

Entwicklung einer modulbasierten Pflanzenschutzstrategie unter Berücksichtigung nachhaltiger und umweltschonender Verfahren zur Bekämpfung der Sanddornfruchtfliege

MoPlaSa

Zuwendungsempfänger:

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

Dr. Ulrike Meyer | 033432 82 190 | ulrike.meyer@zalf.de | www.zalf.de

Mitglieder der Operationellen Gruppe (OG):

agrathaer GmbH (Schmidt, Katharina; Dr. Heitepriem, Nico; Möller, Sven)
Humboldt-Universität zu Berlin (Dr. Rocks, Thorsten – 10/2018-07/2020; Altmann, Sabine)
e-nema Gesellschaft für Biotechnologie und biologischen Pflanzenschutz mbH
(Dr. Vandenbossche, Bart)
Havelfrucht GmbH (Giese, Thomas)
Forst Schneebecke (Schneebecke, Benedikt)
Neisser Geoprodukte GmbH (ehem. Internationale Geotextil GmbH) (Neisser, Holger)
Gut Schmerwitz GmbH & Co. KG (Neumann, Rita – 10/2018-07/2019; Wolters, Roland;
Kusenber, Nicolas) - bis 03/2021



Assoziierte Partner:

Bio Hof Glindow GbR (Dr. Berger, Andreas)
Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg
(LELF – Pflanzenschutzdienst PSD) (Holz, Ulrike; Kreuz, Anja)
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA)
(Dr. Hippauf, Frank)
Sanddorn e. V. (PD Dr. Mörsel, Jörg-Thomas; Wähling, Axel)
Julius Kühn–Institut, Institut für biologischen Pflanzenschutz (Dr. Stephan, Dietrich)

Projektlaufzeit: 09.08.2018 – 31.01.2023
Budget: 1.254.219,72 €
Datum: 24.04.2023
Autoren: Operationelle Gruppe (OG)



Inhalt

1 Kurzfassung in deutscher Sprache.....	4
2 Kurzfassung in englischer Sprache	5
3 Situation zu Projektbeginn	6
3.1 Ausgangssituation	6
3.2 Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens.....	7
4 Projektverlauf	8
5 Projektergebnisse.....	9
5.1 Ergebnisse.....	9
5.2 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	21
5.3 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Zielen	28
5.4 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	28
5.5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	29
5.6 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und weiterführende Fragestellungen ...	30
6 Zusammenarbeit der Operationellen Gruppe.....	32
7 Kommunikations- und Disseminationskonzept.....	33
8 Anhang.....	34
8.1 Verwendung der Zuwendung	34
8.2 Nutzung des Innovationsdienstleisters (IDL).....	34
8.3 Nachweis der Veröffentlichungen.....	35
8.4 Practice abstracts	35
8.5 Textvorlagen für ein Praxisblatt	36
Abkürzungsverzeichnis	39
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	40



1 Kurzfassung in deutscher Sprache

Seit 2013 wurde in einzelnen Sanddorn-Anbaulagen in Brandenburg eine erhebliche Schadwirkung der Sanddornfruchtfliege *Rhagoletis batava* HER. festgestellt, die zum Teil zu hohen Ertragsverlusten führte. In den folgenden Jahren wurde länderübergreifend daran gearbeitet, das Ausmaß der Problematik genau zu erfassen und geeignete Gegenmaßnahmen zu finden. Daraus entstand in einem *bottom-up*-Ansatz zusammen mit den Sanddorn-Produzenten die Vorstellung, eine modulbasierte nicht-chemische Bekämpfungsstrategie gegen die Sanddornfruchtfliege zu entwickeln, die passgenau auf die jeweiligen (unterschiedlichen) Betriebssituationen zugeschnitten wäre. Das EIP-finanzierte Projekt MoPlaSa konnte 2018 seine Arbeit aufnehmen und die verschiedenen Module innerhalb der Strategie experimentell bearbeiten.

Es gab folgende Untersuchungsfelder: Untersuchungen zur Biologie der Fruchtfliege, Einsatz von verschiedenen Fallen zum Monitoring von Schlupfzeitraum und Flugverlauf, Methoden der Bodenbearbeitung und der Verwendung von Bodenbarrieren, der Einsatz von Mikro- (entomopathogene Pilze, *Bacillus thuringiensis*) und Makroorganismen (Nematoden) sowie weitere Ansätze wie die Nutzung von Hühnern zur Reduktion der Fliegenpuppen im Boden sowie Sorteneffekte (variiierende Anfälligkeiten) und die Erfassung des Auftretens von natürlichen Gegenspielern.

Kernergebnisse waren: gelbe Leimtafeln sowie Wespenfallen, beides in Kombination mit Ammoniumsalz-Ködern, sind sehr gut geeignet, den Schlupfbeginn und die Flugaktivitäten der Fliegen im Jahr zu erfassen und den Zeitpunkt geeigneter Gegenmaßnahmen zu bestimmen. Wichtige Erkenntnisse zur Biologie des Schädlings sowie der bedeutenden Rolle natürlicher Gegenspieler (Schlupfwespen) konnten gewonnen werden und werden den Sanddornproduzenten die Kontrolle der Fruchtfliegenpopulation erleichtern. Ein bedeutsamer Aspekt ist die Sortenwahl bzw. spezifische Pflanzmuster in der Anlage, hier wurden zu unterschiedlichen Sorten-Anfälligkeiten und deren Ursachen wichtige Erkenntnisse gewonnen. Weitere Module konnten keine verlässlichen Ergebnisse erzielen und können daher (noch) nicht zur Anwendung in den Betrieben empfohlen werden.



2 Kurzfassung in englischer Sprache

Since 2013, a considerable damaging effect of the sea buckthorn fruit fly *Rhagoletis batava* HER. has been detected in individual sea buckthorn cultivation sites in Brandenburg, which in some cases led to high yield losses. In the following years, cross-state work was carried out to precisely record the extent of the problem and to find suitable countermeasures. This resulted in a bottom-up approach together with sea buckthorn producers to develop a module-based non-chemical control strategy against the sea buckthorn fruit fly, which would be tailored precisely to the respective (different) farm situations. The EIP-funded project MoPlaSa was able to start its work in 2018 and experimentally work on the different modules within the strategy.

There were the following fields of investigation: studies on fruit fly biology, use of various traps to monitor hatching period and flight progress, tillage methods and soil barriers, the use of micro- (entomopathogenic fungi, *Bacillus thuringiensis*) and macro- (nematodes) organisms, and other approaches such as the use of chickens to reduce fly pupae in the soil, as well as cultivar effects (varying susceptibilities) and monitoring of the occurrence of beneficial insects.

Core results were: yellow glue boards as well as wasp traps, both in combination with ammonium salt baits, are very well suited to detect the onset of hatching and flight activity of the flies in the year and to determine the time of suitable countermeasures. Important knowledge about the biology of the pest as well as the important role of natural antagonists (parasitic wasps) could be gained and will help sea buckthorn producers to control the fruit fly population. An important aspect is the choice of cultivars or specific planting patterns in the plant, here important knowledge was gained on different susceptibilities and their causes. Further modules could not achieve reliable results and can therefore not (yet) be recommended for application in the farms.



3 Situation zu Projektbeginn

3.1 Ausgangssituation

Seit 2013 wurde in einzelnen Sanddorn-Anbaulagen Brandenburgs eine deutliche Ertragsreduktion durch die Schadwirkung der Sanddornfruchtfliege sichtbar. Ertragsverluste beliefen sich in den Folgejahren sortenspezifisch auf bis über 80 %. Hohe Verluste traten von einem Jahr zum anderen plötzlich auf. Dazu die Aussage eines Anbauers 2017: “Der Befall in einer Anlage war so stark, dass wir nicht geerntet haben.” Es wurden Totalausfälle gesamter Anlagen verzeichnet. Sanddorn war zu diesem Zeitpunkt die Obstart mit der drittgrößten Anbaufläche in Brandenburg (370 ha, 2017). Die Bedeutung des Sanddorns war und ist hoch, da er als wichtige brandenburgische Regionalmarke angesehen wird. Der Gesundheitswert, der sichere Absatz, die hohen Erlöse, die gute Wüchsigkeit der Kultur auf leichten Böden sowie die vielfältigen Verwertungsmöglichkeiten sind für Anbauer besonders attraktiv. Dadurch war zum Zeitpunkt der ersten Befallsmeldungen bereits eine **Wertschöpfungskette in Brandenburg** etabliert, die von Anbau über Verarbeitung und Verkauf bis hin zum Tourismus reichte.

Der Schädling war auch international von Bedeutung. Auch hier wurde ebenfalls regelmäßig von Ernteverlusten über 60 % bis zu 100 % berichtet. Daher wurde die Sanddornfruchtfliege als “Hauptschädling” des Sanddorns bezeichnet.

Aus der allgemeinen Lage wurde dringender Handlungsbedarf für Brandenburg und andere Sanddornproduzierende Regionen formuliert. Aus diesem Grund bildete sich ab 2014/2015 eine Task-Force Sanddorn. Das Ziel bestand darin, eine interdisziplinäre Vernetzung von Anbauern, Wissenschaftlern, Beratern und weiteren Akteuren zu erreichen, um eine schnelle Hilfestellung zu ermöglichen. Es organisierten sich dabei private Forschungsunternehmen und öffentliche Forschungseinrichtungen, Baumschulen, Beratungsunternehmen, Behörden der Bundesländer, eine Dachorganisation, Anbau- sowie Weiterverarbeitungsbetriebe.

