

Flug-roboter

SPRITZDROHNEN

Die Automatisierung im Weinbau ist einen Schritt weiter: In Zukunft können Drohnen den Pflanzenschutz erleichtern, nur die Mittel fehlen noch.

Text und Bilder: Martin Joos, Jan Reustle und Dr. Manuel Becker, LVWO Weinsberg



Die Spritzdrohne DJI Agras T16 beim Flug

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 DJI-Agras-Serie MG-1S und MG-1P im Frühjahr 2020 ausgesprochen, das Modell DJI Agras T16 soll nach Abschluss der sicherheitstechnischen Begutachtung folgen.

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 aus Lauffen am Neckar, Mundelsheim und dem südbadischen Glottertal.

RECHTLICHE REGELUNGEN

Die Applikation von Pflanzenschutzmitteln durch unbemannte Luftfahrzeuge ist derzeit durch das deutsche Pflanzenschutzgesetz verboten. Es sieht jedoch Ausnahmen für den Steillagenweinbau und im Kronenbereich von Wäldern über ein Genehmigungsverfahren vor (§18 Abs. 2 PflSchG). Die Verwendung von Spritzdrohnen soll dabei den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln auf Nicht-Zielflächen mindern und die körperliche Belastung bei der Bewirtschaftung von Steillagen reduzieren. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit und der Erhalt der Steillagen gestärkt werden. Die Autoren se-

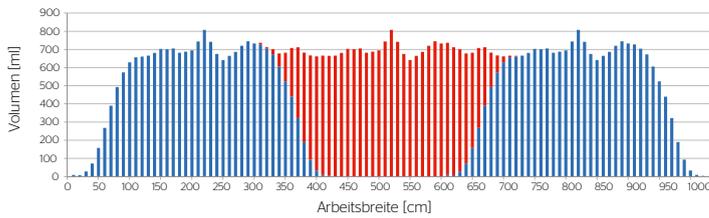
hen jedoch den Einsatz von Spritzdrohnen nicht als Ersatz für den Helikopter, sondern als Ergänzung oder als Alternative zu händisch durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen mit Rückenspritze oder Schlauch.

ANERKENNUNGSPRÜFUNG

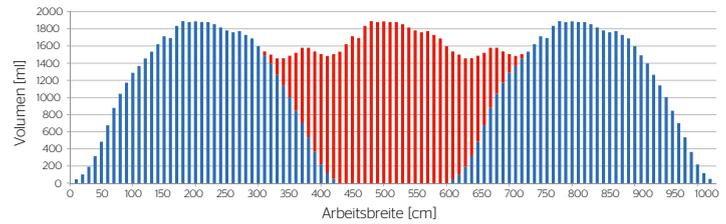
Nach dem deutschen Pflanzenschutzgesetz dürfen Pflanzenschutzgeräte keine Gefahr für Mensch, Tier, Grundwasser und die natürliche Umwelt darstellen und müssen den JKI-Richtlinien entsprechen. Aus diesem Grund wurden die Spritzdrohnen der DJI-Agras-Serie (MG-1S/IP und T16) beim JKI zur freiwilligen JKI-Anerkennungsprüfung für Pflanzenschutzgeräte angemeldet. Die technische Begutachtung und Querverteilungsmessung beim JKI Braunschweig sowie die Prüfung der Sprüheinheit durch

Abb. 1: Querverteilungsmessung beim JKI Braunschweig

Bestimmung der Arbeitsbreite der Spritzdrohnen DJI Agras MG-1S/1P und T16.



DJI Agras MG-1S/1P, IDK 90-025, Flughöhe 1,9 m, Spritzbreite 3 m, 3 überlagerte Verteilungen - VK: 9,06 %



DJI Agras T16, IDK 90-025, Flughöhe 3,0 m, Spritzbreite 3 m, 3 überlagerte Verteilungen - VK: 9,30%

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.

QUERVERTEILUNG

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.

