

# FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME

MÜNCHEN (FAM)

Erfassung, Prognose und Bewertung nutzungsbedingter  
Veränderungen in Agrarökosystemen und deren Umwelt

## Jahresbericht 2002

FAM-Bericht 56

Herausgeber:

P. Schröder, B. Huber, J.C. Münch (GSF)

GSF-Forschungszentrum  
für Umwelt und Gesundheit

Technische Universität  
München/Weihenstephan

Juli 2003

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN	
JAHRESBERICHT 2002	
Teilprojekt: LT1	Kurztitel: Geophysik
Thema:	Erfassung der kleinräumigen Variabilität des Textur- und Wassergehaltes von Böden
Antragsteller:	Prof. Dr. U. Schnidhauer <sup>1</sup> , Dr. H. Stanjek <sup>2</sup> , Dr. A. Berkold <sup>3</sup>
Mitarbeiter:	Dr. K. Heil <sup>1</sup>
Institution:	<sup>1</sup> TUM-Lehrstuhl für Pflanzenernährung <sup>2</sup> TUM-Lehrstuhl für Bodenkunde <sup>3</sup> LMU-Lehrstuhl für Allgemeine und Angewandte Geophysik
I.	Einleitung mit Fragestellung
II.	Material und Methoden
III.	Ergebnisse und Diskussion
IV.	Schlussfolgerungen und Ausblick
V.	Publikationen
	V.1. Verwendete Literatur
	V.2. Eigene Publikationen

## I. Einleitung und Fragestellung

Die Präzisionslandwirtschaft setzt die Kenntnis der räumlichen Variabilität der Bodeneigenschaften voraus. Führen diese Bodeneigenschaften zu differierenden Wachstumsbedingungen für die Pflanzen, soll mit unterschiedlich intensiven Bewirtschaftungsmaßnahmen (Aussaat, Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz-mittel) reagiert werden.

Räumliche Variabilität wird dabei als Muster von unterschiedlichen standörtlichen Eigenschaften (Boden und Relief) verstanden, die für bestimmte Prozesse stehen und Wachsorte für Pflanzen darstellen.

Die heute zur Flächendifferenzierung eingesetzten Informationen wie punktuelle Beprobung, Reichsbodenschätzung, Fernerkundung, Ertragskarten und auch digitale Geländemodelle liefern zwar wesentliche Daten für die Charakterisierung der Variabilität, diese genügen der Zielsetzung aber nicht. In den letzten Jahren wurden vermehrt geophysikalische Methoden, wie Vertical Electrical Sounding (VES), Ground-Penetrating Radar (GPR) als auch Electromagnetic Induction (EMI) zur Aufdeckung von Variabilitäten eingesetzt. Diese Verfahren stellen dabei zwischen den großmaßstäbigen Erfassungen und den Punktaufnahmen ein Zwischenglied dar.

Insbesondere letztgenanntes Verfahren zur Erfassung der Bodenleitfähigkeit ( $EC_a$ , gemessen mit dem Gerät EM38) fand dabei zunehmenden Einsatz. In zahlreichen Untersuchungen konnten gute bis sehr gute Relationen der  $EC_a$ -Beträge zu den Tongehalten aufgedeckt werden (z.B. HELL et al. 2002, NEUDECKER et al. 2001, SOMMER et al. 2002). WAINE et al. (2000) klassifizierte  $EC_a$  - Beträge von 0-10 mS/m als sandigen Lehm, von 10 – 20 mS/m als tonigen Lehm und größer 20 mS/m als Ton.

Bliebt das Verfahren „punktuelle Beprobung“ außer Betracht, so zeigen alle Methoden ein generelles Problem auf: Sehr ähnliche Signale treten bei stark unterschiedlichen Standorten auf. Nur eine ausgewählte Kombination dieser indirekten Verfahren liefert eine ausreichend gute Abgrenzung und Erkennung bestimmter Eigenschaften und damit eine Festlegung der Wachstumsfaktoren einzelner Standorte.

Die Arbeiten dieses Teilprojektes haben folgende Zielsetzungen:

- Erstellung von Bodentexturkarten,
- Ableitung von Wassergehalten bei Feldkapazität sowie
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Bestimmung der Wassergehalte während der Vegetationsperiode,
- Ableitung von Bodenformen und teilflächenspezifischen Ertragspotentialen.

