

Arbeitspaket B2:

Hyperspektrale Fernerkundung zur nicht-invasiven Erfassung von Pflanzeigenschaften

Wolfgang Obermeier¹, Lukas Lehnert¹, Brenner Silva¹, Annette Otte², Jürg Luterbacher³, Ludger Grünhage⁴, Jörg Bendix¹

¹ Klimageographie und Umweltmodellierung, Institut für Geographie, Philipps-Universität Marburg

² Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen

³ Klimatologie, Klimadynamik und Klimawandel, Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen

⁴ Experimentelle Pflanzenökologie, Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Einleitung / Hintergrund

Spektrale Signaturen von Objekten bilden eine Art „optischen Fingerabdruck“, der durch die spezifischen Reflektionseigenschaften des Objekts in verschiedenen Wellenlängenbereichen entsteht. Neueste Sensorentwicklungen ermöglichen die Messung eines kontinuierlichen Spektrums weit über den sichtbaren Bereich hinaus. So können **biochemische und biophysikalische Vegetationseigenschaften** nicht-invasiv abgeleitet werden (Bsp. Biomasse, Blattwasser-, Chlorophyll-, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt; Asner 1998). Durch das **nicht-invasive Messverfahren** können Informationen zeitlich sowie räumlich hoch aufgelöst gesammelt und Veränderungen detektiert werden. Ziele sind (1) die erfolgreiche Ableitung von **Transferfunktionen** zwischen hyperspektralen Signaturen und Vegetationseigenschaften (→ Phänotyping) als Voraussetzung für (2) die **räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Analyse** der Einflüsse erhöhter CO₂-Konzentrationen und Temperatur auf das Ökosystem.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse deuten auf **starke Zusammenhänge des „optischen Fingerabdrucks“ mit den im Labor bestimmten Parametern** hin, wobei teilweise deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Indizes auftreten (Abb. 2). So liefert bspw. der weitverbreitete NDVI für die **Biomasseschätzung** weder mit Spektrometer- noch Scannerdaten gute Ergebnisse und die Red-Edge Position scheint sensitiv auf den Aufnahmezeitraum zu reagieren, wohingegen Indizes der 1. Ableitung gute Korrelationen zeigen. Starke Zusammenhänge zeigen sich auch zwischen den im Feld gemessenen **Chlorophyllwerten** und der spektralen Signatur der Vegetation (Abb. 3a).

Die abgeleiteten Transferfunktionen zwischen Hyperspektraldaten und Vegetationsparametern ermöglichen eine **räumlich und zeitlich hochaufgelöste Überwachung** z.B. des CO₂-Düngungseffekts (Abb. 3b), und können im *precision farming* ihre Anwendung finden. Mit Hilfe der Satellitenreferenzfläche können die Erkenntnisse auf hyperspektrale Satellitendaten angewendet werden, wodurch eine **ökosystemweite Analyse** oberirdischer Pflanzenparameter **ermöglicht** wird (→ Upscaling).

Zahlreiche Funktionen für die semi-automatische Vorprozessierung und Auswertung hyperspektraler Daten sind als open source CRAN R Paket „hsdar“ für die Öffentlichkeit verfügbar gemacht worden (Lehnert..Obermeier..Bendix, in revision).

