

UAV-basiertes Monitoringsystem (UAS) für Spinnmilben im Unterglasanbau

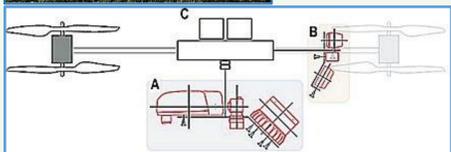
Hauptziele und Beiträge zu „Hortico 4.0“ und Digitalisierung im Gartenbau

- 1. F&E UAS & Navigationszustandsvektor $y(t)$:**
UAS Flight Control (FC) Hardware. Algorithmen & Software Ground (GC)- u. Flight(FC)-Control. Berechnung GNSS/MEMS/Optik Navigationszustandsvektor $y(t)$ im ETRF89/ ITRF. $y(t)$ -ETRF89 / ITRF-Georeferenzierung aller Objekte: BIM, 3D Gebäude-, Pflanzenvoxelmodell, Bild-Metadaten
- 2. Bildaufnahme/Metadaten mit $y(t)$**
Bildbasierte Spinnmilben-Erkennung, Klassifizierung mit künstlicher Intelligenz (KI). Rückprojektion der Milbenbefalls-Klassen auf ETRF89 / ITRF 3D Voxelmodell der Pflanzen. Grundlage: Bild-Metadaten mit $y(t)$
- 3. Datenmanagement mit $y(t)$**
Basiert auf ETRF89 / ITRF Georeferenzierung aller Objekte mit $y(t)$ und optischen Metadaten. Datenkommunikation via Internet/Cloud. Visualisierung 3D Voxelmodell von Pflanzen und Befall sowie der 2D OrthoMap in Webportalen.

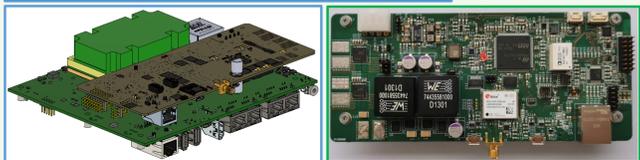
- UAS Aufbau u. FC Algorithmenentwicklungen. PID & MPC Flugregelung (FC)



Links: Multikopter UAV mit MITESENS Flight Control (FC). Aufbau der FC mit Bordcomputer Jetson TX2, PIX4D-Sensorboard und Kameras. IEEE1588 Zeitsynchronisation und GNSS/MEMS/Optik basierte Navigationszustandsvektor $y(t)$ auf FC im ETRF89/ITRF. $y(t)$ basierte PID Fernsteuerung und intelligente autonome MPC (Model Predictive Control) Flugsteuerung über Ground Control (GC).
Im Bild, links: Test der PID Flugsteuerung an der LVG Heidelberg durch HKA Mitarbeiterin.
Foto: HKA



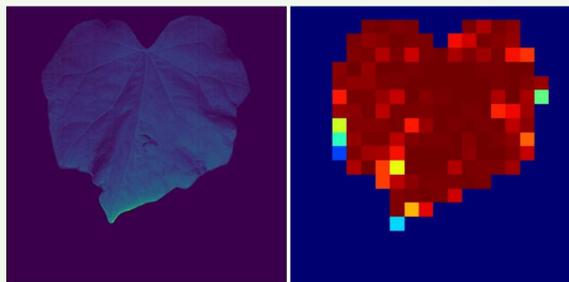
Links: MITESENS UAS Aufbau. Unten, links: FC System Hardware Design. Unten, rechts: FC-Board. Graphiken und Photo: HKA



Entwicklungsstand 05/2023

- Spinnmilbenzucht an der LTZ. Zeitreihenexperimente zur Befalldynamik (Gurke, Erdbeere) mit verschiedenen Kameratypen (LVG, Uni Hohenheim).

- Algorithmenentwicklung zur KI-basierten Spinnmilbendetektion mit $y(t)$ -basierten Metadaten-Bildern. Wolution



Links: Visualisiertes Hyperspektralbild. Rechts: Gerasterte (50x50 Pixel) Infektions-Heatmap. Infektionswahrscheinlichkeiten zwischen stark (rot) und gering (blau). Bilder: Wolution

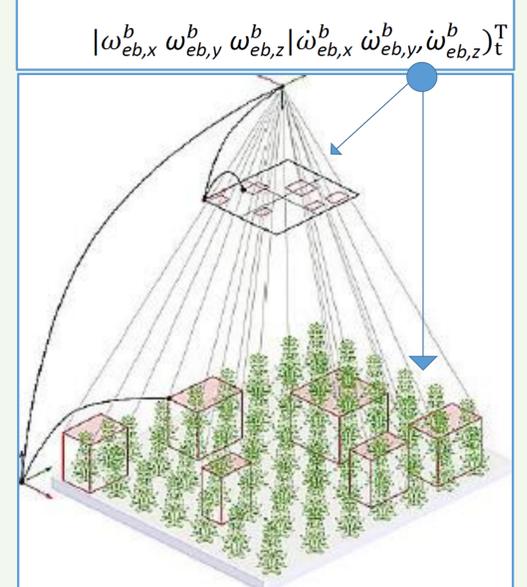
- ETRF89 BIM-Modell aus $y(t)$ georeferenzierten Laser- und/oder Bilddaten. LVG-Großversuch in 11/2022.