DJI AGRAS MG-1S/1P

Die Spritzdrohnen der Modelle DJI Agras MG-1S und -1P verfügen über fest verbaute 10-l-Behälter und haben ein maximales Aufstiegs-gewicht von 24,8 kg (Abb.2). Die Drohnen erfassen über Radarsensoren das Terrain und regulieren in Echtzeit entsprechend die Flughöhe. Unter vier der acht



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



Abb. 3: DJI Agras T16



Abb. 4: Training der Teilnehmer des EIP-Agri Projekts

Rotoren ist jeweils eine Düse verbaut. Die technische Ausstattung erlaubt die Durchführung eines automatischen Überflugs

von Flächen mit unterschiedlichen Hangneigungen und Bewirtschaftungsvarianten. Die Flugplanung erfolgt über eine Karte auf dem Tablet der Fernsteuerung. Die Flugeschwindigkeit und die Pumpenleistung wird automatisch berechnet und im Flugplan hinterlegt.

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 etwa 2,5 m breite UAV verfügt über ein maximales Aufstiegs-gewicht von 40,5 kg und ist mit einem 16-Liter-Wechsel-tank ausgestattet. Die Spritzdrohne hat sechs Rotoren, die acht Düsen befinden sich jeweils als Paar unter den vier seitlich ausgerichteten Rotoren (Bild Seite 18). Bei dem Modell DJI T16 wurden 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«

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.4). 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 teilnehmenden Winzer aus dem württembergischen Mundelsheim und Lauffen sowie aus dem südbadischen Glottertal führten daraufhin eigenständig mit Spritzdrohnen 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.

BIOLOGISCHE WIRKSAMKEIT

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 Versuchsfläche 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 Versuchsflächen wurde mit zwei Handspritzungen der Traubenzone zur Blüte und zum 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. 5).

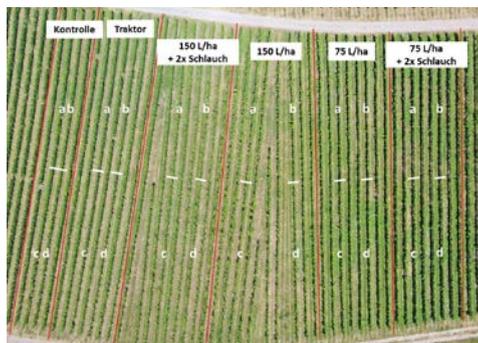


Abb. 5: Luftbildaufnahme der Versuchsfläche mit Varianten

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 bis 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 Pflanzenschutzmittelsatz mittels Spritzdrohnen bei verschiedenen Geländemodellen 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.

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

Die Pflanzenschutzbehandlung mit der Spritzdrohne erfolgte ausschließlich im automatischen Flugmodus. Die Flughöhe betrug etwa 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, Gescheine oder Trauben in vierfacher Wiederholung bonitiert.

In Württemberg war 2019 ein erheblicher Oidiumdruck zu beobachten. Die Kombination aus sehr hohen Blattzuwächsen von Anfang bis Mitte Juni, sehr hoher Luftfeuchte über diesen Zeitraum und einer langen 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.

Tabelle 1: Pflanzenschutzmaßnahmen mit der Spritzdrohne DJI Agras MG-1P

Termin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum (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	1 x	1,5 x	2 x	2,5 x	3 x	4 x	4 x	4 x	4 x
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

Aufwandmengen: 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. BBCH: Entwicklungsstand nach BBCH-Code; PSM: Pflanzenschutzmittel

