

Weiterentwicklung einer Lückenschaltung für Sprühgeräte

– Abschlussbetrachtung zum Projekt OLSVA –

Jonas Huhs¹, Dr. Matthias Görgens¹, Dr. Verena Overbeck², Dr. Tanja Pelzer²

¹ Obstbauversuchsanstalt Jork, Landwirtschaftskammer Niedersachsen; ² Julius Kühn-Institut/AT Braunschweig



Jonas Huhs

Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens war es das Ziel, Pflanzenschutzmittel im intensiven Obstanbau einzusparen, um sowohl ökologische als auch ökonomische Verbesserungen zu erreichen. Dazu wurden innerhalb des Projekts drei Sprühgeräte mit unterschiedlichen Gebläsetypen mit verbesserten Sensoren, der dazugehörigen Elektronik und weiterentwickelten Magnetventilen ausgestattet und in den Praxiseinsatz überführt. Dieser fand in verschiedenen Obstanbaugebieten in Deutschland statt, um unterschiedliche Rahmenbedingungen bezüglich des Schaderregervorkommens abzubilden. In der Anwendung wurde nachgewiesen, dass erhebliche Einsparungen an Pflanzenschutzmitteln in Abhängigkeit vom Alter der Anlage, dem Belaubungszustand sowie dem Anteil an Fehlstellen im Bestand möglich sind. Erste Tastversuche zur Bestimmung der Abdrift zeigten, dass der Eintrag auf Nicht-Zielflächen deutlich minimiert werden kann. Auch die biologische Wirksamkeit konnte im Rahmen des Projektes nur durch erste Tastversuche beurteilt werden, da die Prototypen innerhalb der Projektlaufzeit stetig weiterentwickelt wurden und sich somit auch die Rahmenbedingungen für die Versuche änderten. Festzuhalten bleibt, dass aufgrund technischer Probleme nicht alle Ziele des Projektes erreicht werden konnten und die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie unter derzeit bekannten Kosten noch kritisch zu sehen ist. Schlagwörter: Abdrift, Biologische Wirksamkeit, Lückenschaltung, Praxistauglichkeit, PSM-Einsparung

Further development of gap detection for sprayers

Summary

As part of the project, the main focus was to reduce the use of plant protection products (PPP) in intensive horticultural production systems for ecological and economical optimization. The aim to be pursued by developing three sprayer prototypes with different fans equipped with improved sensory gap detection. The sprayers were equipped with optimized sensors, electronics and magnetic valves and then transferred for use in practice. Diverse locations in Germany with different existing intensive pest occurrences were chosen. The practical experiences showed that the amount of PPP can be minimized depending on the age of an orchard, the foliage during vegetation and the number of gaps. At the same time, first trials to evaluate potential drift showed that the entry on non-target areas can be reduced. The conclusions of this study in regards to biological efficiency are limited. The prototypes were constantly enhanced during the period of the project and therefore the underlying conditions of the study continuously changed. It remains to be noted that due to technical issues not all objectives of the study could be accomplished. When considering all currently known expenses associated, the profitability of this technology should be evaluated critically.

Keywords: biological efficiency, drift, gap detection, market maturity, savings of plant protection products

Hintergrundinformationen

International wurde und wird an Systemen geforscht, welche mit unterschiedlichen technischen Ansätzen eine Lückenschaltung mit Einzeldüsensteuerung bei der Pflanzenschutzmittel (PSM)-Applikation ermöglichen sollen (WEI *et al.*, 2015; BERK *et al.*, 2016; MIRANDA-FUENTES *et al.*, 2017; ZHAO *et al.*, 2018). Bei der Literaturrecherche fällt jedoch auf, dass keine dieser Publikationen biologische Wirkungsversuche vorweisen kann, welche diesen Systemen mittels mehrjähriger Versuche eine Praxistauglichkeit bescheinigen. WEI *et al.* (2015) weisen zudem auf bestehende Probleme ihrer sehr rudimentären Lückenschaltung (2 IR-Sensoren pro Seite) hin: Eine Zielerkennung ist nur bei geringer Geschwindigkeit ($\leq 5,4$ km/h) und innerhalb eines Detektionsradius von ≤ 70 cm möglich. Die Forschergruppe berichtete außerdem von Problemen, die bei über 5 bar Druck beim Öffnen der Magnetventile auftreten. Diese Lückenschaltung kann aktuell somit als nicht praxistauglich eingestuft werden, da im Obstbau häufig mit höheren Drücken und Fahrgeschwindigkeiten gearbeitet wird.

jonas.huhs@lwk-niedersachsen.de



Abb. 1: Radialgebläse KH63 + IRS02

(Foto: Jonas Huhs)



Abb. 2: Querstromgebläse KT30 + IRS02

(Foto: Dominique Gollasch)

Auch in der Vergangenheit wurden Projekte mit Lückenschaltungssystem zur Bewertung der biologischen Wirksamkeit durchgeführt. Unter anderem wiesen KOCH *et al.* (1996-1997) bei zwei Birnenblattsaugerversuchen drei Tage nach der Behandlung einen schlechteren Wirkungsgrad der eingesetzten PSM mittels Sensortechnik (Sensoren: Visolux bzw. sunX) im Vergleich zur durchgängigen PSM-Behandlung nach. Leicht verminderte Blattbeläge an der Übergangszone vom Laub zur Leerstelle wurden als mögliche Ursache benannt. Zudem stellten GANZELMEIER *et al.* (2005-2008) im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) tendenziell in Jahren mit schweren Infektionen Probleme beim Erzielen einer ausreichenden biologischen Wirkung mit der Sensortechnik (ECO-Reflex) fest. Im Projekt sollten daher bekannte Defizite eines Lückenschaltungssystems behoben und die schlechteren Wirkungsgrade verbessert werden.

Ziel des Projektes „Optimierung einer Lückenschaltung als Voraussetzung für eine präzise Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau“ (OLSVA), welches von Anfang März 2015 bis Ende Dezember 2017 durchgeführt wurde, war es, eine marktreife, verbesserte, sensorgesteuerte Lückenschaltung für den Obstbau zu entwickeln, um sowohl Pflanzenschutzmittel einzusparen als auch die Abdrift auf Nicht-Zielflächen zu verringern.

Im folgenden Artikel handelt es sich um eine Auswahl einiger erzielter Ergebnisse, welche in den jeweiligen Abschlussberichten (JKI, 2018; OVA, 2018) detaillierter beschrieben und durch weitere Versuchsergebnisse ergänzt werden. Im Gegensatz zu bereits vorhandener Technik (z.B. „ECO-Reflex“ der Firma Müller Elektronik GmbH & Co KG, Salzkotten) sollte in diesem Projekt die Präzision bei PSM-Maßnahmen mittels neuer Infrarot (IR)-Sensoren und einer neuen Software, die eine höhere Anzahl an Teilbreiten steuern kann, verbessert werden. Die Anzahl der schaltbaren Teilbreiten wurde im Vergleich zur ECO-Reflex erhöht, bei der es zuvor nicht möglich war, mehr als 5 Teilbreiten mit Sensoren zu verknüpfen. Eine 1:1-Zuordnung von Sensor und Düse ist nun mit dem neuen System möglich.

