

CiS GmbH

Hansestraße 21

D-18182 Bentwisch



Technische Informationsbibliothek (TIB)

Deutsche Forschungsberichte

Welfengarten 1B

31167 Hannover

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil I

Vorhabenbezeichnung:

Verbundprojekt: Entwicklung eines intelligenten UAV-gestützten Unkrautmonitoringsystems für den selektiven und teilflächenspezifischen Herbizideinsatz (weed-AI-seeK) - Teilprojekt C

Förderkennzeichen: 28DK105C20

Akronym: weed-AI-seeK

Projektleiter: Tom Kaufmann, Ludwig Schrenk

Projektbearbeiter: Tom Kaufmann, Ludwig Schrenk, Grit Thomas, Florian Hainmüller, Bernd Görnert
u.a.

Projektlaufzeit: 28.05.2021 - 27.05.2024

1 Kurze Darstellung /Zusammenfassung

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Das Projekt weed-AI-seek hat sich zum Ziel gesetzt, ein intelligentes echtzeitfähiges Monitoring- und Mappingsystem für die Erfassung der Unkrautverteilung in Getreidebeständen zu entwickeln. Hierfür werden hochauflösende Luftbilddaten in geringer Flughöhe erzeugt und mit Hilfe einer optimierten Onboard-KI Bilderkennung während des Überflugs direkt auf der Drohne klassifiziert. Aufwendiges Vorhalten von Bilddaten, photogrammetrisches Prozessieren und eine fernerkundliche Luftbildauswertung können dabei entfallen. Das System differenziert nicht nur zwischen Kulturpflanze und Unkraut, sondern soll die genaue Identifizierung der Pflanzenart jeder Einzelpflanze sowie ihrer Position auf einer Kulturfläche ermöglichen. Bisher war es zwar möglich einen Teil der Informationen - z.B. die Relation aus Bedeckungsgrad von Kulturpflanzen zu Unkrautbesatz - zu ermitteln, eine robuste Erkennung einzelner Unkrautarten auf Basis von KI-Ansätzen fand bisher jedoch keine praktische Anwendung. Hierdurch können räumlich differenzierte und zeitnahe Informationen über Konkurrenzsituationen durch Unkrautverbreitung in einer Fläche erhoben werden, was eine gezielte Anpassung von Abwehrstrategien ermöglicht und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) deutlich verringert.

1.2 Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen des Verbundprojektes sind die im Folgenden aufgelisteten sechs Arbeitspakete bearbeitet worden:

AP (1)	Weed AI Copter (CiS, HSH, ATB) Entwicklung einer UAV-Plattform für die Navigation in geringen Flughöhen
AP (2)	Weed AI Annotate (ATB) Aufbau der Annotationsdatenbank zum Training und Testen des Bilderkennungsmodells
AP (3)	Weed AI Model (ATB, HSH) Erstellung des Bilderkennungsmodells für ein eingebettetes System
AP (4)	Weed AI System (HSH, ATB, CiS) Integration der Bilderkennung in das UAV-System
AP (5)	Weed AI GIS (CiS, ATB) Erstellung von Unkrautverteilungskarten und Ableiten von Applikationskarten für den teilflächenspezifischen und selektiven Herbizid-Einsatz
AP (6)	Projektkoordination und Verifikation (ATB, HSH, CiS) Prüfung und Bewertung des Plattformprototypen Weed AI sowie Koordination des Projektes

Trotz Pandemie und eines problembehafteten Projektstarts konnte CiS plangerecht seine Anteile an den Arbeitspaketen erbringen.

1.3 Wichtige Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde von CiS die Hard- und Software für den Weed-AI-Kopter und die Flugsteuerung sowie die Planungssoftware entwickelt, implementiert und laufend angepasst. Dabei lag der Fokus insbesondere auf der Realisierung eines stabilen Flugverhaltens in Bodennähe (0,5-5 m). Für eine stabile Höhenhaltung in Bodennähe wurde eine Fusion zwischen den Beschleunigungssensoren und dem Barometer des Kopters implementiert. Zusätzlich wurde ein nach unten gerichteter LiDAR Sensor in den Kopter eingebaut, um eine akkurate Distanzmessung zum Boden vorzunehmen. Diese Daten wurden ebenfalls in die Sensorfusionssoftware mit aufgenommen. Die Planungs- und Steuerungssoftware wurde erweitert, um automatisch Tiefflüge in unterschiedlichen Höhen (0,5m – 3 m) durchführen zu können. Der Kopter ist jetzt in der Lage, eine relative Höhe zu halten oder dem Gelände aktiv zu folgen. Zusammen mit dem Projektpartner ATB wurden Feldversuche durchgeführt und ausgewertet. Außerdem hat CiS ein geografisches Informationssystem (GIS) implementiert, um Flugrouten optimal für die Erstellung von Unkrautverteilungskarten zu planen.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil II