Beispielhaft wird an den Flächen A15 bis A18 die Herleitung der Textur- und Wassergehalte sowie bodenkundlicher Einheiten durch Integration der Ergebnisse der FAM-Rasterpunktaufnahmen, der Reliefanalyse sowie der EM38-Messungen aufgezeigt.

## II. Material und Methoden

Basierend auf folgenden Informationen wurden die Herleitungen der Textur- und Wassergehalte sowie der bodenbildenden Substrate und der Kollivisole durchgeführt:

- Reliefanalysen: Höhe, Neigung, Exposition, lokales Einzugsgebiet und TWI aus DHM5 (SELIGE, mündl. Mitt.)
- geologische und bodenkundliche Eigenschaften aus dem 50\*50 m-Raster und der Musterprofile (s. <http://www.gsf.de/FAM/bis.html>)
- geophysikalische Messungen mit dem Gerät (EM38) zur Erfassung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens ( $EC_a$ ) an 133 Rasterpunkten sowie auf ausgewählten Flächen im Reihenabstand von ca. 10 – 15 m (Schiffenmessungen) (Abb. 1)
- Wassergehalte (Feldkapazität) an 133 Rasterpunkten bis in 1 m Tiefe durch Bodenprobennahme
- Bewirtschaftung: Bearbeitung, Düngung, Anbau.

Grundlage für die Erstellung der Regressionen und Trennfunktionen waren die 133 Aufnahmen an den Rasterpunkten. Eingang in die Berechnungen fanden nicht die interpolierten  $EC_a$ -Daten (wie bei anderen Autoren SOMMER et al. 2002) sondern die tatsächlichen Messwerte. Nachteil dieses Verfahrens ist eine höhere Streuung, allerdings bei besserer Reproduzierbarkeit der Messungen und auch der Berechnungen.

## III. Ergebnisse und Diskussion

Zur Erreichung der vorgenannten Ziele wurde ein vorläufiges Flussdiagramm (Tab. 1) entwickelt, das sich in verschiedene Ebenen gliedert. Dabei werden die einzelnen Schritte 3, 4 und 5 unabhängig von den jeweils vorausgegangenen Ebenen berechnet. Dies bedeutet z.B., dass die Flächentelle der Kollivisole für die Gesamfläche bestimmt werden und nicht getrennt nach den simulierten bodenbildenden Ausgangsstraten. Dadurch wurde die Fehlerfortpflanzung mit zunehmender Hierarchie nicht vergrößert. Im folgenden werden auszugswise Ergebnisse der bisherigen Messungen und Berechnungen dargestellt.

Die flächige Trennung der Ausgangsstrate erfolgte mittels Diskriminanzanalyse. Als Trennvariable gingen Schluff- und Sandgehalte, Höhe, Hangneigung, lokales

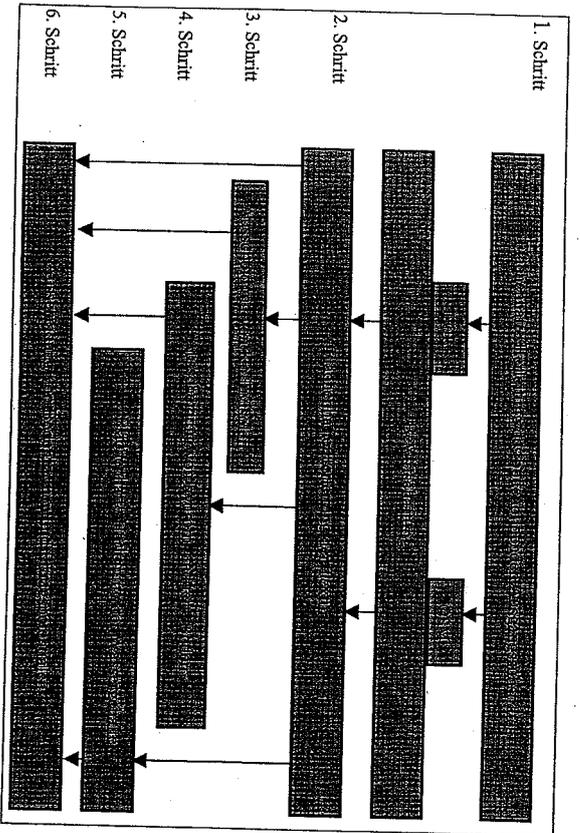


Abb. 1: Vorläufiges Flussdiagramm zur Herleitung der Textur, Wassergehalte und Bodenformen sowie Ertragspotentiale (LOL: Lößl und Lößlehm, OSM: Obere Süßwassermolasse)

