

Drohnenbasierte Untersuchung von Acker- und Grünlandbeständen in Agroforstsystemen

Matthias Wengert¹, Hans-Peter Piepho², Thomas Astor³, Rüdiger Graß¹, Jayan Wijesingha¹, Michael Wachendorf¹

¹Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe

²Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Biostatistik

³Deutsche Saatveredelung

10. Forum Agroforstsysteme | Gießen | 18. September 2025

GRÜNGRÜNLAND
WISSEWISSENWISSE
SCHSCHAFTAFTSCHAF
UNDUNDNDUNDUND
NACHNACHNACHNACH
WACHWACHSENDESEN
ROHROHROHROHROHR
STOFFSTOFFEFESTOFFE

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

ÖKOLOGISCHE
AGRAR
WISSENSCHAFTEN

Messung räumlicher Variabilität in AFS

Etablierte Methoden zur Ertragserfassung

- Parzellenmähdrescher (Arbeitsbreite z.B. 1,5 m)
- Punkt-Transekt-Methode (0,25 m² – 1 m² Probenfläche)

→ sehr geringe Fläche beprobt (oft weniger als 5 % eines AFS)

Vorteile drohnenbasierter Fernerkundung

- ganzflächige Messung möglich
- sehr hohe räumliche Auflösung möglich
- flexible Sensorwahl
- Befliegungszeitpunkt flexibel wählbar
- vergleichsweise geringe Kosten
- nicht destruktiv



Untersuchungen auf a) Acker- und b) Grünlandstandorten

a) 3 silvoarable Standorte

- 3 Gersten-Bestände zur Milchreife (Dornburg, Forst, Wendhausen)
- 96 m breite Ackerstreifen
- Pappeln im Kurzumtrieb
- Befliegung mit Echtfarben- und Multispektralsensor

Hypothese:

Ganzpflanzen-Trockenmasseertrag (TM) und Blattflächenindex (LAI) von Gerste in AFS können mittels drohnenbasierter Bilder mit hoher Genauigkeit geschätzt werden.

b) 1 silvopastoraler Standort

- 1 extensiver Grünlandstandort (Reiffenhausen), 5 Zeitpunkte
- 2 Grünlandmischungen (Diversität & Standard)
- 9 m breite Grünlandstreifen
- Weiden im Kurzumtrieb
- Befliegung mit Echtfarben- und Multispektralsensor

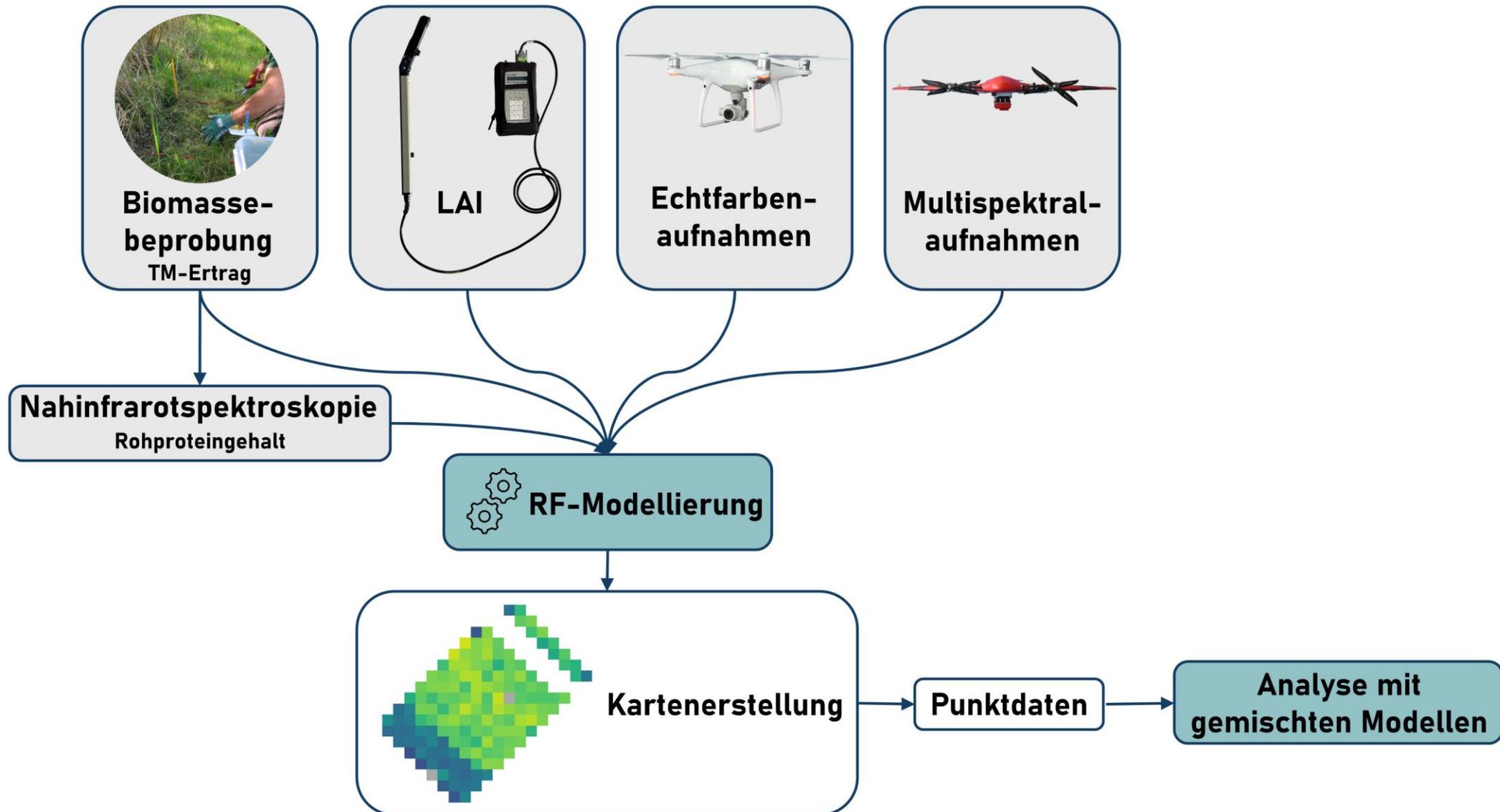
Hypothese:

