandesdichten erreicht, die in den Versuchen sehr hoch war ($\varnothing$ 193,3 Pflanzen pro m^2 nach Feldaufgang). Beim Blattflächenindex zeigte sich 2018 am Wiesengut schon früh die größere Blattmassenbildung der Variante Hornmehl 80 kg N ha^{-1} , die durchgängig die höchsten Messwerte lieferte. Die mittels Varianzanalyse ermittelten Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Nach dem 14.05.18 wechselten die Pflanzen bestandsübergreifend von der vegetativen zur generativen Entwicklung, weshalb wie in 2019 ab diesem Zeitpunkt keine Unterschiede in der Blattfläche zwischen den Varianten mehr beobachtet wurden. 18/19 am Wiesengut konnten zu den ersten beiden Messterminen (Ende März und Ende April) signifikante Unterschiede zwischen S1 und S2 festgestellt werden. Passend zu Höhenentwicklung und Biomasse wiesen hier die S1 Varianten auch den höheren Blattflächenindex auf, dies war zum 27.03.19 ein Wert von 2,8 im Vergleich zu einem BFI von 2,0 für Pflanzen des S2. Es folgte mit dem Schossen Ende April ein Anstieg des BFI auf 7,2 (S1) und 5,7 (S2), zur Blüte (Ende Mai) war zwar immer noch ein Unterschied zwischen den Saatzeitpunkten erkennbar (S1: 7,8 & S2: 6,7), dieser war jedoch nicht mehr signifikant. Die Wahl des Düngers hatte auf den BFI zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Einfluss.

Ertrag

Der Samenertrag wurde am stärksten von der Düngehöhe und dem Düngemittel beeinflusst. Der Saatzeitpunkt spielte nur vereinzelt eine Rolle.

In 2017/18 lagen die mittleren Samenerträge zwischen 800 und 1.350 kg ha^{-1} . Es wurde ein signifikanter Einfluss der Düngehöhe auf den Ertrag festgestellt, wobei 80 kg N ha^{-1} den Ertrag signifikant gegenüber 30 kg N ha^{-1} erhöhten, unabhängig vom Düngemittel (Tab. 7). Die Düngung mit 80 kg N ha^{-1} Hornmehl zum ersten Saatzeitpunkt erreichte dabei mit $1.342,24 \text{ kg ha}^{-1}$ die höchsten Erträge, die niedrigsten wurden bei Düngung mit 30 kg ha^{-1} Hornspänen zu beiden Saatzeitpunkten erzielt ($\varnothing$ $806,34 - 840,73 \text{ kg ha}^{-1}$). Hierbei muss beachtet werden, dass in diesem Jahr keine ungedüngte Kontrolle vorhanden war.

Das Ertragsergebnis 2018/19 war insgesamt homogener, es konnten keine signifikanten Einflüsse von Saatzeitpunkt oder Düngemaßnahmen auf den Samenertrag (kg ha^{-1}) festgestellt werden. Trotzdem ließ sich für den Saatzeitpunkt 1 die Tendenz ausmachen, dass die höhere N-Zufuhr (80 kg ha^{-1}) sowohl in der Hornmehl- als auch der Hornspäne-Variante einen erhöhten Ertrag (Hornmehl: 1.589 kg ha^{-1} , Hornspäne: 1.519 kg ha^{-1}) verursachte (Abb. 5). Gegenüber der Kontrolle (1.098 kg ha^{-1}) schien dies sehr deutlich, lag aber noch innerhalb der gemessenen relativ hohen Streuung der Werte.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch am Campus Klein-Altendorf (CKA) 2018/19 deutlich. Insbesondere die Hornmehldüngung 80 kg N ha⁻¹ konnte am CKA mit im Mittel 2.243,8 kg ha⁻¹ den höchsten Ertrag erreichen. Im Vergleich zur Kontrolle (1.668,5 kg ha⁻¹) schnitt auch die Variante Hornspäne 80 kg vergleichsweise positiv ab (2.132,2 kg ha⁻¹). Insgesamt lag das Ertragsniveau der meisten Versuchsjahre und -standorte recht hoch, was auch optisch auf dem Feld durch große, gesunde Kapseln wahrgenommen wurde. Während die durchschnittlichen Mohnerträge in Europa bei etwa 756 kg ha⁻¹ (2008-2018) liegen (Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2020), konnten in einer Schweizer Studie bis zu 1.500 kg ha⁻¹ mit Wintermohn erzielt werden (Hiltbrunner et al., 2014). Ein überdurchschnittliches Ertragsniveau erreichten beide Saatzeitpunkte 2019/20 am CKA mit hochgerechneten manuellen Erträgen von 3.301,62 ± 425,19 kg ha⁻¹ (S1) und 2.905,90 ± 298,27 kg ha⁻¹ (S2). Unterdurchschnittliche Erträge wurden 2019/20 am Wiesengut erreicht, welche mit dem verdichteten und inaktiven Boden begründet wurden (starke Winterniederschläge, fehlende Frostgare, mangelnde Mineralisierung im Frühjahr). Hier konnte kein Einfluss von Saatzeitpunkt oder Düngung statistisch bewiesen werden, die Maximalerträge lagen jedoch ebenfalls bei den Varianten S1 Hornmehl 80 kg N (583,72 ± 361,60 kg ha⁻¹) und S2 Hornmehl 80 kg N (547,52 ± 236,73 kg ha⁻¹).

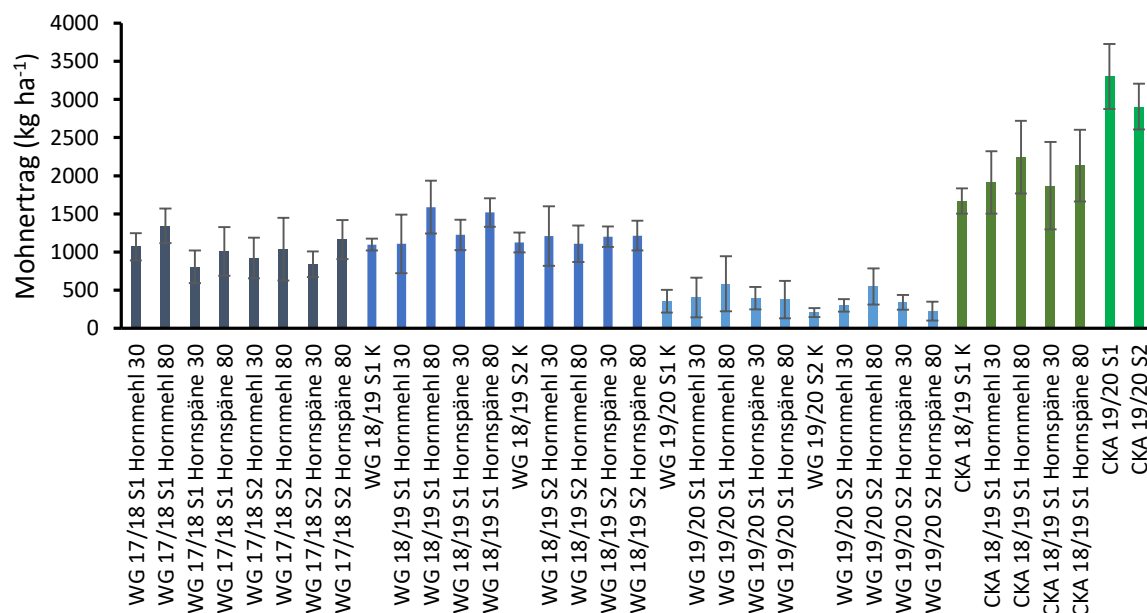


Abb. 5 Samenerträge (kg ha⁻¹) des Saatzeitpunkt/N-Düngungsversuch 2018-2020 an den Standorten Wiesengut (WG) und Campus Klein-Altendorf (CKA)

Insgesamt konnte der zweite Saatzeitpunkt am Wiesengut in beiden Jahren den Vorsprung des ersten erfolgreich kompensieren, sodass sich die höhere N-Versorgung im Frühjahr positiv auf Wachstum und Ertrag beider Saatzeitpunkte auswirkte. Die Düngerform des feiner vermahlene Hornmehls unterstützte diese Wirkung, da der Nährstoffaufschluss zügiger

verläuft und der Stickstoff so vermutlich schneller verfügbar wurde, wovon beide Saatzeitpunkte profitieren konnten. Der positive Effekt der 80 kg N Hornmehl Düngung wurde auch am CKA beobachtet und unterstreicht die Wichtigkeit einer gesteigerten N Zufuhr in Kombination mit einer schnellen Verfügbarkeit des Düngemittels. Trotz des geringeren Einflusses des Saattermins auf den Ertrag, erreichten die früher gesäten Varianten tendenziell etwas höhere Erträge.

Tab. 7 Samenerträge der Dünge- und Saatzeitpunktvarianten in den drei Versuchsjahren am Campus Klein-Altendorf (CKA) und am Wiesengut (WG) (manuelle Ernte). Kleinbuchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten im jeweiligen Versuchsjahr am jeweiligen Standort.

Variante	Ertrag (kg ha ⁻¹)				
	WG 17/18	WG 18/19	WG 19/20	CKA 18/19	CKA 19/20
S1 Kontrolle	-	1.097,83 ± 77,18 n.s.	356,70 ± 148,31 n.s.	1.668,50 ± n.s.	3.301,62 ± 425,19 n.s.
S1 Hornmehl 30 kg N ha ⁻¹	1.069,30 ± 176,92 ab	1.108,00 ± 383,68 n.s.	404,87 ± 258,83 n.s.	1.912,00 ± n.s.	-
S1 Hornmehl 80 kg N ha ⁻¹	1.343,37 ± 228,04 a	1.588,83 ± 347,24 n.s.	583,72 ± 361,60 n.s.	2.243,78 ± n.s.	-
S1 Hornspäne 30 kg N ha ⁻¹	806,33 ± 214,60 b	1.224,17 ± 197,26 n.s.	395,23 ± 147,91 n.s.	1.869,00 ± n.s.	-
S1 Hornspäne 80 kg N ha ⁻¹	1.009,07 ± 319,16 a	1.518,50 ± 187,68 n.s.	377,48 ± 244,18 n.s.	2.132,23 ± n.s.	-
S2 Kontrolle	-	1.124,33 ± 129,66 n.s.	207,13 ± 57,83 n.s.	-	2.905,90 ± 298,27 n.s.
S2 Hornmehl 30 kg N ha ⁻¹	921,87 ± 266,24 ab	1.208,67 ± 390,62 n.s.	307,95 ± 82,52 n.s.	-	-
S2 Hornmehl 80 kg N ha ⁻¹	1.036,53 ± 409,91 a	1.109,67 ± 390,62 n.s.	547,52 ± 236,73 n.s.	-	-
S2 Hornspäne 30 kg N ha ⁻¹	840,73 ± 169,42 b	1.201,33 ± 133,68 n.s.	341,62 ± 95,63 n.s.	-	-
S2 Hornspäne 80 kg N ha ⁻¹	1.162,58 ± 256,61 a	1.214,17 ± 195,07 n.s.	225,13 ± 123,88 n.s.	-	-

Der Düngungseffekt wurde an beiden Standorten beim Strohertrag noch deutlicher: Dieser lag 2018/19 bspw. am Wiesengut im S1 für die Variante Hornmehl 80 kg N ha⁻¹ signifikant über der Kontrollvariante (6.591 kg ha⁻¹ zu 5.086 kg ha⁻¹). Die Variante Hornspäne 80 kg N ha⁻¹ wies dabei den zweithöchsten Wert auf (6.046 kg ha⁻¹). 2019/20 wurden ebenfalls

signifikant höhere Stroherträge in der Variante Hornmehl 80 kg N ha⁻¹ im Vergleich zu den übrigen Varianten gemessen. Auch am CKA war der Strohertrag 18/19 in den stärker gedüngten Varianten am höchsten. 2019/20 lag der Strohertrag des ersten Saatzeitpunkts am CKA signifikant über dem des zweiten. Bei den übrigen Ertragsparametern (Pflanzen pro m², Kapseln pro Pflanze, Tausendkornmasse) waren in fast keinem Teilversuch signifikante Unterschiede feststellbar. Eine Ausnahme war der Saatzeitenvergleich 19/20 am CKA, in dem eine höhere Pflanzenzahl pro m² im S1 (35,50 ± 3,63) verglichen mit S2 (15,50 ± 2,74) gemessen wurde. Auch im Versuch 19/20 am Wiesengut erreichte der S1 mehr Pflanzen pro m² und auch mehr Kapseln pro Pflanze. Zwischen 123 und 155 Pflanzen standen 18/19 am Wiesengut zur Ernte auf einem Quadratmeter, im Vergleich zur Bestandesdichte nach Feldaufgang hatten sich somit die Pflanzenzahlen um fast die Hälfte reduziert. Aufgrund einer meist hohen Bestandesdichte konnte man mit einer geringen Verzweigung und somit geringer Anzahl Kapseln pro Pflanze rechnen. Die Pflanzen wiesen am Wiesengut 17/18 im Mittel 1,3 Kapseln pro Pflanze auf, 18/19 jedoch zum Teil unter 1 Kapsel pro Pflanze (0,6-1,0), was zeigt, dass in diesem Jahr nicht alle Pflanzen Kapseln ausbildeten. Die Tausendkornmasse lag für alle Varianten am Wiesengut zwischen 0,33 und 0,35 g. Am CKA konnten 2019/20 0,4-0,45 g bestimmt werden, was zum insgesamt deutlich höheren Ertragsniveau in diesem Jahr passt. Die Tausendkornmasse des Mohns wird in der Literatur zwischen 0,2-0,7 angegeben, in deren Mittelfeld unsere Daten liegen (Dobos et al., 2013; Baser & Arslan, 2014).

Unkraut

Zur Beschreibung der Effekte von Saatzeitpunkt und Düngung auf die Unkrautsituation wurde neben den beobachteten Unkrautarten vor allem der Unkrautdeckungsgrad in der Reihe sowie zwischen den Reihen erfasst und auch der Deckungsgrad des Mohns erfasst. Wie anhand von Biomasse- und BFI-Entwicklung zu erwarten war, war der Deckungsgrad Mohn am Wiesengut 18/19 in den Parzellen des S1 bis zur Blüte größer als der des S2. Ab Juni konnten dann keine signifikanten Unterschiede mehr beobachtet werden, der Mohn wies nun in allen Varianten einen Deckungsgrad von über 90% auf. Im Vergleich dazu wurde 2019/20 am Wiesengut durchgängig ein höherer Mohndeckungsgrad in den Parzellen des ersten Saatzeitpunkts gemessen.

Was die Bedeckung mit Unkraut betrifft, war diese 18/19 im gesamten Bestand zwischen der Reihe durchgehend größer als in der Reihe. Unterschiede traten dabei anfangs auch zwischen den Saatzeitpunkten auf: Bis April war der Unkrautdeckungsgrad im S1 höher als im S2, dies meist auch signifikant. Beispielsweise betrug zum Wintereingang (20.12.2018) der mittlere Unkrautdeckungsgrad in der Reihe im S1 2,1% gegenüber 1,6% im S2. Über Winter war das Unkrautwachstum aufgrund der niedrigen Temperaturen und der hohen Niederschläge stark gehemmt, zum 27.03.19 waren dagegen dann wiederum 4,5% (S1)

bzw. 2,5% (S2) in der Reihe messbar (Abb. 6). Zwischen der Reihe waren es zu diesem Zeitpunkt 13,7% (S1) Unkrautdeckung gegenüber 8,1% (S2). Anschließend erfolgte ein Hackdurchgang, weshalb anschließend keine Unterschiede mehr messbar waren. Die Düngung hatte zu keinem Zeitpunkt einen Einfluss auf den Unkraut- oder Mohndeckungsgrad. Die häufigsten Leitunkräuter im Bestand waren Vogelmiere, Taubnessel, Kamille, Hirtentäschel und Klettenlabkraut. Zusätzlich traten auch Klatschmohn, Ampfer, Spörgel, Gänsefuß und andere vereinzelte Unkräuter auf.

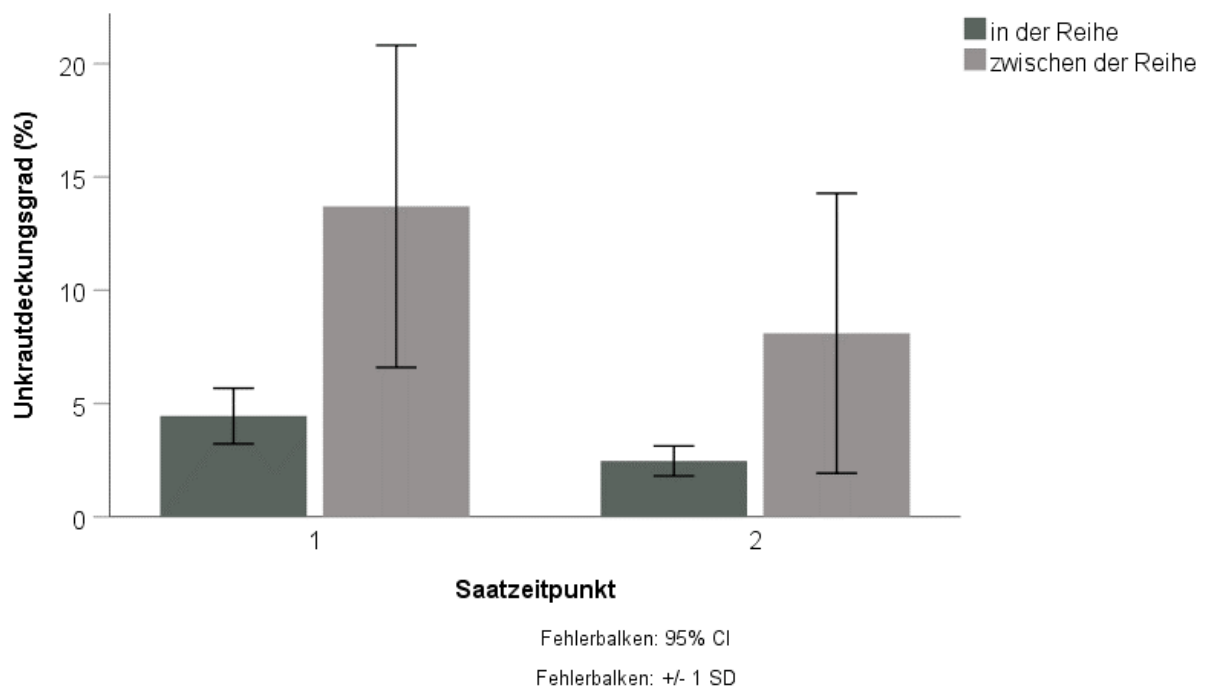


Abb. 6 Unkrautdeckungsgrad (%) zwischen der Reihe und in der Reihe verglichen zwischen frühem und spätem Saatzeitpunkt im Wintermohnbestand am Wiesengut zum 27.03.2019

2019/20 wies der zweite Saatzeitpunkt die durchgängig stärkere Verunkrautung (Unkrautdeckungsgrad) auf, wohingegen die Düngung keinen Einfluss auf das Unkrautwachstum hatte. Der Unkrautdeckungsgrad betrug im Winter im Mittel $1.58\% (\pm 1.13)$ im S1 und $0.95 \pm 0.63\%$ im S2. Die höhere Verunkrautung im S1 war bis Februar signifikant messbar, vermutlich zeigte der Bodenbearbeitungseffekt vor der zweiten Aussaat eine Wirkung. Ab April drehte sich das Verhältnis jedoch um und es wurden bis zur Ernte signifikant höhere Unkrautdeckungsgrade im S1 festgestellt. Am 21.07.20 waren es $6.47 \pm 2.75\%$ im S2 verglichen mit $4.13 \pm 1.40\%$ im S1. Die Hauptursache kann in der mangelnden Bodenbedeckung durch die Mohnpflanzen 2019/20 gefunden werden. 2019/20 hatte der zweite Saatzeitpunkt deutliche Schwierigkeiten für Bodenbedeckung zu sorgen (s. signifikant höherer Mohndeckungsgrad des S1), was vermutlich den größten Effekt auf das Unkrautwachstum hatte. Durch die fehlende Konkurrenz der Mohnpflanzen konnte sich das

Unkraut im S2 ungehemmt ausbreiten. Das Unkrautspektrum umfasste rund 25 Arten, darunter Kamille, Ackervergissmeinnicht, Senf, Taubnessel, Vogelmiere oder Ehrenpreis.

Am CKA 18/19 war der Mohndeckungsgrad im S1 stets höher als im S2, was sich mit der stark nach hinten verschobenen Aussaat des S2 erklären lässt. Infolgedessen war auch der Unkrautdeckungsgrad in und zwischen der Reihe im S1 meist höher als im S2. Insgesamt war der Unkrautdruck jedoch vergleichsweise niedrig mit meist unter 5% sowohl in der Reihe als auch zwischen den Reihen. Auch die Unkrautdiversität war gering, so wurde die Fläche vor allem durch Durchwuchs von Raps und Getreidepflanzen dominiert. Die Düngung hatte zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad. Insgesamt neigten die früher gesäten Saatzeitpunkte an beiden Standorten zu stärkerer Verunkrautung, ein Einfluss der Düngung auf das Unkrautwachstum ließ sich nicht messen.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich für die erhobenen Parameter zur Pflanzenentwicklung sagen, dass der Saatzeitpunkt einen starken Einfluss auf das Pflanzenwachstum hatte und die früh gesäten Pflanzen gegenüber dem zweiten Saattermin in Pflanzenhöhe und Biomasse zu den meisten Erfassungsterminen einen Vorsprung aufweisen konnten. Die Düngevariante spielte dabei meist die untergeordnete Rolle und zeigte nur tendenziell, bspw. bei der Höhenentwicklung 2019 oder beim BFI 2018, einen Vorteil in den Varianten mit hoher N-Düngemenge.

Der Saatzeitpunkt hatte den größten Einfluss auf die Pflanzenentwicklung, der Ertrag wurde jedoch maßgeblich von der Düngung bestimmt. Für eine optimale Stickstoffversorgung des Wintermohns im Frühjahr sollte der N Dünger ausreichend und möglichst schnell verfügbar sein. Eine Gabe von 80 kg N ha⁻¹ erhöhte unter den gegebenen Boden- und Witterungsbedingungen den Ertrag signifikant. Zusätzlich verbesserte die feine Vermahlung des verwendeten Hornmehls die Verfügbarkeit des Stickstoffs und sollte gegenüber gröberen Hornspänen bevorzugt werden. Der Saatzeitpunkt des Wintermohns konnte im Rheinland erfolgreich bis Mitte Oktober hinausgezögert werden, ohne größere Bestands- oder Ertragsverluste in Kauf nehmen zu müssen. Spätere Saaten (Ende Oktober) erhöhten jedoch das Risiko ungünstiger Witterungsbedingungen, verzögerter Keimung, Verschlämmung oder Frostschäden und sind nicht für Grenzregionen zu empfehlen.

Friedenfels

Auch auf dem Praxisbetrieb in Friedenfelds wurden in den Jahren 2018/19 sowie 19/20 verschiedene Wintermohn-Saattermine getestet. 2019/20 wurde am 27.09.19 sowie 13.10.19 ausgesät. Ähnliche Abstände waren auch 2018/19 etabliert worden. Es wurden pro Saattermin 4 Wiederholungen auf einer Parzellengröße von 30 m² angelegt. Ermittelt wurde hauptsächlich der Kornertrag durch Handbeerntung der Parzellen. Dies konnte nur 2019

stattfinden, da der Wintermohn 2020 vor der Ernte so stark zurückging, dass ein Umbrechen des Bestandes erfolgen musste.

Die Wintermohnentwicklung 18/19 war, wie in den Jahren zuvor, durch kalte und nasse Witterungsbedingungen sowie hohen Unkrautdruck erschwert. Zwar entwickelten sich zunächst beide Saatzeitpunkte, zum Erntetermin waren jedoch nur noch bedingt repräsentative Bestände vorhanden. Daher sind auch die ermittelten Ertragsergebnisse vor diesem Hintergrund zu betrachten. Zum Erntezeitpunkt unterschied sich die Pflanzenhöhe beider Saattermine nicht. Allerdings war die Anzahl Pflanzen pro m² bei den Pflanzen des ersten Saatzeitpunkts signifikant höher als die des zweiten Saatzeitpunktes (Tab. 8). Vermutlich konnten die spät gesäten Pflanzen aufgrund der geringeren Bestandesdichte mehr Triebe und somit mehr Kapseln pro Pflanze ausbilden, diese unterschieden sich ebenfalls signifikant voneinander. Es ist jedoch festzustellen, dass zwischen beiden Saatterminen keine signifikanten Unterschiede im Samenertrag bestanden. Dies spricht zunächst dafür, dass ein später Saattermin erfolgreich sein kann. Rückblickend auf das Erntejahr 2019 muss das hier errechnete Ertragsniveau jedoch nach unten korrigiert werden, da der Bestand zu beiden Saatterminen durch Ausfälle geprägt war. Insbesondere die geringe Bestandesdichte des zweiten Saattermins ließ große Lücken auf dem Feld. Grundsätzlich spricht aber die Tatsache, dass Kapselzahl und Tausendkornmasse sich nicht signifikant zwischen den Saatzeitpunkten unterschieden, dafür, dass ein späterer Saatzeitpunkt bei entsprechenden Witterungs- und Bodenbedingungen gewählt werden kann. Auch das Strohgewicht und somit die Biomasse liegt auf einem vergleichbaren Niveau. Der Erfolg der Wintermohnsaat scheint daher weniger vom gewählten Saattermin als von Unkrautkontrolle und Witterungsbedingungen abzuhängen, die in diesem Jahr dem kompletten Bestand zugesetzt haben.

Tab. 8 Ertragsparameter des Wintermohns am Standort Friedenfels zum jeweiligen Saatzeitpunkt 2018/19

	Pflanzenhöhe (cm)	Pflanzen pro qm	Kapseln pro Pflanze	Stroh (kg ha ⁻¹)	Ertrag (kg ha ⁻¹)	TKM
Saatzeit- 1 punkt	75,56	44,67*	1,46*	1.580,67	823,56	0,41
	± 9,34	± 18,89	± 0,50	± 555,55	± 330,13	± 0,02
2	87,39	18,89*	3,55*	1.799,33	982,81	0,41
	± 8,93	± 6,22	± 1,21	± 983,75	± 260,67	± 0,01

*markieren signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen

Im zweiten Versuchsjahr (2019/20) wurde nach Feldaufgang eine Bestandesdichte von 93 Pflanzen im S1 gegenüber 67 Pflanzen pro m² im S2 gezählt. Beide Saatzeitpunkte entwickelten sich zunächst weiter, sodass bis zum Frühjahr (Anfang April) Pflanzen in beiden

Varianten vorhanden waren. Deren Pflanzenhöhe betrug am 04.04.20 zwischen 7,2 und 9,6 cm und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Saatzeitpunkten. Dies spricht für die grundsätzliche Möglichkeit einer Aussaat im Oktober, wenn die Witterungsbedingungen eine Überwinterung ermöglichen. Allerdings führte das Zusammenspiel von viel Niederschlag und damit mangelnder Durchlüftung des Bodens in Kombination mit Pilzbefall zu einem Absterben des Bestandes, sodass keine Ertragsergebnisse erfasst werden konnten. Der Unkrautdruck wurde im Oktober, Februar und März erfasst und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Saatzeitpunkten, war aber tendenziell im zweiten Saatzeitpunkt höher und lag im März bei 12% im S1 und 18% im S2.

Fazit: Sowohl ein früherer als auch ein späterer Saattermin (bis Mitte Oktober) sind potentiell im Wintermohnanbau im Steinwald möglich. Wenn es gelingt die Bestände zu etablieren und diese durch den Winter kommen, sind die Ertragsunterschiede verhältnismäßig gering. Trotzdem stehen weiterhin das grundsätzliche Problem des hohen Unkrautdrucks und der mangelnden mechanischen Regulierungsmöglichkeiten vor dem Winter im Vordergrund. Auch steigt bei späterem Saatzeitpunkt die Gefahr von widrigen Aussaatbedingungen und einer nicht ausreichenden Bestandsetablierung vor dem Winter.

Wintermohn – organische N-Düngung

Neben den Düngungsversuchen mit Hornmehl, die mit 80 kg N ha^{-1} den größten Effekt auf Pflanzenwachstum und Ertrag zeigte, wurde 2019/20 auch eine Variante mit Gülle, ebenfalls 80 kg N ha^{-1} , im Wintermohn gegenüber einer Kontrolle ohne Düngung getestet. Ziel war es, herauszufinden, inwieweit die Verfügbarkeit und Freisetzung aus dem flüssigen Wirtschaftsdünger Gülle sich von einem organischen festen Handelsdünger unterscheidet. Die Ausgangs- N_{min} -Gehalte lagen im Februar 2020 bei 16 kg ha^{-1} in den oberen 30 cm. Gedüngt wurde am 18.03.2020 manuell.

Der Feldaufgang lag im Mittel bei 248 Pflanzen pro m^2 , was eine überdurchschnittlich hohe Pflanzendichte darstellte. Im Laufe der Vegetation wurde deutlich, dass der Bestand sich stark ausdünnte. Insbesondere der Wechsel von zeitweiser Staunässe im Winter und starker Frühjahrstrockenheit machte den Pflanzen zu schaffen. Nach dem Ausbringen der Dünger regnete es mehrere Wochen nicht, weshalb der Dünger schlecht eingearbeitet und umgesetzt wurde. Dies hatte zur Folge, dass kein Düngungseffekt auf die Pflanzen beobachtet werden konnte. Zur Ernte waren es im Mittel unter 25 Pflanzen pro m^2 , was den einzelnen Pflanzen mehr Standraum verschaffte. So bildete jede Pflanze im Mittel 3-5 Kapseln aus. Die hochgerechneten Handerträge betrugen $1.972,38 \pm 105,10 \text{ kg ha}^{-1}$ in der Kontrolle gegenüber $2.322,27 \pm 63,17 \text{ kg ha}^{-1}$ bei Hornmehldüngung und $2.719,24 \pm 821,88 \text{ kg ha}^{-1}$ bei Gölledüngung. Die Samenerträge zeigten demnach in den Varianten keine

signifikanten Unterschiede, allerdings lässt sich eine Tendenz der gedüngten Parzellen gegenüber der Kontrolle erkennen. Die Tausendkornmasse war in allen Varianten mit 0,45-0,48 g ungewöhnlich hoch.

Fazit: In dem einjährigen Versuchsansatz konnte kein Effekt der Gülledüngung als Alternative zu Hornmehl gezeigt werden, vermutlich, weil generell die Düngungseffekte aufgrund mangelnder Umsetzung durch vorherrschende Trockenheit nicht zum Tragen kommen konnten. Eine Prognose über die Wirkung flüssiger organischer Stalldünger kann damit nicht erfolgen.

Wintermohn - Bordüngung

Mit der Herbstsaat 2018 und 2019 wurde am Wiesengut in Hennef je ein einfaktorieller Feldversuch zur Bordüngung im Wintermohn angelegt. Bor ist ein Spurenelement und im Mohn in besonders hohen Gehalten vorhanden, bspw. noch mehr als in Rüben und Raps (Ahrens & Sneyd, 2000). Ziel des Versuchs war die Beantwortung der Frage, ob eine zusätzliche Bordüngung den auf Bormangel empfindlich reagierenden Mohn im Wachstum und der Ertragsbildung positiv beeinflusst. Dazu wurde in randomisierter Blockanlage der Wintermohn am 27.09.2018 bzw. am 17.09.2019 mit einer Saatstärke von 1,1-1,2 kg ha⁻¹ ausgebracht. Die Bodenanalysen in 30 cm Tiefe zum 14.02.2019 ergaben einen Borgehalt von 0,25 mg 100 g⁻¹ Boden (Versorgungsstufe A) bei einem pH-Wert von 5,7. Zum zweiten Versuchsjahr lagen die Borgehalte der Versuchsfläche bei 0,33 mg 100 g⁻¹, ebenfalls Versorgungsstufe A (pH-Wert 5,8). Die Grunddüngung aller Parzellen fand am 05.04.2019 bzw. 11.03.2020, noch vor dem Schossen, mit 30 kg N ha⁻¹ in Form von Hornmehl (0-1 mm) statt. 2018/19 wurde zusätzlich auf der Hälfte der Parzellen Bor in Form von Borethanolamin (11% Bor) mit einer Aufwandmenge von 3 L ha⁻¹ manuell mit Hilfe einer Rückenspritze appliziert. So ergaben sich zwei Varianten (ungedüngt; gedüngt), je vierfach wiederholt mit je 30 m² Parzellengröße. 2019/20 wurde die Bor-Applikation variiert: Es gab neben einer ungedüngten Kontrolle die Varianten B1 (3 l/ha Applikation im Herbst), B2 (2x3 l/ha, Applikation im Herbst + Frühjahr) und B3 (2x3 l/ha Applikation im Frühjahr). Zur Unkrautkontrolle wurde der Bestand mehrfach maschinell zwischen den Reihen und manuell in der Reihe gehackt.

Die Höhenentwicklung der Pflanzen verlief 2018/19 in beiden Varianten parallel, es bestanden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede im Höhenwachstum. Zur ersten Zeiternte unterschieden sich die Trockenmasse zwischen ungedüngten und mit Bor gedüngten Parzellen nicht. Zur Blüte hatten beide Varianten an Biomasse zugenommen, hier waren jedoch ebenfalls keine signifikanten Unterschiede messbar, die Kontrolle zeigte sogar tendenziell das höhere Ergebnis (Abb. 7).

Auch in 2019/20 war der Effekt der Bordüngung auf das Pflanzenwachstum nicht vorhanden. Höhenwachstum und Biomasse nahmen in allen Varianten gleichmäßig zu. Die Endhöhe des Bestandes lag bei $136,71 \pm 9,02$ cm. Die Pflanzenzahl/m² unterschied sich in beiden Jahren in der Kontrolle sowie den gedüngten Varianten zu den Zeiternteterminen sowie zur Ernte nicht signifikant. Der Samenertrag der Borvarianten lag ebenfalls nicht signifikant über dem der Kontrolle. Auch die übrigen Ertragsparameter wie Kapseln pro Pflanze, Strohertrag und Tausendkornmasse unterschieden sich zwischen den Varianten nicht (Tab. 9).

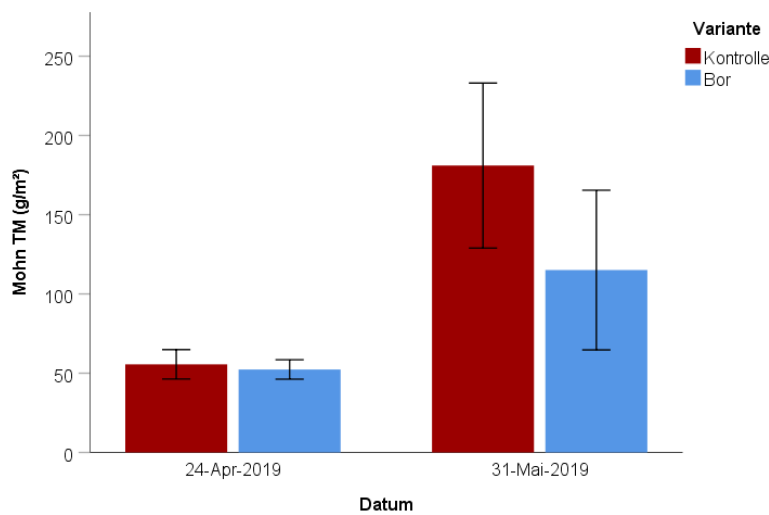


Abb. 7 Trockenmasse der Mohnpflanzen in der ungedüngten Kontrollvariante sowie mit Bordüngung drei Wochen nach Düngung (24.03.2019) sowie zum Blütezeitpunkt (31.05.2019) bei Wintermohn am Standort Wiesengut.

Tab. 9 Ertragsparameter des Bordüngungsversuchs von Wintermohn 2019 + 2020 am Wiesengut (Hennef)

	Pflanzenhöhe (m)	Pflanzen pro qm	Kapseln pro Pflanze	Stroh (kg ha ⁻¹)	Samenertrag (kg ha ⁻¹)	TKM (g)
2018/19						
Bordüngung	1,39 ± 0,07	152,67 ± 28,22	1,01 ± 0,04	5.950,83 ± 514,77	1.375,10 ± 145,30	0,31 ± 0,01
Kontrolle	1,41 ± 0,05	118,17 ± 13,83	1,06 ± 0,11	5.414,67 ± 476,87	1.339,13 ± 89,70	0,33 ± 0,02
2019/20						
Kontrolle	0,93 ± 0,11	153,67 ± 22,15	0,97 ± 0,05	2.967,17 ± 641,27	549,85 ± 381,67	0,31 ± 0,07
B1	0,96 ± 0,11	176,17 ± 42,85	0,96 ± 0,05	3.151,00 ± 406,06	649,32 ± 188,54	0,34 ± 0,01
B2	0,95 ± 0,11	153,83 ± 30,84	0,97 ± 0,02	2.979,82 ± 754,97	677,37 ± 186,22	0,34 ± 0,03
B3	0,94 ± 0,09	142,33 ± 29,9	0,97 ± 0,05	3.032,87 ± 456,06	695,65 ± 180,31	0,34 ± 0,01

*keine signifikanten Unterschiede in allen Parametern messbar (ANOVA, p<0.05)

Das Ertragsniveau lag 2019/20 mit maximal 695,65 kg ha⁻¹ deutlich unter den Erträgen 2018/19 (bis 1.375,10 kg ha⁻¹) und die Pflanzenentwicklung mit <1 m unter der des Vorjahres (1,40 m). Der Jahreseffekt war hier sehr ausgeprägt.

Fazit

In zwei Versuchsjahren konnte kein ertragswirksamer Effekt einer Bordüngung im Wintermohn nachgewiesen werden. Obwohl der Mohn empfindlich gegenüber Bormangel ist und die zu Vegetationsbeginn gemessenen Borgehalte der gewählten Fläche eher niedrig, blieben die zu erwartenden Wachstums- und Ertragseffekte aus. Dominante Einflussfaktoren auf das Wachstum waren unter anderem die Witterungsbedingungen, beispielweise die vorherrschende Trockenheit. Die fehlenden Effekte der zusätzlichen Düngung lassen vermuten, dass Bor nicht der ertragsmindernde Faktor unter den gegebenen Versuchsbedingungen am gewählten Standort war.

Sommermohn – Nährstoffversorgung

Auch beim Sommermohn spielt die Versorgung mit Stickstoff eine wichtige Rolle. Zusätzlich können auch andere Nährstoffe, wie Schwefel und Bor, Einfluss auf das Mohnwachstum haben. Bor ist ein Spurenelement und wird in geringen Mengen als Stickstoff oder Schwefel benötigt. Mohn reagiert jedoch empfindlich auf Bormangel, weshalb eine ausreichende Versorgung an allen Nährstoffen wichtig ist, um Mangelsymptomen vorzubeugen und vitalere Pflanzen zu erhalten, die dann höhere Erträge liefern (Lošák & Richter, 2004; Intodia & Sahu, 2005; Laughlin, 1979). Am CKA wurde 2018 am Beispiel der Sorte 'Viola', für die zu diesem Zeitpunkt noch keine Datengrundlage zum Nährstoffbedarf vorlag, Pflanzenwachstum und Ertrag in Reaktion auf unterschiedliche Nährstoffversorgung beobachtet. In einem Feldversuch wurde eine ungedüngte Kontrollvariante gegenüber gedüngten Varianten mit Hornmehl, Schwefel oder Borethanolamin verglichen. Hornmehl wurde zu 30 kg N ha⁻¹ und 80 kg N ha⁻¹ ausgebracht, die Düngung mit Schwefel erfolgte in Höhe von 100 kg S ha⁻¹. Die Konzentration des Bordüngers lag bei 0,1 kg B ha⁻¹. Auch Kombinationen jeder Stickstoffvariante mit Schwefel bzw. Bor wurden als alternative Varianten in den Versuch integriert. Die Ausgangs N_{min} Werte zu Vegetationsbeginn sind in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10 Stickstoffgehalte in der Bodenlösung (NO₃⁻ & NH₄⁺) und Borgehalt im Frühjahr der Düngungsversuche am CKA

Zeitpunkt	N _{min} (kg ha ⁻¹)			B (mg 100 g ⁻¹)
	0-30 cm	30-60 cm	60-90	
März 2018	21	27	57	-
Februar 2019	2	12	46	4.6

Der Stickstoffbedarf der Mohnpflanzen wird in der Literatur mit 50-80 kg N ha⁻¹ beziffert (Dobos et al., 2013; Edelbauer & Stangl, 1993). Der Bodenvorrat an Stickstoff war 2018 im Oberboden zunächst gering und im folgenden Versuchsjahr noch deutlich weniger vorhanden. Der Borgehalt wurde 2019 mit 4.6 mg 100 g⁻¹ bestimmt.

Es konnte während des Vegetationsverlaufs 2018 (bis auf eine Ausnahme) kein signifikanter Düngungseffekt auf die erhobenen Wachstumsparameter (Höhe, Biomasse, SPAD-Wert) gemessen werden. Auch die Ertragsparameter ließen keine Rückschlüsse auf einen Einfluss der Düngung zu. Das Jahr 2018 war durch extreme Witterungsbedingungen (nasses Frühjahr, hohes Wasserdefizit im Sommer) gekennzeichnet. Dies kann zu einer mangelnden Umsetzung der grobkörnigen N & S Dünger geführt haben, sodass die Nährstoffe unzureichend verfügbar wurden. Vermutlich spielte bei einer Unterversorgung der Makronährstoffe N und S die Borversorgung die untergeordnete Rolle und die Bordüngung konnte deshalb keinen Effekt zeigen. Um den Stickstoffbedarf der Sorte 'Viola' stellvertretend für den Sommermohn nochmals abzuklären, wurden die N-Düngungsvarianten ausgeweitet und in 2019 nochmals in einem Feldversuch überprüft, da die geringen N_{min} Ausgangswerte im Boden einen N-Düngungseffekt erwarten ließen. Es wurde abermals Hornmehl als organischer Dünger verwendet in Höhe von 30, 60 und 130 kg N ha⁻¹. Der Wachstumsverlauf aller Varianten verlief über die gesamte Versuchsperiode nahezu identisch. Der Feldaufgang war mit durchschnittlich 335 Pflanzen pro Quadratmeter hoch, unterschied sich aber nicht zwischen den Varianten. Alle Pflanzen erreichten Anfang Juli ihre maximale Wuchshöhe von durchschnittlich 85 cm unabhängig von der Düngestufe. Sowohl in der Zunahme der Biomasse als auch im Ertrag, zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngevarianten. Dies betraf sowohl die Samengewichte als auch die Tausendkornmasse. Der späte Saattermin im Jahr 2019 bot eine ungünstige Ausgangslage für ausreichendes Wachstum. Die anhaltende Trockenheit verhinderte im Folgenden höchstwahrscheinlich eine zügige Mineralisierung und Aufnahme des N-Düngers in die Pflanzen. Infolgedessen blieben Wuchshöhen und Biomassen hinter denen früher gesäter Versuche zurück. Auch die Erträge reagierten nicht auf die unterschiedlichen Düngemaßnahmen. Zusätzlich wurde die Versuchsauswertung durch eine relativ inhomogene Bodensituation und Randeffekte durch benachbarte Versuche erschwert.

Fazit

Schwefel- und Bordüngung zeigten am CKA keinen Effekt auf das Wachstum des Sommermohns. Auch die Stickstoffdüngung mit Hornmehl blieb zweimalig ohne signifikante Resultate. In allen Fällen wurde der Düngungseffekt hauptsächlich durch andere Standortfaktoren überlagert, da insbesondere durch die in beiden Jahren nach der Saat vorherrschende Trockenheit die Feststoffdünger nicht ausreichend umgesetzt werden

konnten. Für die Versorgung des Sommermohns mit Nährstoffen sollte daher im Hinblick auf die in Zukunft weiterhin verschärften Klimabedingungen auf eine ausreichende Vorlaufzeit der Düngerausbringung zur Aussaat geachtet werden. Beispielsweise könnte über eine regelmäßige Ausbringung von Stallmist oder Gülle zur Vorfrucht eine optimalere Ausgangslage für die Sommermohnsaat geschaffen werden, da über die organischen Dünger eine langsame, aber kontinuierliche Freisetzung von Stickstoff und anderen Nährelementen erfolgt.

Sommermohn – Saatzeiten & Sorten

Aktuell stehen für den Anbau von Sommermohn die Sorten `Mieszko´ und `Viola´ zur Verfügung. Insbesondere zur `Viola´ fehlten bislang Informationen zur Anbaupraxis, da diese erst seit 2018 für den Anbau zugelassen ist. In einem Versuch am Campus Klein-Altendorf wurden daher bereits 2018 die beiden Sorten hinsichtlich Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung verglichen. 2019 wurde der Versuch wiederholt und zusätzlich die weißsamige Sorte `Borowski´ und eine Nachbauvariante von `Mieszko´ in den Versuch integriert. Neben dem Sortenvergleich wurde auch der Saatzeitpunkt variiert, um herauszufinden, wie spät eine Saat möglich ist, mit der noch ausreichend Ertrag erwirtschaftet werden kann. Dementsprechend erfolgte 2018 ein Vergleich der Sorten `Viola´ und `Mieszko´ zu zwei Saatzeitpunkten (Anfang/Mitte April & Ende April/Anfang Mai), 2019 ein Vergleich der vier oben genannten Sorten zu 2 Saatzeitpunkten und 2020 ein Vergleich von drei Aussaatterminen (s.u.) der Sorte `Viola´.

Parallel dazu wurden Feldversuche zu den Fragestellungen Sorten- & Saatzeitpunktvergleich auch am Standort Friedenfels durchgeführt. Dort erfolgte 2018 und 2019 ein Vergleich der Sorten `Viola´, `Mieszko´, `Mieszko Nachbau 1´ und `Mieszko Nachbau 2´ zu jeweils zwei Saatzeitpunkten, wobei 2018 nur der erste Saatzeitpunkt ertragsrelevant wurde. 2020 wurden drei Saatzeitpunkte der Sorte `Viola´ variiert. Der Versuchsaufbau wurde in Form einer vollständig randomisierten Blockanlage gewählt mit einer Parzellengröße von 30 m², die vierfach wiederholt waren. Ausgesät wurden die Parzellen am Campus Klein-Altendorf mit einem pneumatischen Einzelkornsägerät mit einer Saatstärke von 1,1 kg ha⁻¹ bei einem Reihenabstand von 50 cm (2018) bzw. 45 cm (2019). Das Versuchsdesign in Friedenfels war in den meisten Punkten identisch, jedoch wurde die Saat hier mit einer Drillmaschine bei einem Reihenabstand von 30 cm und einer Aussaatstärke von 1,5 kg ha⁻¹ ausgebracht.

Am Campus Klein-Altendorf zeichnete sich die Sorte `Viola´ im Sortenvergleich durch meist schnelleres Höhenwachstum und damit auch größere Biomassenzunahme gegenüber der Sorte `Mieszko´ aus, was `Mieszko´ jedoch zum Blütezeitpunkt kompensieren konnte (Abb. 8 & 9). Auf den Ertrag wirkte sich dieser Entwicklungsvorsprung allerdings nicht signifikant aus. Die Sorte `Borowski´ verhielt sich 2019 in ihrer Wachstumsentwicklung ähnlich der Sorte `Mieszko´, wohingegen der `Mieszko´ Nachbau durch starkes Höhenwachstum aber eher

uneinheitliche Abreife auffiel. Der größte Unterschied bestand sowohl 2018 als auch 2019 nicht zwischen den Sorten, sondern zwischen den Saatzeitpunkten. In beiden Jahren waren die Pflanzen des ersten Saatzeitpunkts deutlich größer und es wurden auch die höheren Samenerträge bei allen Sorten in den früh gesäten Varianten gemessen.

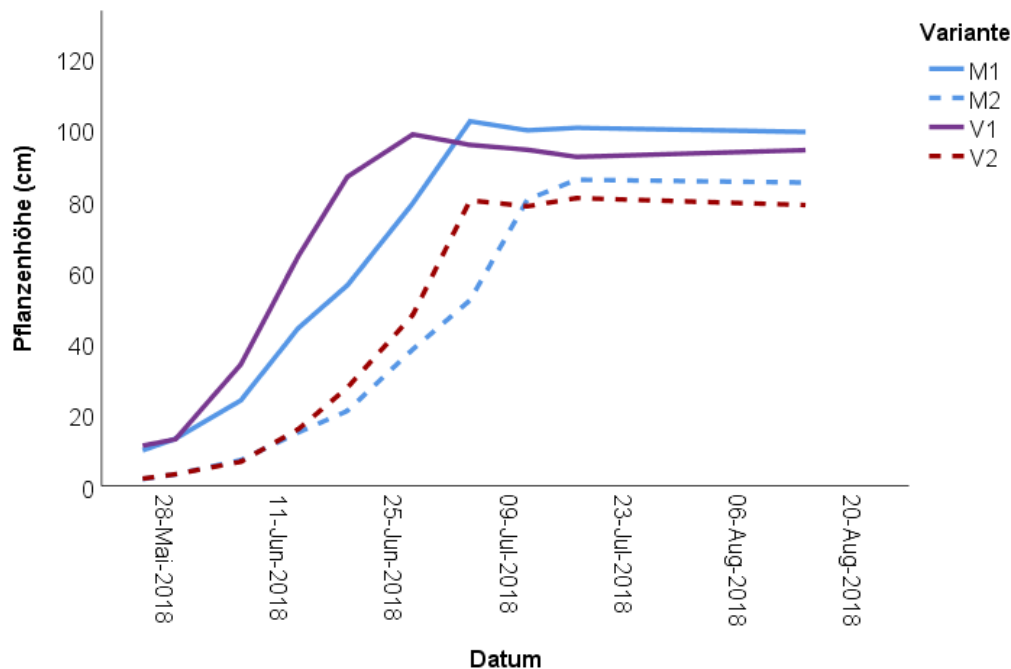


Abb. 8 Höhenwachstum der Sorten 'Viola' (V) und 'Mieszko' (M) 2018 am Campus Klein-Altendorf zu zwei verschiedenen Saatzeitpunkten (1,2)

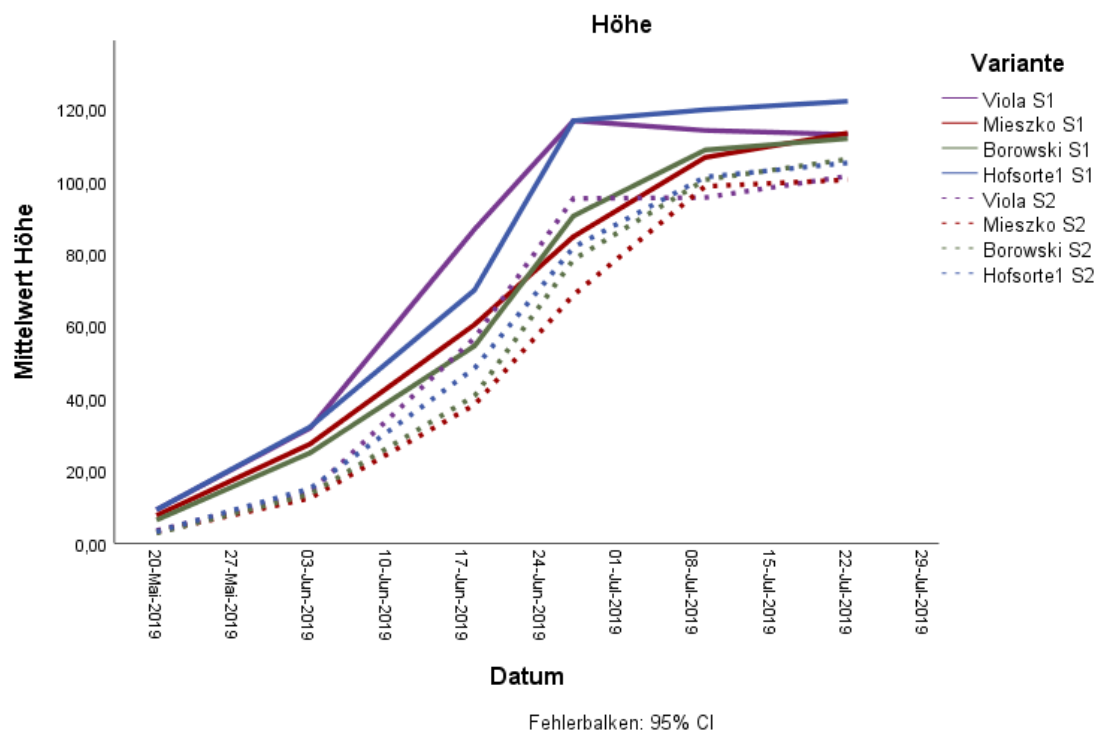


Abb. 9 Höhenwachstum der Sorten 'Viola', 'Mieszko', 'Mieszko Nachbau' und 'Borowski' 2019 am Campus Klein-Altendorf zu zwei verschiedenen Saatzeitpunkten (S1, S2)

Tab. 11 Vergleich von Pflanzenentwicklungsparametern und Samenertrag der Sorten `Viola´ und `Mieszko´ zum ersten Saatzeitpunkt im Anbaujahr 2018 sowie der Pflanzenentwicklungsparameter der Sorten `Viola´, `Mieszko´, `Mieszko´ Nachbau und `Borowski´ im Anbaujahr 2019 am Campus Klein-Altendorf

CKA	2018		2019			
Saatzeitpunkt	18.04.2018		05.04.2019			
Sorte	Viola	Mieszko	Viola	Mieszko	Mieszko Nachbau	Borowski
Vollblüte (Tage nach Aussaat)	62	77	77	86	83	91
Ernte (Tage nach Aussaat)	121	121	124	129	129	129
Ø Pflanzenhöhe zur Ernte (cm)	94	99	113 ^a	113 ^a	122 ^b	112 ^a
Ø Samenertrag (t ha ⁻¹)	1,283	1,395	1,149	1,469	1,560	1,407

Kleinbuchstaben markieren statistische Unterschied zwischen den Sorten getrennt nach Jahr ($p < 0.05$)

Die Entwicklung der Biomassezunahme im Vegetationsverlauf ähnelte der Entwicklung des Höhenwachstums und ist für das Jahr 2019 in Abb. 10 dargestellt. Die Varianten des ersten Saattermins konnten deutlich mehr Biomasse bilden als die des zweiten. Sortenunterschiede waren nur geringfügig vorhanden.

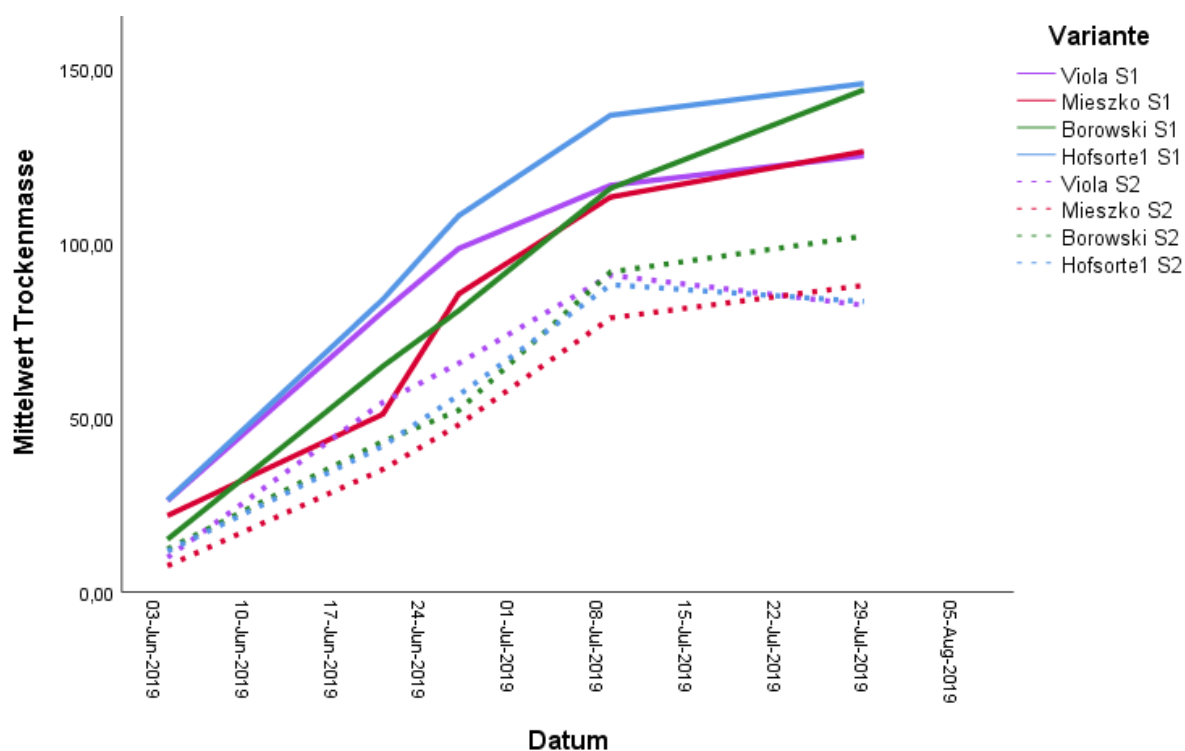


Abb. 10 Trockenmasse der Sorten `Viola´, `Mieszko´, `Mieszko Nachbau´ (Hofsorte 1) und `Borowski´ 2019 am Campus Klein-Altendorf zu zwei verschiedenen Saatzeitpunkten (S1, S2)

Neben Pflanzenentwicklung und Ertrag wurde 2019 auch der Krankheitsbefall der Sorten dokumentiert (Abb. 11). Dazu wurden kranke Kapseln (dunkelbraun/schwarz verfärbt), grüne Kapseln (unreif) und der Anteil verdrehter Stängel mit Boniturnoten zwischen 0 (kein Befall) und 9 (sehr starker Befall) bewertet. Der Krankheitsbefall (Schwärzepilze) war bei allen Sorten etwa gleich stark ausgeprägt. Tendenziell waren Mieszko Kapseln weniger stark befallen. Der Anteil grüner Kapseln war allerdings bei der Sorte `Mieszko` und dessen Nachbau sowie bei Borowski deutlich ausgeprägter als beispielsweise bei `Viola`, die relativ gleichmäßig abreifte. Dafür wies `Viola` einen erhöhten Anteil verdrehter Stängel auf. Während kranke Kapseln und verdrehte Stängel unabhängig des Saatzeitpunkts auftraten, wurden ein höherer Anteil grüner Kapseln in den Varianten des späteren Saattermins ermittelt.