Tab. 1: Technische Parameter der eingesetzten Lückenschaltungskombinationen an Sprüheräten im Projekt LADUS

Sprüherät-Lückenschaltungskombination:	ZA32 + ECO-Reflex	KH63 + IRS01
Anzahl der Sensoren:	10	36
Anzahl der Düsen:	16	18
Düse:	IDK 90-015 C	
Druck:	10 bar	
Fahrgeschwindigkeit:	6 km/h	

Tab. 2: Technische Parameter der eingesetzten Sprüheräte beim Betrieb 1 und 2

Betrieb:	1		2
Sprüherät-Lückenschaltungskombination:	KH63 + IRS02	RAS 10/90 Q (ohne Lückenschaltung)	KT30 + IRS02
Anzahl der Sensoren:	36	-	22
Anzahl der Düsen:	18	16	22
Düse:	IDK 90-015 C	IDK 90-01 C	IDK 90-015 C
Druck:	8,5 bar	15 bar	7 bar
Fahrgeschwindigkeit:	7,5 km/h	7,5 km/h	6,2 km/h

Tab. 3: Versuchsvarianten der Lückenschaltung

Variante	Erklärung	PSM-Einsparungseffekt
Kontrolle	Durchgängige PSM-Behandlung (Lückenschaltung aus)	Keine PSM-Einsparung
„randscharfe“ Lückenschaltung	Düsen werden direkt vor dem Objekt ein- und hinter dem Objekt ausgeschaltet (Einschaltvorverlegung/Ausschaltverzögerung)	Systembedingte maximal mögliche PSM-Einsparung
„sichere“ Lückenschaltung	Düsen werden vor dem Objekt ein- und nach dem Objekt mit Verzögerung ausgeschaltet (~ 20 cm)	Kompromiss zwischen der Kontrolle und der randscharfen Variante hinsichtlich der PSM-Einsparung

Da es sich um ein Verbundprojekt handelt, arbeitete die Obstbauversuchsanstalt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen aus Jork mit dem Julius Kühn-Institut, Institut für

Anwendungstechnik im Pflanzenschutz in Braunschweig (JKI/AT) und dem Sprüherätehersteller Hans Wanner GmbH-Maschinen und Fahrzeugbau aus Wangen im Allgäu (Wanner)

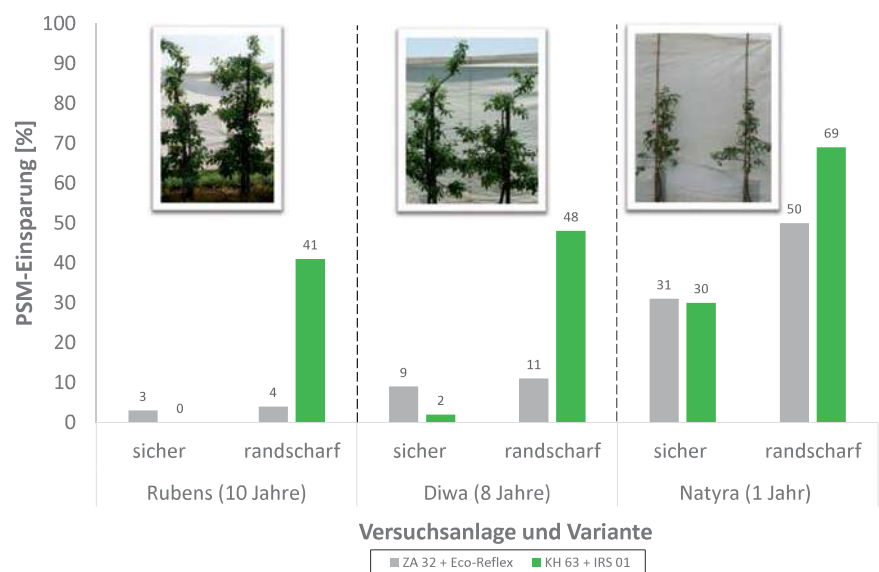


Abb. 3: PSM-Einsparung [%] der Lückenschaltungsvarianten im Vergleich zur durchgängigen PSM-Behandlung in unterschiedlichen Apfelanlagen der jeweiligen Sprüherät-Lückenschaltungskombination (ZA32 + ECO-Reflex vs. KH63 + IRS01).

zusammen. Die Firma ELMED GmbH aus Bozen, Italien erhielt als Unterauftragnehmer die Aufgabe, die Sensortechnik bereitzustellen und diese weiterzuentwickeln. Während der Praxiserprobung sollte die Lückenschaltung an verschiedenen Sprühgerätetypen [Radialgebläse (KH63) (Abb. 1), Querstromgebläse (KT30) (Abb. 2) und Axialgebläse (K36GA)] getestet werden (HUHS *et al.*, 2017). Das K36GA wurde als weit verbreiteter Sprühgerätetyp gewählt, um die Möglichkeit eines Nachrüstsatzes der Lückenschaltung bei einem im Gebrauch befindlichen Gerät zu testen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei den eingesetzten Geräten eine unterschiedliche Sensor-Düse Zuordnung vorlag (Tab. 1; Tab. 2). Beim K36GA wurde nur die oberste Düse von 2 Sensoren gesteuert, ansonsten lag eine Sensor-Düse Zuordnung von 1:1 vor.

Für eine ganzheitliche Betrachtung wurden neben der technischen Prüfung biologische Wirksamkeitsversuche durchgeführt. In den Versuchsdurchführungen wurde mit drei verschiedenen Varianten (Tab. 3) gearbeitet, welche im Folgenden mit Kontrolle, randscharf und sicher benannt werden.

Mögliche PSM-Einsparungen im Vergleich zum ECO-Reflex

In dem Vorgängerprojekt LADUS (01.03.2012 - 28.02.2015) wurde im



Abb. 4: Einteilung der Ebenen für die Blattprobenentnahme in der Versuchsanlage.

Jahr 2014 das Radialgebläse KH63 mit IR-Sensoren der 1. Generation (IRS01) der Firma ELMED in unterschiedlichen Apfelanlagen (Tab. 4) zum Zeitpunkt BBCH 71 (Fruchtdurchmesser bis 10 mm) im Vergleich zum im Gebrauch befindlichen Gerät ECO-Reflex getestet (Tab. 1). Dieses System war auf einem Axialgebläse (ZA32) montiert.

Zur Ermittlung der Einsparrate der zwei Lückenschaltungsvarianten wird zuerst die benötigte Wasseraufwandmenge je Versuchsanlage in der Kontrolle ermittelt. Im Anschluss wird dann, ebenfalls in dreifacher Wiederholung, die Aufwandmenge bei Verwendung der Lückenschaltungsvarianten gemessen. Die Differenz zwischen der Aufwandmenge bei der Kontrolle und der jeweiligen Lückenschaltungsvariante ergibt die PSM-Einsparrate der jeweiligen Variante.