Aus der frühzeitigen Zusammenarbeit ließen sich wichtige Erkenntnisse ableiten:

- keine Erfahrungen mit der **Übertragbarkeit** vorhandener Bekämpfungsstrategien
- unzureichende **Zulassungssituation**
- **90 % ökologisch bewirtschaftete Sanddorn-Flächen** in Brandenburg → Umstellung in integrierte Produktion ist nicht rentabel, da daraus eine mangelnde Kostendeckung resultiert
- die **Biologie der Fliege** → erschwerte Bekämpfung, Einzelmaßnahmen werden daher als nicht ausreichend angesehen
- **unterschiedliche Produktions-/Anbaubedingungen** in den einzelnen Betrieben
- eine **Gesamtstrategie** war nicht vorhanden



3.2 Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens

Ziele des Innovationsprojektes waren:

- auf den Bedarf und die Anwendung durch die Anbauer fokussierte Entwicklung eines Bekämpfungskonzeptes, das verschiedene **nichtchemische Einzelmaßnahmen (Module)** erfolgreich zu einer **Gesamtstrategie im Baukastenprinzip** verbindet
- Definition von **Schadsschwellenwerten/Bekämpfungsrichtwerten**
- **Übertragung erfolgreicher Module** auf die Bekämpfung weiterer schädigender Fruchtfliegenarten

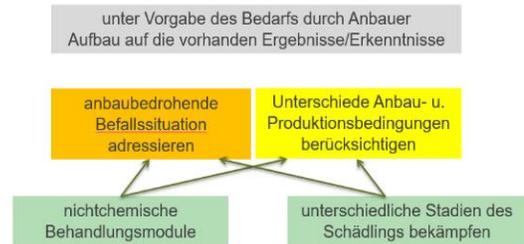


Abb. 1: Aufgaben und Ziele des MoPlaSa-Projektes

Durch diese Aufgaben- und Zielstellung sollte letztendlich die **Sicherung des Sanddornanbaus** in Brandenburg und den anderen deutschen Anbaugebieten ermöglicht werden.

Zur Gesamtstrategie war die Bearbeitung folgender Einzelmodule bei den unterschiedlichen Projektteilnehmern vorgesehen (Tab. 1):

Tab. 1: Einzelmodule und beteiligte Partner

Modul	Entwicklungsstadien	Partner
Fallen (A)	-Adulte	Betriebe, ZALF, HU, PSD, LFA
Mechanische Bodenbearbeitung (B)	-Puppen	Betriebe, HU
Barrieren (C)	-schlüpfende Fliegen und abwandernde Altlarven	Betriebe, Geotextil (Neisser Geoprodukte), HU
Mikroorganismen (D)	-verschiedene Stadien	Betriebe, ZALF
Makroorganismen (E)	-schlüpfende Fliegen und abwandernde Altlarven	Betriebe, ZALF, HU, e-nema, PSD, LFA
Sonstiges (F)	-verschiedene Stadien	Betriebe, ZALF, HU, LFA, PSD



4 Projektverlauf

Der vorgesehene Zeitablauf bzw. die Bearbeitung der entsprechenden Arbeitspakete ließen sich während des Projektverlaufes nicht wie geplant realisieren. Regelmäßige, z. T. kurzfristige Anpassungen waren notwendig.

So musste die getrennte Bearbeitung der Module über die gesamte Projektlaufzeit aufrechterhalten werden. Die Erprobung der Modulkombinationen konnte deswegen auch nur in einem geringeren Umfang erfolgen. Zudem waren Anwendungen in großen Feldversuchen die Ausnahme.

Folgende Probleme traten auf:

1. Die **Biologie des Schädlings** erlaubte es nicht, während der Projektlaufzeit alle Versuche nach wissenschaftlich-statistischen Grundsätzen durchzuführen. Standardisierungen waren nicht immer erreichbar, da mengenmäßig nicht ausreichend Versuchsmaterial zur Verfügung stand bzw. dieses nicht homogenisierbar war.
2. Bereits kurz nach Projektbeginn trat als weiteres, neues Problem der Kultur Sanddorn das **Sanddornsterben** auf. Über die Projektlaufzeit waren alle sanddornanbauenden Projektpartner davon mehr oder weniger stark betroffen. Dies führte zum Totalausfall verschiedener Sanddornanlagen. Diese standen dem Projekt dann nicht mehr für die Versuchsanstellung zur Verfügung. Hier lag auch der Grund für den vorzeitigen Ausstieg des Praxispartners Gut Schmerwitz aus dem Projekt.
3. Durch die **Corona-Pandemie** wurden Arbeits- und Beschaffungsflüsse unterbrochen und verzögert. Dabei hatte der Lockdown im Frühjahr 2020 besonders starke Auswirkung auf das Projekt, da sich die Sanddornfruchtfliege nur in einer Generation im Jahr entwickelt und im Frühjahr die Versuchsvorbereitungen durchgeführt werden müssen. In dieser Zeit griffen Home-Office-Regelungen und Dienstreisverbote, die Labor- und Feldversuche z. T. erheblich erschwerten bzw. unmöglich machten.

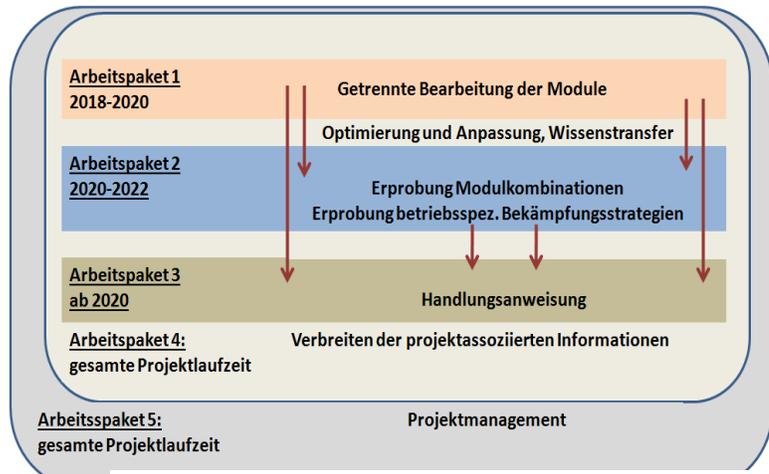


Abb. 2: Arbeitspakete und Umsetzungszeiträume



5 Projektergebnisse

5.1 Ergebnisse

Die Untersuchungen sind zunächst in Einzelmodulversuchen und später auch in Kombinationsversuchen erfolgt.

Modul Biologie

Zum Antragszeitpunkt und Projektbeginn existierten nur ungenügende Angaben zur Biologie der Sanddornfruchtfliege (SandFF). Zudem war unklar, ob sich die Angaben der Literaturquellen aus dem asiatischen Raum auf die biologischen Parameter der Populationen in Deutschland übertragen ließen. Die grundlegende Bedeutung des umfassenden Verständnisses der Biologie wurde bereits mit den ersten Ergebnissen zur Puppensuche (Herbst 2018) sichtbar. Dies hatte höchste Priorität, da die Uneinheitlichkeit des Puppenmaterials und die fehlenden Informationen zum Schlupf der Fliegen, der Überliegerrate (= Schlupf erst im Folgejahr) und der Temperatur-Entwicklungsschwelle Auswirkungen auf die Standardisierung der Versuche in allen anderen Modulen hatte. Deswegen wurden große Anstrengungen auf diesen Bereich gelegt.

Trotz vieler Ergebnisse ist es nach wie vor schwierig, das Puppenmaterial zu standardisieren und verlässliche Versuchsbedingungen zu schaffen. Das liegt unter anderem an der Parasitierung mit unterschiedlichen Schlupfwespenarten, die eine optische Trennung (Farbe) nach parasitierten, unparasitierten und vertrockneten Puppen nicht sicher möglich macht. Zudem liegt die Schlupfrate bei hellen Puppen im Schnitt nur bei 50 % (Freiland) bzw. bei 70 % (im Laborversuch), wobei ein nicht kalkulierbarer Anteil von Überliegerpuppen auftritt. Die Versuchsanstellung des Pflanzenschutzdienstes Brandenburg (PSD) bezüglich der Überliegerrate kann erst im Jahr 2023 abgeschlossen werden. Ergebnisse des ZALF deuten darauf hin, dass die Überliegerrate zwischen 25 und 50 % betragen kann.

Von Interesse sind beobachtete Unterschiede in der Larvalentwicklung des Schädlings in Abhängigkeit von der Sanddornsorte. Welcher Zusammenhang zwischen Larvalentwicklung, äußeren Eiablagereizen an der Pflanze bzw. Inhaltsstoffen der Frucht besteht, ist ebenfalls ein Forschungsbereich, der aufgrund der Fragestellung und des Umfangs einem eigenen Grundlagenprojekt vorbehalten bleiben muss.

Das Erstauftreten der SandFF im Jahr schwankt in Brandenburg von Anfang Juni bis Anfang Juli (Daten PSD 2014 bis 2018) und weist damit eine große Zeitspanne auf. Während der Projektlaufzeit lag der Schlupfbeginn der Fliegen zwischen dem 08.06. (PSD, 2022) und dem 21.06. (PSD, 2021). An schattigen Standorten mit dicht bewachsenem Boden begann der Schlupf jeweils etwa eine Woche später. Die ersten 3 (bis 6) Wochen nach Schlupfbeginn sind relevant für eine Bekämpfung der Fliegen, da danach kein



weiterer Neuschlupf mehr stattfindet. Im Jahr 2022 wurde durch den Pflanzenschutzdienst Brandenburg mittels Großkäfigen nochmals der Schlupfzeitraum der Sanddornfliege aus dem Boden ermittelt und dabei zudem festgestellt, dass der Schlupfbeginn zwei Tage vor dem registrierten Erstfang an der Falle im Freiland lag.

Um den Zeitpunkt des Schlupfbeginns (und damit auch den Beginn einer möglichen Bekämpfung der Fliegen) einzugrenzen, wurden in mehreren Jahren zusätzlich Laborversuche durchgeführt. Nach Auswertung der Versuche zum Schlupf bei unterschiedlichen Temperaturen und dem Abgleich dieser Ergebnisse mit phänologischen und Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes musste festgestellt werden, dass offenbar weitere Faktoren die Entwicklung der Fliege während der Puppenruhe beeinflussen. Die dafür notwendigen Grundlagenuntersuchungen waren im Rahmen des MoPlaSa-Projektes nicht durchführbar.