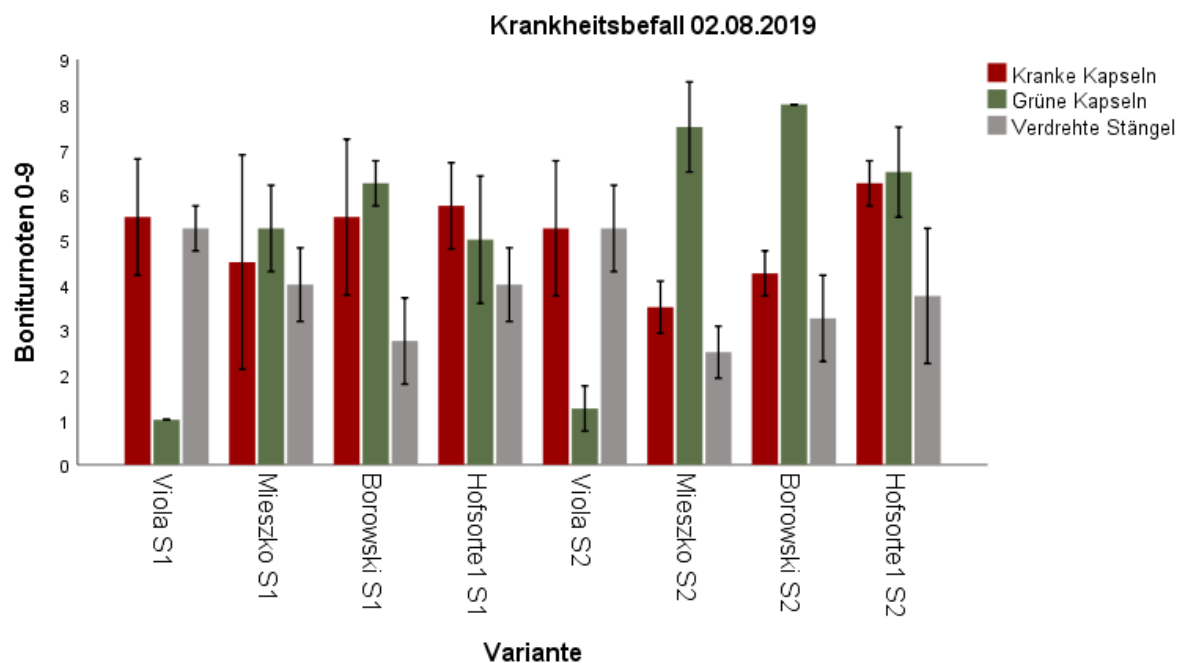


Abb. 11 Bonitur des Gesundheitszustands der vier geprüften Sommermohnsorten zu zwei Saatzeitpunkten am Campus Klein-Altendorf 2019

In Friedenfels war 2018 im Sortenvergleich eine ähnliche Entwicklung zu beobachten, auch hier zeigte sich die Sorte `Mieszko` leicht später in Blüte und Abreife als die Sorte `Viola`. Mieszko Nachbau konnte zweimalig die höchsten Erträge erreichen, ein signifikanter Unterschied bestand dabei jedoch nur zur Sorte `Mieszko` in 2019. Parameter wie Pflanzenhöhe und TKM unterschieden sich in beiden Jahren nicht zwischen den Sorten. Die Anzahl Pflanzen lag in beiden Jahren bei `Mieszko` tendenziell unter der der anderen Sorten.

2019 wurde insbesondere der Saatzeitpunkteffekt auf den Ertrag deutlich, da für alle Sorten weniger Samen- und ein geringerer Strohertrag für die spät gesäten Termine ermittelt wurde.

Tab. 12 Ertragsparameter der Sorten Viola, Mieszko, Mieszko Nachbau 1 und Mieszko Nachbau 2 in Friedenfels 2018 & 2019

Jahr	Saatzeit -punkt		Pflanzenhöhe zu Ernte (cm)	Ertrag (kg ha ⁻¹)	TKM	Stroh (kg ha ⁻¹)	Pflanzen pro qm	Kapseln pro Pflanze
2018	1	Viola	76,6	712,3	0,40	2.971,9	131,8	0,95
	1	Mieszko	78,4	573,8	0,32	2.596,9	93,6	1,22
	1	Mieszko Nachbau 1	88,8	1.588,2	0,42	7.375,0	149,1	0,98
	1	Mieszko Nachbau 2	89,4	1.145,1	0,41	5.592,5	125,0	1,04
	2	Viola	70,0	330,0	0,38	1.600,0	-	-
	2	Mieszko	70,0	261,8	0,30	1.381,3	-	-
2019	1	Viola	58,4	492,8	0,39	-	150,2	0,84
	1	Mieszko	58,3	411,1	0,35	-	83,1	1,00
	1	Mieszko Nachbau 1	61,9	524,5	0,42	-	113,6	0,90
	1	Mieszko Nachbau 2	61,5	448,2	0,38	-	111,1	1,02
	2	Viola	54,9	394,6	0,39	-	128,0	0,39
	2	Mieszko	62,3	157,3	0,34	-	49,8	0,34
	2	Mieszko Nachbau 1	55,3	427,3	0,41	-	111,8	0,90
	2	Mieszko Nachbau 2	59,3	246,2	0,35	-	68,7	0,85

Insgesamt fielen an beiden Standorten ähnliche Prozesse auf. `Viola´ zeigte sich gegenüber `Mieszko´ mit einer deutlich schnelleren Pflanzenentwicklung, konnte dadurch aber keinen Ertragsvorteil ausbilden. Auch die beiden anderen Sorten wiesen 2019 am Campus Klein-Altendorf keine größeren Abweichungen zu den genannten Sorten hinsichtlich des Ertrags auf. Auffällig war jedoch auf beiden Standorten und in beiden Jahren der Vorteil eines frühen Saattermins, der sich über alle Sorten hinweg deutlich im Ertrag zeigte. 2020 kam an beiden Standorten für die Sorte `Viola´ ein dritter Saattermin hinzu. Die Aussaatzeitpunkte am Campus Klein-Altendorf waren der 24.03., 07.04. und 07.05. und in Friedenfels der 28.03., 20.04. und 07.05. Da die Ergebnisse der Versuche aus 2018 und 2019 zeigten, dass der Saatzeitpunkt Anfang Mai schwächere Bestände ausbildete als ein Saatzeitpunkt Mitte April wurde ein vorgezogener Saatzeitpunkt statt eines noch späteren in 2020 getestet.

Am Campus Klein-Altendorf zeigten sich bereits im Feldaufgang deutlich Unterschiede zwischen den Saatzeitpunkten, da die Witterungsbedingungen zur Saat sich deutlich

änderten. So wuchs der erste Saatzeitpunkt trockenheitsbedingt nur lückig auf und es kam zu einer zweiten Keimungswelle Mitte Juni. Dies führte zu einem sehr ungleichmäßigen Bestand, die Nachkeimer wurden jedoch nicht mehr ertragsrelevant. Im S1 wurde anfangs auch ein geringer Unkrautbesatz dokumentiert, was ebenfalls auf die Trockenheit zurückzuführen war. Der zweite Saatzeitpunkt wurde gezielt etwas tiefer abgelegt, um auf die wasserführende Bodenschicht zu stoßen, was zu einem gleichmäßigen Feldaufgang und einem anschließend homogenen, eher zu dichten Bestand führte. Unkraut wurde auch hier aufgrund der Trockenheit kaum auffällig. Der dritte Saatzeitpunkt zeigte gegenüber den vorherigen deutlich geringeren Feldaufgang und wurde anschließend von Blattläusen und Kaninchen stark beschädigt. Zudem wurde er im Laufe der Zeit komplett von weißem Gänsefuß überwuchert, was zusammen mit den Ergebnissen aus 2018 und 2019 zeigt, dass dieser Saatzeitpunkt (Anfang Mai) für eine ausreichende Bestandesentwicklung deutlich zu spät war. Die Höhenentwicklung zeigte stets das höchste Wachstum im Saatzeitpunkt 1, gefolgt von S2 und schließlich S3, wobei die Pflanzen von S3 nicht höher als 50 cm wuchsen. Die maximale Wuchshöhe im S1 lag bei 123 cm und im S2 bei 102 cm.

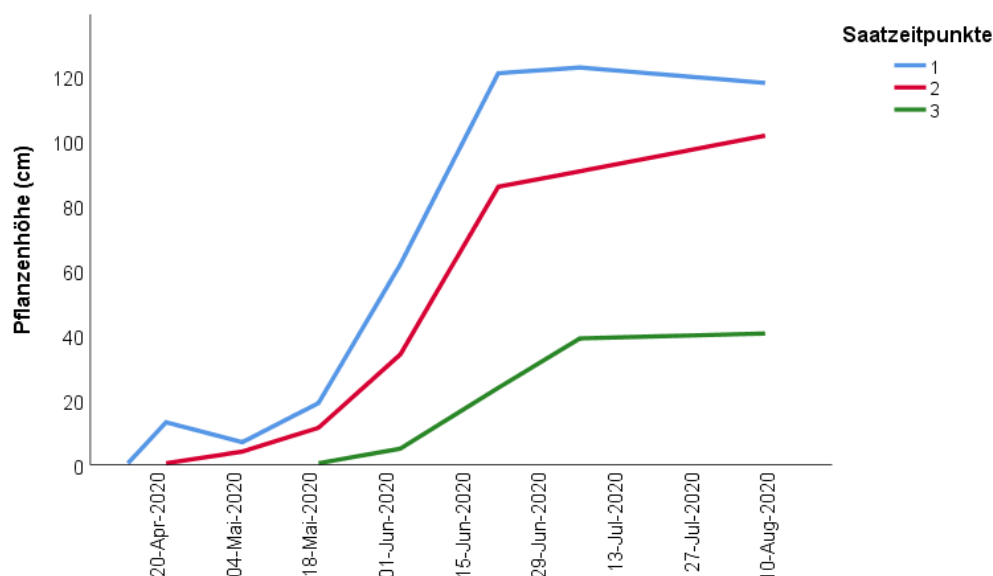


Abb. 12 Höhenwachstum der Sorte 'Viola' am Campus Klein-Altendorf 2020 zu drei verschiedenen Aussatterminen

Nur die Pflanzen des S1 und S2 konnten beerntet werden und erreichten Erträge von 765 (S1) und 1.262 (S2) kg ha⁻¹. Die Unterschiede waren zwar nicht signifikant, zeigten aber den tendenziell höchsten Ertrag im S2. Aufgrund des gleichmäßigeren Feldaufgangs und der daraus folgenden höheren Bestandesdichte (S1: 31; S2: 75 Pfl. pro qm) wurden im Mittel im S2 nur 1 Kapsel pro Pflanze und im S1 2 Kapseln pro Pflanze gezählt. Da die Pflanzen so ungleichmäßig aufwuchsen, kann der Ertragsvorteil des S2 nicht eindeutig auf den Saatzeitpunkt zurückgeführt werden. Es lässt sich aber schlussfolgern, dass der S3 keinen sinnvollen Saattermin für den Sommermohn mehr darstellt. In Friedenfels konnten alle drei

Saattermine etabliert und geerntet werden. Der Feldaufgang war zwischen den Varianten ähnlich und lag zwischen 76 und 93 Pflanzen pro Quadratmeter. Das Pflanzenwachstum der früh gesäten Varianten war zunächst stärker und erreichte Mitte Juni eine Höhe von 94 cm im D1, 72 cm im S2 und 31 cm im S3. Zur Ernte hin wurden die Unterschiede in der Pflanzenhöhe geringer, S1 und S2 lagen bei 103 bzw. 111 cm und S3 bei 91 cm. Obwohl die Pflanzen des dritten Saattermins in ihrer Höhenentwicklung deutlich zurück lagen, konnten keine signifikanten Ertragsunterschiede ermittelt werden. Tendenziell erreichte der zweite Saatzeitpunkt mit 1181 kg ha⁻¹ die höchsten Samenerträge im Vergleich zu 781 (S1) und 852 kg ha⁻¹ (S2). Auch die Stroherträge waren zum zweiten Saatzeitpunkt am höchsten (> 4000 kg ha⁻¹). Der Unkrautbesatz wurde zu allen Saatzeitpunkten zwischen 5 und 6 (bei einer Skala von 1-10) eingestuft, was einen mittleren, für die langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen, typischen Unkrautbesatz darstellte. Ein Einfluss des Saatzeitpunkts auf die Unkrautentwicklung konnte nicht nachvollzogen werden. Die häufigsten Unkräuter waren Quecke, Distel, Ackerhohlrhahn, Hirse und Gänsefuß. Zur besseren Übersicht sind die Ertragsergebnisse der Saatzeitpunktversuche zur Sorte `Viola´ in Tab. 13 dargestellt.

Tab. 13 Samenerträge (manuelle Ernte), Tausendkornmasse TKM, Pflanzen pro m² und Kapseln pro Pflanze bei Sommermohn, Sorte `Viola´ an den beiden Versuchsstandorten Campus Klein-Altendorf (Rheinland) und Friedenfels (Oberpfalz) zu unterschiedlichen Saatterminen (Der Strohertrag lag am Standort Klein-Altendorf bei der frühen Saat zwischen 2.000 und 3.000 kg/ha bei der späten Saat zwischen 1.500 kg und 1.800 kg/ha)

	Saattermin	Ertrag (kg/ha)	TKM	Pflanzen/m ²	Kapseln pro Pflanze
Klein-Altendorf 2018 Saatzeitpunkt 1	18.04.2018	983	0,43	106	1,0
Klein-Altendorf 2018 Saatzeitpunkt 2	07.05.2018	510	0,34	89	1,2
Klein-Altendorf 2019 Saatzeitpunkt 1	05.04.2019	1.149	0,42	80	0,9
Klein-Altendorf 2019 Saatzeitpunkt 2	23.04.2019	794	0,44	101	0,8
Klein-Altendorf 2020 Saatzeitpunkt 1	24.03.2020	764	0,42	31	2,1
Klein-Altendorf 2020 Saatzeitpunkt 2	07.04.2020	1262	0,50	75	1,2
Friedenfels 2018 Saatzeitpunkt 1	20.04.2018	712	0,40	131	0,9
Friedenfels 2018 Saatzeitpunkt 2	11.05.2018	394	0,39	128	0,9
Friedenfels 2019 Saatzeitpunkt 1	20.04.2019	492	0,39	150	0,8
Friedenfels 2019	05.05.2019	394	0,39	128	0,9

Saatzeitpunkt 2					
Friedenfels 2020 Saatzeitpunkt 1	28.03.20	781	0,49	69	1,1
Friedenfels 2020 Saatzeitpunkt 2	20.04.20	1181	0,45	72	1,0
Friedenfels 2020 Saatzeitpunkt 3	07.05.20	852	0,41	52	1,0

Fazit

Die Sorten unterschieden sich im Tempo ihrer Höhen- und Biomasseentwicklung, erreichten aber letztlich ähnliche Erträge auf beiden Standorten. Der größte Effekt auf Pflanzenentwicklung und Ertrag wurde dem Saatzeitpunkt zugeschrieben, da Saattermine ab Anfang Mai in den meisten Jahren deutlich schwächere Bestände bildeten als Saattermine zwischen Anfang und Mitte April. Jedoch konnten verfrühte Saattermine im März an beiden Standorten ebenfalls keine Vorteile gegenüber dem mittleren Saatzeitpunkt ausbilden. Für eine optimale Sommermohnentwicklung sind ein feines Saatbett und der Anschluss an die wasserführende Bodenschicht wichtig, um eine gleichmäßige Keimung zu gewährleisten. Dies war bei Saatterminen zwischen Anfang und Mitte April am ehesten der Fall. Bei optimalen Aussaatbedingungen, lässt sich der Aussaattermin jedoch ohne größere Ertragsverluste bis Ende April hinauszögern.

1.3.2 Bestandesdichte

Mit der herkömmlichen Sätechnik kann der Mohn häufig nur in sehr hoher Saatstärke ausgebracht werden. Dies führt unter anderem zu erhöhter intraspezifischer Konkurrenz zwischen den Mohnpflanzen in der Reihe. In Feldversuchen zum Winter- und Sommermohn wurde daher der Frage nachgegangen, inwieweit sich eine geringere Bestandesdichte auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag auswirkt.

Wintermohn

Dazu wurden im Wintermohn 2018/2019 am Wiesengut und 2018/2019 sowie 2019/2020 am Campus Klein-Altendorf 6 verschiedene Bestandesdichten geprüft. 2019/2020 wurde der Versuch am Campus Klein-Altendorf wiederholt. Die untersuchten Bestandesdichten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Tab. 14 Übersicht der geprüften Bestandesdichten des Wintermohns am Wiesengut und am Campus Klein-Altendorf 2018/19 und 2019/20

Versuchsjahr	Standort	Bestandesdichten (Pfl pro m ²)
2018/19	Wiesengut	20, 40, 60, 70, 80
2018/19	Campus Klein-Altendorf	10-20, 20-40, 60-100
2019/20	Campus Klein-Altendorf	20, 60, 100

Ausgesät wurde mit einer Aussaatstärke von 1,1 kg ha⁻¹. Der Reihenabstand betrug in beiden Jahren 50 cm. Der Bestand am Wiesengut wurde 2018/19 am 28.09.18 gesät und 2019 zwischen KW 40 und 45 manuell auf die gewünschten Bestandesdichten (Tab. 14) vereinzelt. Eine letzte Nachvereinzelung fand dort in KW 1 2019 statt. Am CKA wurde am 04.10.2018 ausgesät, die manuelle Vereinzellung wurde am 19.02.2019 zu BBCH 16-18 durchgeführt. Unkrautregulierung fand statt mittels Maschinenhacke sowie manueller Hacke. Gedüngt wurde im März mit Hornmehl bei einer Aufwandmenge von 30 kg Stickstoff ha⁻¹.

Da die Pflanzenzahlen 2018/2019 an beiden Standorten zur Ernte aufgrund von lückigem Aufwuchs zum Teil stark von den ausgesäten bzw. vereinzelten Bestandesdichten abwichen, wurden die Varianten anhand der zum Erntezeitpunkt ermittelten Pflanzenzahlen neu zugeordnet. Somit ergaben sich die in Tab. 14 angegebenen Bestandesdichten.

Die Pflanzenhöhe unterschied sich 2018/2019 an beiden Standorten während der gesamten Vegetationszeit nicht zwischen den Varianten. Die mittlere Wuchshöhe zur Ernte betrug am Wiesengut 171,5 cm, am CKA waren es 155,8 cm. Auch befanden sich die Pflanzen im selben Entwicklungsstadium und konnten zur gleichen Zeit beerntet werden. 2019/2020 unterschieden sich die Bestandesdichten in ihrer Höhe, sodass bei 100 Pflanzen pro m² final eine signifikant größere Höhe von 150 cm gemessen wurde im Gegensatz zu 136 cm bei 20 Pflanzen pro m². Die Bestandesdichte von 60 Pflanzen pro m² wies Pflanzenhöhen

dazwischen mit 141 cm auf. Somit war bei höherer Pflanzendichte auch die maximal erreichte Pflanzenhöhe größer.

Was die Ertragskennzahlen am Wiesengut betrifft, lässt sich feststellen, dass in keinem Parameter signifikante Unterschiede zwischen den Bestandesdichten auftraten (Tab.15). Sowohl Samen- als auch Strohertrag lagen auf einem ähnlichen Niveau. Auch die Kapselzahlen pro Pflanze sowie die Tausendkornmasse waren nicht unterschiedlich. Auch eine Auswertung unter der ursprünglichen Variantenverteilung brachte ähnliche Ergebnisse.

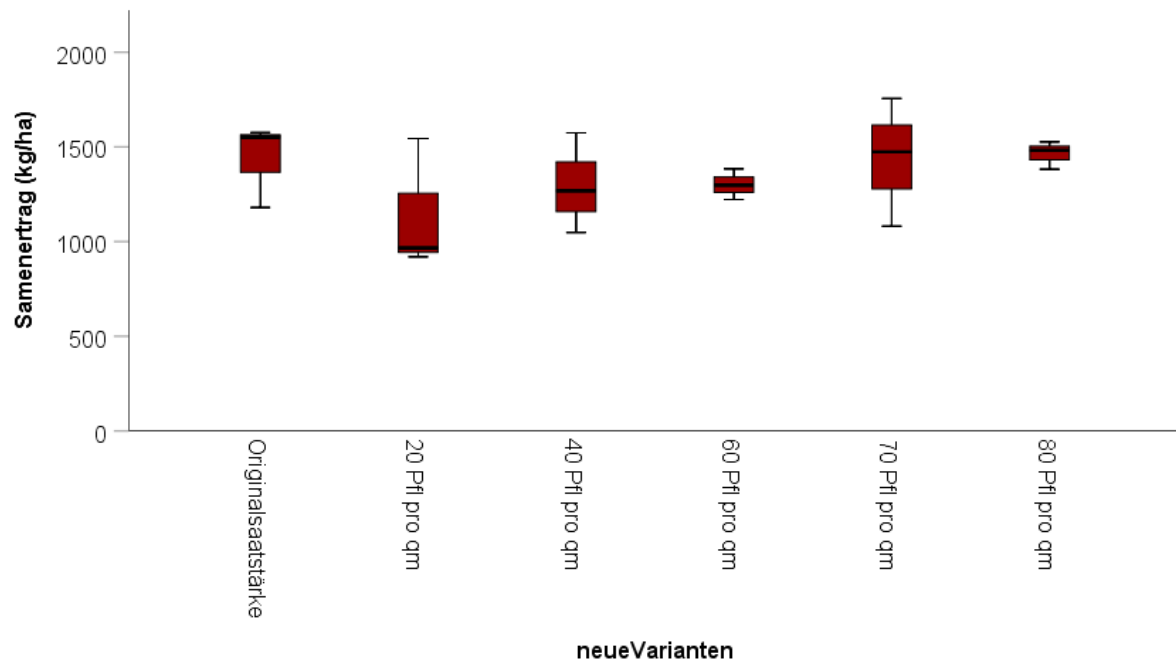


Abb. 13 Wintermohn Samenerträge unter verschiedenen Bestandesdichten am Wiesengut 2018/19

Am Campus Klein-Altendorf waren 2018/2019 im Ertrag größere Unterschiede messbar. Hier konnten die hohen Bestandesdichten auch die höheren Samen- und Stroherträge erzielen (Abb. 14). Dabei war der Samenertrag der Variante 60-100 Pflanzen pro m² signifikant größer als der Ertrag bei 10-20 Pflanzen pro m², die anderen Varianten befanden sich dazwischen (Tab. 16). Keine Unterschiede gab es bei Pflanzenhöhe und Tausendkornmasse. Jedoch bildeten die Varianten mit weniger Pflanzen pro m² mehr Kapseln pro Pflanze aus. So betrug die Kapselzahl pro Pflanze in der Variante 10-20 Pflanzen pro m² 2,66, was signifikant mehr Kapseln waren als in den Varianten 40-60 und 60-100 Pflanzen pro m² (1,01 bzw. 1,02 Kapseln pro Pflanze). 2019/20 bestanden keine signifikanten Unterschiede im Samenertrag, der Kapselzahl pro Pflanze und dem Tausendkorngewicht. Es wurde jedoch signifikant mehr Stroh bei 100 Pflanzen pro m² ermittelt (Tab. 17).

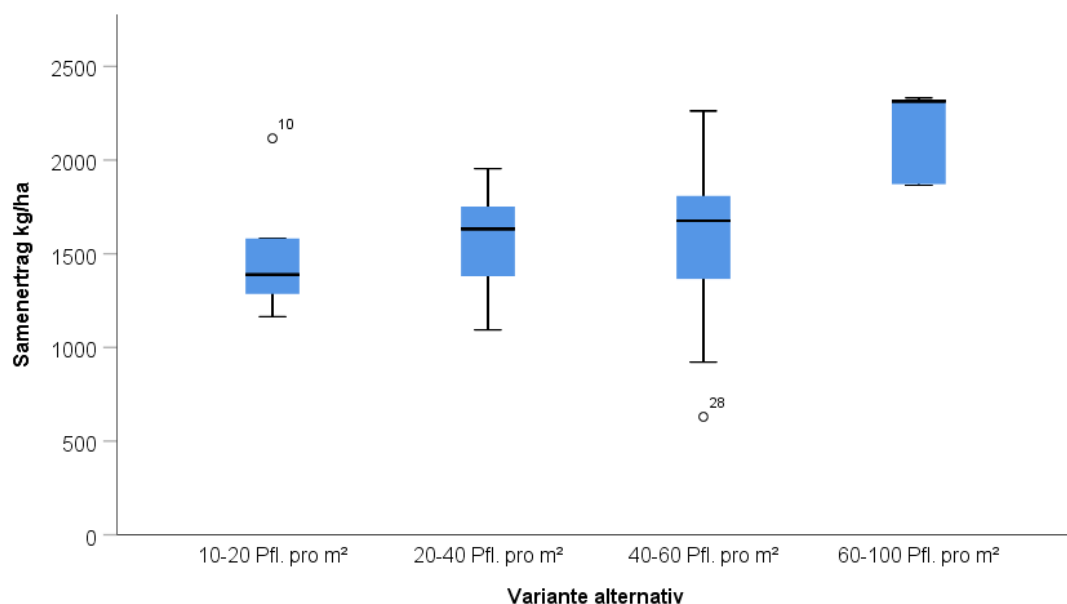


Abb. 14 Wintermohn Samenerträge unter verschiedenen Bestandesdichten am CKA 2018/19

Tab. 15 Ertragskennzahlen des Wintermohns unter verschiedenen Bestandesdichten am Wiesengut 2018/19

Pflanzen pro m ² (Ziel)	Pflanzenhöhe (cm)	Pflanzen (pro m ²)	Kapseln pro Pflanze	Stroh (kg/ha)	Samenertrag (kg/ha)	TKM (g)
Original	151,67	143	0,88	1.802,5	1.436	0,39
20	149,22	21	1,80	1.073,3	1.143	0,40
40	149,67	42	1,16	1.299,9	1.297	0,41
60	133,11	60	1,14	1.300,5	1.301	0,38
70	152,22	68	0,96	1.616,1	1.437	0,40
80	152,78	82	1,01	1.751,1	1.463	0,41

Tab. 16 Ertragskennzahlen des Wintermohns unter verschiedenen Bestandesdichten am CKA 2018/19

Pflanzen pro m ² (Ziel)	Pflanzenhöhe (cm)	Pflanzen pro m ²	Kapseln pro Pflanze	Samenertrag (kg/ha)	Stroh (kg/ha)	TKM (g)
10-20	156,22	16,3 d	2,66 a	1.487,7 b	4.002,9 b	0,36
20-40	161,86	31,4 c	1,74 ab	1.563,4 ab	5.363,6 ab	0,37
40-60	152,50	51 b	1,01 b	1.582,9 ab	5.659,3 a	0,38
60-100	154,80	77,2 a	1,02 b	2.141,2 a	6.440,8 a	0,35

Kleinbuchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten im jeweiligen Merkmal (ANOVA + Tukey-Test, p<0.05)

Tab. 17 Ertragskennzahlen des Wintermohns unter verschiedenen Bestandesdichten am CKA 2019/20

Pflanzen pro m ² (Ziel)	Pflanzenhöhe (cm)	Pflanzen pro m ²	Kapseln pro Pflanze	Samenertrag (kg/ha)	Stroh (kg/ha)	TKM (g)
20	135,5	13,5 b	4,7	1.681,1	3.750,9 b	0,44
60	141,4	24,8 ab	2,7	1.8998,0	4.377,5 ab	0,44
100	149,6	27,8 a	2,3	2.169,5	5.247,5 a	0,45

Fazit

Die unterschiedlichen Bestandesdichten führten an beiden Standorten nicht zu größeren Unterschieden in der Höhenentwicklung der Wintermohnpflanzen. Was die Ertragsbildung betrifft, konnten am Wiesengut 2018/19 und am Campus Klein-Altendorf 2019/20 keine Unterschiede zwischen dichten und weniger dichten Beständen gemessen werden. 2019/2020 wurden am Campus Klein-Altendorf jedoch mit höheren Bestandesdichten auch höhere Erträge erzielt, dabei bildeten die Varianten mit weniger Pflanzen pro m² mehr Kapseln pro Pflanze aus. Dies spricht dafür, dass die Ertragsbildung nicht immer primär von der Pflanzenzahl pro Quadratmeter abhing. Dies bedeutet, dass bei geringerer Bestandesdichte tendenziell mehr oder größere Kapseln pro Pflanze gebildet werden. Dies kann dann auf den gleichen Ertrag hinauslaufen, der von dichteren Beständen mit kleinen Kapseln erzielt wird. Bei großen Unterschieden zwischen den Bestandesdichten (20 bzw. 100 Pflanzen pro m²), wie am Campus Klein-Altendorf 2019/20, wurden höhere Erträge bei höherer Pflanzenzahl erreicht. Dies spricht dafür, dass 20 Pflanzen pro m² eher zu gering für eine ausreichende Ertragsbildung scheinen und eher eine Bestandesdichte zwischen 40 – 100 Pflanzen anzustreben ist. Auf beiden Standorten bestanden Schwierigkeiten in der genauen Abbildung der gewünschten Bestandesdichten auf dem Feld. Durch Ausdünnung über Winter traten ebenfalls Verluste auf, die die Pflanzenzahlen reduzierten. Eine homogene Bestandesdichte pro Variante war deshalb nicht über den kompletten Versuchszeitraum aufrecht zu erhalten, was bei der Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss.



Abb. 15 Wintermohn in hoher (60 Pfl. pro m²) und niedriger (20 Pfl. pro m²) Aussaatstärke am Campus Klein-Altendorf 2019/2020

Sommermohn

Auch beim Sommersmohn wurde der Effekt unterschiedlicher Bestandesdichten auf Pflanzenentwicklung und Ertrag analysiert. 2019 wurden dazu die Sorten 'Mieszko' und 'Viola' am 16.04. manuell ausgesät, um die gewünschten Bestandesdichten von 20, 40 und 60 Pflanzen pro m² zu erhalten. Dazu wurden 1 m lange Säbretter verwendet, die Löcher im jeweiligen Saatabstand aufwiesen, in die 1-5 Mohnkörner abgelegt wurden. Der Reihenabstand betrug 45 cm. Zu BBCH 30 wurde der Bestand nochmals nachvereinzelt. Am 24.05.19 wurde die gesamte Versuchsfläche mit Hornmehl in einer Aufwandmenge von 30 kg ha⁻¹ manuell gedüngt. Bonitiert wurden im Vegetationsverlauf das Entwicklungsstadium sowie die Pflanzenhöhe und abschließend der Ertrag. Die Ernte erfolgte am 10. Und 11. August. 2020 wurde der Versuch mit der Sorte 'Viola' wiederholt. Statt der Verwendung von Säbrettern wurden die Pflanzen maschinell mit einer Saatstärke von 1,1 kg ha⁻¹ ausgesät und anschließend manuell vereinzelt.

Der Feldaufgang verlief in beiden Jahren eher ungleichmäßig, weshalb 2019 insgesamt mehrere Parzellen (2019:12; 2020:6) von der Versuchsauswertung ausgenommen wurden. Vergleichszählungen im Versuchsverlauf ergaben, dass die übrigen Parzellen die Bestandesdichten von 20 und 60 Pflanzen pro Quadratmeter passend abbildeten, statt 40 Pflanzen wurden jedoch rund 30 Pflanzen pro Quadratmeter ermittelt und die Variante entsprechend abgeändert. 2020 konnten abschließend nur zwei Bestandesdichten miteinander verglichen werden, dies waren 20 und 60 Pflanzen pro m².

Die Höhenentwicklung der Pflanzen unterschied sich 2019 innerhalb einer Sorte nicht zwischen den Bestandesdichten. Auffällig war dagegen das insgesamt höhere Längenwachstum von 'Mieszko' im Vergleich zu 'Viola' (Abb. 16). Zwar verlief die Anfangshöhenentwicklung von 'Viola' zügiger, jedoch entwickelten sich die 'Mieszko'-Pflanzen zunehmend schneller und konnten ab Ende Juni über 'Viola' hinauswachsen. Die mittlere Pflanzenhöhe von 'Mieszko' betrug zur Ernte 99,5 cm im Vergleich zu rund 93 cm bei 'Viola'. 2020 ergaben sich ebenfalls keine Unterschiede im Höhenwachstum zwischen den Bestandesdichten und die Pflanzen erreichten eine maximale Pflanzenhöhe von 123 cm.

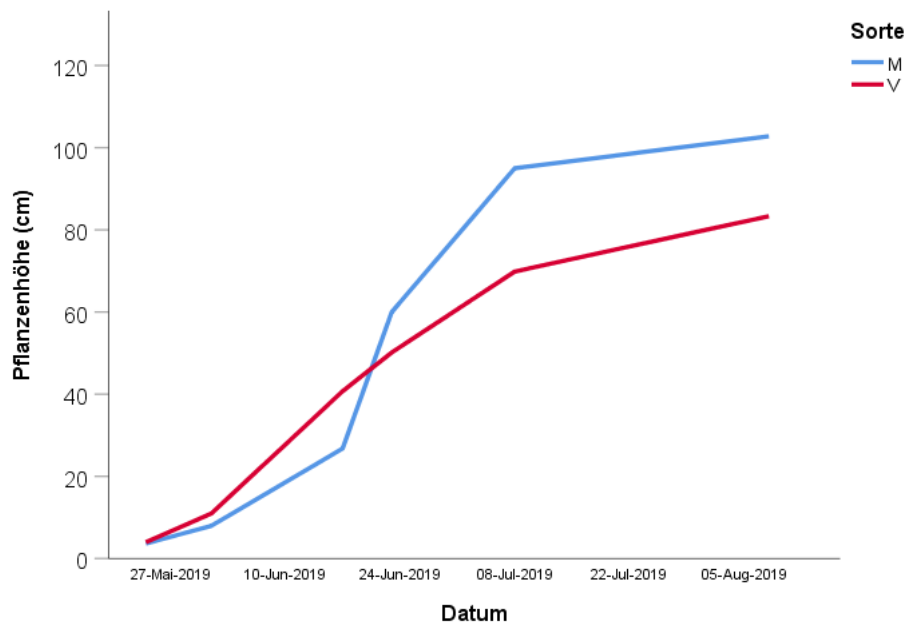


Abb. 16 Entwicklung der Pflanzenhöhe von 'Mieszko' (M) und 'Viola' (V) am Campus Klein-Altendorf 2019.

Die Ertragsdaten zeigten 2019 für beide Sorten, dass die Bestandesdichte nur einen geringen Einfluss auf die meisten Ertragsparameter hat (Tab. 18). So waren der Samenertrag, der Strohertrag und die Tausendkornmasse beider Sorten jeweils nicht signifikant unterschiedlich. Auch 2020 ließ sich kein signifikanter Unterschied im Ertrag zwischen den verschiedenen Bestandesdichten nachweisen, die hohe Bestandesdichte tendierte jedoch zu höheren Samenerträgen (Tab. 18). Dies wurde im Strohertrag 2020 auch signifikant sichtbar, der für die höhere Bestandesdichte signifikant höher ausfiel.

Beim Samenertrag 2019 fällt auf, dass 'Mieszko' die tendenziell höheren Samenerträge ausbilden konnte. Eine Ursache könnte in der höheren Kapselzahl pro Quadratmeter liegen, die insbesondere bei der höheren Pflanzenzahl von 60 Pflanzen pro Quadratmeter mit 84 Kapseln pro m² deutlich über rund 56 Kapseln pro m² bei einer Pflanzenzahl von 20 Pflanzen pro m² lag. Bei Viola konnten keine signifikanten Unterschiede in der Pflanzenzahl pro m² beobachtet werden, tendenziell war diese allerdings auch bei 60 Pflanzen pro m² erhöht.

Bei 'Mieszko' ließ sich zudem eine zunehmende Verzweigung bei sinkender Pflanzenzahl beobachten. So wurden im Mittel 2,8 Kapseln pro Pflanze bei geringer Bestandesdichte (20 Pfl. pro m²) im Vergleich zu 1,36 Kapseln pro Pflanze bei hoher Bestandesdichte (60 Pfl. pro m²) gezählt. Diese Unterschiede ließen sich bei 'Viola' im selben Jahr nicht beobachten. Interessant ist, dass trotz der unterschiedlichen Kapseldichte der Samenertrag keine deutlichen Abweichungen zwischen den verschiedenen Bestandesdichten zeigt. Dies lässt vermuten, dass bei geringerer Pflanzendichte größere Kapseln mit mehr Samen pro Kapsel ausgebildet werden und so die geringe Kapseldichte kompensieren werden kann.

Auch 2020 wurden bei geringer Pflanzendichte mehr Kapseln ausgebildet und es ließen sich keine signifikanten Ertragsunterschiede zur hohen Pflanzenzahl aufzeigen, obwohl ein tendenziell höherer Ertrag bei höherer Bestandesdichte gemessen wurde.

Tab. 18 Ertragskennzahlen der Sorten 'Mieszko' und 'Viola' unter unterschiedlichen Bestandesdichten 2019 und 2020 am Campus Klein-Altendorf

	Pflanzen pro qm	Kapseln pro qm	Kapseln pro Pflanze	Stroh TS (kg/ha)	Samenertrag (kg/ha)	TKM (g)
Mieszko 2019	20	55,6 c	2,80 a	2.374,5	1.246,4	0,44
	30	63,6 ab	2,09 ab	2.270,4	991,6	0,44
	60	84,0 a	1,36 c	3.624,9	1.022,4	0,44
Viola 2019	20	26,5	1,42	3.908,5	683,8	0,47
	30	22,9	0,92	4.847,5	633,6	0,48
	60	55,2	1,48	5.466,2	769,2	0,48
Viola 2020	20	-	1,53 a	3.927,4 b	857,6	0,36
	60	-	0,86 b	5.264,9 a	1.476,4	0,42

Kleinbuchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten im jeweiligen Parameter im jeweiligen Jahr (ANOVA + Tukey-HSD-Test, $p < 0.05$)

Fazit

Insgesamt konnten Unterschiede in der Höhenentwicklung beider Sorten beobachtet werden. Die Bestandesdichte hatte jedoch keinen Einfluss auf das Höhenwachstum.

Bei 'Mieszko' traten auch phänotypische Unterschiede in der Kapselausbildung auf. Trotzdem waren die Ertragsergebnisse kaum unterschiedlich zwischen den Bestandesdichten der jeweiligen Sorte. Auch 2020 war der Einfluss der Bestandesdichte auf den Samenertrag nicht signifikant. Dies deutet daraufhin, dass die Pflanzdichte nicht das entscheidende Merkmal für die Ertragsbildung ist, da viele kleine Kapseln dasselbe Ergebnis liefern können wie wenige große Kapseln. Auf ertragsreichen Böden sind daher höhere Aussaatstärken insofern unproblematisch, da die intraspezifische Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe geringer ausfällt. Zu dichte Bestände bilden jedoch schwächere, eintriebige Pflanzen aus, weshalb bei ungünstigeren Wachstumsbedingungen keine zu hohe Bestandesdichte angestrebt werden sollte.

1.3.3 Unkraut

Der Unkrautregulierung kommt im Anbau von Mohn eine wichtige Bedeutung zu. Standortwahl und das Anbaumanagement müssen im ökologischen Anbau vor dem Hintergrund der direkten und indirekten Unkrautregulierung ausgerichtet werden (beispielsweise die Anpassung der Reihenabstände auf die betriebseigene Hacktechnik). In den vorangegangenen Kapiteln wurde die hohe Unkrautsensibilität bereits beschrieben. In nahezu allen Entwicklungsphasen des Mohnes muss der Besatz mit Unkraut weitgehend reduziert werden. Im Folgenden wird auf die Besonderheiten der Unkrautregulierung in den beiden Anbauverfahren Wintermohn/Sommermohn näher eingegangen und Strategiebausteine vorgestellt.

Herausforderungen der Unkrautregulierung im ökologischen Anbau von Mohn und indirekte Maßnahmen:

Generell hat der Mohn aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung in der Bestandesetablierung eine sehr geringe Unkrauttoleranz. Die schnellwachsenden Unkräuter, allen voran der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*), überdecken die langsam wachsenden Mohnpflanzen und verzögern die Weiterentwicklung oder unterdrücken den Mohn aufgrund der Schattierung komplett.

Im weiteren Verlauf stellt das Unkraut einen starken Konkurrenten um Wasser und Nährstoffe dar. Zur Abreife bietet der Mohn keinen schattierenden Unkrautunterdrückungseffekt an, da die Blattmasse meist deutlich vor dem Ausreifen des Mohnes für Licht im Bestand sorgt und damit zur Keimstimulierung der Unkräuter führt.

Ein starker Unkrautbesatz im Erntehorizont gelangt mit der Rohware in den Mähdrescher. Aufgrund der geringen Samengröße, werden beim Mohndrusch kleine Siebvorrichtungen gewählt und auf den Windtrennungseffekt verzichtet. Somit gelangt sämtliche Biomasse im Erntehorizont in den Mähdreschertank und erst im Nachernteprozess wird Mohn von Fremdbesatz getrennt. Demnach kann mit dem Mohn Unkraut als feuchte Biomasse mit ins Erntegut gelangen und zur Befeuchtung der Mohnsaat führen. Es kommen zudem Unkrautsamen mit in das Erntegut, welche gerade bei kleinsamigen Unkräutern, wie dem Klatschmohn oder dem Weißen Gänsefuß, zu hohem Reinigungsaufwand und damit einhergehend zu hohen Verlusten führen.

Grundlegend ist die Auswahl geeigneter Flächen und geeigneter Vorfrüchte vor dem Hintergrund ihrer Unkrauthistorie (Problemunkräuter, mehrjährige Unkräuter) zu planen.

Mit den indirekten Maßnahmen der Unkrautregulierung, der Boden- und Stoppelbearbeitung, inklusive dem Zwischenfruchtmanagement, wird entscheidend Einfluss auf den Unkrautbesatz genommen. Im nächsten Schritt kommt der Saatbettbereitung große Bedeutung zu.

Ziel ist ein rascher und gleichmäßiger Feldaufgang. Dafür sind optimale (Boden-)Bedingungen zur Saatbettbereitung wichtig. Der Feldaufgang wird von der Ablagetiefe der Samen beeinflusst, dabei sollte die Ablage flach (0,5 – 1,5 cm) erfolgen vor allem aber Anschluss zu der wasserführenden Schicht des Bodens haben.

Die Saatbettbereitung kann kombiniert werden mit unkrautregulierenden Maßnahmen vor der Saat: Falsches Saatbett oder Abgesetztes Saatbett. Über das Walzen nach der Saat wird der Bodenschluss der Saat verbessert und mit einem ebenen Saatbett die Gleichmäßigkeit der ersten Hackmaßnahme erhöht.

Mechanische Unkrautregulierung in Mohn

Mohn wird im ökologischen Anbau als Hackkultur geführt. Die Versuche zur Unkrautregulierung fokussieren vor allem den unkrautsensiblen Bereich in der Säreihe. Im Rahmen der Versuchsarbeiten wurden deswegen Versuche mit ganzflächig wirksamen Geräten (Striegel) durchgeführt und solchen Werkzeugen, die in der Reihe arbeiten (Fingerhacke, Torsionshacke, Häufelwerkzeuge).

Unkrautregulierungsmaßnahmen vor Auflauf von Winter- und Sommermohn

Von der Saat bis zum Feldaufgang können bei guten Bedingungen zur Saat von Sommermohn 10 Tage vergehen, bei ungünstigen Bedingungen allerdings auch bis zu 3 Wochen. Wintermohn kann unter günstigen Bedingungen bereits nach 7 Tagen auflaufen.

Abb. 17 zeigt den Einfluss der Ablagetiefe auf den Feldaufgang bei Sommermohn (Sorte 'Viola') in den Jahren 2018-2019 am Standort Klein-Altendorf. Die flachere Ablagetiefe zeigte jeweils den schnellsten Feldaufgang. Bei einer Ablagetiefe von 2 cm nahm der Feldaufgang deutlich ab.

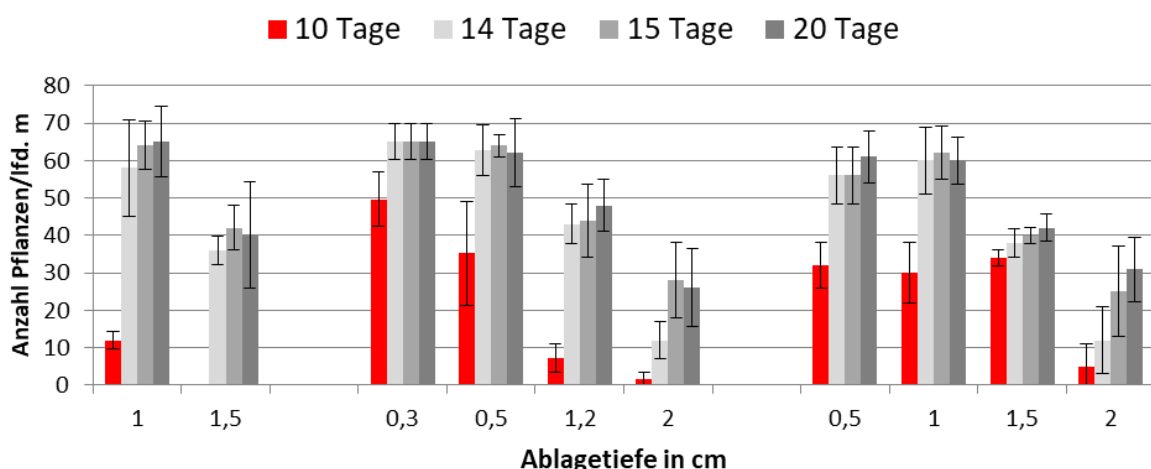


Abb. 17 Anzahl Pflanzen pro laufenden Meter und Standardabweichungen bei unterschiedlichen Ablagetiefen von Sommermohn, Versuchsjahre 2018 – 2020, Saattermin lag jeweils Anfang April, Aussaat mit Einzelkornsäugerät MiniAir Nova am Standort Klein-Altendorf

Ein identisches Bild zeigte sich bei Wintermohn; die flachen Ablagetiefen zwischen 0,5 – 1 cm zeigten den schnellsten und insgesamt höchsten Feldaufgang (Abb. 18).

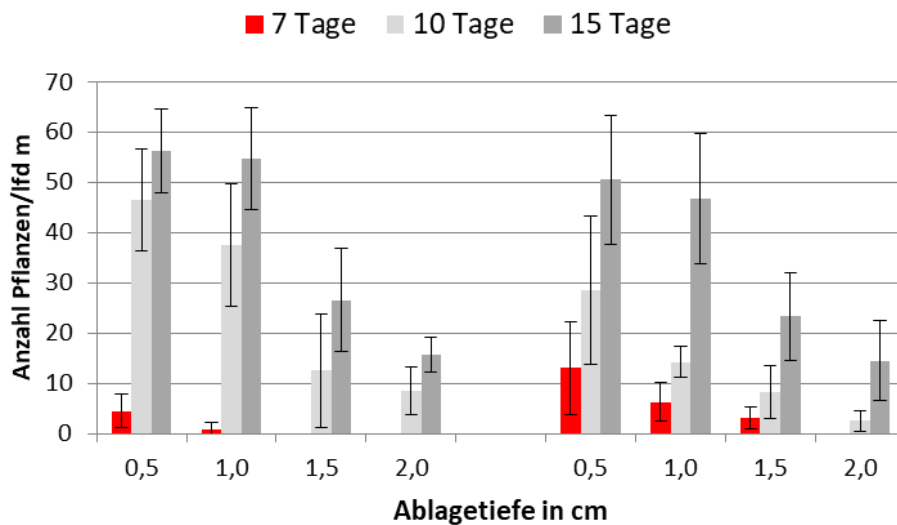


Abb. 18 Anzahl Pflanzen pro laufenden Meter und Stabw. bei unterschiedlichen Ablagetiefen von Wintermohn, Versuchsjahre 2018 und 2019, Saattermin lag jeweils Mitte September, Aussaat mit Einzelkornsäugerät MiniAir Nova am Standort Klein-Altendorf

Als unkrautregulierende Voraufmaßnahme wurde das Blindstriegeln aufgrund der geringen Ablagetiefe der Mohnsaat nicht getestet. Es erfolgten aber Versuche zum Abflammen vor Auflauf. Dazu wurde am 2.4.2019 ein Bestand gesät und 7 Tage nach der Saat das erste Mal abgeflammt. Zu diesem Zeitpunkt waren noch keine Keimlinge zusehen. 10 Tage nach Saat zeigten sich unter dem Verführungsfenster die ersten Keimlinge und es wurde abgeflammt. 12 Tage nach der Saat wurde in anderen Parzellen abgeflammt, wobei noch keine Keimlinge zusehen waren. 15 Tage nach der Saat konnte der Feldaufgang bonitiert werden. Abgeflammt wurde mit einem ganzflächig arbeitenden Abflammgerät der Firma Reinert bei 2,5 km/ha. Die Ablagetiefe betrug 1 cm.

Die Auszählung der Mohnkeimlinge zeigte, dass bei der Variante 12 Tage nach Saat offensichtlich durch die Abflammaßnahme Keimlinge abgetötet wurden. Der Wirkungsgrad der Maßnahmen betrug 7 und 10 Tage nach der Saat lediglich 10%, in der Variante 12 Tage nach Saat immerhin 63%.

Tab. 19 Pflanzenschädigung und Wirkungsgrad (%) von Abflammmaßnahmen zu drei unterschiedlichen Termine nach Saat bei Sommermohn, 2019, Klein-Altendorf

	Kontrolle	Abflammen 7 d nach Saat	Abflammen 10 d nach Saat	Abflammen 12 d nach Saat
Mittlere Anzahl Pflanzen/ldf. m				
12 Tage nach Saat	12	18	9	2
15 Tage nach Saat	59	48	61	13
21 Tage nach Saat	61	63	59	18
Wirkungsgrad in %		8	10	63

Die Abflammversuche wurden bei Sommermohn 2020 wiederholt (Aussaat: 15.4.2020, Ablagetiefe 1 cm). Der Feldaufgang zeigte sich nach 16 Tagen, aufgrund des geringen Unkrautaufkommens konnte der Wirkungsgrad der Maßnahmen nicht quantifiziert werden. Die Abflammmaßnahmen erfolgten 7, 10 und 12 Tage nach der Saat.

Der Feldaufgang war insgesamt eher gering und wurde 14 Tage nach der Saat bonitiert (Tab. 20). Ein negativer Effekt des Abflammens auf den Feldaufgang konnte nicht festgestellt werden.

Tab. 20 Pflanzenschädigung (%) von Abflammmaßnahmen zu drei unterschiedlichen Termine nach Saat bei Sommermohn, 2020, Klein-Altendorf

	Kontrolle	Abflammen 7 d nach Saat	Abflammen 10 d nach Saat	Abflammen 12 d nach Saat
Mittlere Anzahl Pflanzen/ldf. m				
15 Tage nach Saat	17	17	9	15
18 Tage nach Saat	24	31	28	36
21 Tage nach Saat	42	59	46	61

Demnach stellt das Abflammen generell eine Möglichkeit der Unkrautregulierung im Voraufbau dar.

Versuche zur Unkrautregulierung bei Sommermohn

Im Anbau von Sommermohn stellen die sommerannuellen Unkräuter die größte Herausforderung dar, allen voran Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* und *hybridum*) aber auch *Fallopia convulvulus* (Windenknöterich) sowie verschiedene Melde und Amaranthus-Arten. Diese keimen im Frühjahr bei ausreichende Bodentemperaturen, entwickeln sich sehr schnell und stellen eine massive Konkurrenz um in erster Linie Wasser und weiterhin an Nährstoffen dar. Untersuchungen aus Ungarn zeigen den Effekt des Saatzeitpunktes auf den Besatz der Mohnflächen mit Unkräutern (Pinke et al, 2011). Bei der Saat des Sommermohns wird ein Zusammenhang der späten Saattermine mit einem hohen Besatz an *C. album* gesehen.

Beim Sommermohn stellen die BBCH-Stadien 10-14 die hochsensiblen Pflanzenentwicklungsstadien dar. Mit dem Schossen der Pflanzen sollte die Unkrautregulierung abgeschlossen sein, um die weichen Triebe nicht zu beschädigen. Bei Reihenabständen > 40 cm ergibt sich nur ein sehr kurzes Zeitfenster des Bestandesschlusses.



Abb. 19 Typische Entwicklungsstadien bei Sommermohn

Im Zwischenreihenbereich hat sich der frühe Einsatz einer Scharhacke mit Hohlschutzscheiben als einzige Möglichkeit herausgestellt, nah an die Säreihe zu hacken. Am Campus Klein-Altendorf wurde 2018 in einer Aussaat von Sommermohn (Sorte 'Mieszko') der Einsatz des DUO Parallelogramms von KULT mit dem Einsatz von Winkelmessern verglichen. Dabei zeigte sich, dass ab dem BBCH 11 bei einem ebenen Saatbett der Einsatz des DUO Parallelogramms (oder auch anderer Systeme mit

Hohlschutzscheiben) bei geringen Fahrgeschwindigkeiten (1,5 km/h) erfolgreich möglich ist und der unbearbeitete Bereich im Saatband ohne Verschüttungen auf 5 cm reduziert werden kann. Je nach Bodenzustand muss der Abstand zwischen den Schutzscheiben vergrößert werden, um eine Verschüttung der Keimlinge zu verhindern. Der Einsatz von Winkelmessern anstatt Schutzscheiben war aufgrund der starken Verschüttung von Erde in die Säreihe erst ab BBCH 16 möglich. Sehr empfindlich zeigten sich die Mohnpflanzen im BBCH 13-15 gegen das Abschneiden der Blätter bei einer sehr schmalen Einstellung der Schutzscheiben. Da Sommermohn in dieser Phase noch wenig im Boden verwurzelt ist, kann es leicht zu einem Rausschneiden der Pflanzen kommen.

Problematisch ist die Erkennung der Mohnkeimlinge im BBCH 11 (ohne Laubblatt) mit einem Kamerasystem. Gegebenenfalls muss mit einer Markierfurche gearbeitet werden.

Mit dem Einsatz des **Treffler-Striegels** wurde die Möglichkeit einer ganzflächigen Unkrautregulierung geprüft. In den Tab. A1 & A4, im Anhang sind die Ergebnisse aus mehreren Versuchsjahren zusammengeführt und als Mittelwert aus jeweils 10 Beobachtungspunkten dargestellt, Tab. 21 zeigt Auszüge aus den Ergebnissen. Generell zeigte sich, dass ein Striegeleinsatz ab BBCH 14 bei schonenden Einstellungen (Federdruck 2-4) und geringen Fahrgeschwindigkeiten (3-4 km/h) möglich ist und die Intensität bis BBCH 19 erhöht werden kann. Ab dem Schossstadium treten wieder vermehrt Kulturschäden durch das Striegeln auf. Deutlich wurde in den Versuchen, dass oft nur geringe Wirkungsgrade mit einem Striegeleinsatz erreicht werden konnten. Der Treffler-Striegel kann bei schwacher Einstellung (Federdruck 1-2) der Hacke nachlaufend eingesetzt werden, um ein besseres Ent-Erden des Unkrautes zu bewirken.

Tab. 21 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz des Treffler-Striegels in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020

Mohn Pflanzenhöhe	BBCH 13 2 cm	BBCH 14 3 cm	BBCH 14 3 cm	BBCH 14 3 cm	BBCH 16 6 cm	BBCH 16 6 cm	BBCH 19 12 cm
Geschwindigkeit (km/h)	3	6	3	4	5	8	5
Federdruckskala	4	3	5	3	5	5	5
Wirkungsgrad %	30	50	50	40	40	60	40
Pflanzenschädigung %	90	60	10	5	5	70	5

Weiterhin wurde der Einsatz der **Fingerhacke** in Sommermohn geprüft. Generell konnte die Fingerhacke von BBCH 16 bis 19 erfolgreich eingesetzt werden. Vor dem 6-Blatt-Stadium rissen die Finger auch bei einem Abstand der Finger von ca 1 cm geringen Fahrgeschwindigkeiten (1,5 -2 km/h) die Pflanzen aus dem Boden, bzw. verschütteten die Pflanzen stark. Ab dem Schossen (BBCH 32) wurden ebenfalls starke Schäden an den Mohnpflanzen beobachtet (Abknicken der weichen Schosstriebe) bei leichter Überlappung der Finger. Es kann daher nur mit mind. 1,5 - 2 cm Abstand der Finger gearbeitet werden.

