

Applikation von Pflanzenschutzmittel durch Spritzdrohnen

Geräteprüfung, aktuelle Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Autoren: Martin Joos, Jan Reustle und Dr. Manuel Becker
Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Referat
Weinbau und Rebschutz, Traubenplatz 5, 74189 Weinsberg

Es ist geschafft, die Teilnehmer des EIP-Agri Projekts "Einführung von Spritzdrohnen in den Steillagen-Weinbau" haben beim JKI in Braunschweig die ersten Spritzdrohnen in Deutschland als amtlich geprüfte und anerkannte Pflanzenschutzgeräte bescheinigen lassen.

Die Anerkennung als Pflanzenschutzgerät wird für die Spritzdrohnen der Agras-Serie MG-1S, MG-1P und T16 im Januar 2020 ausgesprochen. Die Prüfung erfolgte auf Antrag der Firma Droneparts (Hessigheim) in Kooperation mit der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (LVWO Weinsberg) und drei Weinbaubetrieben bzw. Genossenschaften. Die Winzer aus dem württembergischen Lauffen a.N. und Mundelsheim sowie dem südbadischen Glottertal wurden als Teilnehmer des EIP-Agri-Projekts zu Piloten für Spritzdrohnen ausgebildet und in der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln trainiert.

EIP-Agri Projekt

Im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft "Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit" (EIP-Agri) fördert die Europäische Kommission und das Land Baden-Württemberg das EIP-Agri Projekt "Einführung von Spritzdrohnen in den Steillagenweinbau" mit einem Budget von ca. 450.000 € bei einer Laufzeit von 3 Jahren (2018 – 2020). In dem Projekt wird der Einsatz von Spritzdrohnen der DJI Agras Serie (MG-1S/1P und T16) zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln insbesondere in Handarbeitslagen geprüft. Das Projekt hat das Ziel, die biologische Wirksamkeit für den Pflanzenschutz Einsatz mittels Spritz-

drohnen bei verschiedenen Gelände-modellen in Baden-Württemberg zu überprüfen und zu optimieren. Zudem werden Winzer angeleitet, die Applikation von Pflanzenschutzmitteln durch Spritzdrohnen im Steillagenweinbau durchzuführen. Die Erfahrungen aus den Schulungen, des Flugtrainings sowie der Wartung und Instandhaltung der Spritzdrohne fließen in ein Ausbildungs- und Wartungsprogramm für zukünftige Anwender ein.

Rechtliche Regelungen für die Applikation von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft

Die Applikation von Pflanzenschutzmittel durch unbemannte Luftfahrzeuge ist derzeit durch das deutsche Pflanzenschutzgesetz verboten. Das Pflanzenschutzgesetz (§ 18 Abs. 2 PflSchG) sieht jedoch Ausnahmen für die Applikation von Pflanzenschutzmittel durch Luftfahrzeuge für den Steillagenweinbau und im Kronenbereich von Wäldern über ein Genehmigungsverfahren vor. Die Verwendung von Spritzdrohnen soll dabei den Eintrag von Pflanzenschutzmittel auf Nicht-Zielflächen mindern und die hohe körperliche Belastung bei der Bewirtschaftung von Steillagen reduzieren. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit und der Erhalt von Steillagen-Bewirtschaftung gestärkt werden. Die Autoren sehen jedoch den Einsatz von Spritzdrohnen in Baden-Württemberg nicht als Ersatz für den Helikopter, sondern als Ergänzung bzw. als Alternative zu händisch durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen wie Rücken- bzw. Schlauchspritzungen.

Geräte-Anerkennungsprüfung der DJI Agras Serie (MG-1S/1P und T16)

Nach dem deutschen Pflanzenschutzgesetz dürfen Pflanzenschutzgeräte keine Gefahr für Mensch, Tier, Grundwasser und die natürliche Umwelt darstellen und müssen den JKI-Richtlinien entsprechen. Aus diesem Grund wurden die Spritzdrohnen der DJI Agras Serie (MG-1S/1P und T16) beim JKI zur freiwilligen JKI-Anerkennungsprüfung für Pflanzenschutzgeräte angemeldet. Die technische Begutachtung und Querverteilungsmessung beim JKI Braunschweig sowie die Prüfung der Sprüheinheit durch die SVLFG wurden absolviert. Die praktische Einsatzprüfung auf Flächen in Baden-Württemberg wurde in den Jahren 2018 und 2019 durchgeführt. Die Prüfung auf Abdriftminderung wurde ebenfalls beantragt und für alle Spritzdrohnen der DJI Agras Serie entsprechende Abdriftmessungen nach der JKI-Richtlinie 7-1.5 im Freiland durch das LTZ Augustenberg und die LVWO Weinsberg durchgeführt.