Der gesamte Flugzeitraum der SandFF erstreckte sich durchschnittlich über 10 bis 11 Wochen, wobei der Flughöhepunkt – auch witterungsabhängig – innerhalb von 2 bis 3 Wochen nach Flugbeginn erreicht wurde. In mehreren Jahren (2020, 2022) kam es witterungsbedingt zu einem zweiten Anstieg im Flugverlauf zum Ende des Schlupfzeitraumes.

Interessant ist die Beobachtung einer Hotspot-Bildung im Zusammenhang mit Absterbeerscheinungen benachbarter Sanddornsträucher. Dies wurde auf den Flächen der Humboldt-Universität im Jahr 2021 sowie auch in Schenkenberg (Havelfrucht GmbH, 2018 u. Folgejahre) festgestellt. Auffallend war eine differierende Anfälligkeit der Sorten gegenüber der SandFF, wobei die grundsätzliche Disposition der einzelnen Sorten stabil blieb (s. auch Modul F, Sorten).

Die Anzahl gefangener Fruchtfliegen und die für Versuche nutzbaren Puppen waren über die Projektzeit starken Schwankungen unterworfen.

Modul A – Fallen

Der PSD hat im Rahmen des Projekts an drei Standorten im Raum Frankfurt (Oder) verschiedene Fallentypen zur Überwachung des Flugverlaufs der SandFF getestet. Geprüft wurden die bereits in der Praxis standardmäßig zur Überwachung von *Rhagoletis*-Arten genutzte Rebell Kreuzleimtafel amarillo (gelb) solo (alle Jahre) mit und ohne Bestückung mit Csalomon Kairomon, die Bayer Decis Trap original (2019-2021) und mit Csalomon Kairomon (2019-2021), die Neudorff-Wespenfalle mit Csalomon Kairomon (2019, 2020), die Dr. Stähler Kirschfruchtfliegenfalle mit Csalomon Kairomon (2019) und zusätzlich einer Apfelessig-Rotwein-Mischung als Lockmittel (2019) sowie eine transparente Leimtafel mit Csalomon Kairomon (2019, 2020).



Der Fallentyp Rebell Kreuzleimtafel amarillo in Kombination mit dem Csalomon Kairomon erwies sich in allen Jahren als die fängigste Variante. Das Csalomon Kairomon erhöhte zumeist die Attraktivität einer Falle, allerdings wird so auch die Auswertung aufwändiger. Ob dies für die Praxis relevant ist, muss diskutiert werden.

Die vom ZALF durchgeführten Versuche zum Modul A (Fallen) zeigten im Vergleich verschiedener Fallentypen, dass bei Leimtafeln (gelb, transparent) sowie Wespenfallen (Neudorff, gelb) die Fangzahlen der SandFF am höchsten waren, vor allem in Kombination mit dem kommerziellen Kairomon Csalomon. Die Beifänge waren auf den Leimtafeln deutlich höher als in den Wespenfallen. Ein Ersatz des kommerziellen Köders durch selbst hergestellte Ammoniumsalköder resultierte in einem dem Csalomon vergleichbaren oder sogar besseren Fangergebnis (siehe Abb. 3). Die Köderwirkung hielt über mindestens vier Wochen an, ein Ködertauch im Flugzeitraum führte nur zu geringen Erhöhungen der Fangzahl. Die Köder scheinen zudem die Menge an Beifang zu reduzieren.

Weißer und grüne Wespenfallen fingen zwar zwischen 30 und 40 % weniger SandFF als die gelben Fallen, jedoch war auch der Beifang bei den alternativen Fallenfarben deutlich (um 19,4 % bei weiß und um 26,9 % bei grün) geringer als bei gelb. Auch die Zahl gefangener Schlupfwespen (potentielle Gegenspieler der SandFF) war in den grünen und weißen Fallen um bis zu 75 % gegenüber den gelben Fallen reduziert, für die bei der Parasitierung der SandFF relevanten Arten zeigten sich aber (auch aufgrund sehr geringer Fangzahlen) nur geringe Unterschiede.

Eine Zugabe von 10 % Propylenglycol zur Fangflüssigkeit in den Wespenfallen führte zu einer geringeren Verdunstung der Flüssigkeit¹.

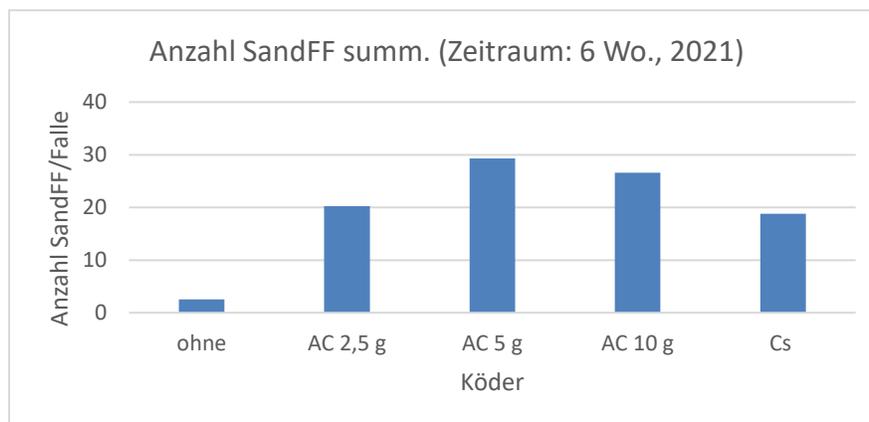


Abb. 3: Vergleich der Fangwirkung von Neudorff-Wespenfallen auf SandFF - ohne Köder, mit Amoniumcarbonat (2,5 g, 5 g, 10 g pro Köderbeutel) sowie mit Csalomon in einer Sanddornanlage der Havelfrucht GmbH in Glindow (Telegrafenberg), 2021

¹ Trapping Guidelines for area-wide fruit fly programmes, 2003, S. 16 ([Trapping Guideline for Area-Wide Fruit Fly Programmes | IAEA](#))



Modul B – Bodenbearbeitung

Der Versuch, mittels eines Kreiselmulchers in den Boden eingebrachte Puppen nachhaltig zu schädigen und damit die Entwicklung zur adulten Fliege zu verhindern, erfolgte bei der Havelfrucht GmbH unter Freilandbedingungen. Die Ergebnisse waren jedoch aufgrund suboptimaler Versuchsbedingungen nicht aussagekräftig.

Modul C – Bodenabdeckung

Bodenabdeckungen

Bei Abgrabungen des Bodens unter stark befallenen Sanddornsträuchern wurden in den Versuchsjahren unter Mypex-Bändchengewebe weniger Puppen der SandFF gefunden. Die Effektivität von Bodenabdeckungen gegen das Einbohren von Larven wurde in einem Versuch mit über verschiedenen langen Mypex-Streifen aufgehängten Sanddornzweigen getestet. Dabei zeigte sich, dass sich Larven der SandFF aus den Früchten auf das Mypex-Gewebe fallen lassen und sich auf der Unterlage bis zu 80 cm jenseits der aufgehängten Zweige bewegen und sich dort verpuppen können. In 100 cm Entfernung wurden dagegen keine Puppen mehr gefunden.

Bodensuspensionen

In mehreren Untersuchungen in Labor-, Semi-Freiland- und Freilandversuchen wurde eine Schlupfreduktion der SandFF durch das Aufbringen einer temporären Bodenabdeckung auf Holzfaser- bzw. Zellulosebasis mit verschiedenen Zuschlagstoffen untersucht. Aufgrund unvollständiger Kenntnisse zur Biologie der SandFF und ihrer Gegenspieler und suboptimaler Versuchsbedingungen konnte eine Reduktion nicht signifikant nachgewiesen werden. Auch zeigte sich, dass durch Witterungseinflüsse und Unkrautwuchs die aufgebrachte Suspension eine homogene und vollständige Bodenabdeckung über den gesamten Schlupfzeitraum der SandFF nicht gewährleistete.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Voraussetzungen für den Einsatz der verwendeten Bodensuspension (Vorliegen ökozertifizierbarer Zuschlagstoffe) in Bio-Betrieben der OG-Partner nicht erfüllt werden konnten.



Modul D – Mikroorganismen

Entomopathogene Pilze

Der Nachweis einer Wirkung von entomopathogenen Pilzen nach Bodenapplikationen ist über die Verkürzung der Lebensdauer adulter SandFF (2020) sowie die Verpilzung toter SandFF (2020, 2021, 2022) unter kontrollierten Bedingungen im Labor (Klimaschrank) eindeutig erfolgt. Jedoch gelang es während der Projektlaufzeit nicht, ein erfolgreiches Anwendungsverfahren im Freiland zu etablieren, da der Bekämpfungszeitraum der SandFF im Sommer liegt und daher die Versuche unter für die Pilze besonders ungünstigen Umweltbedingungen (Hitze, Trockenheit, UV-Strahlung) stattfanden. Die infektiösen Pilzsporen werden in hohem Maße von Umweltfaktoren beeinflusst und bedürfen daher eines besonderen Schutzes bei der Ausbringung.

Bacillus thuringiensis

Bei Verabreichung des Bakteriums in der für Dipteren zugelassenen Dosierung konnte in mehreren Laborversuchen keine pflanzenschutzrelevante Wirkung nachgewiesen werden.

Modul E – Makroorganismen

Nematoden

Die Effektivität des Einsatzes von Nematoden zur Schlupfreduktion der SandFF wurde in Labor-, Semi-Freiland-, Freilandversuchen und in der Sanddornanlage (HU-Berlin) untersucht. Insgesamt wurden weniger Fliegenfänge in den mit Nematoden behandelten Varianten registriert, allerdings wurden zum Teil extrem niedrige Schlupfraten aus den für die Versuche im Freiland gewonnenen Puppen festgestellt. Daher war eine Effektivität der Nematoden bei der Bekämpfung der SandFF nicht signifikant nachweisbar.