Im Vergleich zur ECO-Reflex sind vor allem in der randscharfen Variante beim KH63 + IRS01 hohe Einsparraten erzielt worden (Abb. 3). Dies ist durch eine höhere Anzahl an Sensoren pro Düse, welche somit eine größere Fläche abtasten, zu erklären. In der sicheren Variante erzielten beide Systeme ähnlich hohe Einsparraten. Die etwas geringeren Werte des KH63 + IRS01 lassen sich damit begründen, dass hier immer 2 Sensoren kein Objekt erkennen müssen, bevor 1 Düse aktiv ausgeschaltet wird. Generell lässt sich festhalten, dass mit steigender Belaubung und geringer werdendem

Lückenanteil die erzielte Einsparrate sinkt. Wird zudem die Einschaltverzögerung/Ausschaltverzögerung der Düsen bei der Lückenschaltung erhöht, um mehr „Sicherheit“ bei der PSM-Applikation z.B. bei Wind zu gewährleisten, sinkt die PSM-Einsparrate weiter ab.

Blattbelagsmessungen beim Betrieb 2 (KT30 + IRS02)

Die Spritzflüssigkeitsverteilung im Baum stellt ein wichtiges Kriterium für die Güte der Applikation dar. Aufgrund dessen wurde für die Versuchsfahrten eine Lösung bestehend aus Wasser und dem Farbstoff BSF verwendet, um die randscharfe Variante der Lückenschaltung im Vergleich zur Kontrolle bewerten zu können.

Die Versuche wurden mit dem KT30 + IRS02 in dreifacher Wiederholung in einer Apfelanlage der Sorte Elstar (Tab. 5) durchgeführt. Zur Bestimmung der Blattbeläge wurden aus dieser Anlage je Variante jeweils 20 Blätter aus drei verschiedenen Ebenen (oben, Mitte, unten) entnommen (Abb. 4). Im Labor wurde dann das BSF mit destilliertem Wasser vom Blatt gewaschen und mittels Fluorometrie der Gehalt des Farbstoffes in der Lösung bestimmt und in Relation zur gemessenen Blattfläche gesetzt.

Die PSM-Einsparrate betrug zum Zeitpunkt der Messung in der randscharfen Variante 24%. Im oberen

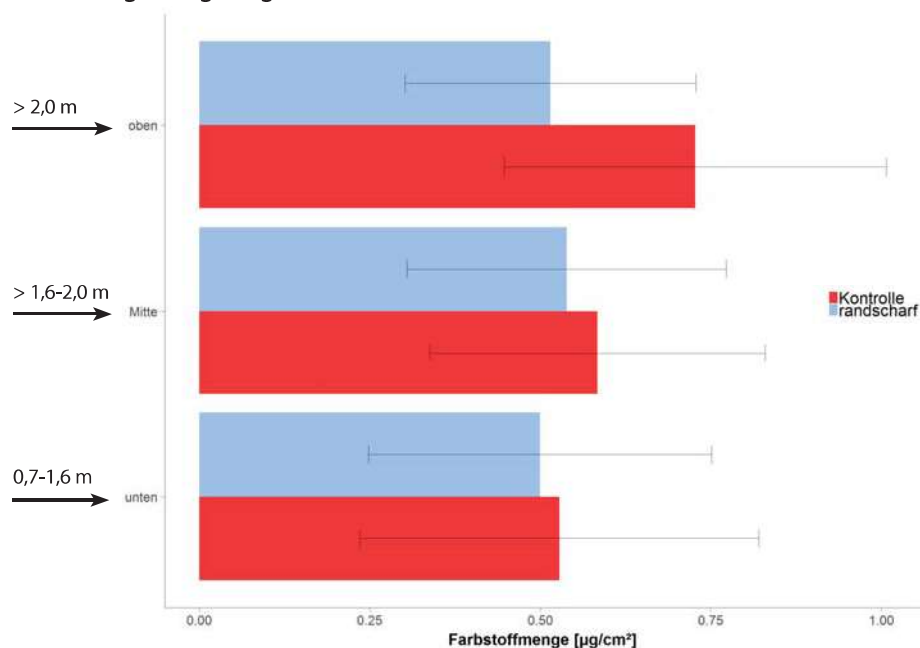


Abb. 5: Gehalt an Farbstoff (BSF) auf Blättern [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$] in verschiedenen Ebenen des Baumes je Variante.

Bereich der Anlage, wo die Lückenschaltung am häufigsten die Düsen ausschaltet, wurden in der randscharfen Variante geringere Blattbeläge festgestellt als bei der durchgängigen Behandlung (Abb. 5). Zudem kann bei sehr hohen Bäumen nicht ausgeschlossen werden, dass aufgrund der Position der verbauten Sensoren auch noch die obersten Baumstrukturen sicher detektiert werden können.

Abdriftreduktion durch den Einsatz einer Lückenschaltung

Das Thema Abdrift stellt einen wichtigen Aspekt dar, um neue Technik zu bewerten und auch mit anderen Sprühgeräten zu vergleichen. Um die mögliche Abdrift bei den verschiedenen Versuchsvarianten zu ermitteln, wurden die Versuche im Jahr 2016 nach JKI-Richtlinie 7-1.5 „Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland“ mit dem Sprühgeräteprototyp mit Querstromgebläse (KT30) und IR-Sensoren der 2. Generation (IRS02) durchgeführt, bei dem eine Sensor-Düse Zuordnung von 1:1 vorlag. Das KT30 + IRS02 war für die Messungen mit insgesamt 20 Air-Injektor Hohlkegeldüsen (ITR 80-01) ausgestattet. Die Versuchsfahrten wurden mit 6,5 km/h und 10 bar Druck und einer Zapfwellendrehzahl von 510 U/min durchgeführt.

Die Versuchsfläche besteht hierbei aus einer Behandlungsfläche (min. 50 m lang x 20 m breit; entspricht 7 Fahrten des Geräts bei einem Reihenabstand von 3,50 m) und einer Messfläche, auf der die Kollektoren (Petrischalen) zum Auffangen möglicher verdrifteter Tropfen ausgelegt wurden. Bei den Fahrten lagen folgende Einstellungen vor: 1. Fahrt ohne Luftunterstützung und abgeschaltete Düsen Richtung Messfläche sowie eingeschaltete Düsen mit Luftunterstützung Richtung Behandlungsfläche; 2.-6. Fahrt beidseitig eingeschaltete Düsen. Zur Behandlungsfläche ist die Luftunterstützung eingeschaltet, Richtung Messfläche ist die Luftunterstützung bei diesen Fahrten ausgeschaltet. Bei der 7. Fahrt waren beidseitig alle Düsen eingeschaltet und es erfolgte eine Luftunterstützung sowohl Richtung Messfläche, als auch Richtung Behandlungsfläche.

