

## I Kurzbericht

### Aufgabenstellung

Ziel des Verbundprojekts war die Entwicklung eines UAS (unmanned aerial system) -basierten Monitoringsystems für Spinnmilben bei Erdbeeren und Gurken im Unterglasanbau (*MiteSens*). Die Spinnmilbenerkennung basierte auf spektraler Bildgebung und Bildbearbeitung mittels machine learning. Zur UAV (unmanned aerial vehicle) -basierten Bilderfassung wurde eine autonome dynamische Flugsteuerung entwickelt. Die Flugsteuerung wurde mit einer 3D Verortung realisiert, die auch die Georeferenzierung der Bilddaten und somit eine räumliche Zuordnung eines detektierten Spinnmilbenbefalls erlaubt. Ein angepasstes Datenmanagement ermöglichte die Verarbeitung der Daten in Echtzeit sowie die 2D-Darstellung des Spinnmilbenbefalls.

Im Rahmen der Projekterweiterung vertical farming wurde die Spinnmilbenerfassung weiterentwickelt und die Spinnmilbenausbreitung in vertikalen Beständen untersucht. Zur UAV basierten Bilderfassung wurde eine Miniaturisierung des UAV sowie eine entsprechende Anpassung und Weiterentwicklung der Systemkomponenten durchgeführt.

Die Ingenieurbüro Bauer GmbH war im Rahmen der Projektbearbeitung für das Datenmanagement und Darstellung zuständig. Dabei fand eine enge Zusammenarbeit mit Uni Hohenheim und insbesondere Wolution (Bildauswertung) statt. Die Ingenieurbüro Bauer GmbH beteiligte sich nicht bei der Projekterweiterung „vertical farming“.

### Ablauf des Vorhabens

Die Projektkoordination hatte das Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim inne. Die Bearbeitung wurde in drei Teilprojekte (UP) untergliedert. In Anlehnung an die drei Säulen von MiteSens, umfasste UP1 den autonomen UAV Flug im Gewächshaus. UP2 befasste sich mit der bildbasierten Spinnmilbenerkennung. UP3 adressierte das Datenmanagement. Neben der Universität Hohenheim waren die Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg (Gewächshausversuche), das landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (Gewächshausversuche, Spinnmilbenzucht), die Hochschule Karlsruhe (UAV Flugsteuerung und Verortung), Wolution GmbH & Co KG (Bildauswertung), Multikopter.de (UAV Entwicklung) und das Ingenieurbüro Bauer (Datenmanagement) beteiligt. Die entsprechenden Arbeiten wurden in 8 Arbeitspakete (AP) unterteilt, wobei die Ingenieurbüro Bauer GmbH für AP7 (Datenmangement) verantwortlich war.

Bei der Projekterweiterung vertical farming war die Ingenieurbüro Bauer GmbH nicht beteiligt.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Entgegen der ursprünglichen Planung erfolgt das Datenmanagement bzw. die Datenbereitstellung extern durch Wolution und HKA in Form von einzelnen Dateien. Durch eine von der HKA entwickelte Software können die klassifizierten und verorteten Befallsdaten umgewandelt und im HMI (human machine interface) ausgewertet und übersichtlich sowie praxisnah dargestellt werden.

Die von der Ingenieurbüro Bauer GmbH entwickelte Software für das HMI wurde erweitert und erlaubt nun die Darstellung der von Wolution und HKA bereitgestellten Befallsdaten in einer 0,5x0,5m farbigen, interaktiven Matrix. Diese Matrix ist dabei ein Abbild eines Pflanztisches in einem Gewächshaus. Der Betreiber kann durch diese Matrix den Befall mit Spinnmilben lokalisieren und geeignete Maßnahmen zur Bekämpfung ergreifen.