Querverteilungsmessung

Die Spritzdrohnen werden von der Firma DJI produziert. Seitens des Herstellers erfolgen jedoch keine Anwendungs- oder Handlungsempfehlungen. Aus diesem Grund wurden umfangreiche Versuche und Messungen zur Charakterisierung dieser Applikationstechnik durchgeführt. Die ersten Messungen mit den Spritzdrohnen umfasste die Messung der Querverteilung auf dem Prüfstand des JKI Braunschweig zur Bestimmung der Arbeitsbreite. Dafür wurden die Drohnen an einen Stapler fixiert und über den Prüfstand gehoben, um bei laufenden Rotoren die Messungen durchzuführen. Die getesteten Geräte der DJI Agras Serie wiesen bei den Modellen MG-1S/1P wie auch bei dem Modell T16 eine Arbeitsbreite von 3 m auf (Abb. 1). Eine Steigerung der Flughöhe von 3 m auf 4 m hatte keinen Einfluss auf Arbeitsbreite.

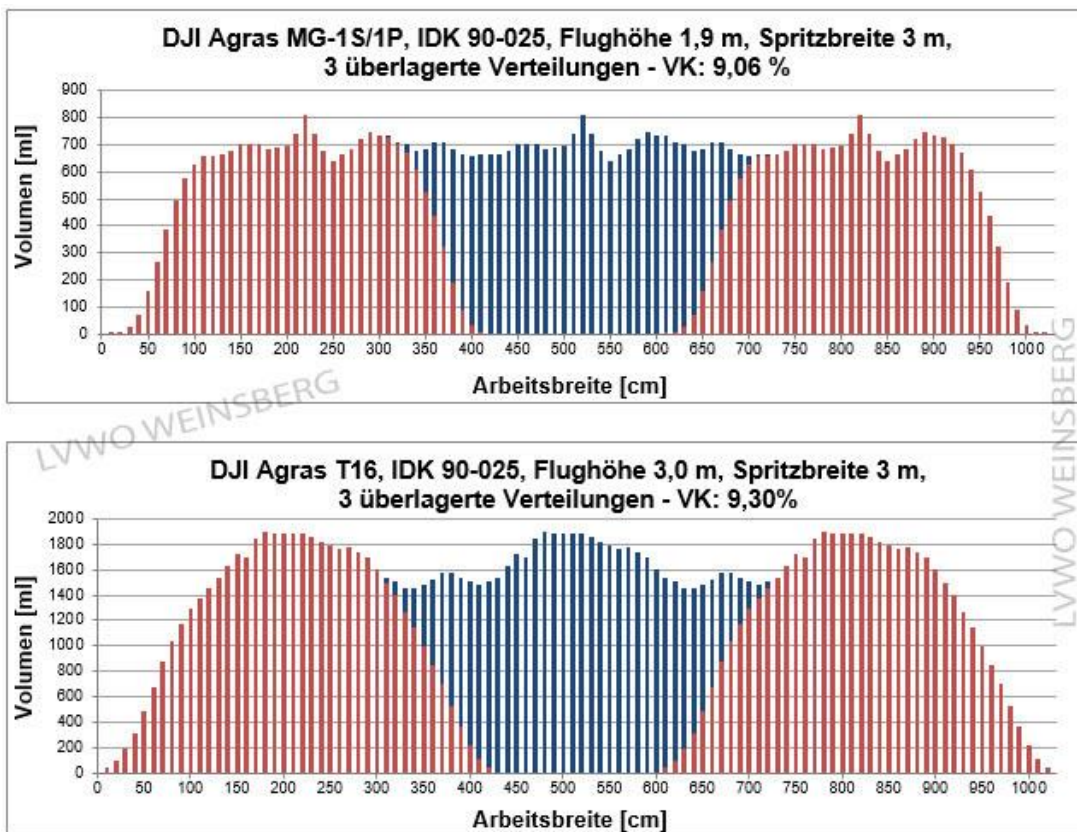


Abbildung 1: Querverteilungsmessung beim JKI Braunschweig zur Bestimmung der Arbeitsbreite der Spritzdrohnen DJI Agras MG-1S/1P und T16.

