

Analyse von Feldparametern auf ausgewählten Ackerflächen in Sachsen-Anhalt: Vergleich mit Höhenmodellen, hydrologischen und vegetationsbasierten Indizes aus Fernerkundungsdaten

Modul: Land System Science 3: Project-based Study in Geoecology

Constantin, Lars // Eisner, Jan // Meyer, Richard // Seeger, Lena // Weiler, Anna

lars.constantin@student.uni-halle.de // jan.eisner@student.uni-halle.de // richard.meyer@student.uni-halle.de // lena.seeger@student.uni-halle.de // anna.weiler@student.uni-halle.de

1. Einleitung

Im Rahmen der in-situ-Messkampagne vom 16.04.2024 bis 18.06.2024 wurden an 8 Tagen verschiedene Vegetationsparameter aufgenommen. Die Versuchsfelder verteilen sich über die Standorte Brachwitz I und Brachwitz II mit Winterroggen sowie Etdorf mit einem Dinkelbestand.

Das Spektrum der aufgenommenen biophysikalischen Parameter umfasst den Leaf Area Index (LAI), den Chlorophyllgehalt der Pflanzen, die Bodenfeuchte, den Bedeckungsgrad, das BBCH-Stadium sowie die Vegetationshöhe. Zusätzlich wurden an sieben Tagen multispektrale Daten mittels Drohnenaufnahmen (UAV) aufgenommen.

Das Ziel dieses Poster ist die Synthese zwischen den UAV-Daten und den in situ Daten. Hierfür wurden folgende Teilaufgaben bearbeitet:

1. Die Ermittlung sichtbarer Bodensignaturen (Vegetationshöhe) auf Basis der UAV-Daten.
2. Berechnung des Topographic Wetness Index (TWI) sowie Analyse lokaler agrargeographischer Parameter.
3. Analyse der Vegetationsdynamik anhand des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), des Chlorophyll Vegetation Index (CVI) und des Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI).
4. Korrelationsanalysen zwischen UAV-Daten, Vegetationsindizes und TWI mit den in situ Daten.

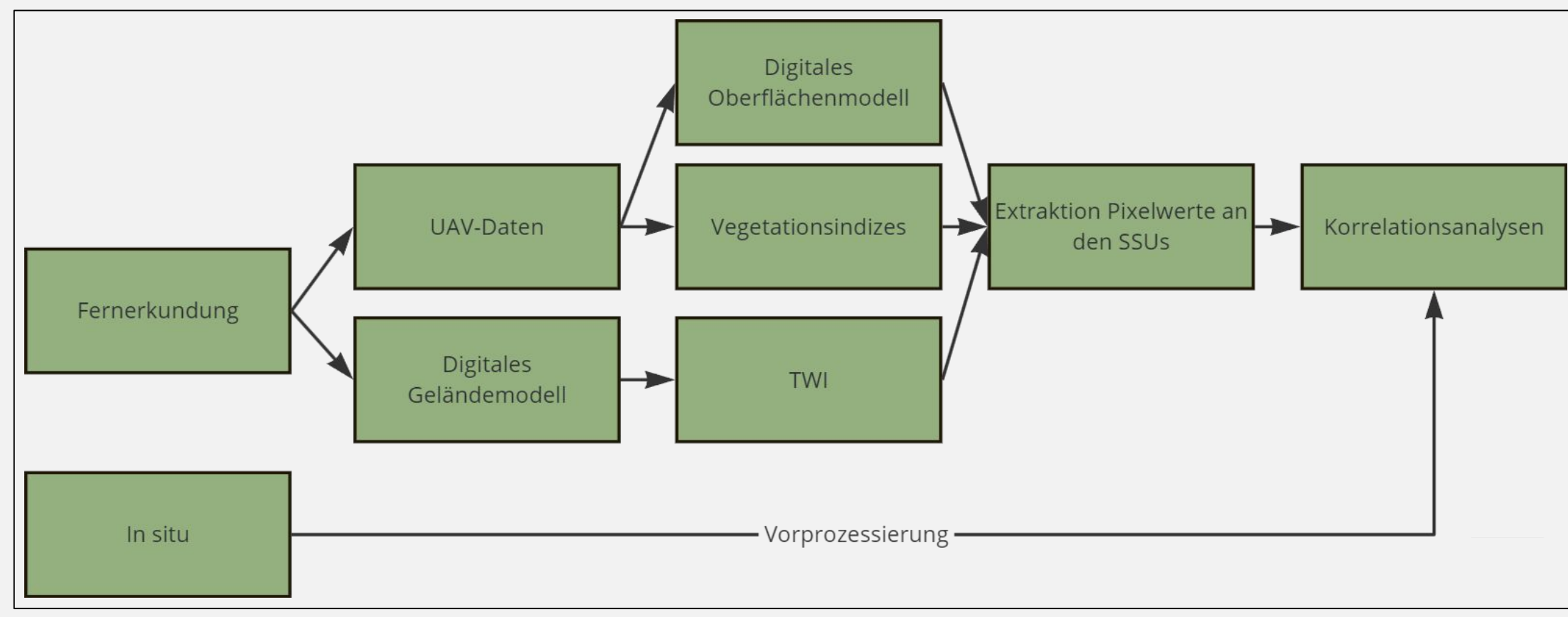


Abb. 1: Workflow der Forschungsarbeit

Standortcharakterisierung:

- Brachwitz I: sandiger Lehmboden aus Rhyolith, nach Nordwesten von 130 auf 125 m ü. NN abfallendes Gelände¹
- Brachwitz II: lehmiger Sandboden aus glazialen Sedimenten, Höhenunterschied: 3 Meter (130 auf 127 m ü. NN nach Südosten). Verortet lassen sich beide Felder nordwestlich von Halle (Saale), Mitteldeutsches Trockengebiet mit Tschernosem (Etdorf ebenfalls)¹. Durchschnittlicher Jahresniederschlag und -temperatur: 469 mm und 10,79 °C²
- Etdorf: Lössboden, keine deutliche Hangneigung¹, durchschnittlicher Jahresniederschlag etwas geringer (383 mm)³, Temperatur sehr ähnlich zu Brachwitz I, II³, südwestlich von Halle (Saale) gelegen

2. Höhenmodelle

- ≈ 530 in situ Höhenmessungen
- Sieben Messpunkte durch MicaSense RedEdge MX DUAL/VTOL Befliegung
- Abbildung 2 zeigt Verteilungen jeweils gemessener in situ Höhenpunkte in Zentimetern und die entsprechenden Pixelwerte aus Digitalen Oberflächenmodellen (DOM) in Metern
- In situ Messungen zeigen im Juni für Brachwitz I und Etdorf einen Anstieg der absoluten Höhe und einen Rückgang für Brachwitz II
- Aus den Boxplots für die extrahierten UAV-Befliegungen gehen ein Anstieg der Höhe für die Felder Brachwitz I und Etdorf am zweiten Termin hervor
- Zum Juni zeigt sich hingegen ein Rückgang
- Für Brachwitz II lässt sich, aufgrund der Datenverfügbarkeit von nur zwei Zeitpunkten, ein Trend schwer erkennen

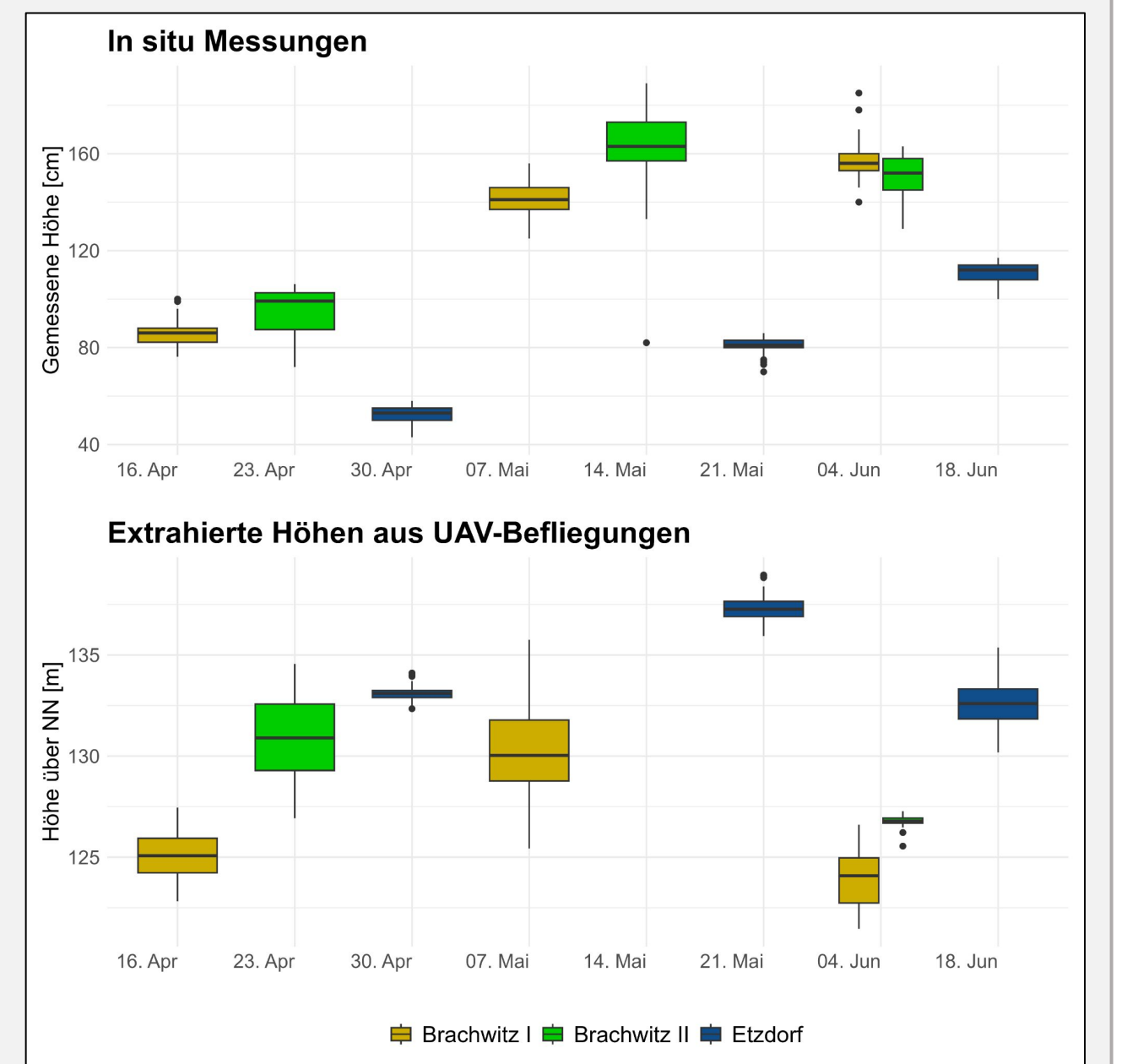


Abb. 2: In situ Messungen der Vegetationshöhe (oben) und den aus UAV-Befliegungen extrahierten Höhen (unten)