Vorhabenbezeichnung:

Verbundprojekt: Entwicklung eines intelligenten UAV-gestützten Unkrautmonitoringsystems für den selektiven und teilflächenspezifischen Herbizideinsatz (weed-AI-seeK) - Teilprojekt C

Förderkennzeichen: 28DK105C20

Akronym: weed-AI-seeK

Projektleiter: Tom Kaufmann, Ludwig Schrenk

Projektbearbeiter: Tom Kaufmann, Ludwig Schrenk, Grit Thomas, Florian Hainmüller, Bernd Görnert
u.a.

Projektlaufzeit: 28.05.2021 - 27.05.2024

2. Eingehende Darstellung

2.1 Durchgeführte Arbeiten

AP 1 Weed AI Kopter (CiS, HSH, ATB)

Die CiS GmbH hat den Entwurf einer geeigneten Flughardware mit den Projektpartnern abgestimmt und in Zusammenarbeit mit der SVP GmbH realisiert.



Abbildung. 1: Basisgerät

Besonderes Augenmerk galt der sicheren Tiefflugmöglichkeit, die mittels spezieller Sensoren und der Auswahl eines neuartigen Autopilotensystems gelungen schien.

Softwareseitig wurde neben der Tiefflug-Planungs- und Realisierungs-Software an einer nutzergerechten Bedienschnittstelle gearbeitet.

Konzipiert wurde auch eine, mit HSH abgestimmte, für den Tiefflug erforderliche Kollisionsvermeidung.

Die Software für die Flugsteuerung und die Flugplanungssoftware der speziellen Flugplattform wurde implementiert getestet und mehrfach angepasst. Dabei lag der Fokus insbesondere auf der Realisierung eines stabilen Flugverhaltens in Bodennähe (0,5 m - 5 m). Dazu wurden die Steuerungs- und Zustandsschätzungsalgorithmen des Flug-Controllers grundlegend überarbeitet.

Für eine stabile Höhenhaltung in Bodennähe wurde eine Fusion zwischen den Beschleunigungssensoren und dem Barometer des Kopters implementiert. Zusätzlich wurde ein nach unten gerichteter LiDAR Sensor in den Kopter eingebaut, um eine akkurate Distanzschätzung zum Boden vorzunehmen. Diese Daten wurden ebenfalls in die Sensorfusionssoftware mit aufgenommen. Es wurde ein grundlegend neuer Algorithmus für die Geländefolgefunktion und die Einbeziehung der Rangefinder-Daten entwickelt.

Im Rahmen des Projektes wurden Tiefflüge in unterschiedlichen Höhen (0,5 m – 3 m) getestet und validiert. Die Planungs- und Steuerungssoftware wurde mehrfach erweitert, um Flüge über wechselnden Geländehöhen durchzuführen. Somit ist der Kopter in der Lage, eine relative Höhe zu halten, also im konstanten Abstand zum Boden dem Gelände aktiv zu folgen.



Abbildung 2. Weed-AI-Kopter mit Rechenboard, Kamera und Lidar

Gemäß der Projektanforderungen wurde auf dem Weed-AI-Kopter ein Rechensystem der Hochschule Harz integriert. Aufgrund der Auswirkungen der Epidemie auf die internationale Lieferkette wurde das Rechensystem erst am 04.04.2022 an die Hochschule Harz geliefert. Am 09.05.2022 wurde das Rechensystem zum Einbau in den Weed-AI-Kopter an die CiS GmbH geschickt. Das Rechensystem besteht aus einem Jetson AGX Xavier 32GB Module Board (NVIDIA Corporation, Santa Clara, USA) mit bis zu 32 TeraOps KI-Leistung und einer Trägerplatine X221 (Auvideo GmbH, Denklingen, Deutschland). Der Einbau und die Testarbeiten dauerten einen Monat bis zum 17.06.2022. Das Rechensystem wurde an die Bordstromversorgung angeschlossen. Außerdem wurden diverse serielle Schnittstellen zum Datenaustausch mit der Drohne implementiert und eine Lösung zur Übertragung des Bildsignals des Rechners an die Fernsteuerung erarbeitet.

Die Kamera der Drohne wird an einem 2-Achen-Gimbal stabilisiert. Der Rechner sitzt über dem Akku der Drohne. Dabei werden mehrere Kompass-Module verwendet, um die entstehenden Interferenzen des Rechners zu erkennen und weiterhin valide Messdaten zu liefern. Durch den hohen Schwerpunkt und den erhöhten Windwiderstand mussten die Regelalgorithmen des Kopters überarbeitet werden. Insbesondere wurde im erweiterten Kalman-Filter eine Windschätzung implementiert, wodurch der Kopter eine bessere Lagestabilität bekam. Hinter dem Gimbal ist der LiDAR Sensor statisch befestigt und hat eine Reichweite von 65 m sowie eine millimetergenaue Auflösung. Außerdem wurde der Kopter mit einem Telemetrie-Modem zur Kommunikation mit einem Computer ausgestattet.