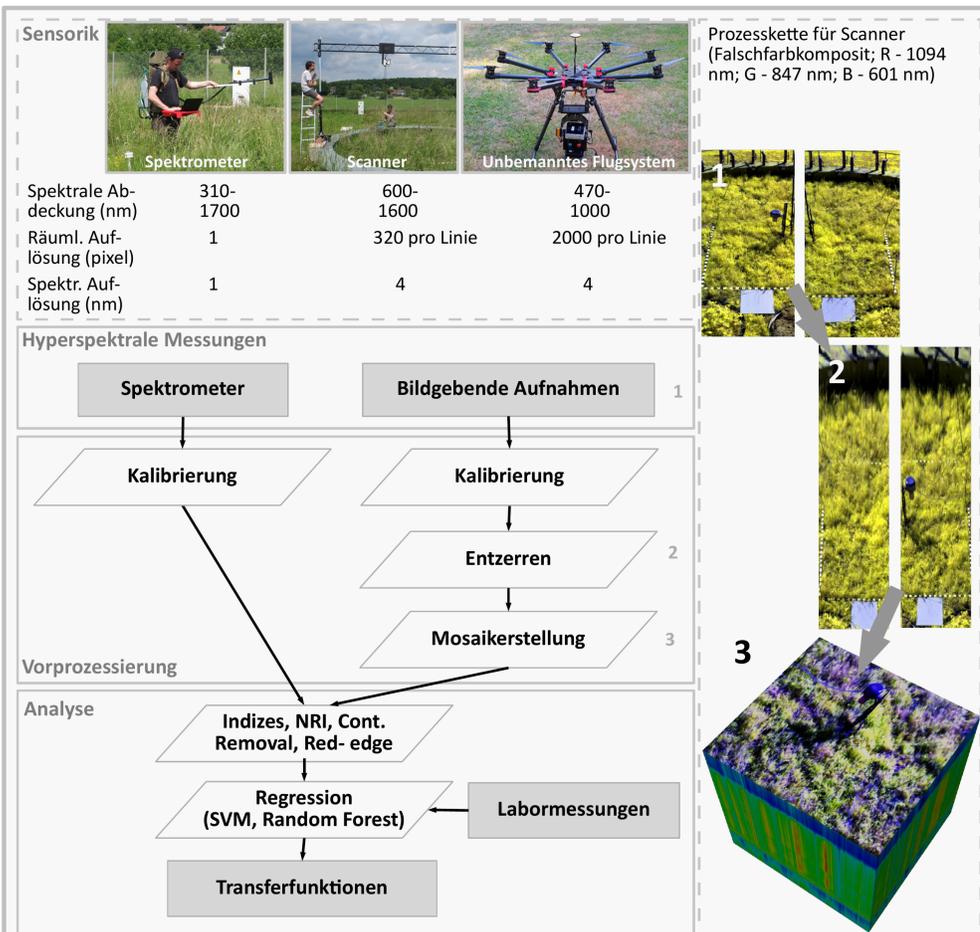


Abb. 1: Methodenüberblick hyperspektrale Datenbearbeitung. Rechtecke repräsentieren Datensätze und Rauten stellen Methoden dar.

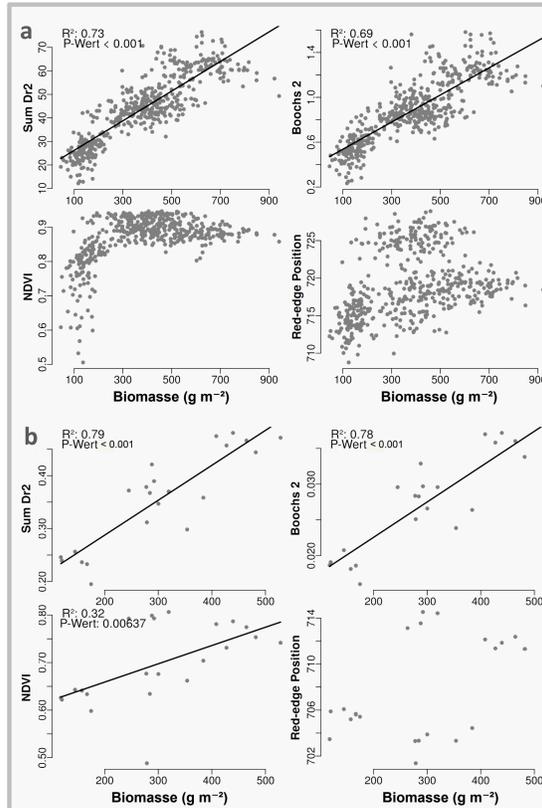


Abb. 2: Lineare Regressionen der oberirdischen Biomasse (Trockengewicht) mit verschiedenen Vegetationsindizes, abgeleitet von a) Spektrometermessungen im Thermo-FACE, und b) Scannermessungen im GiFACE.