Tab. 4: Beschreibung der Apfelanlagen

Sorte / Unterlage:	Rubens / M9	Diwa / M9	Natyra / M9
Reihenabstand:	3,5 m	3,5 m	3,5 m
Pflanzabstand:	1,0 m	1,0 m	1,0 m
Pflanzjahr:	Frühjahr 2004	Frühjahr 2006	Frühjahr 2013
Bestandsdichte:	Dichter Bestand	Mittelgroße Bestandslücken	Große Bestandslücken

Tab. 5: Beschreibung der Versuchsanlagen im Betrieb 1 und Betrieb 2

Betrieb:	1	2
Sorte / Unterlage:	Jonagold Marnica / M9	Elstar / M9
Reihenabstand:	3,25 m	3,5 m
Pflanzabstand:	1 m	1,5 m
Pflanzjahr:	Frühjahr 2012	1992

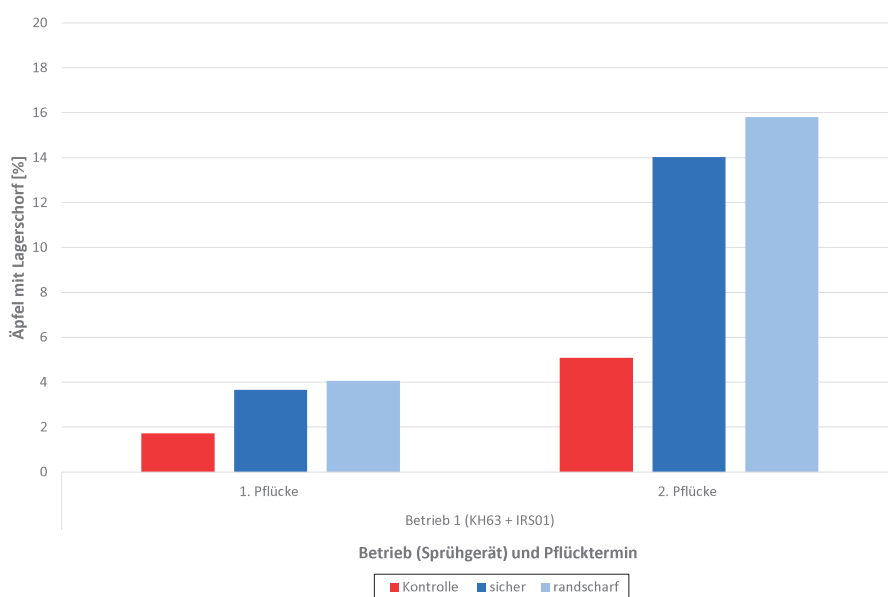


Abb. 6: Lagerschorfbefall von Äpfeln [%] je Pflücktermin und Variante aus der Ernte 2015 beim Betrieb 1 (KH63 + IRS01).

Die Versuche wurden in dreifacher Wiederholung durchgeführt, wobei nach jedem Versuch die einzelnen Kollektoren, separiert für die weiteren Analysen, aufbewahrt wurden. Die Versuche erfolgten mit einem Farbstoff (Brilliant-sulfoflavin [BSF]), dessen Gehalt in den Petrischalen im Labor ermittelt wurde.

Die Auswertung der Kollektoren zeigte deutlich, dass der Anteil verdrifteter Tropfen und somit die direkte Abdrift durch die beiden Lückenschaltungsvarianten im Vergleich zur durchgängigen PSM-Behandlung erheblich reduziert werden kann, was ein solches System hinsichtlich einer potentiellen Nutzung als abdriftmindernde Maßnahme sehr attraktiv für den Anwender machen könnte. Jedoch sind diese Ergebnisse nur unter Vorbehalt zu betrachten, da ein Teil der Ergebnisse, be-

dingt durch ungünstige Witterungsverhältnisse, nicht den Kriterien der JKI-Richtlinie 7-1.5 entsprechen.

Lagerschorfbefall aus der Ernte 2015 beim Betrieb 1 (KH63 + IRS01)

Im Betrieb 1 wurden in einer Versuchsanlage (Tab. 5) zu praxisüblichen Terminen mit dem KH63 + IRS01 die PSM-Behandlungen blockweise mit den drei unterschiedlichen Varianten behandelt. Im Jahr 2015 wurde das KH63 + IRS01 (Tab. 2) bei insgesamt 15 von 23 PSM-Maßnahmen eingesetzt. Ersatzweise erfolgte, vor allem zu Beginn des Jahres, eine durchgängige PSM-Behandlung mit einem 35 Zoll-Axialgebläse mit Querstromaufsatz der Firma Lochmann (RAS 10/90 Q). Bei 7 von 15 PSM-Maßnahmen, die mit dem KH63 + IRS01 durchgeführt wur-

den, lag eine Sensor-Düse Zuordnung von 2:1 vor. Im Zeitraum vom 08.05.-13.07.15 wurden auf Wunsch des Anwenders und aus technischen Gründen die unteren 6 Sensoren mit den unteren 3 Düsen parallel geschaltet. Dies hatte zur Folge, dass alle 3 Düsen applizierten, wenn nur einer der unteren 6 Sensoren (0,55 m - 1,30 m vom Boden) ein Objekt detektierte.

Zu zwei verschiedenen Pflückterminen (30.09.15 + 26.10.15) wurden jeweils etwa 320 kg Äpfel je Variante geerntet und in ein Kühllager (< 4 °C) verbracht, um eventuell vorhandene Unterschiede im Befall auf Lagerschorf zwischen den Varianten herauszufinden. Mitte Februar 2016 wurde dann der Befall von Äpfeln mit Lagerschorf [%] untersucht (Abb. 6).

Der Anteil mit Lagerschorf befallener Früchte war in den beiden Lückenschaltungsvarianten sowohl beim 1. als auch beim 2. Pflücktermin im Vergleich zur Kontrolle erhöht. So war z.B. beim 2. Pflücktermin im Vergleich zur Kontrolle bei der sicheren Variante der Befall um annähernd 9% erhöht und bei der randscharfen Variante sogar um fast 11% (Abb. 6).

Die Ergebnisse der biologischen Wirksamkeitsversuche zeigten, dass teilweise ein erhöhter Schaderregerbefall in den Lückenschaltungsvarianten im Vergleich zur durchgängigen PSM-Behandlung (Kontrolle) (Abb. 6) vorliegt und somit für die Sensortechnik noch Entwicklungspotential zur Erreichung einer Marktreife vorhanden ist. Als Lösungsansatz entschieden sich daher die Projektbeteiligten für das Versuchsjahr 2017, alle getesteten Sprühgeräte mit weiter optimierten IR-Sensoren (IRS02) auszurüsten. Diese sollten laut Hersteller eine höhere Abtastrate aufweisen und eine verbesserte Objektdetektion auch bei höheren Geschwindigkeiten gewährleisten, um insgesamt somit bessere biologische Ergebnisse zu erzielen.