Mittels Kernelinterpolation wurden aus in situ Daten flächendeckende Karten für das Untersuchungsfeld in Etdorf erstellt (Abb. 3).

- Im Mittel beträgt die Höhe von a) etwa 53 cm, b) 81 cm und c) 111 cm), was einem Wachstum von ca. 28 cm in den ersten drei Wochen und einem weiteren Wachstum von 30 cm in den nächsten vier Wochen entspricht
- Gegenübergestellt sind die tatsächlichen UAV-Aufnahmen, als optischer Vergleich, da durch fehlende Ground Control Points (GCP) die Genauigkeit der UAV-Daten für einen statistischen Vergleich unzureichend sind.⁴

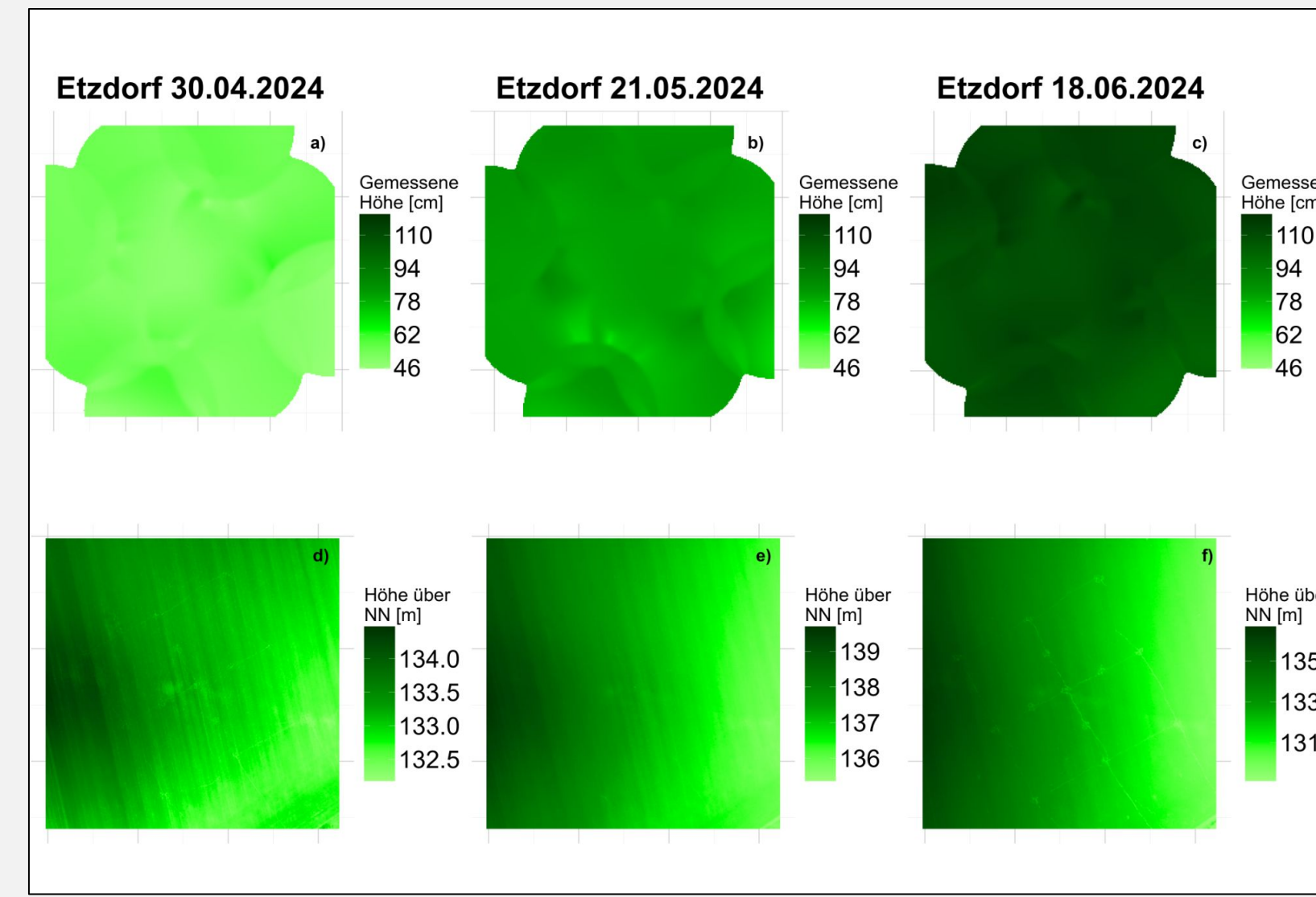


Abb. 3: Gegenüberstellung interpolierter Werte für drei Messzeitpunkte in Etdorf a) - c) und tatsächliche UAV-Aufnahmen d) - f)

