Leaf reflectance spectra from RGB camera and AS7343

Reconstruction and validation on medicinal plants

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Thesis project

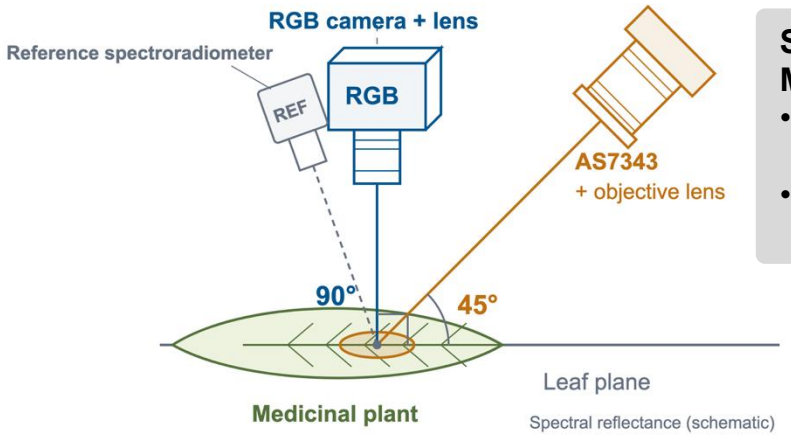
Area: Plant Centric Lighting, sensing
Skills: Python, image processing, sensor fusion
Contact: Felix Wirth
wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Project description:

How accurately can leaf reflectance spectra be reconstructed from 3 RGB channels of an industy camera and 11 AS7343 spectral channels?

- Measure medicinal plants, develop the algorithm in Python and validate the system against a reference spectroradiometer.
- Use white/dark references and fixed illumination.
- Pick optimal rgb camera
- Compare RGB, AS7343 and sensor fusion.
- Evaluate spectral RMSE and spectral angle on independent plants.
- For master thesis extension to in production horticulture light environment

Shared leaf measurement area



Schematic Measurement System

- Student needs to select RGB camera
- AS Sensor needs to be integrated

Supporting Points

- Ground truth spectral reflectance
- vs. Support points of sensor and rgb camera

Measurement dataset
Measure medicinal plants
Acquire RGB and AS7343 data
Record reference spectra

→

Algorithms and sensor fusion
Test different reconstruction algorithms
Fuse RGB and AS7343 data
Compare RGB alone / AS7343 alone / fusion

→

Reference comparison
Compare reconstructed spectra
with spectroradiometer measurements
Spectral RMSE and
spectral angle (SAM)

→

Validation and evaluation
Test on independent plants
Systematically compare algorithms
Assess the added value of sensor fusion

SensorSystem development for medicinal plant analysis:

Overlapping fields of view of RGB and AS7343, Optics selection, 3D printing and spatial calibration