Parasitoide

Während der Projektlaufzeit wurden drei Parasitoide der SandFF gefunden, von denen zumindest eine Art nachweislich die Population der SandFF reduzierte.

Die Arten gehören zu den Schlupfwespen und den Erzwespen. Zwei der drei Arten konnten mit Hilfe der Diagnostik des Pflanzenschutzdienstes Brandenburg (LELF, Hr. Jörg Schaller) eindeutig identifiziert werden. Es handelt sich um *Psytalia carinata* (Thomson, 1895) (Braconidae = Brackwespen; Larvenparasitoid) sowie *Phygadeuon wiesmanni* (Sachtleben, 1934) (Ichneumonidae = Echte Schlupfwespen; Puppenparasitoid), zwei heimische Schlupfwespen-Arten. Die Parasitierung ist – zumindest im Fall der Braconidae – sehr gut an einer dunklen Puppenfarbe zu erkennen (wobei sich auch vertrocknete SandFF-Puppen dunkel färben), während die durch *P. wiesmanni* parasitierten Puppen heller bleiben und weniger gut von den vitalen SandFF-Puppen zu unterscheiden sind (Abb. 4). Dies ist ein Grund für die schwierige Homogenisierung der SandFF in den Versuchsansätzen.



Bei der dritten Art handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um die zur Überfamilie der Erzwespen(Chalcidoidea) gehörende *Pachycrepoideus vindemmia* (Rondani, 1875) (Pteromalidae; Puppenparasitoid). Diese Art wurde nach offener Lagerung der SandFF-Puppen gefunden. Ob und in welchem Umfang eine Belegung der Puppen unter natürlichen Bedingungen erfolgt, ist unklar.



Abb. 4: Aus SandFF-Puppen geschlüpfte Parasitoide (2021): li. *Psyttalia carinata* (dunkle Puppe mit abgesprengtem Deckel), mi. *Phygadeuon wiesmanni* (hellere Puppe mit Ausbohrloch), re. *Pachycrepoideus vindemmiae* (rote Pfeile = Schlupföffnungen der Parasitoiden)

Während der Projektlaufzeit stieg der Anteil dunkler SandFF-Puppen an den für Versuchszwecke eingetragenen Puppen z. T. stark an auf bis zu 90 % (auch herkunftabhängig). In den Laborversuchen schlüpften aus diesen dunklen Puppen zu einem hohen Anteil (> 80 %) Brackwespen.

Im Großkäfigversuch des PSD im Jahr 2022 konnte zum Ende des Schlupfzeitraumes und bis fünf Wochen danach vermehrt die Brackwespe *P. carinata* beobachtet werden. Das Verhältnis Brackwespe zu SandFF betrug in diesem Jahr auf der Käfigfläche etwa 1:11.

Ein Laborversuch am ZALF zu möglichen Nebenwirkungen von regelmäßig gegen die SandFF eingesetzten Pflanzenschutzmitteln auf die Schlupfwespen (Braconidae) zeigte, dass alle drei getesteten Präparate Mospilan, Spruzit und SpinTor die Mortalität der Nützlinge im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle stark erhöhten. Dabei wies SpinTor den stärksten negativen Effekt auf, während Spruzit zunächst nur mäßig toxisch zu wirken schien (siehe Abb. 5) und die Schlupfwespen eher physikalisch beeinträchtigte (Verkleben durch ölige Rückstände).

Die Anwendung des Pilzes *Beauveria bassiana* bzw. der Nematoden *Steinernema carpocapsae* und *St. feltiae* (SC u. SF), jeweils als Bodenapplikation, zeigte eine moderate Beeinträchtigung der Antagonisten, die sich aus einer höheren Mortalität als in der unbehandelten Kontrolle und auch aus der nachfolgend festgestellten Verpilzung der toten Schlupfwespen ableiten ließ.



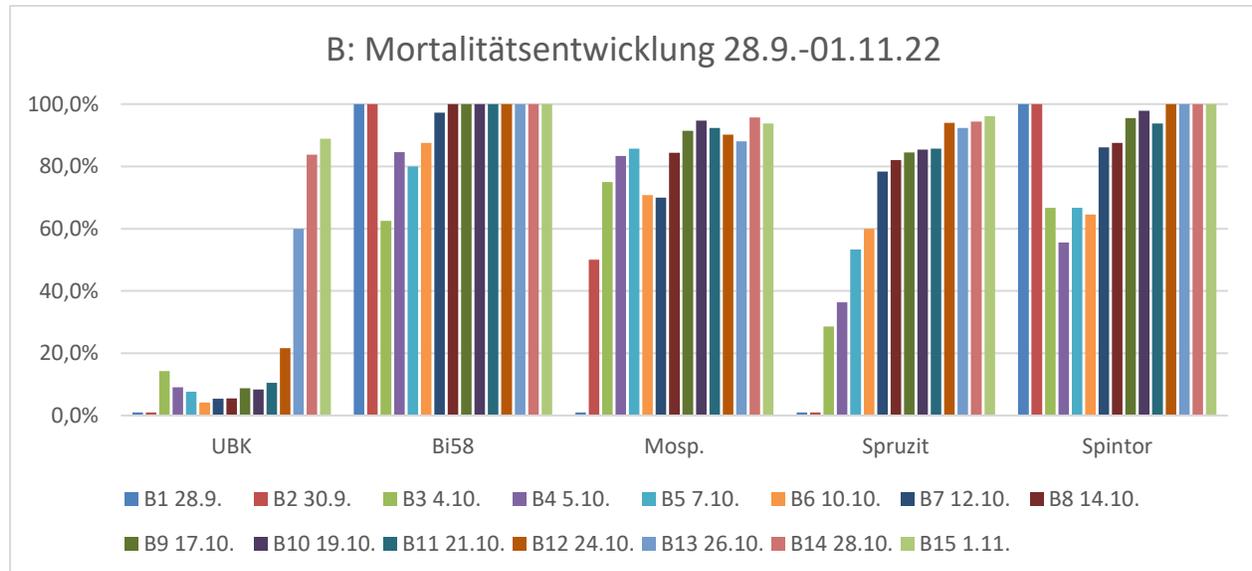


Abb. 5: Entwicklung der Mortalität von Schlupfwespen (*Psytalia carinata*, Braconidae) nach Kontakt mit den Pflanzenschutzmitteln Bi58 (Lamba-Cyhalothrin; toxische Kontrolle) sowie Mospilan (Acetamiprid), Spruzit (Naturpyrethrum + Rapsöl) und SpinTor (Spinosad) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (UBK)



Modul F – Sonstiges

Hühner

Es ist bekannt, dass Hühner Fliegenpuppen aus dem Boden als Nahrungsquelle nutzen². Daher wurde im Jahr 2020 in der Versuchsanlage Ziemensstraße (Bio Hof Glindow GbR), in der zu diesem Zeitpunkt auf einer Teilfläche mobile Hühnerhaltung durchgeführt wurde, ein Rasterversuch mit PAL-Fallen (transparente Leimtafeln) in Kombination mit Csalomon-Ködern angelegt, um den möglichen Einfluss der Hühnerhaltung auf die Abundanz der SandFF zu erfassen. Zunächst zeigte sich ein Unterschied in den Fangzahlen, der auf einen reduzierenden Einfluss der Hühner auf die SandFF-Population hindeutete; dieser Unterschied konnte aber im Verlauf der Auswertungen nicht eindeutig vom geografischen Faktor (Zuflugrichtung der SandFF) separiert werden.

Sorten

Es zeigte sich in den Versuchsjahren, dass die Sorten unterschiedlich stark von der SandFF befallen werden, mit einer Befallsrate der Sträucher bis zu 100 %. Um die individuelle Befallsstärke zu dokumentieren und auch die möglichen Gründe für die Sortenpräferenz zu ermitteln, wurden verschiedene Testverfahren durchgeführt, die die Eigenschaften der Sanddornsorten näher beleuchteten.

Sortenpräferenz

Das Austreiben von SandFF-Larven durch Tauchen von Früchten, das Abfangen von Larven aus Zweigen und auch die optische Beurteilung des Befalls der Sträucher zeigten überwiegend übereinstimmende Ergebnisse bezüglich der Sortenpräferenz. Es konnten zeitliche und mengenmäßige Unterschiede in der Befallsintensität festgestellt werden. Grundsätzlich verringerte sich der Befall der Anlage in Dahlem (HU-Berlin, Schema s. S. 41) innerhalb der Projektlaufzeit. Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich bezüglich der Sortenpräferenz der SandFF z. T. sehr deutliche Unterschiede erkennen: Befall bis max. 100 % = 'Sirola'; Befall bis max. 90 % = 'Leikora', 'Habego'; Befall bis max. 70% = 'Askola', 'Klon'; Befall bis max. 10 % = 'Rori', 'Dora', 'Hergo'.

Sortenunterschiede

Um die Gründe für die unterschiedliche Sortenpräferenz zu ermitteln, wurden umfangreiche Untersuchungen der Früchte hinsichtlich der Phänologie, Morphologie und der Inhaltsstoffe durchgeführt.

² Alston, D. et al. (2015): Walnut Husk Fly – Utah State University Fact Sheet.

https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1979&context=extension_curall/980



A) Phänologie

- Um die zeitliche Entwicklung der Sorten aufzunehmen, wurden die Fruchtstadien mittels Fotografie und wöchentlicher Protokolle zum Farbumschlag und der Beschilferung (Besatz der Fruchthaut mit Sternhärchen) dokumentiert und bewertet (s. Tab. 2).