3. TWI, Bodenfeuchte und agrargeographische Parameter

Topographic Wetness Index (TWI):

- Beschreibt den Einfluss der Topographie auf hydrologische Prozesse. Charakterisiert die Bodenwasserverteilung eines Standorts.^{5,6}
- Datengrundlage: DGM Sachsen-Anhalts (Stand: 2022)⁷, Berechnung erfolgte in ArcGIS Pro⁸

Ergebnisse:

- TWI: Kleinstäumliche Akkumulationsgebiete besonders ausgeprägt auf Standorten Brachwitz II (Nord-Süd-Ausrichtung) und Etdorf (Nordwest-Südost-Ausrichtung) (Abb. 4). Insgesamt ähnliche Werteverteilung des TWI über alle Standorte.
- Mittlere Bodenfeuchte: Brachwitz I zeigt im Vergleich zu anderen Standorten erhöhte Werte. Brachwitz II und Etdorf: ähnlich niedriges Niveau (Abb. 4)
- Bodenfeuchteverteilung innerhalb der ESUs sind differenziert, jedoch kaum räumlich strukturiert. Etdorf: leichte Erhöhung der mittleren Bodenfeuchte von Südwesten nach Nordosten.
- TWI und Bodenfeuchte: signifikant ($p < 0.05$), keine generelle und zeitlich/räumlich differenzierte Korrelation (Abb. 7)
- Brachwitz I: Bodenart sandiger Lehm weist gute Wasserspeicherkapazität und somit erhöhte Bodenfeuchte auf.
- Brachwitz II: Bodenart lehmiger Sand - geringere Wasserspeicherkapazität und geringere Bodenfeuchte⁹
- Etdorf: Bodenart Lehm/Schluff mit guter Wasserspeicherkapazität. Gemessene mittlere Bodenfeuchte trotzdem eher gering. Höherer spezifischer Wasseranspruch der Anbauart Dinkel im Vergleich zu Winterroggen¹⁰ und niedrigerer Jahresniederschlag können Gründe sein.
- Die Pflanzrichtung ist durchweg senkrecht zur Hangneigung, begünstigt erhöhte Infiltration¹¹
- Bodenfeuchte und Chlorophyll: erhöhter negativer Zusammenhang über alle Messtage und Standorte (Abb. 5)
- Bodenfeuchte und Bestandshöhe: schwacher negativer Zusammenhang (Korrelationskoeffizient = -0,125)
- Mit Fortschreiten des Entwicklungsstadiums und erhöhter Photosyntheseleistung steigt Wasserbedarf und sinkt Bodenfeuchte.¹²