Modelle DJI Agras MG-1S/1P

Die Spritzdrohnen der Modelle DJI Agras MG-1S bzw. 1P verfügen über fest verbaute 10 L-Behälter und haben ein maximales Aufstiegs-gewicht von 24,8 kg (Abb. 2). Die Drohnen erfassen über Rada-sensoren das Terrain und regulieren in Echtzeit entsprechend die Flughöhe. Unter vier der acht Rotoren ist jeweils eine Düse verbaut. Die technische Ausstattung

erlaubt die Durchführung eines auto-matischen Überflugs von Flächen mit unterschiedlichen Hangneigungen und Bewirtschaftungsvarianten. Die Flugpla-nung erfolgt über eine Karte auf dem Tablet der Fernsteuerung. Die Flugge-schwindigkeit und die Pumpenleistung wird automatisch berechnet und im Flug-plan hinterlegt.



Abbildung 2: Befüllung des DJI Agras MG-1P mit Pflanzenschutzmittel

Modell DJI Agras T16

Die LVWO Weinsberg und die Firma Droneparts absolvierten bereits im Juli 2019 den ersten Jungfernflug mit dem DJI Agras T16 in Deutschland (Abb. 3). Die Spritzdrohne wird ebenfalls im EIP-Agri Projekt für Versuche und Trainings der Teilnehmer eingesetzt. Das ca. 2,5 m breite UAV verfügt über ein maximales Aufstiegs-gewicht von 40,5 kg und ist mit einem 16-Liter-Wechseltank ausgestattet. Die Spritzdrohne hat sechs Rotoren, die

acht Düsen befinden sich jeweils als Paar unter den vier seitlich ausgerichteten Rotoren (Abb. 4). Bei dem Modell DJI T16 wurde ebenfalls durch die LVWO Weinsberg Flug- und Applikationsparameter für die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel im Steillagenweinbau optimiert. Zusätzlich wurden in der Saison 2019 mit diesem Gerät Blattbelagsuntersuchungen und Abdriftmessungen durchgeführt.

Flugtraining für die Mitglieder des EIP-Agri Projekts

Die Teilnehmer des EIP-Agri Projekts erhielten vor Beginn der Pflanzenschutzsaison 2019 ein mehrtägiges Training in Theorie, Flugpraxis und Durchführung von

Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Spritzdrohnen (Abb. 5). Anschließend waren die Teilnehmer in der Lage das Spritzdrohnen-Modell DJI Agras MG-1P eigenständig zu steuern, Flugpläne zu programmieren und Steillagenflächen im

automatischen Flugmodus mit Pflanzenschutzmittel zu behandeln. Die Winzer aus dem württembergischen Mundelsheim und Lauffen sowie aus dem südbadischen Glottertal führten daraufhin eigenständig mit Spritzdronen in der Saison 2019 im

Rahmen eines Versuchs Pflanzenschutzbehandlungen auf ihren Rebflächen in der Steillage durch, unter Begleitung der LVWO Weinsberg und der Firma Droneparts.



Abbildung 3: DJI Agras T16



Abbildung 4: DJI Agras T16 in der Luft



Abb. 5: Training der Teilnehmer des EIP-Agri Projekts "Einführung von Spritzdronen in den Steillagen-Weinbau" in Baden-Württemberg.

Versuche zur biologischen Wirksamkeit in der Saison 2019

Parallel zu den Einsätzen der Winzer auf ihren eigenen Flächen wurde in den Jahren 2018 und 2019 der Einsatz der Spritzdrohne DJI Agras MG-1S bzw. 1P auf die biologische Wirksamkeit hin untersucht. Im Jahr 2018 war bei der Rebsorte Trollinger auf der Versuchsfäche in Weinsberg ein hoher Befall in der Kontrollfläche ohne Pflanzenschutz zu beobachten. Die Flächen, die mit der Spritzdrohne mit den Aufwandmengen 75 L/ha und 150 L/ha behandelt wurden, zeigten jedoch nur einen geringen Befall an Oidium und Peronospora. Dennoch wurde erkannt, dass Pflanzenschutzbehandlungen allein mittels Spritzdrohne bei hohem Krankheitsdruck nicht

ausreichend sind, um Pilzkrankheiten effizient zu bekämpfen. Aus diesem Grund wurden die Versuche im Jahr 2019 an der Rebsorte Müller-Thurgau in Burg Wildeck bei Abstatt durch Handspritzungen ergänzt. Mittels Spritzdrohne wurden Flächen mit den Aufwandmengen 75 L/ha bzw. 150 L/ha behandelt, jeweils die Hälfte dieser Versuchsfächen wurde mit zwei Handspritzungen der Traubenzone zur Blüte und Traubenschluss behandelt. Um die Unterschiede zwischen den Varianten besser bewerten zu können wurde eine Kontrollparzelle ohne Pflanzenschutz angelegt und auf einer Parzelle der Pflanzenschutz mittels Traktor und Anbauspritze durchgeführt (Abb. 6).