Tab. 2: Zeitliche Reihenfolge des Eintritts des Farbumschlags, der Ablösung der Beschilferung und der Erntereife der Sanddornsorten (Rotabstufungen stellen Befallsintensität dar: bis max. 100 % = rot, bis max. 90 % = dunkles Orange, bis max. 70 % = helles Orange; Befall bis max. 10 % = grün)

Entwicklungsstadien der Sorten in der chronologischen Reihenfolge (gemittelt aus den Daten der Versuchsjahre)					
Farbumschlag		Beschilferung völlig abgelöst		Erntereife	
Sorte	Datum	Sorte	Datum	Sorte	Datum
Sirola	08.07.	Sirola	25.07.	Sirola	02.08.
Klon	15.07.	Klon	08.08.	Klon	24.08.
Dora	15.07.	Rori	08.08.	Askola	24.08.
Rori	15.07.	Dora	08.08.	Hergo	24.08.
Habego	22.07.	Habego	08.08.	Habego	24.08.
Askola	22.07.	Askola	15.08.	Leikora	31.08.
Hergo	22.07.	Hergo	15.08.	Rori	15.09.
Leikora	29.07.	Leikora	21.08.	Dora	15.09.

Die Ergebnisse zeigen ein zeitlich unterschiedliches Erreichen von Entwicklungsstadien (BBCH) der Sorten. Mit den durchgeführten Versuchen war jedoch kein eindeutiger Einfluss der Reifezeit der Sorten auf die Präferenz der SandFF ableitbar.



B) Morphologie

Um die Morphologie der Früchte der Sorten miteinander zu vergleichen, wurden in den Versuchsjahren Größen- und Gewichtsmessungen bei Erntereife und zudem während der Flugphase der SandFF die Schalenfestigkeit der Sorten, d. h. die für das Einstechen in die Frucht benötigte Kraft (F_{max}), mittels eines bei dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Potsdam bereitgestellten Texturprüfgeräts (Texture Analyzer TA.XT.plus, Stable Micro Systems) gemessen (s. Tab. 3).

Tab. 3: Vergleich der Fruchtgröße und des Fruchtgewichts erntereifer Früchte sowie der durchschnittlichen erforderlichen Maximalkraft zur Penetration der Fruchthaut der 8 Sanddornsorten während der Flugzeit der SandFF (Rotabstufungen stellen Befallsintensität dar: bis max. 100 % = rot, bis max. 90 % = dunkles Orange, bis max. 70 % = helles Orange; Befall bis max. 10 % = grün)

Fruchtmorphologie der Sorten (absteigend sortiert nach Größe der durchschnittlichen Messwerte)						
Maximale Fruchtgröße (Breite x Höhe)			Erntegewicht (100 Früchte)		Schalenfestigkeit (F_{max}) während des Flugs der SandFF (Mitte Juni- Anfang August)	
Sorte	mm	Datum	Sorte	g	Sorte	N
Leikora	9.3 x 13.2	31.08.	Klon	48.58	Hergo	0.800
Habego	8.8 x 11.8	24.08.	Leikora	45.06	Dora	0.555
Klon	8.8 x 11.5	24.08.	Sirola	36.38	Askola	0.422
Sirola	8.5 x 11.5	02.08.	Habego	32.465	Leikora	0.418
Rori	8.3 x 10.0	15.09.	Rori	31.99	Habego	0.412
Askola	7.3 x 9.3	24.08.	Askola	23.7	Klon	0.397
Dora	7.7 x 8.8	15.09.	Dora	22.8	Rori	0.346
Hergo	6.0 x 8.0	24.08.	Hergo	22.3	Sirola	0.344

Die Messungen bezüglich der Morphologie der Sorten geben, mit Ausnahme von 'Rori', Hinweise auf eine erhöhte Anfälligkeit von Sanddornsorten mit tendenziell größeren und weichschaligen Früchten gegenüber der SandFF.



C) Inhaltsstoffe

Um Anhaltspunkte bezüglich des Einflusses von Inhaltsstoffen der Sanddornsorten auf die Präferenz der SandFF zu erhalten, wurden in den Versuchsjahren Messungen zum Ascorbinsäure- und Zuckergehalt der Sanddornsorten durchgeführt. Dabei wurden sowohl unreife Früchte während der Flugzeit der SandFF als auch erntereife Früchte beprobt. Die mengenmäßige Reihenfolge der Sorten ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Vergleich des durchschnittlichen Gehalts an Ascorbinsäure und Zucker zur Zeit des Flugs der SandFF und bei Erntereife der Früchte der Sanddornsorten (Rotabstufungen stellen Befallsintensität dar: bis max. 100 % = rot, bis max. 90 % = dunkles Orange, bis max. 70 % = helles Orange; Befall bis max. 10 % = grün)

Durchschnittliche Menge gemessener Inhaltsstoffe (absteigend sortiert nach Größe der Messwerte)							
Ascorbinsäure				Zucker			
Flugzeit		Erntezeit		Flugzeit		Erntezeit	
Sorte	mg/100 g Frucht	Sorte	mg/100 g Frucht	Sorte	g/100 g Saft	Sorte	g/100 g Saft
Rori	775	Rori	520	Hergo	8.6	Askola	8.7
Leikora	359	Leikora	308	Askola	8.3	Sirola	8.4
Askola	344	Askola	255	Rori	7.9	Klon	8.4
Habego	335	Habego	235	Dora	7.8	Dora	8
Dora	285	Dora	220	Klon	7.8	Rori	7.4
Klon	285	Klon	215	Leikora	7.8	Hergo	7.3
Sirola	275	Sirola	210	Sirola	7.6	Leikora	7
Hergo	139	Hergo	175	Habego	7.3	Habego	6.7

Grundsätzlich war bei allen Sorten mit Ausnahme von 'Hergo' bei Erntereife die durchschnittliche Ascorbinsäuremenge der Früchte geringer als während der Flugzeit der SandFF, während bei den Messungen des Zuckergehaltes kein genereller Trend festgestellt werden konnte. Es gibt bezüglich der Inhaltsstoffe keinen eindeutigen Hinweis auf einen Einfluss auf die Suszeptibilität gegenüber der SandFF. Tendenziell wurden Sorten mit im Durchschnitt vergleichsweise geringerem Zuckergehalt während der Flugzeit stärker befallen.



Modulkombinationen

Um die Vorgaben des Arbeitspaketes 2 zu erfüllen, wurden einige Versuche mit Modulkombinationen durchgeführt.

Am ZALF wurde 2021 die Modulkombination A (Fallen) und D (EPP = entomopathogene Pilze) in einem *attract-&-kill*-Design getestet, wobei die als Puppen in den Boden eingebrachten SandFF durch Csalomon angelockt werden und dann an einer Infektionsquelle EPP-Sporen aufnehmen sollten. Aufgrund mehrerer, den Versuchserfolg ungünstig beeinflussender Faktoren (unkalkulierbarer Grad an Prädation in einigen Versuchsbereichen, Schädigung sowohl der SandFF-Puppen als auch der EPP durch Hitze und Trockenheit) konnten in diesem Versuch keine auswertbaren Ergebnisse generiert werden.

Weiterhin erfolgten in Kombination der Module A (Fallen) und E (Parasitoide) mehrere Versuche: 2021 wurde beim Projektpartner BGS Schneebecke ein Versuch mit Leimtafeln zur Prüfung von Fallenfarben, die Nichtzielorganismen schonen, durchgeführt. Das Ziel war, alternative, für den SandFF-Fang attraktive Farben zu finden, die auf mögliche Antagonisten eine geringere Anziehungskraft als Orange und Gelb haben. Die Farben Weiß und Grün zeigten sich als vielversprechend. In einem weiteren, 2022 durchgeführten Versuch beim Biohof Glindow mit gelben, weißen und grünen Wespenfallen fand sich eine deutliche Reduktion des Beifangs und auch der allgemeinen Schlupfwespenpopulation in den grünen und weißen Fallen, jedoch wurde hinsichtlich der SandFF-assoziierten Schlupfwespenarten nur eine sehr geringe Fangzahl erzielt, daher ist keine Aussage bezüglich unterschiedlicher Fangwirkungen der gewählten Fallenfarben auf diese beiden Schlupfwespenarten möglich.

Im Jahr 2022 wurden die Kombinationen der Module C (Bodenbedeckung, hier: Stärke), D (Mikroorganismen, hier: EPP) und E (Makroorganismen, hier: EPN) unter kontrollierten Bedingungen im Labor getestet. Dabei wurde untersucht, ob die bereits 2019 nachgewiesene Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit unter einem Stärkebelag die Umweltbedingungen für die Mikro- und Makroorganismen soweit optimiert, dass eine Erhöhung der Mortalität der SandFF zu erreichen ist. Jedoch waren im durchgeführten Versuch keine solchen Effekte feststellbar.

Bereits 2020 wurde die Kombination des Module C (Bodenbedeckung, hier Stärke + Zellulose) und E (Makroorganismen, hier: EPN) an der Humboldt-Universität in einem Semi-Freilandversuch durchgeführt. Tendenziell wurde eine Verringerung der Anzahl Fruchtliegen erzielt, wegen ungünstiger äußerer Faktoren und einer unbekanntenen Parasitierungsrate konnten jedoch keine verwertbaren Ergebnisse erzielt werden. Im Versuchsjahr 2022 sollte der Einfluss von Stärkebelägen in zwei unterschiedlichen Konzentrationen auf die Bodenfeuchte und auf Nematoden im Freiland beim Projektpartner Neisser Geoprodukte GmbH getestet werden. Während eine deutliche Erhöhung der Bodenfeuchte unter beiden Abdeckungen gemessen werden konnte, war bei Versuchsende keine Aktivität der Nematoden mehr nachweisbar.