Die **Torsionshacke** konnte am Standort Klein-Altendorf nicht erfolgreich eingesetzt werden. Es kam in jedem Entwicklungsstadium zu hohen Pflanzenschäden.

Zusätzlich wurde das **Anhäufeln** der Mohnreihen geprüft, um eine Verschüttung der Unkräuter in der Reihe zu bewirken. Dies wurde mit Flachbeethäufeln und Häufelblechen, je nach Bodenbeschaffenheit, durchgeführt. Ab dem BBCH 15 war ein Anhäufeln möglich, ab BBCH 16 ein intensives Häufeln, bei dem die Pflanzen lediglich 3 cm aus den Erddämmen schauten. In den frühen Entwicklungsstadien konnte mit den Flachbeethäufeln gezielter und mit mehr Feinbodenanteil angehäufelt werden. Der Weiße Gänsefuß konnte allerdings in der Reihe zum BBCH 16 des Mohns nicht mehr ausreichend bekämpft werden.

Nach dem Schossen ergeben sich nur noch Notfallmaßnahmen der Unkrautregulierung: Handhacke, Umbruch, Abmulchen des Unkrautes über dem Mohn.

Tab. 22 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz der Fingerhacke (gelbe Finger, nicht überlappend) in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020

Mohn Höhe	BBCH 14 3 cm	BBCH 16 8 cm	BBCH 16 8 cm	BBCH 17 10 cm	BBCH 19 12 cm	Frühes Schossen 15 cm	Schossen 18 cm
Geschwindigkeit (km/h)	4	4	2	4	5	5	4
Wirkungs- grad % *	70	50	50	60	50	20	20
Pflanzen- schädigung %	70	10	0	0	5	50	60

Tab. 23 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz von Häufelwerkzeugen (Fbh=Flachbeethäufler, Hb=Häufelbleche) in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020

Mohn Höhe	BBCH 14 3 cm	BBCH 15 5 cm	BBCH 16 8 cm	BBCH 17 10 cm	BBCH 19 12 cm	Frühes Schossen 15 cm	Schossen 23 cm
Geschwindigkeit (km/h)	2	2	3	3	3	4	4
Werkzeug	Fbh	Fbh	Hb	Hb	Hb	Fbh	Hb
Wirkungs- grad % *	60	60	30	50	40	40	30
Pflanzen- schädigung %	80	0	0	0	0	0	0

Versuche zur Unkrautregulierung bei Wintermohn

Im Anbau von Wintermohn ergibt sich durch die winterannuellen Unkräuter ein anderes Unkrautspektrum als bei Sommermohn. Häufig sind neben Kamille (*Chamomilla recutita*) und Klatschmohn (*Papaver rhoeas*) Durchwuchs aus der Vorkultur oder Durchwuchs von Raps und verschiedenen Senf-Arten zu finden. Wintermohn kann aufgrund seiner hohen Bestockungsleistung dünner gesät werden, daraus resultiert noch weniger Unkrautkonkurrenz in der Säreihe durch die Mohnpflanzen selber. Im Herbst bildet sich idealerweise eine bodennahe Rosette mit 6 Laubblättern. Der langsame und rosettenförmige Wuchs von Wintermohn führt zu einer intensiven Verwurzelung der Pflanzen, daher kann frühzeitig (BBCH 12) mit Hackscharen und Schutzscheiben sehr nah an die Säreihe gearbeitet werden und das Abschneiden der Rosettenblätter in Kauf genommen werden (Abb. 20). Im Herbst sollte jedes Zeitfenster für eine Unkrautmaßnahme in Wintermohn genutzt werden, um die Bestände mit geringem Unkrautdruck in das Frühjahr zu führen.



Abb. 20 Flache Rosette von Wintermohn vor Winter. Um näher an die Säerei hacken zu können, werden die flach anliegenden Blätter getroffen

Die Versuche am Campus Klein-Altendorf zeigten, das Wintermohn in den frühen Stadien bei Striegelmaßnahmen weniger stark als Sommermohn herausgerissen wird, allerdings auf Verschüttung genauso sensibel reagiert. Der Einsatz des **Trefflerstriegels** wurde ab dem BBCH 13 zwar mit geringer Pflanzenschädigung, allerdings auch sehr geringen Wirkungsgraden geprüft. Dies lag in den meisten Fällen an zu feuchtem und wenig schüttfähigem Boden (Tab. 24). Auch bei Wintermohn kann ab BBCH 14 ein schwach eingestellter Striegel (Federdruck 1-2) das Ergebnis des Hackeinsatzes verbessern. Ein Striegeleinsatz bei Wintermohn im Frühjahr konnte aufgrund der starken Bodenkruste und der Bodenfeuchte in keinem Versuchsjahr getestet werden.

Tab. 24 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz des Treffler-Striegels in Wintermohn vor Winter am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020 (*Wirkungsgrad bezogen auf Unkrauter im BBCH 10-12)

Mohn Pflanzenhöhe	BBCH 13 1 cm	BBCH 13 1 cm	BBCH 14 1,5 cm	BBCH 14 1,5 cm	BBCH 17 3 cm	BBCH 17 3 cm	BBCH 19 5 cm
Geschwindigkeit (km/h)	4	4	4	5	6	8	5
Federdruck- skala	3	2	5	2	3	3	4
Wirkungs- grad % *	0	0	30	0	0	40	10
Pflanzen- schädigung %	50	20	5	0	5	20	0

Der Einsatz der Fingerhacke und das Anhäufeln zeigten vor Winter aufgrund der flachen Rosette des Mohns hohe Schädigungsgrade, vorallem durch das Verschütten des Mohns. Aufgrund der meist kritischen Bodenfeuchte waren auch die Wirkungsgrade sehr gering (Tab. 25).

Tab. 25 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschädigungsgrade in % beim Einsatz der Fingerhacke (gelbe Finger, Abstand 1 cm) in Wintermohn vor Winter am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020

Mohn Höhe	BBCH 14 1,5 cm	BBCH 15 1,5 cm	BBCH 16 2 cm	BBCH 16 2 cm	BBCH 17 3 cm	BBCH 19 5 cm
Geschwindigkeit (km/h)	2	2	1,5	2	2	2
Wirkungs- grad % *	10	30	20	40	0	10
Pflanzen- schädigung %	80	50	40	40	30	40

2020 konnten in Wintermohn Versuche zum Einsatz der Fingerhacke und Häufelscharen durchgeführt werden. Als erste Maßnahme nach Winter entfaltete die Fingerhacke im BBCH 19 des Wintermohns aufgrund der harten Bodenoberfläche keine Wirkung. Nach Auflockern des Bodens mit dem Striegel, konnte die Fingerhacke von BBCH 10 – 30 bei einem Fingerabstand von 1,5 -2 cm eingesetzt werden. Die Häufelbleche kamen jedoch gut mit dem verdichteten Oberboden zurecht und schälten sogar große Unkräuter direkt an der Mohnreihe noch aus dem Boden. Mit den Häufelmaßnahmen im BBCH 19 (Anfang April) und BBCH 30 (Mitte April) waren alle Häufelmaßnahmen sehr erfolgreich. Ab Ende April war aufgrund der Bestandeshöhe keine Maßnahme zur mechanischen Unkrautregulierung mehr möglich.

Tab. 26 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Anhäufeln von Wintermohn nach Winter am Campus Klein-Altendorf, Auswahl an Ergebnissen, (Boden sL) 2018-2020

Mohn Höhe	BBCH 19 18 cm	BBCH 19 18 cm	BBCH 30 30 cm	BBCH 30 30 cm	BBCH 30 30 cm
Geschwindigkeit (km/h)	2	3	2	3	3
Variation					Häufelblech + Treffler Striegel
Wirkungs- grad %	55	70	40	65	70
Pflanzen- schädigung %	0	0	0	0	0



Abb. 21 Einsatz von Häufelblechen in Wintermohn (Anfang April), Klein-Altendorf, 2020

Tab. 27 Übersicht mechanische Unkrautregulierungsmaßnahmen bei Sommer- und Wintermohn

Sommermohn:

BBCH	Vor-Auflauf	BBCH 10-13	BBCH 14-15	BBCH 16-19	BBCH 30 (Schossen)
Maßnahme	Abflammen bedingt möglich Blindstriegeln ggf. bei weniger flachen Ablagetiefen	Scharhacke mit Schuttscheiben	Trefflerstriegel bedingt möglich	Treffler-Striegel Fingerhacke Anhäufeln	Anhäufeln

Wintermohn:

BBCH	Vor-Auflauf	BBCH 10-13	BBCH 14-19 vor Winter	BBCH 19 nach Winter	BBCH 30 (Schossen)
Maßnahme	Abflammen bedingt möglich Blindstriegeln ggf. bei weniger flachen Ablagetiefen	Scharhacke mit Schuttscheiben	Trefflerstriegel	Treffler- Striegel Fingerhacke Anhäufeln	Anhäufeln

1.3.4 Optimierung der Lagerungsbedingungen

Hintergrund und Hypothesen

Mohnsamen enthalten bis zu 50% Öl (Bozan & Temelli, 2008), weshalb sie sorgfältig geerntet und aufbereitet werden müssen, um die Samen nicht zu beschädigen. Bei Verletzungen der Samenschale tritt vermehrt Öl aus und Verderbnisprozesse werden so beschleunigt. Diese lassen sich beispielsweise durch einen Anstieg der Säurezahl und der Anzahl freier Fettsäuren im Öl beschreiben (Lančaričová et al., 2016). Besonders anfällig für Autoxidationsprozesse sind Öle mit einem hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren, beispielsweise Mohnöl mit über 70% Linolsäure im Öl (Hlinková et al., 2011). Einen Einfluss auf die Verderblichkeit haben auch die Lagerungsbedingungen. Die Mohnsaat sollte kühl und dunkel lagern, bei einer Restfeuchte von unter 9%. Für das Mohnöl wird ebenfalls eine kühle und dunkle Lagerung empfohlen (Krist et al., 2008). Wie schnell unter solchen günstigen Lagerungsbedingungen der Verderb der Mohnsamen im Lager vonstattengeht wurde in einem Lagerversuch mit Erntegut aus dem Jahr 2019 überprüft. Zusätzlich zur Lagerdauer wurde auch der Einfluss des Verpackungsmaterials mit in den Versuch einbezogen. Die Hypothesen waren wie folgt:

- Die Mohnsamen lassen sich unter optimalen Lagerungsbedingungen über einen Zeitraum von mehreren Monaten problemlos lagern ohne sensorisch oder mikrobiologisch auffällig zu werden
- Die Papierverpackung lässt Luftaustausch zu und die Mohnsamen darin zeigen schneller Verderbsanzeichen als die vakuumverpackten Proben

Material & Methoden

Als Probenmaterial dienten die Wintermohnsorte 'Zeno Morphey' und eine Partie Sommermohn, Sorte 'Mieszko'. Nach der Ernte bis zum Versuchsstart wurden beide Partien am Campus zunächst kühl (4-6 °C) und dunkel in Leinensäcken gelagert. Ende Oktober 2019 wurde jeweils ein Teil der Proben in einfachen Papiertüten verpackt, der andere Teil in vakuumversiegelte Beutel und unter denselben Bedingungen weiter eingelagert. Als Teilprobenmenge wurden jeweils 50 x 50 g pro Variante verpackt. Es ergaben sich somit 4 Varianten: 'Zeno Morphey' Papierverpackung (ZP), 'Zeno Morphey' Vakuumverpackung (ZV), 'Mieszko' Papierverpackung (MP), 'Mieszko' Vakuumverpackung (MV). Zu Versuchsbeginn wurde die Restfeuchte der Proben bestimmt, die zwischen 6,6 und 7,1% lag. Der Ölgehalt von 'Zeno Morphey' betrug 48,1% und der von 'Mieszko' lag bei 40,5% (Extraktion igv Testlab).

Um die Verderbnisprozesse nachverfolgen zu können, wurden Fettkennzahlen und der mikrobiologische Besatz analysiert, sowie eine sensorische Beurteilung der Mohnsamen vorgenommen. Alle Parameter wurden zu Beginn und bei Ende des Versuches erfasst,

zusätzlich erfolgte alle 3 Monate eine Überprüfung des Lagerzustands über mikrobiologische und sensorische Analysen. Die Analyse der Fettkennzahlen umfasste die Peroxid-, Säure- und Anisidinzahl, die mikrobiologischen Analysen die Gesamtkeimzahl, Hefen und Schimmelpilze. Die Analysen wurden vom igv Testlab bestimmt.

Die sensorische Bewertung der Proben fand anhand visueller, olfaktorischer und gustatorischer Attribute statt. Diese wurden basierend auf Literaturdaten und in Anlehnung an eine Masterarbeit (Dörr, 2019) zum Thema Mohnsensorik ausgewählt. Die einzelnen Attribute wurden an jedem Probenahmetermin von allen Sensorikpanelteilnehmern auf einer Skala von 1 bis 9 bewertet, wobei 1 eine sehr schwache und 9 eine sehr intensive Wahrnehmung eines Merkmals bedeutete. Jeder Proband bewertete an jedem Termin alle vier Proben, die mit dreistelligen Zufallscodes nummeriert waren, um eine Probenerkennung zu vermeiden. Gereicht wurden etwa 2 Esslöffel einer jeden Probe in durchsichtigen kleinen Gläsern, die bis zur Verkostung mit Frischhaltefolie abgedeckt wurden. Um zwischen den Proben den Geschmack zu neutralisieren, wurde Leitungswasser gereicht. Als Panelteilnehmer kamen Personen infrage, die entweder bereits eine mehrtägige Schulung zur Mohnsensorik mitgemacht hatten oder Personen, die sich einer Kurzschulung unterwiesen hatten. In beiden Fällen war den Teilnehmern vor Beginn der Verkostung die Attributenliste geläufig und einzelne Eindrücke gefestigt, um eine möglichst einheitliche Wahrnehmung der Proben zu gewährleisten. Während der Verkostung lag zudem immer eine Attributenliste mit Erläuterungen bereit, um mögliche Begriffsunklarheiten nochmals abgleichen zu können. Insgesamt wurden 9 Panelteilnehmer geschult, von denen zu jedem Termin mindestens 5 die Verkostung durchführten.

Ergebnisse

Fettkennzahlen

Die Fettkennzahlen wurden zu Beginn des Versuchs und nach Versuchsende ermittelt und beschreiben daher die Entwicklung nach ungefähr einem Jahr Lagerungsdauer.

Tab. 28 Fettkennzahlen der gelagerten Mohnsamenproben `Zeno MorpheX´ (Z) und `Mieszko´ (M) in den jeweiligen Verpackungen (P: Papier, V: Vakuum) vor Beginn und nach Ende der Lagerungsdauer

		Peroxidzahl*	Säurezahl**	Anisidinzahl
03.12.2019	ZV	0,8	1,6	1
	ZP	0,4	1,6	0,9
	MV	0,8	2,3	1,4
	MP	0,8	2,4	1,2
08.12.2020	ZV	0,5	2,8	0,8
	ZP	0,8	2,6	0,6
	MV	0,8	3,8	1,0
	MP	0,8	3,4	0,6

*mg aktiver Sauerstoff pro kg Fett, **mg KOH pro kg Fett

Bei der Peroxidzahl gab es nahezu keine Veränderung, sie bewegte sich bereits anfangs zwischen 0,4 und 0,8 und stieg auch nach einem Jahr bei keiner Probe über 0,8 an. Bei der Säurezahl war ein leichter Anstieg in allen Proben zu sehen. Da bereits zu Anfang die 'Mieszko' Proben eine etwas höhere Säurezahl aufwiesen (2,3 – 2,4) als die 'Zeno Morphey' Proben (1,6) waren auch die Werte nach einem Jahr bei 'Mieszko' (3,4 – 3,8) gegenüber 'Zeno Morphey' (2,6 – 2,8) erhöht. Die Anisinzahl veränderte sich innerhalb eines Jahres und lag zwischen 0,6 und 1,4. Alle drei Kennzahlen wiesen keinen oder nur einen minimalen Anstieg im Jahresverlauf auf, was für einen insgesamt geringen Fettverderb spricht. Eine Peroxidzahl von unter 10 steht für einen geringen Gehalt an Peroxiden, während die Anisidinzahl den Gehalt ungesättigter Aldehyde, die durch Autoxidation entstanden sind, beschreibt. Anisidinzahlen unterhalb von 6 sind noch einwandfreie Öle. Die Säurezahl gibt Auskunft über den Anteil freier Fettsäuren, die aufgrund von Oxidationsprozessen vermehrt auftreten können. Nach den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuchs müssen Säurezahlen <4 für native Öle vorhanden sein, dieser Wert wird von den Proben auch nach einem Jahr noch unterschritten. Dies bedeutet, dass eine Lagerung von Mohnsamen von einem Jahr gut möglich ist, ohne dass Fettverderb im größeren Maße stattfindet. Die Verpackung hatte dabei keinen Einfluss, sodass Mohnsamen im Hinblick auf den Fettverderb problemlos auch in Papierverpackung gelagert werden können.

Mikrobiologie

Vor Versuchsbeginn wurden Gesamtkeimzahl, Anzahl Hefen und Anzahl Schimmelpilze in beiden verwendeten Sorten vor deren Verpackung mit Papier oder Vakuumierung bestimmt. Zu diesem Zeitpunkt lag die Gesamtkeimzahl von 'Zeno Morphey' bei über 2 Mio. kbE/g. Im Laufe der Lagerung nahm sie sowohl in der Papier- als auch in der Vakuumverpackung deutlich ab, sodass bei Versuchsende 310.000 (ZV) bzw. 760.000 (ZP) kbE/g vorlagen. Bei den 'Mieszko' Proben lag die Gesamtkeimzahl zu Versuchsbeginn bei 900.000 kbE/g und nahm nach einem zwischenzeitlichen Anstieg auf 280.000 kbE/g (MV) bzw. 460.000 kbE/g (MP) ab. Es konnte also über den Lagerungszeitraum in den Proben beider Sorten ein Abfall der Gesamtkeimzahl beobachtet werden, jedoch traten bei der 'Mieszko' Papierverpackung große Schwankungen mit bis zu 1.600.000 kbE/g auf.

Tab. 29 Gesamtkeimzahl der Mohnsamenproben `Zeno Morphex` (Z) und `Mieszko` (M) in den jeweiligen Verpackungen (P: Papier, V: Vakuum) zu den 5 Beprobungsterminen

	Gesamtkeimzahl (kbE/g)			
	ZV	ZP	MV	MP
15.09.2019		2.216.667		900.000
05.12.2019	1.100.000	2.000.000	1.300.000	2.500.000
19.03.2020	660.000	910.000	790.000	390.000
04.05.2020	650.000	750.000	380.000	950.000
24.08.2020	340.000	740.000	560.000	1.600.000
08.12.2020	310.000	760.000	280.000	460.000

Die Zahl der Hefen lag bei `Zeno Morphex` anfangs bei 36.667 kbE/g und reduzierte sich während der Lagerung zu 10.000 (ZV) und 4.100 (ZP) kbE/g. Auch bei `Mieszko` wurde ein Rückgang von 80.000 kbE/g auf 28.000 (MV) und 21.000 (MP) kbE/g beobachtet. Somit ging der Besatz mit Hefen deutlich zurück, dabei waren die Schwankungen im Zeitverlauf bei `Mieszko` ausgeprägter. Dagegen wurde bei `Zeno Morphex` ein kontinuierlicherer Rückgang festgestellt.

Tab. 30 Hefenbesatz der Mohnsamenproben `Zeno Morphex` (Z) und `Mieszko` (M) in den jeweiligen Verpackungen (P: Papier, V: Vakuum) zu den 5 Beprobungsterminen

	Hefen (KbE/g)			
	ZV	ZP	MV	MP
15.09.2019		36.667		80.000
05.12.2019	23.000	50.000	40.000	100.000
19.03.2020	32.000	21.000	130.000	39.000
04.05.2020	27.000	21.000	17.000	44.000
24.08.2020	4.800	5.200	75.000	7.000
08.12.2020	10.000	4.100	28.000	21.000

Die Schimmelpilzbelastung von `Zeno Morphex` war zu Versuchsbeginn mit unter 10.000 kbE/g deutlich geringer als die von `Mieszko` (120.000 kbE/g). Die Zahl der Schimmelpilze nahm ebenfalls im Lagerungsverlauf ab und betrug für `Zeno Morphex` nach einem Jahr < 1.000 kbE/g für beide Verpackungsarten. Bei `Mieszko` wurde ebenfalls ein Rückgang der Schimmelpilze auf 1.000 (MV) und 3.500 (MP) kbE/g beobachtet. Im Vergleich zur hohen Ausgangsbelastung wurde somit eine deutliche Abnahme des Schimmelpilzbesatzes, unabhängig der Verpackung ermittelt.

Tab. 31 Schimmelpilzbelastung der Mohnsamenproben 'Zeno Morpex' (Z) und 'Mieszko' (M) in den jeweiligen Verpackungen (P: Papier, V: Vakuum) zu den 5 Beprobungsterminen

	Schimmelpilzgehalt (kbE/g)			
	ZV	ZP	MV	MP
15.09.2019		6.667		120.000
05.12.2019	10.000	5.000	110.000	100.000
19.03.2020	10.000	10.000	110.000	63.000
04.05.2020	10.000	10.000	37.000	36.000
24.08.2020	1.000	1.000	15.000	11.000
08.12.2020	<1.000	<1.000	1.000	3.500

Insgesamt war ein Rückgang der mikrobiologischen Parameter mit einer Ausnahme zu beobachten. Der Einfluss der Verpackung war auf Gesamtkeimzahl deutlicher als auf den Schimmelpilzbesatz und die Hefen und zeigte zum Ende der Lagerung geringere Werte für die Gesamtkeimzahl in Vakuumverpackung verglichen mit Papierverpackung. Dass die Probe MP (Papierverpackung) durch große Schwankungen in Gesamtkeimzahl und Hefebesatz auffiel deutet auf mögliche Spot-Kontaminationen der Probe hin. Die Verpackung hatte auf Hefen und Schimmelpilze geringe Auswirkungen, hier traten eher Probenunterschiede hervor.

Sensorik

Die Bewertung der sensorischen Eigenschaften der Mohnproben erfolgte anhand verschiedener Attribute, die sich auf das Aussehen/die Farbe, den Geruch, den Geschmack/Flavour und die Textur der Samen bezogen. Da mit dem Begriff Geschmack nur die 5 Grundgeschmacksarten beschrieben werden, von denen in der Mohnsensorik süß und bitter abgeprüft wurden, werden unter dem Begriff Flavour alle Eindrücke zusammengefasst, die sich auf die allgemeine Wahrnehmung der Proben bei Aufnahme in den Mund beziehen. Dies kann beispielsweise auch retronasale Eindrücke mit einschließen (Le Bon et al., 2017). Insgesamt zeigen die sensorischen Profile der Proben an den vier Messterminen mit jeweils dreimonatigem Abstand in den meisten Attributen nur geringe Unterschiede.

Zu Versuchsbeginn im November 2019 wurde drei von vier Proben ein allgemeiner Mohngeruch mit einer Bewertung zwischen 5 und 6 (von 9) bescheinigt, Fehlgeruch wie ranzig, bitter oder adstringierend wurden weder geruchlich noch gustatorisch hoch bewertet. Es überwogen die Bewertungen des allgemeinen Mohngeruchs, des allgemeinen Mohnflavours und der Knackigkeit, die bei allen Proben mit tendenziell höheren Intensitäten bewertet wurden. Dass zu Versuchsbeginn die Profile der Proben ähnlich und eher positiv bewertet wurden, war zu erwarten, da die verkosteten Samen aus der Ernte 2019 stammten und erst eine kurze Lagerdauer hinter sich hatten. Beispielsweise wäre mit erhöht ranzigen

Noten erst nach längerer Lagerdauer bei verstärkt ablaufenden Oxidationsprozessen zu rechnen (Krist et al., 2005).

Nach 3 Monaten Lagerung reduzierte sich im Vergleich zum Versuchsbeginn die Intensitätsbewertung der Attribute Mohngeruch und Mohnflavour bei allen Proben. Bei `Zeno Morphex´ war der allgemeine Mohnflavour in der vakuumverpackten Probe etwas stärker als in der Papierverpackung. Interessanterweise wurde der nussige, erdige sowie heuartige Geruch in den Proben, die papierverpackt waren, tendenziell mit höheren Intensitäten wahrgenommen als in den vakuumverpackten Proben. Wiederum traten keine hohen Bewertungen in den Intensitäten der negativ behafteten Attribute ranzig, muffig, adstringierend oder bitter auf. Dagegen wurden die Samen als eher süß und knackig wahrgenommen, wobei die Knackigkeit bei allen Proben im Vergleich zu Versuchsbeginn etwas abnahm. Allerdings nahmen die Probanden ähnlich wie zu Versuchsbeginn ein leicht kratzendes Mundgefühl und einen Nachgeschmack wahr, der tendenziell eher bei den `Zeno Morphex´ Proben auftrat. Insgesamt traten nach drei Monaten noch keine ausgeprägten Unterschiede zwischen den Lagerungsarten oder den Mohnsorten auf, die eine verkürzte Haltbarkeit einer der Proben prognostiziert hätten.

Die dritte Verkostung fand nach einer Lagerdauer von etwa einem halben Jahr statt. Insgesamt waren die sensorischen Profile der Proben weiterhin durch eher positive Attribute gekennzeichnet: mohntypische, nussige, sowie süße Aromen waren in den Proben die betonten Attribute, ebenso wie die immer noch vorhandene Knackigkeit mit Intensitätsbewertungen zwischen 5 und über 6. Bei `Zeno Morphex´ wurde ZP bitterer und ranziger bewertet als ZV. Dem gegenüber wurden der nussige und der allgemeine Mohnflavour in der ZV Probe verstärkt wahrgenommen. Trotzdem ist das Niveau der Bewertungen beispielsweise beim bitteren Flavour insgesamt eher niedrig mit Maximalwerten von 3,25. Von einem ausgeprägten Fehl aroma kann daher auch bei ZP noch nicht gesprochen werden. Bei `Mieszko´ traten kaum sensorische Veränderungen gegenüber dem vorherigen Messtermin auf. Ein Nachgeschmack war in allen Proben weiterhin relativ deutlich vorhanden mit Bewertungen zwischen 5 und 6,5. Nach einem halben Jahr haben sich die Proben zwar verändert, was sich in teilweise geringeren Bewertungen positiver Geruchs- und Flavoureindrücke zeigt, jedoch ist keine der Proben in der Bewertung deutlich niedriger eingestuft worden als die übrigen. Die Lagerdauer scheint daher bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht zu tiefgreifenden Abbauprozessen geführt zu haben, sodass von einer weiterhin positiven Produktqualität ausgegangen wird. Dies trifft auch für die gewählten Verpackungen zu, da nur der ZP Probe ein insgesamt schwächeres Profil bescheinigt wurde, nicht aber MP.

Nach neun Monaten zeigten sich erste deutliche Unterschiede im Geruchsprofil. Grundsätzlich zeigten die vakuumverpackten Proben bei beiden Sorten höhere Ausprägungen von allgemeinem Mohngeruch, nussigem, erdigem und heuartigem Geruch. Auch nach langer Lagerdauer wich das Geschmacksprofil nicht deutlich von den vorherigen Verkostungsterminen ab, sodass allen Proben weiterhin ein allgemeiner Mohnflavor sowie nussige und süße Aromen zugeordnet wurde. Dass die Proben aus sensorischer Sicht somit weiterhin alle vermarktbar blieben, wird deutlich. Allerdings zeigte das Geruchsprofil bereits deutliche Abweichungen zwischen Vakuum- und Papierverpackung zugunsten der vakuumverpackten Ware.

Insgesamt zeigten die Mohnsamenproben bei der untersuchten Lagerdauer nur geringfügige sensorische Abweichungen zur Ausgangssituation. Während der Geschmack weitestgehend erhalten blieb, nahmen die Intensitäten der geruchlichen Wahrnehmung nach 9-monatiger Lagerdauer ab. Diese Abnahme war etwas stärker in den papierverpackten Proben als in der Vakuumverpackung.

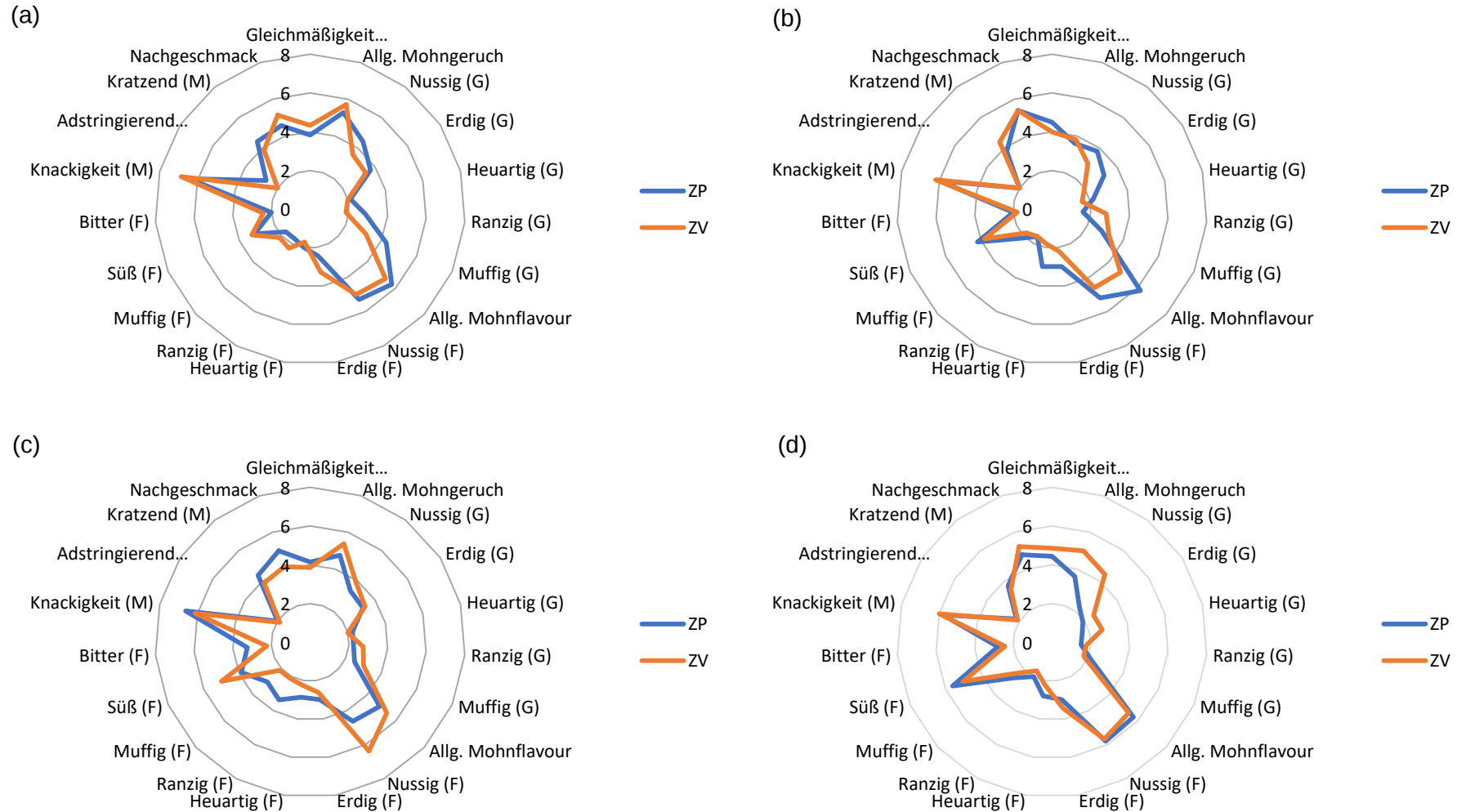
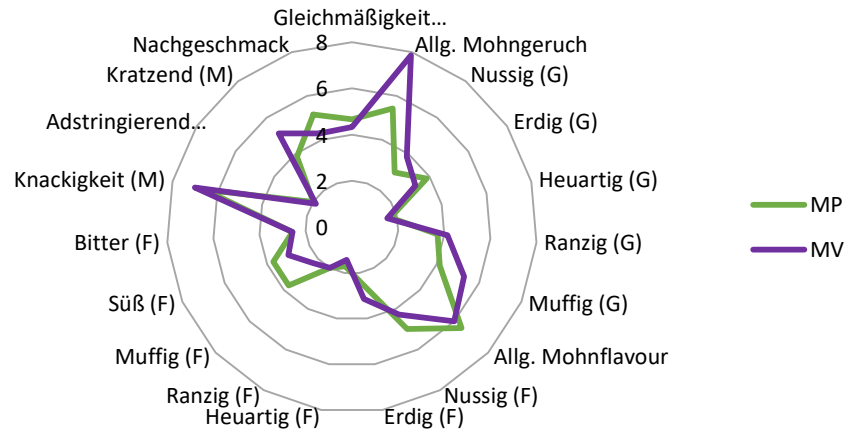
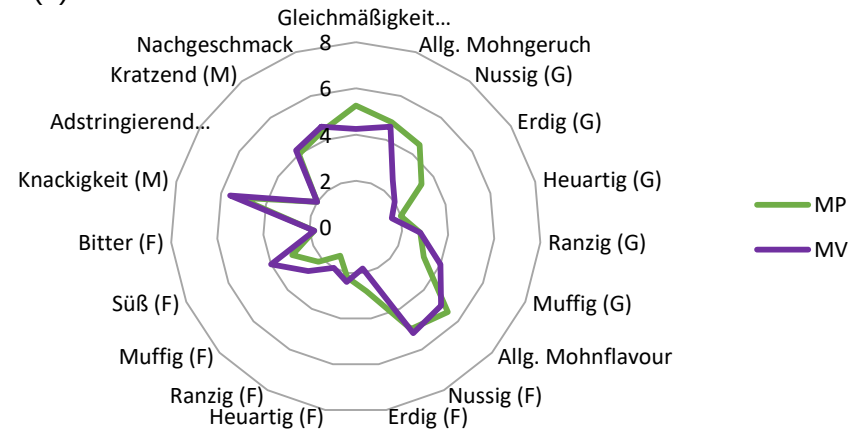


Abb. 22 Bewertung der sensorischen Attribute der Mohnsorte 'Zeno Morphex' in den unterschiedlichen Verpackungen Papier und Vakuum a) zu Versuchsbeginn b) nach dreimonatiger c) nach sechsmonatiger und d) nach neunmonatiger Lagerung. G: Geruch, F: Flavor, M: Mundgefühl

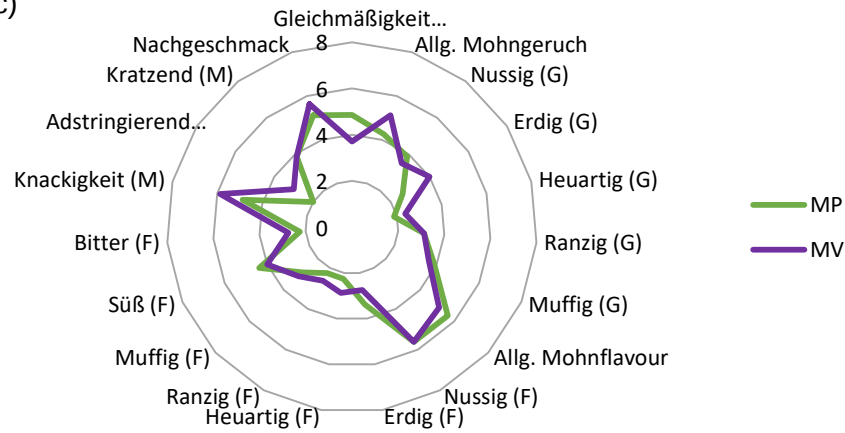
(a)



(b)



(c)



(d)

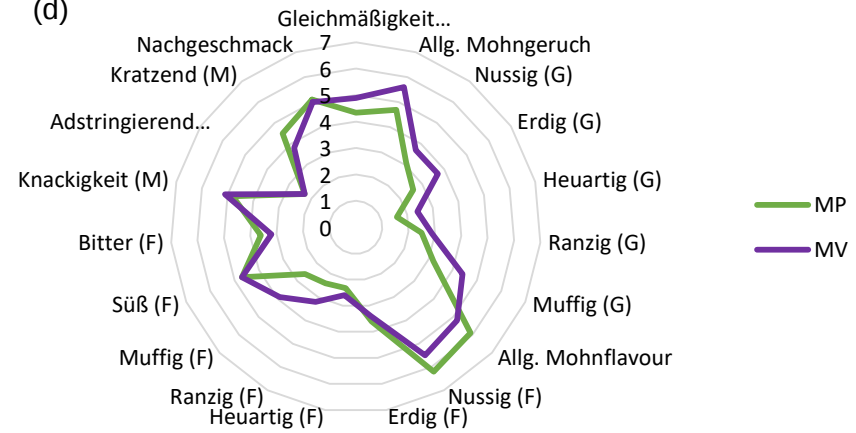


Abb. 23 Bewertung der sensorischen Attribute der Mohnsorte 'Mieszko' in den unterschiedlichen Verpackungen Papier und Vakuum a) zu Versuchsbeginn b) nach dreimonatiger c) nach sechsmonatiger und d) nach neunmonatiger Lagerung. G: Geruch, F: Flavor, M: Mundgefühl

Fazit

Aus mikrobiologischer Sicht ist eine Lagerungsdauer unter den gegebenen konstanten Lagerungsbedingungen von 9 Monaten problemlos möglich, da sich keine auffällige Erhöhung von Gesamtkeimzahl, Hefen oder Schimmelpilzen über den Lagerungszeitraum zeigte und auch die Verpackung in diesem Zeitraum nur eine geringe Verbesserung von Gesamtkeimzahl und Hefen verursachte. Auf die Sensorik hatte die Verpackung jedoch einen Einfluss, hier zeigten sich nach 9 Monaten in der Geruchswahrnehmung deutlichere Schwächen der papierverpackten Proben gegenüber der vakuumverpackten Ware. Fehleraromen wie ranzig oder bitter traten auch nach neunmonatiger Lagerung nicht in verstärktem Ausmaß auf und der nussige und Mohnflavor blieben größtenteils erhalten, wohingegen der mohnartige und nussige Geruch sich nach 9 Monaten im Vergleich zur Einlagerung abgeschwächt hatte. Dies bedeutet, dass eine Lagerung von Mohnsamen in Papier- oder Vakuumverpackung bis zu 6 Monate problemlos möglich ist. Darüber hinaus ist durch die Vakuumverpackung ein größerer Aromaschutz gegeben, sodass sich dies für längere Lagerungszeiträume empfiehlt.

1.3.5 Gemengeanbau

Hintergrund

Der gemeinsame Anbau zweier Kulturen auf derselben Fläche bietet ökologische und ökonomische Vorteile wie die Erhöhung der Flächenproduktivität und Ressourcenausnutzung oder die Reduktion von Krankheits-, Schädlings- und Unkrautdruck (Vandermeer, 2012). Gleichzeitig ist die Auswahl der eingesetzten Feldfrüchte sowie Parameter wie Aussaattermine, Saatstärke oder Sorten entscheidend für den Erfolg des Misanbaus. Ob eine Mischung gelingt, ist daher abhängig von vielen Faktoren und ein für den Mohnanbau noch weitgehend unerforschtes Thema. Zwar gibt es in alter Literatur Hinweise auf Misanbau von Mohn mit Möhren oder Rüben, zu den heutigen Sorten und den durch den Klimawandel veränderten Anbaubedingungen fehlen jedoch aktuelle Daten.

Da der Mohn insbesondere zu Spätverunkrautung durch weißen Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) neigt, sollte in Feldversuchen mit unterschiedlichen Kulturen an verschiedenen Standorten überprüft werden, ob durch Untersaaten der Unkrautdruck verringert werden kann ohne, dass der Mohn in der Konkurrenz mit dem Mischungspartner unterdrückt wird. Neben der Unkrautfrage galt es vor allem das Potential der Fläche und die vorhandenen Ressourcen besser auszunutzen, mit dem Ziel die Mohnerträge zu stabilisieren. Wenn als Mischungspartner eine Druschfrucht gewählt wurde, konnte auch die Möglichkeit eines zusätzlichen Ertrags wahrgenommen werden und so ebenfalls zur Risikominimierung beitragen.

Die folgenden Kulturen wurden an den jeweiligen Standorten im Projektverlauf getestet:

Tab. 32 Übersicht der Teilversuche zum Gemengeanbau an den Standorten Campus Klein-Altendorf (CKA) und Friedenfels (FF) 2018 - 2020

Mischung	Versuchsstandort	Erntejahre
Sommermohn – Kümmel	CKA	2018, 2019, 2020
Sommermohn – Weißklee & Sommermohn – Gerste	CKA	2018, 2019, 2020
Sommermohn – Lupine & Sommermohn – Linse	FF	2019, 2020
Wintermohn – Senf	CKA	2019, 2020
Wintermohn - Weißklee	CKA, FF	2020

Sommermohn & Kümmel

Am Campus Klein-Altendorf wurde die Kombination von Mohn und Kümmel in den Aussaatjahren 2018, 2019 und 2020 getestet. Dabei wurden die Varianten Mohnreinsaat, Kümmelreinsaat und Mohn mit Untersaat Kümmel verglichen. Die Parzellengröße betrug 30 m² in vierfacher Wiederholung. Der Mohn wurde mit einem Reihenabstand von 45 cm ausgesät, der Kümmel mit einem Abstand von 9 cm zur Mohnreihe, sodass sich pro Parzelle 6 Reihen Mohn und 9 Reihen Kümmel ergaben. Der statistische Vergleich zwischen Reinsaat und Untersaat erfolgte mittels t-Tests ($p < 0.05$).

Der Kümmel als zweijährige Kultur bietet sich als Gemengepartner an, da er im ersten Jahr nur vegetatives Wachstum zeigt und erst im zweiten Jahr gedroschen werden kann. Durch eine Untersaat in den Mohnbestand kann die Fläche durch den Mohn auch schon im ersten Jahr Ertrag bringen. Am CKA wurde daher 2018, 2019 und 2020 überprüft, ob eine Kümmeleinsaat in den Mohn erntereife Bestände für beide Kulturen produzieren kann. Dazu wurden je drei Reihen Kümmel zwischen die Mohnreihen (45 cm Reihenabstand) gesät, sodass sich pro Parzelle 6 Reihen Mohn und 9 Reihen Kümmel ergaben. Durch frühere Aussaat wurde dem Mohn dabei ein Vorsprung von 3-4 Wochen ermöglicht.



Abb. 24 Mohnreihen mit Kümmeluntersaat am CKA im Juni 2019

Die Etablierung des Mohns gelang in allen drei Jahren, sodass ein gleichmäßiger Pflanzenaufwuchs sowohl in der Reinsaat als auch in Mischsaat mit Kümmel beobachtet wurde und im August erntereife Bestände gedroschen werden konnten. Das Höhenwachstum verlief dabei zu keinem Messzeitpunkt signifikant unterschiedlich und ist exemplarisch am Versuchsjahr 2019 in Abb. 25 dargestellt. Dies zeigt, dass der Kümmel für den Mohn keine starke Konkurrenz darstellte. Im Gegensatz dazu hatte der Kümmel Schwierigkeiten als Untersaat einen ausreichenden Bestand zu bilden. In 2020 war aufgrund der trockenen Aussaatbedingungen und des ausbleibenden Niederschlags schon der Feldaufgang nur minimal und konnte sich weder in Reinsaat noch als Untersaat etablieren. 2018 und 2019 wuchs der Kümmel innerhalb des ersten Monats nach Aussaat gleichmäßig auf, anschließend war ein höheres Pflanzenwachstum in der Kümmelreinsaat verglichen mit der Mischsaat zu beobachten (Abb. 26).

2018 war der Unkrautdruck im Bestand so hoch, dass nach dem Mohndrusch der Versuch abgebrochen werden musste und keine Ernte des Kümmels erfolgte.

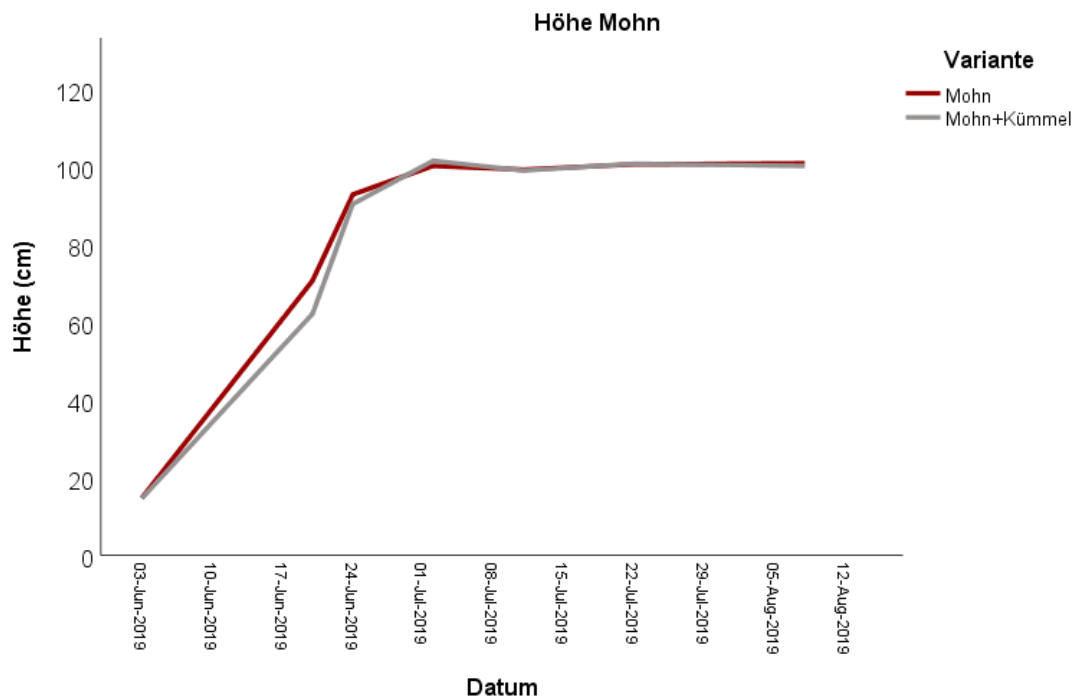


Abb. 25 Höhenwachstum des Mohns in Reinsaat sowie mit Kümmel-Untersaat 2019

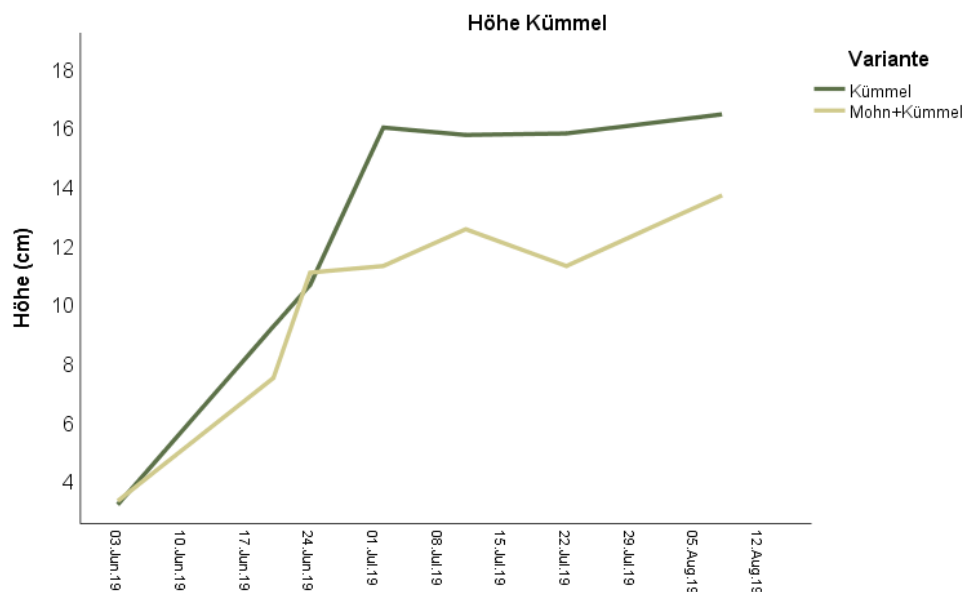


Abb. 26 Höhenwachstum des Kümmels in Reinsaat sowie als Untersaat in Mohn 2019

Was den Verlauf der Mohn-Trockenmasse betrifft, wurden 2018 und 2020 ebenfalls nur minimale Unterschiede zwischen Mohnreinsaat und Mischsaat gemessen, was auf die schwache Ausprägung der Kümmeluntersaat zurückzuführen ist. In 2019 war bis auf eine Ausnahme der Biomasseverlauf nicht signifikant unterschiedlich, zeigte aber eine deutliche Tendenz zu größerer Trockenmasse in der Mohnreinsaat. Die Konkurrenzsituation war 2019 somit deutlich ausgeprägter und schlug sich auch in der Trockenmasse des Kümmels nieder, dieser erreichte in Reinsaat Trockenmassen zwischen 40 und 100 g m⁻², in Untersaat waren dies stets unter 20 g m⁻².

Da in 2020 kein Kümmelbestand ausgebildet werden konnte, wurde der Versuch in diesem Jahr nicht beerntet. Die Mohnertragsergebnisse für 2018 und 2019 sind in Tab. 33 abgebildet.

Tab. 33 Mohnertragskennzahlen in Reinsaat (M) und mit Kümmel als Untersaat (MK) 2018-2019

Jahr	2018		2019	
Variante	M	MK	M	MK
Samenertrag (kg ha ⁻¹)	504,28 ± 178.71	542,27 ± 134.10	1.014,33 ± 100.67	1.027,50 ± 147.09
Strohertrag (kg ha ⁻¹)	1.151,67 ± 275.30	1.237,50 ± 598.80	2.352,75 ± 147.80	2.203,97 ± 339.04
Pflanzen pro m ²	-	-	125 ± 28.45	110 ± 28.91
Kapseln pro Pflanze	-	-	0,93 ± 0.05	0,94 ± 0.03
TKM	0,41 ± 0.01	0,42 ± 0.03	0,46 ± 0.02	0,45 ± 0.02

Dabei fiel ein deutlich höheres Ertragsniveau 2019 im Vergleich zu 2018 auf. Die Unterschiede zwischen den Varianten in Samen- und Strohertrag sind dabei vergleichsweise gering und nicht signifikant. Die Tausendkornmasse lag 2019 ebenfalls etwas über der von 2018. Der Unkrautdruck war insbesondere 2018 im gesamten Versuch hoch und auch durch mehrmalige manuelle Unkrautentfernung nicht vollständig in den Griff zu bekommen. Hauptproblemunkräuter waren dabei Gemeiner Gänsefuß, Gemeiner Nachtschatten und Ackerkratzdistel. Beide Versuchskulturen waren daher durch das Unkraut und die trockenen Versuchsbedingungen 2018 geschwächt und konnten sich am gewählten Standort nicht optimal behaupten. Dies erklärt die unterdurchschnittlichen Mohnerträge, die weniger durch die Konkurrenz mit dem Kümmel als durch die konkurrenzstarken Unkräuter beeinflusst wurden. Der Kümmel wurde daher nur in 2019 beerntet und lieferte Erträge in Höhe von $895,72 \pm 227,15 \text{ kg ha}^{-1}$ für die Reinsaat und $579,22 \pm 140,41 \text{ kg ha}^{-1}$ in der Mischkultur (Abb. 27).

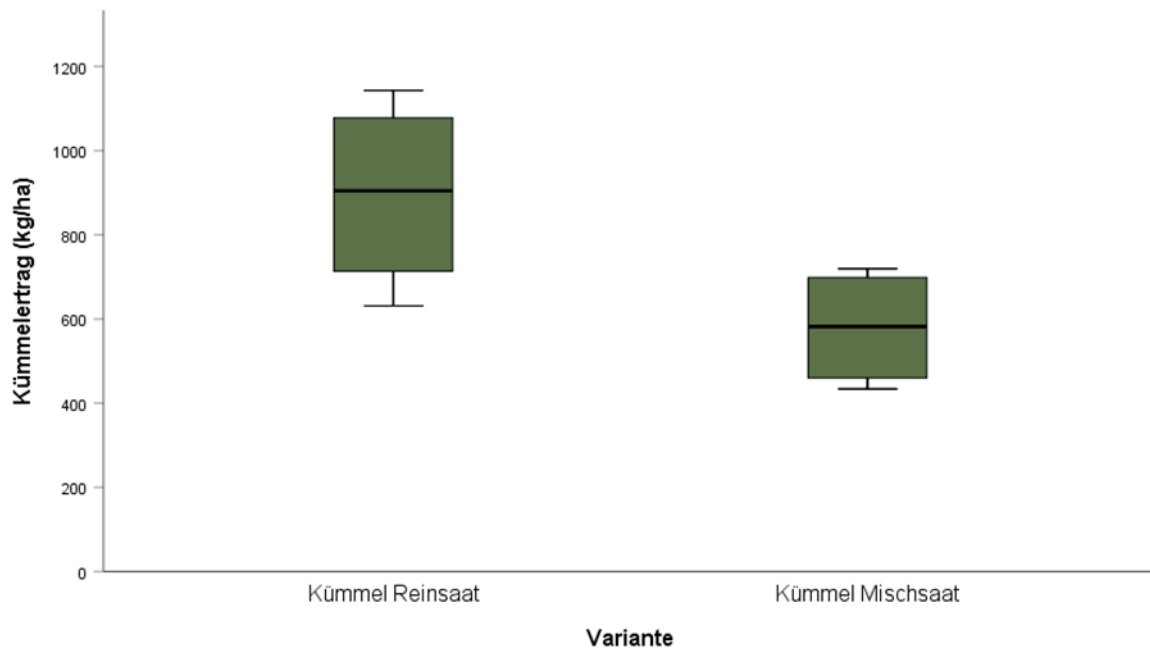


Abb. 27 Kümmelerträge in Rein- und Mischsaat 2019

Die Kümmelerträge aus der manuellen Ernte unterschieden sich zwar nicht signifikant, zeigen aber, dass sich der Kümmel in Reinsaat tendenziell stärker entwickelte und damit ertragreicher war als der Kümmel aus der Mischung. Die hohe Streuung kam vor allem dadurch zustande, dass aufgrund der großen Trockenheit im Sommer 2020 zur Ernte ein Teil der Kümmelsamen bereits ausgefallen war. Auch die Druscherträge zeigen ein ähnliches Bild mit tendenziell höheren Erträgen in der Kümmelreinsaat ($1.174,89 \pm 403,05$) gegenüber der Mischung ($786,48 \pm 380,79$). Auch hier waren die Standardabweichungen hoch, insgesamt wurde der Ertrag aber etwas höher eingeschätzt als über die manuelle Ernte, vermutlich aufgrund des Ausfalls von Samen bei der manuellen Ernte. Grundsätzlich gibt es zur Kombination Mohn und Kümmel bereits Erfahrungen. (Pank, 2013) berichten von möglichen Erträgen von je 10 dt ha^{-1} für Kümmel und Mohn bei gemischter Breitsaat. Dieser Wert wurde für den Mohn in Mischung sowohl in Reinsaat 2019 erreicht. Für den Kümmel lagen die Reinsaatserträge annähernd in der Region von 1.000 kg ha^{-1} , in Mischung war dies jedoch deutlich geringer.

Die Tausendkornmasse des Kümmels unterschied sich nicht zwischen den Varianten und lag zwischen 2,23 und 2,77 g. Dies ist im Mittelfeld der von (Pank, 2013) angegebenen Spanne für eine durchschnittliche Kümmel-Tausendkornmasse (1,9-3,5 g).



Abb. 28 Mohn mit Kümmel-Untersaat zur Mohn-Ernte 2019

Die Ergebnisse zeigen, dass der Mohn durchaus geeignet für eine Kombination mit Kümmel ist, da keine Beeinflussung von Mohnwachstum und -ertrag durch die Kümmeluntersaat auftrat. Im Gegensatz dazu war die Konkurrenzsituation für den Kümmel problematischer, sodass es nur in 2019 gelang den Kümmelbestand bis ins nächste Jahr zu bringen, sodass dieser ebenfalls beerntet werden konnte. Generell zeigten die Versuche auch die Schwierigkeit in Jahren mit Frühjahrstrockenheit Kümmelbestände zu etablieren.

Fazit

Eine Kombination von Kümmel und Mohn zur Nutzung der Flächenpotentials bereits im Kümmel-Ansaatjahr ist durchaus vielversprechend, vor allem vor dem Hintergrund der schwierigen Bestandesetablierung von Kümmel. Die Kümmelerträge können allerdings hinter denen einer Reinsaat zurückbleiben.

Sommernohn & Weißklee + Sommernohn & Sommergerste

Vor dem Hintergrund der Reduzierung von Spätverunkrautung mit weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*) wurden eine frühe und eine um zwei Wochen versetzte Untersaat mit Weißklee (*Trifolium repens*) in den Zwischenreihenraum der auf 45 cm Abstand zuvor gesäten Sommernohnreihen (Sorte `Viola´) eingebracht (Abb. 29). Für eine verbesserte Flächennutzungseffizienz und vor dem Hintergrund der Minimierung des Anbaurisikos

wurden zusätzlich Untersaaten mit Sommergerste in drei Saatstärken als weitere Varianten in dem Feldversuch etabliert (Abb. 30). Dieser wurde dreifach wiederholt angelegt.