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Thesis project

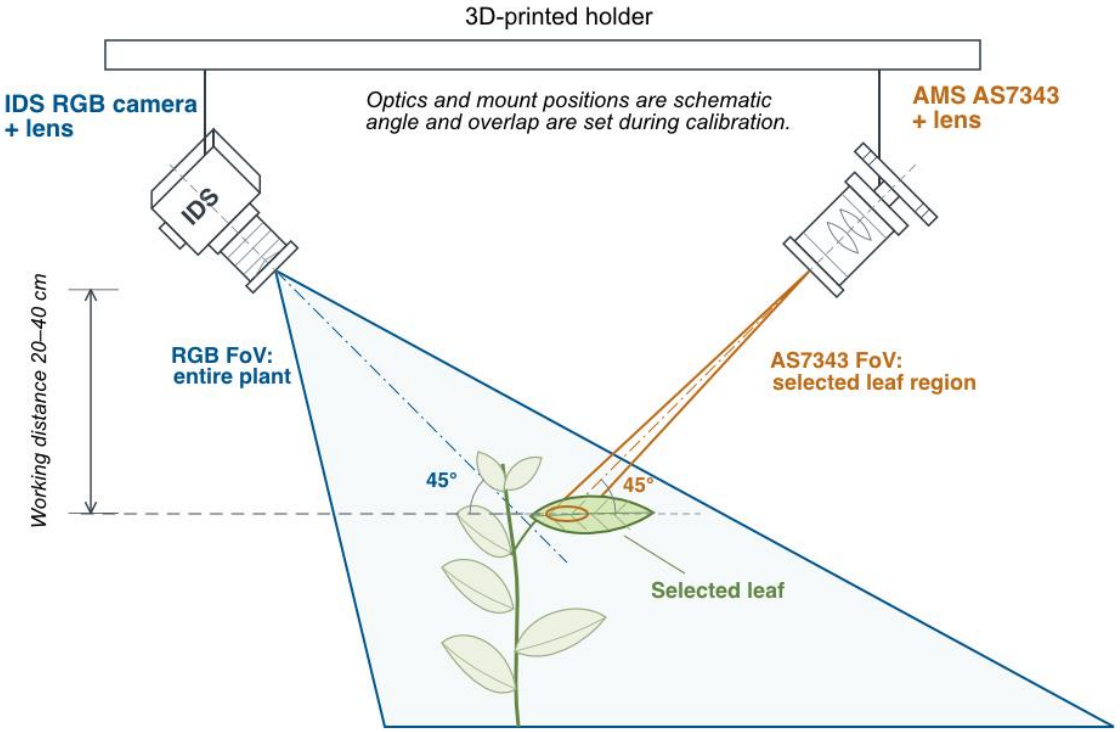
Area: Plant Centric Lighting, sensing
Skills: Python, sensor fusion, 3d printing
Contact: Felix Wirth
wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Project description

Develop a system approach to use rgb camera and multispectral sensor together

- Select the RGB camera and both lenses for a system with an AS7343 C-mount module. Design and 3D-print an adjustable holder to align the sensors.
- Develop calibration concept and then calibrate both sensors overlapping fields of view and evaluate the sensing footprint at object distances of 20–40 cm.
- The final application and evaluation is performed on leaves.
- Depending on Bachelor or Master Spectral Reflection algorithm will be part of the project or the scope is extended to an integration in horticulture luminaire.

Design sensor system: holder and overlapping fields of view



Camera and optics selection
Select RGB camera and lens
Select lens for AS7343 C-mount module
Define working distance: 20–40 cm

→

Adjustable sensor system
Design and 3D-print holder
Align both sensors towards the plant
RGB: whole plant / AS7343: selected leaf

→

Spatial calibration and overlap
Calibrate the RGB camera
Scan a small target across the object plane
Map the AS7343 response into the RGB image
Determine sensing footprint for each channel

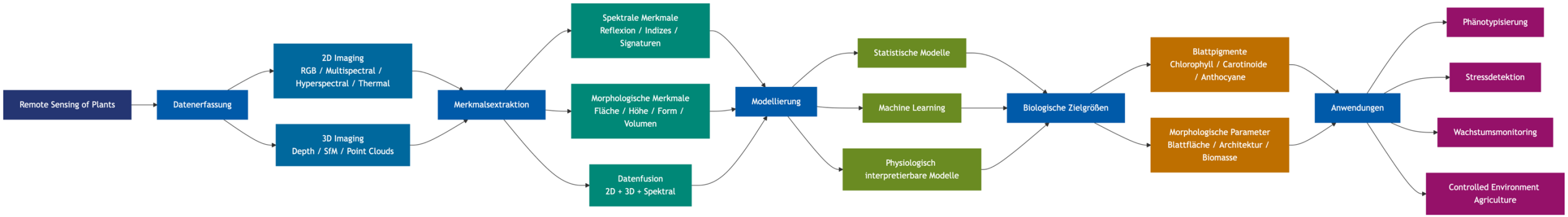
→

Evaluation and validation
Test at object distances of 20–40 cm
Measure footprint position and area
Quantify signal within the selected RGB region
Assess repeatability and distance effects

Context PCL / plant centric lighting /

Ansprechpartner: M.Sc. Felix Wirth, wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Spatio-Temporales Tracking von Sojapflanzen-Organen mit 3D Punktwolken

