

Bericht aus dem Experimentierfeld DIWAKOPTER

Digitalisierung im Weinbau und Ackerbau unter Nutzung von Multikoptern, vernetzter Sensorik und satellitengestützten Kommunikationskanälen

Rainer Keicher¹, Bianca Rauber¹, Hans-Peter Schwarz¹ und David Brunner¹

Abstract: Das Experimentierfeld DIWAKOPTER ist eines von insgesamt 14 Projekten, die im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft unterstützt werden. Ziele des Vorhabens sind die Einführung einer auf geostationären Satelliten beruhenden Kommunikationsinfrastruktur und die Einführung der Technik des „Drone-Trackings“ bei Multikopternutzung zur Gewährleistung des autonomen Fluges und der Absicherung anderer Luftverkehrsteilnehmer. Außerdem soll neue Sensorik und Aktorik zur bedarfsorientierten, luftgestützten Applikation von Fungiziden mittels Sprühdrohnen genutzt werden. Auch die Nährstoffversorgung der Pflanzen aus der Luft unter Berücksichtigung des Pflanzenbedarfs, der Wasserverfügbarkeit sowie der DüngeVO-Obergrenzen soll untersucht werden. Der aktuelle Stand der verschiedenen Aufgaben im Experimentierfeld DIWAKOPTER wird in diesem Bericht genauer erläutert.

Keywords: Multikopter, vernetzte Sensorik, satellitengestützte Kommunikationskanäle, Experimentierfeld DIWAKOPTER, „Drone-Tracking“, autonomer Flug, luftgestützte Applikation von Fungiziden und Düngern, Sprühdrohne

1 Einleitung

Das Experimentierfeld DIWAKOPTER ist im Frühjahr 2020 gestartet und war damit eines der letzten Experimentierfelder, welches mit der Arbeit begonnen hat. Im Mittelpunkt des Projekts stehen die Themen Nutzung von Multikoptern, vernetzter Sensorik und satellitengestützten Kommunikationskanälen im Acker- und Weinbau. Die Multikopter dienen nicht nur als Trägerplattformen für verschiedenen Sensoren, wie Multispektralkameras, Hyperspektralkameras und 3D-Laser-Messsysteme, sondern werden auch für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Düngern genutzt. Zudem wird ein Sensornetzwerk auf den Versuchsflächen im Wein und Weizen aufgebaut. Dieses Netzwerk enthält Sensoren, die Daten zum Niederschlag, der Sonnenscheindauer und anderen Parametern sammeln. Die Sensoren senden die gemessenen Werte automatisch zu einem Server, von dem aus verschiedene Prognosemodelle die Daten als Grundlage ihrer Berechnungen nutzen. Im Experimentierfeld DIWAKOPTER wird auch betrachtet, dass auf vielen landwirtschaftlichen Flächen die Mobilfunkanbindung nicht ausreichend ist und deswegen nicht überall ein 5G-Netzwerk verfügbar ist. Um Ausfällen in den Verbindungsstrecken vor-

¹ Hochschule Geisenheim University, Institut für Technik, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim, bianca.rauber@hs-gm.de; hans-peter.schwarz@hs-gm.de; rainer.keicher@hs-gm.de; david.brunner@hs-gm.de

beugen zu können, wird die Technik der satellitengestützten Kommunikationskanäle genutzt. Mit Hilfe verschiedener Lösungen kann z. B. am Feldrand eine WLAN-Verbindung aufgebaut oder eine Verbindung der Drohne via Satellit ins Internet hergestellt werden. Das Zusammenspiel dieser Techniken und Lösungsansätze wird zu Beginn des Projektes in den Kulturen Wein und Weizen getestet. Nach dieser Test- und Probephase wird der Kreis der Kulturen um Apfel, als eine Raunkultur, und Raps als eine weitere Feldfrucht, erweitert.

2 Aufgabenbereiche

2.1 Multikopternutzung

Multikopter werden im Experimentierfeld DIWAKOPTER für unterschiedliche Aufgaben genutzt. Sie dienen zum einen als Sensorplattform und zum anderen als Sprühgerät bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Düngern. Aufgrund dieser unterschiedlichen Aufgaben werden auch unterschiedliche Drohnen genutzt. Als Sensorplattform stehen im Institut für Technik zwei Drohnen der Firma FreeFly Systems zur Verfügung. Es handelt sich dabei um zwei baugleiche Drohnen des Modells Alta X. Diese Drohnen wurden gewählt, da sie eine hohe Nutzlast von über 15 kg haben und auch mit einem hohen Gewicht ausgestattet immer noch eine Flugzeit von über 20 Minuten erreichen können. Zudem ist es durch vorgeformte Schnittstellen möglich, dass viele unterschiedliche Sensoren oder Kameras ohne große Integrationsarbeiten angeschlossen werden können. Der Vorteil bei der Nutzung von Drohnen zur Erkundung der Ackerflächen bzw. Weinberge liegt darin, dass sich die Flächen sehr exakt und zu jedem gewünschten Zeitpunkt abfliegen lassen. Bei der Nutzung von z. B. Satellitenbildern ist es hingegen so, dass die Daten nur für bestimmte Zeiten vorliegen und die Qualität von der Wolkenbedeckung abhängig ist. Durch die flexiblen Befliegungen können vor allem spezielle Wachstumsstadien gut verfolgt und Aufzeichnungen darüber angefertigt werden.