## II Eingehende Darstellung

### Inhalt

1. Durchgeführte Arbeiten, insbesondere im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung.....	2
1.1 Gesamtzielsetzung und Projekterweiterung „vertical farming“ .....	2
1.2 Arbeitsplanung im MiteSens Verbund .....	2
1.3 Eingehende Darstellung der Arbeiten und Ergebnisse .....	4
2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	6
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	6
4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	7
5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	7
6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	7

# 1. Durchgeführte Arbeiten, insbesondere im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung

## 1.1 Gesamtzielsetzung und Projekterweiterung „vertical farming“

Das Gesamtziel des Verbundprojekts war die Entwicklung eines UAS (unmanned aerial system) -basierten Monitoringsystems für Spinnmilben bei Erdbeeren und Gurken im Unterglasanbau (MiteSens). MiteSens sollte in der Lage sein, sowohl den frühen Befall von Pflanzenblättern mit Spinnmilben zu detektieren, als auch entsprechende Bekämpfungsmaßnahmen mit Prädatoren und/oder integrierbaren Pflanzenschutzmitteln (Akariziden) zu überwachen und deren Erfolg zu bewerten. Zur Realisation des Projektziels war der Einsatz von spektraler Bildsensorik und eine Bildauswertung hinsichtlich Spinnmilbenbefall-Bestimmung mit Künstlicher Intelligenz (KI, machine learning) geplant. Für den praktischen Einsatz war die Integration der Bildsensorik auf einem UAS vorgesehen, das autonom fliegt und mittels kontinuierlicher Standorterfassung die Bildinformationen georeferenzieren und somit räumlich dem Pflanzenbestand zuordnen kann.

Gegen Ende des Verbundprojekts wurde beim Projektträger ein Erweiterungsantrag gestellt und genehmigt. Der Erweiterungsantrag hatte eine inhaltliche Konzentration der MiteSens-Arbeiten auf **vertical farming** zum Ziel, wobei als entsprechende zusätzliche Fragestellungen i) die Ausbreitung und optische Bestimmung von Spinnmilben in zwei hydroponischen Systemen untersucht sowie ii) eine UAS Miniaturisierung und Modifikation für 3D Monitoring in begrenzten Flugräumen adressiert wurde.

## 1.2 Arbeitsplanung im MiteSens Verbund

Die Ingenieurbüro Bauer GmbH (IB) arbeitete im MiteSens Verbundprojekt mit der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau in Heidelberg (LVG), dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), der Hochschule Karlsruhe, der Wolution GmbH & Co KG (Wolution), mit Multikopter.de (Multikopter) und Universität Hohenheim zusammen. Bei der Projekterweiterung hatte IB nicht mitgewirkt, da der 3D-Ansatz zur Ergebnisdarstellung in der vertical farming Erweiterung mit der zuvor erarbeiteten 2D-Darstellung des Spinnmilbenbefalls nicht kombiniert werden konnte.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die im MiteSens Projekt definierten Teilprojekte (UP), die ausgewiesenen Arbeitspakete (AP) sowie über die entsprechend verantwortlichen (Leitung) und/oder durchführenden (Mitwirkung) Projektpartner.

Tabelle 2 zeigt die zeitliche Planung der Bearbeitung aller ursprünglich definierten AP sowie die Zeitplanung und Einordnung der im Rahmen der Projekterweiterung vertical farming definierten Erweiterungs-Arbeitspakete (EAP).

**Tabelle 1: Teilprojekte (UP), Arbeitspakete (AP), leitende und mitwirkende Partner**

Teilprojekt	Arbeitspaket	Leitung Arbeitspaket	Mitwirkung
	AP1 Projektkoordination	Universität Hohenheim	alle
UP1 Autonomer UAV Flug im Gewächshaus	AP2 Dynamische UAS Steuerung und 3D Georeferenzierung	Hochschule Karlsruhe	Multikopter
	AP3 UAV Entwicklung	Multikopter	Hochschule Karlsruhe LVG
UP2 Bildbasierte Spinnmilben- erkennung	AP 4 Gewächshausversuche	LVG	LTZ, IB Universität Hohenheim Wolution
	AP5 Bilderfassung	Universität Hohenheim	alle
	AP6 Bildauswertung	Wolution	Hochschule Karlsruhe LTZ, LVG Universität Hohenheim
UP3 Datenmanagement	AP7 Datenmanagement	IB	Multikopter Hochschule Karlsruhe
	AP8 Systemintegration	Universität Hohenheim	alle