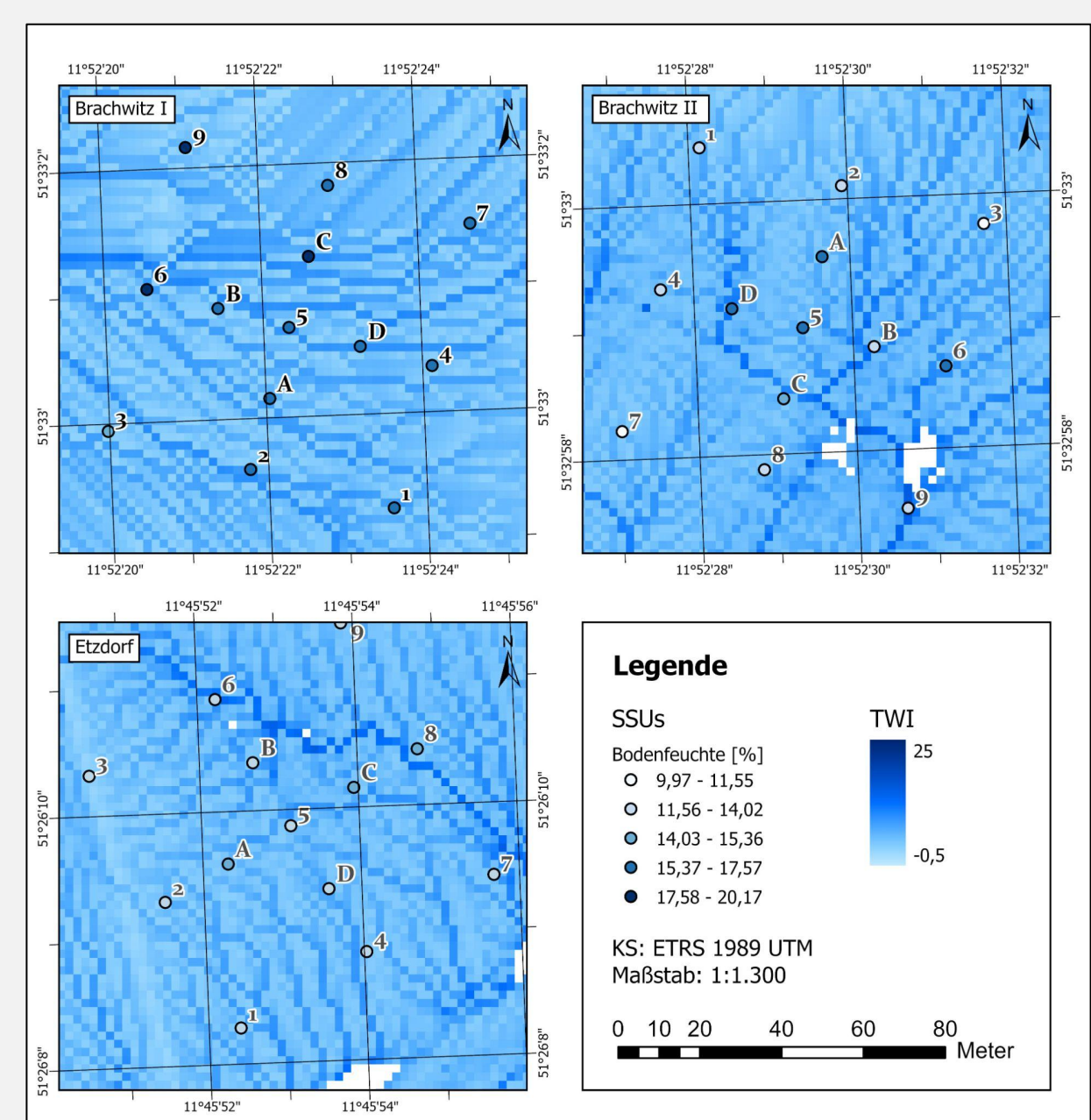


Abb. 4.: Kontinuierliche Darstellung des TWI und diskrete Darstellung der gemittelten Bodenfeuchtemessungen, über die drei Standorte (ESUs) Brachwitz I, II und Etdorf

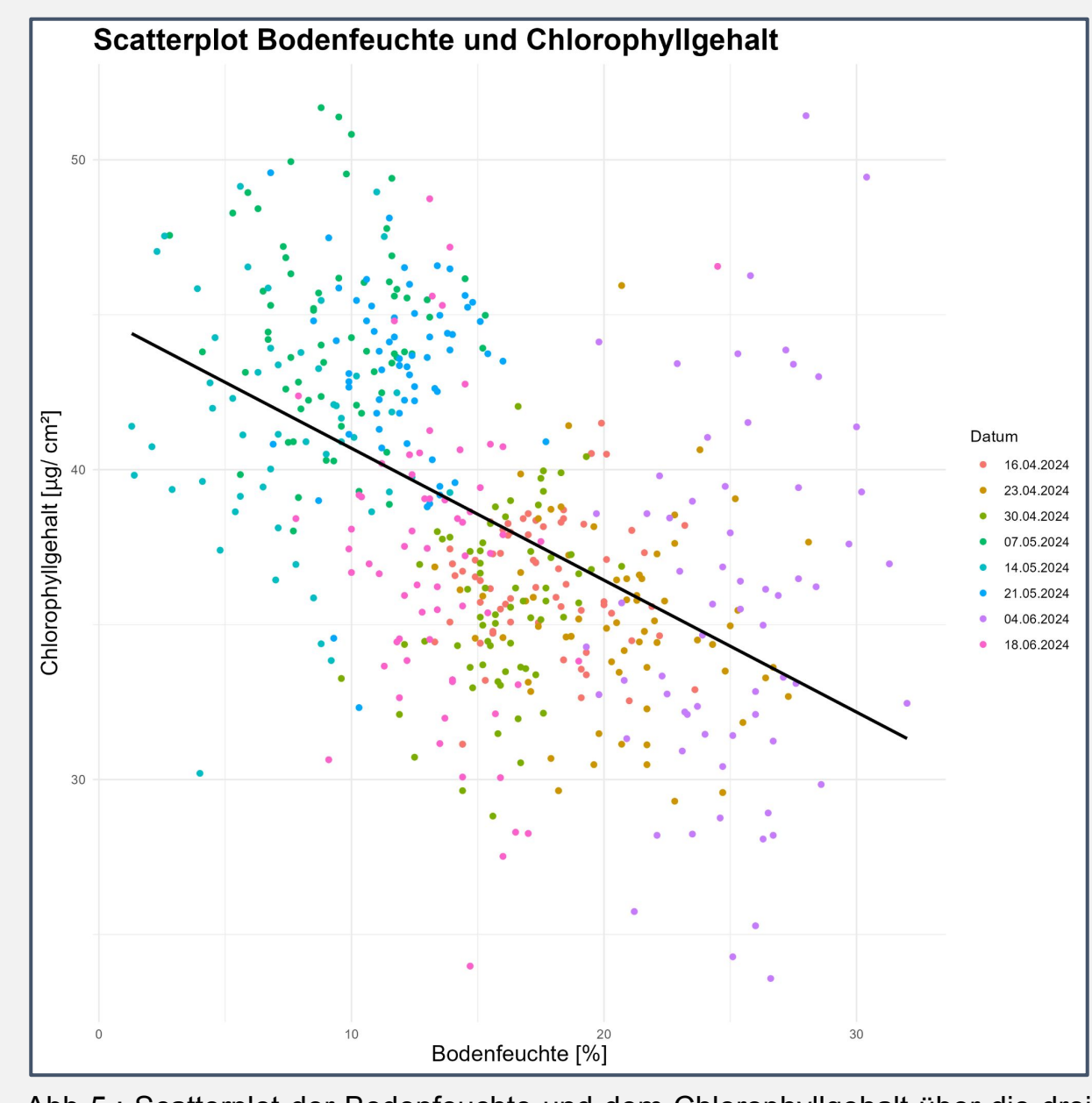


Abb 5.: Scatterplot der Bodenfeuchte und des Chlorophyllgehalt über die drei Standorte (ESUs) Brachwitz I, II und Etdorf. Messreihe farblich unterschieden. Korrelationskoeffizient = -0,55