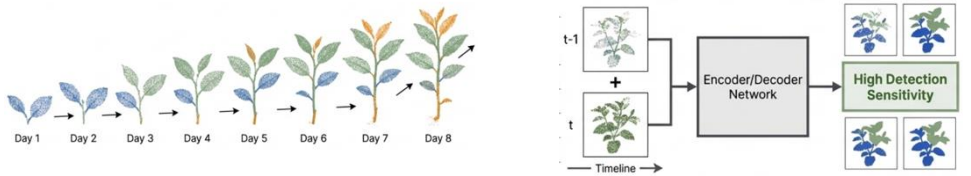
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Bereich:** Plant Centric Lighting, Software
- **Skills:** Deep Learning, Python
- **Kontakt:** Felix Wirth
  wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Blätter
Fläche & Krümmung

Petiolen
Stiel-Winkel & Länge

Internodien
Abstände & Vertikalwachstum



Projektbeschreibung:

- Controlled Environment Agriculture (CEA) erfordert präzises Monitoring. Die digitale Erfassung ermöglicht eine dynamische Optimierung von Licht und Nährstoffen.
- Anstatt statischer Bilder nutzen wir 3D-SfM (Strucute from Motion) Scans, um komplexe Strukturen wie Überlappungen und Blattwinkel exakt zu erfassen.
- Spatio-temporales Tracking (räumlich-zeitliche Verfolgung) bezeichnet die konsistente Identifikation und Verfolgung einzelner Objekte oder Strukturen über verschiedene Zeitschritte und im dreidimensionalen Raum.

Zielsetzung der Arbeit

- **Implementierung des Spatio-Temporal Trackings für Soja-Punktwolken.**
- **Automatisierte Segmentierung der Organe (Blätter, Petioles, Internodes).**
- **Analyse der zeitlichen Entwicklung morphologischer Parameter.**
- **Validierung der Ergebnisse anhand der publizierten Benchmarks (3D-NOD/TrackPlant3D) und bereits verfügbarem Datensatz.**

Spatio-temporales Tracking im Detail

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Dieselben Organe in aufeinanderfolgenden 3D-Aufnahmen wiedererkennen
und ihre räumliche Entwicklung über die Zeit verfolgen.

Vom 3D-Zustand zur Organ-Zeitreihe

1 Räumlich ausrichten

3D-Aufnahmen in ein gemeinsames Koordinatensystem überführen und Lageunterschiede ausgleichen.

2 Einzelne Organe segmentieren

Blätter und Stängel erkennen, einzelne Blätter abgrenzen und pro Aufnahme kennzeichnen.

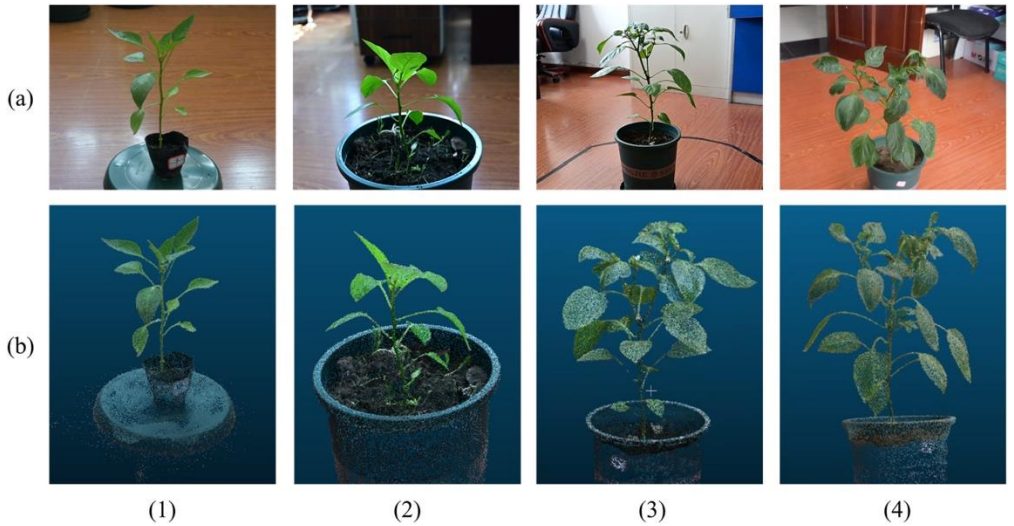
3 Organidentität über die Zeit zuordnen

Dasselbe Blatt anhand von Lage, Form und Ansatz wiederfinden. Neue und verdeckte Organe beachten.