Trockenmasseertrag (TM), Rohproteingehalt (RP) und Blattflächenindex (LAI) von Grünlandbeständen in AFS können mittels drohnenbasierter Bilder mit hoher Genauigkeit geschätzt werden.





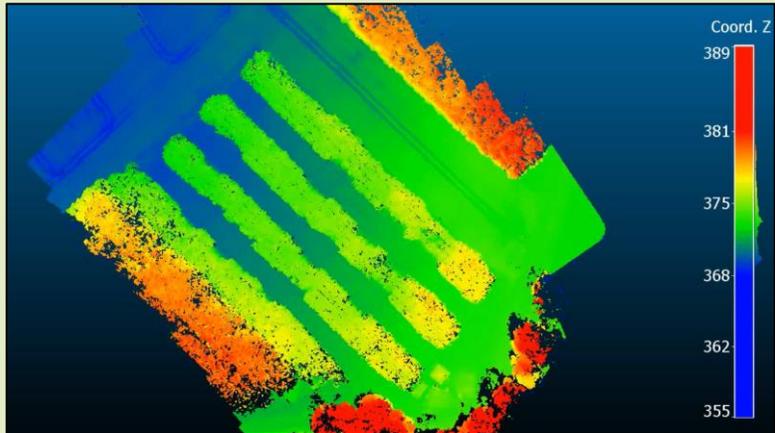
Ablauf der Datenerhebung & Analyse



Genutzte fernerkundliche erklärende Variablen

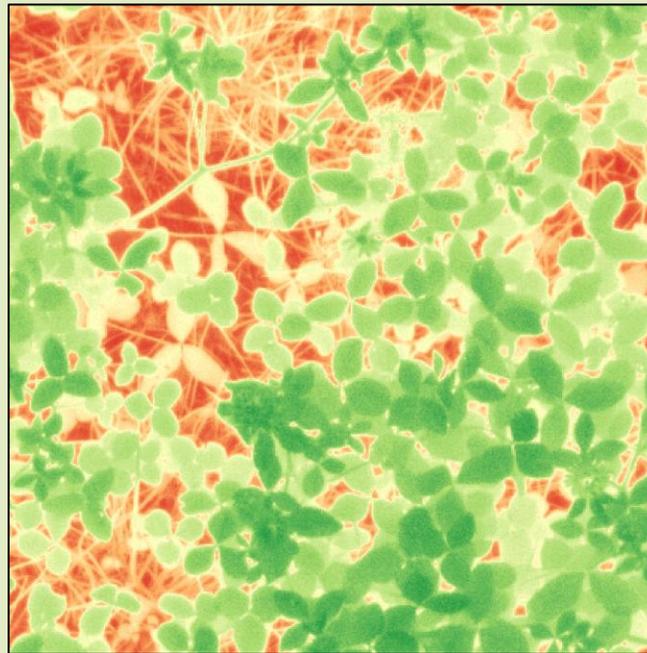
Bestandshöheninformation

- 3D-Punktwolken mittels Photogrammetrie aus Echtfarben-Aufnahmen
- Errechnung von Höhenvariablen der Bestandsoberfläche