Die Kombination mit Weißklee erwies sich als vielversprechend, da der Mohn so gut wie unbeeinflusst in Wachstum und Ertragsausbildung blieb, unabhängig vom Zeitpunkt der Kleeinsaat. Ein später Saatzeitpunkt des Klees konnte jedoch in zwei von drei Jahren keinen bodenbedeckenden Bestand ausbilden, weshalb die frühe Saat zu bevorzugen ist. In Kombination mit Gerste war der Jahreseffekt besonders deutlich. In Abhängigkeit der Wasserversorgung und Saatzeitpunkt verschoben sich die Konkurrenzeffekte, sodass bei Wasserknappheit der Mohn profitierte und auch in Mischung stabile Erträge produzierte. Bei früher Aussaat und ausreichend Wasser, war die Gerste dem Mohn in ihrer Konkurrenzkraft überlegen. Weitere Ergebnisse des Feldversuchs können in der dazu erscheinenden Veröffentlichung nachvollzogen werden.



Abb. 29 Mohn mit Weißklee 55 Tage nach Mohnaussaat 2019



Abb. 30 Mohn mit Gerste 55 Tage nach Mohnaussaat 2019

Fazit

Die Kombination zweier Druschfrüchte (Mohn & Gerste) ist aus Ertragssicht vielversprechend und konnte in 2 von 3 Jahren positive LERs erzielen. Wichtig ist hier, die Konkurrenzeffekte durch Anpassung von Saatzeiten zu verringern. Klee als Mischungspartner ist unproblematisch und bringt die Vorteile des Mischanbaus (Bodenbedeckung, Erosionsminderung, Vorfruchteffekt) ohne Beeinträchtigung der Hauptfrucht Mohn mit.

Sommermohn & Lupine + Somermohn & Linse

Am Anbaustandort Friedenfels wurden in den Sommern 2019 und 2020 jeweils Kombinationen von Somermohn mit Lupinen bzw. Somermohn mit Linsen in Feldversuchen überprüft. Der Mischanbau mit anderen Druschfrüchten ist attraktiv, um weitere Erträge zu generieren, die mit derselben Erntetechnik (Mähdrescher) beerntet werden können, um so den Mehraufwand gering zu halten. Durch das Einbringen von Leguminosen wie Linse oder Lupine kann zudem Stickstoff aus der Luft fixiert und so die Konkurrenz um Stickstoff aus dem Boden begrenzt werden.

Der Feldversuch wurde 2019 und 2020 in Friedenfels angelegt und kombinierte Somermohn (2019: 'Mieszko'; 2020: 'Viola') mit zwei Lupinensorten ('Boruta', 'Boregine') sowie Linsen. Der Reihenabstand zwischen den Mohnreihen betrug 33 cm und die Ausbringung der Untersaaten erfolgte dazwischen. Aufgrund von zwei Doppelreihen Mohn an den Parzellenrändern ergaben sich insgesamt pro Parzelle 8 Reihen Mohn und 3 Reihen Untersaat. 2019 wurden die Reinsaaten maschinell gehackt. Aufgrund des vermuteten vorhandenen Einflusses des Hackens, wurden 2020 neben der maschinellen Hacke auch Reinsaaten ohne jegliche Unkrautregulierung geführt. Die Saatstärke des Mohns lag bei 1,5 kg ha⁻¹, die der Lupinen bei 85 (Boregine) bzw. 87 (Boruta) kg ha⁻¹ und die Linse wurde mit 81 kg ha⁻¹ ausgebracht. Die Aussaat der Mischungspartner erfolgte zum selben Zeitpunkt wie die Mohnaussaat, 2020 war dies am 11. April.

In beiden Jahren entwickelte sich der Mohnbestand grundsätzlich in allen Versuchsvarianten positiv und auch die Leguminosen konnten sich etablieren. 2020 fiel der Blütezeitpunkt der Leguminosen auf Ende Juni, während der Mohn etwa eine Woche später blühte.

Was das Längenwachstum betrifft, konnte 2019 die Reinsaat zur Ernte mit im Mittel 87 cm eine größere Pflanzenhöhe aufweisen als der Mohn im Mischanbau (71 – 79 cm). 2020 wuchsen Mohn und Leguminosen zunächst gleichmäßig hoch, der Mohn überwuchs die Leguminosen erst ab dem Blütezeitpunkt. Ende Mai betrug die Pflanzenhöhe des Mohns circa 11 cm und die von Lupinen und Linsen jeweils 10 bzw. 13 cm. Am 22.06.2020 war dann ein deutlicher Höhenunterschied sichtbar, die Mohnpflanzen waren dort im Schnitt 76

cm hoch, während die Lupinen bei 54 cm und die Linsen bei 48 cm lagen. Zur Ernte 2020 war der Mohn im Schnitt 97 cm hoch. Während 2019 signifikante Unterschiede im Höhenwachstum des Mohns zur Ernte dokumentiert wurden, konnte 2020 zu keinem Messzeitpunkt ein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden. Was die Leguminosen betrifft, war auch kein Einfluss des Mischanbaus auf die Pflanzenhöhe feststellbar, es zeigte sich nur, dass die Sorte `Boregine` tendenziell größer wurde als die Sorte `Boruta`, so betrugen deren Höhen am 22.06.2020 48 bzw. 62 cm.

Unkraut

Der Unkrautbesatz in den Mohnparzellen wurde 2020 zu drei Terminen durch Boniturnoten zwischen 1 und 10 geschätzt. Etwa einen Monat nach Aussaat konnten noch keine signifikanten Unterschiede im Unkrautbesatz der Varianten ermittelt werden, die Einschätzung des Unkrautbesatzes lag bei etwa 5,3. Dies entspricht einem mittleren Unkrautdruck, der für ökologisch bewirtschaftete Flächen als normal angesehen werden kann. Mitte Juni entwickelte sich der Unkrautbesatz bereits unterschiedlich, sodass eine signifikant höhere Verunkrautung in den Varianten Boruta-Reinsaat-ungehackt, Mohn+Boruta und Mohn-Reinsaat-ungehackt (6,0 – 7,3) gegenüber Boregine-Reinsaat-gehackt, Mohn+Linse sowie Linse-Reinsaat-gehackt (3,1 – 2,6) gemessen wurde. Die Verunkrautung der übrigen Varianten befand sich auf einem Level zwischen 4,0 und 5,6. Dass drei von vier ungehackten Reinsaatvarianten (bis auf Linse) eine Verunkrautung oberhalb von 5 aufwiesen zeigt einen möglichen Beitrag der Hacke zur Unkrautregulierung. Beispielsweise wurde in der Variante Boregine-Reinsaat-gehackt der geringste Unkrautdruck festgestellt. In den Mischanbauvarianten variierte der Unkrautbesatz und zeigte in Kombination mit Linse die geringste Verunkrautung (3,2). Alle Varianten mit Linse wiesen einen Unkrautbesatz unterhalb von 5 auf, was Hinweise auf einen unkrautunterdrückenden Effekt der Linse gibt.

Ähnliche Verhältnisse ließen sich auch am 25.07.2020 feststellen, hier waren die Varianten mit dem höchsten Unkrautbesatz Boruta-Reinsaat-ungehackt, Boruta-Reinsaat-gehackt und Mohn-Reinsaat-ungehackt (7,7 – 8,9). Dadurch, dass auch die Variante Mohn+Boruta eine Boniturnote von 6,8 erhielt, zeigen die Ergebnisse vom 25.06. die schwache Konkurrenzkraft von Boruta gegenüber Unkräutern. Den geringsten Unkrautbesatz wies die Variante Mohn+Linse (2,0) auf, die kaum verunkrautet war und auch die anderen beiden Linsen-Varianten blieben bei einer Verunkrautung unterhalb von 5.

Insgesamt zeigen die Unkrautdaten, dass die Linse als Mischungspartner Vorteile gegenüber den Lupinen in Bezug auf die Unkrautentwicklung im Mischanbau mit Mohn hat. Im Gegensatz dazu war der Unkrautdruck in Parzellen mit `Boruta` am höchsten, was Gegenargumente für ihren Einsatz in der Mischung mit Mohn liefert. Der Effekt der

Unkrauthacke wurde in den Reinsaat des Mohns deutlich, die den geringeren Unkrautbesatz in den gehackten Varianten aufwiesen.



Abb. 31 (a) Mohn + Lupine und (b) Mohn + Linse in Friedenfels 2019

Ertrag – Mohn

2019 unterschieden sich die alle Ertragsparameter nicht signifikant zwischen den Varianten. Beispielsweise gab es in den Parametern Pflanzen/m², Kapseln pro Pflanze oder TKM keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tab. 34). Auch Stroh- und Samenertrag wiesen keine signifikanten Unterschiede auf, es ließ sich lediglich ein tendenziell erhöhter Ertrag in der Mohn Reinsaat feststellen (Abb. 32). Dieser Ertragsvorteil kann neben der fehlenden Konkurrenz durch die Mischungspartner oder auf die erfolgte Maschinenhacke der Reinsaatparzellen zurückzuführen sein, die durch die Auflockerung des Bodens Wachstumsvorgänge unterstützt haben kann. Trotzdem deuten diese Ergebnisse auf einen Erfolg der Gemengepartnerwahl hin, da der Mohn sich in der Konkurrenzsituation mit den jeweiligen Leguminosen in allen Varianten behaupten und auch dort einen nicht unerheblichen Ertrag ausbilden konnte.

2020 traten signifikante Unterschiede im Ertrag auf, dort wurde in beiden Reinsaatvarianten (gehackt und ungehackt) ein Ertrag von 759,5 (ungehackt) bzw. 948,4 kg ha⁻¹ (gehackt) festgestellt, welcher signifikant höher war als die Kombination mit Linse (418,2 kg ha⁻¹). Die Erträge der Mischung mit Lupine lagen zwischen 618,3 und 679,7 kg ha⁻¹. Im Strohertrag

wurde dasselbe Verhältnis sichtbar mit signifikant höheren Stroherträgen der Reinsaaten Mohn ($4.292,7 - 4.992,0 \text{ kg ha}^{-1}$) gegenüber der Kombination mit Linse ($2701,6 \text{ kg ha}^{-1}$). In den Parametern Bestandesdichte, Kapseln pro Pflanze und TKM traten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf. Die Erträge machen deutlich, dass es Konkurrenzeffekte durch den Mischanbau gibt, die in Kombination mit der Linse besonders stark ausgeprägt waren. Unter den Lupinen-Sorten gab es kaum Unterschiede im Einfluss auf den Mohnertrag, da 'Boruta' jedoch eine hohe Verunkrautungsneigung zeigte, ist bei der Wahl des Mischungspartner 'Boregine' zu bevorzugen. Der vermutete Effekt der Hacke war zwar nicht signifikant, zeigte jedoch tendenziell ein erhöhten Mohnertragspotential in der gehackten Mohnreinsaat.

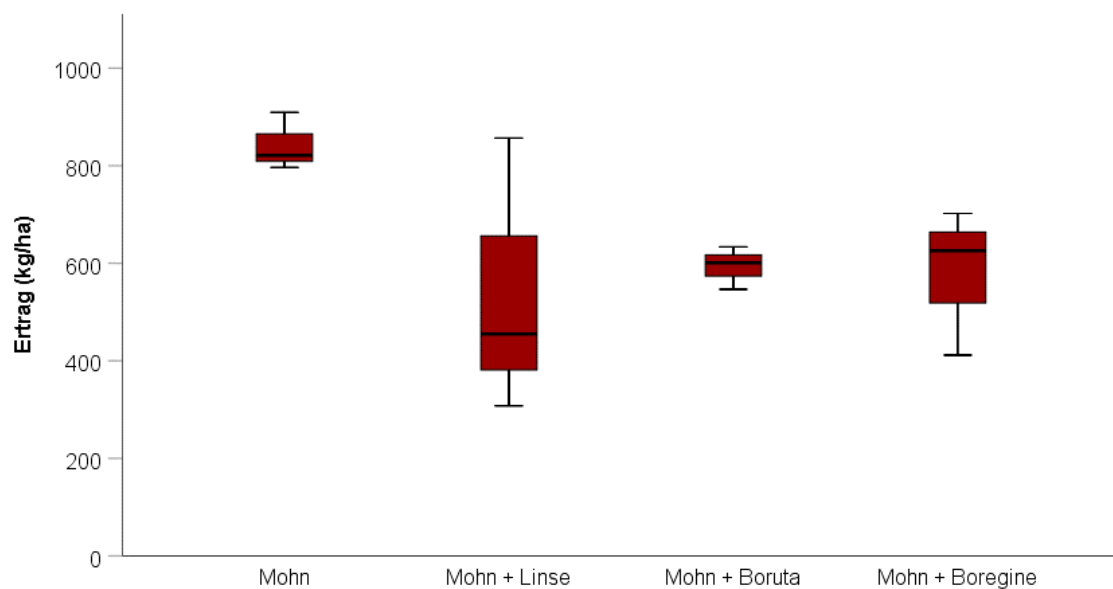


Abb. 32 Mohnerträge (kg ha^{-1}) in Reinsaat sowie in Mischung mit Linsen und Lupinen am Standort Friedenfels 2019

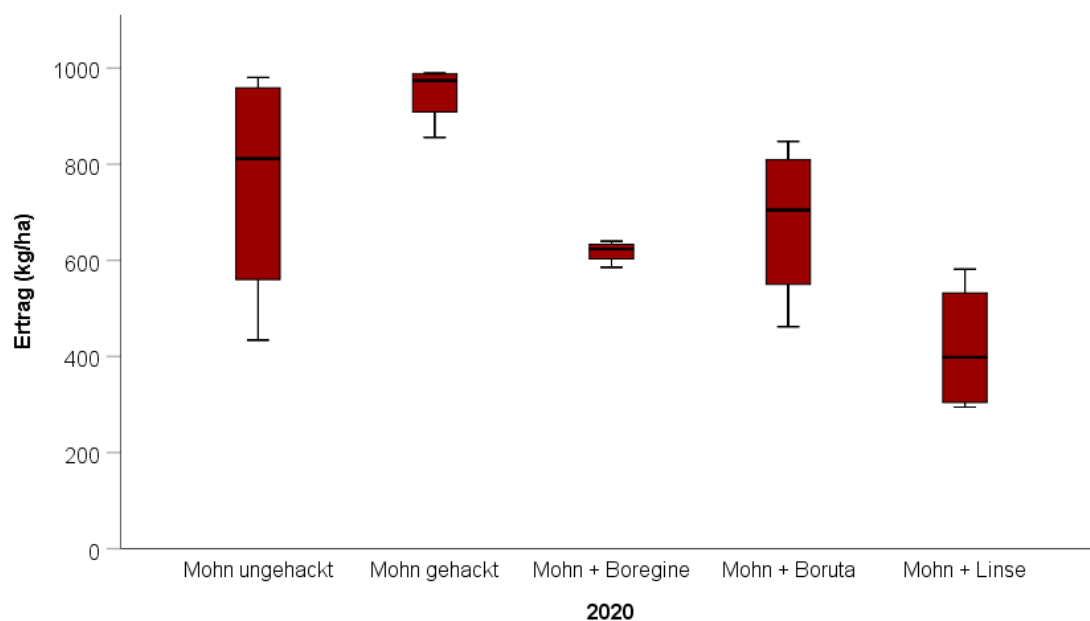


Abb. 33 Mohnerträge (kg ha⁻¹) in Reinsaat gehackt und ungehackt sowie in Mischung mit Linsen und Lupinen am Standort Friedenfels 2020

Tab. 34 Ertragsparameter des Mohns im Sommermohn Untersaatversuchs Friedenfels 2019 und 2020

		Höhe* (cm)	Pflanzen pro qm	Kapseln pro Pflanze	Ertrag (kg ha ⁻¹)	Stroh (kg ha ⁻¹)	TKM Mittel
2019	Mohn	87,3 ^c ± 0,8	90,4 ± 21,1	1,0 ± 0,1	842,4 ± 59,3	1.881,8 ± 177,3	0,46 ± 0,01
	Mohn + Linse	71,4 ^a ± 3,7	90,4 ± 7,6	0,9 ± 0,1	539,9 ± 284,3	1.147,6 ± 695,4	0,45 ± 0,01
	Mohn + Boruta	76,7 ^{ab} ± 2,2	80,6 ± 2,7	1,0 ± 0,1	593,8 ± 44,0	1.518,2 ± 24,2	0,46 ± 0,01
	Mohn + Boregine	78,7 ^b ± 1,6	87,1 ± 5,0	1,0 ± 0,0	579,9 ± 150,7	1.328,3 ± 276,3	0,46 ± 0,03
2020	Mohn ungehackt	95,4 ± 9,5	193,1 ± 34,7	0,9 ± 0,0	759,5 a ± 252,8	4.292,7 ab ± 864,3	0,47 ± 0,02
	Mohn gehackt	104,5 ± 8,2	143,8 ± 21,6	1,0 ± 0,0	948,4 a ± 63,1	4.992,0 a ± 416,4	0,47 ± 0,01
	Mohn + Linse	89,8 ± 5,6	151,6 ± 25,0	0,8 ± 0,1	418,2 b ± 137,8	2.701,6 c ± 480,1	0,42 ± 0,05
	Mohn + Boruta	93,9 ± 4,9	154,7 ± 27,1	0,9 ± 0,1	679,7 ab ± 168,9	3.733,6 abc ± 647,9	0,47 ± 0,01
	Mohn + Boregine	101,6 ± 11,7	138,2 ± 47,8	1,2 ± 0,5	618,3 ab ± 23,3	3.551,8 bc ± 309,2	0,46 ± 0,01

* Kleinbuchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten im jeweiligen Jahr (ANOVA + Tukey-HSD Test)

Die Kornerträge von Lupinen und Linsen 2019 sind in Abb. 34 dargestellt. Dabei unterschieden sich die Erträge der Lupinen nicht signifikant voneinander, wobei ein deutlicher Trend der Reinsaaten zu mehr Ertrag vorhanden war. Auch hier muss berücksichtigt werden, dass eventuelle Belüftungs- und Mineralisierungseffekte der Maschinenhacke das Wachstum der Reinsaaten begünstigt haben. Zwischen den Sorten traten dagegen keine messbaren Unterschiede auf. Bei den Linsen waren die Unterschiede noch weniger ausgeprägt, hier fiel der Ertrag in Untersaat nur minimal gegenüber dem in Reinsaat ab. Die übrigen Ertragsparameter ließen ebenfalls keine deutlichen Unterschiede zwischen Rein- und Untersaaten erkennen (Tab. 35). Dies spricht dafür, dass beide Leguminosen für eine Untersaat im Mohn durchaus geeignet scheinen und nur die Lupinen tendenziell negativ durch Konkurrenzeffekte des Mohns beeinflusst werden.

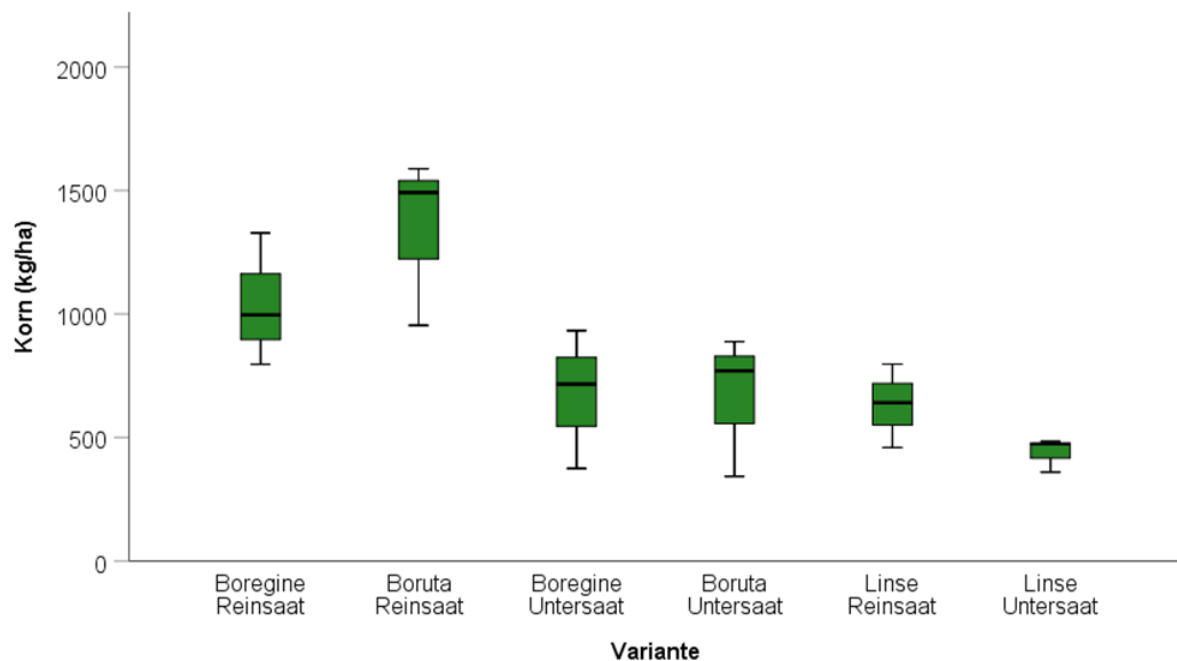


Abb. 34 Kornerträge (kg ha^{-1}) der Leguminosen (Lupinen, Linsen) in Reinsaat sowie in Mischung mit Mohn am Standort Friedenfels 2019

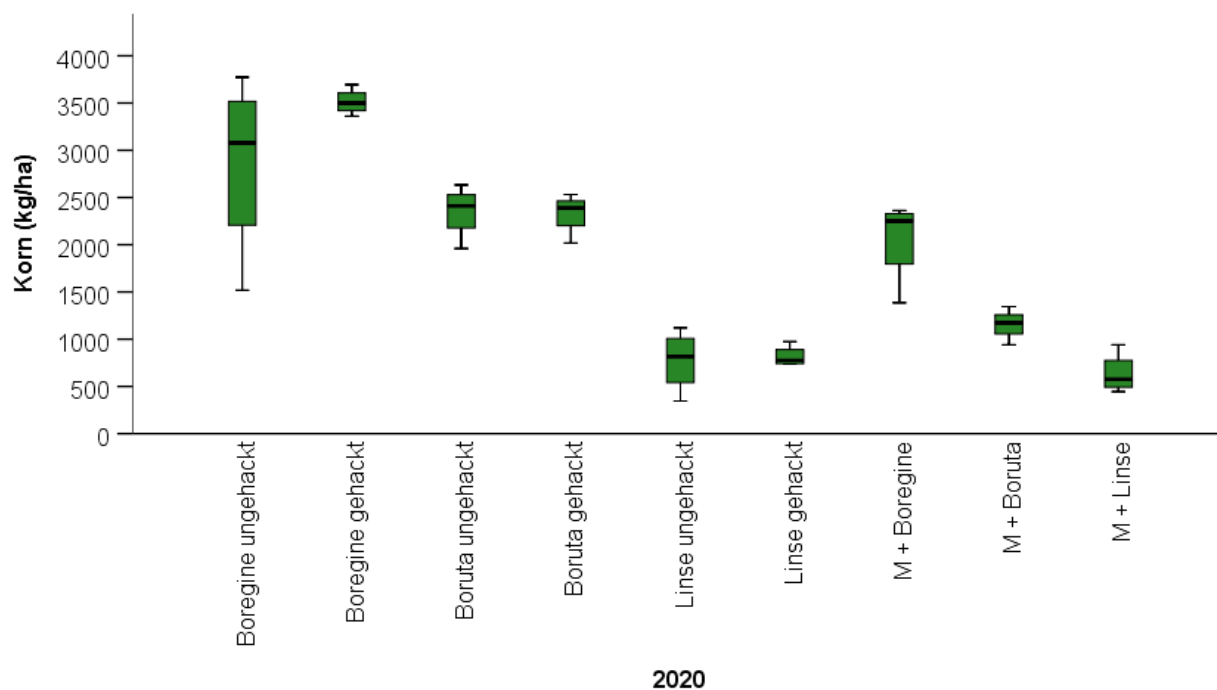


Abb. 35 Kornerträge (kg ha⁻¹) der Leguminosen (Lupinen, Linsen) in Reinsaat sowie in Mischung mit Mohn am Standort Friedenfels 2020

Tab. 35 Ertragsparameter von Lupinen und Linsen in Reinsaat sowie als Untersaat in Mohn 2019 und 2020

		Pflanzen pro qm	Hülsen pro Pflanze	Kornertrag (kg ha ⁻¹)	Strohertrag (kg ha ⁻¹)	TKM
2019	Boregine Reinsaat	35,6 ± 4,3	5,2 ± 0,2	1.040,6 ± 268,7	1.398,7 ± 346,8	160,5 ± 12,7
	Boruta Reinsaat	35,8 ± 5,6	6,5 ± 1,1	1.344,3 ± 341,5	1.480,0 ± 423,8	147,1 ± 7,8
	Boregine + Mohn	32,9 ± 4,4	4,0 ± 1,3	674,7 ± 281,4	844,7 ± 210,3	165,1 ± 19,1
	Boruta + Mohn	32,9 ± 2,7	4,1 ± 0,9	667,1 ± 288,0	760,2 ± 266,5	137,3 ± 17,8
	Linse Reinsaat			632,4 ± 168,8	1.225,3 ± 211,1	23,2 ± 0,3
	Linse + Mohn			439,0 ± 68,5	955,3 ± 167,5	24,1 ± 2,1
2020	Boregine ungehackt			2.862,4 ab ± 965,0	3.548,8 ab ± 1170,2	181,5 a ± 19,22
	Boregine gehackt			3.513,6 a ± 138,3	3.858,2 a ± 377,1	191,3 a ± 7,7

Boruta ungehackt	2.354,1 b	2.562,3 abc	140,4 b
	± 282,7	± 361,5	± 2,3
Boruta gehackt	2.332,7 b	2.639,8 abc	139,9 b
	± 219,7	± 240,8	± 1,3
Linse gehackt	816,3	1.838,7	19,6
	± 109,1	± 15,90	± 1,8
Linse ungehackt	774,2	2.191,5	19,8
	± 326,0	± 490,4	± 2,0
Boregine + Mohn	2.062,0 ab	2.386,3 bc	188,1 a
	± 454,7	± 325,9	± 8,6
Boruta + Mohn	1.152,7 b	1.379,4 c	138,7 b
	± 203,2	± 247,7	± 5,1
Linse + Mohn	634,2	1.454,2	19,8
	± 215,4	± 403,6	± 2,0

*Kleinbuchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten im jeweiligen Jahr (ANOVA + Tukey-HSD Test)

Der Leguminosenertrag zeigten 2020 wiederum bei den Lupinen eine Beeinflussung durch den Mischanbau mit Mohn. Auch die ungehackten Reinsaat-Varianten lagen dabei signifikant über der jeweiligen Mischanbauvariante. Beispielsweise konnten für Boregine in Reinsaat 2.862,3 (ungehackt) bzw. 3.513,6 (gehackt) kg ha⁻¹ geerntet werden, wohingegen in der Kombination mit Mohn nur ein Ertrag von 2.062,0 kg ha⁻¹ erreicht wurde. Bei Boruta war ebenfalls der Ertrag in Reinsaat etwa doppelt so hoch wie in Mischung mit Mohn. Ähnliche Effekte zeigten sich auch auf den Strohertrag (Tab. 35). Die Tausendkornmasse (TKM) der Lupinen unterschied sich aufgrund der Sorten, da Boregine mit 181 - 191 g eine signifikant höhere TKM als Boruta (138 - 140) g aufwies. Zusammen mit den Ergebnissen aus 2019 lässt sich folgern, dass sowohl Mohn- als auch Lupinenerträge in der Mischung gegenüber den jeweiligen Reinsaat abnahmen. Trotzdem konnte ein positiver LER berechnet werden. Dies bedeutet, dass die Konkurrenzeffekte nicht so stark waren und trotzdem eine Erhöhung der Flächenproduktivität stattfinden konnte. Je nach Vermarktungsstrategie des Anbaubetriebes, könnte daher eine Kombination beider Druschfrüchte sinnvoll sein.

Der Linsenertrag nahm in Mischung mit Mohn verglichen mit der Reinsaat nur tendenziell ab und lag zwischen 634,2 (Mohn + Linse) und 816,3 (Linse gehackt) kg ha⁻¹. Somit brachte die ungehackte Reinsaatvariante die höchsten Erträge, der Mischanbau funktionierte aus Sicht der Linse jedoch auch. Da die Mohnenerträge in der Kombination mit Linse stark abnahmen, wurde 2020 ein hoher Konkurrenzeffekt der Linse auf das Mohnwachstum deutlich. Dieser scheint stark jahresabhängig zu sein, da 2019 die Beeinflussung des Mohnertrags geringer ausfiel. Trotzdem lässt sich ein Mischanbau von Mohn mit Linsen nur dann sinnvoll einsetzen, wenn die Linse die Hauptfrucht ist und ein Verlust an Mohnertrag in Kauf genommen werden kann.

Positiv fallen die berechneten Land Equivalent Ratios (LER) der verschiedenen Gemenge auf (Tab. 36). Hier konnte mit allen drei Kulturen in beiden Versuchsjahren ein prozentualer Mehrertrag von 20-50% pro Fläche erwirtschaftet werden. Wie schon aus den Erträgen ersichtlich bietet der Mohn in Kombination mit 'Boregine' eine erfolgsversprechende Mischung, aber auch die anderen beiden Mischungspartner konnten hohe Flächenproduktivitäten erzielen.

Tab. 36 Land Equivalent Ratios (LER) der drei Mischanbausysteme Mohn + Körnerleguminosen 2019 & 2020

Mischfrüchte	LER	
	2019	2020
Mohn/Boregine	1,34	1,53
Mohn/Boruta	1,20	1,38
Mohn/Linse	1,33	1,37

Fazit

Der Mischanbau von Mohn mit Lupinen und Linsen zeigte grundsätzlich, dass eine Kombination mit beiden Kulturen möglich ist. In Kombination mit den Lupinen war der Mohn konkurrenzstärker weshalb die Mohnerträge in Mischung nur leicht gegenüber der Reinsaat Mohn abfielen. Da die Sorte Boruta den deutlich höheren Unkrautbesatz aufwies, ist die Sorte Boregine für den Mischanbau vorzuziehen. Die Linse sorgte für hohe Unkrautunterdrückung, hatte jedoch auch einen unterdrückenden Einfluss auf das Mohnwachstum, weshalb in der Mischung mit Linse die Linsenerträge stabil blieben, die Mohnerträge jedoch in einem von zwei Jahren stark abnahmen. Infolgedessen ist ein Mischanbau mit Linsen nur dann zu empfehlen, wenn die Linse im Fokus des Anbaus steht. Trotzdem wurde mit allen drei Kombinationen in beiden Jahren ein positiver LER erzielt, was das allgemeine Potential einer Kombination von Mohn mit Leguminosen unterstreicht. Wichtig ist eine gemeinsame Abreife, damit die ein gemeinsamer Drusch des gesamten Bestands gewährleistet werden kann. Im Falle der Linsen könnte bei ungleichmäßiger Abreife auch über einen eventuell nachgelagerten Drusch nachgedacht werden.

Wintermohn & Senf + Wintermohn & Wintergerste/Winterweizen

Der Wintermohn weist eine langsame Jugendentwicklung auf und neigt daher zu Verunkrautung (Dobos et al., 2013). Eine maschinelle Hacke ist daher im Ökoanbau unverzichtbar, jedoch bei nassen Bodenbedingungen im Winter nur bedingt möglich. Außerdem stellt die Sicherung der Erträge eine Herausforderung dar, da häufig die Gefahr

von Auswinterungsschäden besteht. Aufgrund dessen wurde im Rahmen des Projektes untersucht, ob der Wintermohn im Anbau mit Untersaaten positive Effekte auf die Unkrautsituation und die Ertragsstabilisierung erzielen kann. Dazu wurde Wintermohn mit den Untersaaten Wintergerste (*Hordeum vulgare* L., Sorte: `KWS Meridian´), Winterweizen (*Triticum aestivum* L., Sorte: `Rubisko´) sowie Gelbsenf (*Sinapis alba* L., Sorte: `Octopus´) in einem Feldversuch kombiniert. Während der Senf ausschließlich als abfrierende Gründüngung und Bodenbedeckung eingesetzt wurde, wurde das Getreide auch im Hinblick auf eine mögliche gemeinsame Beerntung mit dem Mohn ausgebracht. Der Versuch wurde im Winter 2018 erstmalig angelegt und im Winter 2019 mit der Variante Mohn + Senf wiederholt. Dabei wurden die Untersaaten etwa 2 Wochen nach dem Mohn zwischen die Mohnreihen (45 cm Reihenabstand) ausgesät.

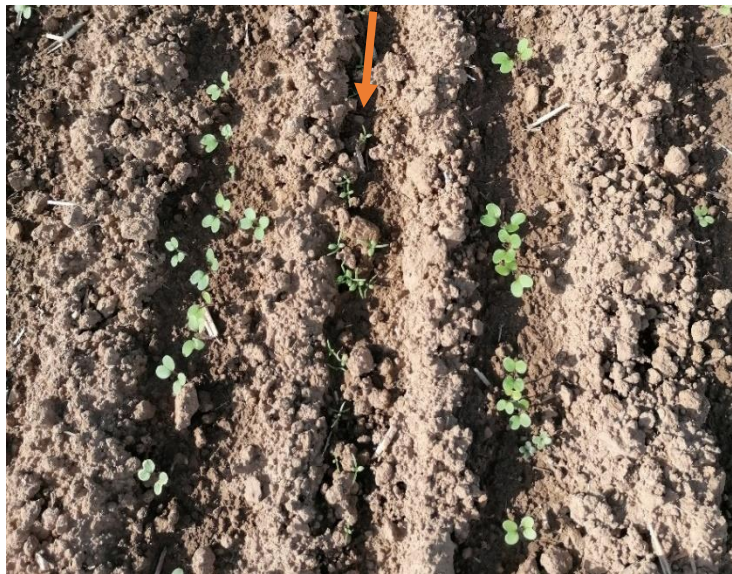


Abb. 36 Mohn-Keimpflanzen zwischen zwei Senfreihen (14.10.2019)

Der Mohn verbleibt über Winter im Rosettenstadium, weshalb die Höhenentwicklung erst im Frühjahr eine Rolle spielt. Daher unterschied sich das Höhenwachstum der Varianten bis April nicht voneinander. 2019 wuchs der Mohn in Reinsaat sowie mit Senf-Untersaat dann ab Ende Mai deutlich höher als in den Parzellen mit Getreideuntersaat. Zum Zeitpunkt der Ernte lag die mittlere Höhe des Mohns in der Reinsaat mit 144,90 cm und in der Variante Mohn-Senf mit 148,10 cm deutlich über den Varianten Mohn-Wintergerste und Mohn-Winterweizen mit 27,92 cm bzw. 53,96 cm. Die Konkurrenzsituation durch Wintergerste und Winterweizen war im Vergleich zum Senf besonders stark, sodass auch die Trockenmasseentwicklung der Mohnpflanzen in Kombination mit Getreide ab April stark zurückblieb (Abb. 37). Diese Entwicklung spiegelte sich ebenfalls im ermittelten Blattflächenindex.

Die Variante Mohn + Senf wurde in zwei Versuchsjahren getestet, da sie sich 2019 als deutlich vielversprechender zeigte, da die Mohnpflanzen sich auch mit Senfuntersaat entwickeln konnten. Dementsprechend wurde ein ähnliches Höhenwachstum und

Biomassezunahme der Mohnpflanzen in Reinsaat sowie mit Senfuntersaat beobachtet. Das Ziel, den Senf durch Winterfröste absterben zu lassen und im Frühjahr als bodenbedeckende Mulchschicht zwischen den Mohnreihen erhalten, konnte allerdings in beiden Jahren aufgrund der milden Winter nicht umgesetzt werden. Infolgedessen überwucherte der Senf insbesondere 2019 den Mohn, sodass der Versuch ab im März abgebrochen wurde.

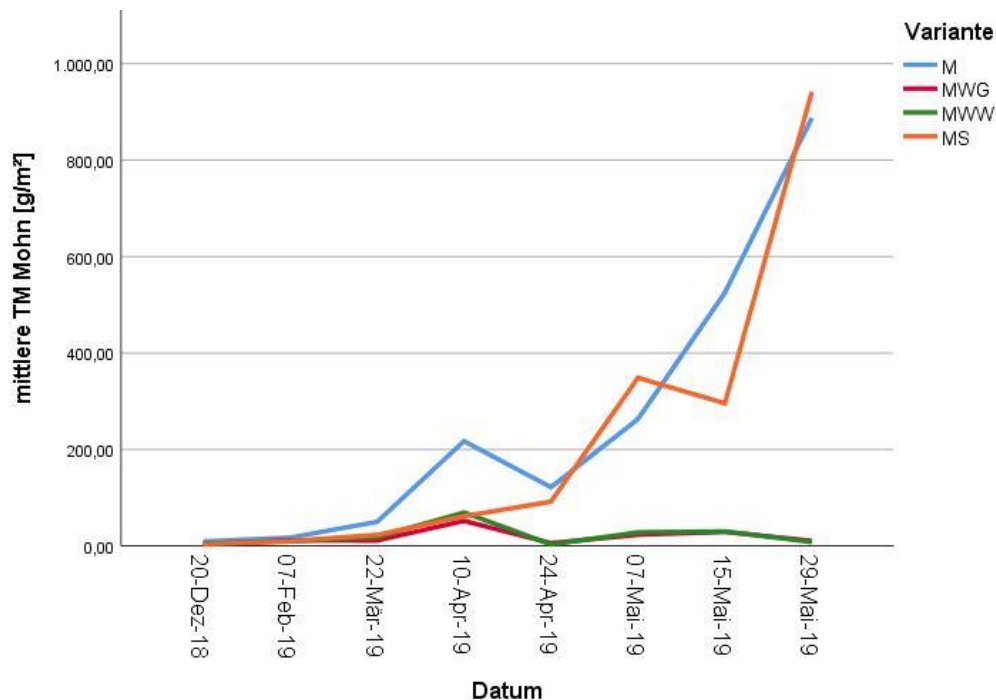


Abb. 37 Entwicklung der Trockenmasse des Mohns in Reinsaat sowie in Kombination mit Winterweizen, Wintergerste und Senf 2018/2019

In punkto Unkrautunterdrückung konnte im ersten Jahr kaum eine Aussage getroffen werden, da der Unkrautbesatz insgesamt sehr niedrig ausfiel. 2019 konnte dagegen bereits ab November ein signifikant höherer Unkrautdeckungsgrad sowie Unkrautanzahl und zum Teil auch signifikant höhere Unkrautbiomassen in der Mohnreinsaat verglichen mit der Senfuntersaat belegt werden. Hauptunkraut war die Kamille, die fast die gesamte Unkrautbedeckung ausmachte. 2019 traten vereinzelt auch Gänsefuß (*Chenopodium album* L.), Gewöhnliches Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris* L.), Kletten-Labkraut (*Galium aparine* L.) u.a. auf.

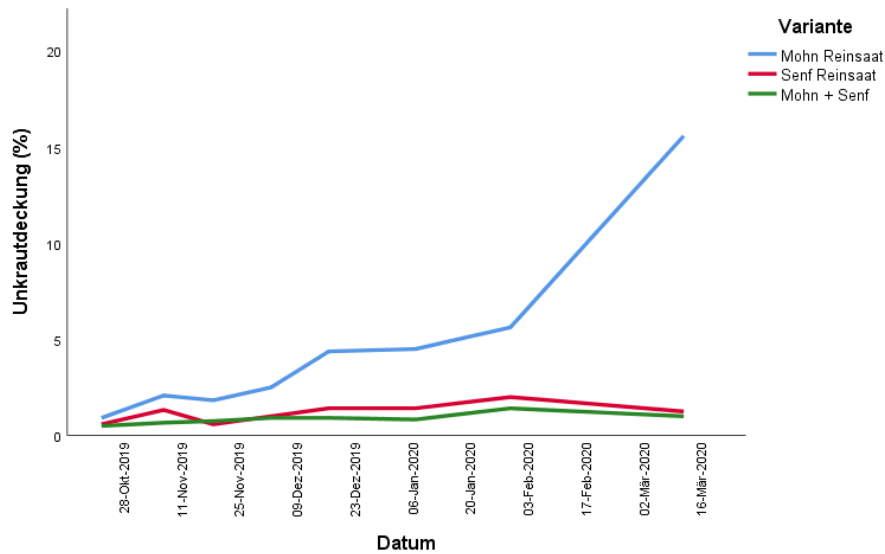


Abb. 38 Unkrautdeckungsgrad in Mohn und Senf als Reinsaat sowie in der Mischung 2019/2020

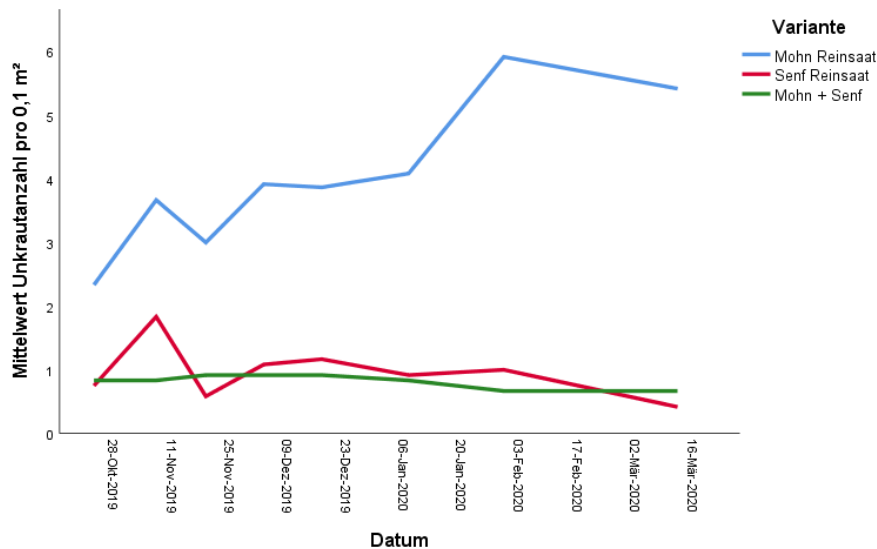


Abb. 39 Unkrautanzahl in Mohn und Senf als Reinsaat sowie in der Mischung 2019/2020

Erträge waren aufgrund des nicht abgefrorenen Senfs in 2020 nicht messbar, in 2019 wurde der Senf nachträglich aus den Parzellen entfernt (Fräse). Hier zeigten sich in beiden Varianten keine Unterschiede in Samenertrag, Strohertrag und Tausendkornmasse. Dies deutet an, dass bei Wegfall des Senfs im Frühjahr ein stabiler Mohnertrag bei starker Unkrautunterdrückung erzielt werden kann. Ob dies allerdings auch ohne zusätzliches Eingreifen durch alleiniges Abfrieren des Senfs nachvollzogen werden kann, bleibt weiterhin offen.

Insgesamt zeigte sich der Wintermohn durch seine ausgesprochen langsame Jugendentwicklung eher konkurrenzschwach, sodass ein Mischanbau mit Wintergetreide nicht zu empfehlen ist. Der Senf ist dagegen ein vielversprechender Unkrautunterdrücker, erscheint aber ebenfalls problematisch, da bei mangelnden Winterfrösten eine

Unterdrückung des Mohns im kommenden Frühjahr wahrscheinlich ist. Bei der Auswahl einer Untersaat in Wintermohn sollte daher eher über eine Nachsaat einer Zweitkultur im Frühjahr bei deutlichem Wachstumsvorsprung des Mohns nachgedacht werden.

Wintermohn & Weißklee

Eine mögliche Untersaat in den Wintermohn im Frühjahr stellt der Weißklee dar, der insbesondere die Bodenbedeckung erhöhen und eventuell auch einen Unkrautregulierungseffekt haben sollte. Mit der Leguminosenuntersaat ergeben sich auch für die Nachfrucht Vorteile, bspw. durch verbesserte Bodengare und Stickstoffaufschluss aus der Luft. Dazu wurden am Campus Klein-Altendorf und in Friedenfels Weißkleeuntersaaten zwischen die Mohnreihen im folgenden Frühjahr nach Wintermohnaussaat 2019 getestet.

Am Campus Klein-Altendorf war der Mohnbestand zum Zeitpunkt der Weißkleeuntersaat (März 2020) bereits im fortgeschrittenen Rosettenstadium mit bis zu 10 Laubblättern. Die Entwicklung des Mohns folgte in beiden Varianten gleichmäßig, was beispielsweise am Höhenwachstum (Abb. 40) zu erkennen ist. Auch die Trockenmasse-Zunahme wies einen ähnlichen Verlauf, ohne signifikante Unterschiede zwischen Mohn mit und Mohn ohne Kleeuntersaat auf. Der Klee hatte aufgrund der großen Trockenheit große Startschwierigkeiten und bildete insgesamt nur einen mageren Bestand aus. Erst ab Mai konnten einzelne Pflanzen beobachtet werden, die bis zur Ernte allerdings nicht höher als 10 cm und unbedeutsam in ihrer Biomasse blieben.

Aufgrund des geringen Klee-Aufwuchses war der Mohn im Wachstum nicht beeinträchtigt. Daher unterschied sich auch der Ertrag von Reinsaat und bei Klee-Untersaat nicht. Insgesamt war der Bestand eher lückig mit rund 15 Pflanzen pro m², die jedoch Samenerträge von bis zu $2177.03 \pm 396.09 \text{ kg ha}^{-1}$ (M) bzw. $1997.00 \pm 301.06 \text{ kg ha}^{-1}$ hervorbrachten (MW). Dies ist auch auf die vergleichsweise hohe Kapselzahl pro Pflanze zurückzuführen, die bei 5-6 lag. Die Stroherträge lagen mit über 4500 kg ha^{-1} in beiden Varianten ebenfalls ähnlich hoch und auch das TKM von 0.45 (M) bzw. 0.43 (MW) erklärt die hohen errechneten Hektarerträge. Ein signifikanter Einfluss der Kleeuntersaat war, außer bei der Tausendkornmasse, in keinem der gemessenen Ertragsparameter gegeben.

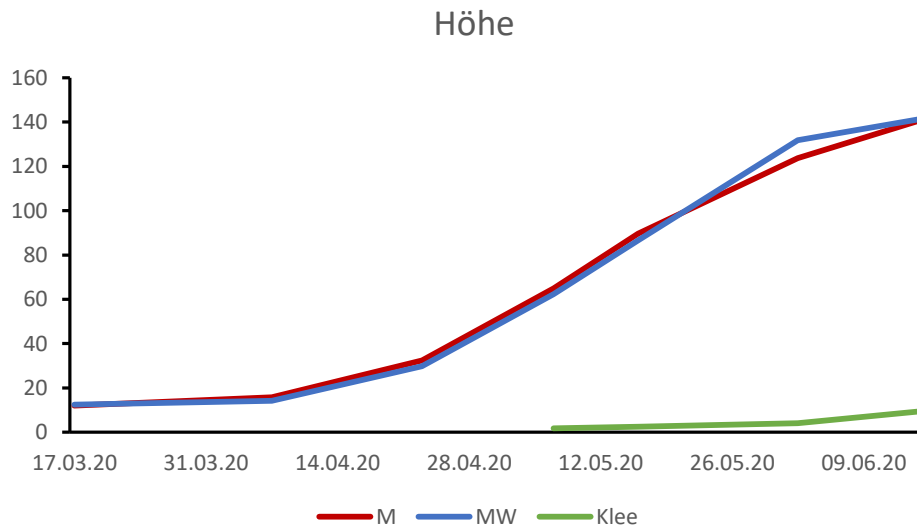


Abb. 40 Höhenwachstum des Wintermohns in Reinsaat (M) sowie in Mischung mit Weißklee (MW) sowie das Höhenwachstum des Weißklees (Klee) 2020 am Campus Klein-Altendorf

Fazit

Eine Kleeachsaat im Frühjahr in den Wintermohnbestand ist möglich, aber stark abhängig von der passenden Witterung. Bei mangelnder Feuchte konnte nur ein schwacher Kleebestand gebildet werden, sodass die Auswirkungen auf Bodenbedeckung und Unkraut äußerst gering waren. Trotzdem beweisen die Sommermohn-Weißklee Mischanbau-Versuche, dass eine Kleeuntersaat in den Mohn erfolgreich funktionieren kann, weshalb das Konzept bei günstigerer Witterung vermutlich auch für den Wintermohn umsetzbar ist.

Gesamtfazit Gemengeanbau

Grundsätzlich eignet sich der Mohn für eine Vielzahl an möglichen Kombinationen mit anderen Kulturen. Aufgrund der anfänglichen Konkurrenzschwäche ist es aber empfehlenswert den Mohn mit Vorsprung zum Mischungspartner auszusäen. Dies betrifft vor allem den Wintermohn, der sehr lange im Rosettenstadium verbleibt und wenig Biomasse bildet, weshalb die Ausbringung einer Untersaat im Frühjahr erfolgsversprechender ist. Die Konkurrenzfähigkeit des Sommermohns ist neben dem Saatzeitpunkt der Partnerkultur auch stark von der Witterung abhängig, sodass hohe Erträge sowohl in Rein- als auch in Mischsaat nur bei schwacher Konkurrenz der Co-Kultur und ausreichenden Niederschlägen erreicht werden. Besonders geeignet erscheinen für den Mischanbau Leguminosen wie Weißklee, Lupine oder Linse, wohingegen Getreide nur bei großem Vorsprung des Mohns sicher funktioniert.

2.0 Arbeitspaket 2 - Biodiversität

Erstmals wurden in dem Forschungsvorhaben Regio Mohn die biodiversitätswirksamen Leistungen des Mohnanbaus in der Agrarlandschaft dokumentiert. Dabei wurden die Aspekte

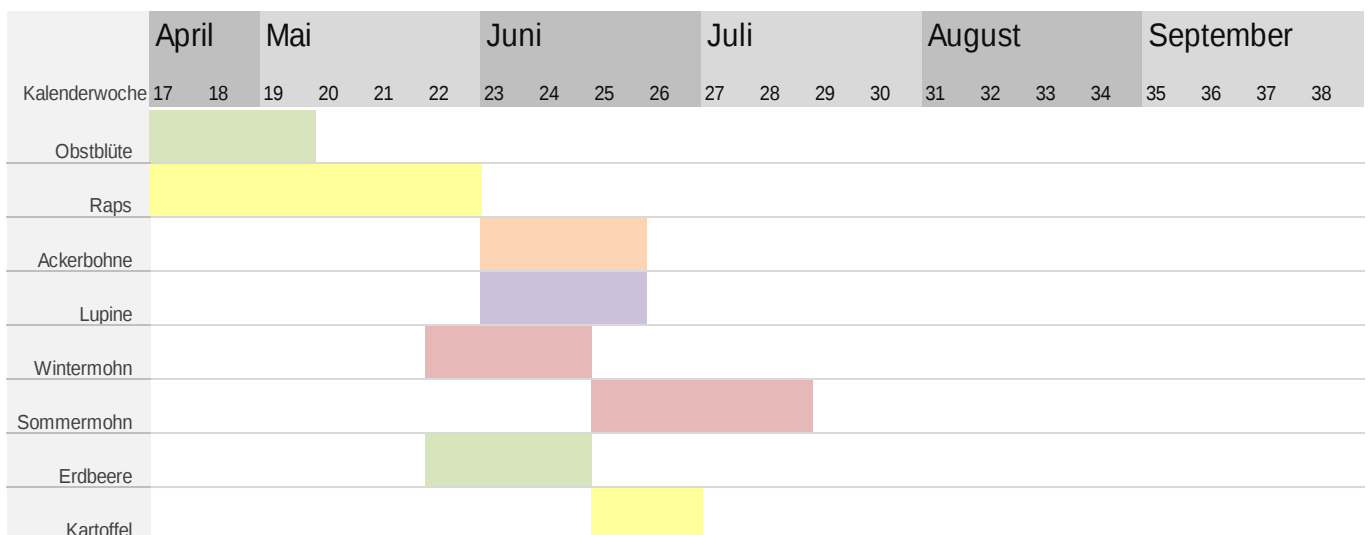
- Bereitstellung von floralen Ressourcen anhand von Blühkartierungen
- Arten und Abundanzen der blütenbesuchenden Insekten
- Quantifizierung und Nährwertanalyse des Mohnpollens

genauer betrachtet. Mit Hilfe von Blühkartierungen wurden blühende Ackerkulturen vor, während und nach der Mohnblüte erfasst, um eine Einordnung der Mohnblüte im Jahresverlauf und anhand dessen eine Einschätzung der Bedeutung für blütenbesuchende Insekten vorzunehmen. Die einzelnen Blütenbesucher wurden in einem zweiten Schritt mittels Freilanderrfassungen und anschließenden Bestimmungen auf Artenzusammensetzung und Abundanzen hin analysiert. Schlussendlich wurde die Nahrungsressource Mohnpollen quantifiziert und inhaltsstoffanalytisch charakterisiert.

2.1 Blühkartierung

Beispielhaft wurden am Campus Klein-Altendorf in den Jahren 2018-2020 alle blühenden Ackerkulturen in 1 km Radius rund um die Mohnfläche in zweiwöchigem Abstand erfasst. Die Blühzeiträume von Winter- und Sommermohn im Vergleich zu klassischen Ackerkulturen sind in Tab. 37 dargestellt.

Tab. 37 Blühzeiträume von Winter- und Sommermohn im Vergleich zur Blüte traditioneller Acker- und Sonderkulturen am Campus Klein-Altendorf 2018-2020

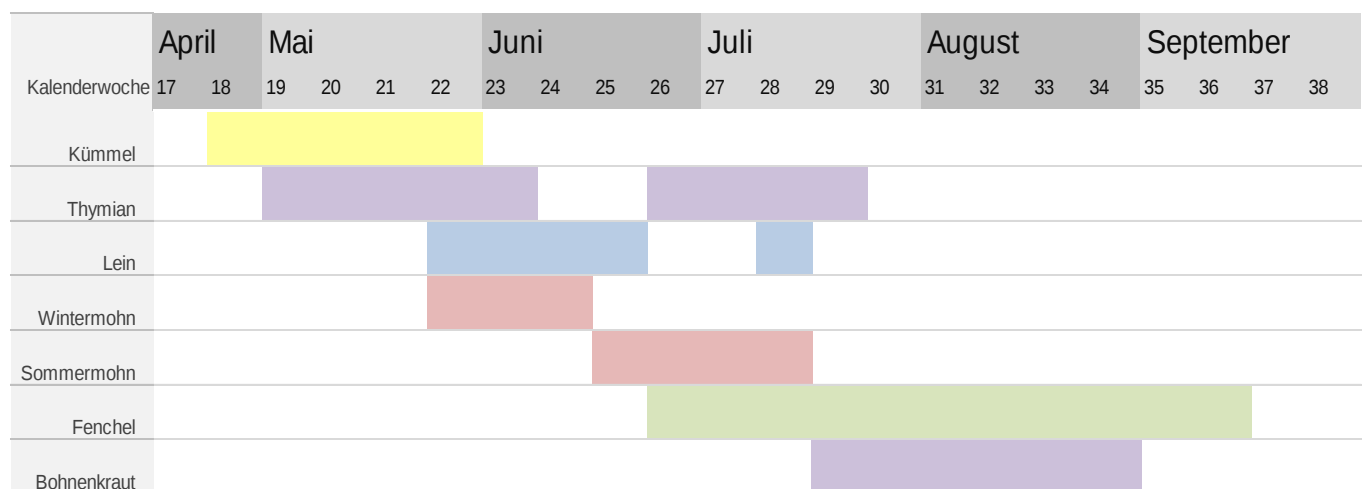


Der Mohn stammt aus der Familie der Papaveraceae und stellt deshalb per se eine Bereicherung der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft dar. Dadurch, dass keine andere klassische Ackerkultur derselben Familie angehört, lässt sich der Mohn in dieser Hinsicht in fast jede Fruchtfolge integrieren und diese erweitern (Hiltbrunner et al., 2014).

Die Vorfrucht sollte jedoch im Hinblick auf die geringe Konkurrenzkraft des Mohns den Boden möglichst unkrautfrei zurücklassen.

Der Zeitraum der Mohnblüte beginnt Ende Mai mit dem Wintermohn, der bis Anfang Juni blüht. Sommermohn, der erst im Frühjahr gesät wird, blüht je nach Saatzeitpunkt ab Mitte Juni bis in den Juli hinein. Die einzelne Blüte öffnet sich nur für einen Tag, sodass ein einzelner Pflanzenbestand bereits nach etwa zwei Wochen durchgeblüht ist. Durch die Wahl des Aussaattermins kann insbesondere mit dem Sommermohn ein relativ später Blühzeitpunkt erreicht werden, was im Hinblick auf das Pollenangebot für die Insektenfauna Bedeutung hat. Im Gegensatz zum Frühjahr, das mit reichhaltiger Obst- und Rapsblüte ein weitreichendes Nahrungsangebot für Honigbienen, Wildbienen und Schwebfliegen bereithält, blühen nur wenige klassische Ackerkulturen im Sommer. Viele Arznei- und Gewürzpflanzen oder Ölfrüchte wie der Mohn, blühen oft später und können dazu beitragen, Nahrungsressourcen für pollensuchende Insekten deutlich länger bereit zu stellen. Dies wird deutlich, wenn man die Mohnblüte im Vergleich zu anderen Sonderkulturen, wie Arznei- und Gewürzpflanzen oder nachwachsenden Rohstoffen, die ebenfalls am Campus Klein-Altendorf blühen, betrachtet (Tab. 38).