Abbildung 6: Luftbildaufnahme der Versuchsfäche mit Varianten

Für die Behandlungen wurden fast ausschließlich Pflanzenschutzmittel (Tabelle 1) verwendet, die vom BVL für die Anwendung mit Luftfahrzeugen zugelassen bzw. genehmigt sind, lediglich das Mittel Talendo Extra wurde durch das Mittel Talendo ersetzt, da zum Zeitpunkt des Einsatzes kein Kombimittel mit Azol

notwendig war. Die Pflanzenschutzbehandlung mit der Spritzdrohne erfolgte ausschließlich im automatischen Flugmodus. Die Flughöhe betrug ca. 2 m über der Laubwand bei einer Arbeitsbreite von 3 m. Die Fluggeschwindigkeit bei der 75 L/ha-Variante betrug 8 km/h, bei der 150 L/ha-Variante 3,8 km/h. Als Düse wurde die

Injektordüse IDK 90-025 der Firma Lechler verwendet. Diese wurde im Anerkennungsverfahren als Pflanzenschutzgerät auch als Standard-Düse definiert. Zum Termin 5 und 7 wurde vor der Applikation mit der Spritzdrohne eine Behandlung der Traubenzone mit der Schlauchspritze

durchgeführt (Tabelle 1). Der Versuch mit sechs Varianten erfolgte auf einer Gesamtfläche von 0,7 ha. Die Bonituren erfolgten wöchentlich, je Variante wurden 100 Blätter bzw. Gescheine/Trauben in vierfacher Wiederholung bonitiert.

Tabelle 1: Durchgeführte Pflanzenschutzmaßnahmen mit der Spritzdrohne DJI Agras MG-1P (75 L/ha und 150 L/ha); vor der Spritzdrohnen-Applikation zum Termin 5 und 7 wurde eine Behandlung der Traubenzone mit der Schlauchspritze durchgeführt.

Termin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum [Jahr 2019]	17.05.	24.05.	03.06.	11.06.	19.06.	01.07.	11.07.	22.07.	05.08
BBCH	13	53	55	61	65	74	75	78	80
Basisaufwand	1x	1.5x	2x	2.5x	3x	4x	4x	4x	4x
PSM - Peronospora	Delan Pro	Delan Pro	Delan Pro	Orvego	Delan Pro	Delan Pro	Mildicut	Orvego	Mildicut
PSM - Oidium	Talendo	Dynali	Vivando	Dynali	Luna Experience	Talendo	Vivando	Topas	Topas

In Württemberg war im Jahr 2019 ein erheblicher Oidiumdruck zu beobachten. Die Kombination aus sehr hohen Blattzuwächsen von Anfang bis Mitte Juni, sehr hohe Luftfeuchte über diesen Zeitraum und eine lange Blüte bei hoher Anfälligkeit der Gescheine in dieser Phase führten teilweise zu sehr starkem Oidiumbefall. Die Infektionsbedingungen für Peronospora waren aufgrund der hohen Niederschläge zum Ende Mai gegeben. Durch die geringeren Niederschläge und höheren Temperaturen zum Ende Juni hat sich jedoch die Situation bei Peronospora entspannt. Aus diesem Grund werden hier nur die Ergebnisse der Bonituren auf Oidiumbefall vorgestellt.

Die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke des Oidiumbefalls am Blatt stiegen bei der Kontrolle nach dem 25. Juni sehr stark an (Abb. 7). Die Behandlungen mit der Spritzdrohne ergänzt mit zwei Schlauchbehandlungen der Traubenzone zeigten bei beiden Aufwandmengen (75 L/ha und 150 L/ha) einen sehr ähnlichen Verlauf zur Variante Traktor. Diese 3 Varianten zeigen den geringsten Oidiumbefall am Blatt. Bei

den Spritzdrohnen-Varianten ohne Schlauchbehandlung ist sowohl bei der Aufwandmenge 75 L/ha wie auch bei 150 L/ha mit fortschreitender Vegetation ein stark zunehmender Oidiumbefall zu beobachten.