4. Vegetationsdynamiken

Auf Basis der multispektralen Drohnendaten wurden für die Aufnahmetage drei verschiedene Vegetationsindizes berechnet, um Aussagen über die Vitalität des Winterroggen- und Dinkelbestandes im zeitlichen Verlauf treffen zu können.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)¹³:

- Nutzt nahes infrarotes (NIR) und rotes Spektrum
- Aussagen über Vegetationsdichte und Pflanzengesundheit

Chlorophyll Vegetation Index (CVI)¹⁴:

- Verwendung des grünen, roten und NIR-Spektrum
- Zeigt den Chlorophyllgehalt der Pflanzen an

Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)¹⁵:

- Nutzt rotes und NIR-Spektrum
- Weiterentwicklung des NDVI, da die Bodenhelligkeit minimiert wird → Bodenfaktor wurde auf L=0.5 festgesetzt

Ergebnisse:

- anfänglicher Anstieg des NDVI und SAVI des Winterroggens (Abb. 6) lässt sich durch erhöhte Wachstumsaktivität beim Übergang der Entwicklungsstadien vom Schossen zu Ähren erklären.¹⁶
- Darauffolgendes Abreifen von Teilen der Pflanze und der damit einhergehenden geminderten Pflanzenaktivität erklären abnehmende Werte
- unerwartete Werte des CVI können unter anderem, wie bei den Höhenmodellen, auf fehlende GCPs zurückzuführen sein

