

5.2 Methoden zur integrativen, nicht-invasiven Standortanalyse zur Charakterisierung der pflanzenbaulich relevanten Eigenschaften standortheterogener Ackerflächen (TP 14)

Methods for an integrative, non-invasive site analysis to characterise site properties relevant for crop production in spatially heterogeneous agricultural areas

Sommer, M.; Wehrhan, M.

5.2.1 Extended Summary

A site-adapted, information-guided management of agricultural fields requires the knowledge of the spatial distribution of site properties and their interactions between each other and time-variant factors like weather conditions and management practices.

For the "digital mapping" of single site properties different non-invasive methods like remote sensing, electromagnetic induction (EM 38) and high resolution relief analysis are recently available. However, to identify time-invariant areas with more or less equal site properties which affects crop growth, these methods together with destructive point measurements for the local calibration of single methods and expert knowledge have to be combined in an integrative site analysis including multi-temporal investigations.

For this purpose, 28 test-sites were selected on different fields on the two project farms WIMEX und Täger-Farny on the basis of available information (apparent electromagnetic conductivity (EC_a), soil maps, digital elevation models, etc.). It is assumed that site properties of selected locations represent the total variance in the fields.

The monitoring program of relevant vegetation parameters included measurements of total Leaf Area Index (LAI [m^2 leaf area / m^2 ground area]) using a LI-COR plant canopy analyzer (LAI 2000) and destructive sampling of fresh- and dry biomass in different phenological stages in cooperation with subproject (SP) 15.

Soil samples were taken using a hydraulic core driller. From soil profiles (up to 2 m depth) sub samples of each identified soil-layer were extracted for texture and chemical analysis (work in progress). Additional point measurements of mechanical penetration resistance and vertical EC_a up to 90 cm soil depth were performed on 16 test-sites using a so-called "Profiler".

Results of the monitoring program indicate, that the test-sites on most of the fields represent well the variance of crop growth and dry grain mass (measured 10 days or less before harvest by subproject 15). For example, on field 141 (farm WIMEX) the highest variance in LAI (coefficient of variation $CV = 24.1\%$) and dry matter ($CV = 20.3\%$) could be observed at the end of the growing season (beginning senescence). This effect is mainly related to insufficient water supply from the root zone of soils with low plant available water capacity. This indicates, that this stage of development is most suited to determine spatial heterogeneity as an indicator for soil properties. Due to different soil properties in combination with wet and cool weather during the summer in 2005, the effect is less pronounced on field Rabenberg (farm Täger-Farny). CV s of LAI and dry matter were 10.6% and 16.9% respectively. Calculated coefficients of determination (r^2) were found to be highest between the measured parameters in this stage of development higher than in earlier stages. This could also be observed in the relationship between vegetation parameters and the mechanical penetration resistance, which is assumed to be a measure for the density in different soil-layers. The highest variance in the different measured profiles could be observed in a soil depth of 34 cm, which is often associated with the ploughing-pan in agricultural fields. Coefficients of determination for the correlations between penetration

resistance in this soil depth and vegetation parameters vary from $r^2 = 0.51$ (total yield determined by harvester, raw data) and $r^2 = 0.75$ (LAI).

Both the relationships between LAI and yield components and single soil properties indicate the suitability of the total LAI as a key variable in order to link remotely sensed LAI values, crop yield and single site-properties.

As planned for 2005, the acquirement of a solid database for the development of an integrative site analysis was successful. Both, point data (vegetation and soil) as well as spatial data (digital elevation models DEM 12,5 for the region Groß-Twülpstedt and laser DEM 5 covering 128 km² of farm WIMEX were acquired.

The acquirement of remote sensing data failed due to technical problems with the originally planned DAEDALUS - Sensor. However, on the field scale this gap of information can be filled by remotely sensed LAI derived from hyperspectral modeling (subproject 13, see chapter 5.3).

The work in 2006 will consist of three packages.

The first package will comprise initial steps of an integrative site analysis on basis of available data.

From the evaluation of soil texture and chemical analysis we expect a better understanding of EM 38 signals and Profiler measurements.

The monitoring program (similar to 2005) will be extended from two to seven fields on farm WIMEX and from one to six fields on farm Täger-Farny.

This last step is necessary since the database in 2005 appeared to be representative for high small-scale site heterogeneity. However, some relevant combinations of site-forming factors (e.g. parent material and relief) occurring in the two research areas are not present in these fields.

In order to determine sensitivity of the integrative approach, areas with lower small-scale heterogeneity have to be included in the process of model development.

5.2.2 Problemstellung

Grundlegender Bestandteil der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion ist die standortgerechte Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Teilflächen unter der Prämisse, das natürliche Potential unterschiedlicher Standorte umweltschonend aber produktiv zu nutzen. Voraussetzung dafür ist eine flächenhafte quantitative Charakterisierung von pflanzenbaulich relevanten Standorteigenschaften. Wechselwirkungen zwischen Arealen gleicher Standorteigenschaften finden jedoch nicht nur innerhalb der Grenzen von Einzelschlägen statt, sondern müssen in ihrem landschaftsökologischen Kontext analysiert und berücksichtigt werden.

a) Die Analyse und Abbildung raum-zeitlicher Standortvariabilität kann aber mit den klassischen Methoden der Bodenforschung, wie punktuelle Bodenuntersuchungen, in Verbindung mit Geostatistik allein nicht geleistet werden.