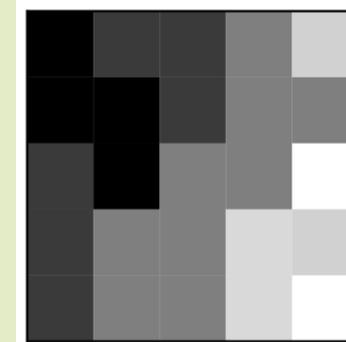
Reflektanz

- Reflektiertes Licht des Pflanzenbestands (Echtfarben + Nahinfrarot)
- Errechnung von Vegetationsindizes



Textur

- Beziehungen zwischen Pixelwerten benachbarter Pixel
- Berechnung einer Grauwerte-Matrix

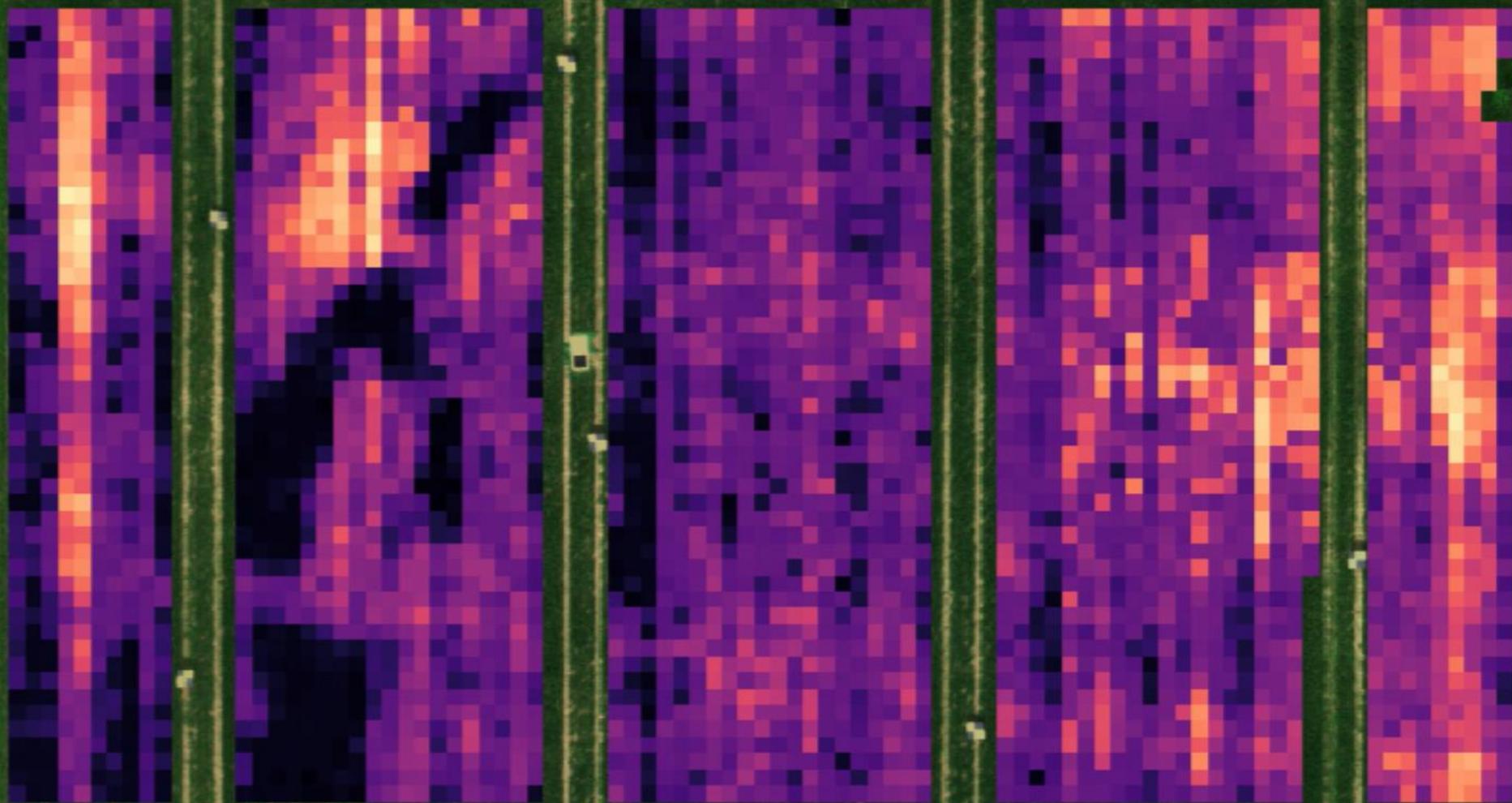


0	1	1	2	6
0	0	1	2	2
1	0	2	2	8
1	2	2	6	6
1	2	2	6	8

Modellierungsergebnisse mit Random-Forest-Regression

Gersten-Parameter	n	R^2_{val}	$\text{nRMSE}_{\text{val}}$ (%)
Ganzpflanzen-Trockenmasseertrag (t ha^{-1})	176	0.62	14.9
Blattflächenindex	176	0.92	7.1

Grünland-Parameter	n	R^2_{val}	RMSE_{val}
Trockenmasseertrag (t ha^{-1})	118	0.82	0.42
Rohproteingehalt (%)	118	0.74	1.91
Blattflächenindex	118	0.73	0.35