Tab. 38 Blühzeiträume von Winter- und Sommermohn im Vergleich zu Arznei- und Gewürzpflanzen am Campus Klein-Altendorf 2018-2020



Die Länge des Blühzeitraums von Kümmel, Thymian, Lein oder Fenchel ist größer als die des Mohns. Ebenso können Fenchel und Bohnenkraut bis in den September hinein blühen und verlängern dadurch das Blütenangebot, während bei den klassischen Ackerkulturen das Blütenangebot im Spätsommer knapp ist. Durch die Vielfalt an Kulturen ist am Campus Klein-Altendorf beinahe ein durchgängiges Blütenangebot zu finden. Der Campus stellt damit allerdings einen Ausnahmefall dar, da das vielfältige Pflanzensortiment auf die breite Forschungsausrichtung der Professur zurückzuführen ist. Auf klassischen Ackerbaubetrieben stellt der Raps oder die Obstblüte im Frühjahr mitunter die

Hauptressource für blütenbesuchende Insekten dar. Mit der Integration von Arzneipflanzen oder Ölfrüchten wie dem Mohn kann nicht nur eine Erweiterung der Fruchtfolge, sondern auch eine Verlängerung des Nahrungsangebots für Insekten bewirkt werden. Insbesondere durch Kombination von Winter- und Sommermohn wird der Zeitraum der Mohnblüte erweitert und stellt durch die Reichhaltigkeit des Pollens (s. 2.3) selbst in einem relativ kurzen Zeitraum eine wichtige Nahrungsressource für Blütenbesucher dar.

2.2 Blütenbesuchende Insekten

Eine der wichtigsten Fragestellungen innerhalb des Projektes war die Untersuchung des Blütenbesucherspektrums der Mohnblüte. Ziel waren die Erstellung von Artenlisten und die Ermittlung der Abundanzen der einzelnen Insekten auf der Mohnblüte. Dazu wurden Freilanduntersuchungen an den Standorten Campus Klein-Altendorf, Wiesengut und auf den Mohnanbauflächen der Güterverwaltung Friedenfels durchgeführt.

Hintergrund

Der Mohn ist weitgehend selbstbestäubend, es gibt jedoch Belege, dass bis zu 16% Fremdbestäubung auftreten kann und der Einsatz von Honigbienen eine Ertragssteigerung hervorrufen kann (Merry et al., 2017; Dobos et al., 2013). Somit profitieren nicht nur die Insekten, sondern auch die Mohnpflanze von einer hohen Blütenbesucherzahl.

Die Inhalte des folgenden Abschnittes sind im Wesentlichen entnommen aus: (van Veen, 2014) und (Westrich, 2019): Schwebfliegen gelten zusammen mit den Echten Bienen, *Apidae*, als die wichtigsten bestäubenden Insekten weltweit und werden dabei in ihrer Bedeutung oft vernachlässigt und unterschätzt. Schwebfliegen treten in vielen unterschiedlichen Formen und Farben auf. Durch diese werden sie zu Signalfälschern von Wespen, Honigbienen und Hummeln. Ihr entweder schwarz gelbes, bräunlich honigbienenähnliches oder behaart hummelartiges Erscheinungsbild kann sie vor Fressfeinden schützen. Teilweise verhalten sie sich auch ähnlich wie ihre Vorbilder. Diese Nachahmung der Signale wird in der Biologie als Mimikry bezeichnet. Andere Schwebfliegen betreiben Mimikry von Blattwespen, welche zwar nicht stechen aber beißen können. Fressfeinde halten nach einer schmerzhaften Erfahrung (wie einem Stich oder Biss) Abstand zum jeweiligen Tier, sodass dieses schneller die Flucht ergreifen kann. Wiederum andere Arten (insgesamt 6000 beschriebene Arten von 200 Gattungen weltweit, davon 450 Arten in Deutschland) tarnen sich durch dunkle unauffällige Farben in der Vegetation und werden so leichter übersehen.

Zwischen Bienen, Wespen und Schwebfliegen bestehen deutliche Unterschiede. Sie gehören zu unterschiedlichen Ordnungen: Wespen und Bienen zu den Hymenopteren, den Hautflüglern, und Schwebfliegen zu den Dipteren, den Zweiflüglern. Wie die Namen der

Ordnungen schon verraten besitzen Schwebfliegen nur ein Paar Flügel. Wespen und Bienen haben im Vergleich dazu zwei Flügelpaare.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal sind die Antennen und die Augen. Hymenopteren haben immer lange Antennen mit mehreren Segmenten und kleine längliche Facettenaugen, die der Schwebfliegen sind kurz mit höchstens drei Segmenten und sie haben große Augen. Im Verhalten bei der Landung auf einem Blatt oder einer Blüte unterscheiden sie sich ebenfalls. Hymenopteren tendieren dazu sich direkt nach der Landung zu bewegen um etwas zu tun. Schwebfliegen rasten vorerst für eine gewisse Zeit und bleiben bewegungslos. Wie schon der Name der Schwebfliegen verrät, sind sie ausgezeichnet darin in der Luft zu schweben. Hymenopteren schweben hingegen nicht auf einer Stelle in der Luft sondern sind auch hier mehr in Bewegung.

Wildbienen kommen ebenfalls in unterschiedlichen Formen und Farben vor (insgesamt 17.000 beschriebene Arten weltweit, davon 550 aus 6 Familien in Deutschland). Am auffälligsten dabei ist die Gattung *Bombus*, die der Hummeln, welche ebenfalls zu den Wildbienen zählen. Sie sind ausgezeichnete Bestäuber, indem sie durch sogenanntes Buzzing, hochfrequente Vibrationen, Pollen aus den jeweiligen Blüten schütteln, welcher dann in ihrem Haarkleid hängen bleibt. Außerdem kann die Dunkle Erdhummel, *Bombus terrestris*, zur gezielten Bestäubung in Gewächshäusern eingesetzt werden.

Wildbienen sind ausgezeichnete Bestäuber und leben meist solitär. Das heißt die Mutter lernt während ihrer ca. 6 Wochen langen Lebenszeit im Sommer (Juni bis August vermehrt) ihre Nachkommen nicht mehr kennen. Während Honigbienen den Pollen einer blühenden Pflanze ausschließlich am dritten Beinpaar als sogenannte Pollenhöschen sammeln, gibt es unter den Wildbienen außerdem noch Bauch- und Kropfsammler. Einige Wildbienenarten sind außerdem auf den Pollen bestimmter Pflanzenfamilien oder sogar einzelner Pflanzenarten spezialisiert (Oligolektie). Im Umkehrschluss gehört die klassische Honigbiene zu den polylektischen Bienenarten, welche sich an allen Pollenquellen unterschiedlicher Pflanzenfamilien und –arten bedienen kann. Eine Besonderheit bei der Honigbiene ist dabei aber, dass sie blütenstet ist und sich eine Zeit lang nur einer einzelnen Blütracht (z.B. einem Rapsfeld) widmet, bis eine bessere Pollenquelle gefunden wird.

Optisch ist die Honigbiene an einem entscheidenden Merkmal von ähnlich aussehenden Wildbienen zu unterscheiden. Sie hat eine sehr lange aus Adern geformte Zelle außen am Vorderflügel, die sogenannte Radialzelle. Diese ist nur bei der Honigbiene so schmal geformt und verlängert, ein eindeutiges Erkennungsmerkmal.



Abb. 41 Radialzelle am Vorderflügel der Honigbiene (*Apis mellifera*)

Methodik

Die Freilanderrfassungen erfolgten an mindestens 4 Terminen pro Untersuchungsjahr und -fläche immer zur selben Uhrzeit für eine Dauer von 30 min. Die Zeit wurde mit der Stoppuhr erfasst, sodass die Zeit, die für das Verstauen der Insekten benötigt wurde, nicht in die Netto-Fangzeit mit eingerechnet wurde. Somit beziehen sich die 30 min netto-Fangzeit auf genau die Zeit, die mit der Suche und dem Einfangen einzelner Insekten gebraucht wurde. Dabei wurden die einzelnen Flächen in Transekte eingeteilt, die innerhalb der festgelegten Zeit abgeschritten wurden. Jedes blütenbesuchende Insekt, das der untersuchenden Person währenddessen links und rechts des Transekt in den Blüten begegnete, wurde mit Hilfe eines Rollrandglases von der Blüte gesammelt. Als Ausnahme galt die Honigbiene, von denen ausschließlich einzelne Belegexemplare gesammelt wurden. Da eine, im Vergleich zu den übrigen Arten, überdimensional hohe Anzahl an Honigbienen im Mohn zu finden war, wurde deren Anzahl mit Hilfe von Schätzverfahren ermittelt. Ebenso wurden Arten der Gattung *Lepidoptera* direkt auf dem Feld bestimmt und anschließend wieder freigelassen. Auch einzelne, direkt im Feld sicher bestimmbare andere Individuen, bspw. einzelne Hummelarten, wurden notiert und anschließend freigelassen. Die Erfassungen fanden soweit möglich unter vergleichbaren Witterungsbedingungen statt:

- Mindesttemperatur: 12 °C
- windstill
- kein Regen

Da sich die Mohnblüte früh morgens öffnet, ab mittags bereits der Pollen verbräunt und die Blütenblätter sich zu lösen beginnen, wurde die Erfassungszeit auf einen Zeitraum zwischen 8:00-9:00 morgens festgelegt. Zusätzlich wurden 2020 Intervallerfassungen im Abstand von 1-2 h durchgeführt, um die Aktivität der Insektenfauna im Tagesgang zu erfassen. Um zu ermitteln, inwiefern die Artzusammensetzung und die Abundanzen auf der Mohnblüte von den umgebenden Kulturen beeinflusst werden, wurden 2018 und 2020 blühende, sowie ausgewählte nicht-blühende Kulturpflanzenbestände auf die gleiche Art und Weise beprobt. Eine Übersicht der Erfassungstermine gibt Tab. 39.

Tab. 39 Übersicht der Freilanderfassungen zur Bestimmung der blütenbesuchenden Insekten in Sommer- und Wintermohn sowie in Referenzkulturen an den drei Standorten von 2018-2020

Standort	Jahr	Kultur	Anzahl Erfassungen	Referenzfläche
Campus Klein-Altendorf	2018	Sommermohn	4x Sommermohn I	4x Gerste
			4x Sommermohn II	4x Fenchel
			4x Sommermohn III	4x Gerste
			4x Sommermohn IV	4x Gerste
	2019	Sommermohn	4x	-
	2019	Wintermohn	4x	-
	2020	Sommermohn	4x	4x Fenchel
	2020	Wintermohn	6x um 8:00 10x in Intervallen zw. 7:30 – 12:00	16 x Heckensaum
Wiesengut	2018	Wintermohn	4x	4x Klatschmohn
	2019	Wintermohn	4x	4x Klatschmohn
	2020	Wintermohn	3x	2x Heckensaum 1x Getreide
Friedenfels	2019	Sommermohn	4x	4x Lein
	2020	Sommermohn	4x	4x Hanf

Die Bestimmung der gefangenen Insekten erfolgte nach Präparation der einzelnen Individuen unter dem Binokular.



Abb. 42 Inventarisierte Insektenarten aus den Freilandfängen im Mohn im Belegkasten

Die Bestimmung erfolgte unter Zuhilfenahme der Literatur (Bährmann (1990) , Müller (1986), Schaefer (2010), Amieti et al. (1999; 2001; 2007; 2010), Dollfuss (1991), Mauss et al. (1995), Mauss (1996), Westrich (2018), Schmid-Egger (1995) und Wynhoff (2001)) soweit möglich auf Artniveau. Dies galt insbesondere für Tiere der Familien *Hymenoptera* und *Syrphidae*, wohingegen Käfer (*Coleoptera*), Wanzen (*Hemiptera*) und Schmetterlinge (*Lepidoptera*) auf Ordnungs- oder Gattungsniveau identifiziert wurden.

Ergebnisse

Neben der Honigbiene, waren weitere Wildbienen und Schwebfliegen die häufigsten Blütenbesucher im Mohn und im Fokus der Untersuchungen. In Tab. 40 ist das Vorkommen der verschiedenen Arten an den jeweiligen Standorten zusammengefasst über die Versuchsjahre dargestellt.

Tab. 40 Blütenbesuchende Insektenarten in Winter- und Sommermohnblüten an den Standorten Campus Klein-Altendorf (CKA), Wiesengut (WG) und Friedenfels (FF) 2018-2020. Grün markiert sind die häufigsten Arten, die standortunabhängig beobachtet wurden

	CKA	WG	CKA	FF
Gattung/Art	Wintermohn	Wintermohn	Sommermohn	Sommermohn
<i>Andrena sp.</i>	x		x	
<i>Anthophora plumipes</i>	x			
<i>Apis mellifera</i>	x	x	x	x
<i>Bombus lapidarius</i>		x	x	x
<i>Bombus lucorum</i>	x	x	x	x
<i>Bombus terrestris</i>	x	x	x	x
<i>Chrysotoxum verralli</i>				x
<i>Chrysotoxum cautum</i>	x	x		
<i>Colletes sp.</i>			x	x
<i>Episyrphus balteatus</i>	x	x	x	x
<i>Eristalis intricarius</i>				x
<i>Eristalis tenax</i>			x	x
<i>Eucera longicornis</i>		x		
<i>Eupeodes corollae</i>	x	x	x	x
<i>Eupeodes lapponicus</i>				x
<i>Eupeodes latifasciatus</i>			x	
<i>Eupeodes lundbecki</i>				x
<i>Eupeodes luniger</i>	x		x	x
<i>Halictus sp.</i>	x		x	
<i>Helophilus trivittatus</i>			x	
<i>Lasioglossum calceatum</i>			x	
<i>Lasioglossum nigripes</i>		x		
<i>Lasioglossum sexnotatum</i>		x		
<i>Lasioglossum sp.</i>	x	x	x	x
<i>Melanostoma mellinum</i>	x		x	x
<i>Melitta sp.</i>	x			
<i>Scaeva pyrastris</i>	x		x	x
<i>Scaeva selenetica</i>	x			x
<i>Sphaerosphoria menthastri</i>	x			
<i>Sphaerosphoria scripta</i>	x	x	x	x
<i>Syrphus ribesii</i>	x	x	x	x
<i>Syrphus torvus</i>				x
<i>Syrphus vitripennis</i>	x		x	x

Insgesamt konnten über 30 verschiedene Wildbienen- und Schwebfliegenarten auf der Mohnblüte detektiert werden. Unabhängig von Standort und Winter- oder Sommermohnkultur traten die Honigbiene (*Apis mellifera*), zwei Hummelarten (*Bombus lucorum* & *Bombus terrestris*), Furchenbienen aus der Gattung *Lasioglossum* sp. sowie vier Schwebfliegenarten (*Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *Sphaerosphoria scripta* und *Syrphus ribesii*) ubiquitär auf. Für diese Arten stellt das Pollenangebot des Mohns offenbar eine regelmäßig genutzte Nahrungsquelle dar. Da die Honigbiene (*Apis mellifera*) in überdurchschnittlich hohen Individuenzahlen auftrat, wird sie nicht im numerischen Vergleich mit anderen Arten berücksichtigt und in einem separaten Kapitel behandelt. Von diesen Arten entfällt etwa die Hälfte auf Hummeln und andere Wildbienen und die andere Hälfte wird durch verschiedene Schwebfliegenarten definiert. Es zeigte sich, dass einige Arten nur im Wintermohn vorkamen (z.B. *Chrysotoxum cautum*), andere nur im Sommermohn (*Colletes* sp., *Eristalis tenax*), jedoch unabhängig vom Standort. Dies spricht für ein Zusammenspiel zwischen Blütezeitpunkt und Lebenszyklus, sodass bspw. *Eristalis tenax* erst zu einem späteren Zeitpunkt die Nahrungsressource Mohn nutzt als *Chrysotoxum cautum* (Quelle). Des Weiteren gab es standortspezifische Unterschiede. Nur am Campus Klein Altendorf (CKA) traten *Andrena* sp., *Anthophora plumipes*, *Eupeodes latifasciatus*, *Helophilus trivittatus*, *Lasioglossum calceatum*, *Melitta* sp., *Scaeva pyrastris* und *Sphaerosphoria menthastris* auf. Gründe dafür können in der erhöhten Anzahl Erfassungstermine insgesamt am CKA liegen und die durch die Blühkartierung belegte hohe Kulturpflanzendiversität am Campus Klein-Altendorf, die ein kontinuierliches Nahrungsangebot für Blütenbesucher bereithielt. Gleiches gilt für das Wiesengut, allerdings wurde hier nur Wintermohn beprobt, was sich vermutlich auf das analysierte Datenspektrum auswirkte. Dieses war etwas geringer und umfasste etwa 14 blütenbesuchende Insektenarten.

Am Standort Friedenfels wurden *Chrysotoxum verralli*, *Eristalis intricarius*, *Eupeodes lapponicus*, *Eupeodes lundbecki* und *Syrphus torvus* im Sommermohn bestimmt, die an den übrigen Standorten nicht im Mohn auftraten. Hier spielt vermutlich der geographisch am weitesten entfernt gelegene Standort eine Rolle, der ein individuelles Artenspektrum aufwies. Trotzdem gibt es vor allem große Überschneidungen zu den Arten, die auch im rheinischen Mohn vorkamen. Dies belegt, dass der Mohn standortunabhängig für eine Vielzahl an Insektenarten attraktiv ist. Diese kommen nicht spezifisch nur auf dem Mohn vor, nutzen ihn allerdings verstärkt als Nahrungsressource, wenn andere Pflanzen nicht mehr oder mit weniger attraktivem Pollenangebot verfügbar sind.

Neben den Wildbienen und Schwebfliegen traten vereinzelt auch Tiere aus anderen Gattungen auf, bspw. aus den Ordnungen der Schmetterlinge, Wanzen oder Käfer. Diese wurden größtenteils nicht näher differenziert, auffällig war allerdings das Vorkommen des

Rosenkäfers *Oxythyrea funesta* im Sommermohn am CKA und in Friedenfels, der stets mit einer großen Menge Pollen behaftet war. Dies könnte ihn als potentiellen Bestäuber der Mohnpflanzen ins Spiel bringen. Auch waren weitere Dipteren im Mohn an allen Standorten zu finden, interessant ist auch der mehrfache Fund von *Chrysoperla carnea* (Gemeine Florfliege), die sowohl am CKA als auch in Friedenfels im Sommermohn auftrat. Die Florfliege ist ein wichtiger Nützling, da ihre sich unter anderem von Blattläusen ernähren (Atlihan et al., 2004). Dies lässt sich damit erklären, dass sich am Mohn auch häufig Tiere der Schwarzen Bohnenlaus aufhalten. Aus der Ordnung der Schmetterlinge waren Individuen der Gattungen *Aglais* sp. und *Pieris* sp. am CKA im Mohn beobachtet wurden. *Pieris* sp. trat auch in Friedenfels auf, ebenso wie *Thymelicus sylvestris*.

Die Häufigkeiten der Blütenbesucher werden in den folgenden Abbildungen anhand der Individuenzahlen summiert über jeweils 4 Erfassungstermine am jeweiligen Standort differenziert für Winter- und Sommermohn dargestellt. Bienen und Wildbienen sind in rot markiert, Schwebfliegen in gelb und übrige Arten in blau. Die Honigbiene fehlt in den Abbildungen, auf sie wird gesondert im darauffolgenden Kapitel eingegangen.

Campus Klein-Altendorf (CKA)

Am CKA wurde in allen drei Jahren Sommermohn, sowie 2019 und 2020 auch Wintermohn beprobt. Eine Auswahl der Ergebnisse ist in den folgenden Abbildungen dargestellt, Daten zu weiteren Versuchsflächen sind im Anhang zu finden.

2018 wurden im Vergleich zu den beiden anderen Jahren die wenigstens Arten detektiert (Abb. 43). Dominiert wurde der Sommermohn von massenhaftem Auftreten von *Melanostoma mellinum*, die mit fast 100 Individuen pro Fangzeitraum deutlich öfter gezählt wurde als die übrigen Arten. Zweitstärkste Fraktion waren die Hummeln, von denen *Bombus lucorum* und *Bombus lapidarius* mit insgesamt etwa 40 Individuen auftraten. Auch von *Lasioglossum* sp. wurden mehr als 20 Individuen gezählt. Die zweithäufigste Schwebfliege war in dem Jahr *Eupeodes corollae*. Die Daten ergaben sich aus vier Erfassungsterminen an einer Fläche.

Im Vergleich zu 2018 war die Artenzahl im Sommermohn 2019 und 2020 deutlich höher (Abb. 43). Mit *Bombus lapidarius* trat in 2019 noch eine weitere Hummelart auf, ebenso wurden deutlich mehr Wildbienen erfasst, wie *Andrena* sp., *Colletes* sp. oder *Halictus* sp.. *Lasioglossum* war in allen drei Versuchsjahren im Sommermohn vertreten. Besonders hohe Individuenzahlen wurden 2019 bei *Eupeodes corollae* mit über 30 Individuen pro Erfassungszeitraum beobachtet, in 2020 war die häufigste Art wiederum *Melanostoma mellinum* mit rund 50 Individuen. Hohe Abundanzen zeigten auch die Schwebfliegen *Episyrphus balteatus* und *Sphaerosphoria scripta* in beiden Jahren.

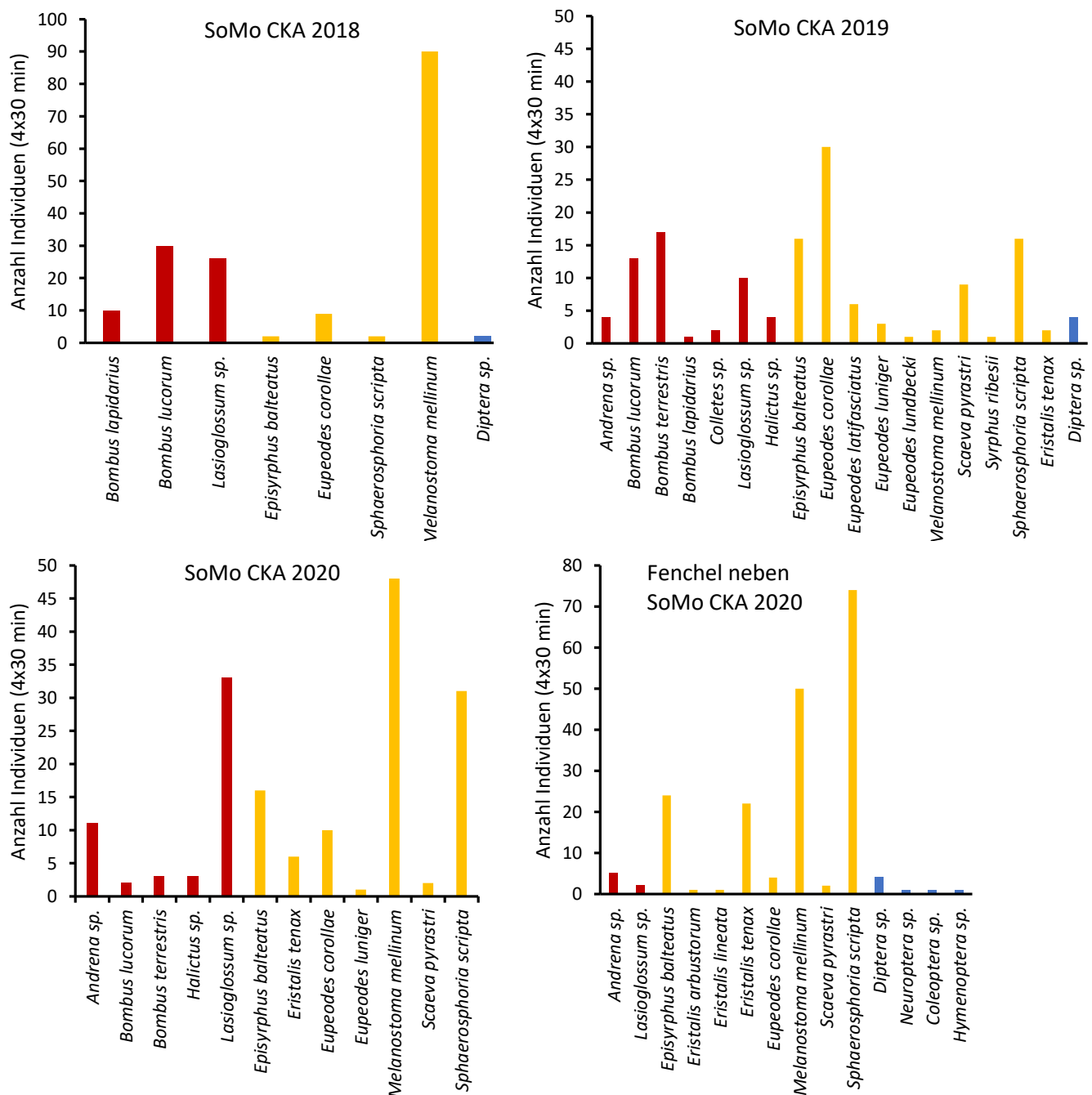


Abb. 43 Abundanzen der blütenbesuchenden Insekten im Sommermohn 2018, 2019 und 2020 und der Referenzfläche Fenchel 2020 am Campus Klein-Altendorf zusammengefasst über je 4 Fangintervalle à 30 min

Im Wintermohn war besonders die Präsenz der Hummelarten hervorstechend (Abb. 44). Beispielsweise wurden im Wintermohn 2020 mehr als 35 Individuen von *Bombus terrestris* und 10 von *Bombus lucorum* beobachtet. 2019 war das Verhältnis umgekehrt und es wurden mehr Individuen von *Bombus lucorum* gezählt. Andere Wildbienen waren nur in geringer Anzahl vertreten, beispielsweise *Halictus sp.* und *Lasioglossum sp.*, im Wintermohn 2019 auch 5 Exemplare der Gattung *Andrena sp.* Innerhalb dieser Gattung gibt es einige Garten,

die Größen bis zu 16 mm erreichen (*Quelle*). Dies passt zu der Tendenz, dass im Wintermohn vermehrt Individuen der großen Arten (*Bombus sp.*) auftraten, die eventuell mit den vorherrschenden Witterungsbedingungen besser zurechtkamen.

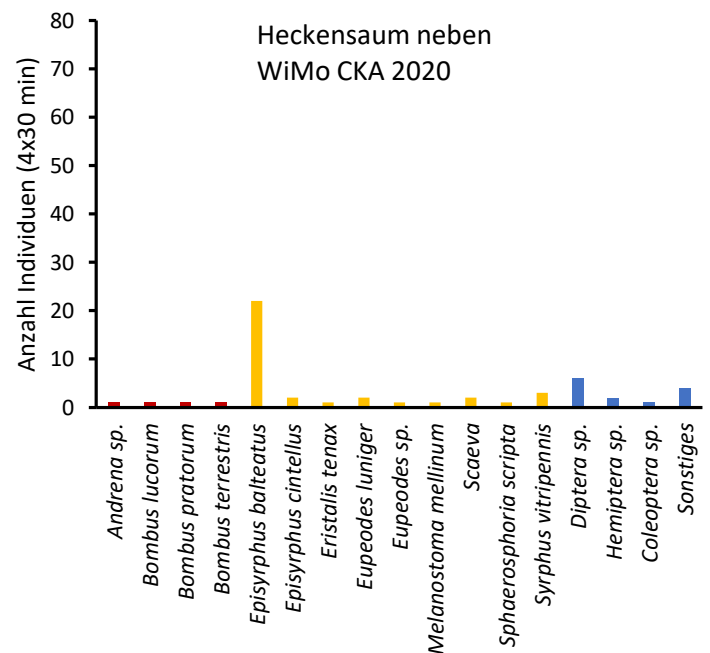
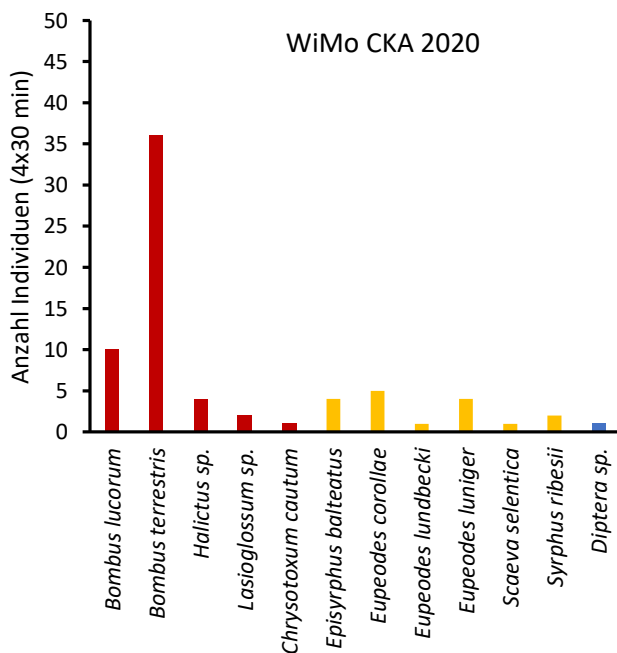
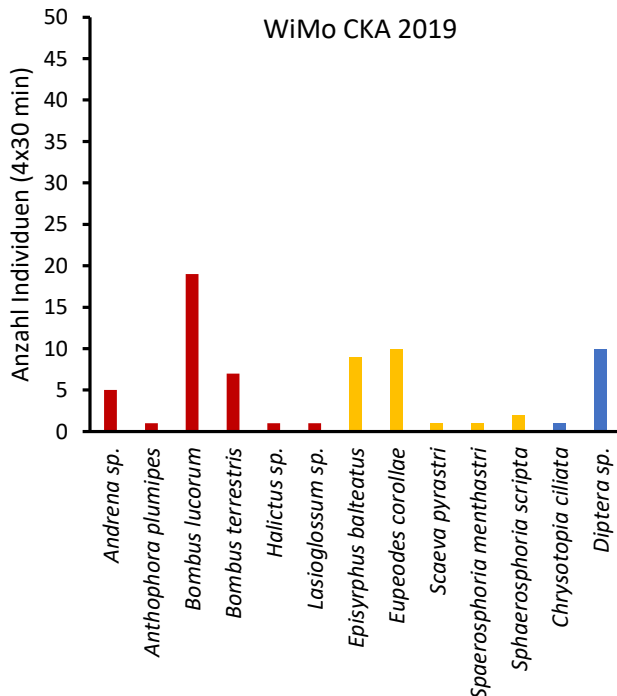


Abb. 44 Abundanzen der Blütenbesuchenden Insekten im Wintermohn 2019 und 2020 und in der Referenzfläche Heckensaum 2020 am Campus Klein-Altendorf zusammengefasst über je 4 Fangintervalle à 30 min.

Im Vergleich zum Wintermohn traten am Standort Klein-Altendorf mehr Schwebfliegen im Sommermohn auf. Die Sommermohnblüte liegt zeitlich etwa zwei Wochen nach der Wintermohnblüte. Erfasst wurde jeweils im Zeitraum ab 8:00 morgens, was im Wintermohn

mitunter Temperaturen um die 12-15 °C nach sich zog. Verglichen mit den Temperaturen, die zur Sommermohnblüte morgens gemessen wurden (bis zu 25°C), passen die wärmeren Temperaturen besser zum Aktivitätsmuster der verschiedenen Schwebfliegenarten. Zwar sind die meisten Schwebfliegen schon ab März oder April aktiv, die deutlich kälteren Temperaturen in den frühen Morgenstunden zur Wintermohnblüte führen aber vermutlich dazu, dass die Aktivität erst im Laufe des Tages zunimmt. Dies kollidiert dann mit dem Blühzeitraum des Mohns, der schon gegen Mittag keinen frischen Pollen mehr anbietet. Auch aufgrund des Mangels an Alternativtrachten zur Sommermohnblüte (siehe Blühkartierung) ist der Sommermohn tendenziell für Blütenbesucher attraktiver und damit wichtige Nahrungsressource.

Um das Artenspektrum im Mohn im Vergleich zu anderen, parallel blühenden Trachtpflanzen, einzuordnen, wurden in jedem Jahre unterschiedliche Alternativpflanzen parallel beprobt. Exemplarisch sind die Arten und Abundanzen für das Jahr 2020 an den Referenzflächen für Winter- und Sommermohn in Abb. 43 dargestellt. Ähnlich zu den Verhältnissen in Winter- und Sommermohn, wo mehr Arten und Individuen im Sommermohn beobachtet wurden, traten auch deutlich mehr Individuen in der Referenzfläche des Sommermohns (Fenchel) auf. Im Heckensaum neben der Wintermohnfläche blühten einige Bäume und Büsche aus der Familie der *Rosaceae*. Die meisten Individuen waren hier von *Episyrphus balteatus* anzutreffen, die mit etwas geringerer Anzahl auch im Wintermohn auftrat. Auffällig ist, dass im Wintermohn die meisten Hummeln und Wildbienen beobachtet wurden, wohingegen im Heckensaum nur vereinzelt Individuen dieser Arten auftauchten. Hier war der Anteil Schwebfliegen deutlich größer. Gleiches gilt für den Fenchel, hier traten keine Individuen der Gattung *Bombus* auf und nur wenige Exemplare von *Andrena* und *Lasioglossum*. Den Hauptanteil machten Schwebfliegen aus, insbesondere *Sphaerosphoria scripta*, *Melanostoma mellinum*, *Episyrphus balteatus* und *Eristalis tenax*. Die Abundanzen dieser Arten waren auch im Sommermohn die höchsten unter den Schwebfliegen, lagen aber von der Individuenzahl unter denen des Fenchels. Dies lässt sich eventuell durch die erhöhte Anzahl an Wildbienen (*Lasioglossum*, *Andrenas* sp., *Bombus* sp.) in der Mohnblüte erklären, die allein schon durch ihre Größe in Raumkonkurrenz zu den sehr viel kleineren Schwebfliegen stehen.

Zusätzlich zu den regulären Erfassungsterminen am frühen Morgen wurde 2020 die Wintermohnfläche am CKA im Verlauf des Vormittags mehrfach beprobt, um die Entwicklung der Blütenbesucherarten und -abundanzen im Zeitverlauf nachzuverfolgen. Die Artenzahl verringerte sich an 2 von 3 Erfassungstagen nicht und lag zwischen 8:00 und 12:00 konstant bei 5-6 Arten. Auch die Abundanzen der einzelnen Arten waren durchgängig eher gering, es wurde jedoch eine Abnahme der Anzahl an Hummeln zum Mittag hin festgestellt. Dagegen

fanden sich durchgängig einzelne Individuen der Gattung *Lasioglossum*. Am dritten Erfassungstag wurden größere Unterschiede zwischen den frühen und späten Beprobungen festgestellt. Waren um 8:00 noch 9 verschiedene Arten unterwegs, waren es um 10:00 nur zwei und um 12:00 5 unterschiedliche Arten. Grundsätzlich gab es Arten, die unabhängig von der Tageszeit erfasst wurden, bspw. *Syrphus vitripennis* und *Episyrphus balteatus* wohingegen *Eupeodes corollae*, *Syrphus ribesii* und *Sphaerosphoria scripta* nur bis etwa 10:00 unterwegs waren. Die Ergebnisse legen nahe, dass die früh gewählten Beprobungstermine im Wintermohn methodisch wichtig sind, da dort die Hauptblüte des Mohns mit der höchsten Insektenaktivität zusammenfiel. Es zeigt jedoch auch, dass eine Erfassung bis zum späteren Vormittag noch ein ähnliches Bild der Artenzusammensetzung abgab und bei eventuell früh morgendlich noch zu kalten Witterungsbedingungen der Mohn auch später noch ein gewisses Attraktivitätslevel für die Blütenbesucher besitzt, selbst wenn der Pollen beginnt zu verbräunen.

Wiesengut

Am Wiesengut wurde im Verlauf der Jahre nur Wintermohn angebaut, weshalb kein Vergleich zum Sommermohn an diesem Standort erfolgte. Da die Segetalflora am Wiesengut durch hohes Aufkommen an Klatschmohn geprägt war und dieser über einen langen Zeitraum blüht, wurde der Klatschmohn während der Wintermohnblüte als alternative Trachtpflanze nach demselben Schema wie der Wintermohn beprobt. 2018 unterschied sich in Bezug auf die Individuenzahl sehr stark von den beiden übrigen Versuchsjahren. Neben *Apis mellifera* wurde eine sehr hohe Anzahl mit bis zu 200 Tieren pro Erfassungszeitraum der Gattung *Bombus* sp. sowohl im Wintermohn als auch im Klatschmohn beobachtet (Abb. 45). Im Vergleich dazu waren die Individuenzahlen der übrigen Arten vergleichsweise gering. Größere Abundanzen zeigte die Gattung *Lasioglossum*, die 2018 vor allem im Klatschmohn gehäuft auftrat, aber auch im Wintermohn beobachtet wurde. Schwebfliegen waren nur vereinzelt anzutreffen.

2019 war die Artenzusammensetzung etwas diverser (Abb. 45). Auch hier war die häufigste Art im Wintermohn *Bombus terrestris* und *Lasioglossum* war auch mit 5 Individuen vertreten. Im Klatschmohn war *Lasioglossum* die häufigste Gattung mit bis zu 25 Individuen. Auch war die Anzahl Schwebfliegen im Klatschmohn gegenüber dem Wintermohn erhöht. Auffällig war die erhöhte Anzahl an nicht näher bestimmten Individuen aus der Familie der *Dipteren*, die im Wintermohn am dritthäufigsten anzutreffen waren. 2020 spiegelt dieselben Verhältnisse: Auch hier waren überdurchschnittlich viele *Bombus*-Individuen vorhanden, auch erstmals über 15 Tiere von *Bombus lucorum*. *Lasioglossum* sp. war danach die häufigste Gattung, ebenso gab es einzelne Schwebfliegen (*Eupeodes corollae* & *Syrphus ribesii*).

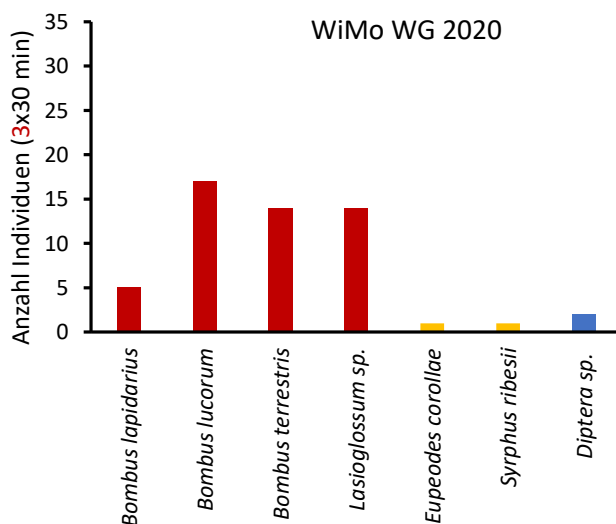
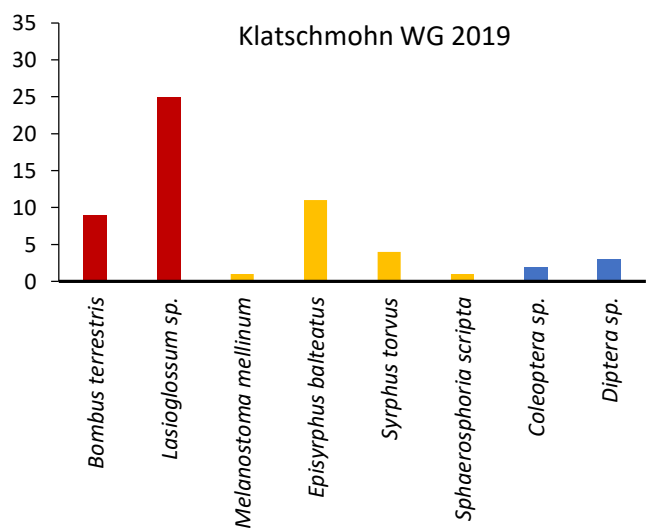
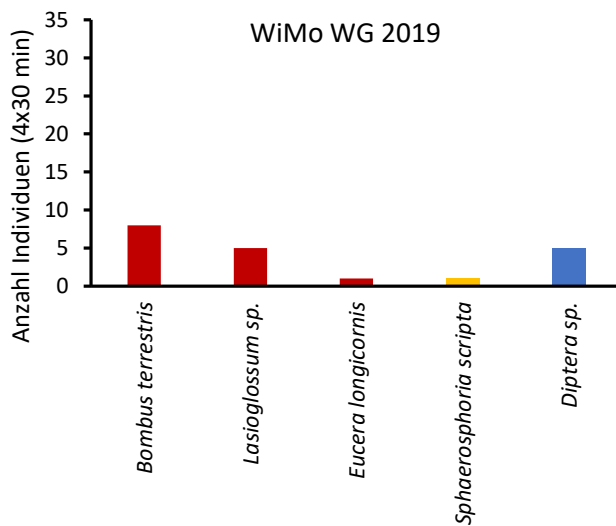
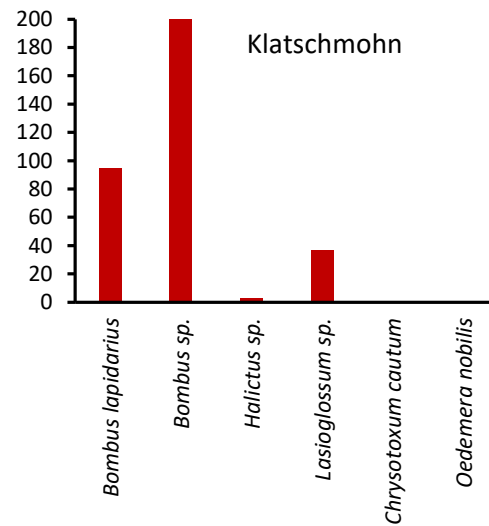
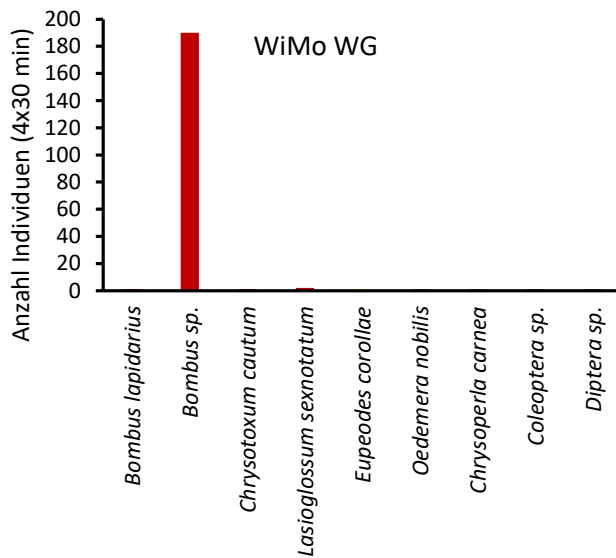


Abb. 45 Abundanzen der Blütenbesuchenden Insekten im Wintermohn im Vergleich zum Klatschmohn am Wiesengut 2018-2020 zusammengefasst über je 4 (2018, 2019) bzw. 3 Fangintervalle (2020) à 30 min

Insgesamt war die Artenzahl im Wintermohn am Wiesengut im Vergleich zum Wintermohn CKA etwas geringer. Auffällig ist jedoch, dass ebenso wie am CKA die Wildbienen (inklusive Hummeln) den überproportionalen Anteil an den Blütenbesuchern im Wintermohn ausmachten. Schwebfliegen waren am Wiesengut kaum im Wintermohn anzutreffen, dafür im Klatschmohn zumindest im Jahr 2019. Grundsätzlich scheint der Klatschmohn eine größere Vielzahl von Blütenbesuchern anzulocken, die Abundanzen im Wintermohn an einzelnen Arten waren jedoch vergleichsweise ähnlich hoch. Im Jahr 2018 wird vermutlich der Verdrängungseffekt aus der Blüte sehr stark gewesen sein, da zusätzlich zu dem massenhaften Auftreten von *Bombus* sp. auch viele Honigbienen gesichtet wurden, die sich mit bis zu 15 Individuen in einer Blüte aufhielten.

Friedenfels

Am Standort Friedenfels wurden die Blütenbesucher im Sommermohn 2019 und 2020 erfasst. Parallel dazu erfolgte eine Erfassung der Blütenbesucher in blühenden Nachbarkulturen, dies war 2019 der Lein und 2020 der Hanf. Charakteristisch für das Jahr 2019 war das hohe Aufkommen von *Bombus terrestris* mit über 20 Individuen im Mohn. Auch *Bombus terrestris* wurde detektiert, im Lein war dagegen *Bombus lapidarius* die dominantere Hummelart. Den Großteil der Blütenbesucher machten Schwebfliegen aus, allen voran *Episyrphus balteatus*, die im Mohn mit über 20 Individuen vorkam. Daneben waren verschiedene *Eupeodes* Unterarten anzutreffen, ebenso mehr als 5 Individuen von *Scaeva pyrastris*, *Syrphus vitripennis* und *Sphaerosphoria scripta*. Auch im Lein wurden hohe Abundanzen von Schwebfliegen ermittelt, hier waren die häufigsten Blütenbesucher *Syrphus vitripennis* und *Sphaerosphoria scripta*. Insgesamt war die Artenvielfalt im Lein etwas höher als im Mohn und die Schnittmenge an Arten, die in beiden Kulturen gefunden wurden hoch. Trotzdem wurden im Lein auch mehr Tiere aus anderen Insektenfamilien wie Käfer oder Wanzen und insbesondere 6 verschiedene Schmetterlingsarten ermittelt. Im Gegensatz dazu traten im Mohn nur Falter der Gattung *Pieris* auf. Dafür jedoch bspw. auch Wildbienen der Gattung *Colletes* und die Florfliege *Chrysoperla carnea*, die sich von Blattläusen ernährt und einen wichtigen Nützling in der Agrarlandschaft verkörpert (Atlihan et al., 2004).

Im Jahr 2020 waren die Verhältnisse von Schwebfliegen zu Wildbienen noch ausgeprägter. Insbesondere *Episyrphus balteatus*, *Melanostoma mellinum* und *Sphaerosphoria scripta* waren in hoher Anzahl mit bis über 30 Individuen (*M. mellinum*) im Sommermohn anzutreffen. Unter den Wildbienen war *Bombus lucorum* die häufigste Art, mit jedoch deutlich weniger Individuen als 2019. Auch einige Dipteren sowie zwei Schmetterlingsarten konnten im Mohn identifiziert werden. Im Vergleich dazu waren im Hanf dieselben drei Schwebfliegenarten mit zwischen 20 und 40 Individuen die häufigsten Blütenbesucher.

Auffällig waren die 6 verschiedenen *Bombus*-Arten, die jedoch zahlenmäßig nur vereinzelt auftraten.

Zudem wurde eine höhere Artenvielfalt an Wildbienen im Hanf verglichen mit dem Mohn beobachtet, die Anzahl unterschiedlichen Schwebfliegenarten war jedoch im Mohn höher.

Insgesamt überwogen in Friedenfels die Schwebfliegen als Blütenbesucher im Sommermohn mit *Episyrphus balteatus* als häufigste Art in beiden Erfassungsjahren. Die Abundanzen der übrigen Arten schwankten stärker, *Bombus terrestris* und *Bombus lucorum* waren aber ebenfalls in beiden Jahren im Mohn vertreten. Zwischen dem Mohn und den alternativen Blühpflanzen (Lein, Hanf) zeigten sich große Schnittmengen an beidseitig vorkommenden Arten, jedoch konnten auch individuelle Unterschiede im Artenspektrum der einzelnen Kulturpflanzen festgestellt werden. Der Lein wies dabei die höchste Artenzahl auf, wohingegen Mohn und Hanf eine ähnliche Blütenbesucherdiversität zeigten.

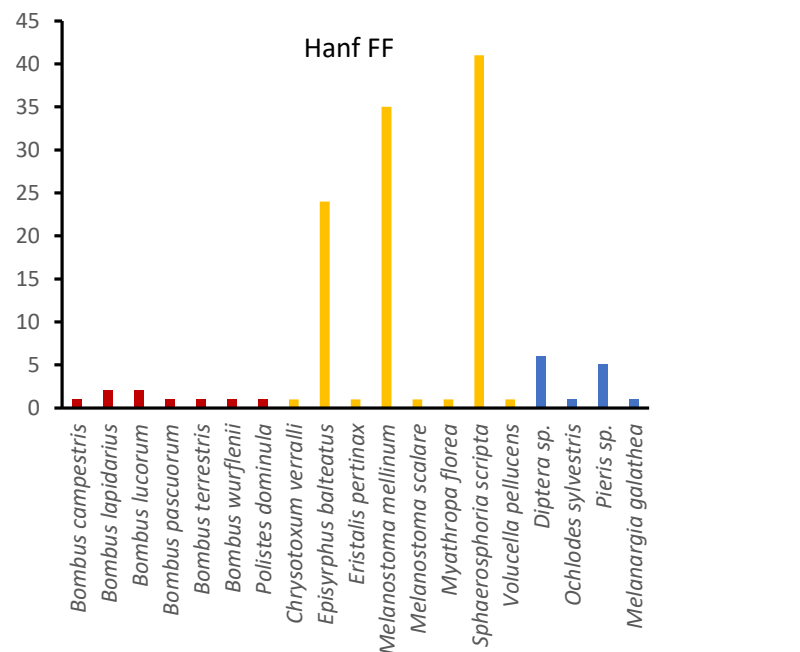
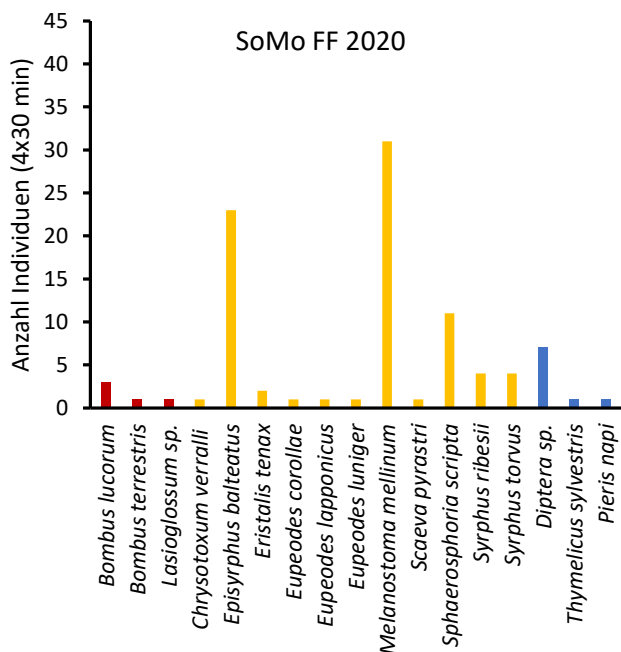
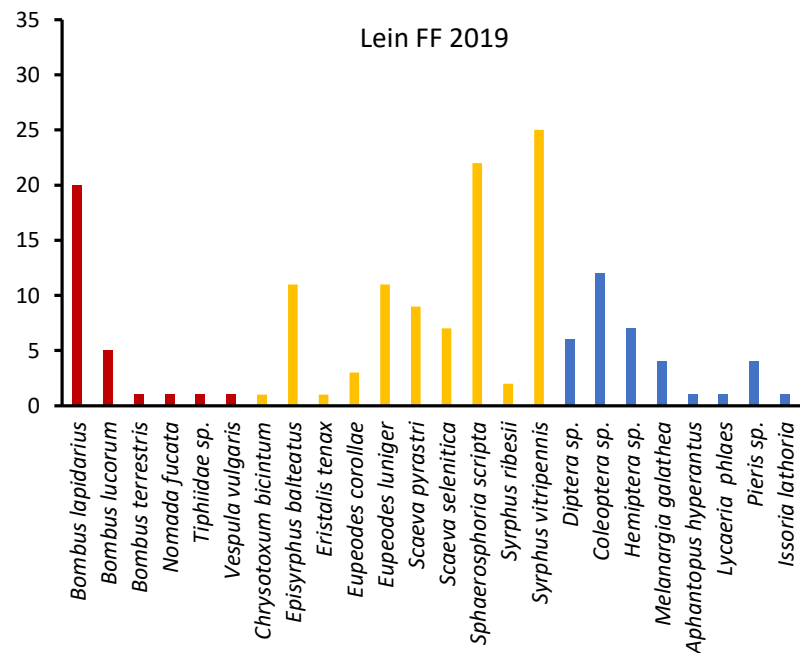
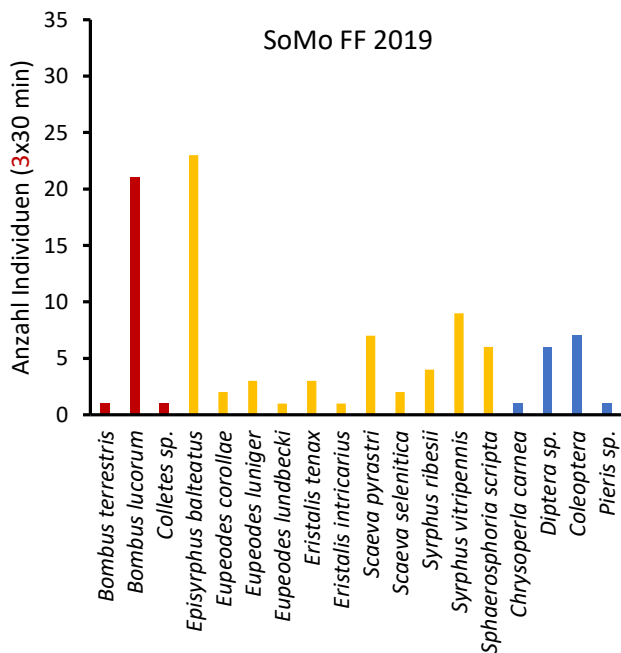


Abb. 46 Abundanzen der Blütenbesucher im Sommermohn im Vergleich zum Lein in Friedenfels 2019 und 2020 zusammengefasst über je 3 (2019) bzw. 4 (2020) Fangintervalle à 30 min

Standortübergreifend lässt sich zusammenfassen, dass im Wintermohn Arten aus der Gattung *Bombus* zu den häufigsten Blütenbesuchern zählten, wohingegen im Sommermohn verstärkt unterschiedlichste Schwebfliegenarten dominierten. Unter den übrigen Wildbienen war *Lasioglossum* sp. die am häufigsten vorkommende Art, das Vorkommen anderer Wildbienenarten war eher standortspezifisch. Bei den Schwebfliegen dominierten an allen Standorten ähnliche, ubiquitär vorkommende Arten wie *Episyrphus balteatus*, *Melanostoma mellinum* oder *Sphaerosphoria scripta*. Gegenüber alternativen Blühpflanzen wie Klatschmohn, Fenchel, Lein, oder Hanf war das Artenspektrum ähnlich mit Tendenz zu höherer Artenvielfalt in den Referenzkulturen. Im Mohn, insbesondere im Wintermohn, war die Abundanz an Hummeln außergewöhnlich hoch, insbesondere 2018 am Wiesengut. Neben den gemeinsamen Effekten zeigten sich auch Standort- und Jahresunterschiede, beispielweise waren die Abundanzen einzelner Schwebfliegenarten in einigen Jahren und Standorten besonders hoch und im darauffolgenden Jahr eher vernachlässigbar, dies war z.B. der Fall bei *Melanostoma mellinum*, die im Sommermohn 2018 (CKA) und 2020 (FF) dominierte, nicht aber in 2019. Eine vermehrte Anzahl an Schmetterlingen wurde dagegen hauptsächlich am Standort Friedenfels im Sommermohn detektiert. Bemerkenswert war auch das mehrmalige Auftreten von Florfliegen (*Chrysoperla* sp.) am CKA sowie in Friedenfels.

Ausgehend von ihrem standortübergreifenden Vorkommen und den höchsten Abundanzen wurden die folgenden blütenbesuchenden Insektenarten als „Top 10“ im Mohn klassifiziert und in ihrer ökosystemaren Funktion näher beschrieben:

Tab. 41 Übersicht der „Top 10“ blütenbesuchenden Insekten im Mohn (Bildmaterial: Carolin Gilgenbach & Katharina Luhmer)

Nr.	Art	Morphologie
1	<i>Apis mellifera</i>	

2 *Melanostoma mellinum*



3 *Bombus lucorum*



4 *Episyrphus balteatus*



5 *Sphaerosphoria scripta*



6 *Lasioglossum* sp.



7	<i>Eupeodes corollae</i>	
8	<i>Bombus terrestris</i>	
9	<i>Eristalis tenax</i>	
10	<i>Scaeva pyrastris</i>	

Die folgenden Artenbeschreibungen wurden zusammengestellt nach: (Mandl, 2011; van Veen, 2014; Westrich, 2019).

1. *Apis mellifera* – Westliche Honigbiene (a)

- Gattung: Echte Bienen (*Apidae*)
- Größe (mm): 11-14 (Arbeiterinnen, 12-16 (Drohnen), 14-20 (Königin)
- Zeitraum: März-Oktober
- Vorkommen: sehr häufig, ganz Deutschland
- Lebensraum: Wiesen, Wegränder, Feldränder, Gärten, an Nektar- und Pollenreichen Blütenpflanzen
- Lebensweise: Staatenbildende Insekten mit bis zu 80.000 Individuen, eine Königin pro Staat legt alle Eier. Gemeinschaftliche Aufzucht der Larven durch

Arbeiterinnen. Wachswaben dienen als Brutstätte, Lebensraum und Lager für Honig als Winterreserve. Mohn als pollenreiche Pflanze dient den Honigbienen zur Brutversorgung und Einlagerung als Winterreserve.