Auch wenn bereits zahlreiche nicht-invasive Verfahren (Fernerkundung, Geoelektrik und -magnetik, Reliefanalyse) zur flächenhaften Abbildung von Standorteigenschaften entwickelt und erprobt wurden, fehlt es derzeit noch an Methoden, die jeweiligen Einzelinformationen integrativ auszuwerten. So ist jedes dieser Verfahren zur Abbildung räumlicher Heterogenität von Standorteigenschaften geeignet, erklärt aber jeweils nur einen Teilaspekt des komplexen Systems Standort.

Über die räumliche Heterogenität der Standortfaktoren Boden und Relief hinaus führen Wechselwirkungen mit den Witterungsverhältnissen und der jeweiligen Bewirtschaftung in verschiedenen Vegetationsperioden

zu einer zeitlichen, jahresspezifischen Dynamik.

Dies kann bei verschiedenen Faktorenkombinationen zu Fehleinschätzungen der Standortcharakteristik führen.

Der erste Schritt ist daher die integrierte Auswertung zur Identifizierung von Zonen des gleichen pedogenetischen Kontext unterstützt durch gezielte Bodenuntersuchungen. Erst in der Folge können die dynamischen Komponenten in einem komplexeren Analyseverfahren berücksichtigt werden. Dazu bedarf es multitemporaler Datensätze (z.B. Fernerkundung, EM 38, Ertragskarten), die im Verlauf des Projektes durch Rekalibrierung und Validierung zu einer schrittweisen Verbesserung der regelbasierten Methode führen.

b) Eine integrative Standortcharakterisierung von naturraumtypischen, pflanzenbaulich relevanten (abiotischen) Standortskenngrößen über die Grenzen von Schlägen hinaus bildet die standortkundliche Grundlage einer nachhaltigen, teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Erst die Ausweisung von Arealen gleicher Charakteristik und daraus abgeleitete Standortpotentiale erlauben die ökonomische Beurteilung einer standortangepassten Bewirtschaftung.

5.2.3 Bearbeitungsgegenstände und verwendete Methoden

Standortauswahl

Nach Analyse der in *pre agro* erhobenen Punkt- und Flächendaten wurden die Untersuchungsflächen auf den zwei Pilotbetrieben Täger-Farny (Groß-Twülpstedt, Niedersachsen) und WIMEX (Baasdorf, Sachsen-Anhalt) in Kooperation mit den aktiv an Felderhebungen beteiligten Teilprojekten (TP 9,15 16) ausgewählt. Innerhalb der Flächen wurden Messpunkte gesucht, die die gesamte Spannbreite verschiedener Kombinationen von Standortfaktoren repräsentieren. Diese Spannbreite sollte sich im Verlauf der Vegetationsperiode als räumlich differenzierte Entwicklung der Bestände messbar nachweisen lassen.

Als Entscheidungsgrundlage standen EM 38 Messungen (scheinbare elektrische Leitfähigkeit, ECa), Hofbodenkarten (Bodentyp, Substrat, nutzbare Feldkapazität), geologische Karten (Ausgangsmaterial), digitale Höhenmodelle (Hangneigung, Exposition) sowie die Erfahrung der Teilprojekt-Mitarbeiter aus *pre agro* zur Verfügung. Im Betrieb WIMEX standen zusätzlich die sogenannten "3-Zonen" Karten zur Verfügung. Diese werden in regelmäßigen Abständen aus EM 38 Messungen, Fernerkundungsdaten und Ertragskarten mittels "Maximum Likelihood" Klassifikation generiert und weisen drei qualitative Klassen unterschiedlicher Ertragserwartung aus. Geländebegehungen und Probebohrungen dienten der Feinabstimmung.

Drei Kategorien von Untersuchungsflächen wurden unterschieden: Integrations schläge, Projektbereichsschläge (kurz PB-Schläge) sowie Teilprojektschläge (kurz TP-Schläge).

Im Betrieb WIMEX war TP 14 in Zusammenarbeit mit TP 9 maßgeblich am Design der Systemversuche (flächenmäßige Gleichverteilung von Groß- und Kleinparzellen auf drei Standortkategorien) auf den Integrations schlägen 231 (Pfungstbreite) und 432 (Trinumer Feld; Nutzung: beide Winterweizen) beteiligt.

Die PB-Schläge 141 (Finkenherd; Nutzung: Winterweizen) und 441 (Paschlebener Feld; Nutzung: Körnermais) im Betrieb WIMEX sowie der Schlag Rabenberg (Nutzung: Winterweizen) im Betrieb Täger-Farny wurden zusammen mit TP 15 und TP 16 ausgewählt.

Auf Schlag 141 wurden insgesamt 10 Messpunkte festgelegt, davon zwei Intensivmesspunkte zur Untersuchung des Wurzelraums und der Dynamik des Wasserhaushalts (siehe TP 16, Kap. 5.5) und 8 Monitoringpunkte. Sechs Messpunkte (nur Monitoringpunkte) wurden auf Schlag 441 verteilt.