5.2 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Modul Biologie:

Die Voraussage des Flugbeginns der SandFF war eine Forderung der Anbauer, um Bekämpfungstermine bestimmen zu können. Eine solche Prognose aufgrund von Witterungsdaten (Temperatursumme) ist jedoch nicht möglich. Auch die zusätzliche Hinzuziehung phänologischer Daten erbrachte keinen Erfolg. Es gibt offenbar noch unbekannte Faktoren, die die Entwicklung der Fliegen im Boden mit beeinflussen. Ein Monitoring der SandFF ab Ende Mai (frühestes Erstauftreten SandFF in Brandenburg im Beobachtungszeitraum seit 2014: Anfang Juni) ist daher unverzichtbar, um den Flugbeginn zu erfassen und gegebenenfalls im Flugzeitraum der Fliegen Bekämpfungsmaßnahmen einleiten zu können. Obwohl der Fliegenschlupf am Boden bereits einige Tage vor dem Erstnachweis an Fallen stattfinden kann, sollte sich die Bekämpfung der Fliegen am Erstnachweis an den Fallen orientieren und damit an dem dadurch voraussagbaren Flughöhepunkt ca. 2 Wochen später. Für den Flughöhepunkt und damit auch für die Bekämpfung scheint dabei irrelevant zu sein, ob es sich bei den schlüpfenden Fliegen um Tiere aus dem vorherigen oder um Überlieger aus dem vorvorherigen Jahr handelt. Je nach Witterungsbedingungen ist zum Ende des Schlupfzeitraumes ein zweiter Anstieg des Flugverlaufes möglich, der eine weitere Beobachtung und möglicherweise eine zweite Bekämpfungsmaßnahme erforderlich macht.

Fazit: Die lückenlose Überwachung des (Erst-)Auftretens der Fliegen in den Sanddornbeständen ist Grundvoraussetzung für die Terminisierung von Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Schädling. Dabei ist schlagspezifisch zu überwachen, da sich die Erwärmung des Bodens und damit der Schlupfbeginn abhängig von Bodeneigenschaften, Bodenbedeckung, Reihenausrichtung und Beschattungseffekt der Sträucher zeitlich differenziert entwickelt.

Modul A – Fallen:

Die von mehreren Projektpartnern durchgeführten Versuche zu den Fallenfängen der SandFF führten zu der Erkenntnis, dass sowohl gelbe Leimtafeln (Rebell amarillo) als auch flüssigkeitsgefüllte Wespenfallen, jeweils in Kombination mit einem Ammoniumsalzköder, die höchsten Fangergebnisse generierten. Weitere Aspekte wie die Menge an Beifang (auch an natürlichen Gegenspielern), der erforderliche Arbeitsaufwand sowie die Ökonomie müssen in die Abwägung mit einfließen, welche Fallen für das Monitoring im Betrieb genutzt werden sollen. Da in ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine Schonung der übrigen Insektenfauna samt Nützlingen zum Wertekanon gehört, sind hier selektiver fangende Wespenfallen trotz des höheren Aufwandes hinsichtlich der Wartung (Auffüllen Flüssigkeit) eher zu empfehlen als die Leimtafeln.



Für einen Massenfang der SandFF mit Bekämpfungseffekt sind die Fallen nicht empfehlenswert, da eine sehr große Anzahl im Bestand ausgebracht werden müsste, was einen hohen monetären und Wartungsaufwand bedeuten würde. Außerdem ist mit einem derartigen Fallensystem keine schnelle Reaktion auf schwankende Befallssituationen möglich.

Fazit: Die Überwachung des Auftretens der SandFF kann sowohl mit gelben Leimtafeln als auch mit Wespenfallen erfolgen. Die Menge an Beifang ist bei Wespenfallen geringer. Der Einsatz eines Ammoniumsalködgers erhöht den Fangerfolg wesentlich und senkt die Menge an Beifang, wobei die Nutzung von leicht selbst herzustellenden Ammoniumcarbonat-Köderbeuteln eine finanziell günstigere Alternative zu kommerziell erhältlichen Ködern darstellt.

Modul B – Bodenbearbeitung:

Die Ergebnisse zur Auswirkung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf die Populationsstärke der SandFF waren nicht eindeutig. Zunächst war eine angepasste Versuchswiederholung im Jahr 2022 geplant. Jedoch gibt es von Seiten der Forschungseinrichtungen die Hypothese, dass es einen möglichen Zusammenhang zwischen der Bodenbearbeitung und der Verbreitung von „Sanddornsterben“-assoziierten Pathogenen bzw. einer Schädigung der Sanddornwurzeln geben könnte. Außerdem war fraglich, ob die dicht am Strauch im Boden befindlichen Puppen überhaupt ausreichend durch die Maßnahme erfasst werden können. Daher wurde das Modul nicht fortgeführt.

Fazit: Aufgrund der unklaren Effizienz der Bodenbearbeitung gegenüber der SandFF sowie einer möglichen Verbindung zu einer Pathogenverbreitung liegen keine ausreichenden Belege vor, um diese Maßnahme für die Anwendung empfehlen zu können.

Modul C – Bodenabdeckungen:

Da erst in einem Abstand von 1 m zum Traufbereich keine Puppen mehr gefunden wurden, d. h. Larven diese Distanz nicht überwunden haben, müsste eine Abdeckung des Bodens bis zu dieser Entfernung erfolgen. Allerdings ist in den Strauchreihen ein so weit in die Fahrspur hereinreichendes Gewebe für Erntefahrzeuge wenig praktikabel. In Neuanlagen, in denen noch große Abstände zwischen den Sträuchern gegeben sind, könnte eine solche Abdeckung jedoch zeitweise zu verstärkter Exposition der Larven auf dem Gewebe und damit verlängerter Erreichbarkeit für Prädatoren führen. Grundsätzlich ist das Einbringen von Mikroplastik in eine Ökoanlage fragwürdig, falls die Abdeckung aus Kunstfasern besteht.



Fazit: In Neuanlagen könnte die Abdeckung mit Mypex-Gewebe zu einer Verringerung des Befalls durch die Sanddornfruchtfliege führen, dies ist jedoch in bereits bestehenden Beständen mit großen Einzelsträuchern schwierig integrierbar. Zudem ist eine langfristige Wirkung nicht nachgewiesen.

Modul C – Bodensuspensionen:

In den durchgeführten Versuchen gab es Hinweise auf eine reduzierende Wirkung der Anspritzsuspension auf die SandFF-Population, aber es konnte kein für Ökoanlagen passendes System entwickelt werden. Die Ausbringung einer Bodensuspension ist außerdem technisch sehr aufwändig und mit hohen Kosten verbunden.

Fazit: Äußere Einflüsse inhibieren die Wirkung von Bodensuspensionen als Bodenbarriere. Die Nutzung der Suspensionen ist mit großem technischen Aufwand und hohen Kosten für die Betriebe verbunden. Die Zuschlagstoffe können zudem nicht vollumfänglich für Bio-Betriebe empfohlen werden.

Modul D – Mikroorganismen:

Als für Dipteren zugelassenes *Bacillus*-Präparat wurde Neudomück (*Bacillus thuringiensis*) getestet. Es führte aber in den mit SandFF durchgeführten Versuchen zu keinerlei mortalitätssteigernder Wirkung. Daher wurde dieser Ansatz nicht weiter verfolgt.

Die als vielversprechend eingeschätzten entomopathogenen Pilze (EPP) konnten unter kontrollierten Bedingungen eine nachweisbare Wirkung gegenüber der SandFF erzielen. Es gelang jedoch nicht, diese Ergebnisse auf Feldbedingungen zu übertragen, da die Pilze sehr eng gefasste Anforderungen an die Umweltbedingungen haben und bei Abweichungen (zu hohe Temperaturen, zu niedrige Luftfeuchtigkeit, zu hohe UV-Einstrahlung) in ihrer Vitalität und damit auch Pathogenität geschädigt werden. Spezifischere Applikationsmethoden in Kombination mit einem Schutz der Pilzsporen durch Umhüllungen könnten zu einer besseren Wirkung führen.

Fazit EPP: Unter ökonomischen und arbeitstechnischen Aspekten kann momentan eine Anwendung der entomopathogenen Pilze im praktischen Einsatz nicht empfohlen werden.

Folgende Fragen bleiben offen:

Wann sind die günstigsten Applikationstermine? Sind mehrere Termine erforderlich? Ist ein kombinierter Einsatz mit anderen Mitteln möglich? Wie hoch ist die grundsätzliche Verlässlichkeit, wie kann sie erhöht werden?



Modul E – EPN (entomopathogene Nematoden):

Zwischen den Jahren extrem schwankende Abundanzen der SandFF in den Sanddornanlagen erschwerten die Untersuchungen. Zudem wurde in Laboruntersuchungen im zweiten Versuchsjahr eine erhebliche Parasitierung der Puppen durch Schlupfwespen festgestellt, die die Versuchsdurchführung stark beeinflusste. Auch mit entsprechend vorselektiertem Puppenmaterial maskierten witterungsbedingte Ausfälle einzelner Varianten und eine unbekannte Prädationsrate die Ergebnisse.

Fazit: Auch wenn in Einzeluntersuchungen die Anzahl der geschlüpften SandFF durch das Einbringen von Nematoden verringert werden konnte, war keine signifikante Reduktion nachweisbar. Daher kann der Einsatz von Nematoden zur Bekämpfung der SandFF momentan nicht empfohlen werden.

Modul E – Parasitoide:

Im Verlauf des Projektes wurde ein zunehmendes Auftreten zweier heimischer Schlupfwespenarten in der Population der SandFF beobachtet. Eine dunkle SandFF-Puppenfarbe scheint dabei ein guter Indikator für eine Parasitierung durch die Brackwespe *Psytalia carinata* zu sein, welche in mehreren durchgeführten Versuchen aus einem hohen Anteil der dunklen Puppen schlüpfte. Da der Anteil dunkler Puppen an den für Versuchszwecke aus dem Freiland eingetragenen Puppen der SandFF im Projektverlauf anstieg und die SandFF-Population zumindest zeitweilig absank, kann davon ausgegangen werden, dass die Parasitierung inzwischen einen wichtigen populationsregulierenden Faktor bei den SandFF in Brandenburg darstellt. Der Einsatz des Pflanzenschutzmittels Spruzit (Naturpyrethrum + Rapsöl) hatte im Vergleich zu Mospilan (Acetamiprid) und SpinTor (Spinosad) am wenigsten negative Auswirkungen auf die Schlupfwespenart *P. carinata*.