LAI

2.4

3

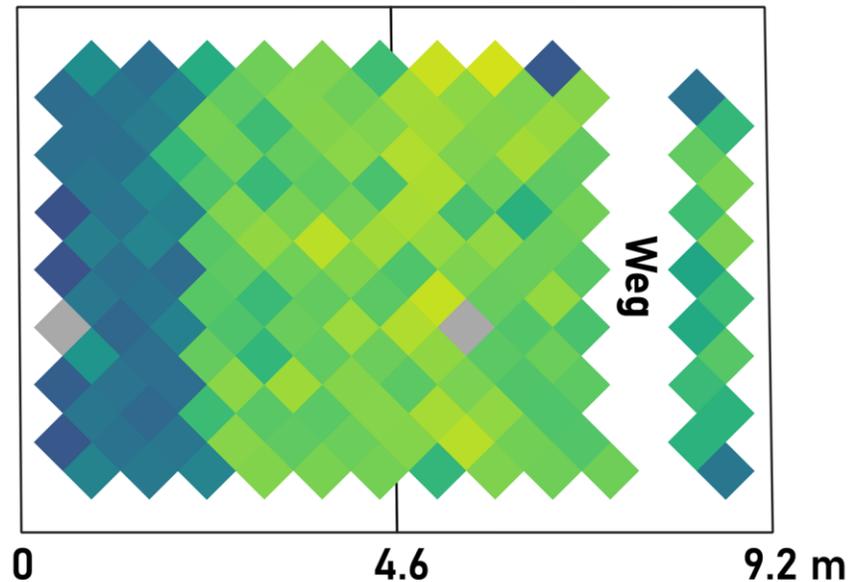
3.6

4.2

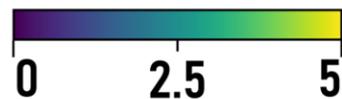
4.8

Analyse räumlicher Muster

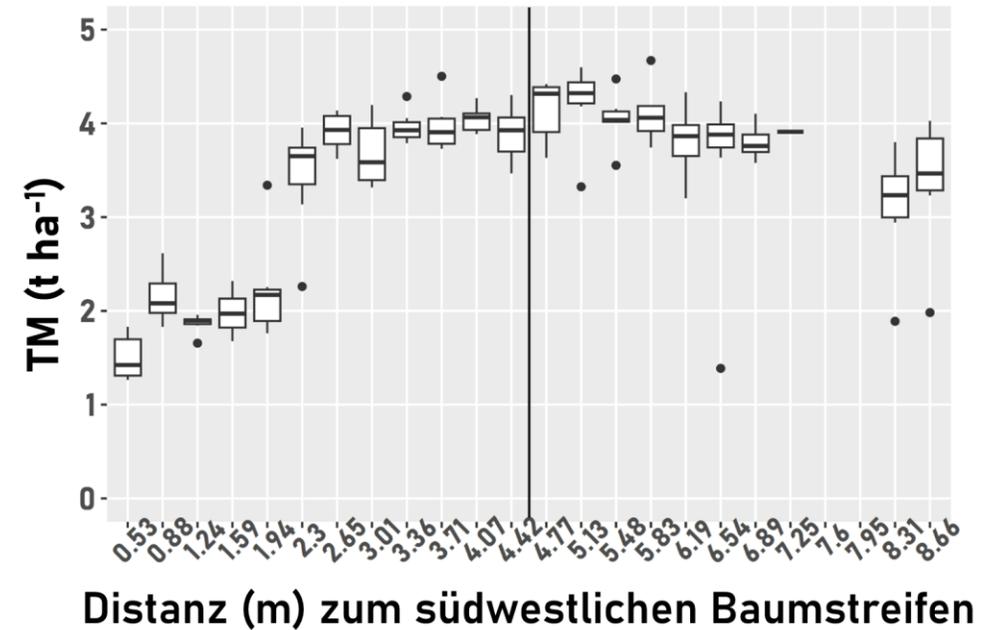
Erstellte TM-Karte, 22. Juni



TM (t ha⁻¹)

