



Anlage 5.2 zum Antrag Ausführliche Vorhabensbeschreibung

Antragstellende Person: AI.Land GmbH, Josef Franko
Vorhabensbezeichnung: Gemüseerntemodul für Mehrzweck-Feldroboter (GEM)
Anlage zum Antrag vom: 14.10.2021

1. Projektziele (Hier sollen die Ziele des Projekts dargestellt werden.)

AP	Kurtztitel	Projektjahr											
		Q1			Q2			Q3			Q4		
1	Hardware												
2	Software												
3	Maschinelles Lernen												
4	Systemintegration												
5	Test												
6	Admin												

Meilenstein – Design-Freeze (1. Quartal)

Ausgehend vom vorhandenen Hard- und Software Prototypen erfolgt die Ableitung einer neuen Gemüseerntemodul-Generation. Am Ende des 1. Quartals erfolgt ein Design-Freeze in Form von technischen Zeichnungen und Ablaufdiagrammen für AP 1 & 2.

Der erfolgreiche Abschluss der Designphase leitet die Materialbeschaffung sowie die Ausarbeitung der Software samt Maschinellern im 2. Quartal ein.

Meilenstein – Inbetriebnahme (3. Quartal)

Ein zentraler Projektmeilenstein ist die funktionale Inbetriebnahme von Hard- und Software. Alle Schnittstellen werden zu Beginn von Quartal 3 zusammengeführt und die Basisfunktionen werden überprüft und erprobt.

Der erfolgreiche Abschluss leitet die internen Feldversuche ein.

Meilenstein – Evaluation (3. Quartal)

Im Rahmen der Feldversuche wird die Performance des GEM analysiert. Dabei steht im Vordergrund, dass die Taktzeit pro Erntevorgang unter 30 Sekunden liegt und das Erntegut unbeschadet geerntet wird. Im Sinne eines vollautonomen Agrarsystems mit Fokus auf die Werkzeugtechnik unterstützt die AI.Land damit den ökologischen Pflanzenbau.



Der erfolgreiche Abschluss der Evaluation leitet weitere konstruktive und programmatische Iterationen in Richtung eines produktreifen Prototyps ein.

2. **Arbeitsplan** (Hier soll erläutert werden, wie die Projektziele ggf. Zwischenziele bzw. Meilensteine erreicht werden. Bitte schildern Sie die durchzuführenden Aktivitäten, die Rolle und spezifischen Kompetenzen der Projektbeteiligten.)

Arbeitspaket 1

Hardware: Auskonstruktion, Komponentenauswahl und Montage des Gemüseerntemoduls (GEM)

Der erste Prototyp des GEM wurde 2019 im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit für ETAROB erstellt. Basierend auf der vorliegenden Ausarbeitung und den anschließenden Tests werden Optimierungen eingeleitet und der Werkzeugprototyp somit in eine überarbeitete Variante überführt. Dazu soll der Greifer zunächst insgesamt leichter ausgeführt werden, das Schneidmesser wird verbessert und die Werkzeugaufnahme wird mit Medienkopplern erweitert. Eine Geometriestudie soll die Adaption auf weitere Nutzpflanzen vereinfachen. Das Werkzeug wird anschließend mit Hilfe einer physikalischen Simulationsumgebung modelliert und der Greif- sowie der Trennprozess iterativ optimiert. Schließlich erfolgt die Integration des GEM in den ETAROB.

Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

Arbeitspaket 2

Software: Anpassung und Erweiterung der multimodalen, intrinsischen ETAROB Sensorik

Zunächst erfolgt die Vernetzung mit den intrinsischen Sensoren von ETAROB. Diese werden in einer Physik-Engine (GAZEBO) simuliert. Ausgehend von dem optimierten Sensorportfolio wird der Ernteprozess analysiert, um spezifische Greifpositionen für den TCP (Tool-Center-Point) festzulegen sowie die Trennpunkte zwischen Pflanze und Wurzel zu definieren. Ziel ist eine definierte Pick-Position an den Roboterarm zu übergeben, sodass die Ernte später im Rahmen einschlägiger Feldtests durchgeführt werden kann.

Gegebenenfalls werden zu diesem Zweck weitere Sensoren (bspw. Spektralkameras oder 3D-Sensoren) hinzugefügt oder ausgetauscht.

Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

Arbeitspaket 3

Maschinelles Lernen: Implementierung erntespezifischer Algorithmen

AI.Land setzt zur Durchführung des vollautomatisierten Ernteprozesses Algorithmen des Maschinellen Lernens sowohl in der Bildverarbeitung als auch in der Prozesskontrolle (Artificial Intelligence) ein, um Entscheidungen über das Zu- und Beschneiden von Pflanzen treffen zu können. Erstmals widmen wir uns damit dem Thema der „Pflanzen-Chirurgie“, d.h. es muss beispielsweise je nach Gemüsesorte überschüssiges Blattwerk vor und nach der Ernte entfernt werden. Brokkoli, zum Beispiel, muss während der Ernte in mehrere Teile zerlegt werden. Durch die sich verändernden Arbeitsumgebungen hinsichtlich der landwirtschaftlichen Erzeugnisse in Bezug auf Artenvielfalt, ihrer Wachstumsphasen und der sich verändernden Umweltbedingungen (Licht/Schatten, Feuchtigkeit, Wind, Staub, etc.) gestaltet sich die Entwicklung von Outdoor-Robotern insgesamt als äußerst komplex. Um diesem Themenkomplex bestmöglich Rechnung zu tragen verfolgt die AI.Land einen einzigartigen Ansatz für das Training neuronaler Netze zur Pflanzendetektion. Dieser fokussiert das Data-Enrichment mit virtuellen Pflanzendaten. Dazu werden beim Anlernen von Ernteprozessen Pflanzen fotogrammetrisch erfasst (ausgereiftes Wachstumsstadium) und anschließend fotorealistisch mit einer Rendering-Software verändert. Durch diese Vorgehensweise können frühzeitig im Labor roboter- und kulturspezifische Edge-Cases antrainiert werden. Damit beschleunigt AI.Land den Transfer vom Labor aufs Feld.

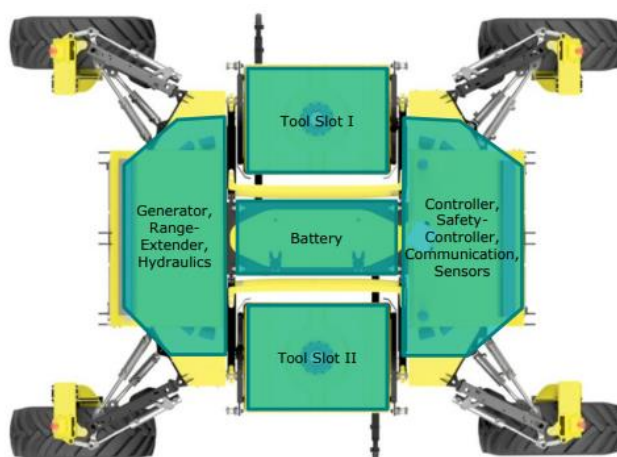
Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

Arbeitspaket 4

Systemintegration: Integration und Schnittstellenmanagement zwischen GEM und ETAROB

Die bereits implementierte kollisionsfreie Pfadplanung für den Manipulator auf Basis des Robot Operating Systems wird optimiert.

Basierend auf den formulierten Standards des ETAROB Werkzeugwechslers wird die Robotersteuerung, der Roboter und das Gemüseerntemodul in Werkzeugslot 1 (Tool Slot 1, s. Grafik) integriert. Werkzeugslot 2 fungiert als Logistikscheule für Gemüseboxen (Rollensystem).





Die Integration umfasst die mechanische Konstruktion dieser Werkzeugslots, das Energie- und Medienmanagement sowie eine Sicherheitsanalyse.

Gegebenenfalls erfolgt die Integration in den neuen Prototypen mETAROB (Gen. 5).

Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

Arbeitspaket 5

Test: Inbetriebnahme und Feldtests

Im Rahmen der Feldversuche auf unserem künstlich angelegten Gemüsefeld mit verschiedenen Kulturpflanzen wird die Performance des GEM analysiert. Dabei steht im Vordergrund, dass die Taktzeit pro Erntevorgang unter 30 Sekunden liegt und das Erntegut unbeschadet geerntet wird. Der erfolgreiche Abschluss leitet weitere konstruktive und programmatische Iterationen in Richtung eines produktreifen Prototyps ein. Wenn die Projektlaufzeit und der Ergebnisfortschritt es zulassen, strebt AI.Land selbstverständlich den Transfer in die landwirtschaftliche Praxis an.

Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

Arbeitspaket 6

Admin: Projektmanagement, Dokumentation und Präsentation

Im Rahmen der Projektdurchführung erfolgt die Abstimmung mit dem Projektträger, die Veröffentlichung von Projektergebnissen auf Fachtagungen und Konferenzen, sowie die Dokumentation mit Zwischen- und Abschlussberichten.