Ebenfalls sechs Messpunkte repräsentieren die räumliche Heterogenität auf dem Rabenberg im Betrieb Träger-Farny, davon zwei Intensivmesspunkte (s.o.) und 4 Monitoringpunkte.

Auf TP 14 - Schlag 761 (Helle; Nutzung: Winterweizen) im Betrieb WIMEX wurden 6 Monitoringpunkte ausgewählt.

Verwendete Methoden

Nicht-invasive Methoden zur flächendeckenden Standortcharakterisierung liefern durch den indirekten Charakter der Messungen nur mittelbar einen Bezug zu Standorteigenschaften. Auf eine lokale punktuelle Kalibrierung kann nach aktuellem Stand der Forschung noch nicht verzichtet werden. Für die Entwicklung von Interpretationsverfahren von indirekten Messmethoden müssen Bodenansprachen anhand von (destruktiven) Bohrprofilen sowie Analysen der Textur und der Bodenchemie durchgeführt werden.

Darüber Hinaus sind punktuelle (destruktive) Messungen von Bestandesparametern zur Quantifizierung von Wechselwirkungen zwischen Standort, Vegetation und den jährlich wechselnden Witterungsbedingungen erforderlich. Die Messwerte sind gleichzeitig die Schnittstelle zwischen Fernerkundungsdaten und Standorteigenschaften und daher unverzichtbar für die Kalibrierung, Weiterentwicklung und Validierung von Modellen zur Ableitung von Vegetationsparametern aus Fernerkundungsdaten.

Die Abbildung 26 a-d und Abbildung 27 geben einen Überblick über die Lage der Messpunkte auf den ausgewählten Schlägen in den Betrieben WIMEX und Träger-Farny.

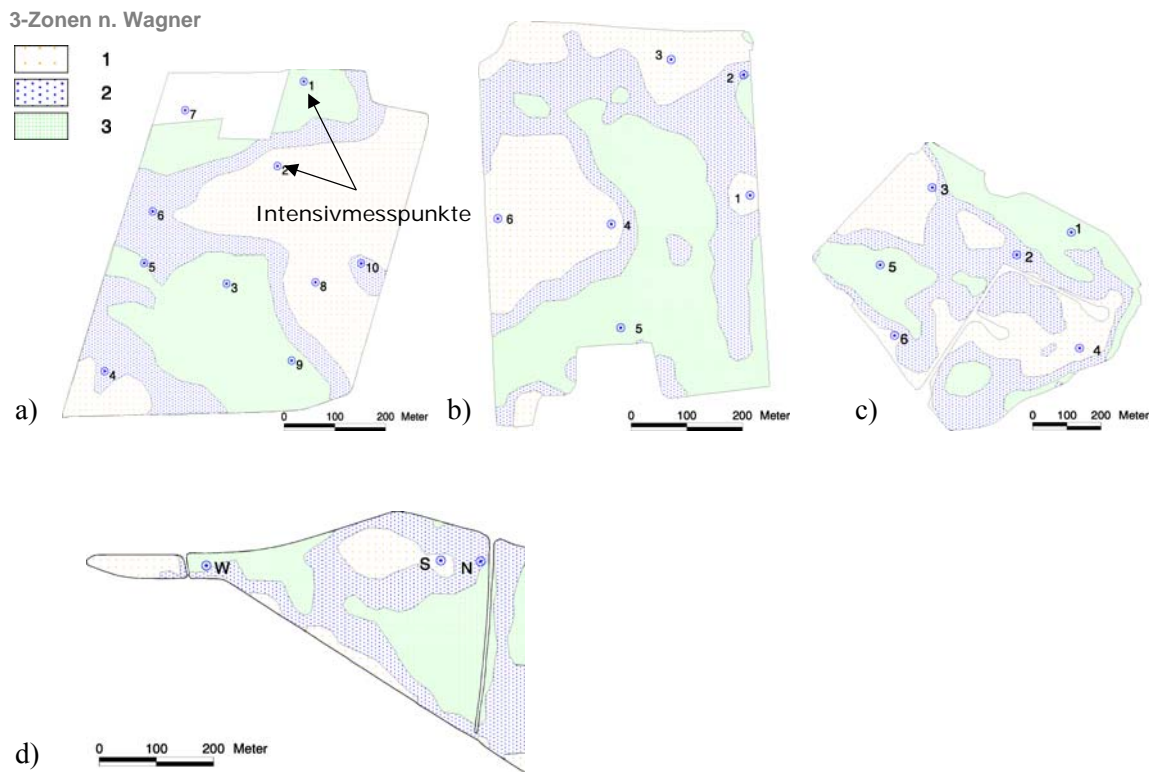


Abbildung 26 a-d: Lage der Messpunkte auf den PB 3 Schlägen 141 (a) und 441 (b), dem TP 14 Schlag 761 (c) und dem TP 12 Schlag 431 (d). Betrieb WIMEX (Sachsen-Anhalt) im Jahr 2005

Figure 26: Location of test - sites on project domain (PD) 3 fields 141(a) and 441 (b), SP 14 field 761 (c) and SP 12 Field 431 (d). Farm WIMEX (Sachsen-Anhalt) in the year 2005