2. *Melanostoma mellinum* – Glänzende Schwarzkopf-Schwebfliege (a,b)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 5-7
- Zeitraum: April – September
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: verschiedene, nicht zu trockene Biotope: Wiesen, Gärten, lichte Wälder
- Lebensweise: Larven ernähren sich von Blattläusen und anderen weichhäutigen, kleinen Insekten.

3. *Bombus lucorum* – Helle Erdhummel (a)

- Gattung: Echte Bienen (*Apidae*)
- Größe (mm): 13-16 (Arbeiterin), 10-16 (Drohnen), 18-21 (Königin)
- Zeitraum: März – August
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Wiesen, Böschungen, Heckenlandschaften, Gärten, Parks
- Lebensweise: Unterirdische Habitate, im Frühling eine der ersten beobachteten Hummelarten. Nestgründung je nach Witterung schon Mitte März, im Juli geht das Volk (400 Tiere) wieder zugrunde, danach nur noch Geschlechtstiere

4. *Episyrphus balteatus* - Hain-Schwebfliege (a,b)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 7-12
- Zeitraum: März – Oktober
- Vorkommen: sehr häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Felder, Wiesen, Waldränder, Parks, Gärten
- Lebensweise: Ausgezeichnete Flieger, ernähren sich von Pollen und Nektar, können blitzartig auf einer Stelle in der Luft schweben. Weibchen legen mehrere 100 Eier an Pflanzen in direkter Nähe von Blattlauskolonien, in 2 Wochen wächst Larve heran und verspeist dabei mehrere 100 Blattläuse. Fliegen schlüpfen noch im selben Jahr und paaren sich, begattete Weibchen überwintern.

5. *Sphaerosiphia scripta* – Gemeine Langbauchschwebfliege (a,b)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 9-12
- Zeitraum: März – Oktober
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Felder, Wiesen, Waldränder, Parks, Gärten

- Lebensweise: Ausgezeichnete Flieger, ernährt sich von Pollen und Nektar. Körperform günstig für röhrenförmige Blüten. Weibchen legen bis zu 1000 Eier an Pflanzen in direkter Nähe von Blattlaufkolonieren. Larven ernähren sich von Blattläusen. Larven überwintern, Verpuppung im Frühjahr

6. *Lasioglossum* sp. – Schmalbienen/Furchenbienen (a)

- Gattung: Echte Bienen (*Apidae*)
- Größe (mm): 4-15
- Zeitraum: März – Oktober
- Vorkommen: meist häufig in Lagen bis 500 m, in Deutschland häufig
- Lebensraum: verschiedenste Biotope im Offenland, anspruchslos
- Lebensweise: primitiv eusoziale Lebensweise. Nestbau im Erdreich an vegetationsarmen oder -freien Stellen, lehmigen Steilwänden. Gräbt dazu Gänge und Nistkammern, die sie mit einem Drüsensekret auskleidet. Sammelt polylektisch Pollen und Nektar für die Brut

7. *Eupeodes corollae* – Gemeine Feld-Schwebfliege (a,b)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 6-10
- Zeitraum: April – September
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: im Offenland, Wiesen, Wegränder, Gärten, größere Waldlichtungen
- Lebensweise: wandernde Schwebfliegenart, die auf blütenreichen Wiesen häufig zu finden ist. Adulte ernähren sich von Pollen und Nektar, Larven von Blattläusen.

8. *Bombus terrestris* – Dunkle Erdhummel (a)

- Gattung: Echte Bienen (*Apidae*)
- Größe (mm): 12-16 (Arbeiterin), 14-18 (Drohnen), 18-22 (Königin)
- Zeitraum: März – Oktober
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Wiesen, Waldränder, Parks, Gärten
- Lebensweise: unterschiedliche Habitate, Nestbau vorwiegend unterirdisch, z.B. verlassene Maulwurfgänge, die tief ins Erdreich reichen können. Nest besteht über den Sommer, Königinnen überwintern.

9. *Eristalis tenax* – Keilfleck-Schwebfliege (a)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 14-18
- Zeitraum: März – Oktober
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Felder, Wiesen, Waldränder, Parks, Gärten
- Lebensweise: ausgezeichnete Flieger, ernährt sich von Pollen und Nektar. Larven leben in schlammigen Gewässern, ernähren sich von Pflanzenresten und Schwebstoffen. „Rattenschwanz“-Larven zur Sauerstoffaufnahme aus der Luft. Fliegen schlüpfen noch im selben Jahr, paaren sich. Begattete Weibchen überwintern.

10. *Scaeva pyrastris* – Späte Großstirn-Schwebfliege (a,b)

- Gattung: Schwebfliegen (*Syrphidae*)
- Größe (mm): 10-15
- Zeitraum: April – September
- Vorkommen: häufig, in ganz Deutschland
- Lebensraum: Wiesen, blütenreiche Hecken, Waldränder, Gärten
- Lebensweise: ausgezeichnete Flieger, ernährt sich von Pollen und Nektar. Meist auf Blüten zu finden, v.a. Doldenblütler. Larven ernähren sich von Blattläusen.

Aus den Beschreibungen der einzelnen Arten wird deutlich, dass sie wichtige Ökosystemfunktionen erfüllen. Die bedeutendsten sind dabei die Bestäubungsleistung und die Nützlingsaktivität. Fast alle genannten Schwebfliegenlarven ernähren sich von Blattläusen, von denen der Mohn häufig auch selbst befallen wird (Dobos et al., 2013). Auch für viele andere Pflanzen ist Blattlaufbefall problematisch, sodass aus der Förderung von Nützlingen wie den Schwebfliegen eine grundsätzliche Verbesserung der biologischen Schädlingsbekämpfung resultiert. Insbesondere die Wildbienen (inklusive Hummeln) und die Honigbiene sind für ihre Bestäubungsleistung bekannt. Dies gilt insbesondere für Obstblüten aber auch einige Bäume und viele Wildpflanzen sind auf Insektenbestäubung angewiesen. Mit der Bereitstellung reichhaltigen Mohnpollens werden somit Arten gestärkt, die grundsätzlich als potentielle Bestäuber in der Kulturlandschaft aktiv sind.

Der Mohn & die Honigbiene

Die Honigbiene nutzt die Mohnblüten als pollenreiche Pflanze. Die Pollen dienen, zur Brutversorgung und Einlagerung als Winterreserve. Zur Sammlung des Pollens an den Stamina nutzen die Bienen ihre Vorderbeine und lagern den Pollen in ihren Pollenhöschen ab. Zunächst gelangt der Pollen in das Haarkleid und wird dann mithilfe der Pollenbürste und des Pollenkamms, welche sich beide am dritten Beinpaar befinden, ausgekämmt. Dann wird der Pollen zum Pollenhöschen außen am Bein geformt. (Ohe, 2006)

Blüten benutzen verschiedene optische und chemische Reize, um Insekten anzulocken. Dabei dienen Form, Größe, Farbe und Duft der Blüte zur Anlockung der Insekten. Nektarlose Blüten, wie die des Mohns, besitzen sog. „Pollenmale“. Das sind kontrastfarbene Flecken oder Zeichnungen, die der Honigbiene den Weg zum Pollen zeigen. Diese Zeichnungen beruhen auf unterschiedlicher Ultraviolett-Rückstrahlung und sind daher für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar. Neben den Pollenmalen gibt es auch die sog. „Duftmalen“. Dabei besitzt der Pollen einen viel intensiveren oder einen andersartigen Duft als die anderen Blütenteile. Die Pollenreife und -entleerung findet bei unterschiedlichen Pflanzenarten zu unterschiedlichen Tageszeiten statt. Der Mohn gehört dabei zum Morgentypus, d.h., dass 60-90% des Pollens vor dem Mittag dargeboten wird. Die Honigbiene richtet ihre Flugzeit

nach dieser Pollendarbietungszeit, da sich der frisch entleerte Pollen am besten zum Formen der Pollenhöschen eignet (Maurizio & Schaper, 1994).

Im Folgenden wird dargestellt, wie intensiv der Mohn (*Papaver somniferum*) von den Honigbienen (*Apis mellifera*) wahrgenommen wird. Außerdem wurde in den feldexperimentellen Untersuchungen nachvollzogen, ob es Unterschiede in der Wahrnehmung von Wintermohn (Sorte "Zeno Morpheus") oder des Sommermohns (Sorten "Viola" und "Mieszko") durch die Honigbiene gibt. Auch der Einfluss des Standorts (Campus Klein-Altendorf, Wiesengut und Friedenfels) wurde im Hinblick auf die Anzahl der Blütenbesuche durch *Apis mellifera* im Beobachtungszeitraum analysiert.

Material und Methoden

Die Anzahl der Honigbienen wurden nach einer 30-minütigen Beobachtungsdauer auf den Mohnblüten parallel zu den Erfassungen der übrigen Blütenbesucher an den Standorten Campus Klein-Altendorf (CKA), Wiesengut (WG) und Friedenfels (FF) geschätzt. Diese Schätzungen wurden in die Kategorien „<10“, „10-100“ und „>100“ Individuen unterteilt.

Ergebnisse

2018 lag in den 8 Erfassungen im Wintermohn am Wiesengut die geschätzte Anzahl Honigbienen zu jedem Termin über 100. An den 32 Erfassungstermine im Sommermohn am Campus Klein-Altendorf wurden unregelmäßig zwischen 10 und 100 oder über 100 Honigbienen beobachtet. Es fällt auf, dass zu den letzten Erfassungsterminen (ab 25.06.) die Honigbienenabundanzen tendenziell etwas abnahmen. An beiden Flächen fanden sich Bienenstöcke im Umkreis von 1 km.

Tab. 42 Geschätzte Anzahl Honigbienen in den Wintermohnbeständen am Wiesengut und den Sommermohnbeständen am Campus Klein-Altendorf 2018, Chronologische Sortierung der Beobachtungstermine; Schätzkategorien: Gelb ≤ 10, orange = 10-100, rot ≥ 100 Individuen von *Apis mellifera* L.

2018					
Wiesengut Wintermohn		Campus Klein-Altendorf Sommermohn			
Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
24.05.18	08:10	13.06.18	07:45	13.06.18	08:30
26.05.18	07:30	14.06.18	08:00	14.06.18	08:00
27.05.18	07:05	17.06.18	07:45	17.06.18	08:00
28.05.18	07:50	18.06.18	07:30	18.06.18	07:30
24.05.18	08:10	19.06.18	07:45	19.06.18	08:25
26.05.18	07:30	20.06.18	07:45	20.06.18	07:45
27.05.18	07:05	21.06.18	07:45	21.06.18	07:45
28.05.18	07:50	25.06.18	07:45	25.06.18	07:45

	25.06.18	07:45	25.06.18	07:45
	26.06.18	07:45	26.06.18	07:45
	27.06.18	07:45	27.06.18	07:45
	29.06.18	07:45	29.06.18	07:45
	09.07.18	07:25	09.07.18	07:25
	11.07.18	07:20	11.07.18	07:20
	12.07.18	07:10	12.07.18	07:10
	17.07.18	07:15	17.07.18	07:15

Bei der Berücksichtigung der abiotischen Faktoren beider Standorte fällt auf, dass zum Zeitpunkt der Sommermohnblüte am Campus Klein-Altendorf mit der blühenden Luzerne, Lupine-, Silphie-, Sonnenhut-, Sonnenblume- und Cichoriumbeständen blühende Alternativtrachten in unmittelbarer Umgebung vorhanden waren.

Tab. 43 Begleitfaktoren der Bienenschätzungen in Winter- und Sommermohn am Wiesengut und am Campus Klein-Altendorf 2018

Standort	Wiesengut	Campus Klein-Altendorf
Flächengröße	1.000 m ²	1.000-2.000 m ²
Alternativtracht in unmittelbarer Umgebung		Luzerne, Lupine, Silphie, Sonnenhut, Sonnenblume, Cichorium
Blühzeitraum	Ende Mai – Anfang Juni	Ende Juni-Anfang Juli
Anzahl Erfassungstermine	8	32
Erfassungszeitraum	24.05.2018 – 28.05.2018 in einem Zeitraum von 07:05 Uhr bis 09:00 Uhr jeweils 30 Minuten	13.06.2018 – 17.07.2018 in einem Zeitraum von 07:10 Uhr bis 08:30 Uhr jeweils 30 Minuten
Abiotische Faktoren	Wetter an allen Terminen trocken, 24.05.18 bewölkt, 16,2°C 26./27.05.18 sonnig, 18,6°C - 18,9°C 28.05.18 leicht windig, 21°C	17.06. (19,3°C) /20.06. (21,9°C) /21.06. (19,6°C) /27.06. (20,5) /29.06.18 (22,2°C), 17.07.18 (19,6°C) sonnig 09.07.18 sonnig, leicht windig, 18,9°C 13.06. (15,7°C) /14.06. (17,8°C) /26.06.18 (15,6°C) bewölkt 25.06.18 bewölkt, feucht 18.06. (16,6°C) /19.06. (17,2°C) /25.06., 11.06. (13,6°C) /12.07.18 (19,6°C) bewölkt, leicht windig-windig

In 2019 wurden Standortunterschiede in der Anzahl der erfassten Honigbienen deutlich. Sowohl in den Sommer- als auch in den Wintermohnflächen wurden am CKA durchgängig über 100 Honigbienen geschätzt, während es am Wiesengut auch Erfassungstermine mit deutlich weniger Honigbienen in den Beständen gab. waren es an zwei von vier Erfassungsterminen ebenfalls über 100 und an den anderen beiden 10-100. Konträr dazu

wurden in Friedenfels an zwei von drei Messtagen unter 10 Honigbienen gezählt und einmalig zwischen 10 und 100 geschätzt. Diese Standortunterschiede können vermutlich in hohem Zusammenhang zur Platzierung von Bienenstöcken in der Nähe der Versuchsfelder gesehen werden, da sie sowohl am Wiesengut als auch am CKA in < 1 km Abstand zum Mohnfeld standen.

Tab. 44 Geschätzte Anzahl Honigbienen in den Mohnbeständen am Wiesengut, Campus Klein-Altendorf und Friedenfels, 2019, Chronologische Sortierung der Beobachtungstermine; Schätzkategorien: Gelb ≤ 10 , orange = 10-100, rot ≥ 100 Individuen von *Apis mellifera* L.

2019							
Wiesengut Wintermohn		Campus Klein-Altendorf Wintermohn		Campus Klein-Altendorf Sommermohn		Friedenfels Wintermohn	
Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
03.06.	08:20	03.06.19	08:30	24.06.19	08:15	05.07.19	08:10
05.06.	08:00	04.06.19	08:30	25.06.19	08:00	06.07.19	07:20
06.06.	08:40	05.06.19	08:45	26.06.19	08:00	08.07.19	07:20
07.06.	07:40	07.06.19	08:30	27.06.19	08:00		

Tab. 45 Begleitfaktoren der Bienenschätzungen in Winter- und Sommermohn am Wiesengut, Campus Klein-Altendorf und Friedenfels 2019

Standort	WG	CKA	CKA	FF
Flächengröße	1.000 m ²	1.000-2.000 m ²	1.000-2.000 m ²	1.000-2.000 m ²
Alternativtracht in unmittelbarer Umgebung		Luzerne, Rotklee, Kartoffel, Soja	Luzerne, Lein, Lupine, Sideritis, Thymian, Ackerbohne	Lein
Bienenstock in unmittelbarer Nähe	Ja, in ca. 500 m Entfernung	Ja, in ca. 1 km Entfernung	Ja, in ca. 1 km Entfernung	Nein
Blühzeitraum	Ende Mai-Anfang Juni	Ende Juni-Anfang Juli	Ende Mai – Anfang Juni	Ende Juni-Anfang Juli
Anzahl Erfassungstermine	4	4	4	3
Erfassungszeitraum	03.06.-07.06.19 in einem Zeitraum von 07:30 Uhr bis 08:40 Uhr jeweils 30 Minuten	24.06.-27.06.19 in einem Zeitraum von 08:00 Uhr bis 08:15 Uhr jeweils 30 Minuten	05.07.-08.07.19 in einem Zeitraum von 07:20 Uhr bis 10:15 Uhr jeweils 30 Minuten	03.06.-07.06.19 in einem Zeitraum von 08:30 Uhr bis 08:45 Uhr jeweils 30 Minuten
Abiotische Faktoren	03.06.19 sonnig bedeckt, 23,9°C 05.06. (23,3°C) /07.06.19 (13,2°C) sonnig, klar 06.06.19 windig, bewölkt, nass,	sonnig, trocken, 18°C – 23°C	bewölkt, sonnig, 17°C – 22°C	sonnig, trocken, 13°C – 25°C

	15,5°C			
--	--------	--	--	--

Im Jahr 2020 wurden die meisten Honigbienen im Wintermohn am Wiesengut und in Klein-Altendorf beobachtet. Am CKA fanden Erfassungen im Tagesgang statt, aus denen deutlich wird, dass unabhängig vom Erfassungszeitpunkt bis zum Mittag eine hohe Anzahl (meist > 100) Honigbienen als Blütenbesucher im Mohn identifiziert werden konnte. Im Sommermohn am CKA war das Bild geteilt und es wurden zu 50% der Termine 10-100 und zu den anderen 50% > 100 Honigbienen geschätzt. Wiederum waren die Abundanzen in Friedenfels deutlich geringer, lagen hier aber meist zwischen 10 und 100 Individuen.

Tab. 46 Geschätzte Anzahl Honigbienen in den Mohnbeständen am Wiesengut, Campus Klein-Altendorf und Friedenfels, 2020, Chronologische Sortierung der Beobachtungstermine; Schätzkategorien: Gelb ≤ 10 , orange = 10-100, rot ≥ 100 Individuen von *Apis mellifera* L.

2020							
WG Wintermohn		CKA Sommermohn		CKA Wintermohn		FF Sommermohn	
Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
26.05.20	08:55	30.06.20	08:10	25.05.20	08:45	01.07.20	09:35
27.05.20	08:30	01.07.20	08:05	28.05.20	08:00	06.07.20	11:21
28.05.20	09:00	02.07.20	08:05			07.07.20	09:58
		03.07.20	08:20	01.06.20	08:30	08.07.20	09:00
				01.06.20	10:00		
				01.06.20	12:00		
				02.06.20	08:45		
				02.06.20	09:30		
				02.06.20	10:30		
				02.06.20	11:00		
				03.06.20	07:40		
				03.06.20	08:10		
				03.06.20	09:35		
				03.06.20	10:00		
				03.06.20	11:30		
				03.06.20	11:52		
				09.06.20	08:50		

Tab. 47 Begleitfaktoren der Bienenschätzungen in Winter- und Sommermohn am Wiesengut, Campus Klein-Altendorf und Friedenfels 2020

Standort	WG	CKA	CKA	FF
Flächengröße	1.000 m ²	1.000-2.000 m ²	1.000-2.000 m ²	1.000-2.000 m ²
Alternativtracht in unmittelbarer Umgebung		Thymian, Fenchel, Sideritis, Silphie	Ackerbohne, Thymian	Hanf
Blühzeitraum	Ende Mai-Anfang Juni	Ende Juni-Anfang Juli	Ende Mai – Anfang Juni	Ende Juni-Anfang Juli
Anzahl Erfassungstermine	6	8	30	4
Erfassungszeitraum	26.05.-28.05.20 in einem Zeitraum von 08:30 Uhr bis 09:00 Uhr jeweils 30 Minuten	30.06.-03.07.20 in einem Zeitraum von 08:05 Uhr bis 08:20 Uhr jeweils 30 Minuten	25.05.-09.06.20 in einem Zeitraum von 07:40 Uhr bis 11:52 Uhr jeweils 30 Minuten	01.07.-08.07.20 in einem Zeitraum von 09:00 Uhr bis 11:21 Uhr jeweils 30 Minuten
Abiotische Faktoren	26.05.20 sonnig, klar, 18,4°C 27./28.05.20 sonnig, klar, leicht windig, 18°C – 19°C	30.06.20 sonnig, leicht bewölkt, leicht windig, 20,5°C 01.07.20 bewölkt windstill, 21,9°C 02.07.20 sonnig, warm, nass, leichte Brise, 22,4°C 03.07. 20 sonnig, klar, windstill, 20,8°C	25.05.20 windig bewölkt, 15°C 28.05.20 sonnig, 19°C 02.06. sonnig, klar, warm, 22°C – 29°C 03.06.20 sonnig, warm, windstill, 21°C – 28°C 09.06.20 bewölkt, nass, neblig, 12-13°C	01.07.20 sonnig, wolkenlos, 18,5°C 06.07.20 sonnig, leicht bewölkt, windig, 16°C 07.07.20 wechselhaft sonnig/wolkig, 12°C 08.07.20 bedeckt, 13,5°C

Tab. 48 Jahresübergreifende chronologische Sortierung der Beobachtungstermine auf den Blüten des Wintermohns an den Standorten WG und CKA ; Gelb ≤ 10, orange = 10-100, rot ≥ 100 Individuen von *Apis mellifera* L.

Abundanzen der Honigbiene im Wintermohn									
WG 2018		WG 2019		WG 2020		CKA 2019		CKA 2020	
Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
24.05.18	08:10	03.06.19	08:20	26.05.20	08:55	03.06.19	08:30	25.05.20	08:45
26.05.18	07:30	05.06.19	08:00	27.05.20	08:30	04.06.19	08:30	28.05.20	08:00
27.05.18	07:05	06.06.19	08:40	28.05.20	09:00	05.06.19	08:45		
28.05.18	07:50	07.06.19	07:40			07.06.19	08:30	01.06.20	08:30

24.05.18 08:10				01.06.20 10:00
26.05.18 07:30				01.06.20 12:00
27.05.18 07:05				
28.05.18 07:50				02.06.20 08:45
				02.06.20 09:30
				02.06.20 10:30
				02.06.20 11:00
				03.06.20 07:40
				03.06.20 08:10
				03.06.20 09:35
				03.06.20 10:00
				03.06.20 11:30
				03.06.20 11:52
				09.06.20 08:50

Tab. 49 Jahresübergreifende chronologische Sortierung der Beobachtungstermine auf den Blüten des Wintermohns an den Standorten CKA und FF ; Gelb ≤ 10, orange = 10-100, rot ≥ 100 Individuen von *Apis mellifera* L.

Abundanzen der Honigbiene im Sommermohn									
CKA 2018		CKA 2019		CKA 2020		FF 2019		FF 2020	
Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
13.06.18 07:45		24.06.19 08:15		30.06.20 08:10		05.07.19 08:10		01.07.20 09:35	
14.06.18 08:00		25.06.19 08:00		01.07.20 08:05		06.07.19 07:20		06.07.20 11:21	
17.06.18 07:45		26.06.19 08:00		02.07.20 08:05		08.07.19 07:20		07.07.20 09:58	
18.06.18 07:30		27.06.19 08:00		03.07.20 08:20				08.07.20 09:00	
19.06.18 07:45									
20.06.18 07:45									
21.06.18 07:45									
25.06.18 07:45									
25.06.18 07:45									
26.06.18 07:45									
27.06.18 07:45									
29.06.18 07:45									
09.07.18 07:25									
11.07.18 07:20									
12.07.18 07:10									
17.07.18 07:15									
13.06.18 08:30									
14.06.18 08:00									
17.06.18 08:00									
18.06.18 07:30									

19.06.18	08:25				
20.06.18	07:45				
21.06.18	07:45				
25.06.18	07:45				
25.06.18	07:45				
26.06.18	07:45				
27.06.18	07:45				
29.06.18	07:45				
09.07.18	07:25				
11.07.18	07:20				
12.07.18	07:10				
17.07.18	07:15				

Vergleicht man die Honigbienzahlen standortübergreifend zwischen Winter- und Sommermohn wird deutlich, dass insbesondere der Wintermohn eine hohe Anziehungskraft für die Honigbiene besitzt. Insgesamt wurden an 30 von 35 Erfassungsterminen im Wintermohn eine Honigbienzahl von > 100 geschätzt, an 5 Terminen lag sie zwischen 10 und 100. Im Sommermohn war das Bild durchwachsener, aber auch dort wurde zu 45% der Erfassungen eine Honigbienzahl von > 100 geschätzt. Vereinzelt traten auch Schätzungen von unter 10 Individuen auf, dies besonders oft am Standort Friedenfels. Die Nähe von Honigbienenstöcken zu den untersuchten Mohnfeldern erklärt die höhere Abundanz der Bienen am CKA und am Wiesengut. Dass der Wintermohn noch einmal deutlich attraktiver zu sein scheint als der Sommermohn, ist eventuell auf das noch größere Pollenangebot (s. Kapitel Pollen) zurückzuführen, da es zu den meisten Erfassungen auch keinen Mangel an Alternativtrachten gab.

Ein möglicher Temperatureffekt auf die Anzahl an Honigbienen lässt sich anhand dieser Daten nicht feststellen. An den meisten Terminen war es sonnig bis bewölkt, trocken und etwa 20°C. Es gab nur einige Termine mit Temperaturabweichungen in beide Richtungen, jedoch lässt sich bei diesen kein Effekt auf die Honigbiene feststellen. Mohn stellt den meisten Pollen von ca. 7:30 Uhr bis ca. 9:30 Uhr zur Verfügung (Maurizio & Schaper, 1994). Die Erfassungen zu späteren Zeitpunkten zeigen jedoch bis 12:00 keine Abnahme der Honigbienenaktivität

Fazit

Die Mohnblüte ist für zahlreiche blütenbesuchende Insektenarten attraktiv. Besonders hohe Abundanzen zeigten neben der dominierenden Honigbiene vor allem Wildbienen und Schwebfliegen, die im Sommermohn tendenziell in höherer Arten- und Individuenzahl als im

Wintermohn detektiert wurden. Die davon profitierenden Insekten üben wichtigste Ökosystemfunktionen wie Bestäubung und Nützlingsfunktionen aus, wobei insbesondere die Schwebfliegen häufig beide Funktionen wahrnehmen.

2.3 Mohn als pollenliefernde Pflanze

Der Schlafmohn gehört zu den nektarlosen Pollenblumen. Die Insekten werden unter anderem von den intensiv gefärbten Kronblättern und dem auffällig kontrastfarbigen Basalfleck auf den Kronblättern angelockt. Insekten nutzen die Pollen der Mohnblüte als Nahrungsressource. Ziel der vorliegenden Arbeiten ist die Quantifizierung der Nahrungsressource Mohn für blütenbesuchende Insekten.

Durchgeführte Untersuchungen:

1. Auswertung von Bienenstockproben
2. Quantifizierung des Pollenangebotes
3. Nährwertanalyse des Pollens

Auswertung von Bienenstockproben

Die Wahrnehmung der Mohnblüte als lukrative Trachtpflanze für die Honigbiene wurde in den Projektjahren 2018 und 2019 anhand von Pollenuntersuchungen aus den Bienenstöcken am Campus Klein-Altendorf und am Wiesengut erforscht.

Methodik

An den Bienenstöcken wurden zu bestimmten Terminen sogenannte Pollenfallen angebracht. Dazu wurden kleine Gitter mit einem Lochdurchmesser von 5 mm (Pollenkämme) zeitweise vor die Öffnungen der Bienenstöcke geschoben. Beim Einflug in den Bienenstock streift die Biene in den engen Gittern ihre Pollenhöschen ab, welche in Schalen aufgefangen werden. Die Pollen wurden anschließend präpariert auf Artzusammensetzung analysiert.



Abb. 47 Pollenfallen vor den Bienenstöcken zur Entnahme der Pollenhöschen von Honigbienen (Foto: H. Blum)

Die Pollenpräparate wurden unter Berücksichtigung der DIN-Norm 10760 erstellt. Aus einer definierten Pollenmenge wurde mit destilliertem Wasser eine verdünnte, homogenisierte Lösung erstellt und anschließend 15 µl auf einen Objektträger pipettiert und ausgestrichen, sodass ein 22 x 22 mm großes Quadrat entstand. Anschließend wurde das Wasser verdunstet und das Präparat mit Glyceringelatine versiegelt. Das ausgehärtete Präparat konnte unter dem Lichtmikroskop betrachtet werden.



Abb. 48 Vorbereitung der Pollenproben zum Erstellen der Präparate (Foto: H. Kolem)

Die Auszählung der Präparate erfolgte mithilfe eines Carl Zeiss Lichtmikroskops (Axiolab, Baujahr 1996) unter 400-facher Vergrößerung. Innerhalb von drei zufällig ausgewählten Sichtfeldern konnte die Gesamtpollenanzahl und die Teilmengen der einzelnen Pollentypen ermittelt werden.

Berechnung der relativen Pollenhäufigkeit einer Pflanzenart (X) innerhalb der drei Sichtfelder eines Präparates:

$$X = A/n$$

A = Anzahl gesuchter Pollen in den drei Sichtfeldern

N = ausgezählte Gesamtzahl der Pollen in den drei Sichtfeldern

Für die Aufbereitung der Pollen und die Auszählung des Pollenanteils in den Stockproben wurde im Rahmen des Projektes eine Arbeitsanleitung entwickelt, welche beim Projektnehmer angefragt werden kann (Leitfaden zur Erstellung eines Pollenpräparates, Carolin Gilgenbach, 2020). Die Pollenuntersuchungen wurden an der Universität Bonn, INRES Agrarökologie und Organischer Landbau durchgeführt.

Ergebnisse

Die arttypische Unterscheidung von Klatschmohn- und Schlafmohnpollen war visuell nicht möglich, daher wird bei der Gesamtauswertung von Mohnpollen im Allgemeinen gesprochen. In Kapitel 2.2 wurde bereits die Pollensammelaktivität der Honigbiene vorgestellt. Sie gehört zu den Beinsammlerinnen, verklebt die Pollen zu kleinen Klümpchen, die sie am Hinterbein befestigt (Pollenhöschen). Im Bienenstock werden die Pollenhöschen in den sogenannten Pollenzellen als Nahrungsbevorratung eingelagert. Aufgrund der Blütenstetigkeit der Honigbiene enthalten die Pollenhöschen meist nur den Pollen einer Pflanzenart. Die Pollenhöschen sind deswegen pflanzentypisch gefärbt; bei Klatschmohn (*P. rhoeas*) schwarz und bei Schlafmohn (*P. somniferum*) cremefarben. Auch wenn eine genaue Zuordnung der Pollen zu den Mohnarten nicht möglich war, so zeigte sich beispielhaft bei der Auszählung der Stockproben im Jahr 2018 doch, dass zur Zeit der Mohnblüte der Anteil an Pollen in den Stockproben auffallend zunahm (Abb. 49). Während der Mohnblüte stammten 20-50% des Pollens vom Mohn. Die Bestände wurden demnach von der Honigbiene intensiv als lukrative Tracht wahrgenommen.

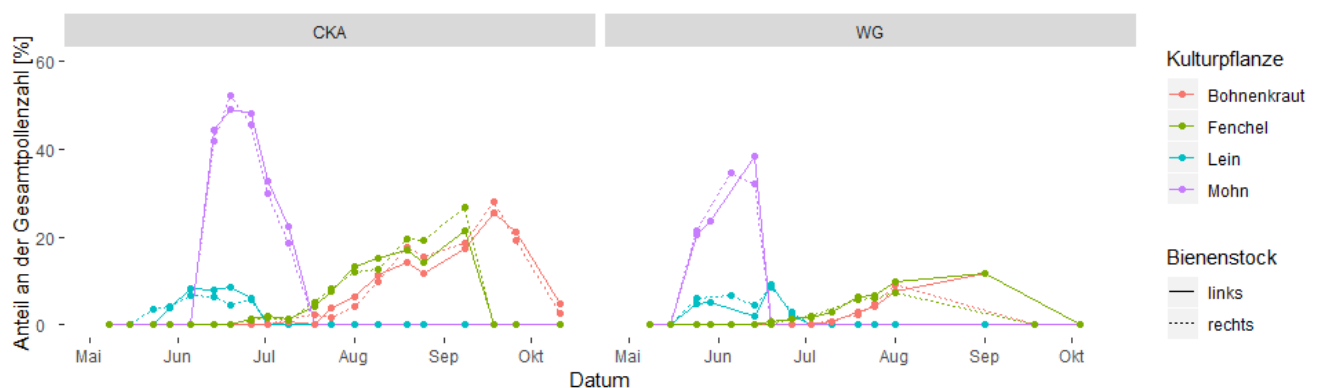


Abb. 49 Anteil des Pollens der Arznei- und Gewürzpflanzen an der Gesamtpollenzahl 2018, ermittelt aus repräsentativen Stichproben aus dem mittels Pollenfallen erfassten Pollen der vier Versuchsbienenstöcke an den zwei Standorten Campus Klein-Altendorf (CKA) und Wiesengut (WG)

Um die visuelle Unterscheidung von Klatschmohn- und Schlafmohnpollen vorzunehmen, wurden beide Pollenarten gezielt vermessen. Die Abb. 50 & 51 zeigen den Pollen des Schlafmohns (Dauerpräparat). Für die Vermessung des Pollens wurde dieser gezielt einer Anthere entnommen, in Lösung gebracht, unter dem Mikroskop mit Maßstabangabe fotografiert und mit dem Fotobearbeitungsprogramm Gimp vermessen. Die Pollen des Mohns sind dreieckig bis spheroid. Der Pollendurchmesser liegt in einem Größenbereich von 32,37 µm.



Abb. 50 Pollen des Wintermohns
Vergrößerung: 400 x (Foto M. Schedemolk)

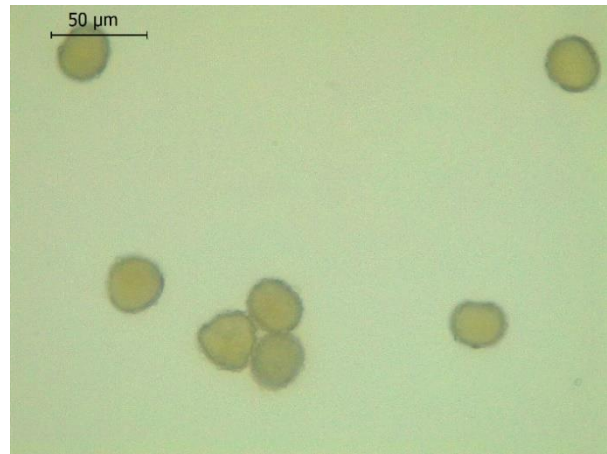


Abb. 51 Pollen des Sommermohns
Vergrößerung: 400 x (Foto M. Schedemolk)

Die Untersuchungen zeigten deutliche Unterschiede des Pollendurchmessers von Winter- und Sommermohn. Während der Wintermohnpollen einen Durchmesser $> 30 \mu\text{m}$ aufwies ($\bar{\varnothing} 32,37 \mu\text{m} \pm 1,85$, Min. $25,64 \mu\text{m}$, Max. $43,9 \mu\text{m}$), lag der Sommermohnpollen in den meisten Fällen unter $30 \mu\text{m}$ ($\bar{\varnothing} 28,69 \mu\text{m} \pm 2,04$, Min. $23,66 \mu\text{m}$, Max. $34,46 \mu\text{m}$). Der Pollendurchmesser von Klatschmohn wurde ebenfalls vermessen und betrug im Durchschnitt $27,11 \mu\text{m} \pm 1,75$, Min. $18,25 \mu\text{m}$, Max. $33,75 \mu\text{m}$). Abb. 52 zeigt die in weiten Bereichen ähnliche Pollengrößen von Klatschmohn und Schlafmohn, die eine exakte Artzuordnung der Pollen anhand des Durchmessers unmöglich macht.

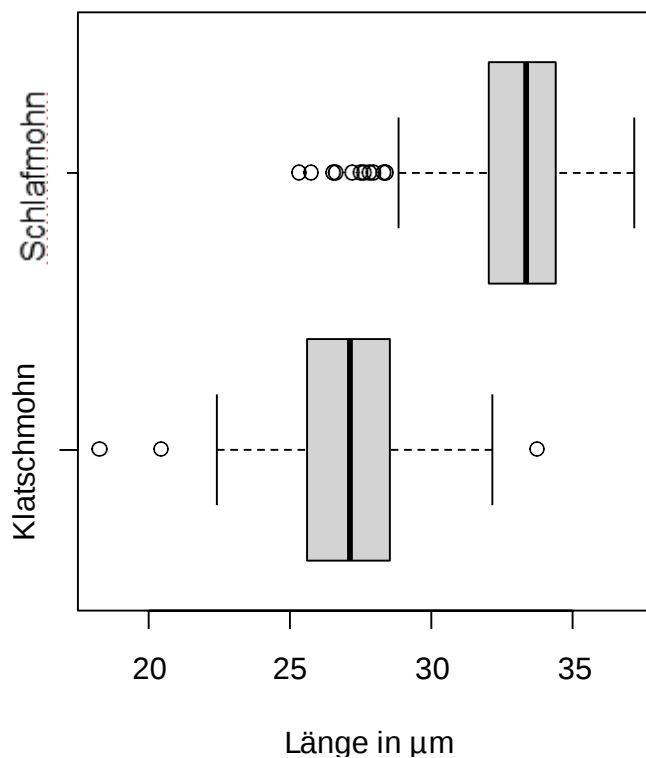


Abb. 52 Pollendurchmesser in μm von *P. somniferum* und *P. rhoeas* (n=200)

Jede Pflanzenart hat ihren eigenen Rhythmus in der Reifung und Darbietung der Pollen. Nach Maurizio (1994) gehört der Mohn zu dem Morgentypus. Dies konnte in den Feldbeobachtungen bestätigt werden. Je nach Witterung tritt ab 11.00 Uhr eine Verbräunung der Antheren an den Filamenten auf, die Antheren sind leer und eingetrocknet.



Abb. 53 Eintrocknung der Antheren im Verlauf eines Vormittags bei Wintermohn (Fotos: M. Schedemolk)

Quantifizierung des Pollenangebotes

Grundlage der Quantifizierung des Pollenangebotes von Mohn bildeten die Auszählungen der Pollen in den Antheren des Winter- und Sommermohns. Laut Maurizio (1994) sind unterschiedliche Pollenzahlen bei einer Pflanzenart sowohl genetisch bedingt als auch von abiotischen Faktoren, allen voran den klimatischen Bedingungen, abhängig. Ein Bienenvolk benötigt über 30 kg Pollen/Jahr, eine möglichst abwechslungsreiche chemische Zusammensetzung des Pollens (Nährwert) und eine möglichst kontinuierliche Verfügbarkeit der Pollen (LAVES, 2019). Welchen Beitrag die blühenden Mohnfelder dazu leisten können, wurde in zahlreichen Untersuchungen am Campus Klein-Altendorf, gemeinsam mit dem INRES Agrarökologie und Organischer Landbau untersucht.

Methodik

Die Auszählung der Pollen fanden 2019 an Winter- und Sommermohn statt und 2020 an Wintermohn sowie Klatschmohn. Es wurden jeweils die Feldbestände am Campus Klein-Altendorf genutzt. Dabei wurde die Anzahl geöffneter Blüten in den Beständen erfasst und mehrere Blüten zur Entnahme der Antheren ausgewählt. Im nächsten Schritt wurde die Anzahl der Antheren pro Blüte ausgezählt. Aus den Antheren wurden die Pollen im Labor mithilfe von Präpariernadeln auf einem Uhrglas-Objektträger entfernt, mit einer Milchsäurelösung zu einer homogenen Lösung gemischt und die Lösung auf der Neubauer Zählkammer aufgebracht. Die Berechnung der Pollenzahl/Anthere erfolgte unter Berücksichtigung der Auszählung der einzelnen Kammern des Zählrasters.

$$x = \frac{(y * \text{Probenvolumen } [\mu\text{l}])}{0,4 \mu\text{l}}$$

X= Pollenkörner in 10 Antheren

Y= Anzahl der gezählten Pollenkörner

Das Probenvolumen betrug je nach Probetag zwischen 500 µl und 1.000 µl. Die 0,4 µl ergeben sich aus den vier Großquadraten, die von der Neubauer Zählkammer ausgezählt (je 0,1µl Fassungsvermögen) wurden.

Ergebnisse

Der Blütendeckungsgrad (DG %) schwankte stark je nach Bestandessituation und Entwicklungsverlauf der Pflanzen. Bei Wintermohn wurden 2019 beispielsweise in der letzten Phase der Hauptblüte des Bestandes 10 – 15 Blüten/m² gezählt (= DG 4%), 2020 waren es 13-21 Blüten/m² (= DG 9%). Der Blütendeckungsgrad von Sommermohn war in den Untersuchungen deutlich höher mit 15-65 Blüten/m² (=DG 10-45%).

In den beiden Versuchsjahren ergaben sich ebenfalls starke Unterschiede in der Anzahl Pollen/Blüte. Bereits bei der Anzahl der Antheren pro Blüte lagen diese bei Wintermohn 2019 im Mittel bei 230 während es bei Sommermohn im Mittel 127 Antheren waren. Dennoch zeigten beide Versuchsjahre eine höhere Anzahl Antheren/Blüte bei Wintermohn als bei Sommer (Ø 109) - und Klatschmohn (Ø 95). Die Auszählung der Pollen pro Anthere schwankte bei Wintermohn ebenfalls stark zwischen den Jahren aber auch zwischen den Beprobungstagen (Abb. 54) und zwischen den Blüten (hier nicht dargestellt). Die errechnete Anzahl der Pollen pro Blüte schwankte demnach ebenfalls. Die Durchschnittswerte der Pollenausählung pro Blüte lag 2019 über 6,6 Mio Pollen bei Wintermohn, 1,5 Mio Pollen bei Sommermohn und im Jahr 2020 bei lediglich 655.506 (Tab. 50).

Tab. 50 Nahrungsressource Pollen bei Winter-, Sommer- und Klatschmohn nach Untersuchungen der Uni Bonn, 2019 und 2020

	Anzahl Antheren/Blüte	Pollenanzahl/Anthere	Pollen/Blüte
Wintermohn 2019	230	28.990	6.671.163
Sommermohn 2019	109	13.525	1.449.632
Wintermohn 2020	127	4.684	655.506
Klatschmohn	95	1.246	124.021

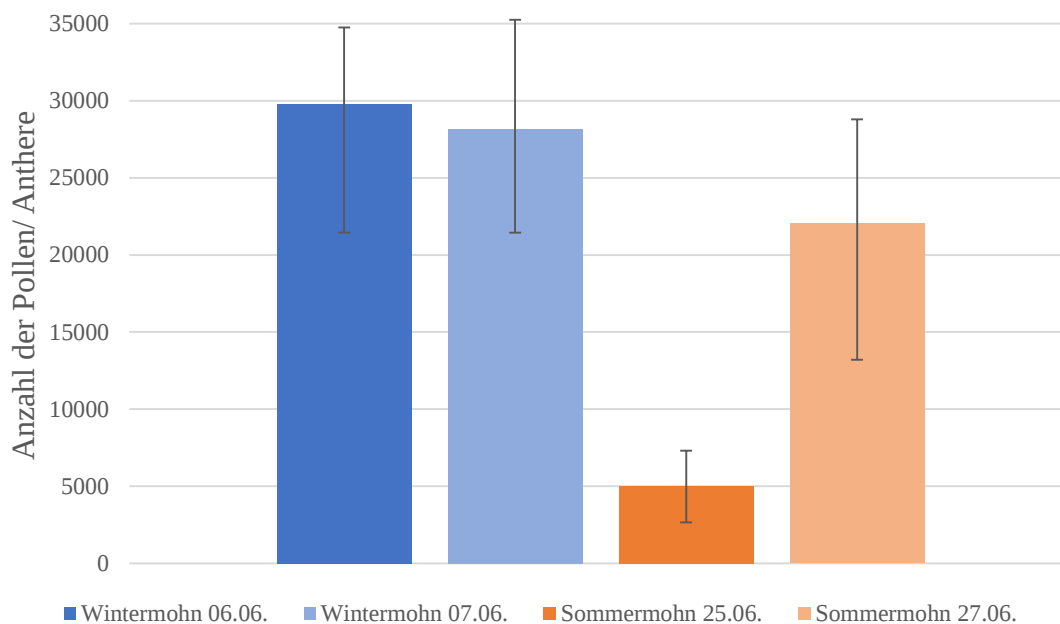


Abb. 54 Mittlere Anzahl der Pollen pro Anthere an jeweils 2 Beprobungstagen von Winter- und Sommermohn 2019, dargestellt ist die Streuung der Werte (n= 200)

Die hohe phänotypische Vielfalt des Klatschmohnes spiegelt sich auch in den Pollenuntersuchungen wieder. So schwankte die Anzahl Pollen/Anthere zwischen 2.562 und 187 bei den beiden Blütenphänologischen Merkmalen mit/ohne Kreuzmal (Abb. 55).

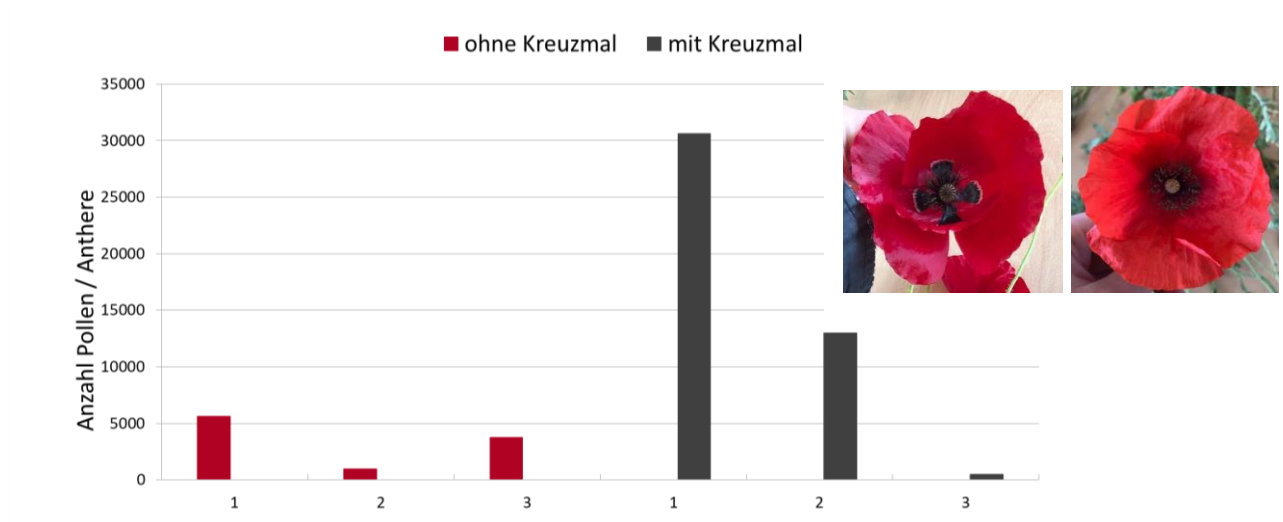


Abb. 55 Anzahl der Pollen pro Anthere von Klatschmohn mit und ohne Kreuzmal, Mittelwert aller Antheren pro Blüte

Das Pollenangebot von *P. somniferum* liegt demnach über dem von *P. rhoeas*, wobei dieser durch seine lange Blütezeit ein hochwertiges Angebot für blütenbesuchende Insekten

anbietet. Die Rosskastanie steht in der Literatur beispielhaft als zoogame Pflanze mit hohem Pollenangebot (180.000 Pollen/Blüte und 42 Mio. Pollen/Blütenstand, Maurizio 1994). Bei hohen Blütendeckungsgraden könnten diese Pollenzahlen auch von einem Mohnbestand bereitgestellt werden. In weiteren Untersuchungen müsste das Pollengewicht untersucht werden.

Nährwertanalyse des Pollens

Pollen gilt als Hauptproteinquelle der Bienen. Er enthält fast keinen Zucker und viele Vitamine und ist somit die Futtergrundlage für die Aufzucht der Larven. Der Nährwert des Pollens hängt von der pflanzlichen Herkunft ab. (Westrich, 2019). Mohnpollen wird von Maurizio (1994) und (Stanley & Linskens, 1985) als besonders hochwertiger Pollen eingestuft und zählt aufgrund seines hohen Stickstoffgehaltes zu den biologisch wirksamen Pollen für die Honigbiene. Zur Beschreibung der Nährwertgehalte von Winter- und Sommermohn, wurden an den unterschiedlichen Pollenpräparaten die N-Gehalte ermittelt und mit den Stickstoffgehalte von Klatschmohnpollen verglichen.

Methodik

Aus den Mohnblüten im Freiland wurden Antheren entnommen, die Pollen ausgestrichen und mit Ethanol in Eppendorf Gefäße gefüllt. Die nach der anschließenden Zentrifugierung entstandenen Pollenpellets wurden bei 60 °C im Trockenschrank getrocknet. Die Pellets konnten dann in Sin-Caps überführt und eingewogen werden. Die Elementaranalyse erfolgte mit dem Elemental Analyser EA 3000, welcher den Stickstoff gaschromatographisch auftrennt. Die N-Konzentration wurde in Prozent gemessen und mit dem Programm „Callidus 5.1 of EuroVektor SpA“ ausgewertet. Diese Untersuchungen wurden im Institut für Pflanzenernährung des INRES, Universität Bonn, durchgeführt. 2019 wurden die Pollen von Winter- und Sommermohn untersucht (n=6 je Sorte), 2020 konzentrierten sich die Untersuchungen auf Sommermohn und Klatschmohn (n=8 je Sorte).

Ergebnisse

Im Mittel der Untersuchungen lag der N-Gehalt der Schlafmohnpollen über 9% und der von Klatschmohn bei 8%. Bei dem Vergleich der N-Gehalte von Wintermohnpollen mit (‘Zeno Morpex’) und Sommermohn (‘Viola’) zeigten sich leicht höhere N-Gehalte von Wintermohn ($9,5\% \pm 0,6$ STABW), die jedoch nicht statistisch abgesichert werden konnten (Sommermohn: $9,3\% \pm 0,8$). 2020 enthielten die Pollen von Sommermohn (‘Viola’ $9,1\% \pm 0,3$) leicht höhere N-Gehalte als der Klatschmohn ($8,2\% \pm 1,1$) (Abb. 56).

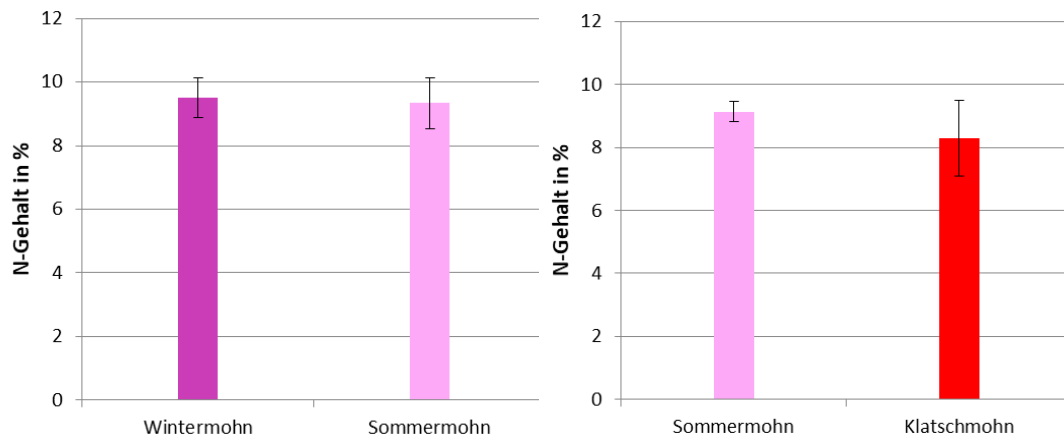


Abb. 56 Stickstoffgehalte in % der Pollen von Wintermohn im Vergleich zu Sommermohn (linke Abbildung, 2019) und Sommermohn im Vergleich zu Klatschmohn (rechte Abbildung, 2020) mit STABW

Fazit

Die Untersuchung der Pollenanteile in den Stockproben der Honigbiene zeigen die intensive Wahrnehmung der Mohnblüte (Schlafmohn und Klatschmohn) als attraktive Trachtpflanzen. Pollengröße und -form von Schlafmohn ähneln sehr dem Pollen des Klatschmohns. Daher konnte eine visuelle Unterscheidung der beiden Pollenarten auch unter Vergrößerung nicht zuverlässig vorgenommen werden. Das Angebot an Pollen einer Schlafmohnblüte ist auffallend hoch und vergleichbar mit anderen zoogamen Pflanzen mit extrem hohen Pollenangebot. Starke Schwankungen sind durch abiotische Faktoren und der Pflanzenentwicklung zu erkennen. Die Stickstoffgehalte der Pollen von Schlafmohn und Klatschmohn liegen nach unseren Untersuchungen deutlich über den Angaben von Maurizio (1994) mit 4% und belegen deutlich die besondere Wertigkeit des Pollens für Insekten.

Die Untersuchungen zeigen die Bedeutung des Schlafmohns als Nahrungsressource für blütenbesuchende Insekten, alles voran der Honigbiene.

3.0 Arbeitspaket 3 - REGIO-Mohn

Die Qualität der Rohware hat entscheidende Bedeutung für die Akzeptanz bei den Verarbeitern. Dabei gibt es wertgebende und wertmindernde Eigenschaften, welche die Rohwarenqualität beeinflussen. Im inhaltsstofflichen Bereich wurden Alkaloide, Mikrobiologie, Fettgehalt und Proteine näher analysiert. Zusätzlich erfolgte durch sensorische Verkostungen der Samen- und Ölproben eine Definition der Produkteigenschaften, die im Hinblick auf eine Vermarktung ebenfalls relevant ist.

Interessierte Praxisbetriebe hatten die Möglichkeit während der Projektlaufzeit ihre Mohnproben auf die unterschiedlichen Qualitätsparameter untersuchen zu lassen. Damit konnten bundesweit Proben charakterisiert und ein erster Überblick der Mohnqualitäten aus heimischem Anbau gewonnen werden. Für tiefergehende analytische Untersuchungen standen Proben von den Versuchsstandorten zur Verfügung, mit entsprechender Dokumentation der Anbau- und Standortfaktoren.

3.1 Produktspezifikationen

Die Anforderungen an die Rohwarenqualität der Mohnsaat sind zum einen gesetzlich geregelt (Richt-, Warn-, Grenzwerte) und werden durch firmen- und verarbeiterspezifische Produktspezifikationen ergänzt. Neben der Regionalität stellt die hohe Qualität der Rohware einen entscheidenden Vorteil inländischer Ware dar und damit die Grundlage von nachhaltigen Rohwarenlieferketten.

Im Rahmen des Projektes wurden unter Federführung der AöL mit Unterstützung der Biotask GmbH beispielhafte Spezifikationen für Mohnsaat zur Verwendung der Saat in Backwaren und zur Verwendung für die Ölpressung formuliert und mit verschiedenen Akteuren abgestimmt. In Gesprächen mit Verarbeitern wurde deutlich, dass sich je nach Verarbeitung der Mohnsaat der Fokus auf unterschiedlichen Qualitätsparametern liegt. So soll die Farbe bei Verwendung von Mohn als Streusaat auf Gebäcken oder im Crunchy-Müsli möglichst dunkel sein. Beim Einsatz von Mohnmassen kommt es hingegen besonders auf die Qualität des mohntypischen Geschmacks an. Das spielt auch bei der Ölherstellung eine besondere Rolle.

Kritische Punkte stellen neben den sensorischen Eigenschaften, die Reinheit und der Feuchtegehalt der Saat dar. Der Grad der Reinheit erfordert eine intensive Aufreinigung der Saat auf Spezialmaschinen, welche teilweise mit hohen Kosten und großen Verlusten verbunden ist. Die Reinheit für Ölmöhlen liegt unter denen der Bäckereiware, besonders der von Streuware für Brötchen oder Brot. Diese Situation führt immer wieder zu Schwierigkeiten in den Lieferbeziehungen zwischen Anbau- und Verarbeitungsbetrieb. Der Feuchtegehalt der

Saat muss unter 8% liegen, um eine Lagerstabilität sicherzustellen. Für die Pressung von Öl sind Feuchtegehalte über 6% für den technischen Pressvorgang wichtig. Da oftmals keine mohnspezifischen Messparameter der Feuchtigkeitsmessgeräte vorliegen, müssen von Anbauseite möglichst exakte Werte erarbeitet werden. Auf die Problematik der sensorischen Eigenschaften wird im Kapitel 3.2 näher eingegangen. Auszüge aus der Spezifikation Mohnsaat (Blaumohn) sind Tab. 50 zu entnehmen.