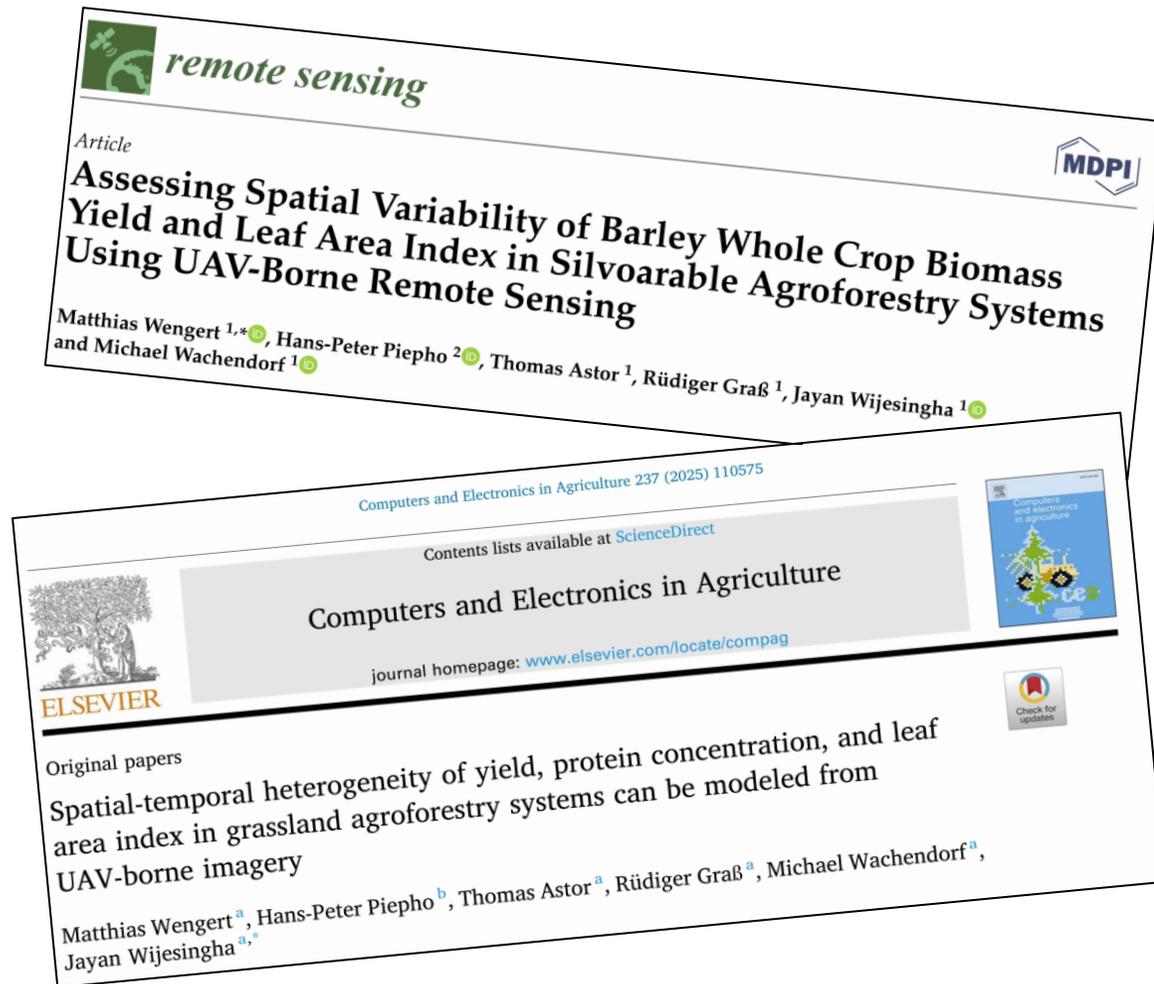


Boxplots aus Rasterdaten



Vorteile der vorgestellten Methoden

- Messungen nicht destruktiv
- hohe Vorhersagegenauigkeit für Getreide- und Grünlandparameter möglich
- sehr hohe räumliche und zeitliche Auflösung möglich
- Methode ermöglicht Abdeckung gesamter AFS
 - erhöhter Probenumfang → kann Abbildung der Realität verbessern
 - Aufdeckung „unsichtbarer“ raum-zeitlicher Muster



Herausforderungen & Perspektiven

- ➖ Bäume verdecken/beschatten sehr relevante Regionen
- ➖ fernerkundliche Methoden sind noch komplex und rechenaufwändig
- ➕ aktive Fernerkundungsmethoden unabhängig von Beleuchtung (z.B. Laser, Radar), können Blätterdach z.T. durchdringen
- ➕ zunehmend einfachere Modelle/Produkte verfügbar

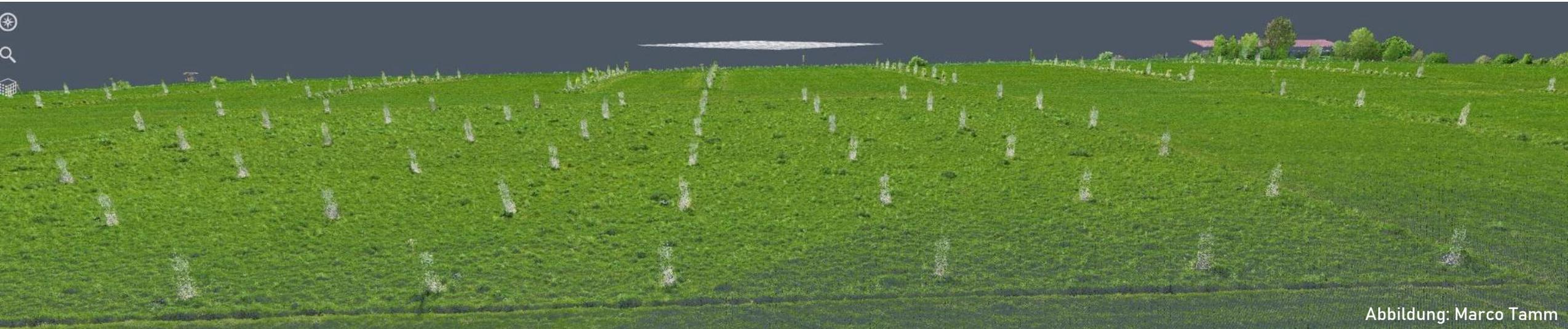


Abbildung: Marco Tamm

Fazit

1. Handelsübliche Drohnen bieten großes Potenzial für ganzflächige Untersuchung raum-zeitlicher Variabilität in AFS
2. AFS stellen drohnenbasierte Fernerkundung vor spezifische Probleme
3. Entwicklungen bei Plattformen, Sensoren und Datenanalyse ermöglichen neue Ansätze zum Verständnis der Interaktionen in AFS

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und
Forschung (BMBF), Förderprogramm BonaRes



BONARES
Zentrum für Bodenforschung



- Wengert, M., Piepho, H.-P., Astor, T., Graß, R., Wachendorf, M., & Wijesingha, J. (2025): Spatial-temporal heterogeneity of yield, protein concentration, and leaf area index in grassland agroforestry systems can be modeled from UAV-borne imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 237, 110575. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110575>
- Wengert, M., Piepho, H.-P., Astor, T., Graß, R., Wijesingha, J., & Wachendorf, M. (2021): Assessing Spatial Variability of Barley Whole Crop Biomass Yield and Leaf Area Index in Silvoarable Agroforestry Systems Using UAV-Borne Remote Sensing. *Remote Sensing*, 13(14), 2751. <https://doi.org/10.3390/rs13142751>