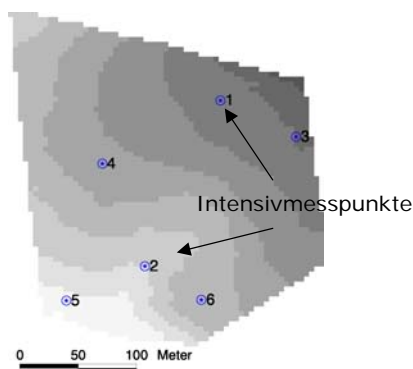


Abbildung 27: Lage der Messpunkte auf dem PB 3 Schlag Rabenberg im Betrieb Täger-Farny im Jahr 2005. Hintergrund: Digitales Höhenmodell DHM 5

Figure 27: Location of test - sites on PD 3 field Rabenberg on farm Täger-Farny in the year 2005. Background: digital elevation model DEM 5

Monitoringprogramm

In enger Zusammenarbeit mit den Teilprojekten 15 und 16 wurde auf den PB- und TP-Schlägen ein Messprogramm zur Erfassung der Standortvariabilität und deren Wirkung auf die Bestandesentwicklung erarbeitet. Das Monitoringprogramm zur quantitativen Erfassung der räumlichen Heterogenität und zeitlichen Dynamik von charakteristischen Vegetationsparametern wurde an insgesamt 28 Messpunkten in Kooperation mit TP 15 durchgeführt.

Die Bestimmung des Leaf Area Index (LAI [m^2 Blattfläche / m^2 Bodenfläche]) durch TP 14 erfolgte mit einem LAI 2000 plant canopy analyzer der Firma LI-COR Inc.. Das Instrument misst über einen optischen Sensor die diffuse Einstrahlung in fünf Einstrahlungswinkeln über und unter dem Bestand. Aus den Differenzen wird der LAI modelliert. Eine Unterscheidung von gelben und grünen Blättern ist nicht möglich (siehe auch 5.3.4). Im Folgenden entspricht der LAI immer dem totalen LAI.

Die Messungen wurden zeitgleich mit der Bestandesbonitur und möglichst zeitnah zu den Fernerkundungskampagnen von TP 13 durchgeführt.

Bodenuntersuchungen

Im April 2005 wurden Bodenuntersuchungen an 23 Messpunkten mit Hilfe eines hydraulisch betriebenen Bohrkerngerätes durchgeführt. Die beiden Intensivmesspunkte auf Schlag 141 wurden nicht beprobt, da hier die Profilgruben von TP 16 die Entnahme von Bodenproben ermöglichten. Die Technik erlaubt die Entnahme von Bodenprofilen bis 2 m Tiefe mit einem Durchmesser von 8 cm.

Aus drei Bohrungen (Wiederholungen) je Messpunkt wurden jeweils Stechzylinderproben (100 cm^3) für die Texturanalyse aus drei bis fünf identifizierten Bodenhorizonten entnommen.

Das Ergebnis der zeitaufwendigen Texturanalyse (9 Korngrößenklassen) stand im Berichtszeitraum für weitere Auswertungen noch nicht zur Verfügung.

Für chemische Analysen wurden Mischproben aus den drei Bohrungen je Messpunkt und der jeweiligen Horizontmächtigkeit entnommen.

Als innovatives Instrument zur nicht-invasiven Messung von vertikalen Bodeneigenschaften wurde der sogenannte "Profiler" eingesetzt. Das Instrument misst parallel über eine Stabsonde den mechanischen Durchdringungswiderstand D_w und den elektrischen Widerstand des Bodens bis in eine Tiefe von maximal 90 cm. Aus der elektrischen Widerstandsmessung wird der reziproke Wert der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit EC_a abgeleitet. Die Messungen erfolgen während des Eindringens in den Boden in Abständen von ca. 2 cm. Je Messpunkt wurden 10 Wiederholungen entlang eines ca. 5 m langen Transekts gemessen. Da der Einsatz für das Jahr 2005 nicht vorgesehen war, sind die im Mai auf den 22 Messpunkten der Schläge 141, 441 und 761 versuchsweise durchgeführten Messungen im Falle der EC_a nur bedingt zur Auswertung geeignet. Der Grund liegt wie beim EM 38 in der Bedeutung des Messtermins. Im Idealfall sollten auch hier die Böden bei Feldkapazität im Frühjahr oder Herbst beprobt werden. Daher konzentrierten sich die Auswertungen in der Folge auf die Messergebnisse des Durchdringungswiderstands.

Einen Überblick der gemessenen Boden- und Vegetationsparameter gibt Tabelle 12. (Die Anzahl der beprobten Messpunkte variiert und ist jeweils dem Text zu entnehmen).