Die Bonitur des Oidiumbefalls an der Traube zeigt ganz klar, dass bei einem hohen Krankheitsdruck wie im Jahr 2019 Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Spritzdrohne durch mindestens zwei Handspritzungen der Traubenzone ergänzt werden müssen, um adäquate Ergebnisse zu erzielen. Die beste Variante wurde durch die Traktor-basierte Behandlung erzielt, dicht gefolgt von der Spritzdrohnen-Variante mit einer Aufwandmenge von 150 L/ha und 2 Schlauchbehandlungen der Traubenzone, knapp dahinter die entsprechende 75 L/ha-Variante (Abb. 8). Die Variante ohne Pflanzenschutz und die Spritzdrohnen-Behandlungen ohne ergänzende Schlauchbehandlung sind unter den vorliegenden Verhältnissen nicht geeignet, um den Oidiumbefall bei Gescheinen bzw. Trauben unter Kontrolle zu halten.

Befallsbonitur Oidium - Blatt

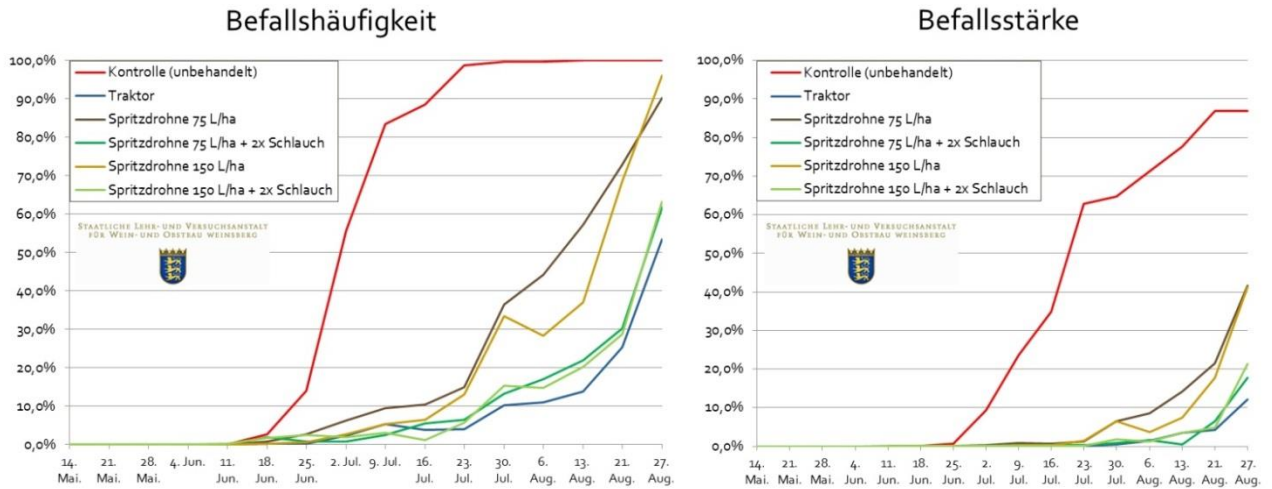


Abbildung 7: Biologische Wirksamkeit der PSM-Applikation mittels DJI Agras MG-1P – Oidium am Blatt