Für das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln und Düngern werden verschiedene Sprühdrohnen genutzt. Zur Zeit ist die Nutzung dieses Verfahren nur für Forschungsanstalten zulässig. Aktuell wurde vom Julius-Kühn-Institut eine Sprühdrohne der Firma DJI als Sprühgerät zugelassen [BL20]. Neben den Zulassungen der Sprühdrohnen für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis ist es aber auch wichtig, dass die Pflanzenschutzmittel selbst für die Nutzung eines solchen luftgestützten Ausbringungsverfahrens zugelassen sind. Die im Projekt hauptsächlich verwendete Sprühdrohne ist eine EVO-X8, welche mit einem 20 l-Tank der Firma agrotop ausgestattet ist. Sie besitzt ein Abfluggewicht von maximal 51 kg und eine Spannweite von 2,5 m. Das Sprühsystem „CleverSpray“ stammt von der Firma inovel. Mit diesem System ist es möglich, dass Informationen z. B. über die Ausbringmenge und die Flugroute via einer App aufgezeichnet werden. Diese Informationen werden dann an eine Website geleitet, die es ermöglicht, die durchgeführten Appli-

kationen rückzuverfolgen. Die Befüllung der Drohne erfolgt über eine spezielle Befüllstation der Firma agrotop. Die Station ist mit dem System „easyFlow Entnahme- und Reinigungssystem“ ausgestattet. Dies ermöglicht das verlustarme und umweltfreundliche Befüllen der Drohne. Zudem werden die Belastungen für den Anwender beim Umgang mit den Pflanzenschutzmitteln minimiert. Ein Vormischen von bis zu 200 l Spritzbrühe und die Mitnahme zur Zielfläche ist möglich. Eine Befüllung der Drohne kann somit direkt an den landwirtschaftlichen Flächen stattfinden.

2.2 Multispektralkamera, Hyperspektralkamera, 3D-Laser-Scanner

Neben den Sprühdrohnen werden Drohnen auch als Plattformen für verschiedene Sensoren genutzt. So werden Multispektralkameras, Hyperspektralkameras oder 3D-Laser-Scanner genutzt, um Informationen über den Bestand zu sammeln. Die Aufnahmen der Multi- und Hyperspektralkameras sind die Grundlage für die Berechnung verschiedener Vegetationsindices [Wa12]. Die Kameras machen Aufnahmen in definierten Wellenlängenbereichen und erzeugen somit kein normales RGB-Bild (Rot-Grün-Blau), sondern ein Bild einzelner Wellenlängenbereiche. Dieses Bild hat keinen Farbton und wird bei der Auswertung mit Pseudofarben gefüllt, um Unterschiede aufzuzeigen. Mit Hilfe der unterschiedlichen Indices lassen sich Aussagen zum Zustand der Pflanzen treffen. Der Versorgungszustand der Pflanzen oder auch der Gesundheitszustand lassen sich so charakterisieren [No18]. Dadurch lassen sich wiederum Unterschiede innerhalb eines Feldes feststellen oder z. B. Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten erkennen. Diese Daten können dann wiederum als Grundlage für eine spezifische Ausbringung von Düngern oder Pflanzenschutzmitteln genutzt werden. Es werden Applikationskarten für das jeweilige Feld erstellt, aus denen ersichtlich wird, welche Stelle wie viel Wirkstoff benötigt. So soll es ermöglicht werden, dass sensorgestützt auch Kleinstmengen an Wirkstoffen punktgenau appliziert werden können. Dies soll die Ressourcen schonen und Mittel einsparen.

Ein weiterer Sensor, der die Ausbringung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln unterstützt, ist ein 3D-Laser-Scanner. Die Messungen dieses Gerätes ermöglichen die Berechnung des Laubwandvolumens bzw. der vorhandenen Blattfläche [SPD12]. Anhand des berechneten Volumens kann die Menge an auszubringendem Wirkstoff genauer berechnet werden und eine Fehlkalkulation wird vermieden. So ist es möglich, dass Bereiche mit mehr Vegetation auch mehr Wirkstoff erhalten und Bereiche mit geringerer Vegetation dementsprechend einen geringeren Mitteleinsatz erfahren.