Abb. 6: Biologische Wirksamkeit: Oidium am Blatt

PSM-Applikation mit DJI Agras MG-1P

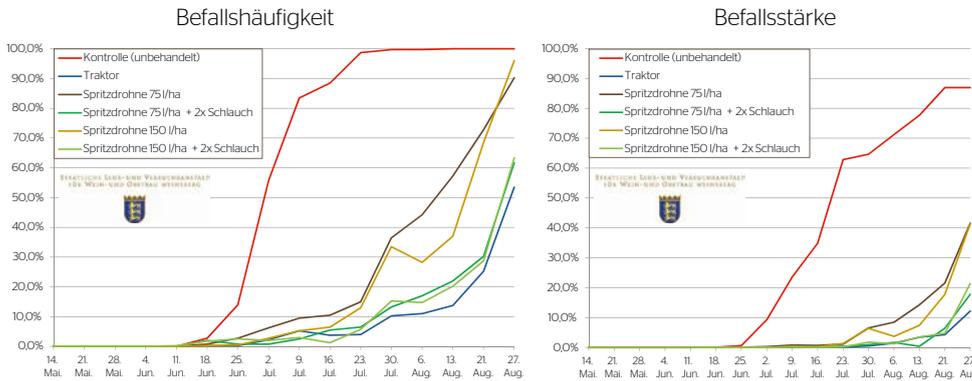
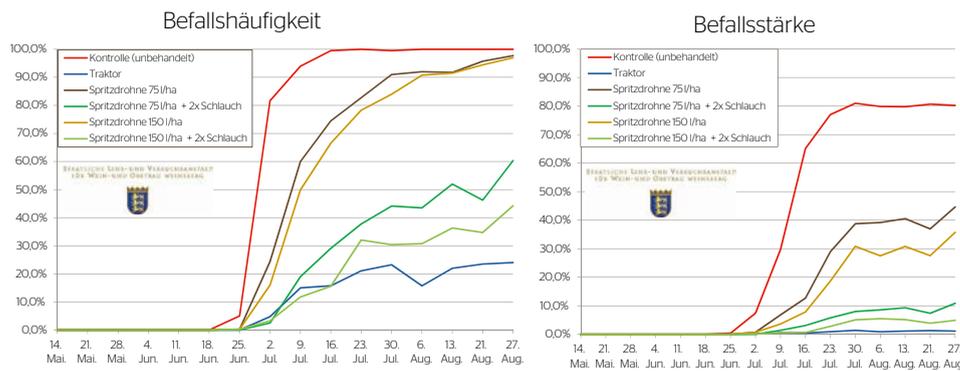


Abb. 7: Biologische Wirksamkeit: Oidium an der Traube

PSM-Applikation mit DJI Agras MG-1P



Die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke des Oidiumbefalls am Blatt stiegen bei der Kontrolle nach dem 25. Juni sehr stark an (Abb. 6). Die Behandlungen mit der Spritzdrohne ergänzt mit zwei Schlauchbehandlungen der Traubenzone zeigten bei beiden Aufwandmengen (75l/ha und 150l/ha) einen

sehr ähnlichen Verlauf zur Variante Traktor. Diese drei Varianten zeigen den geringsten Oidiumbefall am Blatt.

Bei den Spritzdrohnen-Varianten ohne Schlauchbehandlung ist sowohl bei der Aufwandmenge 75l/ha wie auch bei 150l/ha mit fortschreitender Vegetation ein stark zuneh-

mender 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 150l/ha und zwei Schlauchbehandlungen der Traubenzone, knapp dahinter die entsprechende 75l/ha-Variante (Abb. 7). Die Variante ohne Pflanzenschutz und die Spritzdrohnen-Behandlungen ohne ergänzende Schlauchbehandlung sind unter den vorliegenden Verhältnissen nicht geeignet, um den Oidiumbefall bei Gescheinen oder Trauben unter Kontrolle zu halten.