Befallsbonitur Oidium - Traube

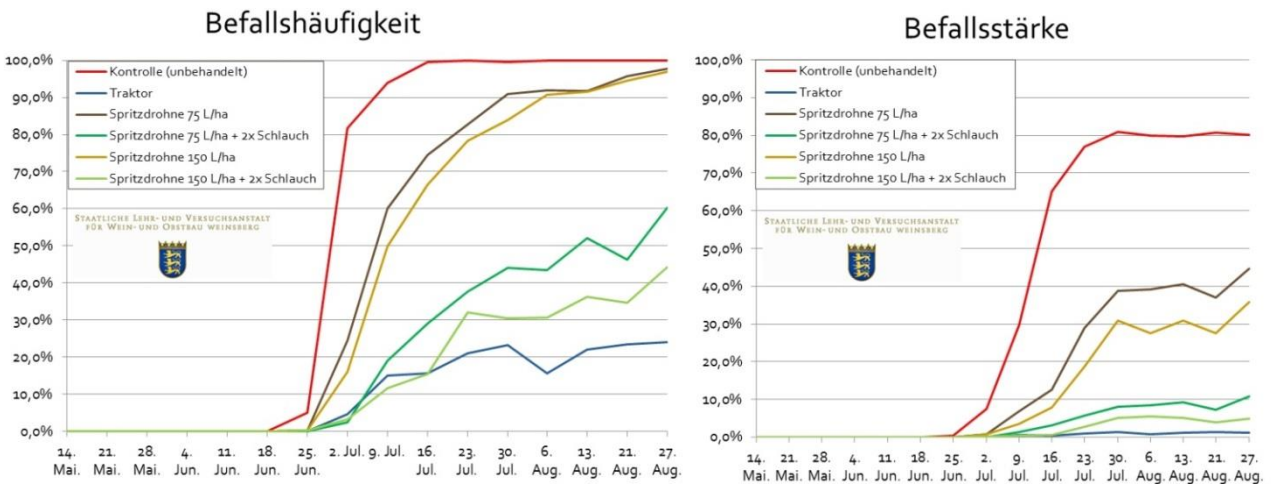


Abbildung 8: Biologische Wirksamkeit der PSM-Applikation mittels DJI Agras MG-1P – Oidium an der Traube

Blattbelagsmessung

Bei der Blattbelagsmessung wurde die Laubwand in 3 Bereiche unterteilt (Unten = unteres Drittel inkl. Traubenzone, Mitte = mittleres Drittel, Oben = oberes Drittel). Die Spritzdrohnen wurde mit 1% BSF-Fluoreszenzfarbstoff-Lösung befüllt und mit einer Aufwandmenge von 75 L/ha im automatischen Modus befliegen. Anschließend wurde die Blattober- und Blattunterseite beprobt (n= 60) und auf

ihre Beläge hin analysiert. Die Messungen mit dem Modell DJI Agras MG-1P zeigen die höchsten Blattbeläge bei beiden Flugrichtungen auf der Blattoberseite im oberen Drittel der Laubwand, gefolgt von den Blattoberseiten im mittleren und unteren Drittel der Laubwand. Beim Flug entlang der Rebzeile (Abb. 9) konnten höhere Blattbeläge auf der Blattober- und Blattunterseite in allen drei beprobten Laubandhöhen im Vergleich zum Flug

quer zur Rebzeile (Abb. 10) beobachtet werden. Diese Unterschiede lassen sich durch die längere Kontaktzeit mit der Laubwand beim Flug entlang der Rebzeile erklären. Die Daten zeigen jedoch auch, dass nur ein sehr geringer Anteil der Pflanzenschutzmittel in den Bereich der Traubenzone gelangt.

Die Empfehlung ist entsprechend die Flugrichtung entlang der Rebzeile zu planen und so die Befliegung durchzuführen. Da bei geschlossener Laubwand keine effiziente Pflanzenschutzmaßnahme der Trauben möglich ist, muss bei hohem Krankheitsdruck die Behandlung der Traubenzone durch Handspritzungen ergänzt werden.