Die Nutzung dieser Sensortechniken erfolgt zu Beginn des Projektes in einem sogenannten „Offline“-Verfahren. Dies bedeutet, dass die Messdaten der Sensoren in einer Workstation auf dem Boden verarbeitet und daraus dann Applikationskarten erstellt werden. Die errechneten Karten werden auf die Sprühdrohne geladen. Die Ausbringung der Wirkstoffe und Dünger erfolgt dann anhand dieser Karten. So ist es möglich, dass in unterschiedlichen Bereichen unterschiedliche Behandlungsintensitäten durchgeführt werden können. In einem zweiten Schritt wird dieses Verfahren in eine „Online“-Variante überführt. Dies bedeutet, dass die Verrechnung der Sensordaten direkt auf der Drohne erfolgt.

Eine Übertragung der Rohdaten am Boden in eine Workstation entfällt somit. Das System generiert dann selbständig die Applikationskarten für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel und Dünger.

2.3 Sensornetzwerk

Bei einem Sensornetzwerk handelt es sich um eine Vielzahl verschiedener Sensoren, die über eine Funkverbindung ihre Messdaten zu einem Gateway senden. Dieses Gateway sendet die Daten dann via Internet zu einem Server, auf dem die Daten ausgewertet werden. Auf den Versuchsflächen wurden insgesamt 36 Sensoren für die Messung der Luftfeuchtigkeit und der Lufttemperatur angebracht. Zu diesen Sensoren kommen noch jene hinzu, die die Bodenfeuchte und die Bodentemperatur messen. Außerdem wird auch eine Wetterstation aufgestellt, die zusätzlich Daten wie die Sonneneinstrahlung, den Luftdruck, die Windgeschwindigkeit oder weitere Parameter misst. Alle Sensoren besitzen die Eigenschaft, dass sie über LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) kommunizieren. Die Sensoren senden nach einem vorgegebenem Muster ihre Messdaten via LoRaWAN zu einem Gateway. Dieses Gateway empfängt die Messdaten der Sensoren und sorgt durch eine Internetanbindung dafür, dass die Daten zu einem Server gesendet werden. Der Server verarbeitet die eingehenden Daten. Aus diesen Daten kann wiederum unter Nutzung von Prognosemodellen das mögliche Auftreten von Krankheiten errechnet werden. Dies ist möglich, da vor allem pilzliche Erreger spezielle Bedingungen benötigen, um sich zu entwickeln und zu verbreiten. Die benötigten Bedingungen sind zum Teil recht spezifisch, weshalb die Krankheitserreger zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Bedingungen im Vegetationsverlauf auftreten. Die Vorhersage einer möglichen Infektion mit z. B. einer Pilzkrankheit hilft dabei, den Einsatz der Pflanzenschutzmittel richtig zu terminieren. Pflanzenschutzmittel, die ausgebracht werden, ohne dass ein Infektionsrisiko vorliegt, sind in diesem Fall verschwendete Ressourcen. Es erhöht außerdem das Risiko der Resistenzbildung. Einmal vorhandene Resistenzen sind nur noch schwer in den Griff zu bekommen. Zudem ist auch das Schadschwellen-Prinzip beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln immer zu beachten, um negative Auswirkungen zu verhindern.

2.4 Satellitengestützte Kommunikationskanäle

In einigen Bereichen Deutschlands liegt immer noch keine Anbindung an das Internet vor. So ist es auch auf einigen landwirtschaftlichen Flächen der Fall, dass man weder ein Telefonnetz, noch eine Internetverbindung aufbauen kann. Diese „weißen“ Flecken sind vor allem im ländlichen Bereich noch recht häufig anzutreffen [BV19]. Möchte man nun im Zuge der Digitalisierung das Precision Farming nutzen, wird eine leistungsstarke Verbindung zum Internet notwendig. Eine Großzahl an Daten muss zwischen Maschinen, Programmen und Netzwerken ausgetauscht werden. Die Nutzung der 5G-Technologie kann dies leisten. Da aber die Abdeckung des 5G-Netzes aktuell noch nicht ausreichend ist