4 Wachstum als Zeitreihe messen

Für jede Organ-ID Länge, Fläche oder Winkel je Zeitpunkt bestimmen und Änderungen auswerten.

Beispiel: 3D-Erfassung einer Pflanze [1]



(a) Fotos (b) rekonstruierte Punktwolken (1)–(4) Wachstumsstadien

PlantSeg als Grundlage und offene Tracking-Aufgabe

PlantSeg vermisst 14 Paprikapflanzen in vier Stadien.
Die zeitliche Organ-Zuordnung bleibt offen (Abschnitt 4).

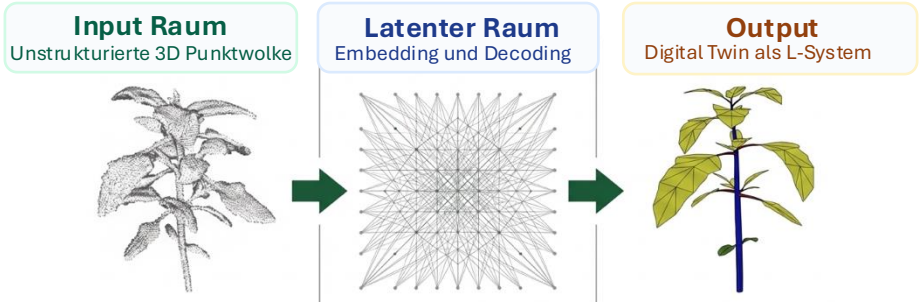
[1] Li et al. (2026), PlantSeg, Industrial Crops & Products

Direktes Lernen von L-System-Repräsentationen aus 3D-Punktwolken Für Vertical Farming (CEA)

Modellierung vereinfachter funktional-struktureller Pflanzenmodelle (FSPM) in Julia

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Bereich:** Plant Centric Lighting, Software
- **Skills:** Deep Learning, Python
- **Kontakt:** Felix Wirth
  wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de



Projektbeschreibung:

Controlled Environment Agriculture (CEA) erfordert präzises Monitoring. Die digitale Erfassung ermöglicht eine dynamische Optimierung von Licht und Nährstoffen.
Die automatisierte **Rekonstruktion biologisch interpretierbarer Pflanzenstrukturen aus 3D-Punktwolken** ist ein aktuelles Forschungsfeld an der Schnittstelle von Computer Vision, maschinellem Lernen und Pflanzenmodellierung.
Während viele Verfahren auf Einzelschritte wie Segmentierung oder Skelettierung fokussieren, gewinnen Ansätze an Bedeutung, die direkt **parametrisierte Strukturrepräsentationen** ableiten.
Verzweigungsstrukturen, Organbeziehungen und Parameter wie Länge, Radius und Winkel werden morphologische Parameter genannt und ermöglichen das beschreiben der Pflanzen, mittels **sogenannnter L-Systeme, die als Digitale Zwillinge fungieren.**

Zielsetzung der Arbeit

1. **Konzeption & Prototyping**
   Ableitung einer vereinfachten L-System-Repräsentation aus der Literatur und Konzept für Lernen aus 3D-Punktwolken.
2. **Automatisierung**
   Automatisierte Bestimmung morphologischer Parameter und Überführung in baumartige/ Graphen- Repräsentationen.12
3. **VPL Implementierung**
   Implementierung, Visualisierung und Evaluierung der Nutzbarkeit im Julia-Paket Virtual Plant Laboratory.

Kontakt

Felix Wirth
wirth@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Let`s Stay In touch