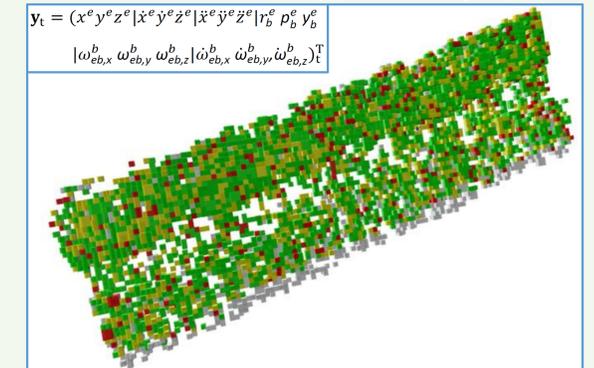
Links: Aufbau des MITESENS FC Subsystems (RGB-, Multispektral-Kamera, Laser, IMU) für Großversuch LVG 11/2022 auf Belüftungsschlitzen; ETRF89-Georeferenzierung über Apriltags-Marker. Rechts: ETRF89 BIM Modell mit exempl. (N,E,h) 3D-Koordinatengaben aus Laserscanningdaten. ETRF89 georeferenzierte 3D Voxel-punktwolke des Pflanzenbestandes aus RGB-Kameradaten. Bild und Graphik: HKA

- Rückprojektion der klassifizierten Bild Metadaten auf 3D-Voxelmodell Pflanzenbestand. Einheitliches $y(t)$.

$$y_t = (x^e y^e z^e | \dot{x}^e \dot{y}^e \dot{z}^e | \ddot{x}^e \ddot{y}^e \ddot{z}^e | r_b^e p_b^e y_b^e | \omega_{eb,x}^b \omega_{eb,y}^b \omega_{eb,z}^b | \dot{\omega}_{eb,x}^b \dot{\omega}_{eb,y}^b \dot{\omega}_{eb,z}^b)^T_t$$

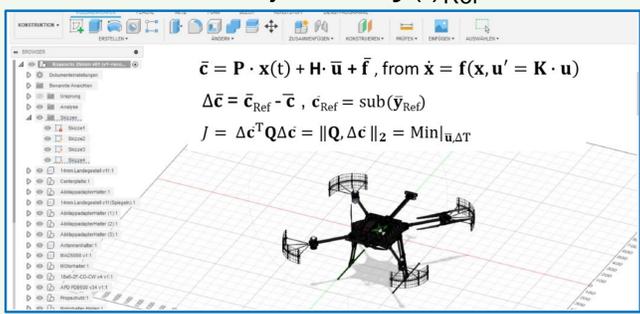


Schema der Rückrechnung klassifizierter Metadaten-Bilder auf den 3D-Voxel-datenbestand der Pflanzen über einheitliche $y(t)$ Georeferenzierung. Graphik: HKA



Ergebnis der Rückrechnung der klassifizierten Metadaten-Bilder aus Großversuch 11/2022 auf den 3D-Voxeldatenbestand der Pflanzen über einheitliche $y(t)$ Georeferenzierung. Hochoaufgelöste 5 cm Voxelgröße. Graphik: HKA

- Autonomer MPC Flug mit Zustandschätzung $y(t)$. Permanenter Abgleich mit Referenztrajektorie $y(t)_{Ref}$ aus GC.



FuE zur Model Predictive Control (MPC) Flugsimulation des MITESENS UAS. Bei der MPC FC werden die Dgl. zur Flugphysik betrachtet und zum Zeitpunkt t linearisiert. Der Flugzustandsvektor $x(t)$ des UAV entspricht dem Navigationszustandsvektor $y(t)$. Die Flugtrajektorie $c(t)$ ist ein Subraum von $y(t)$ (z.B. Wegpunkte, Geschwindigkeit). Über den Zeithorizont Δt können per MPC – unter optimaler Anpassung (Min) an die Solltrajektorie c_{des} – die Steuergrößen u (Propellerdrehzahlen ω) ermittelt werden. Nach Δt erfolgt der Abgleich „Soll – Ist“ mit dem Navigationszustandsvektor $y(t)$. Graphik mit Modellgleichg: HKA

Weitere Arbeiten 2023

- Fertigstellung MPC Flight Control (Hardware & Software) durch HKA
- Flugsimulationen und Real-Tests, gesteuert und autonom im Labor für GNSS und Navigation der HKA und im Gewächshaus der LVG Heidelberg
- Fertigstellung Ground Ctrl (GC). (HKA)

- Einbeziehung weiterer Schadsymptome (Thripse) und Vertical Farming. (LTZ, LVG, Uni Hohenheim, Wolution)
- Miniaturisiertes intelligentes autonomes UAS. MPC-FC ↔ GC. (Multikopter und HKA)
- Gewächshausversuche. (Konsortium)



- Entwicklung eines Internet/Cloud basierten Webportals für den MITESENS UAS Datenaustausch. (HKA, IB Bauer, Wolution, Uni Hohenheim)
- Dynamisierung MPC Flight Control für Hinderniserkennung. BIM-Modell als Marker (KI). Full SLAM. (HKA)



MiteSense Projekttreffen des Gesamtkonsortium an der LVG Heidelberg.

Von links nach rechts: Prof. Dr.-Ing. Reiner Jäger, Bernd Hoffstede, Julia Diekert, Christian Clees, Friederike Espinoza, Dr. Christine Dieckhoff, Rainer Koch, Dr. Klaus Spohrer, Boris Mandrapa, Dominik Wuttke, Ute Ruttensperger, Lealem Tessema, Dr. Mareile Zunker, Stefan Bauer. Foto: LVG Heidelberg