

PWGram

Datenbasierte Untersuchung von Stressfaktoren für Pflanzen anhand Fernerkundungsmethoden: Ein Multisensor-Messsystem zur berührungslosen Bestimmung von Stressfaktoren

Hassan Tagharobi, Prof. Dr. Mathias Möller, Prof. Dr. Markus Richter

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Motivation / Ziel

Die zunehmende Änderung des Klimas in Richtung extremer Witterungslagen mit zu erwartenden, langanhaltenden Trockenphasen führt dazu, dass Kulturpflanzen zur Sicherung von Ertrag und Qualität bewässert werden müssen. Eine bedarfsgerechte Bewässerung von Nutzpflanzen, die sich an den Pflanzen selbst orientiert, führt zu einer effizienteren Nutzung der Ressource Wasser, zu höheren Erträgen pro landwirtschaftlicher Fläche und damit zur Vermeidung der Ausweitung von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen mit dem Ziel der Erhöhung der Biodiversität von Flora und Fauna.

Im Rahmen des Projekts PWGram soll ein Multisensor-Messsystem zur Bestimmung des Wasserversorgungszustandes von Pflanzen entwickelt werden. Zudem soll die Möglichkeit untersucht werden, biotische Stressfaktoren von Pflanzen mit Hilfe von Fernerkundungsmethoden zu erkennen.

Das Messsystem wird indoor, outdoor und in Kombination mit verschiedenen Trägersystemen (Schiene, Drohne, Fahrzeug, Gießwagen, stationär) an verschiedenen Kulturpflanzen untersucht.

Im ersten Schritt werden derzeit die Forschungsfragen bearbeitet: Wie genau kann Trockenstress bei Pflanzen im VNIR, SWIR, Thermal-IR-Bereich detektiert werden? Wo liegen die Stärken und Grenzen der einzelnen Spektralbereiche? Wie erhöht sich die Genauigkeit durch die Kombinationsmöglichkeiten?

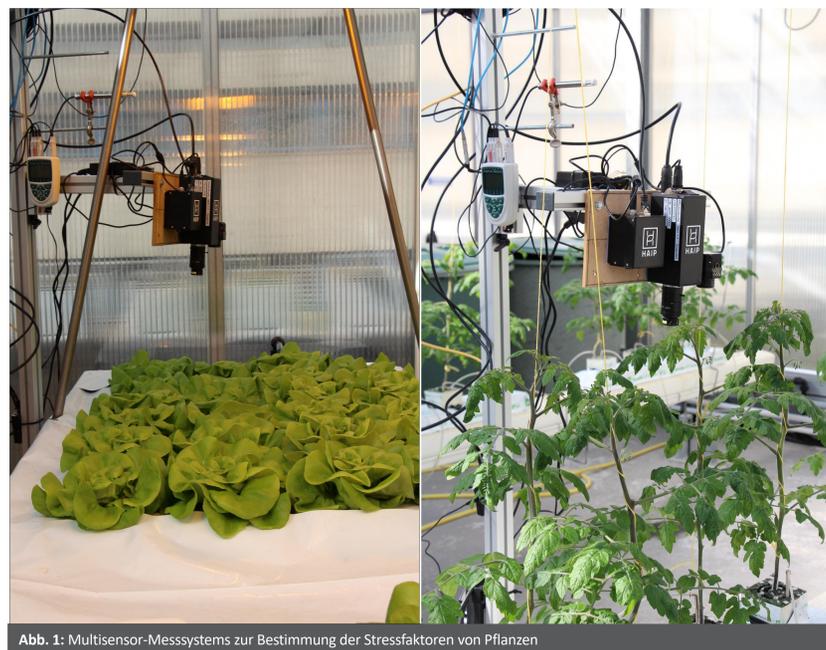


Abb. 1: Multisensor-Messsystem zur Bestimmung der Stressfaktoren von Pflanzen

Technische Ausstattung

Folgende Sensoren sind für das Projekt vorgesehen:

- Kamera im visuellen Bereich (RGB)
- Hyperspektralkamera im visuellen und nahen Infrarot (VNIR)
- Hyperspektralkamera im kurzwelligen Infrarot (SWIR)
- Wärmebildkamera (IR)
- Meteorologische Sensoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtintensität)
- Sensoren zur Positionsbestimmung (indoor, outdoor)
- Gas-exchange-Sensor zur Bestimmung des Wassergehalts von Pflanzen als Groundtruth

Darüber hinaus umfasst das System folgende Elemente:

- Beleuchtungselement (Sicherstellung von ausreichendem SWIR-, VNIR-Licht)
- Embedded System (Datenerfassung und -verarbeitung direkt im Multisensor-system)
- WLAN/5G-Module (Daten- und Bildübertragung)

Pflanzen

Zunächst werden die Tests an Salat- (*Lactuca sativa* L. „Chalmers“) und Tomatenpflanzen (*Solanum lycopersicum*) durchgeführt. Der Anbau erfolgt im Gewächshaus der Berliner Hochschule für Technik. Die Untersuchungen erfolgen zunächst im Gewächshaus und später im Freiland.