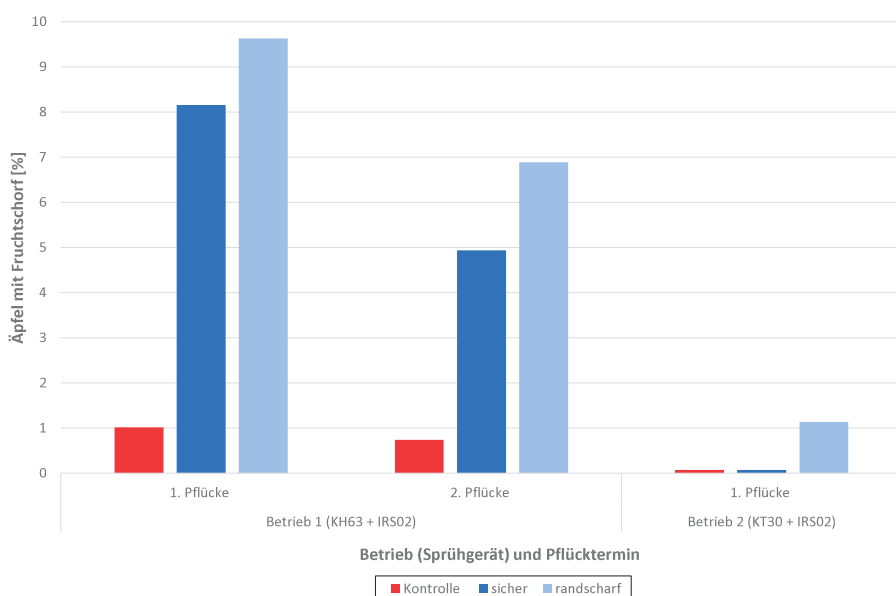


Abb. 7: Äpfel mit Fruchtschorfbefall [%] je Betrieb (Sprühgerät), Pflücktermin und Variante 2017 (keine 2. Pflücke bei Betrieb 2 möglich – Beginn der Selbstpflücke).

Zudem erwiesen sich die anfänglich verbauten Magnetventile als nicht praxistauglich, da unvorhersehbare Funktionsausfälle beim Öffnen und Schließen (u.a. bedingt durch Korrosion am beweglichen Kern) auftraten (OVERBECK *et al.*, 2018). Im letzten Versuchsjahr wurden diese durch neue Magnetventile ersetzt, welche die hohen Ansprüche der Lückenschaltung, nämlich circa 1,5 Millionen Schaltimpulse je Magnetventil pro Betrieb und Jahr an der Niederelbe bei integrierter Produktion bei sehr geringem Strombedarf erfüllen sollen.

Fruchtschorf 2017 beim Betrieb 1 (KH63 + IRS02) und 2 (KT30 + IRS02)

Betrieb 1 – KH63 + IRS02

Im Jahr 2017 wurde die Versuchsfläche (Tab. 5) auf dem Betrieb 1 zu praxisüblichen Terminen (23 PSM-Behandlungen) differenziert mit den drei Varianten (Kontrolle, sicher und randscharf) vom KH63 + IRS02 (Tab. 2) behandelt. Bei vier dieser Behandlungen konnte die Lückenschaltung nicht ein-

gesetzt werden und es erfolgte alternativ eine durchgängige PSM-Behandlung mit dem RAS 10/90 Q (Tab. 2) in allen Varianten. Es wurde zu diesen Zeitpunkten somit mehr PSM in den Lückenschaltungsvarianten ausgebracht als dies sonst, bei funktionierender Lückenschaltung, der Fall gewesen wäre. Bei zwei Behandlungen traten folgende Probleme während der Pflanzenschutzmittelausbringung mit dem KH63 + IRS02 auf:

Mitte April traten durch sonnenbedingte UV-Strahlung Fehlschaltungen auf; die Düsen öffneten somit häufiger als gewünscht. Aufgrund dessen stellte die Firma ELMED ab Mitte Mai für die letzten 11 Behandlungen Sonnenblenden für die Sensoren bereit, um diese Fehlschaltungen zu verhindern.

Des Weiteren konnte Anfang Mai in den beiden Lückenschaltungsvarianten eine korrekte Benetzung der oberen Äste nicht gewährleistet werden, da aufgrund eines Defekts am klappbaren Sensormast der Abstand der oberen Sensoren zu den oberen 5 Düsen nicht korrekt war.

Tab. 6: PSM-Einsparung [%] 2017 in der Versuchsanlage des Betriebs 1 und Betriebs 2 im unbelaubten und voll belaubten Zustand je Lückenschaltungsvariante

Betrieb:		1		2	
Lückenschaltungsvariante:		sicher	randscharf	sicher	randscharf
PSM-Einsparung [%]:	unbelaubt (Betrieb 1: 06.04.2017 / Betrieb 2: 30.03.2017)	9%	34%	49%	71%
	belaubt (Betrieb 1: 05.09.2017 / Betrieb 2: 19.10.2017)	7%	15%	15%	31%

Zum Zeitpunkt der Ernte wurden an 2 Pflückterminen (25.09./10.10.2017) aus der Versuchsfläche jeweils 320 kg Äpfel pro Variante und Pflücktermin entnommen und auf Fruchtschorfbefall untersucht. Die im unbelaubten und belaubten Zustand ermittelten PSM-Einsparungen der Lückenschaltungsvarianten auf der Versuchsfläche sind der **Tabelle 6** zu entnehmen.

Betrieb 2 – KT30 + IRS02

Beim zweiten Betrieb erfolgten die PSM-Behandlungen auf der Versuchsfläche (Tab. 5) in den drei Varianten 2017 mit dem KT30 + IRS02 (Tab. 2). Bei diesem Sprühgerät wurde ebenfalls bei starker Sonneneinstrahlung vereinzelt beobachtet, dass die Magnetventile auf der sonnenzugewandten Seite länger als üblich geöffnet blieben. Da während der PSM-Saison 2017 für die IRS02 des KT30 aber keine Sonnenschutzblenden zur Verfügung standen, unterblieb zum Teil die Abschaltung der Düsen, was in den Lückenschaltungsvarianten dazu geführt haben könnte, dass mehr PSM ausgebracht wurde als dies sonst der Fall gewesen wäre.

Zum Zeitpunkt der Ernte wurden an einem Pflücktermin (12.09.2017) aus der Versuchsfläche jeweils 320 kg Äpfel pro Variante entnommen und auf Fruchtschorfbefall untersucht. Die im unbelaubten und belaubten Zustand ermittelten PSM-Einsparungen der Lückenschaltungsvarianten auf der Versuchsfläche sind der **Tabelle 6** zu entnehmen.

Ergebnisse Betrieb 1 + 2

Beim Betrieb 1 war 2017 sowohl bei der 1. als auch bei der 2. Pflücke durch den Einsatz der Lückenschaltung (KH 63 + IRS02) eine Erhöhung des Fruchtschorfbefalls im Vergleich zur durchgängigen PSM-Behandlung festzustellen (**Abb. 7**). Bei der 1. Pflücke war der Anteil mit Fruchtschorf befallener Äpfel um über 7 bzw. über 8% erhöht, bei der 2. Pflücke um über 4 bzw. über 6%. Beim Vergleich der beiden Lückenschaltungsvarianten untereinander konnten keine Unterschiede im Auftreten des Fruchtschorfbefalls durch die Verwendung der randscharfen Variante festgestellt werden. Ein möglicher Erklärungsansatz für den tendenziell höheren Befall bei der 1. Pflücke ist,

dass zu diesem Zeitpunkt gepflückte Äpfel weiter außen sitzen und daher aufgrund der Lückenschaltung weniger PSM angelagert wurde als bei Äpfeln, die direkt in einer durchgängigen Laubwand positioniert sind.