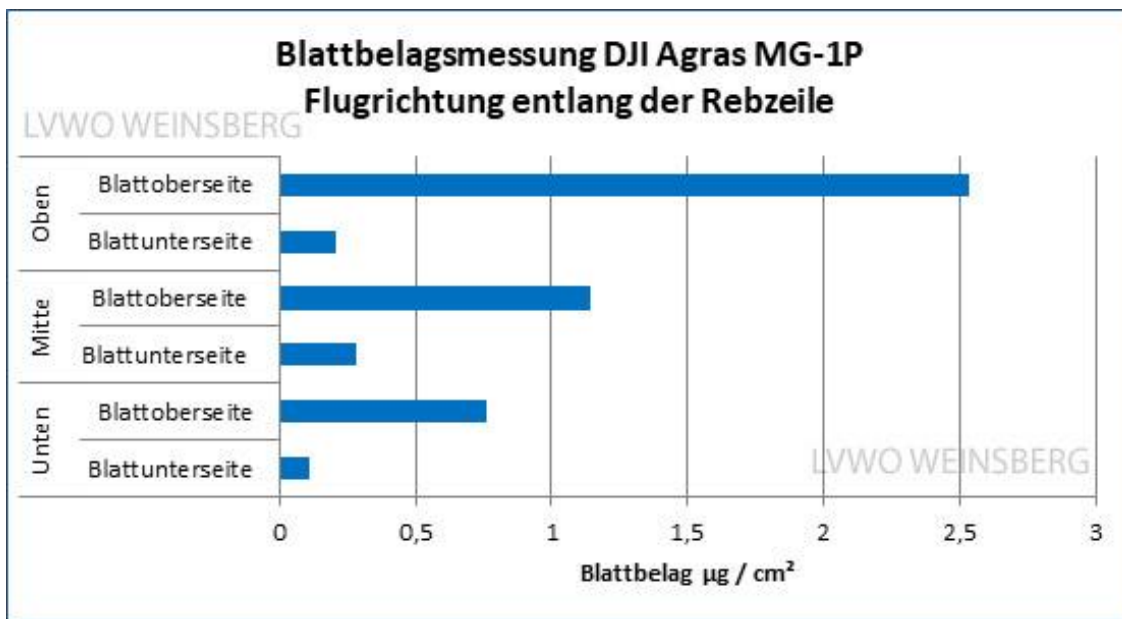


Abbildung 9: Blattbelagsmessung DJI Agras MG-1P – Flugrichtung entlang der Rebzeile

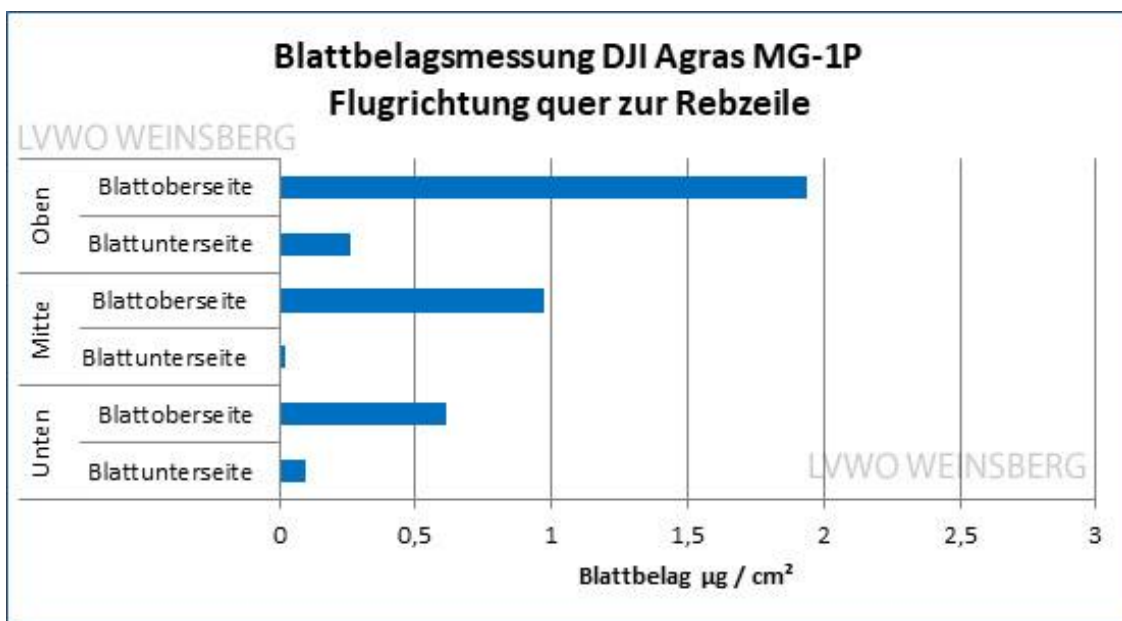


Abbildung 10: Blattbelagsmessung DJI Agras MG-1P – Flugrichtung quer zur Rebzeile

Abdriftmessung

Die Messung der Abdrift mit den Spritzdrohnen DJI Agras MG-1P und T16 wurden mit der Injektor-Düse IDK 90-025 (Firma Lechler) und einer Aufwandmenge von 75 L/ha durchgeführt (Abb. 12). Die Flugparameter der Spritzdrohnen erfolgten entsprechend den Handlungsempfehlungen in Tabelle 2. Der Flugplan wurde senkrecht zum Messfeld angelegt und eine Rebzeile als Puffer verwendet. Beim Abbremsen zum Reihenende wurde bei der Spritzdrohne im automatischen Flugmodus ein Düsenstrang abgeschaltet, um bei geringeren Geschwindigkeiten eine Überkonzentration der Pflanzenschutzmittel zu verhindern. Dies hat zur Folge, dass die Abdrift unter den beschriebenen Bedingungen beim DJI Agras MG-1P um

über 95%, beim T16 um über 85% gegenüber dem Basiswert reduziert werden konnte. Das höhere Gewicht des T16 und die Verwendung von sechs Motoren erfordern stärkere Motoren mit größeren Rotoren die einen stärkeren Luftstrom erzeugen. Der stärkere Luftstrom verursacht eine geringere Abdriftminderung im Vergleich zum MG-1P, hat jedoch eine bessere Benetzung der unteren Laubwandbereiche zur Folge. Die Abdriftmessungen zeigen, dass die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Spritzdrohnen ein sehr hohes Potential besitzt, den Eintrag von Pflanzenschutzmittel auf Nicht-Zielflächen zu reduzieren.