Daten / Prozess

Das Multisensor-Messsystem (MMS) erfasst die Pflanzen im visuellen Bereich (RGB) sowie im nahen Infrarot (VNIR), im kurzwelligen Infrarot (SWIR) und im thermalen Infrarot (IR).

Anhand des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) werden zunächst die Pflanzen in der Umgebung erkannt und eine Maske erstellt. Nach Kalibrierung und Sensordatenfusion wird diese Maske auf die Bilddaten im SWIR-, VNIR und IR-Bereich übertragen, so dass bei den nächsten Schritten nur die Pflanzen berücksichtigt werden.

Methodik

Das System bestimmt den Wasserversorgungszustand von Pflanzen mit unabhängigen redundanten Methoden, die in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen arbeiten. Dadurch kann eine höhere Genauigkeit erreicht werden. Folgende Methoden werden zur Bestimmung des Wasserversorgungszustandes verwendet:

- **Crop Water Stress Index (CWSI):** indirekte Bestimmung der Transpirationsleistung unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen mittels Wärmebilddaten
- **Water index (WI):** Bestimmung des Wasserversorgungszustands anhand der Absorption von Gewebewasser im VNIR (970 nm) u. SWIR-Bereich (1450 nm)
- **Machine Learning (ML) basierte Datenanalyse:** Bestimmung der Grenzwerte für Trockenstress in den jeweiligen Wellenbereichen, Pflanzen und Umgebungen sowie Herbeiführung einer Entscheidung bei nicht übereinstimmenden redundanten Methoden

Für Bestimmung der biotischen Stressfaktoren werden datenbasierte ML-Methoden auf VNIR bzw. SWIR-Daten angewendet [1].

Abschließend bestimmt ein ML-basierter Entscheidungsalgorithmus den Bewässerungsbedarf bzw., ob biotische Stressfaktoren vorliegen. Der Bewässerungsbedarf oder Stressfaktoren sowie die Position der Pflanzen sollen an ein zentrales System (Server) übermittelt werden. Dieses benachrichtigt die Nutzer*innen oder steuert autonom die teilflächenspezifische Bewässerung an.

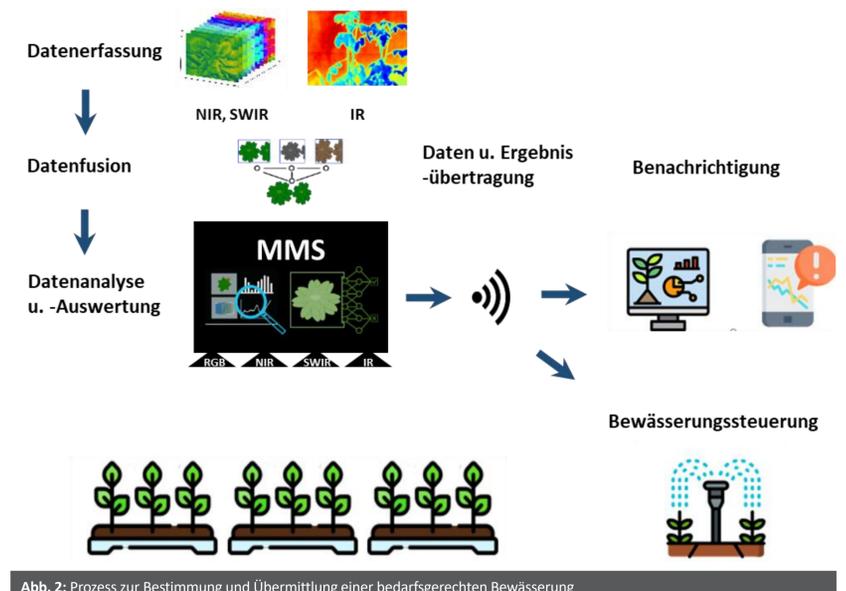


Abb. 2: Prozess zur Bestimmung und Übermittlung einer bedarfsgerechten Bewässerung

Aktuelle Herausforderungen

Die Ergebnisse der ersten datenbasierten Untersuchungen sind vielversprechend. Um diese für verschiedene Szenarien zu optimieren und Overfitting zu vermeiden, müssen größere Datensätze generiert werden. In diesem Bereich gibt es keine öffentlich zugänglichen Datensätze. Daher müssen die Datensätze im Rahmen des Projekts erstellt werden.

Die Bestimmung einer geeigneten Beleuchtung, die in allen zu untersuchenden Wellenlängenbereichen ausreichend Strahlung erzeugt und in verschiedenen Szenarien einsetzbar ist, stellt derzeit eine Herausforderung dar.