Fazit: Die nachweislich in der SandFF-Population auftretenden Parasitoide sind in die Planung eines ganzheitlichen Managementkonzeptes der SandFF mit einzubeziehen.

Das Pflanzenschutzmittel Spruzit kann für ein nachhaltiges Managementkonzept der SandFF am ehesten empfohlen werden. Da die Parasitoidenaktivitäten überwiegend nach dem zielführenden Bekämpfungszeitraum der SandFF stattfinden, ist insgesamt eine eher geringe Schädigung der Parasitoiden durch Pflanzenschutzmitteleinsätze gegen die SandFF zu erwarten.



Modul F – Sorten:

Die acht in der Sanddornanlage der Humboldt-Universität Berlin untersuchten Sanddornsorten erwiesen sich als unterschiedlich anfällig gegenüber der SandFF. Bei der Feststellung, dass drei Sorten in den Versuchsjahren stabil wenig anfällig gegenüber der Sanddornfruchtfliege waren, muss berücksichtigt werden, dass sich attraktivere Sorten in der gleichen Anlage befinden. Um den geringen Befall zu gewährleisten, müssten also „Opferpflanzen“ einer stark anfälligen Sorte in eine Anlage mit wenig anfälligen Sorten integriert und mit Pflanzenschutzmaßnahmen behandelt werden, um einen sicheren Schutz der Ernte zu erreichen.

Zur Identifizierung möglicher Ursachen für die unterschiedlichen Sortenanfälligkeiten wurden phänologische und morphologische Parameter sowie Fruchthaltsstoffe (Zucker- und Ascorbinsäuregehalt) im Reifeverlauf erfasst. Dabei stellten sich die morphologischen Fruchteigenschaften Größe, Gewicht und Fruchthautfestigkeit als mögliche Einflussfaktoren für den Befall durch die Sanddornfruchtfliege heraus.

Fazit: Sofern für die Sanddornfruchtfliege attraktive Sanddornsorten in einer Anlage mit weniger anfälligen Sorten wie 'Hergo', 'Rori' und 'Dora' zusammen gepflanzt werden, ist eine Reduktion der Befallswahrscheinlichkeit bei den weniger anfälligen Sorten zu erwarten.

Modul F – Hühner:

Die Nutzung von Hühnern als biologische Kontrollmöglichkeit in Bohrfliegen-Populationen ist in der Literatur beschrieben worden (siehe Ergebnisse, S. 16). Bei Versuchen zum Einfluss mobiler Hühnerhaltung auf die SandFF-Population war jedoch kein eindeutiges Ergebnis erzielbar. Zudem ist aufgrund verschiedener behördlicher Auflagen die mobile Hühnerhaltung für Landwirte kaum noch attraktiv, so dass von einer weiteren Verfolgung dieses Bekämpfungsansatzes abgesehen wurde. Zu bedenken ist außerdem eine mögliche attraktive Wirkung der ammoniakhaltigen Fäkalien der Hühner auf die SandFF, was einen reduzierenden Effekt wieder aufheben könnte.

Fazit: Der Einsatz einer mobilen Hühnerhaltung ist aufgrund mangelnder Nachweise für eine Wirksamkeit gegenüber der SandFF sowie einem hohen (auch behördlichen) Aufwand für den Anwender nicht zu empfehlen.



Modulkombinationen:

Module A (Fallen) + D (Mikroorganismen – EPP):

Ein Semifreilandversuch mit einem kombinierten Einsatz von (Wespen-)Fallen mit *Csalomon* und Pilzen zeigte unter anderem, dass das Infektionspotential durch die Pilze nur über kurze Zeit erhalten blieb. Dies belegt die hohe Bedeutung der Schaffung passender (Umwelt-) Bedingungen bei der Anwendung biologischer Pflanzenschutzverfahren, z. B. durch einen Schutz der EPP-Sporen und -organe vor Austrocknung.

Module A (Fallen) + E (Makroorganismen – Parasitoide):

Die durchgeführten Versuche zeigten, dass andere Fallenfarben als gelb sowohl weniger SandFF-Fänge als auch weniger Beifang (inklusive Antagonisten) generieren. Die für die Reduktion der SandFF-Population relevanten beiden Schlupfwespenarten wurden aber zumindest in den Wespenfallen unabhängig von der Fallenfarbe nur in geringem Ausmaß gefangen. Daher ist unklar, ob ein Einsatz andersfarbiger Fallen Vorteile für den konkreten Schutz dieser Schlupfwespenarten erbringt. Beim Einsatz von Fallen könnte zum Schutz der Nichtzielorganismen auf transparente bzw. weiße Farbfallen ausgewichen werden.

Module C (Bodenabdeckung – Stärke) + D (Mikroorganismen – EPP) + E (Makroorganismen - EPN):

Die im Vorfeld belegte Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit durch eine Applikation von Stärke auf den Boden unter kontrollierten Bedingungen reichte nicht aus, um die Wirkung von entomopathogenen Pilzen und Nematoden nach einer Bodenapplikation gegenüber den schlüpfenden SandFF zu steigern. Vermutlich herrschten einerseits für die SandFF insgesamt ungünstige Bedingungen, so dass auch die Mortalität in der unbehandelten Kontrolle hoch war. Andererseits waren mutmaßlich die zusätzlichen Maßnahmen zur Förderung der EPP und EPN bei der hohen (optimalen) Luftfeuchtigkeit im Klimaschrank nicht geeignet, um eine Wirkungssteigerung der eingesetzten Organismen gegenüber der SandFF aufzuzeigen.

Module C (Bodensuspensionen) + E (Makroorganismen – EPN):

Bei Einzelversuchen gab es Hinweise auf eine Verstärkung der Effizienz der Nematoden gegenüber der SandFF durch die zusätzliche Applikation von Bodensuspensionen. In dem Versuch 2022 konnte die Bodenfeuchte durch die Stärkebeläge deutlich länger gehalten werden. Ein Einfluss auf die Aktivität oder gar Infektionsfähigkeit der entomopathogenen Nematoden war jedoch nicht messbar, da bei Entnahme der Bodenproben das Substrat durch anhaltenden Regenmangel während des Versuchszeitraums insgesamt extrem trocken war. Wenn man den Versuch früher beendet hätte, wäre möglicherweise eine unterstützende Wirkung der Stärke nachweisbar gewesen.



Fazit zu den Modulkombinationen:

Bei der Überprüfung von Fallenvarianten, die Nichtzielorganismen schonen (Kombination A + E), konnten Alternativen zur gelben Leimtafel aufgezeigt werden.

Alle weiteren, in den beschriebenen Modulkombinationen getesteten Maßnahmen führten nicht zu einer verstärkten Wirkung bei der Bekämpfung der SandFF. Weitere umfangreiche Feldversuche wären erforderlich, um eventuelle synergistische Effekte bei der Kombination erfolgreicher Einzelmodule sichtbar zu machen.



5.3 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Zielen

Das Projekt wurde im sogenannten *bottom-up*-Ansatz (Impulse der Bearbeitung kamen aus der Praxis) geplant und umgesetzt. Dabei wurden die Betriebe im gesamten Projektverlauf in die Arbeiten eingebunden und laufend informiert. Es erfolgte ein Abgleich der experimentellen Ansätze mit den praktischen Umsetzungsmöglichkeiten und eine entsprechende Anpassung der Projektziele.

Die neuen Erkenntnisse helfen bei der effektiven Regulierung des Befalls mit der SandFF und führen damit letztlich zu höheren bzw. stabileren Erträgen im Sanddornanbau. Besonders erwähnenswert sind dabei die Erkenntnisse zu in der Population des Schädlings auftretenden Parasitoiden, welche in ein nachhaltiges, umweltschonendes Managementkonzept integrierbar sind und zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteleinsätzen beitragen können.

5.4 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Einige im Projektverlauf generierte Ergebnisse zu einzelnen Bekämpfungsmodulen können für die praktische Anwendung aufbereitet und ihre Anwendung danach den Betrieben empfohlen werden (Modus Falleneinsatz für Monitoring, Hinweise zu natürlich auftretenden Gegenspielern und deren Förderung, geeignete Sorten bzw. Pflanzkonzepte, neue Erkenntnisse zur Biologie der SandFF).

Eine Überwachung der Aktivitätszeiträume der SandFF findet in interessierten Betrieben statt. Daran orientieren sich dann gezielte Pflanzenschutzmaßnahmen mit öko-konformen Pflanzenschutzmitteln. Zudem werden sortenabhängige Beerntungskonzepte umgesetzt. Pflanzkonzepte (sortenrein) werden empfohlen. Zusätzlich könnten Pflanzreihen mit für die SandFF besonders attraktiven Sorten integriert und diese Pflanzen bei Befall mit Schnitt- oder Pflanzenschutzmaßnahmen behandelt werden.

Nach Projektende stehen die Erkenntnisse den Betrieben in Form von Praxisblättern zur Verfügung und können je nach aktueller Befallslage angewendet werden. Diese wird auch weiterhin vom Pflanzenschutzdienst überwacht, so dass eine Einschätzung der Populationsentwicklung der SandFF mit entsprechender Bekämpfungsnotwendigkeit ermöglicht wird.