Abbildung 11: Ladung der Akkus mittels Generator neben der Rebfläche



Abbildung 12: Abdriftmessungen mit Unterstützung des LTZ Augustenberg

Handlungsempfehlungen

Auf Basis der Ergebnisse aus den Versuche und Messungen der vergangenen Jahre wurden Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mit Spritzdrohnen der DJI Agras Serie erarbeitet (Tabelle 2). Der Flug sollte generell im automatischen Flugmodus durchgeführt werden, dies gewährleistet die Einhaltung der Flughöhe von ca. 2 m über der Laubwand und bei gleichbleibender

Geschwindigkeit die gleichmäßige Ausbringung der Pflanzenschutzmittel. Bei hohem Krankheitsdruck sollten mindestens 2 Handspritzungen in die Traubenzone zum Zeitpunkt der Blüte und zum Traubenschluss durchgeführt werden. Im automatischen Flugmodus lassen sich Fluggeschwindigkeiten von bis zu 8,0 km/h beim DJI Agras MG-1P und bis zu 12,8 km/h beim T16 einstellen. Die reine

Flugzeit pro ha beträgt bei einer Arbeitsbreite von 3 m und diesen Geschwindigkeiten beim MG-1P ca. 25 min und beim T16 ca. 15 min. Hinzu kommen jedoch noch Anfahrt und

Rüstzeiten wie Aufbau, Flug zur Rebfläche und Rückflug zum Landeplatz, Akku-Wechsel und Nachfüllen des Tanks. Je nach Personenanzahl und eingespieltem Team können diese Zeiten stark variieren.

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Spritzdrohnen des DJI Agras Serie.

	Vor Blüte, nach Traubenschluss	Im Blütebereich
• Spritzmittelaufwand	75 L/ha	150 L/ha
• Applikationsintervall	10 – 12 Tage	7 Tage
• Handapplikationen	2 Spritzungen - zur Blüte und Traubenschluss	
• Automatischer Flug	✓	✓
	MG-1S/1P	T16
• Fluggeschwindigkeiten	75 L/ha: 8,0 km/h 150 L/ha: 3,X km/h	75 L/ha: 12,4 km/h 150 L/ha: 8,0 km/h

Danksagung und Ausblick

Die Autoren bedanken sich bei der Europäischen Kommission und dem Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg für die Förderung des EIP-Agri Projekts (Abb. 13) sowie beim JKI Braunschweig - Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, dem LTZ Augustenberg, dem RP Stuttgart und allen Unterstützern für die gute Zusammenarbeit.

Die Spritzdrohnen wurden im EIP-Agri Projekt von den beteiligten Personen im Rahmen des Versuchswesens der LVWO Weinsberg eingesetzt und betrieben. Die Schwerpunkte der Versuche im Jahr 2020 liegen bei den EIP-Agri-Teilnehmern auf der Vergrößerung der behandelten Flächen. An der LVWO Weinsberg sollen Versuche zu biologischen Pflanzenschutzbehandlungen mit der Spritzdrohne DJI Agras T16 durchgeführt werden.

Obwohl Spritzdrohnen der DJI Agras-Serie (MG-1S, MG-1P und T16) in Deutschland nun als amtlich geprüfte und anerkannte Pflanzenschutzgeräte geführt werden, stehen noch keine Pflanzenschutzmittel zur Verfügung. Für die Anwendung im Weinbau fehlen noch die notwendigen Rechtsgrundlagen, um die BVL-Liste der Pflanzenschutzmittel, die für die Anwendung mit Luftfahrzeugen zugelassen bzw. genehmigt sind, verwenden zu dürfen. Hier sehen die Autoren die Politik und Behörden auf Bundesebene in Verantwortung, um die Weichen für die Applikation von Pflanzenschutzmittel mittels Spritzdrohne zu stellen und dadurch den Winzern die Bewirtschaftung von Steillagen-Rebflächen zu erleichtern auf denen kein Hubschrauber eingesetzt werden kann und somit zu dem Erhalt des Steillagenweinbaus beizutragen.



EIP-Projekt: Einführung von Spritzdrohnen in den Steillagenweinbau

Abbildung 13: EIP-Agri Logo in Baden-Württemberg