Im Jahr 2023 wurde die Software für Flugsteuerung und Flugplanungssoftware der Weed-AI-Kopter nochmals überarbeitet und verbessert und mit den Bedürfnissen der Projektpartner harmonisiert. Insbesondere wurde die Auswertung der LIDAR-Abstandsmessung zum Boden beschleunigt und überarbeitet.

AP 2 Weed AI Annotate (ATB)

An diesem Arbeitspaket war CiS konsultativ beteiligt.

AP 3 Weed AI Model (ATB, HSH)

An diesem Arbeitspaket war CiS konsultativ beteiligt.

AP 4 Weed AI System (HSH, ATB, CIS)

CiS hat bei der Konzipierung des Gesamtsystems mitgewirkt und technische Tests zur Integration der Bildverarbeitung in das UAV-System durchgeführt. Es wurden Alternativen für das Sony-Kamerasystem entwickelt und erprobt, weil die Alpha 6000 auslaufen soll.

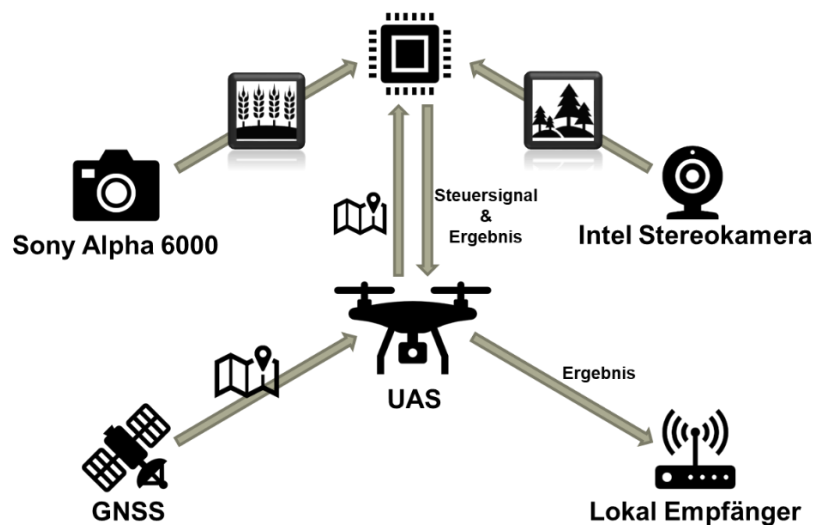


Abbildung 3: Schnittstellen der Komponenten

CiS hat zusammen mit dem Projektpartner HSH eine Schnittstelle zwischen dem Rechnersystem und dem Kopter erarbeitet, welche in der Lage ist, ganzheitliche Telemetrie- und Steuerungsdaten bidirektional zu übertragen. Beispielsweise werden die GPS-Daten des Kopters genutzt, um die fotografierten Stellen geografisch zu markieren und spätere Statistiken zu erzeugen. Weiterhin hat CiS die Integration der Systemkamera in das Rechnersystem unterstützt und eine bildgebende Schnittstelle (HDMI) zwischen Rechnersystem und Fernsteuerung zur Verfügung gestellt. Es wurden in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern Flugtests des integrierten Systems durchgeführt, um dieses in Bezug auf Flugstabilität und Flugzeit zu testen. Der erste Testlauf des Bilderkennungsmodells, integriert im Weed-AI-Kopter als Edge-Computing, ist in der Feldkampagne im März 2023 erfolgt.

Letztendlich hat CiS, zusammen mit dem Projektpartner HSH, die Schnittstelle zwischen dem Rechnersystem und dem Kopter nochmals überarbeitet und inhaltlich erweitert.

Es wurden in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern weitere Flugtests des integrierten Systems durchgeführt, um dieses in Bezug auf Flugstabilität und Flugzeit zu optimieren. Verschiedene Testläufe des Bilderkennungsmoduls, der als Edge-Computing im Kopter integriert ist, wurden von CiS begleitet.