Aufgrund der Einzellige des Betriebs 2, dem geringen Vorjahresbefall und der vorherrschenden Witterung 2017 war der Schorfdruck 2017 aufgrund des geringen Ascosporenangebots aus dem Vorjahr für diesen Betrieb als gering einzustufen. Der Fruchtschorfbefall zur Ernte war unabhängig von der Variante immer $\leq 1,1\%$. Es konnte kein Unterschied des Befalls der beiden Lückenschaltungsvarianten im Vergleich zur Kontrolle beobachtet werden.

Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Zum Ende der Projektlaufzeit lag ein Preiskonzept der Firma Wanner für die im Projekt entwickelte Lückenschaltung als Nachrüstsatz für bereits im Gebrauch befindliche Sprühgeräte in drei Ausführungen (mit 14, 16 und 18 IRS02) vor. Um den voraus-

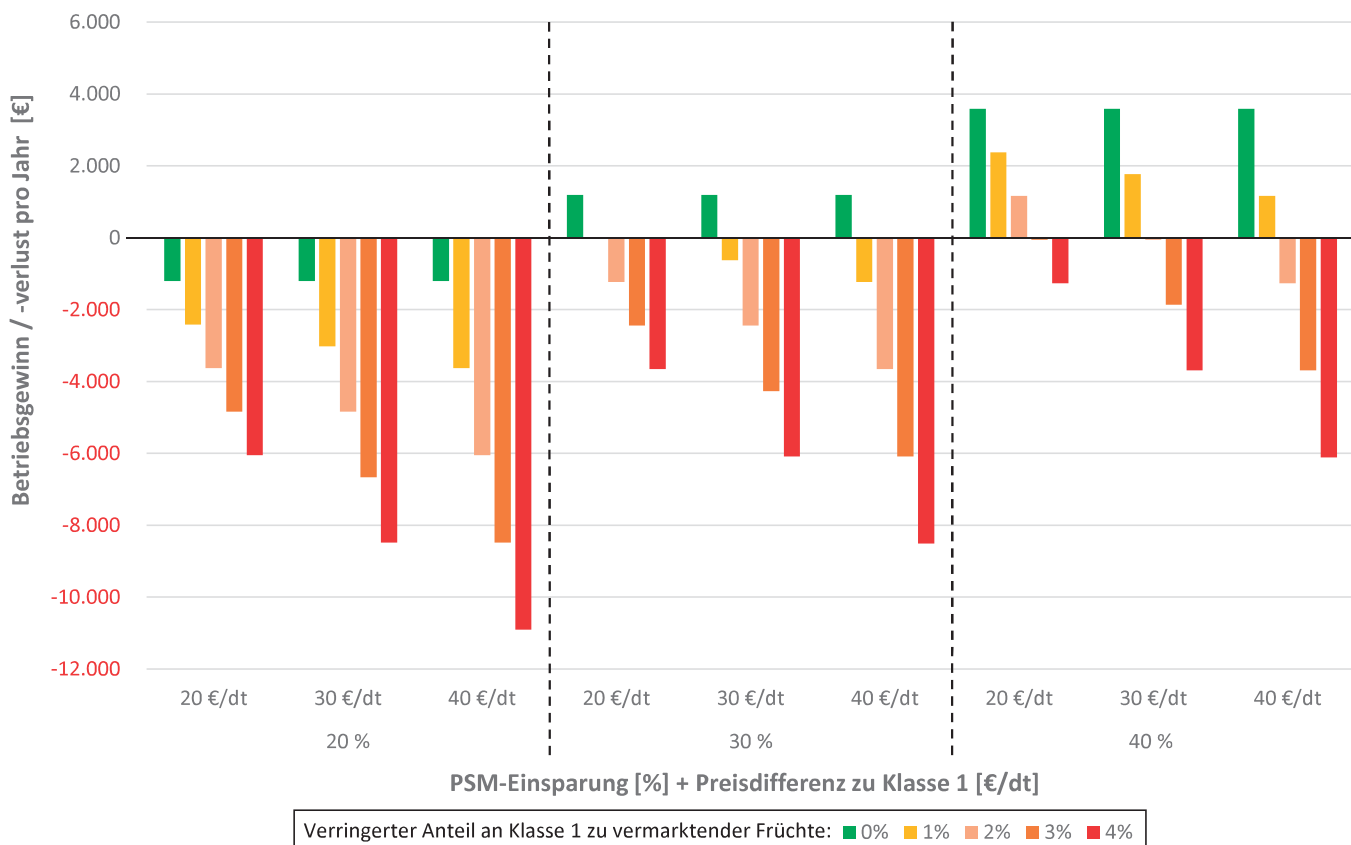


Abb. 8: Betriebsgewinn / -verlust pro Jahr [€] bei unterschiedlichen PSM-Einsparraten (20, 30 und 40%), verschiedenen Preisdifferenzen zu Klasse 1 (20, 30 und 40 €/dt) sowie bei unterschiedlichem Anteil an Klasse 1 zu vermarktender Früchte (0, 1, 2, 3 und 4%) durch den Einsatz der Lückenschaltung.

sichtlichen Nutzen der Technik auch monetär quantifizieren zu können, wurde eine betriebswirtschaftliche Betrachtung mit folgenden Annahmen vorgenommen: Um eine möglichst präzise Applikation gewährleisten zu können, wurde die Lückenschaltung mit 18 IRS02 für 38.975 € [inkl. 19% MwSt.] (Preisliste 2018 „Hochleistungs-Sprayer für den modernen Pflanzenschutz“ der Firma Wanner) ausgewählt. Als Ersatzteile liegen die Kosten für ein IRS02 bei ~ 950 € und ein Magnetventil bei ~ 200 € (REISCHMANN, 2017). Um die jährlichen Kosten für dieses System zu ermitteln, wird von einem Abschreibungszeitraum von 10 Jahren ausgegangen. Für die Hälfte der Anschaffungskosten werden 3% Zinsen pro Jahr fällig. Da die Belastung der Magnetventile bei der Lückenschaltung gegenüber einem Standardsprühgerät deutlich erhöht und zudem eine Vielzahl an Elektronik verbaut ist, wird mit erhöhten Reparaturkosten von ungefähr 1.500 € pro Jahr gerechnet. Für die folgende Rechnung wird davon ausgegangen, dass das Sprühgerät bei jeder der 25 PSM-Behandlungen pro Jahr (ROSSBERG & HARZER, 2015; HOLTHUSEN, 2017) immer mit 1.200 l Spritzbrühe gefüllt wird und 450 l/ha (150 l/ha und m Kronenhöhe) ausgebracht werden. Pro Tankvorgang wird mit 25 € (Arbeits- + Betriebskosten) je Tankvorgang gerechnet. Beim Einsatz der Lückenschaltung reduzieren sich diese Kosten, da das Gerät je nach PSM-Einsparung seltener befüllt werden muss. Zusätzlich wird für die betriebswirtschaftliche Betrachtung angenommen, dass die jährlichen PSM-Kosten 1263 €/ha betragen (GÖRGENS, 2017). Der fiktive Betrieb besitzt 25 ha Äpfel und erntet 379 dt/ha. Da aufgrund der geringeren Aufwandmenge an PSM pro ha unter Umständen mit einem höheren Schaderregerebefall gerechnet werden muss, wird ein von 0-4% erhöhter Anteil an Äpfeln, der nicht Klasse 1 vermarktet werden kann, angenommen. Um auch in kritischen Pflanzenschutzsituationen den 25 ha Betrieb innerhalb von max. 8 Stunden behandeln zu können, wird die Lückenschaltung auf 16 ha eingesetzt und die restliche Fläche konventionell behandelt.