Einzugsgebiet als auch die Bodenleitfähigkeit ein. Der standardisierte kanonische Koeffizient zeigt den Einfluss der einzelnen Prädiktoren auf die Zielvariable. Danach haben die Texturwerte, Hangneigung und Leitfähigkeitswerte den stärksten Einfluss. Mit dieser Trennfunktion lassen sich 85 % der beiden Ausgangsstrate zurückklassifizieren (OSM: 88 %, LOL: 83 %). Durch den Vergleich mit der Karte der Bodenformen wird dieses Ergebnis bestätigt. Das auf die Fläche übertragene Ergebnis ist in Abb. 3 dargestellt.

Zentraler Bestandteil des Regelwerks ist die Berechnung der Texturgehalte. Den höchsten Beitrag zur Erklärung der Varianzen liefert die Aufteilung nach den bodenbildenden Ausgangsstraten Lößlehm (LOL) und Molasse (OSM) mit den beiden Formen der Bewirtschaftung (ökologisch, integriert) sowie den Grundwasserböden. Es ergaben sich Bestimmtheitsmaße zwischen 0,63 und 0,79 (Tab. 1, Abb. 5a bis 5c). Eingang in die Berechnungen fanden gravimetrische Texturwerte (bezogen auf den Gesamtboden). Bei Vorhandensein von Trocken-raumdichten in der FAM-Datenbank wurde zu Testzwecken mit volumenbezogenen Beträge gerechnet. Eine Verbesserung der Bestimmtheitsmaße ergab sich aber nicht (gilt mit Bezug auf Feinboden als auch Gesamtboden).

Eine weitere Ebene ist die Feststellung der Ausbreitung von Kolluviosolen. Die Auscheidung von kolluvialen Strukturen beschränkte sich dabei allerdings nicht auf die von der KAA4 (1994) vorgesehenen 40 cm Mindestmächtigkeit, sondern darüber hinaus auch auf das Auftreten geringmächtigerer M-Horizonte. Gehalte an Schluff, Höhe als

auch TWI wurden hier in der Diskriminanzanalyse als Einflussfaktoren herausgearbeitet. Die Rückklassifizierung ergab eine korrekte Einordnung von 86,4 % (Abb. 4). Die Gegenüberstellung mit den Beschreibungen an den Rasterpunkten zeigt bei der Simulation im östlichen Bereich des A18, in der Nähe der Teiche, eine größere kolluviale Ausbreitung. Ursache hierfür ist die beschriebene Berücksichtigung schwächer ausgebildeter M-Horizonte.

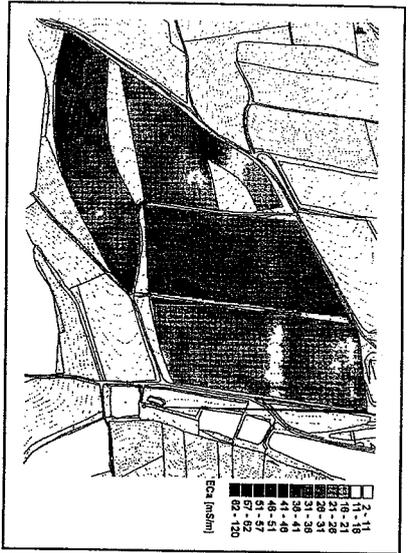
Weiterer zentraler Untersuchungsbereich ist die räumliche Verteilung der Wassergehalte bei Feldkapazität. Durch die Aufteilung in Standorte mit und ohne Hydromorphie (Stauwasserböden) ergeben sich Bestimmtheitsmaße über 0,9 (Tab. 2). Als bestimmende Prädiktoren wurden die Ton-, Sand sowie Schluffgehalte herausgearbeitet (Abb. 5). Der Wassergehalt bei Feldkapazität für die Gleyböden wird anhand der Mustertprofile (pF 1,8) mit 0,45 Vol % angesetzt.