5.5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Das Projektziel, ein Gesamtkonzept aus nichtchemischen Modulen zur Bekämpfung der SandFF zu entwickeln und Bekämpfungsrichtwerte zu definieren, konnte nicht erreicht werden. Aufgrund der schwierigen Versuchslage (erfolglose Standardisierung der Versuchsmethoden, Wegfall von Sanddornflächen, innerhalb der Projektlaufzeit beobachteter Rückgang der Fruchtfliegenpopulationen, Corona-Pandemie) konnte die Bearbeitung einzelner Module bzw. der Modulkombinationen nicht wie vorgesehen durchgeführt werden. Die Bearbeitung der Einzelmaßnahmen hat jedoch stattgefunden. Aus diesen Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse ziehen, die für die Praxisanwendung auch zukünftig Bedeutung haben werden. Hierzu zählen Ergebnisse aus den erfolgreich getesteten Modulen (Fallen, Nützlinge, Sorten und – mit Einschränkungen – Bodenabdeckung).

Die Sicherung des Sanddornanbaus im Norden Deutschlands ist nicht mehr nur mit Maßnahmen gegen die SandFF zu erreichen, da die Problematik des seit etwa 2018 auftretenden Sanddornsterbens den Sanddornanbau inzwischen an einigen Standorten deutlich stärker negativ beeinflusst als die SandFF.

Die Übertragung von Ergebnissen auf andere schädigende Fruchtfliegenarten kann teilweise erfolgen. Der nachgewiesene große Einfluss von Parasitoiden auf die SandFF-Population führt zu der Erkenntnis, dass das Auftreten natürlicher Gegenspieler in Schadinsektenpopulationen immer mit untersucht und gegebenenfalls gefördert werden sollte, da diese Einflüsse auch zur Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln beitragen können.



5.6 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und weiterführende Fragestellungen

Tab. 5: Aus den im Projekt MoPlaSa generierten Ergebnissen folgende Fragestellungen

Modul	Erkenntnis aus MoPlaSa	Weiterführende Fragestellung/Empfehlungen
Biologie	Fliegenschlupf ist nicht nur temperaturabhängig	Prognose des Fliegenschlupfes (Beginn, Ende) nur über umfangreiche Einbeziehung weiterer Parameter und Modellierung möglich
	Schlupf von Überliegern	abweichendes Schlupfverhalten (Verlängerung Flug- u. Befallszeitraum)?
	Standardisierung des Puppenmaterials zu Versuchszwecken nicht sicher erreichbar	sichere Identifikationsmerkmale parasitierter/nichtparasitierter Puppen sowie Puppen von Überliegern
	zeitl. Versatz Schlupfbeginn Adulte u. erster Fallenfang	Laborversuche: wie lange erfolgt Reifungsfraß der Adulten, was fressen sie -> Nutzung für <i>attract&kill</i> -Verfahren möglich?
Fallen/Nützlinge	Farbe hat Einfluss auf Attraktivität für SandFF	Laborversuche zur Farbattraktivität für SandFF
	Fang von <i>P. carinata</i> , <i>P. wiesmanni</i> durch verschiedene Fallen nicht systematisch erfasst	Finden sich relevante Zahlen der Parasitoiden in den verschiedenen Fallen (Art, Farbe)? – Labor-, Semifeldversuche
Bodenbearbeitung	kein direkter Nachweis Wirksamkeit der Methode	Lassen sich Puppen im Bestand wirklich reduzieren? Mit welchem Gerät?
		Kommt es zu Schäden an den Sanddornwurzeln mit möglicher Pathogenübertragung?
Bodenbedeckung (Hackschnitzel, Mypex, Suspension)	Larven: keine wirksame Reduktion durch Holzhackschnitzel, Bewegungsradius > 80 cm, Mypex impermeabel	Prüfung der Wirksamkeit biologisch abbaubarer Folien bei Neuanlagen
Mikroorganismen	EPP wirksam gegenüber adulten SandFF (Labor)	Gibt es artspezifische Krankheitserreger der SandFF mit einem Potential für die biologische Schädlingsbekämpfung, eventuell gegen weitere SandFF-Stadien (Puppen)?
		Entwicklung von Formulierungen (coating) zum Sporenschutz unter Feldbedingungen
Sorten	attraktivere Sorten minimieren Befallswahrscheinlichkeit weniger anfälliger Sorten	Wie viele „Opferpflanzen“ sind für einen ausreichenden Schutz einer sortenreinen (weniger anfällige Sorte) Anlage nötig? Welche geografische Verteilung im Bestand?



Sorten	Schalenfestigkeit und Fruchtgröße beeinflussen Attraktivität für Eiablage am wahrscheinlichsten	Welche weiteren Inhaltsstoffe/Fruchteigenschaften sind relevant?
Hühner	Wirkung auf Abundanz SandFF unklar	Haben die ammoniakhaltigen Ausscheidungen der Hühner einen attraktiven Effekt auf die SandFF?
Kombination Bodensuspension/Nematoden	Bodenfeuchtigkeit kann durch Stärkebeläge erhöht werden	Lässt sich die Wirksamkeit nützlicher Gegenspieler durch eine Bodenfeuchtigkeits-Erhöhung verstärken?
Kombination Biologie/Sanddornsorten	Abweichende Larvalentwicklungszeiten in Abhängigkeit von der Sorte, Larvenauswanderung z. B. bei 'Sirola' früh beendet	Welchen Einfluss haben welche Inhaltsstoffe der Sanddornsorten auf die Larvalentwicklung des Schädlings?, Abgleich mit BBCH-Stadien erforderlich
		Gibt es unterschiedliche Adulten-Schlupfphasen je nach Sorte?



6 Zusammenarbeit der Operationellen Gruppe

Die Operationelle Gruppe schloss sich mit der Kooperationsvereinbarung zusammen. Wie darin festgehalten, fanden halbjährliche OG-Treffen und monatliche Telefonkonferenzen statt. Im Rahmen dieser Treffen wurden der aktuelle Projektstand und die weitere Vorgehensweise gemeinsam besprochen und beschlossen. Neben diesen Treffen fand ein unregelmäßiger Austausch zwischen einzelnen OG-Partnern statt. Bedingt durch die Corona-Pandemie fanden die Treffen sowohl in Präsenz als auch digital (teilweise auch hybrid) statt.

Die Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe gestaltete sich in den Projektjahren zunehmend herzlich. Eine vertrauensvolle, respektvolle Zusammenarbeit war bei allen OG-Partnern gegeben. Die Zusammenarbeit war zielorientiert und verlief in angenehmer Atmosphäre. Vor allem die interdisziplinäre Zusammensetzung mit Vertretern aus Wissenschaft, Landwirtschaft, Verbandstätigkeit, produzierendem Gewerbe und Wirtschaft gab der OG und den Diskussionen ganz eigene Dynamiken. So wurde viel über die Daten diskutiert, am Ende aber auch über konstruktive Lösungen basierend auf den Daten nachgedacht. Kreative Ideen und deren Umsetzung wurden lebendig in der Gruppe besprochen. Die gemeinsame Problemdiskussion und Lösungsfindung hat enorm zur Zielerreichung beigetragen. Corona-bedingt war der persönliche Austausch erschwert; dies zeigte sich in einer abnehmenden Teilnahmebereitschaft an den OG-Treffen und den Telefonkonferenzen einzelner Partner, die sehr abgegrenzte Themen innerhalb der OG bearbeiteten. Alle Beteiligten waren an einem guten Endergebnis des Projektes interessiert.

Kontakte zu anderen Operationellen Gruppen fanden über themenzentrierte Veranstaltungen im Rahmen von EIP statt. Darüber hinaus agierten die OG-Partner in ihren eigenen Netzwerken und repräsentierten hier regelmäßig die Operationelle Gruppe und das Projekt.

Die Operationelle Gruppe befindet sich weiterhin in unregelmäßigem Austausch und hofft, in der Zukunft wieder zusammenarbeiten zu können.



7 Kommunikations- und Disseminationskonzept

Das EIP-Projekt „MoPlaSa“ bot vor allem für die fachliche Öffentlichkeit diverse Anknüpfungspunkte. Von den vielen Anfragen und Rückmeldungen bereits zu Projektbeginn und im weiteren Projektverlauf waren alle OG-Partner beeindruckt.

War es ursprünglich der Ankündigungseffekt des neuartigen Versuchs- bzw. Projektziels und der Herangehensweise, wurde gegen Ende des Projektes verstärkt auf die Frage geachtet, welcher konkrete Mehrwert sich für die Praxisakteure ableiten lässt bzw. welche Zwischenergebnisse und verbleibenden Forschungsfragen sich für die weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit definieren lassen. Auf dieser Basis wurden Entscheidungen für das Kommunikationskonzept getroffen.

Pressemitteilungen wurden erstellt und durch die OG-Partner gestreut. Anlässe hierfür waren beispielsweise der Besuch der Staatssekretärin Frau Dr. Schilde am ZALF oder die Abschlussveranstaltung im Januar 2023. Eine Übersicht der erfolgten Öffentlichkeitsarbeit ist im Anhang „Nachweis der Veröffentlichungen“ zu finden. Regelmäßig wurde über das Projekt auf den Webseiten und Kommunikationskanälen der OG-Partner berichtet.

Der Transfer der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis erfolgte vornehmlich in Absprache mit den entsprechenden OG-Partnern. Es wurden gemeinsame Berichte in Fachmagazinen verfasst und veröffentlicht, Veranstaltungen besucht, die Operationelle Gruppe und das Projekt präsentiert. An dieser Stelle verweisen wir auf die Liste der Veröffentlichungen (Anlage 5 des VN).

Aus Sicht der Operationellen Gruppe war das Konzept der EIP-Förderung sinnvoll und hilfreich für die Erreichung der Projektziele. Wie bereits in Kapitel 6 erläutert, war der interdisziplinäre, direkte und regelmäßige Austausch mit allen relevanten Akteuren förderlich für die Erreichung der Projektziele. Hindernisse und Probleme wurden ebenso erläutert, wie die Interpretation von Daten und Erfolgen stattfand. Der intensive Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis hat Anregungen für die weitere Forschung sowie Erkenntnisse für Anpassungen im Betriebsablauf und -management der landwirtschaftlichen Betriebe generiert.