Unter den vorherigen Annahmen kommt es bereits bei 3% Verringe-

rung an Klasse 1 zu vermarktender Früchte durch den Einsatz der Lückenschaltung in jedem Fall zu einem betriebswirtschaftlichen Verlust (Abb. 8). Je nach Annahme der PSM-Einsparung und der Preisdifferenz zu Klasse 1 ist das in diesem Beispiel ein Betriebsverlust von -50 bis -10.905 € pro Jahr bei 3 bzw. 4% geringerem Anteil an Klasse 1 zu vermarktender Früchte durch den Einsatz der Lückenschaltung. Nur bei höheren Einsparraten ohne eine große Zunahme des Schaderregerebefalls sind Betriebsgewinne durch den Einsatz der Lückenschaltung zu realisieren.

Verbesserungen und Optimierungsmöglichkeiten

Während des Projekts ist es durch die Praxiserprobung gelungen, viele Verbesserungsmöglichkeiten bei der Lückenschaltung umzusetzen. So hat sich u.a. gezeigt, dass die Anbringung einer zusätzlichen 3-poligen Steckdose am Schlepper nötig ist, welche direkt von der Batterie den Strom liefert (Kabelquerschnitt mind. 6 mm²), damit auch bei Drücken über 10 bar die Magnetventile korrekt öffnen und schließen.

Zum Ende des Projektes besteht jedoch in einigen Bereichen bei der verfügbaren Lückenschaltung noch Handlungsbedarf:

Zum Schutz der Elektronik der Magnetventile müssen für die Kabelzuführung passende Dichtungen gefertigt werden, die ein Eindringen von Flüssigkeiten und somit einen Ausfall des Ventils verhindern. Des Weiteren sind Nachbesserungen an der Spule der neuen Magnetventile erforderlich, da an diesem Bauteil bereits mehrfach Defekte auftraten. Im Vergleich zu "Standardventilen" erfordern die genutzten Ventile einen höheren Wartungsaufwand (häufigeres Spülen), um Verstopfung durch PSM-Rückstände zu vermeiden.

Die vereinzelt auftretende Kondenswasserbildung hinter dem Sensorglas bei den IRS02 sollte durch ein besseres Belüftungssystem behoben werden.

Des Weiteren war die Konzeptionierung und Gestaltung der Sensorleiste an den Sprühgeräten optimierungsbedürftig. So war z.B. eine

beliebige Positionierung der Sensoren auf der hydraulisch klappbaren Sensorleiste beim KH63 + IRS02 nicht gewährleistet.

Robustere Gehäuse für die Elektronik müssen verbaut werden, da es bereits während der Praxisphase zu einem Wassereintritt in den alten Gehäusen kam.

Es bleibt zu klären, ob Sonnenblenden zwingend notwendig sind und welche Größe diese Blenden haben sollten. Es ist in den Praxisbetrieben aufgefallen, dass die Blenden zu weit vom Gerät weg ragen, so dass Bäume verletzt werden könnten. Des Weiteren ist unklar, ob die Detektionsleistung durch die Blenden eingeschränkt wird.

Um ein zu spätes Einschalten der Düsen am Vorgewende nach einer Kurvenfahrt zu verhindern, muss das Gesamtsystem der Lückenschaltung zukünftig mit einem 2. Radsensor und einer neuen Software ausgestattet werden. Anstelle von einzelnen Impulsgebern auf der Impulsscheibe könnte in Zukunft eine gelochte Impulsscheibe Probleme bei der Impulserkennung verhindern.

Wünschenswert wäre es, wenn auch spezielle Ersatzteile bei den Landmaschinenhändlern vor Ort verfügbar wären, damit eine Reparatur erfolgen kann.

Vor Inbetriebnahme eines Lückenschaltungssystems ist es zudem notwendig, dies an die individuellen Applikationsbedingungen / die Anlagenstruktur des Käufers sowie an dessen betriebspezifischen Applikationsparameter (z.B. verwendete Düse, Druck, Fahrgeschwindigkeit usw.) anzupassen. Die Art und Weise (mittels Bedienungsanleitung/Dienstleistung), dies zukünftig umzusetzen, ist seitens der Hersteller noch nicht abschließend geklärt, aber unbedingt erforderlich.

Dem Praxiseinsatz war es geschuldet, dass zahlreiche Änderungswünsche und Verbesserungsvorschläge wie z.B. eine automatische Überprüfung der Funktionalität der Sensoren und eine einfach anzuwendende Einzeldüsenabschaltung vom Terminal bei durchgängiger PSM-Behandlung für das anfänglich verbaute Bedienterminal an die Firma ELMED weitergeleitet wurden. Dies bewog die Firma ELMED dazu, während der Projektlauf-

zeit mit der Entwicklung eines 8 Zoll großen farbigen Bedienterminals mit neuer Software für die Lückenschaltung zu beginnen. Zur Inbetriebnahme/Testung dieses Bauteils ist es jedoch nicht gekommen.

Weitere Vorgehensweise der Hersteller

Die Firma ELMED bietet die im Projekt getestete Lückenschaltung unter dem Namen „OptiSave“ mit neuen Magnetventilen an. Je nach Anzahl der Sensoren (4 - 20 IRS02) soll das OptiSave-System (Stand März 2018) ohne Einbau und Magnetventile circa 8.000 - 12.500 € kosten.

Zur Nutzung eines Lückenschaltungssystems besonders im verlustmindernden Bereich, welcher speziell im Alten Land aufgrund der Altes Land Pflanzenschutzverordnung erforderlich ist, wäre es notwendig, das seitens des Herstellers ein Antrag auf JKI-Anerkennung und Eintragung in das Verzeichnis Verlustmindernde Geräte in die Abschnitte Abdriftminderung und PSM-Einsparung gestellt werden würde.

Fazit des Projekts

Während der Projektlaufzeit ist es gelungen, mit Hilfe der Firmen Wanner und ELMED die Technik der zu Beginn des Projekts verfügbaren Lückenschaltung weiterzuentwickeln und ihnen durch den Praxiseinsatz der Geräte noch weitere Optimierungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Es konnte nachgewiesen werden, dass PSM eingespart werden können und im Vergleich zur durchgängigen Applikation mit der Lückenschaltung die Abdrift und somit der Eintrag auf Nichtzielflächen deutlich minimiert werden kann. Vermutlich sind die Ursachen für das biologische Abschneiden der Lückenschaltungsvarianten im Vergleich zur Kontrolle multifaktoriell zu sehen. So könnten Witterungseinflüsse während der PSM-Applikation (z.B. Wind) dazu führen, dass nur ein geringerer Anteil an PSM die Zielfläche erreicht und der Rest durch Abdrift verloren geht. Gleichzeitig resultieren aus der Reduzierung der Aufwandmengen verringerte Blattbelastung, wodurch ein höheres Befallsrisiko durch Schaderreger besteht.