Tab. 50 Auszug aus der Spezifikation für Bio-Blaumohn

BIO - BLAUMOHN (gekürzt)			
Produkteigenschaften:		Blaumohn, biologisch	
Sensorische Eigenschaften:			
Farbe/Aussehen:		kleine Samen von blau-grauer Farbe	
Geruch:		arttypisch, leicht nussig, kein Fremdgeruch (nicht alt, ranzig, muffig/modrig)	
Geschmack:		arttypisch, leicht nussig, kein Fremdgeschmack (nicht alt, ranzig, muffig/modrig, bitter, kratzig, brennend)	
Besatz/Reinheit:			
Reinheit:		≥ 99% bzeogen auf Gewichtsvolumen	
Fremdbestandteile		≤ 1%	
(tierisch, mineralisch, pflanzlich)		frei von giftigen Pflanzenteilen, tierischen oder mineralischen Bestandteilen	
Beschädigte Samen		≤ 1%	
andersfarbige Samen, verfärbte und unreife Samen		≤ 5%	
Chemisch-Physikalische Parameter:			
Feuchte		≤ 8%, ≥ 6%	
Mikrobiologie:			
		Richtwert (KBE/g)*	Warnwert (KBE/g)*
Aerobe mesophile Koloniezahl:		1 x 10 ⁶	nicht definiert
<i>Escherichia coli</i> :		1 x 10 ¹	1 x 10 ²
<i>Salmonella</i> :		nicht definiert	n.n. in 125 g**
präsumtive <i>Bacillus cereus</i> :		1 x 10 ²	1 x 10 ³
Schimmelpilze:		1 x 10 ⁴	nicht definiert
* Quelle: Veröffentlichte mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM); Richt- und Warnwerte für rohe, nicht gemahlene, ganze Ölsaaten, die zur Abgabe an den Verbraucher und zum Verzehr ohne weitere Erhitzung bestimmt sind (2010).			
Kontaminanten			
Morphingehalt		≤ 4 mg/kg	
Mykotoxine:		Höchstgehalte für Aflatoxine entsprechend Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in der jeweils gültigen Fassung.	
Schwermetalle:		Cadmium: max. 0,8 mg/kg; Quecksilber: max. 0,02 mg/kg	
Pestizide:		(1) entsprechend Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs bzw. entsprechend der deutschen Rückstands-Höchstmengenverordnung (2) Abweichend von (1) liegt der Gehalt jedes Pestizids bei höchstens 0,01 mg/kg . Diese Regelung findet nur Anwendung auf zufällige und unvermeidbare Verunreinigungen. (3) Ausgenommen davon sind Pestizide, die gemäß VO (EG) Nr. 889/2008 für Öko-Erzeugnisse zugelassen sind.	

3.2 Qualität

Die Qualität der Rohware hat entscheidende Bedeutung für die Akzeptanz bei den Verarbeitern. Dabei gibt es wertgebende und wertmindernde Eigenschaften, welche die Rohwarenqualität beeinflussen. Im inhaltsstofflichen Bereich wurden daher Alkaloide, Mikrobiologie, Fettgehalt und Proteine näher analysiert. Zusätzlich erfolgten durch sensorische Verkostungen der Samen- und Ölproben eine Definition der Produkteigenschaften, die im Hinblick auf eine Vermarktung ebenfalls relevant ist.

Opiate

In jedem Versuchsjahr wurden stichprobenartig Opiatuntersuchungen der Samen aus dem Versuchsanbau und von Praxisbetrieben durchgeführt.

In ihren Morphingehalten waren die allermeisten der untersuchten Samenproben komplett unauffällig mit $< 1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ Morphin (s. Tab. 51). Laut Bundesinstitut für Risikobewertung gilt eine Dosis von $10 \text{ } \mu\text{g}$ Morphin-Äquivalenten pro kg Körpergewicht pro Tag als unbedenklich (Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), 2018), was bei 70 kg Körpergewicht eine Aufnahmemenge von 0,7 mg bedeutet. Unter Berücksichtigung der geschätzten Verzehrsmengen resultiert daraus ein vorläufiger Richtwert des BfR von 4 mg/kg für Morphin in Mohnsamen.

Tab. 51 Mittlere Morphingehalte der drei angebauten Sorten (Samenproben) in den Versuchsjahren 2018-2020 (Analytik: igv Nuthetal und CVUA Karlsruhe)

Sorte	Morphingehalt (mg kg^{-1})
‘Viola’	0 – 0,13
‘Mieszko’	0 – 0,90
‘Zeno Morphex’	0,11 – 1,4

Neben Morphin kommen auch andere Alkaloide wie Codein, Thebain, Papaverin, Noscapin und Oripavin im Mohn natürlicherweise vor. Hier lagen die analysierten Werte in den allermeisten Fällen unterhalb der Nachweisgrenze. Eine Ausnahme bildete ‘Viola’ 2019, die an zwei Standorten Noscapinwerte von 0,38-0,57 mg kg^{-1} aufwies.

Fazit

Insgesamt waren alle untersuchten Samenproben im Hinblick auf die Morphinbelastung als den Verzehr als unbedenklich einzustufen.

Fettgehalt

Der Fettgehalt der Mohnsamen wurde 2019 am Beispiel einiger Proben aller verfügbaren Sorten (`Viola`, `Mieszko` und `Zeno Morphey`) mittels Extraktion im Labor (igv Nuthetal, Deutschland) bestimmt. Dabei wurde deutlich, dass der Wintermohn mit 43,4 % signifikant mehr Öl besaß als `Viola` (39,83%) oder `Mieszko` (37,9%).

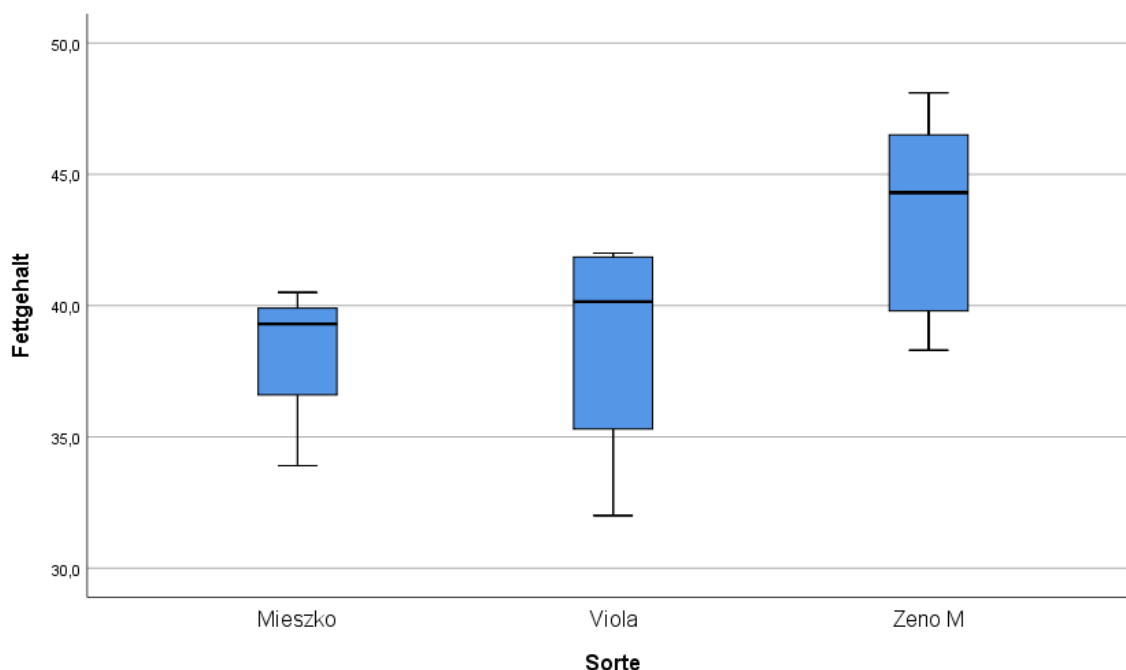


Abb. 57 Fettgehalt der Samen in Prozent unterschiedlicher Mohnsorten, Ernte 2019

Dies stimmt mit der Literatur überein, die dem Wintermohn rund 5% mehr Öl zuschreibt (Dobos et al., 2013). Das Fettsäuremuster der untersuchten Sorten war ähnlich. Eine Übersicht ist in Tab. 52 dargestellt:

Tab. 52 Fettsäuremuster der vier am Campus Klein-Altendorf angebauten Sorten 2019 in Prozent (Analytik IEL, Uni Bonn)

Sorte	Palmitinsäure	Palmitoleinsäure	Stearinsäure	Ölsäure	Linolsäure	Linolensäure
Viola	10,45	0,15	1,85	11,77	75,20	0,58
Mieszko	11,33	0,19	1,75	12,56	73,57	0,59
Borowski	12,22	0,16	1,73	11,21	74,11	0,58
Zeno Morphey	11,76	0,15	1,98	13,56	71,95	0,61

Linolsäure machte in allen Proben den Hauptanteil mit über 70% aus. Daneben sind Öl- und Palmitinsäure mit über 10% Hauptbestandteil. Die dreifach ungesättigte Linolensäure kommt mit unter 1% vor. Unterschiede zwischen den Sorten bestanden nicht. Durch den hohen Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren stellt jedes der in diesem Jahr erzeugten und beprobten Mohnöle ein hochwertiges Speiseöl dar.

Proteine

Rohproteingehalt

Aufgrund ihrer biologischen Wertigkeit stellen Proteine einen wichtigen Bestandteil der menschlichen Ernährung dar. Analytische Untersuchungen der Mohnsaaten von den unterschiedlichen Versuchs- und Anbaustandorten des Projektes aus der Ernte 2019, wurden am Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL) der Universität Bonn im Rahmen der Masterarbeit von Marina Schicker durchgeführt. Sie beschreiben erstmalig den Gehalt an Rohproteinen sowie deren Proteinstruktur in den morphinarmen Mohnsorten.

Die Bestimmung des Rohproteingehaltes erfolgte mit der Kjeldahl Methode. Dazu wurden die Proben mit Schwefelsäure gekocht, um den Stickstoff aufzuschließen, der anschließend als Ammoniumsulfat vorliegt. Mittels Wasserdampfdestillation und unter Zugabe von NaOH wird die restliche Schwefelsäure neutralisiert und aus dem Ammoniumsulfat bildet sich Ammoniak. Dieses wird in einem Borsäuregemisch aufgefangen und anschließend mit Salzsäure titriert. Über das Maß an verbrauchter Titrationslösung und der Einwaage an Mohn wird der Stickstoffgehalt ermittelt und der Rohproteingehalt berechnet.

Der Gesamtrohproteingehalt der untersuchten heimischer Speisemohnpartien zeigte Werte zwischen 18,8 – 22,3 g/100 g Mohn. Im Mittel der Proben liegt der Gehalt von Wintermohne bei 19,8 g/100 g Mohnsaat und der von Sommermohn bei 20,9 g/100 g Mohn.

Dabei zeigte die Sorte `Viola` mit durchschnittlich 21,2 g/100 g einen signifikant höhere Proteingehalte als `Zeno Morphex` (19,8 g/100 g). Für die Mohnproben der Sorte `Mieszko` wurde ein mittlerer Proteingehalt von 20,5 g/100 g festgestellt. Ein Effekt des Standortes auf den Rohproteingehalt war nicht nachweisbar (Abb. 58).

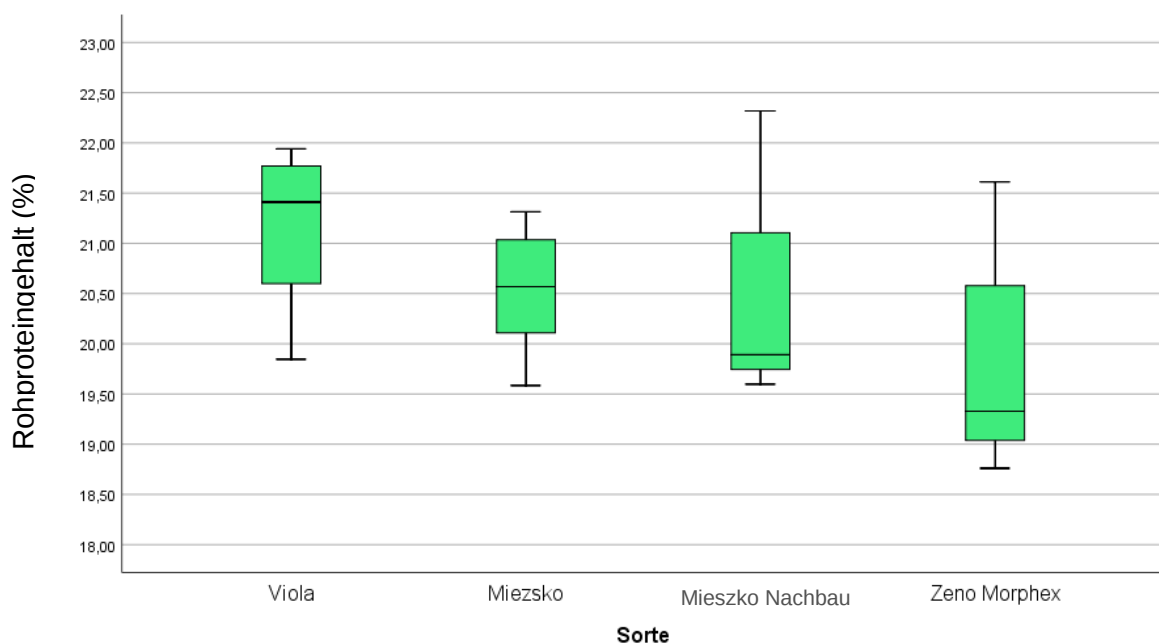


Abb. 58 Rohproteingehalt (g/100 g Samen, N*6,25) unterschiedlicher Mohnsorten aus verschiedenen Anbauregionen, 2019

Aus vorangegangenen Analysen der Universität Bonn wurden diese Werte bestätigt. In früheren Untersuchungen von Kling und Wohlbier (1983) wurden generell Proteingehalte von 21% beschrieben, wobei hier kein Bezug zum untersuchten Genotyp hergestellt wird. Eklund und Agren (1975) beschreiben Proteingehalte zwischen 21% in schwedischen Blaumohnsaaten.

Mineralstoffe

Die Analytik der Ballast- und Mineralstoffgehalte ausgewählter Mohnsamenproben 2019 erfolgte über das Biotask-Labor und ergab folgendes Bild:

Tab. 53 Ballast- und Mineralstoffgehalte einzelner Mohnsamenproben aus dem Erntejahr 2019 an den Standorten Campus Klein-Altendorf (CKA) und Friedenfels (FF)

	Gesamt-Ballaststoffe	Ca	Fe	K	Mg	P	Zn
	g 100 g ⁻¹			(mg 100 g ⁻¹)			
Viola CKA	21	1710	11.2	589	310	806	5.7
Zeno Morphey CKA	23	1880	9.6	644	310	842	6.7
Zeno Morphey FF	22	1950	9.6	624	320	877	4.7
Mittelwert	22.00	1846.7	10.1	619.0	313.3	841.7	5.7

Die Sortenunterschiede im Ballast- und Mineralstoffgehalt waren eher gering. Insgesamt zeichneten sich die Proben durch hohe Calciumgehalte aus. In einer Studie von Chizzola und Dobos (2007) waren Calcium und Magnesium im Wintermohn gegenüber dem Sommermohn erhöht (Chizzola & Dobos, 2007). Dies lässt sich in unserer Analytik nur ansatzweise für den Calciumgehalt sagen, beim Magnesium unterschieden sich die Gehalte kaum. Die Calciumgehalte in den von (Chizzola & Dobos, 2007) untersuchten Proben lagen dabei bei 1260-1570 mg 100 g⁻¹, und damit unter dem Calciumgehalt unserer Proben. Dasselbe galt für den Gehalt an Eisen, der in unseren Proben deutlich höher war (9,6-11,2 gegenüber 4,0-4,9 mg 100 g⁻¹). Dagegen lagen die Kaliumgehalte etwas über unseren Proben (740 mg 100 g⁻¹), genauso wie die Gehalte, die von (Edelbauer & Stangl, 1993) angegeben wurden (780-1100 mg 100 g⁻¹). Die Magnesiumgehalte waren ähnlich zur Literatur (Chizzola & Dobos, 2007): 310-370 mg 100 g⁻¹, (Edelbauer & Stangl, 1993): 340-380 mg 100 g⁻¹.

Flüchtige Verbindungen

Von Mohnölproben aus 2018 wurden erste flüchtige Verbindungen im Mohnöl ermittelt (Tab. 54). Dazu wurden die einzelnen Aromastoffe mittels Headspace-Solid-Phase-Microextraction (HSPM) und anschließend gaschromatographischen Aufschluss (GC) am Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL) identifiziert und quantifiziert. Die Untersuchungen gaben Hinweise darauf, dass sich eine Vielzahl aromagebender Verbindungen im Mohnöl befindet. Da die verschiedenen Stoffe unterschiedliche Geruchsschwellen besitzen, bedeuten hohe Gehalte nicht unbedingt eine besonders hohe Wahrnehmung (Emir et al., 2014). Vergleiche mit Literaturangaben zeigen jedoch, dass beispielsweise Verbindungen wie Hexanal, 1-Hexanol, 2-Heptanal, α -Pinen, Limonen oder Nonanal deutlich über der Geruchsschwelle liegen und somit im Geruchseindruck des Mohnöls vorkommen. Beachten sollte man, dass bestimmte Verbindungen nur in einer der Proben vorzufinden waren, so beispielsweise β -Farnesen, dies dafür aber in hohen Mengen. β -Farnesen sowie andere Sesquiterpene entstehen bei (abiotischem) Stress und geben Hinweise, dass die Bestände, aus denen die Proben stammen, im Laufe der Vegetation stärkerem Stress ausgesetzt waren (Wüst, 2017). Analysen aus dem Jahr 2019 konnten bestätigen, dass Verbindungen aus dem Linolsäureabbau, wie Hexansäure, Hexanal, 2-Pentylfuran u.a. den Hauptanteil der flüchtigen Verbindungen ausmachen. So entstand ein fettig/öliges, aber auch mohntypisches Aroma, was zum Teil durch grüne/heuartige Geruchseindrücke überlagert wurde. Die grünen Geruchseindrücke wurde beispielsweise ebenfalls von Verbindungen wie 2-Pentylfuran oder Hexanal hervorgerufen (Krist et al., 2005).

Tab. 54 Flüchtige Verbindungen nachgewiesen in Mohnölen aus Samenproben von 2018. (Werte sind Mittelwerte der Analytik von 4 Ölen verschiedener Standorte und Sorten. Grün hinterlegt sind Verbindungen, die in mehr als einer Probe vorkamen)

Verbindung	$\mu\text{g/g}$	Verbindung	$\mu\text{g/g}$
Hexansäure	340,50	3-Octen-2-on	2,75
β -Farnesen	60,00	2-Octenal	3,53
Hexanal	14,60	Heptansäure	6,48
1-Hexanol	9,83	Undecan	Spuren
Pentansäure	9,37	Nonanal	3,00
α -Pinen	12,40	Octansäure	4,27
2-Heptanal	1,60	Dodecan	2,20
1-Octen-3-ol	Spuren	2,4-Nonadienal	0,60
2-Pentylfuran	Spuren	Nonansäure	3,10
3-Caren	7,95	Tridecan	3,50
Octanal	0,30	2-Butyl-2-octenal	10,43
P-Cymol	0,60	Tetradecan	1,40
1,4-Cineol	6,30	Cedren	1,70
Limonen	4,60	Terpen xy	5,90
2-Ethyl-1-hexanol	1,00		

Fazit

Mohngeruch und -geschmack werden von einer Vielzahl an Verbindungen beeinflusst. Hauptverbindungen im flüchtigen Profil sind Produkte aus dem Fettsäureabbau wie Hexansäure, Hexanal, oder Heptansäure. Neben den charakteristischen Verbindungen wiesen die Proben ein äußerst individuelles Profil mit einer Vielzahl unterschiedlicher Aromastoffe auf.

Sensorik

Neben der inhaltsstofflichen Qualität spielen auch die sensorischen Eigenschaften der Mohnsamen und -öle eine große Rolle für die Verbraucherakzeptanz. Auch die Verarbeiter (Bäckereien, Ölmühlen) erwarten von der Rohware, dass sie frei von Fehlparomen ist. Typische Fehlparomen im Zusammenhang mit Mohn sind ein ranziger Geruch oder bitterer Geschmack, die zum Teil auch durch falsche Lagerungsbedingungen provoziert werden. Um die sensorischen Eigenschaften der im Anbau eingesetzten Sorten zu überprüfen, wurde 2018 und 2019 ein Probenet von einem, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL) der Universität Bonn geschulten, Sensorikpanel verkostet und in den visuellen, olfaktorischen und gustatorischen Merkmalen beschrieben. Zuvor fand eine intensive Vorbereitung der bewertenden Prüfpersonen statt, die anhand von Referenzsubstanzen auf die Wahrnehmung verschiedener Geruchs- und Geschmackseindrücke vorbereitet wurden. Da zur Geschmackswahrnehmung neben den Grundgeschmacksarten süß und bitter auch die retronasale Wahrnehmung eine Rolle spielt, wurde der zusammengefasste Eindruck unter dem Begriff Flavor vereinigt (Le Bon et al., 2017). Wenn im Folgenden von Flavor die Rede ist, bezieht sich dies immer auf den kombinierten geschmacklichen & retronasalen Eindruck. Um die Mohnproben adäquat zu beschreiben wurden verschiedene Attribute ausgewählt, die anschließend in ihrer Intensität auf einer Skala von 1 (schwach intensiv wahrnehmbar) bis 10 (intensiv wahrnehmbar) bewertet wurden. Als Probenmaterial standen Samenproben der verschiedenen Mohnsorten von verschiedenen Standorten zur Verfügung. Eine Übersicht der genutzten Attribute zur Probenbeschreibung (2018) ist in Tab. 55 dargestellt.

Zur Beurteilung standen je zwei Samenproben zu jeder der drei Sorten. Zusätzlich wurden die Öle von `Viola` (CKA), `Viola` (Friedenfels), `Mieszko` (CKA) und `Zeno Morpheus` (Wiesengut).

Tab. 55 Auflistung der Attribute, die zur Charakterisierung der Mohnsamen und -öle 2018 verwendet wurden

Attribut	Beschreibung/Referenz	Sinneseindruck
allgemeiner Mohngeruch	assoziiert mit Mohnprodukten	Geruch / Flavor
nussig	assoziiert mit frischen Nüssen	Geruch / Flavor

erdig	Geruch assoziiert mit Erde	Geruch / Flavor
neutral	assoziiert mit neutralem Speiseöl wie warmgepresstes Rapsöl	Geruch / Flavor
heuartig	assoziiert mit getrocknetem Gras, Heu	Geruch / Flavor
ranzig	assoziiert mit verdorbenen (oxidierten) Fett	Geruch / Flavor
muffig/modrig	assoziiert mit frischen Champignons	Geruch / Flavor
süß	Grundgeschmacksart assoziiert mit Saccharoselösung	Flavor
bitter	Grundgeschmack assoziiert mit Koffeinlösungen	Flavor
Mundbelag	Belag auf Gaumen und Zunge, der nach dem Schlucken zurückbleibt- belegtes Mundgefühl	Mundgefühl
adstringierend	Zusammenziehender oder kribbelnder Eindruck auf der Oberfläche und/oder Seiten von Zungen und Mund, erinnernd an das Trinken von schwarzem, sehr starken Tee	Mundgefühl
kratzend	Kratzender Eindruck auf der Zunge und Gaumen	Mundgefühl
knackig	Beschreibt das Geräusch von Knacken, während des Kauvorgangs	Mundgefühl
Nachgeschmack	Zurückbleibender Eindruck eine Minute nach dem Schlucken	Mundgefühl
Farbton	Auswahl auf blauen und grauen Farbtönen (graublau, fehgrau, schiefergrau, fenstergrau)	Aussehen
Gleichmäßigkeit der Farbe	Gleichmäßigkeit der Verteilung der Farbe	Aussehen

Ergebnisse

Die visuelle Beschreibung der Samenproben erfolgte anhand von Vergleichen der Samenproben mit normierten Farbmustern (RAL-Farbfächern (RAL- Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V., Bonn). Die Auswertung ergab, dass die Farbzusammensetzung der einzelnen Proben sehr heterogen war. Eine Farbe eindeutig zuzuordnen war kaum möglich, da die Proben ein breites Spektrum an Grautönen aufwiesen. Es ließ sich aber erkennen, dass bestimmte Farbnuancen den Hauptanteil ausmachten. So wurden fast alle Proben als größtenteils „fehgrau“ eingestuft mit Ausnahme der Probe `Mieszko´ Friedenfels, die deutlich dunkler war als die übrigen und eher als „graublau“ bezeichnet wurde. Exakte Sortenunterschiede in der Farbgebung ließen sich allerdings nicht feststellen. Die Farbe der Mohnsamen bestimmt neben leichten sensorischen Unterschieden (Krist et al., 2008) ihren Verwendungszweck als Back- oder Streumohn. Insbesondere im deutschen Kulturraum wird eine dunkelgrau/dunkelblaue Mohnsamenfarbe bevorzugt, die als Streubelag auf dem Mohnbrötchen besonders zur

Geltung kommt. Als Mohnmasse verarbeitet ist die Bedeutung der Samenfarbe zweitrangig, aber auch hier sind eher dunkle Farbtöne erwünscht. Die hohe Heterogenität der untersuchten Samenproben machte jedoch eine Beschreibung der Mohnpartien anhand einer bestimmten Farbe unmöglich.

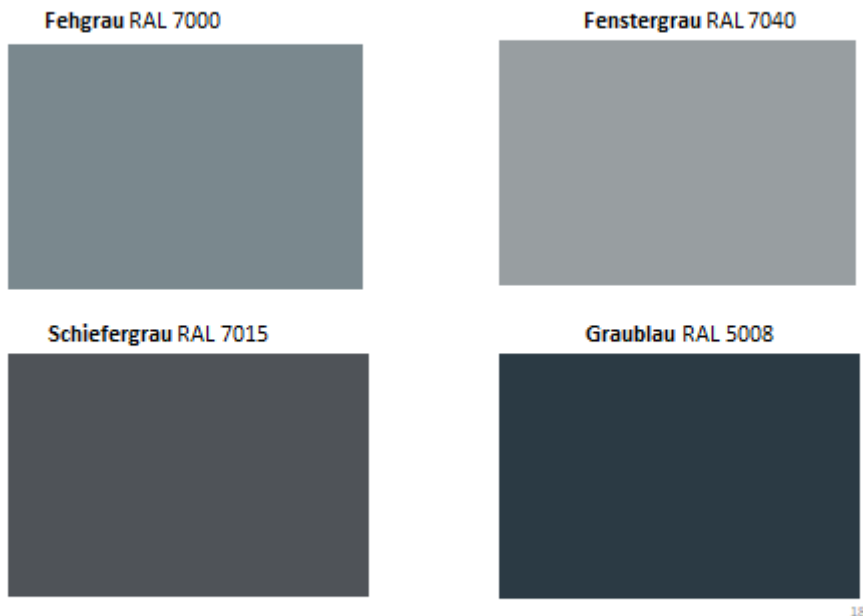


Abb. 60 Fehgrau wurde als dominante Farbe der Mohnsaaten identifiziert

Der sensorische Vergleich von 'Viola' und 'Mieszko' von den Standorten Friedenfels und Campus Klein-Altendorf sind in den Abbildungen 61 & 62 dargestellt.

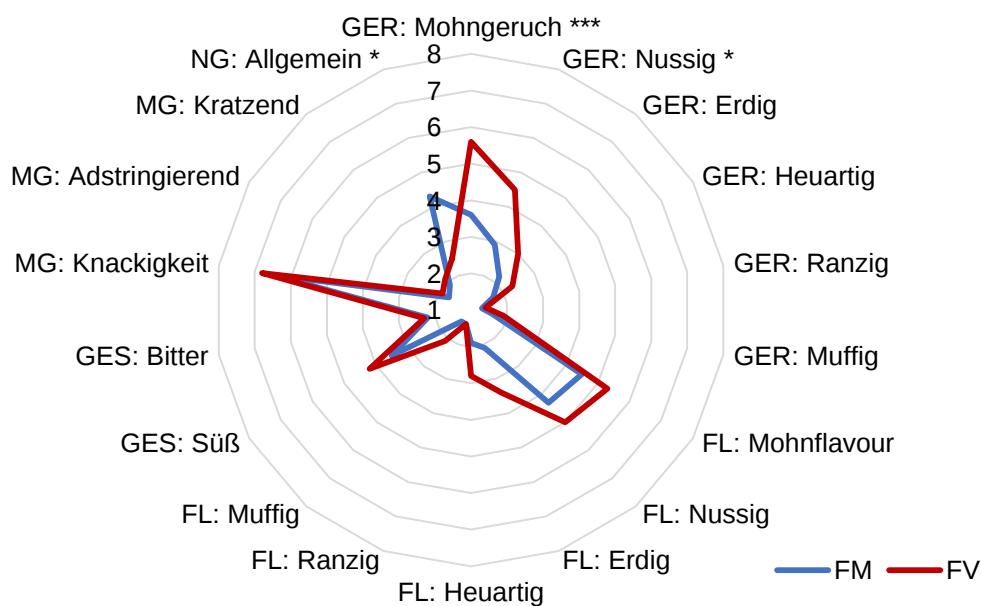


Abb. 61 Sensorische Profile der Sommermohnsorten 'Mieszko' (FM) und 'Viola' (FV) (Herkunft

* = signifikant ($p < 0,05$) ** = sehr signifikant ($p < 0,01$)
 *** = höchst signifikant ($p < 0,001$)
 GER = Geruch, FL = Flavour, GES = Geschmack,
 MG = Mundgefühl, NG = Nachgeschmack

Friedenfels) (n=42)

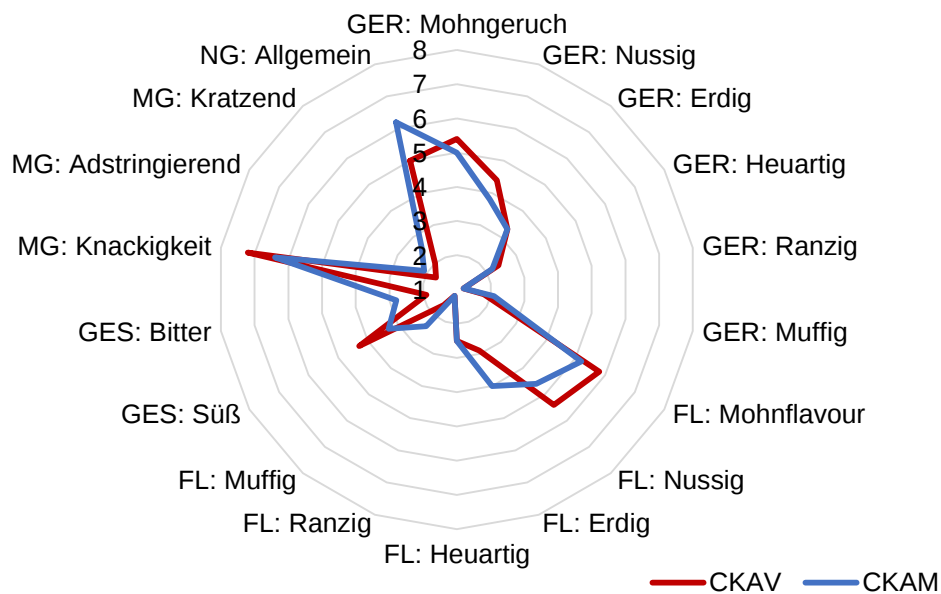


Abb. 62 Sensorische Profile der Sommermohnsorten 'Mieszko' (CKAM) und 'Viola' (CKAV) (Herkunft Campus Klein-Altendorf) (n=42)

Grundsätzlich bildete keine der Proben ein deutlich negatives Fehlaroma aus und es bestanden Ähnlichkeiten, die sich bspw. in einer gleichwertig hohen Knackigkeit und deutlich ausgeprägtem Mohnflavor zeigten. An beiden Standorten war jedoch der Mohnflavor und der nussige Flavor tendenziell bei 'Viola' noch etwas stärker ausgeprägt und auch im mohntypischen und nussigen Geruch ließen sich insbesondere in Friedenfels eine signifikant höhere Intensität bei 'Viola' im Vergleich zu 'Mieszko' feststellen. Genauso wurde 'Viola' als etwas süßer eingestuft und 'Mieszko' vom CKA auf einem geringen Intensitätslevel als etwas bitterer. Auch bei den übrigen Attributen wurde 'Mieszko' tendenziell weniger intensiv bewertet. Eine Ausnahme bildet der allgemeine Nachgeschmack. Dieser wurde an beiden Standorten bei 'Mieszko' deutlicher wahrgenommen als bei 'Viola'. Auch ein heuartiger Flavor wurde am CKA etwas höher bei 'Mieszko' bewertet. Überlagernde Fehlaromen wie muffig, ranzig oder ein adstringierendes Mundgefühl traten bei keiner Probe auf und zeigen die allgemeine Hochwertigkeit der verkosteten Rohware.

Im Vergleich zu den Sommermohnsorten wurde Wintermohn von den Standorten Wiesengut und Friedenfels sensorisch bewertet (Abb. 63):

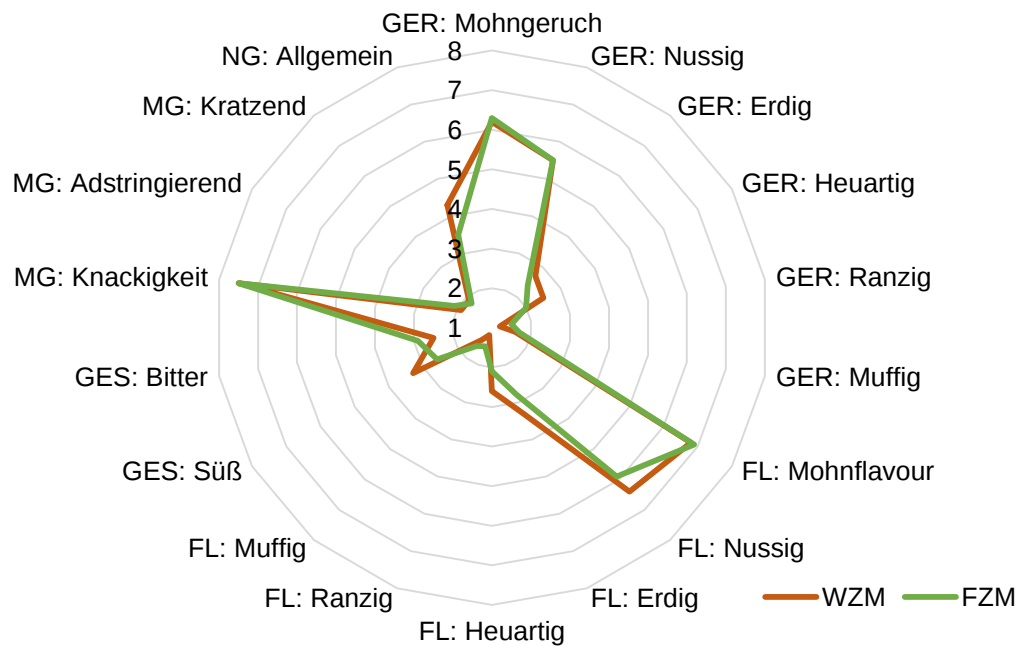


Abb. 63 Sensorische Profile der Wintermohnsorte 'Zeno Morpheus' Herkunft Wiesengut (WZM) und Herkunft Friedenfelds (FZM) (n=42)

Die Profile der beiden Herkünfte von 'Zeno Morpheus' ähnelten sich stark zwischen den Standorten und sprechen für einen hohen Sorteneinfluss auf die Ausprägung der sensorischen Eigenschaften. Auch beim Wintermohn war die Knackigkeit das am stärksten ausgeprägte Merkmal. Mohnflavor und nussiger Flavor waren auch mit Intensitäten über 6 gekennzeichnet und dominierten den Geschmackseindruck. Im Vergleich zu 'Viola' wurde der Wintermohn als etwas weniger süß eingestuft. Ein Nachgeschmack wurde kaum wahrgenommen, etwas ausgeprägter war dieser beim Wintermohn vom Wiesengut. Mohngeruch und nussiger Geruch waren die dominierenden Geruchseigenschaften. Fehleraromen und Fehlgeschmäcker traten kaum wahrnehmbar auf. Insgesamt wurde der Wintermohn mit deutlich positiven Merkmalen charakterisiert.

Fazit

Die Samenproben der untersuchten morphinarmen Mohnsorten wurden größtenteils mit positiven sensorischen Eigenschaften wie starkem Mohnaroma, nussigem und süßem Flavor beschrieben. Zwischen den Sorten ließen sich Unterschiede insbesondere zwischen den Sommermohnsorten feststellen, bei denen 'Mieszko' grundsätzlich ein weniger intensives Profil aufwies mit Tendenzen zu leicht negativen Eindrücken wie heuartig, bitter oder mit deutlicherem Nachgeschmack. Der Wintermohn war durch durchweg positive Attribute gekennzeichnet.

Weitere Analytik in Kombination zu sensorischen Eigenschaften des Mohns werden in einer dazu erscheinenden Veröffentlichung publiziert und können darüber eingesehen werden.

Mikrobiologie der Saat

Mohn ist bekannt für hohe Gesamtkeimzahlen der Saat und deren hoher Besatz an Schimmelpilzen. Die Ursachen dafür sind oft schwer einer direkten Ursache zuzuordnen. Hohe Keimzahlen können beispielsweise Hinweise auf Schwachstellen im Nachernte- oder Lagerprozess geben.

Die aktuell geltenden Richt- und Warnwerte beziehen sich allgemein auf Ölsaaten und werden von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) publiziert (Tab 56),

Tab. 56 Mikrobiologische Richt- und Warnwerte für rohe, nicht gemahlene Ölsaaten, DGHM, Stand: Mai 2012

	Richtwert (KbE/g)	Warnwert (KbE/g)
Gesamtkeimzahl	10^6	
Escherichia coli	10^1	10^2
Schimmelpilze	10^4	
Salmonellen		Nicht nachweisbar in 125 g
Bacillus cereus	10^2	10^3

Die hygienisch-mikrobiologische Beurteilung der Rohware stellt ein wichtiges Qualitätskriterium dar. Aus diesem Grunde wurden verschiedene Versuchs- und Handelspartien analysiert und die Kontamination der Saat durch die Kapseln näher betrachtet. Die mikrobiologischen Untersuchungen führte das igv Testlab durch.

Ergebnisse

Die Belastung der Mohnsaat war insgesamt auffallend hoch. Bei 21 untersuchten Proben lag lediglich bei 5 Proben die Gesamtkeimzahl unter dem Richtwert von 10^6 KbE (1.000.000). Die Mohnsaat der Sorte `Viola´ war meist geringer belastet als die Wintermohnproben und die der Sommermohnsorte `Mieszko´ (Abb. 64).

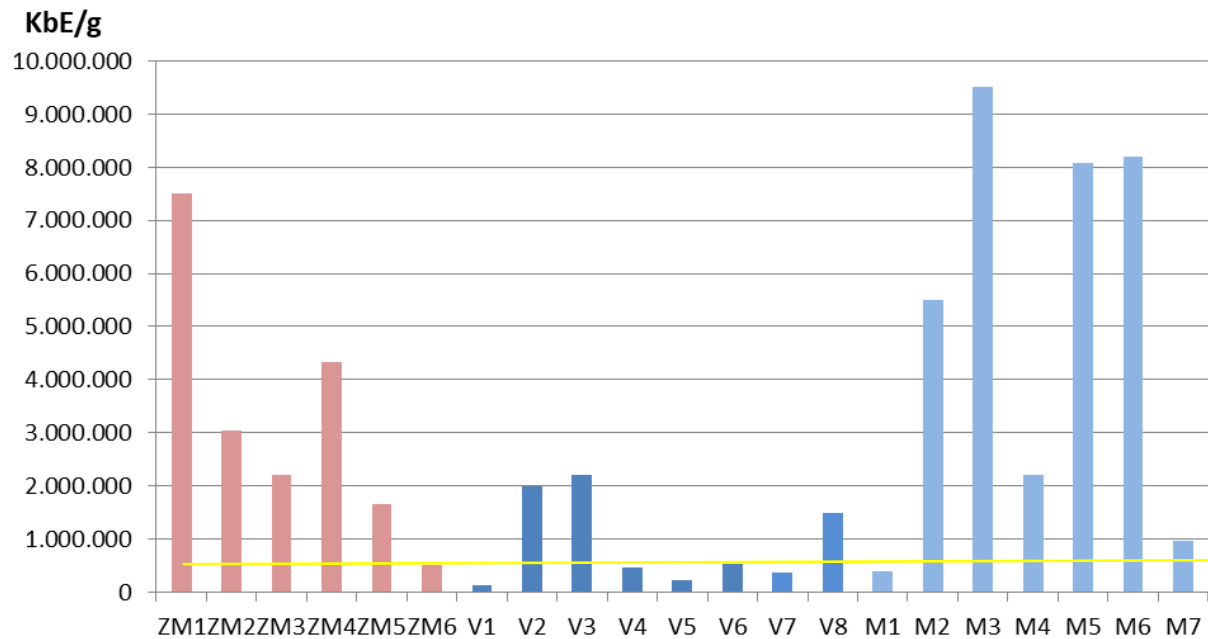


Abb. 64 Gesamtkeimzahl in KbE/g Mohnsaat von verschiedenen Mohnpartien, Ernte 2017-2020, ZM = 'Zeno Morphex', V = 'Viola' und M = 'Mieszko', gelbe Linie = DGHM-Richtwert

Oft handelt es sich bei mikrobiellen Belastungen um Kontaminationen, welche spotweiße auftreten. Ursachen können beispielsweise Nesterbildungen in der technischen Trocknung sein, die zu ungünstigen Trocknungsverläufen führen.

In einer von vier analysierten Mohnproben könnte eine stark erhöhte Gesamtkeimzahl bei einer Dreifachbeprobung der Saat auf eine Spot-Kontamination hinweisen (Probe M5). Die anderen Proben zeigen homogene Gesamtkeimzahlen der Saat (Abb. 65) und damit keinen direkten Hinweis auf eine Spot-Kontamination.

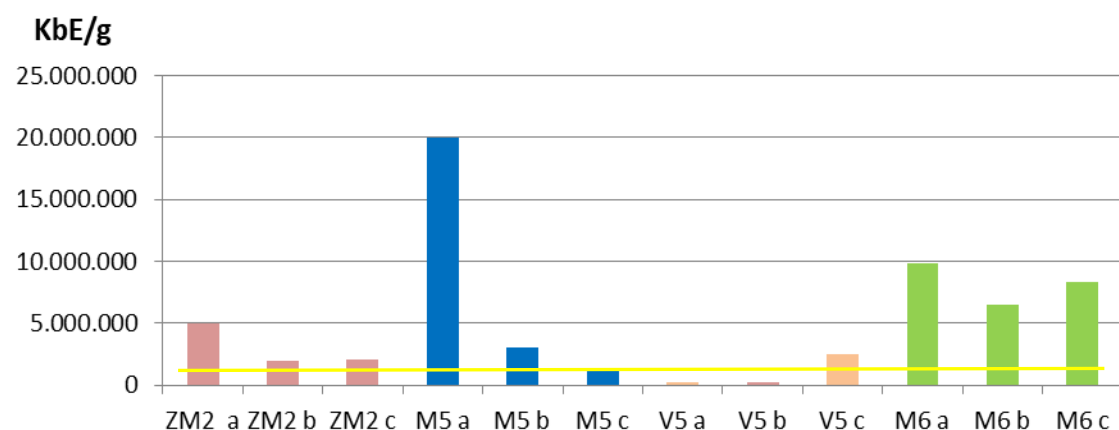


Abb. 65 Streuung der Werte der Gesamtkeimzahl in KbE/g Mohnsaat von einzelnen Mohnpartien, bei dreifacher Beprobung, ZM = 'Zeno Morphex', V = 'Viola' und M = 'Mieszko', gelbe Linie = DGHM-Richtwert

Ein problematisches Bild zeigt die Schimmelpilzbelastung ausgewählter Mohnpartien. Für die Beurteilung ist der DGHM-Richtwert von $10^4 = 10.000$ KbE zugrunde gelegt sowie die

Anforderungen aus den Produktspezifikationen zweier Ölmühlen mit ebenfalls 10^4 KbE. Von 21 untersuchten Proben liegen lediglich 4 Proben unter dem Richtwert. Da es sich bei Schimmelpilzen um toxische Aflatoxine handeln kann, wurden die Proben V4, M5 und ZM4 mit einer Dreifachbeprobung auf Aflatoxine untersucht. In keiner der Probe konnten Aflatoxine nachgewiesen werden. Ein weiterer Vertreter der Schimmelpilze sind die verschiedenen Stämme der Gattung *Alternaria*. Da diese besonders häufig sowohl an den Kapseln als auch an dem Samen von Mohn zu finden sind, könnten sie an den hohen Befallszahlen beteiligt sein. Ein Einfluss von Sorte oder Anbauverfahren (Winter- oder Sommermohn) auf die Schimmelpilzbelastung der Mohnsaat ist aus den vorliegenden Daten nicht erkennbar.

Bei der Frage nach der Ursache für die hohen mikrobiologischen Belastungen, wurde eine Kontamination der Samen durch die Kapseln beim Drusch erwogen oder eine Entwicklung von Keimen und Sporen bereits in der Kapsel.

Beim Drusch der Kapseln kommt es zu einer intensiven Berührung der Samen mit Kapselteilen. Auffällig sind bei allen Mohnsorten häufig starke Verpilzungen der Kapseln während der Ausreifezeit und auch Pilzmyzelbildung in den ausreifenden Kapseln selber. Verursacher sind oftmals verschiedene *Alternaria*-Erreger (sowie *Pleospora papaveracea*, *Peronospora sp.*).

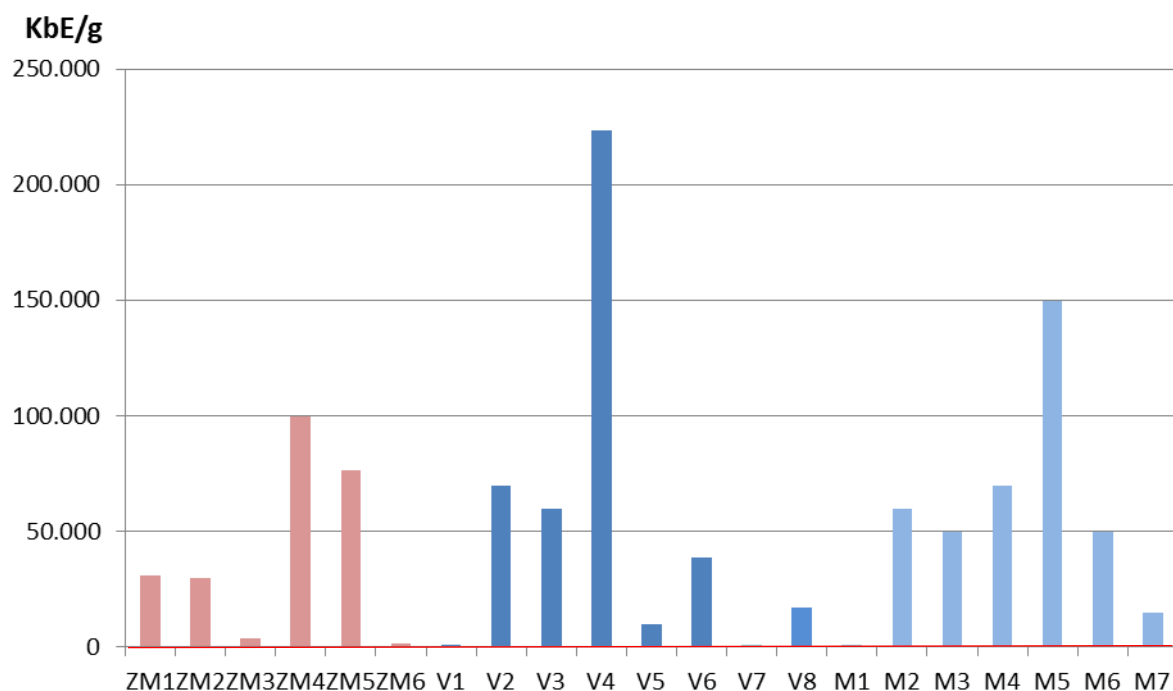


Abb. 66 Schimmelpilzbesatz in KbE/g Mohnsaat in unterschiedlichen Mohnpartien, ZM = 'Zeno Morpex', V = 'Viola' und M = 'Mieszko, Ernte 2019-2020, rote Linie = DGHM-Richtwert

Um einen Zusammenhang zwischen dem Grad der Kapselverpilzung und dem Schimmelpilzbefall der Saat herzustellen, wurden am 25.7.2020 in einem

Wintermohnbestand am Campus Klein-Altendorf drei verschiedene Verpilzungsgrade der Kapseln manuell geerntet und so aufgebrochen, dass kein Kontakt der Samen zu den Kapseln stattfand. Es folgte eine Analyse der mikrobiologischen Belastung von Kapseln und Samen in dreifacher Wiederholung. Weiterhin wurde eine Probe mit augenscheinlich nicht befallenen Kapseln im Mähdrescher gedroschen und so eine Berührung von Kapseln und Samen provoziert, anschließend wurde eine Partie mit stark befallenen Kapseln gleichermaßen gedroschen. Die gereinigten Samen wurden ebenfalls mikrobiologisch analysiert. Die Saat wurde zudem beim Pflanzenschutzdienst auf Besatz mit *Alternaria* untersucht. Deutlich wurde ein stark steigender Besatz mit Schimmelpilzen der Saat bei hohen Verpilzungsgraden der Kapseln (Tab. 57).

Tab. 57 Mohnkapseln und Samen mit unterschiedlichen Verpilzungsgraden, mittlere Schimmelpilzbelastungen in KbE (n=3) sowie Befund eines unspezifischen Alternaria-Erregers, Wintermohn, 2020

Verpilzungsgrad der Kapseln		
Nicht wahrnehmbar	Mittel	Stark
		
Manuelle Ernte Kein Kontakt Kapsel/Samen		
Schimmelpilze kbE/g Kapsel		
300.000	1.000.000	1.600.000
Schimmelpilze kbE/g Samen		
900	14.200	65.000
Befall von Alternaria sp am Samen nachgewiesen		
ja	ja	ja
Maschineller Drusch Kontakt Kapsel/Samen		
Schimmelpilze kbE/g Kapsel		
74.000		1.800.000
Schimmelpilze kbE/g Samen		
1.000		82.000
Befall von Alternaria sp am Samen nachgewiesen		
	nein	Ja

Fazit

Die mikrobiologische Belastungssituation von Mohnsaat kann hoch sein und ist schwer ursächlich erklärbar. Die Analyse der mikrobiologischen Belastung sollte in den betriebsspezifischen Qualitätssicherungskonzepten berücksichtigt werden. An der Belastung von Schimmelpilzen könnten pflanzenpathogene Pilze der Gattung Alternaria beteiligt sein. In weiterführenden Untersuchungen sollten sowohl die relevanten Keime und Erreger identifiziert als auch typische Kontaminationswege geklärt werden.

3.3 REGIO-Mohn

3.3.1 Regio Mohn – regionale Vermarktungsinitiativen

Neben der Stabilisierung und Ausdehnung des Anbaus von Mohn und der Charakterisierung der Rohwarenqualität, sollten mit dem Vorhaben gezielt Impulse für regionale Wertschöpfungsketten für ökologisch erzeugte Mohnsaat gegeben werden.

Da bislang wenig Mohn hierzulande angebaut wurde, fehlte hochqualitative Rohware, mit der ein Bedarf bei den Verarbeitern geweckt werden konnte. Für das Jahr 2017 gab die Bundesopiumstelle eine Anbaufläche von 265 ha an. Bei einem Durchschnittsertrag von 800 kg/ha standen somit ca. 208 t konventionelle und ökologische Mohnsaat zur Verfügung.

Die Versorgung mit Mohnsaat war im Bio-Bereich geprägt von anonymen Lieferbeziehungen über Saatenhändler, die Ware in Nachbarländern wie Ungarn, Österreich oder der Türkei bündelten, ohne eine besondere Wertschöpfung auf der Ebene der landwirtschaftlichen Produktion. Um dies aufzulösen bildet das Konzept der Wertschöpfungskette (WSK) eine Möglichkeit der Darstellung von Geschäftsbeziehungen und Absatzwegen. Mit Hilfe der WSK können die Potentiale und Probleme entlang der Liefer- und Wertschöpfungskette analysiert und Konzepte entwickelt werden, welche die Potentiale der einzelnen Akteure hervorheben und Probleme eliminieren. In Folge können sich Effizienz und Rendite der WSK erhöhen (Kaplinsky & Morris, 2001).

Die Kenntnis über die Wertschöpfungskette und ihre Akteure lässt die Einführung von qualitätssichernden Maßnahmen im Sinne eines Total Quality Management zu, bei welchem die Sicherstellung der Qualität nicht erst beim Endabnehmer, sondern über die gesamte Kette erfolgt. Kurze und transparente regionale Wertschöpfungsketten können so einerseits den Ansprüchen an eine nachhaltige Wirtschaftsweise und ökologischen Aspekten gerecht werden, andererseits kann so die Qualität der Ware und infolge dessen die Lebensmittelsicherheit deutlich erhöht werden (Kaplinsky & Morris, 2001).

In der Wertschöpfungskette Bio Mohn waren bislang nur sehr vereinzelt heimische Anbaubetriebe vertreten. Mit den Regio Mohn Rohwarenpartnerschaften wurde zum einen der Trend nach ökologischen und regionalen Produkten aufgegriffen und zum anderen die Suche der Bauern und Bäuerinnen nach alternativen Ackerkulturen erfüllt. Von Verarbeitern ökologischer Lebensmittel wurde ein positives Entwicklungspotential für heimischen Bio Mohn vorausgesagt. Ausschlaggebend waren dabei die Unzufriedenheit mit der importierten Rohware (unklare Alkaloidbelastung, zu geringe Restfeuchtegehalte und Off-Flavour der Saat, Pflanzenschutzmittelbelastungen, uvm) sowie der Wunsch nach Transparenz in der Wertschöpfungskette und damit eingehend mehr Liefersicherheit.

In der **ersten Projektphase** fanden neben der intensiven Begleitung der landwirtschaftlichen Betriebe Verarbeitergespräche statt. Bäckereien, Ölmühlen und andere Weiterverarbeiter wurden in persönlichen Gesprächen und über den Versand einer Projektpostkarte über das Vorhaben informiert und die Bedürfnisse der Lebensmittelverarbeiter im Hinblick auf den regional erzeugten Mohn abgefragt. Die Chancen und Herausforderungen des heimischen Mohnanbaus konnten auf die Weise erläutert und mit ersten Mohnmustern Interesse geweckt werden.

Damit landwirtschaftliche Betrieb langfristig in den Anbau von Mohn einsteigen, brauchen sie neben Anbauberatung, Planungssicherheit auch verlässliche Abnehmer und stabile Preise. In den Verarbeitergesprächen wurde deutlich, dass der Preisunterschied zwischen Mohn aus regionaler Herkunft und Importware sehr groß ist. Um diese Preisdifferenz in den Rohwarenpartnerschaften langfristig zu akzeptieren, müssen transparente Wertschöpfungsketten angelegt werden, welche die gemeinsamen Stärken herausarbeiten und diese in der Handelsbeziehung umsetzen können.

In der bioökonomischen Theorie wird beispielsweise von Porter (2010) betont, dass in Werteketten nicht nur die einzelbetriebliche Wertschöpfung, sondern die Wertschöpfung aller Akteure analysiert werden sollte, welche bei der Transformation der Rohware zum Endprodukt beteiligt sind. Somit wird in der Wertschöpfungskette der Weg des Rohprodukts bis zum Verbraucher aufgezeigt und der Wertzuwachs auf den einzelnen Ebenen analysiert. Die Analyse der Wertschöpfungskette bietet somit die Möglichkeit Innovationspotentiale auf allen Ebenen zu erkennen. Diese werden beispielsweise in der Prozessoptimierung gesehen aber auch in der Entwicklung neuer Produkte, der Aufnahme von Verarbeitungsschritten oder der gemeinsamen Erschließung neuer Märkte (Kaplinsky, Morris 2000). Bichler (2017) betont zudem die enge Vernetzung zwischen den Teilnehmenden der Wertschöpfungskette, sowie eine verstärkte Kommunikation des Mehrwerts der regionalen Ware gegenüber dem Verbraucher als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche WSK.

In die Verarbeitergespräche waren einbezogen:

DLS Mühlenbäckerei	Barnhouse Naturprodukte
Sollinger Ölmühle	Schedel, Der ökologische Backspezialist
Ölmühle Moog	Klosterbäckerei Plankstetten
Bohlsener Mühle	Biobäckerei Forster
Chattengauer Ölmühle	Erdmannshauser
Bäckerei Voigt	Friedenfelser Landhandel

In der **zweiten Phase** wurden Anbaubetriebe mit Verarbeitern vernetzt und bei der Vereinbarung gemeinsamer Partnerschaften unterstützt. Dabei wurden vor allem Kommunikationshilfen erstellt (Bildmaterial für die Darstellung des Anbaus auf den Produkten und der Homepage der Verarbeiter, Informationsmaterial beispielsweise Nährwertanalysen) sowie Inhaltsstoffanalysen der Rohware organisiert (Morphin- und Cadmiumgehalte, Pflanzenschutzmittelrückstände, Mikrobiologie).

Es zeigte sich, dass die jeweiligen Partnerschaften sehr individuell gestaltet wurden. Hauptthemen in den regionalen WSK war weiterhin die geringe Verfügbarkeit der Rohware.