Für die MiteSens Erweiterung vertical farming wurden 5 Ergänzungs-Arbeitspakete (EAP) definiert:

EAP 1: Dynamik der Spinnmilbenausbreitung in hydroponischen Systemen (NFT, Aponix). Beteiligte Projektpartner: Universität Hohenheim (EAP-Leitung), LVG Heidelberg, LTZ Augustenberg, Wolution GmbH & Co. KG

EAP 2 Zeitreihenbasierte optische Spinnmilbendetektion. Beteiligte Projektpartner: Wolution GmbH & Co. KG (EAP-Leitung), Universität Hohenheim, LVG Heidelberg, LTZ Augustenberg

EAP 3 UAS Miniaturisierung. Entwicklung eines Mini-UAV für begrenzte Räume. Beteiligte Projektpartner: Multikopter (EAP-Leitung), Hochschule Karlsruhe

EAP 4 UAS Modifikationen und FC Miniaturisierung. Beteiligte Projektpartner: Hochschule Karlsruhe (EAP-Leitung), Multikopter

EAP 5. 3D Pflanzenverortung. Beteiligte Projektpartner: Hochschule Karlsruhe (EAP-Leitung), Wolution GmbH & Co. KG, LVG Heidelberg

**Tabelle 2: Zeitplan für die MiteSens Bearbeitung. Die Ergänzungs-Arbeitspakete (EAP) im Rahmen der vertical farming Erweiterung sind blau dargestellt.**

UP	AP		2020												2021												2022												2023											
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Projektkoordination	Projektvorbereitung	[Grey]																																															
		Koordination/Leitung	[Grey]																																															
Autonomer UAV Flug im Gewächshaus (UP1)	2	Dynamische UAS Steuerung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		flight control	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
	autonome Flugplanung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]												
3	UAV Entwicklung	UAV Entwicklung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Flug-, Funktionstests	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
Bildbasierte Spinnmilben-erkennung (UP2)	4	Gewächshaus- versuche	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Validierung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
	5	Bilderfassung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Bildaufnahmen (statisch, mobil)	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
6	Bildauswertung	Bild- und Zeitreihenanalyse	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Befallsmuster - Maschine learning	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
Daten- management (UP3)	7	Datenbank	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Ground control, Datenauswertung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
8	Systemintegration	Integration der Teilentwicklungen	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											
		Kontinuierliche Verbesserung	[Grey]												[Grey]												[Grey]												[Grey]											

Das Verbundprojekt startete am 01. Februar 2020 und endete nach Bearbeitung der Erweiterung vertical farming am 31. Dezember 2023.

### 1.3 Eingehende Darstellung der Arbeiten und Ergebnisse

Im Folgenden werden die von der Ingenieurbüro Bauer GmbH (IB) durchgeführten Arbeiten vorgestellt und mit der ursprünglichen Arbeits- und Zeitplanung verglichen.

Ziel von **AP 7 Datenmanagement** ist die Zusammenführung relevanter Daten und deren Auswertung sowie Darstellung.

Entgegen der ursprünglichen Planung wurde von einer Datenhaltung in speziellen time based Datenbanken, die bereits zu Projektbeginn intensiv evaluiert wurden, Abstand genommen.

Die anfängliche Idee, Daten des UAV während des Fluges online zu übertragen, zu speichern, auszuwerten und in Echtzeit darzustellen, wurde aufgrund der Komplexität und Datenmenge verworfen. Die sehr umfangreichen Spektral- und RGB Bilddaten werden nunmehr nach Beflug durch HKA ausgelesen und durch Wolution bewertet.