Tabelle 12: Gemessene Boden- und Vegetationsparameter an den Messpunkten in 2005

Table 12: Measured soil- and vegetation parameters at test-sites in 2005

Bodenparameter		
Verfahren	Messwert	Einheit
Stechzylinder [100 cm ³]	Volumetrischer Wassergehalt	[%]
	Trockenrohddichte	[g cm ⁻³]
	Porenvolumen	[%]
Mischproben	Gesamtkohlenstoff	[%]
	Gesamtstickstoff	[%]
	Gesamtschwefel	[%]
	Karbonat (CO ₃)	[%]
Profilier (Stabsonde; vertikal)	Pflanzenverfügbares Kalium	[mg 100g ⁻¹ Boden]
	Pflanzenverfügbares Phosphat	[mg 100g ⁻¹ Boden]
Profilier (Stabsonde; vertikal)	Scheinbare elektrische Leitfähigkeit	[mS m ⁻¹]
	Mechanischer Durchdringungswiderstand	[N mm ⁻²]
Vegetationsparameter		
LAI 2000 Plant Canopy Analyzer	Leaf Area Index	[m ² m ⁻²]
	Mean Tilt Angle	[Grad]

5.2.4 Ergebnisse im Jahre 2005 und ihre Diskussion

Monitoring

Der LAI ist die zentrale Schnittstelle zwischen (multi-)spektraler Information aus der optischen Fernerkundung und der Vitalität von Pflanzenbeständen in den verschiedenen phänologischen Stadien. Aus Sicht der Standortcharakterisierung ist der Zeitpunkt der Abreife als diagnostischer Termin von Bedeutung. Idealerweise (in niederschlagsarmen Jahren) erreicht der LAI in diesem Entwicklungsstadium die maximale räumliche Differenzierung durch Unterschiede im Wasserspeichervermögen der Standorte.

Trotz der relativ feuchten und kühlen Witterung im Jahr 2005 ist aufgrund der hohen räumlichen Heterogenität der Böden und der günstigen Messpunktauswahl eine deutliche Differenzierung des Bestandes auf Schlag 141 festzustellen. Anhand der gemessenen Zeitreihen des LAI und der Trockenmasse zeigt sich die zunehmende Differenzierung mit fortschreitender Entwicklung des Bestandes. Der Variationskoeffizient (CV, Coefficient of Variation) der LAI - Werte steigt von 14,7 % am 13.05.2005 auf 24,1 % am 06.07.2005. Analog dazu steigt der CV der Trockenmasse-Werte von 11,7 % auf 20,3 %.

Auf dem Schlag Rabenberg konnte eine davon abweichende Situation beobachtet werden. Im Verlauf der Vegetationsperiode kam es hier zu einer zunehmenden Homogenisierung des Bestandes. Der CV der LAI - Werte geht von 22,1 % am 13.05.2005 (Trockenmasse: 22,5 %) auf 10,8 % am 06.07.2005 (Trockenmasse: 16,9 %) zurück. Obwohl sich die LAI - Werte in einer engen Spanne zwischen 2 und 3 bewegen, wirken sich Messfehler nicht auf die Beziehungen zu den Ertragskomponenten aus. Die Güte der Beziehungen des LAI zur Trockenmasse (Abbildung 28) und zur Kornmasse (Punktmessungen von TP 15; Abbildung 29) liegen auf dem Rabenberg mit $r^2 = 0,78$ bzw. $r^2 = 0,76$ und auf Schlag 141 mit $r^2 = 0,72$ bzw. $r^2 = 0,81$ auf etwa gleich hohem Niveau.

Trotz der ungünstigen Bedingungen unterstützen die Ergebnisse die generelle Eignung des methodischen Ansatzes. Die im weiteren Projektverlauf aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten LAI-Werte können zu einem diagnostischen Zeitpunkt nicht nur die maximale Bestandsheterogenität abbilden, sondern weisen in der Regel auch enge Beziehungen zu Ertragskomponenten auf.

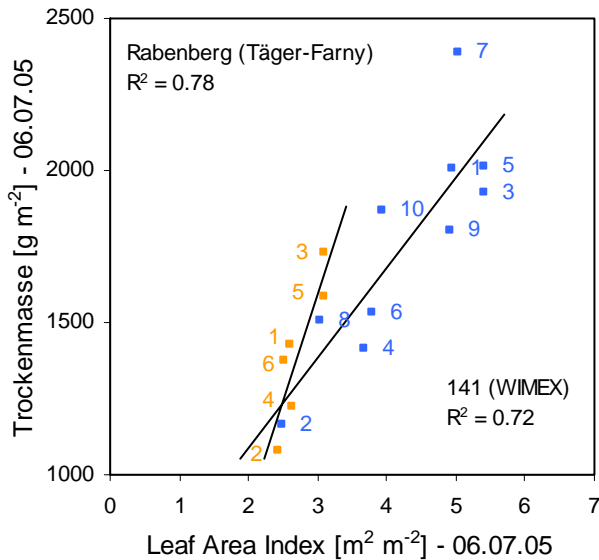


Abbildung 28: Beziehungen zwischen gemessenem LAI von Winterweizen und dessen Trockenmasse auf den PB 3 Schlägen 141 (Betrieb WIMEX) und Rabenberg (Betrieb Träger-Farny) im Jahr 2005

Figure 28: Relationship between measured LAI and dry matter of winter wheat on PD 3 fields 141 (farm WIMEX) and Rabenberg (farm Träger-Farny) in the year 2005