Tab. 1: Bestimmtheitsmaße und Signifikanzen bei der Herleitung von Bodentextur [ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  Gesamtboden] in Abhängigkeit von  $\text{EC}_q$  [ $\text{ms}^{-2} \cdot \text{m}^{-1}$ ] und Reliefdaten im V-Modus (Lößlehm LOL, Obere Süßwassermolasse OSM)

Nutzung	Abhängige Variable: Ton, Schluff, Sand [ $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ]				Unabhängige Variable: $\text{EC}_q$ , Relief			
	LOL		OSM		LOL		OSM	
Integriert	Ton 0,71 *** n = 34	Schluff 0,71 *** n = 24	Sand 0,72 *** n = 24	Sand 0,72 *** n = 24	Ton 0,73 *** n = 14	Schluff 0,63 *** n = 54	Sand 0,77 *** n = 54	Sand 0,77 *** n = 54
Ökologisch	0,73 *** n = 14	0,76 *** n = 14	0,72 *** n = 14	0,72 *** n = 14	0,73 *** n = 14	0,70 *** n = 14	0,66 *** n = 14	0,66 *** n = 14
Gley Böden	0,67* n = 7	0,72* n = 7	0,79* n = 7	0,79* n = 7				

Tab. 2: Bestimmtheitsmaße und Signifikanzen bei der Herleitung des Wassergehaltes bei Feldkapazität [Vol%] im V-Modus

Standorte ohne Hydromorphie	Standorte mit Hydromorphie (ohne Gleyböden)
0,93 *** n = 101	0,95 *** n = 32



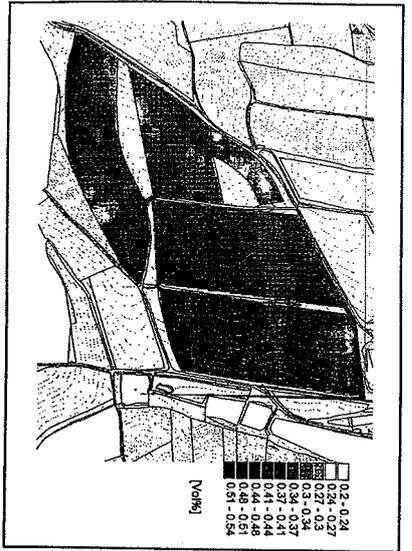


Abb. 6: Flächige Verteilung der Wassergehalte bei Feldkapazität (gewichteter Mittelwert über 1 m, [Voll %] auf den Schlägen A15 bis A18

↑ N  
100 m

#### IV. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Integration von Reliefanalyse und Bodenleitfähigkeit liefert eine praktikable Methode zur Herleitung der räumlichen Verteilung von Textur- als auch Wassergehalten. Da die einzelnen Arbeitsschritte der „Flächenhaften Herleitung des bodenbildenden Ausgangsstrates“ bis zur „Flächenhaften Herleitung der Wassergehalte“ ausgehend von Punktinformationen berechnet wurden, bleiben interpolationsbedingte Fehler ohne Bedeutung. Im nächsten Schritt werden diese Flächeninformationen zusammengeführt und mittels Ertragsaufnahmen zu Bodenformen und Ertragspotentialen aggregiert. Damit ergibt sich ein vielversprechender Ansatz zur Erstellung von Kartenunterlagen für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt anschließend die Herleitung eines Verfahrens zur Berechnung der Wassergehalte während der Vegetationsperiode.

#### V. Publikationen

##### V.1 Verwendete Literatur

- BODENKUNDL. KARTIERANLEITUNG** (1994) : 4. Auflage Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern der BRD.
- SOMMER, M., LASSER, R. and EHRICH, S.** (2002): Datenbank/GIS-Kopplung mit WWW-Anbindung. Jahresbericht 2001 FAM Bericht 53, 161-168.
- WAINE, T., BLACKMORE, B.S. and GODWIN, R.J.** (2000): Mapping Available Water Content and Estimating Soil Textural Class Using Electro-Magnetic Induction. EurAgEng Warwick, Paper Number: 00-SW-044.

##### V.2 Eigene Literatur

- HEIL, K., SCHMIDHALTER, U. and STANJEK, H.** (2002): Erfassung der kleinräumigen Variabilität des Ton- und Wassergehaltes von Böden. Jahresbericht 2001 FAM Bericht 53, 1-6.
- NEUDECKER E., SCHMIDHALTER U., SPERL C. and SELIGE Th.** (2001): Site-specific soil mapping by Electromagnetic Induction. In "Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture". Montpellier. (Eds. G. Grenier and S. Blackmore), 271-276.