Mit Hilfe einer, bei der HKA entwickelten, Software werden die klassifizierten Befallsdaten in ein, für IB verarbeitbares Datenformat inkl. Verortung überführt und stehen der weiteren Verwendung in einem HMI (human machine interface) zur Verfügung.

Die von IB über viele Jahre entwickelte Software (ShowIt) für das HMI wurde erweitert und erlaubt nun die Darstellung der von Wolution und HKA bereitgestellten Befallsdaten in einer 0,5x0,5m farbigen, interaktiven Matrix. Diese Matrix ist dabei ein Abbild eines Pflanztisches im entsprechenden Gewächshaus. Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die vom Gewächsausbetreiber verwendbare Software und deren grafischer Oberfläche.

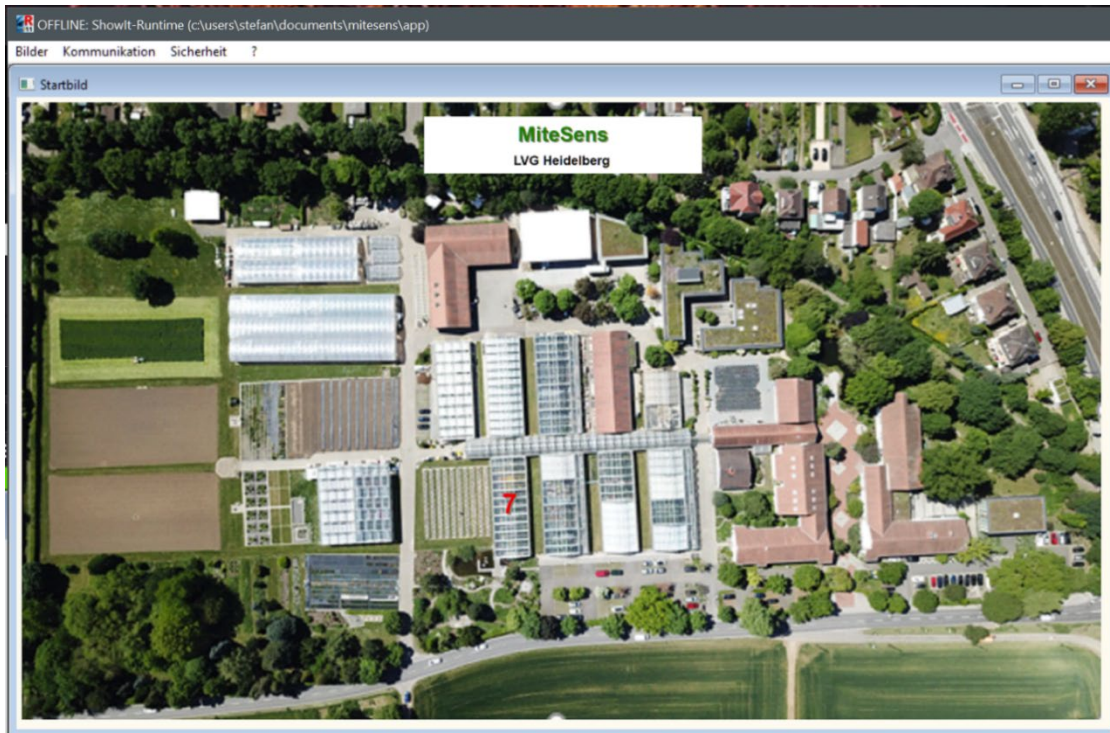


Abbildung 1: HMI - Betriebsübersicht am Beispiel der LVG Heidelberg. Das Gewächshaus kann durch Anklicken ausgewählt und dadurch auf deren Darstellungsebene gewechselt werden.