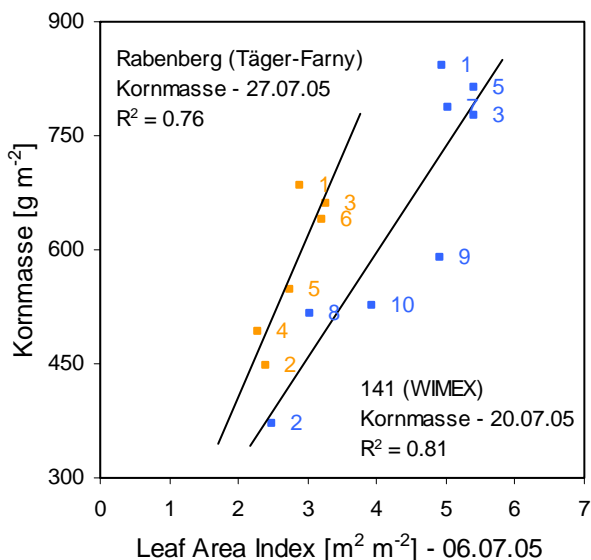


Abbildung 29: Beziehungen zwischen gemessenem LAI und der trockenen Kornmasse von Winterweizen auf den PB 3 Schlägen 141 (Betrieb WIMEX) und Rabenberg (Betrieb Träger-Farny) im Jahr 2005

Figure 29: Relationship between measured LAI and dry grain yield of winter wheat on PD 3 fields 141 (farm WIMEX) and Rabenberg (farm Träger-Farny) in the year 2005

Bodenuntersuchungen

Abbildung 30 zeigt das vertikale Profil des Durchdringungswiderstands D_w der 10 Messpunkte auf PB 3 - Schlag 141. Auffälligstes Merkmal ist in allen Profilen der Anstieg von D_w bis in den Bereich von 30 - 40 cm Bodentiefe. Hier erreicht auch die Differenzierung an den Messpunkten ein Maximum. Der starke Anstieg von D_w lässt die Vermutung zu, dass mit dieser Methode die für Ackerböden typische Pflugsohlenverdichtung quantitativ erfasst werden kann. Die ausgeprägte Differenzierung lässt sich nur mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Böden erklären. Präzisere Aussagen werden jedoch erst nach Auswertung der Texturanalysen möglich sein.

Hinweise auf die pflanzenbauliche Relevanz von räumlich heterogenen Verdichtungszone liefern die Beziehungen zu den in 2005 erhobenen Bestandesparametern. Abbildung 31 zeigt die Beziehung von D_w im Bereich der maximalen Differenzierung bei 34 cm Bodentiefe zur Trockenmasse und zum LAI 25 Tage vor der Ernte. Der beste Zusammenhang lässt sich zum LAI mit $r^2 = 0,75$ herstellen. In der Beziehung zur Trockenmasse ($r^2 = 0,69$) lässt sich eine Zunahme der Streuung von hohen zu geringeren Durchdringungswiderständen feststellen. Dieses Phänomen ist ebenfalls in den Beziehungen zur Kornmasse ($r^2 = 0,71$; Punktmessung von TP 15 zehn Tage vor der Ernte) und dem Rohertrag ($r^2 = 0,51$) in Abbildung 32 festzustellen. (Verwendet wurde der räumlich nächstgelegene punktuelle Messwert der unkorrigierten Ertragserfassung. Daher kann kein Flächenbezug angegeben werden). Offenbar wirken sich Verdichtungen erst ab einem gewissen Schwellenwert negativ auf die Entwicklung der Bestände durch Behinderung der Durchwurzelung aus. Die Untersuchungsergebnisse von TP 16 zur Durchwurzelungsintensität können hier einen wertvollen Beitrag zur Aufklärung liefern.

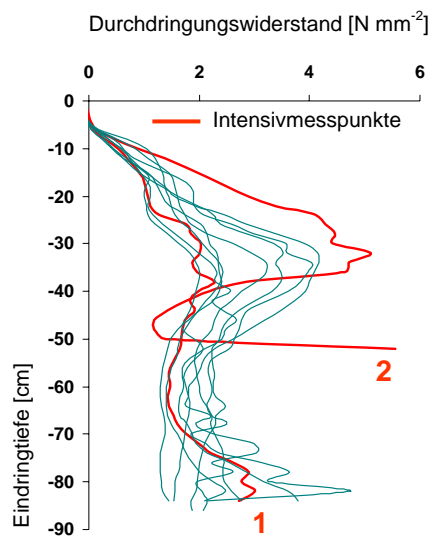


Abbildung 30: Mechanischer Durchdringungswiderstand des Bodens an den Messpunkten 1-10 bis 86 cm Tiefe auf PB 3 Schlag 141 im Jahr 2005

Figure 30: Mechanical penetration resistance of the soil on test-sites 1-10 up to 86 cm soil depth on PD 3 field 141 in the year 2005