AP 5 Weed AI GIS (CiS, ATB)

Zusammen mit dem Projektpartner ATB wurden Feldversuche durchgeführt und ausgewertet. CiS hat die Praxisanforderungen basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche hinsichtlich der Anforderungen an die Flugleistung des Kopters angepasst. Außerdem hat CiS ein geografisches Informationssystem implementiert, um Flugrouten optimal für die Erstellung von Unkrautverteilungskarten zu planen. Dabei war zu optimieren, mit welchen Flugparametern (welche Geländekarte, Flughöhe, Abstände, Auslöseintervalle, Geschwindigkeit) eine Route geplant werden muss, um ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis für eine flächendeckende Unkrautverteilungskarte zu gewinnen.

Außerdem wurden weitere Parameter zum Einstellen des Höhenverhaltens des Kopters und die Nutzung von Geländemodellen in unterschiedlichen Formaten, Höhentoleranzen und die Berücksichtigung von Toleranzen in den genutzten Modelldaten implementiert.

Bei CiS wurde mit offenen GIS-Systemen und der eigenen GIS-Software gearbeitet, um die Feldversuche, die bei CiS und den Partnern durchgeführt wurden, auszuwerten und der praktischen Nutzung zuführen zu können.

Es wurde weiter untersucht und überarbeitet mit welchen Flugparametern (welche Geländekarte, Flughöhe, Abstände, Auslöseintervalle, Geschwindigkeit) eine Route geplant werden muss, um ein praktisch verwertbares Ergebnis für eine flächendeckende Unkrautverteilungskarte zu gewinnen.

AP 6 Projektkoordination und Verifikation (ATB, HSH, CiS)

Alle Projektteilnehmer nahmen an den zweiwöchentlichen Projekttreffen per Videokonferenz teil. Dabei wurden kontinuierlich die Fortschritte aller Projektpartner besprochen und auftretende Belange diskutiert und gelöst. Außerdem fanden zwischen CiS und der HSH mehrfach bidirektionale Meetings statt, um bei Integrationsfragen des Kopters zu unterstützen und neue Aufgabenstellungen und Herangehensweisen zu diskutieren. Bereits 2022 fanden drei größere Projekttreffen in Präsenz statt: Am 25.02.2022 am ATB (Potsdam-Bornim) zur Besprechung der Versuchssaison, am 08.07.2022 bei CiS (Rostock-Bentwisch) zur Präsentation und Austausch des Weed-AI-Kopters und am 02.12.2022 in der HSH (Wernigerode) zur Besprechung der Integration von Kopter, Board und Modell.

CiS hat für die HSH ein Drohnenflugtraining organisiert, welches die HSH am 09.05.2022 absolvierte und den PStF A2 Drohnenführerschein erwarb. Das Weed-AI-Kopter-System wurde in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern kontinuierlich hinsichtlich Flugeigenschaften, GIS-Software und Bedienung verbessert. Es wurden in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner HSH Fehlerquellen in Feldversuchen identifiziert und behoben.

2.2 Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Nicht veröffentlicht.

2.3 Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Fertigung und der Einsatz von Hochleistungsdrohnen für die Befliegung von großen und zum Teil unübersichtlichen Flächen ist ein Hauptgeschäftsfeld der CiS. Beispiel für solche Flächen sind große Äcker, Naturschutzgebiete oder innerstädtische Szenen. Immer besteht der Wunsch, die Ergebnisse solcher Flüge direkt oder nur mit geringen Verzögerungen durch entsprechende Maßnahmen umzusetzen. Dies reicht von der Ansteuerung von Düngerstreuern und Feldspritzen bis zur Bergung von Rehkitzen. Die Kommunikation von verschiedenen landwirtschaftlichen Akteuren wird in schwierigem Umfeld noch für längere Zeit sehr gut mit fliegenden Komponenten unterstützt und optimiert werden können.

Das Verlangen von Kunden und internen Anwendern unserer Drohnen hier genehmigungsfähige Technik zu erhalten und der Wunsch zur Steigerung unserer Absatzchancen war also Auslöser für uns, am Projekt mitzuwirken.

Die geplanten Ergebnisse mit den oben aufgeführten Kosten, trotz widriger Umstände zu erreichen, war nur durch hohe Leistungsbereitschaft und Motivation der eingesetzten Mitarbeiter möglich. Diese Aufwände sind aber angesichts des zu erwartenden Nutzens gut zu vertreten.

2.4 Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der Verwertungsplan bleibt inhaltlich erhalten, muss aber zeitlich, bedingt durch Pandemie und Lieferprobleme etwas gestreckt werden (siehe Anhang „Verwertungsplan zum Schlussbericht“).

Insbesondere setzt die CiS auf den Vertrieb der entwickelten und modifizierten Drohnen, Software und Dienstleistungen sowie auf die Weiterentwicklung zur Erlangung der C2-Klassifizierung der Outdoor-Hochleistungsdrohnen der CiS.

2.5 Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Uns sind keine neuen relevanten Forschungsergebnisse zum Projektinhalt bekannt geworden.