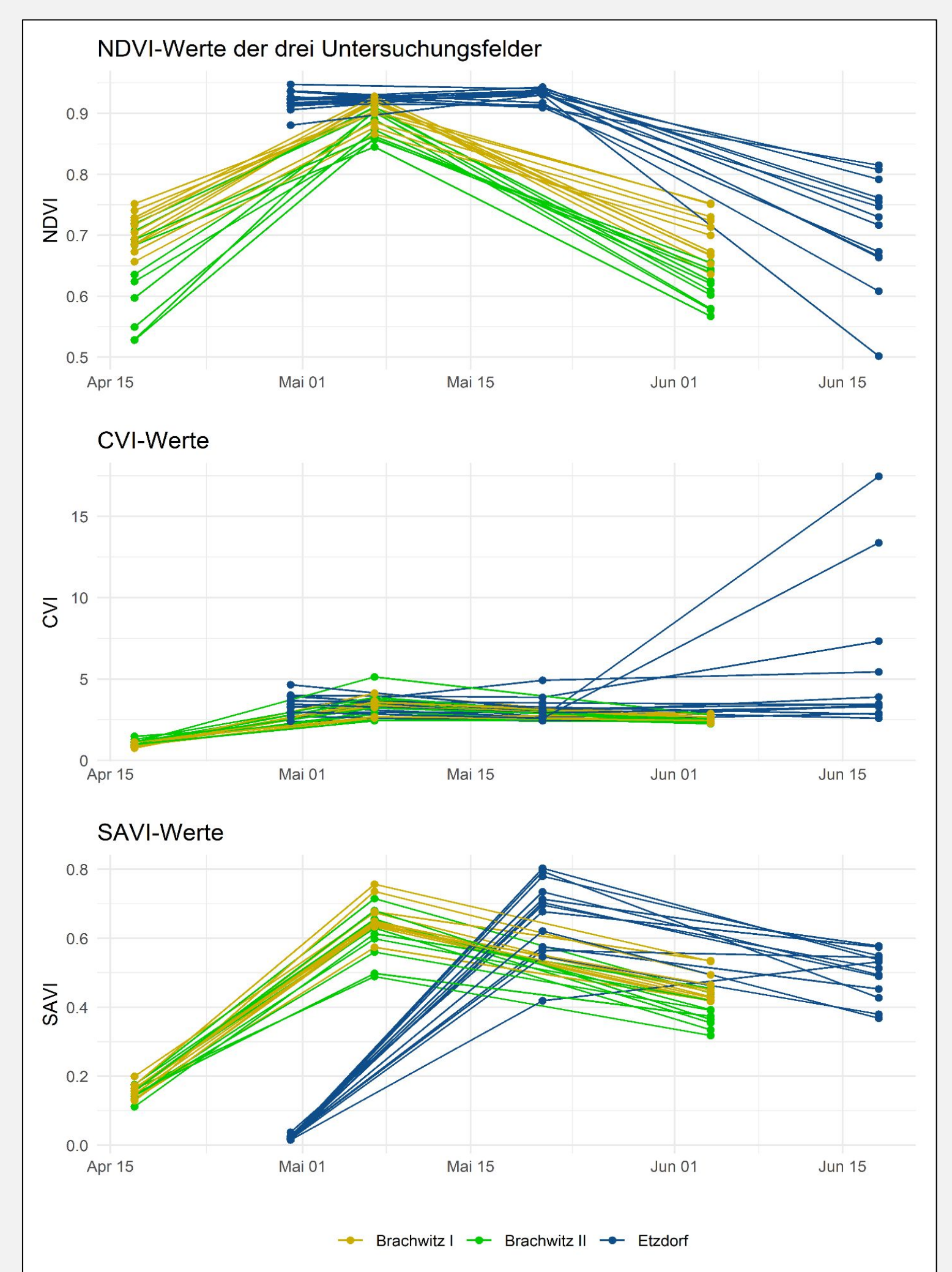


Abb. 6: Darstellung der Vegetationsindizes nach Standorten und SSUs: NDVI (oben), CVI (Mitte), SAVI (unten).

Vergleich der in situ Messungen und UAV-Indizes

- Die Korrelationsanalyse des CVIs und dem tatsächlich gemessenen Chlorophyllgehalt zeigt eine deutliche Heterogenität
- Dies zeigt sich bspw. am 30.04. mit einer Korrelation von 0,49 und am 18.06. mit -0,12.
- Es kann somit kein kohärenter Zusammenhang zwischen den UAV-Daten und den in situ Daten festgestellt werden.

5. Diskussion und Fazit

Insgesamt zeigen sich bei der separaten Betrachtung der Höhenmodelle, des TWI und der Vegetationsindizes, mit Ausnahme des CVIs, konsistente Ergebnisse, die Aussagen über die naturräumlichen Verhältnisse ermöglicht. Durch eine höhere Stichprobenzahl und einer genaueren Verortung der einzelnen Messungen könnten diese noch verbessert werden.

Bei der Interaktion zwischen in situ und Fernerkundungsdaten zeichnen sich allerdings deutliche Probleme ab, die zusammengefasst in Abbildung 7 aufgeführt wurden. Folglich ist ein Vergleich dieser Messgrößen erschwert. Dies lässt sich auf die unzureichende Genauigkeit in Form von Pixelverschiebungen bei den UAV-Befliegungen infolge fehlender GCPs zurückführen.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Validierung der UAV-Daten mittels Feldparameter nicht oder nur bedingt möglich ist. Anhand von Vergleichen einzelner Feldparameter, wie der Bodenfeuchte und dem Chlorophyllgehalt, konnten jedoch die Standortverhältnisse und die Photosyntheseleistung charakterisiert werden.