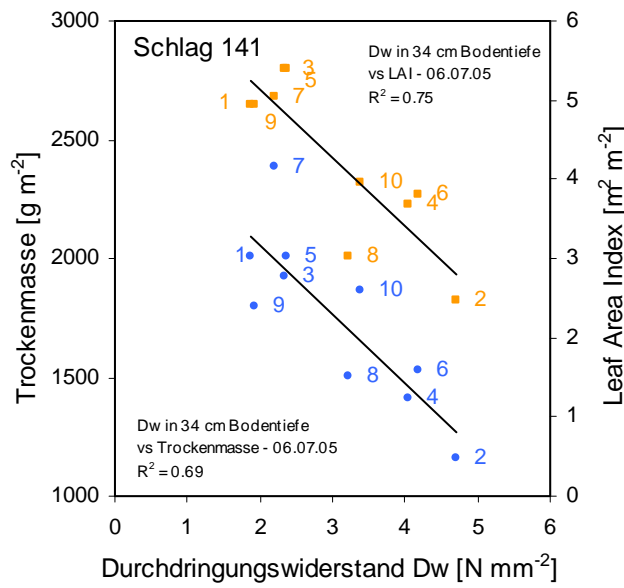


Abbildung 31: Beziehungen zwischen mechanischem Durchdringungswiderstand D_w in 34 cm Bodentiefe und der Trockenmasse (untere Regression) und dem totalen Leaf Area Index (obere Regression) auf Schlag 141 (Betrieb WIMEX)

Figure 31: Relationships between mechanical penetration resistance D_w in 34 cm soil depth and dry matter (lower regression) and LAI (upper regression) on field 141 (farm WIMEX)

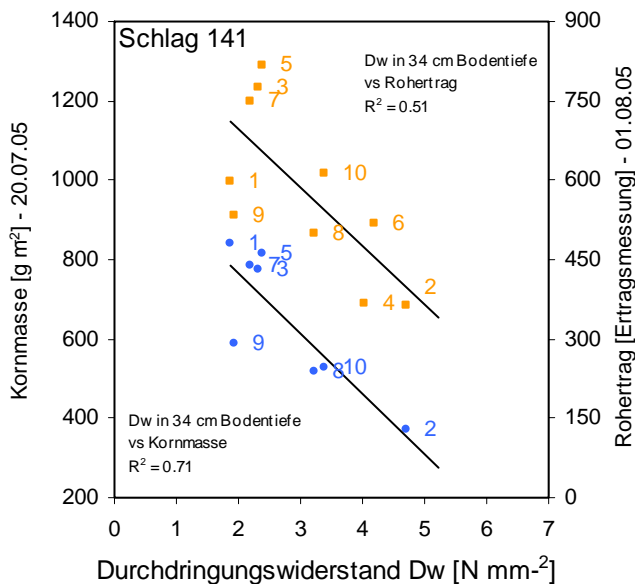


Abbildung 32: Beziehungen zwischen mechanischem Durchdringungswiderstand D_w in 34 cm Bodentiefe und trockener Kornmasse (untere Regression) und Rohertrag (obere Regression) auf Schlag 141 (Betrieb WIMEX)

Figure 32: Relationship between mechanical penetration resistance D_w in 34 cm soil depth and dry corn mass (lower regression) and total yield (upper regression) on field 141 (farm WIMEX)

5.2.5 Soll-Ist-Vergleich mit den im Projektantrag angestrebten Ergebnissen bzw. vorgesehenen Meilensteinen

Die im Berichtszeitraum angestrebten Ziele konnten weitgehend erreicht werden. Durch intensive Vorbereitung und Diskussion mit anderen Teilprojekten konnten anhand der Vorarbeiten aus *pre agro* gezielt Standortkenngrößen ermittelt und ein entsprechendes Monitoringprogramm entwickelt werden. Mit der erfolgreichen Umsetzung und der umfangreichen Erhebung von Bodendaten ist die Grundlage für die Erreichung der Ziele in 2006 geschaffen worden.

Die Beschaffung der Primärdaten (digitales Höhenmodell) erfolgte wie geplant im Berichtszeitraum. In der Region um Groß-Twülpstedt stehen das DGM 12,5 m sowie für einen schmalen Streifen (Raum Volkmarsdorf) das DGM 5 aus einer Laserscanner - Befliegung des Landesvermessungsamtes Niedersachsen zur Verfügung. Die Reliefanalyse zur Ausweisung u. a. von Quell- und Zielarealen lateraler Flüsse ist für beide "Auflösungen" durchgeführt worden.

Für das Gebiet um Wulfen (Betrieb WIMEX) wurde die Neuaufnahme eines Laser DGM 2 für eine Fläche von 128 km² in Auftrag gegeben. Die entsprechende Reliefanalyse ist in Vorbereitung.

Weniger erfolgreich war die geplante Durchführung und Auswertung der Flugzeugs scanner - Befliegungen. Die in *pre agro* erhobenen Daten, die laut Antrag für die multitemporale Analyse im Betrieb WIMEX eingesetzt werden sollten, standen nicht zur Verfügung. Darüber hinaus verhinderten technische Probleme den Einsatz des geplanten DAEDALUS - Sensors. Der Versuch, kurzfristig auf ein kommerzielles, satellitengestütztes System mit geeigneten geometrischen und spektralen Eigenschaften zurückzugreifen, konnte aufgrund der hohen Nachfrage durch andere Auftraggeber im gewünschten Zeitfenster nicht mehr realisiert werden.