BLATTBELAGSMESSUNG

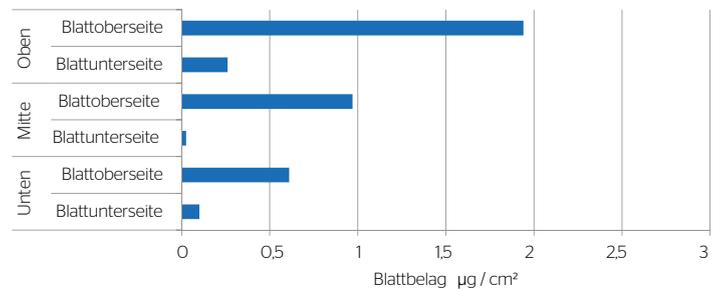
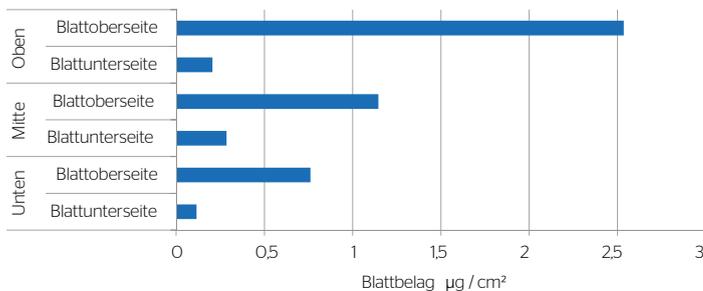
Bei der Blattbelagsmessung wurde die Laubwand in drei Bereiche unterteilt (Unten = unteres Drittel inkl. Traubenzone, Mitte = mittleres Drittel, Oben = oberes Drittel). Die Spritzdrohnen wurden mit 1%iger BSF-Fluoreszenzfarbstoff-Lösung befüllt und mit einer Aufwandmenge von 75l/ha im automatischen Modus befliegen. Anschließend wurde die Blattober- und Blattunterseite beprobt (n = 60) und auf ihre Beläge hin analysiert (Abb. 8).

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 konnten höhere Blattbeläge auf der Blattober- und Blattunterseite

Abb. 8: Blattbelagsmessung MG-1P

Flugrichtung entlang der Rebzeile.

Flugrichtung quer zur Rebzeile.



in allen drei beprobten Laubwandhöhen im Vergleich zum Flug quer zur Rebzeile 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. Da bei geschlossener Laubwand keine effiziente Pflanzenschutzmaßnahme der Trauben möglich ist, muss bei hohem Krankheitsdruck die Behandlung der Traubenzone durch Handspritzungen ergänzt werden.

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.9). 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 Prozent, beim T16 um über 85 Prozent 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 höhere Abdrift 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 Potenzial besitzt, den Eintrag von Pflanzenschutzmittel auf Nicht-Zielflächen zu reduzieren.

EMPFEHLUNGEN

Auf Basis der Ergebnisse aus den Versuche und Messungen der vergangenen Jahre wurden Handlungsempfehlungen für die Durch-



Abb. 9: Abdriftmessungen mit Unterstützung des LTZ Augustenberg

führung 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 etwa 2m über der Laubwand und bei gleichbleibender Geschwindigkeit die gleichmäßige Ausbringung der Pflanzenschutzmittel. Bei hohem Krankheitsdruck sollten mindestens zwei Handspritzungen in die Traubenzone zum Zeitpunkt der Blüte und zum Traubenschluss durchgeführt werden. Im automatischen Flugmodus lassen sich Fluggeschwindigkeit

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen

Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Spritzdrohnen der 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	✓	✓
Fluggeschwindigkeiten	MG-1S/1P	T16
	75 l/ha: 8,0 km/h	75 l/ha: 12,4 km/h
	150 l/ha: 3,8 km/h	150 l/ha: 8,0 km/h

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 Hektar beträgt bei einer Arbeitsbreite von 3 m und diesen Geschwindigkeiten beim MG-1P etwa 25 Minuten und beim T16 etwa 15 Minuten. 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.

FEHLENDE MITTEL

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 in Kürze als amtlich geprüfte und anerkannte Pflanzenschutzgeräte geführt werden, stehen jedoch noch keine Pflanzenschutzmittel für den Einsatz zur Verfügung. Für die Anwendung im Weinbau fehlen noch die notwendigen Genehmigungen der Bundesbehörden, um die Pflanzenschutzmittel auf der BVL-Liste, die für die Anwendung mit Luftfahrzeugen (etwa Helikopter) 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 Pflanzenschutzmitteln 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.

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, beim JKI Braunschweig - Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, dem LTZ Augustenberg, dem RP Stuttgart und allen Unterstützern für die gute Zusammenarbeit. ◀