Für die Vermarktung der ökologischen Mohnsaat kristallisierten sich bei den meisten Betrieben drei Wege heraus:

- Direktvermarktung
- Direkter Kontakt mit regionalen Verarbeitern
- Zwischenhändler

Direktvermarktung:

Die meisten Betriebe vertreiben ein Teil der eigenen Mohnsaat gemeinsam mit einer bunten Palette an Mohnprodukten in eigenen Hofläden, Online-Shop oder in sogenannten Regio-Regalen im Lebensmitteleinzelhandel. Abgepackt werden meist 100 – 250 g Einheiten der Samen. Auf einigen Betrieben wird die Saat gequetscht und dann vakuumiert. Weiterhin wird Mohnöl angeboten, Mohnhonig, Kuchen, Gebäck und vieles mehr. In betriebseigenem Werbematerial werden Rezepte mitgeliefert, Informationen zum Anbau und zu Betrieb. Die direktvermarkteten Mengen sind eher klein, der Arbeitsaufwand für Reinigung, Abpackung und Vermarktung hoch, allerdings ist die Wertschöpfung ebenfalls hoch. Qualität und Reinheit der Mohnsaat liegt in den Händen der Betriebe.

Direkter Kontakt mit regionalen Verarbeitern

Diese Form stellt eine klassische regionale Rohwarenpartnerschaft dar. Im Vordergrund steht ein Hauptlieferbetrieb für den Verarbeiter. Zur Absicherung der Rohware werden andere Betriebe und der Saatenhandel als Zwischenhändler in Anspruch genommen. Über eine regelmäßige Qualitätsanalytik lernen Anbaubetrieb und Verarbeiter die Mohnqualität kennen und können Anpassungen direkt kommunizieren. Bei kleineren Unternehmen liegen keine Produktspezifikationen vor, diese werden nur größeren Verarbeitern angeboten und bilden den Grundrahmen der Mohnqualität ab. Zentrale Qualitätsparameter sind dabei die Reinheit der Rohware und die Abwesenheit von unerwünschten Bestandteilen oder Inhaltsstoffen sowie von Kontaminanten. Die Zusammenarbeit wird meist medial begleitet.

Die Verständigung über die Rohwarenpreise ist für viele Betriebe schwierig, da zur Rohware

Mohn wenige Preisangaben publiziert sind und die bereits beschriebene Preisdifferenz zu ausländischer Ware über deutliche Qualitätsvorteile und die öffentliche Bewerbung der Partnerschaft überwinden lassen muss. Problematisch ist die oft kontinuierliche Versorgung der Verarbeiter mit kleineren Mengen (meist Bäckereien), die bei der sensiblen Rohware Mohn das Risiko von Verderbnis mit sich bringen kann. Die Betriebe brauchen eigene Reinigungstechnik für die Saat oder nehmen entsprechende Dienstleister in Anspruch.

Eine regionale Rohwarenpartnerschaft wurde beispielsweise in der Nachbarschaft der Universität Bonn realisiert. Der Mohn-Anbau auf dem Bioland-Betrieb Anna Hof im Westerwald startete 2018 mit der Saat von Wintermohn. Während in der Anfangsphase die Feinsämerei noch von der Universität Bonn gesät wurde, konnte im Herbst 2020 die Anbauflächen mit eigener Sä- und Hacktechnik bewirtschaftet werden. Die Mohnsaat wird auf dem Betrieb gereinigt und in der 20 km entfernten DLS Mühlenbäckerei verbacken.

Westerwald-Mohn für die DLS Vollkorn-Mühlenbäckerei

31.03.2020 14:08

Unser Bestreben nach Regionalität treibt uns voran. Über Frau Hanna Blum, Universität Bonn, Bereich INRES Nachhaltige Rohstoffe in Rheinbach kamen wir mit Martina Müller in Kontakt. Sie baut seit 2018 auf ihrem Bioland Betrieb in Orfen-Berg (Nähe Altenkirchen-Flammersfeld) Speisemohn an. Hier im Westerwald sammelt Martina Müller seit nun zwei Jahren intensiv Erfahrungen in dieser Kultur, die üblicherweise ansonsten eher in der Türkei, Nord- und Vorderindien und Griechenland angebaut wird. Besonders aromatische Sorten kommen aus Österreich.



Foto: Hanna Blum

Der in Deutschland angebaute Mohn darf ausschließlich morphinfrei sein. Mohn macht fit! Er schützt Herz, Hirn und Muskeln. besonders günstige Zusammensetzung und sein hoher Gehalt an Eisen, Kalzium, Kalium und Magnesium macht ihn so gesund f eine Abdrift – also etwa von Nachbarsfeldern abgegebene Pestizide – kommt nicht vor. Alle Anrainer in Orfen-Berg sind Bio-f

Abb. 67 Darstellung des Mohnanbaus auf dem AnnaHof auf der Homepage der DLS Mühlenbäckerei in Hennef, Mohnanbauerin Martina Müller, Bäcker David Lee Schlenker (<https://www.ihredls.de/aktuelles/dls-fuer-zuhause/details/westerwald-mohn-f%C3%BCr-die-dls-vollkorn-m%C3%BChlenb%C3%A4ckerei.html>)

Vermarktung über Zwischenhändler

Der Bio-Saatenbereich bietet über die Vermarktungsgesellschaften der Anbauverbände die Möglichkeit einer Mohnvermarktung an. Spezialisiert auf die Vermarktung von Mohn hat sich unter anderem der Betrieb Marold in Thüringen, der als erster Bio-Betrieb in Deutschland vor 20 Jahren Mohn anbaute. Besonders für neueinsteigende Betriebe ohne Spezialreinigungstechnik für Mohn ergeben sich Vorteile bei der Vermarktung über einen Zwischenhändler. Die vorgereinigte Rohware kann im Betrieb Marold entsprechend den Verarbeiterwünschen gereinigt werden und kleinere Parteien zusammengefasst werden. Über größere Parteien wiederum kann der Marktzugang zu größeren Verarbeitern eröffnet werden. Für die Anbaubetriebe entstehen keine langfristigen Aufwendungen für die Lagerhaltung oder Konfektionierung.

Aus dem eigenen großflächigen Wintermohnanbau konnte im Betrieb Marold eine regionale Rohwarenpartnerschaft mit der Bohlsener Mühle aufgebaut werden. Die Zusammenarbeit wird auf einer Produktneuentwicklung entsprechend beworben.



Abb. 68 Darstellung des Mohnanbaus im Bio Betrieb Marold, Thüringen auf Produkt der Bohlsener Mühle.

In der Ökomodellregion Steinwald wurde im Rahmen des Vorhabens ein regionales Rohwarenkonzept ausgehend vom Friedenfelser Biolandhandel realisiert. In Zusammenarbeit mit Mohnanbauer*innen in der Region und in Unterfranken wurden Informations-veranstaltungen, Feldbesichtigungen sowie ein Workshop abgehalten und die Betriebe beratend in der Anbausaison begleitet. Der Friedenfelser Landhandel übernahm die Aufbereitung der Rohware, die Bündelung und Lagerung der unterschiedlichen Parteien sowie die Vermarktung der Rohware zu vorwiegend bayerischen Lebensmittelverarbeitern. Über die Steigerung der Rohwarenmenge konnten der Friedenfelser Landhandel neue Marktzugänge für Speisemohn aus ökologischem Anbau eröffnet werden. Intensive Kontakte

wurden zur Firma Barnhouse aufgebaut, die mit neuen Mohnprodukten ihr Portfolio erweiterte (<https://barnhouse.de/rohstoffe/blaumohn/>).

Unter Einbeziehung des Endverbraucher*innen orientierten Regio Mohn Konzept der Steinwald Allianz, konnte für den Mohn eine transparente und nachhaltige Wertschöpfungskette realisiert werden, welche den Mohnanbauer*innen eine Vermarktungssicherheit und interessierten Verarbeitern eine Liefersicherheit anbieten kann.

3.3.2 Steinwald

Modellhaft sollte in der Natur- und Tourismusregion Steinwald die Vernetzung des Mohn-Anbaus mit regionalen Verarbeitern vor dem Hintergrund eines regionalen Tourismuskonzeptes erfolgen. Die Arbeiten wurden im Unterauftrag von dem kommunalen Zweckverband Steinwald Allianz unter Leitung von Martin Schmid durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurde eine regionale Mohnerzeugung angeschoben und über den Friedenfelser Landhandel sowohl eine Verarbeitung als auch eine Vermarktung koordiniert. Über zahlreiche Mohn-Produkte (Mohnsaat, Mohnmehl) konnten neue regionale und ökologische Lebensmittel und Veredelungsprodukte angeboten werden. Diese wurden, begleitet von zahlreichen Aktivitäten (Presseberichte, Mohnblütenfeste, Kochkurse, Backrezepte) bei den Endverbrauchern*innen eingeführt. Damit entstand eine transparente regionale Wertschöpfungskette rund um den Mohn, welche über die Veredlung der Mohnsaat in der Region (beispielsweise regionale Bäckereien) die Wertschöpfung bei den Akteuren vor Ort belässt. Den landwirtschaftlichen Betrieben wurde über den Friedenfelser Landhandel ein Absatz der Mohnsaat auch über den Steinwald hinaus eröffnet.

In einem zweiten Schritt wurde über die hohe Attraktivität der Mohnpflanze, die Bereitstellung von modernen Mohnprodukten sowie das Angebot von hochwertigen Freizeitangeboten, der Mohn in die Tourismusstruktur des Steinwaldes integriert. Der Mohn stellt damit quasi ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen Tourismusregionen dar. Die verschiedenen erarbeiteten Elemente zur Thematisierung des Mohns, können in der vorliegenden oder geänderten Form von anderen Regionen mit Mohnanbau genutzt werden.

Mit den touristischen Angeboten vor Ort erschließt sich für den Mohn im Steinwald ein interessantes Marktmodell, welches sowohl den Mohn als auch die Tourismusregion Steinwald bewirbt.

Die Aktivitäten der Steinwald-Allianz wurden ansprechend auf einer modernen Webseite kommuniziert und stehen damit für andere Regionen zur Übertragung zur Verfügung.

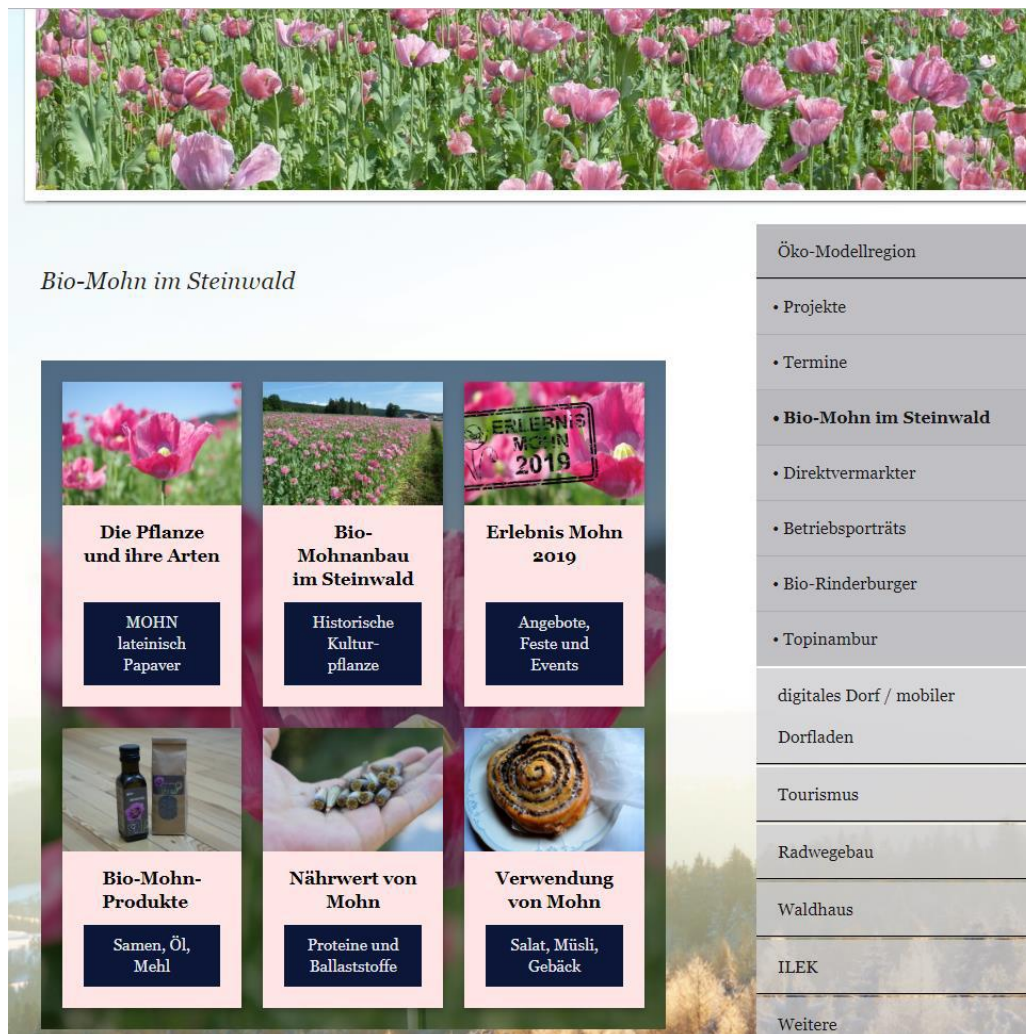


Abb. 69 Darstellung der Mohnaktivitäten im Steinwald auf der eigenen Webseite www.steinwald-allianz.de/projekte/öko-modellregion/mohn/



Abb. 70 Feldführung beim Mohnblütenfest vom 7.Juli 2019 in Friedenfels, Steinwald

Über die Mitarbeit im Vorhaben konnte der Mohn in der Modellregion Steinwald erfolgreich verankert werden.

Zusammenfassung der durchgeführten Maßnahmen

- Homepage → www.steinwald-urlaub.de
 - Erstellung einer Unterseite zum Thema Mohn
 - Ausarbeitung einer Landkarte/Übersicht der Mohnfelder im Steinwald und Bezugsquellen für den Verbraucher
 - Einpflegen von Blütezeit, Kapselbildung und Erntezeitpunkt
 - laufende Pflege und Aktualisierung über die Projektlaufzeit hinaus
- Information von potentiellen Anbauern
 - Kurze Kulturbeschreibung und Information über neueste Erkenntnisse
 - Anfrage zur Anbau-Bereitschaft und Nennung von regionalen Ansprechpartnern zur Ernte-Abnahme
- Information der Steinwälder Bürger*innen → Bericht im „Stein&Wald“-Magazin
 - Text in der Mai-Ausgabe 2019 mit Kurzbeschreibung, Übersicht der Mohn-Felder 2019, Angaben zum Bezug von Mohnsaat und Mohnprodukten
 - Rezept-Tipps zum Mohn
- Touristische Vermarktung: Etablierung von Angeboten zum Mohn für Touristen sowie Einheimische
 - Multiplikatoren-Schulung zum Thema Mohn, z.B. von Gästeführern bei einem „Tourismus-Tag“ der Steinwald-Allianz oder bei Felder-Begehungen
 - Angebot eines Mohn-Kochkurses im Bio-Koch- und –Back-Kurs-Programm der Öko-Modellregion Steinwald

3.4 Wissenstransfer

Projektbegleitende Wissenstransfermaßnahmen sollten Information zum Anbau von Mohn und zu den qualitativen Eigenschaften der Mohnsaat vom Anbaubetrieb bis zum Endverbraucher transportieren und eine vielfältige Kommunikation innerhalb der unterschiedlichen Ebenen der Wertschöpfungskette Regio-Mohn bewirken.

Die Optimierung des Mohnanbaus und damit die Bereitstellung von regionaler Mohnsaat setzen einen engen Kontakt zur landwirtschaftlichen Praxis voraus. Dieser wurde über eine Vernetzung der Mohnanbauer und –anbauerinnen mit der Projektgruppe erreicht. Der monatliche Mohn-Infobrief lieferte praxisnahe Informationen zum Anbau. Die Verteilung erfolgte zu Beginn über 52 Betriebe bundesweit und zu Projektende an 94 Anbaubetriebe. Für die Anbaubetriebe wurden weiterhin gemeinsame Feldbesichtigungen organisiert sowie Fahrten zu Aufbereiter von Ölsaaten. Mit der Übernahme der Sortenvertriebsrechte der beiden Mohnsorten ´Viola´ und `Zeno Morphex` durch den Biohof Marold, wurde 2020 erstmals Saatgut aus ökologischer Vermehrung angeboten und die Saatgutversorgung für die morphinarmen Sorten gesichert. Weiterhin wurde ein Anbautelegramm zum nachhaltigen Anbau von Speisemohn erstellt (s. Anhang).

Mit der Aktion MohnLandschaften stellten sich die Anbaubetriebe im Coronajahr 2020 vor (<https://www.nawaro.uni-bonn.de/mohnlandschaft/mohnlandschaft>).

Für die Darstellung der Projektarbeiten und Versuchsergebnisse wurde vom Förderverein Ökoplant e.V. eine Homepageseite eingerichtet, die auch noch Projektende über den Mohnanbau informiert: <https://oekoplant-ev.de/arbeitsgruppen/regio-mohn.html>.

Spezielle Informationen zum Mohnanbau und dessen Effekte auf die Biodiversität im Agrarraum wurden in einem Flyer aufgegriffen und anlässlich eines Praktikertages der BLE präsentiert. Mit diesen Maßnahmen werden Anbauer*innen und andere Zielgruppen über die Biologie verschiedener Insektenarten, deren Nahrungs- und Lebensräume in landwirtschaftlich genutzten Naturräumen informiert.

Wissenstransfermaßnahmen für Verarbeitungsbetrieb und den Saatenhandel würden vor dem Hintergrund „Anbau – Produktqualität/Produktsicherheit“ getätigt. Mit den beiden Flyern „Speisemohn – Ernährungswert“ und „Mohnanbau – Biodiversität“ wurden den Verarbeitern valide Kennzahlen zur Mohnsaat und zu den Biodiversitätswirksamen Aspekten des Mohnanbaus, als auch Bildmaterial für die eigenen Presseabteilungen zur Verfügung gestellt.

Die Einbeziehung der Endverbraucher*innen erfolgte beispielhaft durch die Steinwald-Allianz (s. Kapitel 3.5). Aus der Projektgruppe wurde neben Info- und Bildmaterial auch Vorlagen für Feldschilder und Poster zur Verfügung gestellt. Anlässlich von „Mohntagen“, „Feldtagen“ oder unzähligen Presseberichten zur Blüte der Mohnfelder, konnte eine erfolgreiche Einbeziehung der Endkundschaft umgesetzt werden.

Weiterhin erfolgt eine wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse auf Fachtagungen, in Publikation und weiteren Plattformen.

Zusammenfassend sind aus der Projektarbeit heraus zahlreiche zielgruppengerechte Informationsmaterialien und Aktionen entstanden, welche über die Projektlaufzeit hinaus genutzt werden können.



Abb. 71 Projektflyer „Speisemohn Ein hochwertiges Lebensmittel“

Die Vernetzung von landwirtschaftlichen Betrieben und Verarbeitern von ökologischen Lebensmitteln waren ein zentrales Element des Vorhabens und wurden auf unterschiedlichen Ebenen ermöglicht. Mit zahlreichen Transfermaßnahmen konnten somit die Projektarbeiten erfolgreich in die Praxis implementiert werden. Wurden Strukturen geschaffen, welche über den Projektzeitraum hinaus eine Weiterentwicklung des ökologischen Anbaus von Mohn und dessen Verarbeitung zu einem wertvollen Lebensmittel fördern.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

- Katharina Luhmer, Hanna Blum, Martin Berg, Ralf Pude, Louisa Wember (2018). Erfassung pflanzenbaulicher Parameter im ökologischen Anbau der morphinarmen Wintermohnsorte `Zeno Morpheus`. 8. Tagung Arznei- und Gewürzpflanzenforschung, Bonn, 2018. DOI 10.5073/jka.2018.460.022

- Katharina Luhmer, Hanna Blum, Louisa Wember, Martin Berg, Ralf Pude (2019). Optimierung von Saatzeitpunkt und Nährstoffversorgung von Wintermohn. 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 2019. ISBN: 978-3-89574-955-140
- Katharina Luhmer, Nadine Schulze-Kaysers, Michelle Feuereisen, Lukas Wirth, Fabian Maretzky, Matthias Wüst, Hanna Blum, Elisa Dörr, Ralf Pude. Fatty acid composition, tocopherols, volatile compounds and sensory evaluation of low morphine yielding varieties of poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds and oils (2021). Eingereicht beim Journal of Agricultural and Food Chemistry. Unpublished work copyright 2021 American Chemical Society

Poster & Vorträge

- Katharina Luhmer, Hanna Blum, Andrée Hamm, Ralf Pude (2018). Förderung der agrarökologischen Vielfalt durch Mohnanbau
- Richard Simon, Hanna Blum, Katharina Luhmer, Ralf Pude (2018). Codierung der Entwicklungsstadien von Sommermohn (*Papaver somniferum* L.) in Anlehnung an die BBCH-Skala
- Hanna Blum, Katharina Luhmer, Josef Schmidt, Ralf Pude (2019). Sommermohnsorten im Anbauvergleich.
- Katharina Luhmer (2019): Biodiversität im Mohnanbau. Vortrag zum Bioland Praktikertag für Landwirte zum Thema: Welchen Beitrag leistet der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen zur Biodiversität auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben
- Brunhard Kehl, Josef Schmidt (2021). Vortrag: Bio-Mohnanbau in Deutschland, Biofach, 19.02.2021
- Josef Schmidt, Katharina Luhmer (2021): Vortrag: Bio-Mohnanbau in Deutschland, Biofach, 19.02.2021
- Hanna Blum: Vortrag: Vorstellung der Projektergebnisse von Regio-Mohn anlässlich des Ökologischen Ölsaatentages, 25.02.2021

Abschlussarbeiten

- Katharina Uebber (2018): Das Blütenbesucherspektrum auf *Papaver somniferum* (L.). BSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & INRES Agrarökologie & Organischer Landbau)
- Katja Lorscheider (2018): Sensorische Qualitätsanalysen verschiedener Herkünfte von Winter- und Sommermohn (*Papaver somniferum* L.). MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe)
- Richard Simon (2019): Mechanische Verfahren der Unkrautregulierung bei Sommermohn. MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe)

- Maria Schäfer (2019): Erste Versuche von Wintermohn (*Papaver somniferum* L.) mit den Untersaaten Wintergerste, Winterweizen sowie Gelbsenf hinsichtlich Anbau- und Ertragssicherheit. MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe)
- Carolin Gilgenbach (2019): Die Nutzung der floralen Ressource Pollen vom Schlafmohn (*Papaver somniferum* L.), durch blütenbesuchende Insekten am Außenlabor Campus Klein-Altendorf, Universität Bonn. BSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & INRES Agrarökologie & Organischer Landbau)
- Alexandra Schneider (2019): Phänologische Aufnahme der Blühzeiträume von *Papaver somniferum* und *P. rhoeas* am Standort Wiesengut. BSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & INRES Agrarökologie & Organischer Landbau)
- Martina Schedemolk (2019): Charakterisierung der Pollen von *Papaver somniferum* und Einschätzung der Nahrungsressource für blütenbesuchende Insekten. BSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & INRES Agrarökologie & Organischer Landbau)
- Pablo Hover (2020): Beschreibung der Wertschöpfungskette für Speisemohn. Darstellung und Analyse der regionalen Wertschöpfungskette von Speisemohn. BSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe und Professur Technologie- und Innovationsmanagement im Agribusiness)
- Marina Schicker (2021): Analyse des Gesamtproteingehaltes und der Proteinstruktur deutscher Speisemohnpartien in Abhängigkeit von Sorte, Anbauverfahren und Standortbedingungen, mit anschließender Diskussion der ernährungsphysiologischen Proteinwertigkeit der Speisemohnsaaten: MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & Hochschule Fulda)
- Elisa Dörr (2020): Sensorische Charakterisierung von Mohnsaaten und Mohnölen von Sommer- und Wintermohn: MSc, Elisa Dörr (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften)
- Lukas Wirth (2020): Vergleichende Analyse von ökologischen und konventionellen Mohnölen. MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften)
- Natascha Herse (2020): Erfassung der blütenbesuchenden Insekten in Wintermohn an den Standorten Campus Klein-Altendorf und Wiesengut sowie Untersuchungen zum Nahrungsangebot von *P. somniferum* im Vergleich zu *P. rhoeas*: MSc (Universität Bonn INRES Nachwachsende Rohstoffe & INRES Agrarökologie & Organischer Landbau)

4.0 Diskussion

Mit dem Projekt wurden ökologische Anbauverfahren von Mohn optimiert und durch zahlreiche Feldversuche an verschiedenen Standorten überprüft.

Es wurden Analysen der bestehenden Produktionsverfahren durchgeführt und die Projektversuche daran orientiert. Wirtschaftlichkeitsberechnungen konnten aufgrund nicht ausreichender Belastbarkeit der gewonnenen Daten nicht umgesetzt werden.

Hingegen resultierte aus den experimentellen Arbeiten zur Anbauoptimierung eine vielseitige, mehrjährig überprüfte Datengrundlage zu den Themen Bestandesetablierung, Sorten- und Saatterminwahl, Nährstoffversorgung, Bestandesdichte, Lagerungsbedingungen, Unkraut-regulierung, Untersaaten und Gemengeanbau.

Hauptstandorte waren die Versuchsgüter Campus Klein-Altendorf und Wiesengut der Uni Bonn sowie die Praxisflächen des Betriebes Schmidt (Steinwald). Eine Ausweitung auf weitere Praxisbetriebe (Marold, Müller) war nicht immer möglich, da die räumliche Distanz zur Universität Bonn keine gleichzeitige Bonitur der Versuche erlaubte. Stattdessen wurden die Fragestellungen an den genannten Versuchsstationen ausgeweitet, dies insbesondere im Hinblick auf nachhaltige Anbaustrategien (bspw. Nährstoffversorgung und Gemengeanbau).

Die biodiversitätswirksamen Leistungen des Mohns wurden anhand von Blühflächenkartierungen, Blütenbesucher- und Pollenanalysen an mehreren Standorten untersucht und die hohe Attraktivität der Mohnblüte für Honigbienen, Wildbienen, Schwebfliegen und andere blütenbesuchende Insekten belegt. Aufgrund des hohen personellen Aufwands und des sehr kurzen Blühzeitraums des Mohns wurden die Untersuchungen der Blütenbesucher hauptsächlich an den Standorten Campus Klein-Altendorf und Wiesengut sowie im Steinwald durchgeführt. Dafür fanden insbesondere am Campus Klein-Altendorf intensive Beprobungen von Sommer- und Wintermohnflächen sowie von umgebenden Blühflächen statt, die vor dem Hintergrund der durchgeführten Blühkartierungen in den Kontext der Landschaft gesetzt wurden.

Auch die Vernetzung von Anbauern und Verarbeitern gelang, sodass sich Rohwarenpartnerschaften etablieren konnten. Dies trug unter anderem dazu bei, dass sich bereits in den drei Versuchsjahren die Mohnanbaufläche in Deutschland mehr als verdoppelte. Über intensive Qualitätsuntersuchungen (Fettsäuren, Aromastoffe, Sensorik, Proteine, Mineralstoffe, Mikrobiologie) konnte sichergestellt werden, dass hochqualitative, morphinfreie Ware zur Verfügung gestellt werden kann, die sich über eine transparente Wertschöpfungskette zurückverfolgen lässt.

Zahlreiche Wissenstransfermaßnahmen (s. Kapitel 3.4) trugen dazu bei, die im Projekt generierten Informationen an Anbauer, Verarbeiter, Verbände und Endverbraucher zu übertragen. Anschließend an einen initialen Workshop im Jahr 2018 geschah dies überwiegend über Infobriefe, Feldtage, Vorträge, Tagungsbeiträge und Presseartikel oder die Erstellung von Informationsflyern zu den Themen Qualität und Biodiversität.

Die intensive Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern und Praxisbetrieben ermöglichte eine gemeinsame Ausrichtung der Projektziele. Dies betraf insbesondere die Umsetzung von Feldversuchsarbeiten auf dem Praxisbetrieb Schmidt (Friedenfels) sowie den Wissenstransfer über die Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller (ÄÖL) und die Steinwald-Allianz.

Aus dem Projekt entstand eine wertvolle Datenbasis, die die zukünftige Ausrichtung des Mohnanbaus in Deutschland mitbestimmen wird. Eine konkrete Fortführung des Vorhabens ist zunächst nicht geplant. Es ergeben sich jedoch weitere Fragestellungen, die weitere Forschungsarbeit interessant machen, um langfristig den Anbau zu stabilisieren. Dies betrifft beispielsweise die tiefergehende Analyse von Inhaltsstoffen in Mohnsamen oder der Gesamtpflanze und deren Beeinflussung, die Züchtung im Hinblick auf ein erweitertes, morphinarmes Sortenspektrum, die Analyse von Krankheiten und Schädlingen und mögliche Bekämpfungsmaßnahmen oder die Untersuchung des Vorfruchtwerts oder des Gemengeanbaus im Rahmen nachhaltiger Anbaustrategien.

5.0 Öffentlichkeitsarbeit

Die Projektergebnisse wurden auf unterschiedliche Art und Weise sowohl für Anbauer und Verarbeiter, als auch für Wissenschaftler und Verbraucher zugänglich gemacht. Die einzelnen Maßnahmen des Wissenstransfers sind in Kapitel 3.4 zusammengestellt.

Beispielsweise wurden die Projektergebnisse für (potentielle) Mohnanbauer über Infobriefe, Praktikertage, Feldbegehungen und die Entwicklung eines Anbautelegramms zur Verfügung gestellt.

Eine wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse erfolgte in Form von Artikeln in Fachzeitschriften. Mehrere Tagungs- und Posterbeiträge sollten sowohl Wissenschaftler als auch Anbauer und Verbände ansprechen. Über Vorträge bei Tagungen und Feldtagen wurden ebenso die Anbauer wie Verbraucher einbezogen.

Regelmäßige Presseberichte sowie zwei Informationsflyer zu den Themen Qualität und Biodiversität sollten sowohl die Verarbeiter als auch Verbraucher zum Mohn informieren. Gleichzeitig können die Flyer von Betrieben und Verarbeitern auch für die eigene Vermarktung von Mohnprodukten genutzt werden.

Über die Einbindung von Projektergebnissen und Infobriefen auf der Homepage (<https://oekoplant-ev.de/arbeitsgruppen/regio-mohn.html>) und die Darstellung der Mohnlandschaften (<https://www.nawaro.uni-bonn.de/mohnlandschaft/mohnlandschaft>) wurden nicht nur Informationen zum Anbau öffentlich zugänglich gemacht, sondern auch die ökologische und ästhetische Wirkung der Kulturpflanze Mohn im Landschaftsbild verdeutlicht.

6.0 Fazit

Die Projektaufgaben konnten in hohem Maß entsprechend der Antragsstellung umgesetzt werden. In Teilen ergaben sich Änderungen, die hauptsächlich die Standortwahl der Feldversuche betrafen. Hier musste die Anzahl an Untersuchungen auf Praxisbetrieben reduziert werden, um die Qualität der Versuchsarbeiten aufrecht erhalten zu können. Im Arbeitspaket 3 wurden ausgehend von den Produktspezifikationen weitere Analysen im Hinblick auf inhaltsstoffliche und sensorische Qualitätsaspekte notwendig. Diese halfen schlussendlich die Eigenschaften regionaler Rohware hervorzuheben und diese auch für die Vermarktung nutzbar zu machen (bspw. über die erstellten Flyer). Die Untersuchungen zur Biodiversität konnten erfolgreich wie geplant umgesetzt werden, hier wurde der Schwerpunkt auf die Identifizierung und die Erfassung der Abundanzen der Blütenbesucher gelegt und erste Artenlisten für Sommer- und Wintermohn erstellt.

Insgesamt konnten viele Fragen zur Anbauoptimierung von Mohn beantwortet werden, sodass hochqualitative Rohware aus regionalem, ökologischem Anbau im Rahmen einer transparenten Wertschöpfungskette zur Verfügung gestellt werden kann. Des Weiteren wurden Impulse für die Bildung von Rohwarenpartnerschaften gegeben und Kennzahlen zur Verfügung gestellt, die als Orientierungshilfe für Anbauer, Verarbeiter und Verbraucher dienen können.

Danksagung

In das Vorhaben waren der Biolandhof Grenzmühle, die Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller e.V., und die Steinwald Allianz als Unterauftragnehmer eingebunden. Wir bedanken uns für die Zusammenarbeit!

Ein besonders herzliches Dankeschön geht an die Versuchstechniker vom Campus Klein-Altendorf und Wiesengut für die wunderbare Unterstützung der Versuchsarbeiten, den fachlichen Austausch und Eure große Unterstützung bei der erfolgreichen Umsetzung des Projektes: Marcus Weber, Henning Riebeling, Kevin Leitenberger, Johannes Siebigtheroth, Patrick Hostnik und Justin Holldack.

Herzlichen Dank auch an das gesamte Team vom Campus Klein-Altendorf für Eure große Unterstützung und das schöne gemeinsame Arbeiten und Familie Marold vom Biohof Marold.

Ohne die fleißige Mitarbeit der Studierenden hätten wir die Projektarbeiten nie bewältigt bekommen. Danke für Eure Unterstützung, Eure Mitarbeit, Eure Ideen und Euer Engagement:

Charlotte Hubert, Carolin Gilgenbach, Katja Lorscheider, Martina Schedemolk, Natascha Herse, Marina Schicker, Elisa Dörr, Maria Schäfer, Rosa Albrecht, Katharina Uebber Alexandra Schneider, Sabrina Scholtissek, Lea Blum, Birgit Bierschenk, Louisa Wember, Miriam Lindenmeier, Lukas Wirth, Pablo Hoven, Richard Simon und Benedict Ohrem.

Ein besonderer Dank geht auch an unsere Kollegen und Kolleginnen aus den Nachbarinstituten der Uni Bonn für die große Unterstützung bei den analytischen und tierökologischen Arbeiten:

Dr. Andréé Hamm und Dr. Martin Berg vom Institut für Agrarökologie und Organischer Landbau, Prof. Dr. Matthias Wüst, Dr. Nadine Schulze-Kaysers, Dr. Michelle Feuereisen und Fabian Marezky sowie Angelika Glogau vom IPE, Pflanzenernährung. Besten Dank auch an die Mohnanbauer, die uns mit Probenmaterial unterstützt haben: Henning Dangers, Christoph Riebeling und die Güterverwaltung Friedenfels

Wir bedanken uns bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die Förderung des Vorhabens und die konstruktive Zusammenarbeit.

Literaturverzeichnis

- Ahrens, W.; & Sneyd, J. (2000). Mohn: Sorten, Anbau, Rezepte. Ulmer Taschenbuch, 86. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.
- Amiet, F.; Müller, A.; Neumeyer, R. (1999). Apidae 2. *Colletes*, *Dufourea*, *Hylaeus*, *Nomia*, *Nomioides*, *Rhophitoides*, *Rophites*, *Sphecodes*, *Systropha*. Neuchâtel: Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna; Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Fauna Helvetica, 4). Schmidt, E. 23. Auflage. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Amiet, F.; Herrmann, M.; Müller, A.; Neumeyer, R. (2001). Apidae 3. *Halictus*, *Lasioglossum*. Neuchâtel: Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna; Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Fauna Helvetica, 6).
- Amiet, F.; Herrmann, M.; Müller, A.; Neumeyer, R. (2007). Apidae 5. *Ammobates*, *Ammobatooides*, *Anthophora*, *Biastes*, *Ceratina*, *Dasypoda*, *Epeoloides*, *Epeolus*, *Eucera*, *Macropis*, *Melecta*, *Melitta*, *Nomada*, *Pasites*, *Tetralonia*, *Thyreus*, *Xylocopa*. Neuchâtel: Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna; Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Fauna Helvetica, 20).
- Amiet, F.; Herrmann, M.; Müller, A.; Neumeyer, R. (2010). Apidae 6. *Andrena*, *Melitturga*, *Panurginus*, *Panurgus*. Neuchâtel: Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna; Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Fauna Helvetica, 26).
- Atlihan, R., Kaydan, M. B., & Özgökce, M. S. (2004). Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *Journal of Pest Science*, 77, S. 17–21.
- Bährmann, R. (1990). Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. Bildtafeln für zoologische Bestimmungsübungen und Exkursionen. 2. Auflage. Müller, H. J. (Hg.). Jena: Gustav Fischer.
- Baser, K. H. C.; & Arslan, N. (2014). Opium Poppy (*Papaver somniferum*). In Z. Yaniv, & N. Dudai (Eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East*, S. 305–332. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bernáth, J.; & Németh, É. (2010). Poppy. In J. Vollmann, & I. Rajcan (Eds.), *Oil Crops*, S. 449–468. New York, NY: Springer New York.
- Beug, H.-J. (2004). Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Göttingen. München: Dr. Friedrich Pfeil Verlag, München.
- Bichler, C. (2017). Regionale Wertschöpfungsketten für ökologisch erzeugte Ölsaaten: Chancen, Möglichkeiten, Hemmnisse. Masterarbeit Universität Hohenheim, Studiengang Agricultural Economics.
- Bozan, B.; Temelli, F. (2008). Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, 99, S. 6354–6359.
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2018). Gehalte an pharmakologisch aktiven Opiumalkaloiden in Mohnsamen sollten auf das technologisch erreichbare Mindestmaß gesenkt werden: Mitteilung Nr. 018/2018.
- Chizzola, R.; Dobos, G. (2007). Ertrag und Nährstoffentzug von Winter- und Sommermohnsorten (*Papaver somniferum* L.). *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen*, 12, S. 30–36.
- Dobos, G.; Lohwasser, U.; & Schliephake, E.; Schmatz, R. (2013). Mohn (*Papaver somniferum* L.). In Bernd Hoppe (Ed.), *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus*, S.174–191. Bernburg: Eigenverlag.

- Dollfuss, H. (1991). Bestimmungsschlüssel der Grabwespen Nord- und Zentraleuropas (Hymenoptera, Sphecidae) mit speziellen Angaben zur Grabwespenfauna Österreichs. Linz: Botanische Arbeitsgemeinschaft am Oberösterreichischen Landesmuseum (Stapfia, 24).
- Edelbauer, A.; Stangl, J. (1993). Nährstoffentzug durch den Waldviertler Graumohn (*Papaver somniferum* L.) im Verlauf der Vegetationszeit. Die Bodenkultur, 44, S. 15–27.
- Eklund, A.; Agren, G. (1975). Nutritive value of poppy seed protein, Journal of the America Oil Chemists Society, 52, S. 188–190.
- Emir, D. D.; Güneşer, O.; Yilmaz, E. (2014). Cold pressed poppy seed oils: sensory properties, aromatic profiles and consumer preferences. Grasas y Aceites, 65.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) (2020). FAOSTAT crop data poppy seed. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Abgerufen: 17.05.2020.
- Hiltbrunner, J.; Herzog, C.; Luginbühl, C.; Hebeisen, T. (2014). Sorten- und Anbauversuche mit winterhartem Mohn. Agrarforschung Schweiz, 5, S. 280–285.
- Hlinková, A.; Čertík, M.; Havrlentová, M. (2011). Investigation of Lipid Content and Fatty Acids Composition in selected Poppy Cultivars (*Papaver somniferum* L.). Agriculture (Polnohospodárstvo), 57, S. 118–123.
- Intodia, S. K.; Sahu, M. P. (2005). Effect of Sulphur Fertilization on Growth of Opium Poppy in Calcareous Soils of south Rajasthan. Indian J. Plant Physiol., 10, S. 90–93.
- Kaplinsky, R.; Morris, M. (2001). A Handbook for Value Chain Research. Abgerufen von: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/fisheries/docs/Value_Chain_Handbook.pdf, 17.12.2020
- Kling, M.; Wöhlbier, W. (1983) in: Broszat, W.: *Der Mohn: (Papaver somniferum L.)*; Anbau und Markt einer wiederentdeckten Kulturpflanze. Zugl.: Kassel, Gesamthochsch., Dipl.-Arb., 1991. Witzhausen: Selbstverl. d. Verb. der Tropenlandwirte, 1992 (Der Tropenlandwirt Beiheft 47)
- Krist, S.; Buchbauer, G.; Klausberger, C. (2008). Mohnöl. In S. Krist, G. Buchbauer, & C. Klausberger (Eds.), Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, S. 282–288. Wien: Springer.
- Krist, S.; Stuebiger, G.; Unterwiesing, H.; Bandion, F.; Buchbauer, G. (2005). Analysis of volatile compounds and triglycerides of seed oils extracted from different poppy varieties (*Papaver somniferum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, p. 8310–8316.
- Lančaričová, A.; Havrlentová, M.; Muchová, D.; Bednářová, A. (2016). Oil content and fatty acids composition of poppy seeds cultivated in two localities of Slovakia. Agriculture (Polnohospodárstvo), 62, S. 19–27.
- Laughlin, J. C. (1979). The Boron Nutrition of Poppies (*Papaver somniferum* L.) on Krasnozem and Alluvial Soils of Tasmania. Herba Hungarica, 18, S. 227–234.
- LAVES, (2019). Honigbiene, unter <https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/tiere/bienenkunde/aktuelles/honigbiene---bestaebung---pollen---honig-74008.html>
- Le Bon, A. M.; Salles, C.; Guichard, E.; Morzel, M. (Eds.) (2017). Flavour: From food to perception. Chichester, West Sussex, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Lošák, T.; Richter, R. (2004). Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. Plant, Soil and Environment, 50, S. 484–488.
- Mandl, S. (2011). Bestäubungshandbuch für Gärtner, Landwirte und Imker: Mandel & Surkopp. Arbeitsgemeinschaft Bienenforschung, Universität für Bodenkultur Wien.
- Maurizio, A.; Schaper, F. (1994). Das Trachtpflanzenbuch: Nektar und Pollen - die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. (4., neubearb. und erw. Aufl.). München: Ehrenwirth.

- Mauss, V.; Treiber, R.; Schmid-Egger, C. (1995). Bestimmungsschlüssel für die Faltenwespen (Hymenoptera: Masarinae, Polistinae, Vespinae) der Bundesrepublik Deutschland. 2. Auflage. Hamburg: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung
- Mauss, V. (1996). Bestimmungsschlüssel für die Hummeln der Bundesrepublik Deutschland. 6. Auflage. Hamburg: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung
- Merry, A. M., Corkrey, R., Westmore, G., & Dean, G. (2017). Increasing seed yield in *Papaver somniferum* L. with the use of honey bees (*Apis mellifera* L.). Proceedings of the 18th Australian Society of Agronomy Conference.
- Müller, H. J. (1986). Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. 2.Aufl. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Ohe, K.; Ohe, W. (2000). Celler Melissopalynologische Sammlung CMS. Celle.
- Ohe, W. von der (2006). Steckbrief Pollen. Celle.
- Pank, F. (2013). Kümmel (*Carum carvi* L.). In Bernd Hoppe (Ed.), Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus. Bernburg: Eigenverlag.
- Pinke, G.; Pál, R.; Tóth, K.; Karácsony, P.; Czúcz, B.; Botta-Dúkat, Z. (2011). Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. *Weed Research*, 51 (6), S. 621-630
- Porter, M. E. (2010). Wettbewerbsvorteile (8. Aufl.), Frankfurt am Main, Deutschland: Campus Verlag
- Rhelender, B. (2019). Deutsches Lebensmittelbuch, Leitsätze 2019. 7. Auflage. Hamburg, Behr's Verlag
- Schaefer, M. (2010). Brohmer - Fauna von Deutschland. Ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt. Unter Mitarbeit von Ansorge, H.; Fiedler, K.; Sattler, K.; Scheu, S.
- Schmid-Egger, C. (1995). Bestimmungsschlüssel der deutschen Arten der solitären Faltenwespen (Hymenoptera: Eumeninae). 2. Auflage. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN), Göttingen
- Srinivas, H.; Narasinga Rao, M. S. (1981). Studies on the proteins of poppy seed (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29, p. 1232–1235.
- Stanley, R. G.; Linskens, H. F. (1985). Pollen: Biologie, Biochemie, Gewinnung und Verwendung. (Lizenzausg). Greifenberg/Ammersee: Freund.
- van Veen, M. (2014). Hoverflies of northwest europe: Identification keys to the syrphidae. (2., rev. ed.). Utrecht: KNNV Uitg.
- Vandermeer, J. H. (2012). The Ecology of Intercropping: Cambridge University Press.
- Westrich, P. (2019). Die Wildbienen Deutschlands. (2., aktualisierte Auflage).
- Wüst, M. (2017). Biosynthesis of Plant-Derived Odorants. In A. Büttner (Ed.), *Springer Handbook of Odor*, S. 9–10. Cham: Springer International Publishing.
- Wynhoff, I.; van Swaay, C.; van der Made, J. (2001). *Dagvlinders*. 2. Auflage. Zeist, Wageningen: KNNV Publishing
- Yilmaz, E.; Emir, D. D. Extraction and Functional Properties of Proteins from Pre-roasted and Enzyme Treated Poppyseed (*Papaver somniferum* L.) Press Cakes. In: *Journal of Oleo Science*, Nr. 65, S. 319–329

Anhang

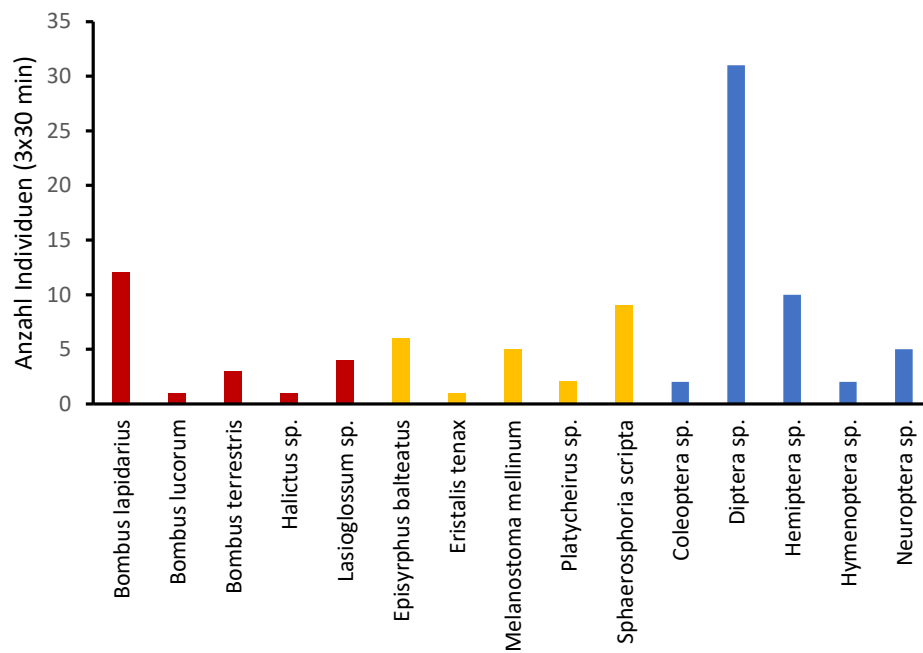


Abb. A1 Abundanzen der Blütenbesucher in den Referenzflächen am Wiesengut (Heckensaum / Getreide-Erbse-Gemenge) im Wintermohn 2020 zusammengefasst über je 3 Fangintervalle à 30 min

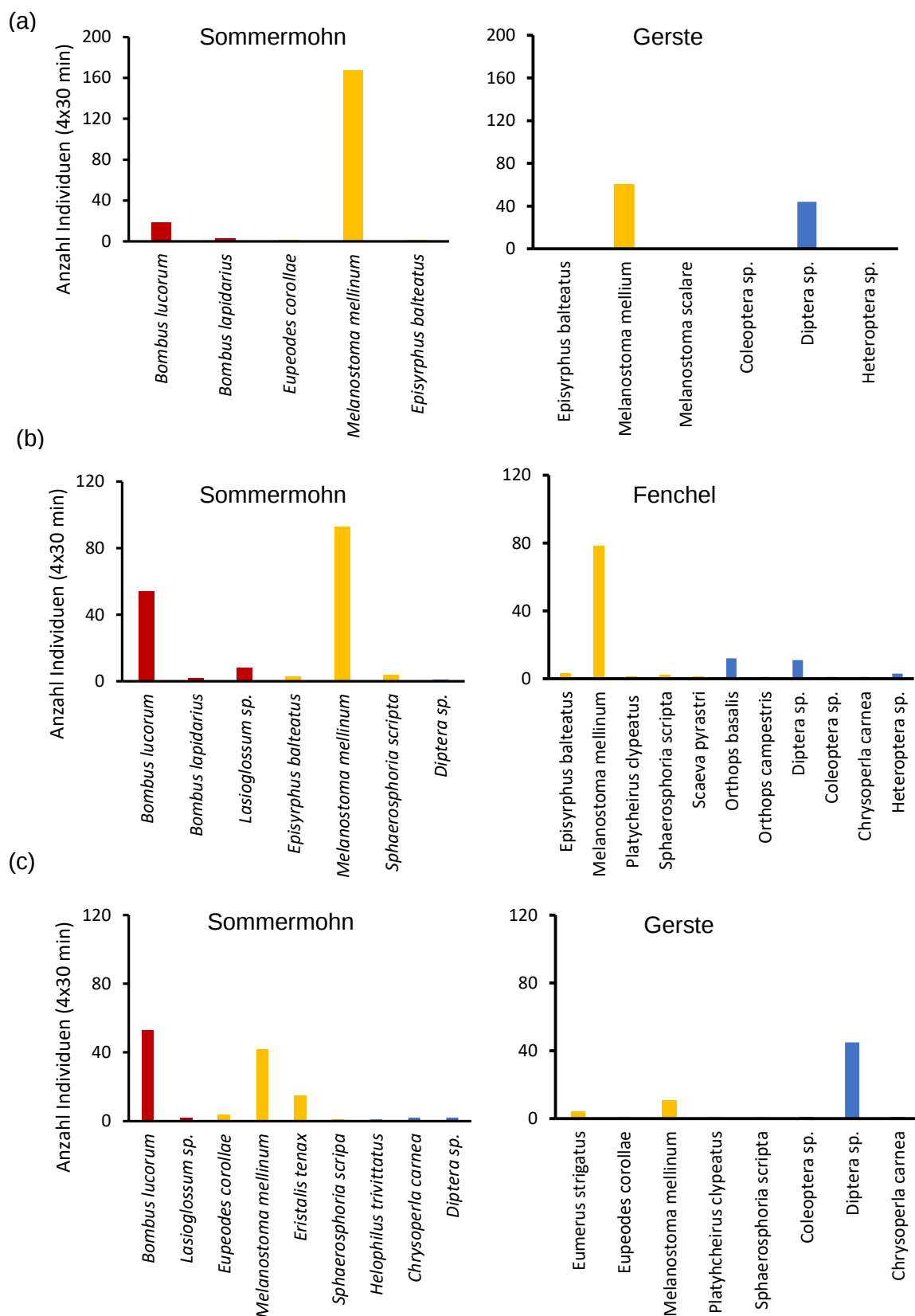


Abb. A1a-c. Abundanzen der Blütenbesucher in alternativen Sommermohnflächen (links) und den jeweiligen Referenzflächen (rechts) am Campus Klein-Altendorf 2018 zusammengefasst über je 4 Fangintervalle à 30 min

Tab. A1 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz des Treffler-Striegels in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2018-2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Federdruck lt Skala	Geschwindig- keit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 13 1,5 – 2 cm				90-100	Keine passende Ein- stellung gefunden
BBCH 14 3 cm	2	3	0	10	mögliche Einstellung für Kombination mit Hacke
	2	4	65	100	Pflanzen rausgerissen
	3	4	40	5	Verschütten, rausreißen
	3	6	50	60	Verschütten, rausreißen
	4	2	85	80	Pflanzen rausreißen
	5	3	50	10	
	5	2	50	80	Pflanzen rausreißen
	6	2	80	100	Pflanzen rausreißen
BBCH 15 4 cm	2	3	35	0	Günstige Einstellung für Kombination mit Hacke
	2	4	65	0	
	2	8	100	70	Verschütten, rausreißen
	3	3	55	0	Rausreißen
	3	6	85	100	Verschütten, rausreißen
	5	3	70	100	Verschütten, rausreißen
BBCH 16 6 cm	2	4	15	0	Günstige Einstellung für Kombination mit Hacke
	2	8	65	55	Verschütten, rausreißen
	3	3	50	0	
	3	5	55	0	
	3	8	75	80	Verschütten, rausreißen
	4	3	45	5	
	4	8	80	100	Verschütten, rausreißen
	5	5	40	5	

	5	8	60	100	Verschütten, rausreißen
	6	3	65	80	Verschütten, rausreißen
BBCH 19 12 cm	2	5	20	0	
	3	3	80	0	Günstige Einstellung für Kombination mit Hacke
	3	5	65	0	
	3	8	80	80	Verschütten, rausreißen
	4	3	40	5	
	4	5	40	5	
	5	5	40	5	
	6	3	70	50	Rausreißen
BBCH 30 (Schossen) 20 cm	2	4	0	60	Pflanzen knicken und reißen raus
	3	3	0	40	
	4	3	0	70	
	5	5	0	90	

Tab. A2 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz der Fingerhacke (gelbe Finger, nicht überlappend) in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2018-2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Geschwindigkeit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 13: 1,5 – 2 cm			90-100	Keine passende Einstellung gefunden
BBCH 14: 3 cm	1,5	0	30	
	3	60	30	
	4	60	70	
BBCH 16: 6 cm	1,5	60	0	
	2	50	0	
	3	75	45	rausreißen
	4	50	90	rausreißen
BBCH 17: 10 cm	1,5	35	0	
	2	50	0	
	3	50	0	
	4	60	0	
BBCH 19: 12 cm	1,5	10	0	
	2	40	0	
	3	35	5	
	5	50	5	
BBCH 30: Frühes Schossen: 15 cm	1,5	40	0	
	3	45	50	Rausreißen
	5	20	50	Rausreißen
BBCH 33: Schossen 18 cm	1,5	25	30	Rausreißen
	3	5	60	Rausreißen
	4	20	60	Rausreißen

Tab. A3 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz von Häufelwerkzeugen (Fbh=Flachbeethäufler, Hb=Häufelbleche) in Sommermohn am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2018-2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Werkzeuge	Geschwindigkeit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 14: 3 cm	Fbh	1,5	60	85	starkes verschütten
	Fbh	2	60	80	starkes verschütten
BBCH 15: 5 cm	Fbh	1,5	65	40	starkes verschütten
	Fbh	2	60	0	
BBCH 16: 8 cm	Fbh	1,5	20	40	starkes verschütten
	Fbh	2	40	40	starkes verschütten
	Fbh	3	70	0	
	Hb	1,5	0	15	
	Hb	3	30	0	
BBCH 17: 10 cm	Hb	2	50	0	
	Hb	3	55	30	starkes verschütten
BBCH 19: 12 cm	Fbh	2	0	5	
	Fbh	3	0	0	
	Hb	2	20	0	
	Hb	3	40	0	
BBCH 30, Frühes Schossen: 15 cm	Hb	2	15	0	
	Hb	3	50	0	
	Hb	4	40	0	
	Fbh	2	0	0	
BBCH 33, Schossen: 23 cm	Hb	2	0	0	
	Hb	3	0	0	
	Hb	4	30	0	

Tab. A4 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz des Treffler-Striegels in Wintermohn am Campus vor Winter Klein-Altendorf, (Boden sL) 2018-2020
 (*Wirkungsgrad bezogen auf Unkrauter im BBCH 10-12)

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Federdruck lt. Skala	Geschwindig- keit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 13: 1 cm	2	3	0	80	verschüttet
	3	3	0	80	Rausgerissen, verschüttet
	4	3	30	80	Rausgerissen, verschüttet
	2	4	0	20	Verschüttet
	3	4	0	50	Verschüttet
	4	4	35	60	Verschüttet
	2	5	10	90	Verschüttet
BBCH 14: 1,5 cm	2	3	0	0	
	2	4	0	25	
	2	5	0	0	
	3	3	20	0	
	3	4	10	5	
	3	5	30	20	
	5	4	30	5	
	4	5	10	0	
BBCH 17: 3 cm	3	3	0	0	
	5	3	20	0	
	3	6	45	5	
	3	8	40	20	
BBCH 19: 5 cm	2	3	0	0	
	4	2	20	0	
	2	5	0	0	
	4	5	10	0	
	2	8	20	40	Rausgerissen, verschüttet
	4	8	45	70	Rausgerissen, verschüttet

Tab. A5 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz der Fingerhacke (gelbe Finger, nicht überlappend) in Wintermohn vor Winter am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2018-2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Geschwindigkeit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 14: 1,5 cm	1,5	15	80	
	2	10	80	
BBCH 15: 1,5 cm	1,5	5	25	
	2	30	50	
BBCH 16: 2 cm	1,5	20	40	
	2	40	40	
BBCH 17: 3 cm	2	0	30	
BBCH 19: 5 cm	2	10	40	

Tab. A6 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Anhäufeln von Wintermohn nach Winter am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Geschwindigkeit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 19: 18 cm	1,5	55	0	
	2	55	0	
	3	70	0	
BBCH 30: 30 cm	2	40	0	
	3	65	0	
	3	70	0	Häufelblech + Treffler Striegel
	4	70	0	
	4	70	0	Häufelblech + Treffler Striegel

Tab. A7 Mittlere Wirkungs- und Pflanzenschadigungsgrade in % beim Einsatz der Fingerhacke (gelbe Finger, nicht überlappend) von Wintermohn nach Winter am Campus Klein-Altendorf (Boden sL) 2020

Mohn, BBCH Pflanzenhöhe	Geschwindig- keit (km/h)	Wirkungs- grad %	Pflanzen- schädigung %	Bemerkung
BBCH 19: 18 cm	1,5	0	30	Rausreißen
	2	0	30	
	3	0	80	
BBCH 30: 30 cm	2	45	80	
	3	40	90	
	4	20	80	