Für die konzeptionelle Entwicklung einer integrativen Standortanalyse und Überprüfung der zugrunde liegenden Hypothesen kann aber auf der Skala kleinräumiger Bodenheterogenität (innerhalb der Untersuchungsschläge) auf die Fernerkundungsdaten von TP 13 zurückgegriffen werden.

5.2.6 Geplante nächste Arbeitsschritte

Für das Jahr 2006 sind drei Arbeitspakete geplant.

Auf der Grundlage der im Jahr 2005 bzw. in *pre agro* erhobenen Flächeninformationen sind erste Entwicklungsschritte einer integrativen, flächenscharfen Standortanalyse vorgesehen. Die Ergebnisse der Reliefanalyse des digitalen Laser-DHM5, die Messungen der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit mit EM 38 sowie der flächenhaft modellierte LAI aus den hyperspektralen Fernerkundungsdaten von TP 13 sind die initialen Eingangsdaten für die Multidatenfusion.

Die Verbesserung der Interpretierbarkeit von EM 38- und „Profiler“ Messungen auf der Grundlage der Textur- und chemischen Analysen aus den Bodenbohrungen wird ein weiteres Arbeitspaket sein. Hiervon ist ein deutlicher Fortschritt in Richtung der nicht-invasiven Aufklärung vertikaler Standort(Boden-)eigenschaften zu erwarten.

Das dritte Paket umfasst die Fortführung der Arbeiten im Bereich der Datenerhebung in beiden Betrieben. Konzeptionell wird an der Vorgehensweise im Jahr 2005 festgehalten, allerdings in größerem Umfang als bisher. Im Betrieb WIMEX wird die Anzahl der untersuchten Schläge von zwei auf sieben Schläge erweitert, im Betrieb Täger-Farny von einem auf fünf Schläge (Tabelle 13).

Tabelle 13: Geplante Aktivitäten in 2006 auf ausgewählten Schlägen der Betriebe WIMEX und Täger-Farny

Table 13: Planned activities in 2006 on selected fields on farms WIMEX and Täger-Farny

Betrieb WIMEX	Schlag	Fläche in ha	Anzahl Messpunkte	Messprogramm	
Winterweizen	352	63,3	11	- LAI	
	541	Teilfläche	10	- Oberirdische Frisch- und Trockenmasse	
	811		9	- Wuchshöhe	
	341	61,5	8	- Bodenbohrungen (selektiv)	
	Triticale	072	67,9	10	- „Profiler“ – Messungen (selektiv)
		752	29,6	10	
Betrieb Täger-Farny					
Winterweizen	Rabenberg	8,0	6	- LAI	
	Espenberg	11,4	8	- Oberirdische Frisch- und Trockenmasse	
	Kesselbrinkgehege	4,3	7	- Wuchshöhe	
	Finkenspring	6,7	5	- Bodenbohrungen (selektiv)	
	Mittelberg	12,2	9	- „Profiler“ – Messungen (selektiv)	

5.2.7 Erkenntnisse aus den Arbeiten des Jahres 2005 für das Anliegen des Projektbereiches bzw. aus Sicht des Gesamtprojektes

Die einzelnen Teilprojekte im PB 3 decken jeweils wichtige Informationsebenen als Komponenten der integrativen Standortanalyse ab. Der interdisziplinäre Ansatz basiert auf der inhaltlichen (vierdimensionalen) Verknüpfung der einzelnen Komponenten, was nur auf der Grundlage einer umfangreichen gemeinsamen Datenbasis erreicht werden kann. Im ersten Untersuchungsjahr hat TP 14 wesentlich an der Schaffung dieser Datenbasis mitgewirkt (s. Kap. 5). Während TP 13 die Feldmessungen ("Ground Truth") von TP 14 und TP 15 zur Qualitätskontrolle der aus Fernerkundungsdaten modellierten Vegetationsparameter nutzt, sind die Texturanalysen der Bodenbohrungen und die "Profiler"-Messungen wichtige Eingabeparameter für die Pflanzenwachstumsmodellierung von TP 15 und TP 16, bzw. Basisinformationen für geplante Modellentwicklungen zur Durchwurzelungsdynamik in TP 16.

Die durchgeführten Arbeiten und Auswertungen haben aber gezeigt, dass die Datenbasis auf der Seite der punktuellen Erhebungen für bestimmte Fragestellungen nicht ausreichend ist. Die untersuchten Schläge sind repräsentativ für hohe kleinräumige Standortsheterogenität. Dennoch finden sich nicht alle relevanten im Untersuchungsgebiet vorkommenden Kombinationen von Standortsfaktoren (z. B. Ausgangsmaterial und Relief) auf diesen Schlägen wider. Darüber hinaus muss die Sensitivität der zu entwickelnden Methode in Arealen schwächerer Standortsheterogenität überprüft werden. Dieser Umstand spiegelt sich u. a. in der massiven Erweiterung im Monitoringprogramm für 2006 wider.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Michael Sommer
Dipl. Geogr. Marc Wehrhan
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
Institut für Bodenlandschaftsforschung
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Telefon: 033432/82-282, -263
Telefax: 033432/82280
E-Mail: sommer@zalf.de
wehrhan@zalf.de