Beteiligte Partner: AI.Land GmbH

3. Dauerhaftigkeit der erzielten Ergebnisse

Die AI.Land GmbH baut und vertreibt den Feldroboter ETAROB für den ökologischen Pflanzenbau. GEM unterstützt dabei die Entwicklung von vollautonomen Agrarsystemen mit Fokus auf die Werkzeugtechnik. Durch den Beitrag der AI.Land GmbH soll der Grundstein für eine neue Prozesstechnologie sowie für eine Produkterweiterung gelegt werden. Als Impact Start-Up verfolgen wir damit vielfältige Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development



Goals), u.a. verantwortungsvollen Gemüseanbau und nachhaltige Ernte gesunder Lebensmittel durch Innovation, was wiederum zur Hungerbekämpfung und Steigerung des Wohlbefindens beiträgt.

Dies wird zum einen durch den Pflanzenerkennungsansatz auf Basis maschinellen Lernens erreicht. Dieser Ansatz ermöglicht die Unterscheidung von Unkraut und Nutzkrautern, welche selektiv gefördert oder entfernt werden können. Durch die Reduzierung der Ernteabfälle auf ein Minimum werden im Sinne einer Kreislaufwirtschaft Ressourcen geschont. Gleichzeitig lässt sich die Produktqualität von landwirtschaftlichen Erzeugnissen durch reifeorientierte Ernte und feldfrische Bereitstellung der Produkte steigern.

Im Vergleich zu konventionellen Landmaschinen, bei welchen die Arbeitsgeräte im Betrieb stark schwanken, sind die Werkzeuge am Feldroboter spielfrei mit der Trägerplattform gekoppelt, sodass bei beliebig langsamer Fahrgeschwindigkeit gezielt zwischen den Pflanzen gearbeitet werden kann. Dies ermöglicht eine präzise Unkrautbekämpfung, wodurch eine Substitution von chemisch-synthetisierten Pflanzenschutzmitteln erreicht wird. Durch dieses Spot- und Precision-Farming wird ein rücksichtsvoller Umgang mit dem biologischen Umfeld ermöglicht und u.a. der Artenschutz von Insekten gefördert.

Zum anderen erreichen Feldroboter, wie ETAROB, eine gute Bodenschonung. Es können substanzielle Mengen an CO₂ in Ackerflächen gespeichert werden, die weniger intensiv aufbereitet werden. Gleichzeitig spart die minimal invasive Bodenaufbereitung große Mengen an Treibstoff mit CO₂-Äquivalent. Zudem wird durch die selektive und präzise Bewirtschaftung von Ackerflächen erreicht, dass auf weniger Ackerfläche somit mehr angebaut werden kann, wodurch die Ressourcen Wasser und Ackerfläche nachhaltig genutzt werden.

Parallel dazu ermöglichen Feldroboter gegenüber konventionellen Landmaschinen die Elektrifizierung in der Landtechnik. Kleine, modulare Systeme bedürfen weniger spezifischer Leistung und sind somit unabhängiger von fossilen Brennstoffen mit hohen Energiedichten. Eine Umstellung auf Erneuerbare Energien ist damit möglich.

Die roboterbasierte Ernte von Gemüse automatisiert monotone und körperlich anstrengenden Feldarbeiten und schafft damit eine zukunftsorientierte Unabhängigkeit von Saisonarbeitskräften, was sich im Sinne von pandemiebedingten Restriktionen sowie vor dem Hintergrund des demografischen Wandels vorteilhaft auswirkt.

Wir begleiten die nachhaltige Neuausrichtung der modernen Landwirtschaft durch die Ableitung einer neuen Gemüseerntemodul-Generation. Damit leisten wir einen Beitrag zur angestrebten Digitalisierung. Ergebnisse aus unserer Arbeit verbreiten wir regelmäßig auf Fachtagungen und Konferenzen.

Insgesamt erschließen Feldroboter somit eine Vielzahl von Synergieeffekten und die Technologie leitet einen disruptiven Wandel in der Landwirtschaft hin zu einer effizienten und gleichzeitig ökologischen Flächenbewirtschaftung ein. Wenngleich der Transfer in die land-



wirtschaftliche Praxis noch sehr jung ist, so wird mit einer steigenden Anzahl von Präzisionswerkzeugen durschlagende Effekte für Klimaschutz, Ressourcenschonung und Biodiversität erzielt.

Kempen, 14.10.2021

Unterschrift antragstellende Person

Ort, Datum