Sum Dr2 ist die Summe der 1. Ableitung zwischen 680 und 780 nm, Boochs 2 ist die 1. Ableitung bei 720 nm, NDVI ist die normalisierte Differenz der Reflektanzen bei 680 und 800 nm, und Red-Edge Position ist die linear extrapolierte Red-edge Position (Cho und Skidmore 2006).

Im Thermo-FACE wurden Einzelquadranten, und im GiFACE über die Ringe gemittelte Messungen für die Analyse verwendet.

Material & Methoden

Seit 2013 wurden regelmäßig hyperspektrale Messungen auf den alten und neuen FACE-Ringen durchgeführt (Spektrometer und bildgebend mit Hyperspektralkamera). Zur weiteren Verarbeitung wurden die optischen Daten einer umfangreichen Vorprozessierung unterzogen (Abb. 1), die semi-automatisch implementiert wurde. Hierbei werden die Scannerzenen spektral kalibriert, unter Berücksichtigung von Sensorhöhe und -öffnungswinkel geometrisch entzerrt und Mosaike erstellt.

Für die Ableitung von Transferfunktionen wurden verschiedene gängige Methoden der hyperspektralen Fernerkundung getestet und verglichen (Vegetationsindizes, Red-edge Parameter, Continuum removal, Narrow Band Indices). Hierfür wurden Regressionsmodelle (maschinelle Lernverfahren) mit den im Labor bestimmten Pflanzenparametern trainiert (z.B. Blatt N, C/N-Ratio etc.). Die Erkenntnisse des Methodenvergleichs in Kombination mit der semi-automatischen Prozesskette erlauben eine zeitnahe Prozessierung zukünftiger Daten.

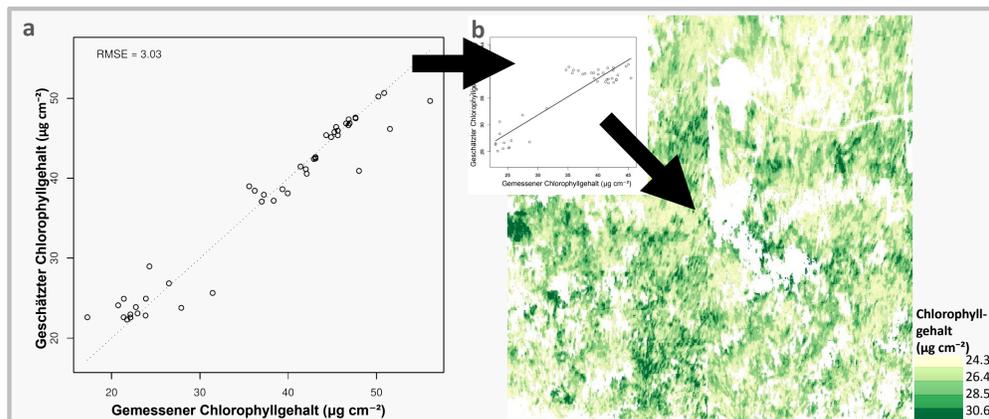


Abb. 3: a) Bestimmung des Chlorophyllgehalts mit Random forest basierend auf Spektrometermessungen (Lehnert..Obermeier..Bendix, in revision). b) Übertragung der Methodik der Chlorophyllabschätzung auf Hyperspektralbilder durch Resampling der Spektrometerdaten auf die niedrigere spektrale Auflösung des Scanners.

Literatur:

Asner G. (1998) Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*
Lehnert L., Meyer H., Obermeier W., Regeling B., Silva B., Thies B. & J. Bendix (in revision) hsdar: Manage, analyse and simulate hyperspectral data in R. *Journal of Statistical Software*
Cho M., Skidmore A. (2006) A new technique for extracting the red edge position from hyperspectral data: The linear extrapolation method. *Remote Sensing of Environment*