Dies lässt sich dadurch erklären, dass z.B. bei geschlossener oberer Düse keine zusätzliche Spritzflüssigkeit in den unteren Kronenbereich fällt, wie dies bei der durchgängigen PSM-Behandlung der Fall wäre. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass im Obstbau vorrangig Kontaktfungizide eingesetzt werden, sodass für eine gute Wirkung ein ausreichender PSM-Belag dort vorhanden sein muss, wo sich die infizierende Pilzspore auf dem Blatt befindet. Laut WEBER & KRUSE (2015) wird die Leistungsfähigkeit der Pflanzenschutztechnik besonders auf Praxisauglichkeit überprüft, wenn die Aufwandmengen von PSM gegen Schorf reduziert werden. In schweren Schorfjahren kann dies zu einer Überschreitung der Leistungsgrenze der Fungizide und somit zu einer starken Erhöhung des Schorfbefalls führen. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass unter Praxisbedingungen zu jedem Zeitpunkt alle Objekte durch die verbaute Sensortechnik aufgrund ihrer Größe, Form und Farbe auch korrekt detektiert werden. Diesbezüglich erfolgen aktuell noch Versuche unter Laborbedingungen, um die Leistungsfähigkeit der verwendeten IR-Sensoren hinsichtlich der Detektionsfähigkeit zu bestimmen.

Zum Abschluss des Projekts ist zudem die Wirtschaftlichkeit dieser Lückenschaltung unter derzeit bekannten Kosten kritisch zu betrachten und zur Erreichung einer Marktreife noch weiterer Forschungsbedarf notwendig.

Danksagung

Unser besonderer Dank für die Kooperation im Projekt OLSVA (Optimierung einer Lückenschaltung als Voraussetzung für eine präzise Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau, (Förderkennzeichen: 2815IP003) gilt folgenden Personen, Institutionen und Betrieben: Dem Obstbaubetrieb Dirk und Kim Eberstein, dem Obsthof Riess, dem Institut für Züchtungsforschung an Obst am JKI in Dresden-Pillnitz, dem JKI/AT in Braunschweig, der Hans Wanner GmbH – Maschinen und Fahrzeugbau (Wangen im Allgäu, Deutschland) sowie der Firma ELMED GmbH (Bozen, Italien). Des Weiteren

geht unser Dank an die Kollegen der ESTEBURG für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung und -auswertung.

Literatur

- BERK, P., HOCEVAR, M., STAJNKO, D. & BELSAK, A. (2016). Development of alternative plant protection product application techniques in orchards, based on measurement sensing systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 273-288.
- GANZELMEIER, H., LAMPRECHT, S., GARRELT, J., SCHMIDT, K., BISCHOFF, G. & SÜSS, A. (2005-2008). Abschlussbericht für das FuE-Vorhaben „Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften Deutschlands“
- GÖRGENS, M. (2017). Betriebsvergleich Niederelbe 2015/2016. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **72**: 202-210.
- HOLTHUSEN, H.H.F. (2017). Persönliche Mitteilung des Mitarbeiters der Abteilung Pflanzenschutz und Diagnostik am ESTEBURG-Obstbauzentrum Jork im Dezember 2017.
- HUHS, J., GÖRGENS, M., OVERBECK, V. & PELZER, T. (2017). Weiterentwicklung einer Lückenschaltung für Sprühgeräte - Kurzbericht zum Projekt OLSVA - *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **72**: 211-212.
- JULIUS KÜHN-INSTITUT, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz (2018). Abschlussbericht des Projekts „Optimierung einer Lückenschaltung am Sprühgerät als Voraussetzung für eine präzise Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau (OLSVA)“. <https://doi.org/10.2314/GBV:1024322661>
- KOCH, H., FUNKE, H.G. & WEISSER, P. (1996-1997). Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Verringerung der Umweltbelastung durch Neuentwicklung innovativer Systemtechnik zur selektiven Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in Weitraumplantagen“
- MIRANDA-FUENTES, A., RODRIGUEZ-LIZANA, A., CUENCA, A., GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, E.J., BLANCO-ROLDÁN, G.L. & GIL-RIBES, J.A. (2017). Improving plant protection product application in traditional and intensive olive orchards

through the development of new prototype air-assisted sprayers. *Crop Protection* **94**: 44-58.

OBSTBAUVERSUCHSANSTALT JORK (2018). Abschlussbericht des Projekts „Optimierung einer Lückenschaltung am Sprühgerät als Voraussetzung für eine präzise Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau (OLSVA)“. <https://doi.org/10.2314/GBV:1028671881>

OVERBECK, V., WEGENER, J. K. & PELZER, T. (2018). Welche technischen Komponenten sind unverzichtbar für eine lückenabhängige Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Apfelanbau? 52. Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Tagung (28. Februar - 02. März) in Geisenheim, BHGL-Schriftenreihe 33, S. 154.

REISCHMANN, A. (2017). Persönliche Mitteilung des Mitarbeiters (Bachelor of Engineering) der Firma Hans Wanner GmbH – Maschinen und Fahrzeugbau aus Wangen im September 2017.

ROSSBERG, D. & HARZER, U. (2015). Erhebung zur Anwendung von Pflan-

zenschutzmitteln im Obstbau. *Journal für Kulturpflanzen* **67**: 85-91.

WEBER, R.W.S. & KRUSE, P. (2015). Die Schorfjahre 2013 und 2014 an der Niederelbe, nach einem Vortrag auf den Norddeutschen Obstbautagen 2015. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **70**: 110-123.

WEI, Z., XIU, W., WEI, D., SHUAI, S., SONGLIN, W. & PENGFEI, F. (2015). Design and Test of Automatic Toward-target Sprayer used in orchard. The 5th Annual IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems, June 8–12, Shenyang, China.

ZHAO, X., LI, Y., LIU, X., NIU, Z. & YUAN, J. (2018). Ultrasonic Sensing System Design and Accurate Target Identification for Targeted Spraying. Wang, K., Wang, Y., Strandhagen, J., und Yu, T. (eds). *Advanced Manufacturing and Automation VII. IWAMA 2017. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 451. Springer, Singapore.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.“



Der Marktplatz für Obstbauern: www.esteburg.de

Ihre Möglichkeiten:

- Baumhandel
- Gebraucht- und Leihmaschinen
- Lagervermittlung
- Pflanzenschutz- und Düngeaufzeichnungen

Ihre Vorteile:

- Angebote selbst einstellen
- Angebote selbst pflegen
- Sicherheit durch geschlossene Benutzergruppen

Lassen Sie sich noch heute Ihren Zugang einrichten.
Ihr Ansprechpartner: Uwe Geller (04162-6016-151)