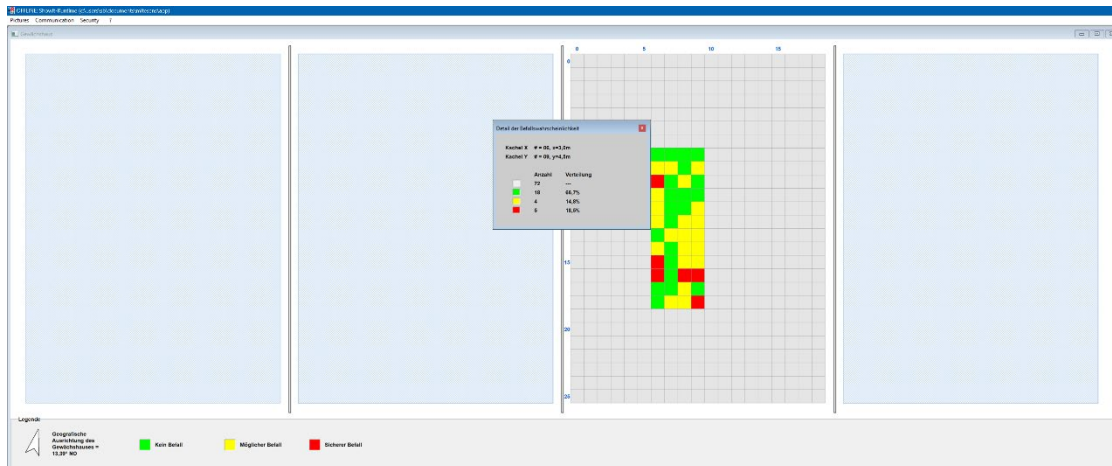


Abbildung 2: Darstellungsebenen des HMI. Das gewählte Gewächshaus wird in 2D Flächen unterteilt dargestellt, welche wiederum in kleinste 2D-Flächen (Detail) von 0,5x0,5m unterteilt sind. Die farbige Fläche stellt hier den Pflanztisch und somit die auf ihm befindlichen Pflanzen mit klassifiziertem Befall dar. Detailinformationen werden durch Klick auf eines der farbigen Rechtecke zur Anzeige gebracht.

Die abgebildete Software besteht aus mehreren Modulen und erlaubt u.a. die Erstellung von grafischen Darstellungen sowie die Dynamisierung diverser Elemente auf den Bildern. Die Bilder sind beliebig anpassbar und auf spätere, sich ggfs. ändernde örtliche Gegebenheiten adaptierbar. Eine Scriptsprache erlaubt zudem das Hinterlegen von diversen Aktionen und Logik. Das Einfärben der abgebildeten Quadrate geschieht mit Hilfe spezieller Script-Auswertungsfunktionen aus den klassifizierten und verorteten Befallsdaten.

Das Ap7 wurde durch IB plangemäß bearbeitet.

## 2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Personalkosten der Ingenieurbüro Bauer GmbH betragen 25.899,95€ .

## 3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit war durch die Anforderung an eine HMI gegeben, welche übersichtlich und praxisnah Ergebnisse zur Anzeige bringt. Durch Reduktion auf das erforderliche Minimum wurde sparsam gehaushaltet.

#### 4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die vorhandene, aber erweiterte Software „ShowIt“ in Verbindung mit der, während der Projektlaufzeit für ShowIt entwickelten „MiteSens“ Applikation, kann auch auf andere Gewächshäuser oder Gegebenheiten angepasst werden. Voraussetzung dafür ist die Analyse der Befallsdaten durch Wolution und anschließende Aufbereitung der resultierenden Daten durch die Software der HKA.

#### 5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind während der Durchführung des Vorhabens bei anderen Stellen keine Fortschritte bekannt geworden, welche die Ziele des Verbundvorhabens adressieren.

#### 6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Ingenieurbüro Bauer GmbH wird keine Veröffentlichungen vornehmen.