[BV20], untersucht das Experimentierfeld die Nutzung satellitengestützter Kommunikationskanäle. Im Rahmen des Projektes wird eine Drohne mit einem speziellen Modem ausgestattet. Dieses Modem ermöglicht es, dass Daten der Drohne oder der Sensoren zu Satelliten geschickt werden können, und stammt von der Firma Telespazio VEGA. Die Satelliten funken die Daten wiederum an einen Server, welcher die Daten in das Internet einspeist. Diese Daten können dann abgerufen und genutzt werden. Diese Technologie wird genutzt, um ein „Drone-Tracking“ durchzuführen. Beim „Drone-Tracking“ geht es darum, dass die Drohne für andere Luftverkehrsteilnehmer sichtbar wird und somit keine Gefahr bei den Flügen von Flugzeugen oder Hubschraubern darstellt. Zudem soll durch diese Technik ein Flug außerhalb der Sicht des Piloten ermöglicht werden. Die Drohne sendet ihre genauen Positionsdaten im Endeffekt über zwei Wege. Zum einen wird der übliche Weg über ein Mobilfunknetz abgedeckt und zum anderen wird die Datenübertragung via Satellit genutzt. Beide Systeme sind parallel auf der Drohne montiert. Für die Nutzung des Mobilfunknetzes wird ein Modem der Firma Droniq genutzt, welches eine SIM-Karte enthält. Das Modem sendet die Positions- und Steuerdaten der Drohne via Mobilfunk an einen Server der Deutschen Flugsicherung (DFS). Die Daten werden dann in ein Programm, das sogenannte UTM (UAS Traffic Management System) überführt. Die Drohne wird so für den gesamten Flugverkehr sichtbar. Das Modem erfasst außerdem FLARM- und ADS-B-Signale des umliegenden Flugverkehrs und sendet diese zusätzlich zur eigenen Position an das UTM. Des Weiteren sendet das Modem auf der Drohne auch eigene Positionsdaten via FLARM, so dass die Drohne bei anderen FLARM-Nutzern sichtbar wird. Um einem Ausfall dieser Technik durch ein Funkloch vorzubeugen, wird der Weg der Satellitenkommunikation genutzt. So ist es möglich, dass die Daten auch ohne Netzabdeckung gesendet werden können. Die Drohne bleibt also weiterhin für den Flugverkehr sichtbar.

Neben dem satellitengestützten Modem auf der Drohne wird die Technologie auch am Boden verwendet. Durch Nutzung einer Kofferlösung kann ein WLAN-Netz am Feldrand erzeugt werden. Die Kofferlösung beinhaltet zwei Koffer mit zum einen einer automatisch ausrichtenden Satellitenschüssel und zum anderen einen Steuerungskoffer. Mit Hilfe der automatisch ausrichtenden Satellitenschüssel wird über einen Knopfdruck Verbindung zu dem Satellitennetzwerk aufgenommen. Das System erzeugt dann ein WLAN-Netz im Bereich der Satellitenschüssel. Dieses kann genutzt werden, um Laptops, Handys oder Ähnliches mit Internet zu versorgen. Auf diesem Weg können überall Daten empfangen und gesendet werden. Über einen Laptop oder ein Smartphone, das in diesem WLAN-Netz eingeloggt ist, kann man sich dann in das UTM-System einwählen. Das UTM-System zeigt dem Nutzer die Position seiner Drohne und die Positionen anderer Luftverkehrsteilnehmer in Echtzeit an. Zudem werden Flugverbotszonen ersichtlich und die Auswertung und Nachbereitung des Flugs ermöglicht.

Neben der Datenlieferung an das UTM-System, haben die satellitengestützten Systeme auch die Aufgabe, die anfallenden Daten zu transportieren. Es soll ermöglicht werden, dass sämtliche während der Produktion anfallenden Daten automatisiert erfasst und allen autorisierten Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Verschiedene Kommunikationen

zwischen den Drohnen, dem UTM-System, dem Sensornetzwerk und einem Datenserver sollen über Satellitenfunk erfolgen. Für diese Kommunikationswege wird ebenfalls die zuvor beschriebene Hardware der Firma Telespazio VEGA verwendet.

3 Projektförderung

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 der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE105A18.

Literaturverzeichnis

- [BL20] Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/weinbau/spruehdrohnen-im-weinbau/>, Stand: 16.10.2020.
- [BV19] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/Mobilfunkstrategie.pdf?__blob=publicationFile, Stand: 26.10.2020.
- [BV20] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/kommunikationsinitiative-mobilfunkausbau.html>, Stand: 26.10.2020.
- [No18] Noak, P. O.: Einsatz von Multi- und Hyperspektralsensoren in der Landwirtschaft, 38. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und PFGK18 Tagung in München – Publikationen der DGPF, Band 27. 2018.
- [SPD12] Selbeck, J., Pforte, F., Dworak, V.: Vergleich zweier optischer Techniken zur automatischen Abschätzung der Blattfläche auf Baumebene. *Biosystems Engineering*, Vol. 113/4. 2012.
- [Wa12] Wang, W., Yao, X., Yao, X., Tian, Y., Liu, X., Ni, J., Cao, W., Zhu, Y.: Estimating leaf nitrogen concentration with three-band vegetation indices in rice and wheat. *Field Crops Research*, Volume 129, Seiten 90-98. 2012.