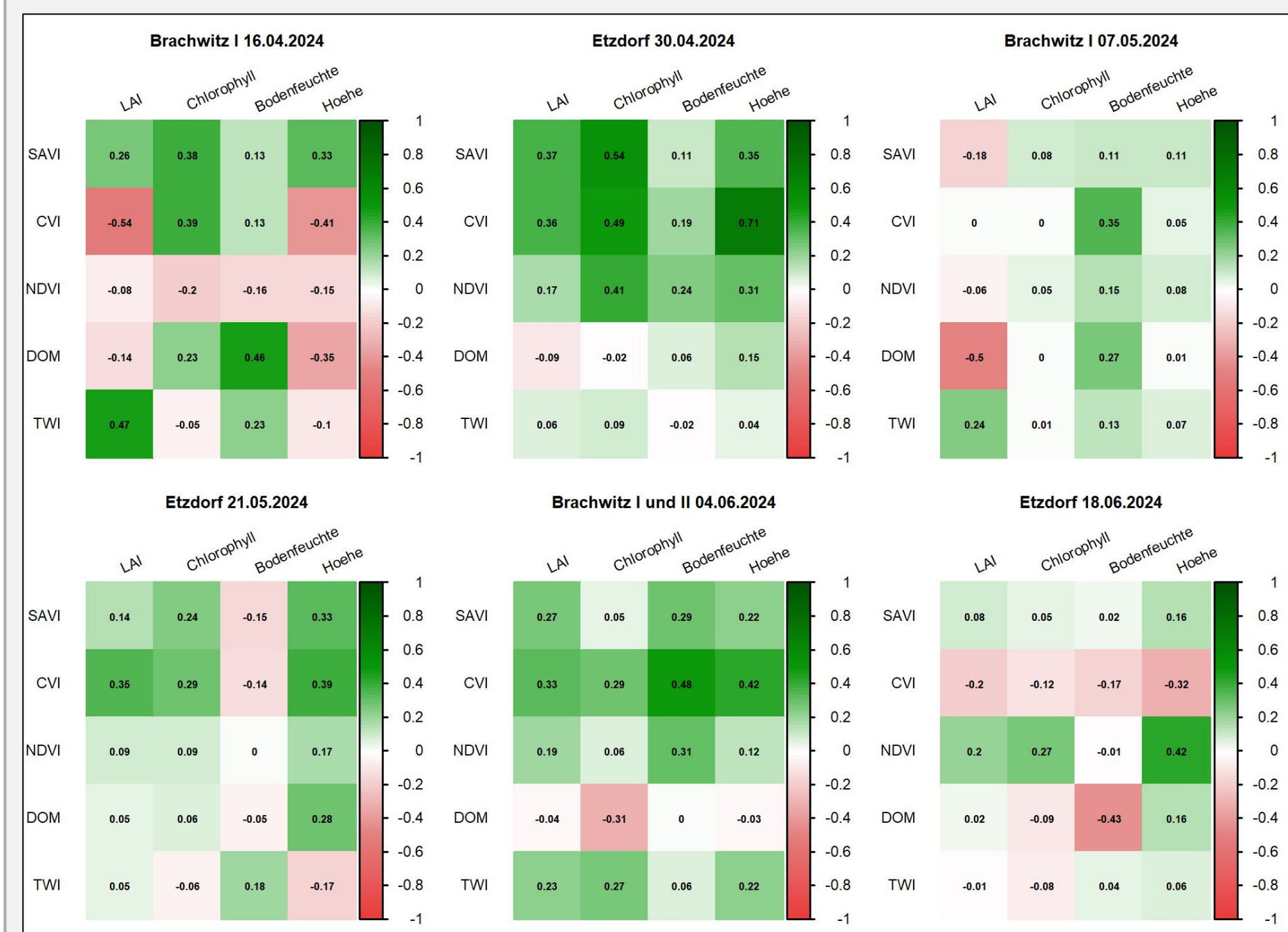


Abb. 7: Korrelationsmatrizen aus den in situ Parametern und den Fernerkundungsdaten auf 3 m resampled

¹ Geodatenportal (2024). VBK50 (Feldkapazität, Bodenart Oberboden), Gesamtbodenart Deckenschicht, Bodenlandschaften, Substratentstehung, Bodennetz, Standortklassen, Bodenkarte. Zugriff: 19.06.2024 URL: https://www.geodatenportal.de/geoportal/sachsen-anhalt/arcgis/services/LAGBLAGB_Bodennetz_01_OpenData/MapServer/WmsServer

² Weltatlas Brachwitz (2024). Wetter für Brachwitz, Halle und Umgebung. Langzeitwerte. Zugriff: 19.06.2024 URL: <https://www.haus-im-wald.de/wetter/wetter-weltatlas-brachwitz/>

³ Geodatenportal (2024). Wetter für Brachwitz, Halle und Umgebung. Langzeitwerte. Zugriff: 19.06.2024 URL: <https://www.haus-im-wald.de/wetter/wetter-weltatlas-brachwitz/>

⁴ Szypka, B. (2023). Accuracy of UAV-based DfMs without ground control points. Geomatics Engineering. 28(1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-06488-1>

⁵ Beckmann, M., W. Ziemann, L. H., & Spang, M. (2018). Topographic wetness index revisited and its relationship with Ellenberg's indicator values. Ecological Indicators, 85, 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.033>

⁶ Sörensen, P., Zhukov, I., & Sabber, J. (2020). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. Hydrology and Earth System Sciences, 10(1), 101-112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>

⁷ Geodatenportal Sachsen-Anhalt. (2024). DGM Sachsen-Anhalt. Zugriff: 04.06.2024 URL: <https://geodatenportal.sachsen-anhalt.de/geoportal/>

⁸ MapScaping (2023). Topographic Wetness Index in ArcGIS Pro. Zugriff: 04.06.2024 URL: <https://mapscaping.com/topographic-wetness-index-in-arcgis-pro/>

⁹ Hesseles, G. (2016). Bodenwasserhaushalt in Fichten- u. Buchenwäldern. M. Magel, A. Ceder, M. Bruns, A. Schumann, S., & Heller, M. (Eds.). Hydrologie (Edition: uab-453). UTB.

¹⁰ Bachmann, U., Griesbeck, A., Hänsel, M., Karalus, W., Kolbe, H., Schuster, M., Aas, B., Beese, C., Krilling, B., Politz, B., & Auerbach, D. (2021). Gerade im Ökologischen Landbau: Informationen für Praxis und Beratung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. <https://reports.sachsen.de/landwirtschaft/151024/Gewoelddaten.pdf>

¹¹ Sörensen, P., Brannen, T., Ziemann, A., & Schmitt, E. (2020). Die Höhe des Wassers in der Landwirtschaft: Neuentwicklungen für die Ermittlung nachhaltiger Pflanzenerträge von Äckern in den Tropen. In 7. Umweltökologisches Symposium 2020: Oberflächengewässerrecht, 17. und 18. März 2020 HfL/Raumberg-Gumpenstein (S. 33-38). HfL/Raumberg-Gumpenstein.

¹² Wang, C., Fu, B., Zhang, L., et al. (2019). Soil moisture-plant interactions: an ecophysiological review. J. Soils Sediments, 19, 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2167-6>

¹³ USGS. (n.d.). Normalized Vegetation Index. Zugriff: 08.07.2024 URL: <https://www.usgs.gov/land-resources/land-use-normalized-difference-vegetation-index>

¹⁴ ECOS. (n.d.). Chlorophyll Index in Agriculture. Zugriff: 08.07.2024 URL: <https://ecos.com/learn/analysis/chlorophyll-index-in-agriculture/>

¹⁵ Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25(3), 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90163-9](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90163-9)

¹⁶ Steffen, S. (2021). Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung landwirtschaftlicher Flächen mit multitemporalen Fernerkundungsdaten. 72 S. https://www.ju.uni-hannover.de/fileadmin/user_upload/arbeiten/masterarbeit2021_thesis_steffen.pdf