

### 4.2.1.3 Erstellung von Basiskarten der Bodenarten mit geophysikalischen Methoden zur Ableitung von Standortpotenzialen

#### 4.2.1.3.1 Ziele

Ziel der geophysikalischen Bodenkartierung mit dem berührungsfreien, elektromagnetischen Verfahren ESMS (*Electromagnetic Soil Mapping System*) ist die Erfassung von Substratunterschieden und des Wasserstatus im Boden. Die hohe räumliche Auflösung der so erstellbaren Karten im Bereich von einigen Metern lässt gezielt wichtige, ertragsbeeinflussende Größen des Standortpotenzials ableiten. Deren Ableitung sind Zielsetzungen der Teilprojekte *Bodenwasser-speicher* und *Ertragspotenzialkarten*. Daraus wiederum können wesentliche Basisinformationen für eine ortsspezifische Bewirtschaftung abgeleitet werden.

#### 4.2.1.3.2 Methode

Das an der TU München-Weihenstephan entwickelte und von der Fa. SOIL INVEST Durlessen & Sperl GbR (Attenkirchen) im Verbundprojekt *pre agro* eingesetzte ESMS basiert auf einer georeferenzierten Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (ECa) und einer Kalibrierung der Messwerte. Eine Spule induziert ein magnetisches Wechselfeld im Boden, das ein sekundäres Feld erzeugt, welches von einer zweiten Spule registriert wird. Aus dem Verhältnis beider Felder lässt sich die mittlere ECa über ca. 1 m Tiefe bestimmen.

Da die ECa im Boden insbesondere vom Ton- und Wassergehalt, der Leitfähigkeit der Bodenlösung und der Bodendichte abhängt, ist es möglich, aus der flächenhaften Messung der ECa eine Karte der Bodenarten zu gewinnen. Aufgrund der Zeitinvarianz des Tongehaltes über Jahrzehnte lassen sich aus Wiederholungsmessungen zeitliche Änderungen des Bodenwassers ableiten.

Die Georeferenzierung erfolgt mit einem *Differential Global Positioning System* (DGPS). Zur Messung wird der Messsensor auf einem PVC-Schlitten befestigt und von einem Geländefahrzeug über das Feld gezogen. Der Fahrspurabstand richtet sich nach der zu erwartenden räumlichen Variabilität der ECa und den Fragestellungen. Üblicherweise ergibt sich eine Messpunktdichte von 75 - 100 Punkten pro ha. Dies liegt weit über dem, was mit alternativen Methoden zu erzielen ist. Die Messung erfolgt zerstörungsfrei während der Fahrt und ist mit Tagesleistungen von ca. 150 ha durchzuführen.

Die mit dem ESMS gemessenen Unterschiede der ECa werden zunächst als Karte dargestellt. Zur Übertragung der ECa-Werte in Bodenkenngrößen, wie z. B. den Tongehalt, werden punktuelle Bodenproben mit dem Bohrstock entnommen und die Korngrößenverteilung bestimmt. Die Festlegung der Probenentnahmepunkte kann im *online*-Betrieb anhand eines Monitorings der Signale während der Leitfähigkeitsmessung geschehen oder im *offline*-Betrieb auf Basis der ECa-Karten. In jedem Fall erfolgt die Beprobung gezielt und der Bodenheterogenität optimal

angepasst und nicht nach einem vorgegebenen, regelmäßigen Raster, wie bei der konventionellen Vorgehensweise der Bodenkartierung.

#### 4.2.1.3.3 Stand der Arbeit

Die für das Jahr 1999 geplanten ECa-Kartierungen der Pflichtschläge auf allen Standorten und zusätzlicher Schläge mit Untersuchungsschwerpunkten einzelner Teilprojekte der Standorte Groß-Twülpstedt und Baasdorf (Betrieb Wulfen) konnten bis auf eine Ausnahme zum Jahresende abgeschlossen werden. Es wurde auf etwa 85 Schlägen und 2.400 ha die ECa gemessen. Die ECa-Daten wurden ausgewertet, temperaturkorrigiert, in ein GIS (ARCVIEW) übernommen sowie als digitale Karten inklusive der Metainformationen den anderen Teilprojekten über die Datenbank des *premis* zur Verfügung gestellt. Lediglich auf dem Standort Landshut konnten vor Jahresende wegen der Anbausituation bzw. der mangelhaften Befahrbarkeit des Bodens 5 Schläge mit insgesamt ca. 40 ha Fläche nicht mehr vermessen werden. Die Tabelle 4.2.1-3 gibt einen Überblick über die untersuchten Schläge und den Stand der Auswertung und Validierung der ECa-Daten.

Tab. 4.2.1-3: Überblick über den Stand der Messungen der elektrischen Leitfähigkeit (ECa) und der Karten der Bodenarten auf den Pflicht- und Schwerpunktschlägen

Standort Betrieb	Anzahl der vermessenen Schläge für 2000 - 2002	Maßnahme	
		abgeschlossen	in Bearbeitung
Thumby	7 Pflichtschläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung (TP II 6b)	Substratkarte
Kassow	7 Pflichtschläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung	Substratkarte
Raesfeld Betrieb Lüdeke	6 Pflichtschläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung Substratkarte	
Groß-Twülpstedt	6 Pflichtschläge 10 Schläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung Substratkarte	
Baasdorf	6 Pflichtschläge 18 Schläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung	Substratkarte
Raguhn Betrieb Scheuerle Betrieb ABG Landsberg Betrieb Selbitz	6 Pflichtschläge 2 Schläge 2 Schläge	ECa-Messung u. ECa-Karten Bodenbeprobung (teilw.)	Substratkarte
Landshut Betrieb Ingerl Betrieb Spanner Betrieb Schreiner	2 Pflichtschläge 5 Pflichtschläge 6 Pflichtschläge	ECa-Messung u. ECa-Karten	ECa-Messung auf 5 Schlägen (3/2000) Bodenbeprobung Substratkarte
Zeilitzheim	- ECa-Kartierungen sind erst für das Frühjahr 2000 geplant -		
<b>Summe der vermessenen Flächen: ca. 2.400 ha</b>			

Für die Standorte Groß-Twülpstedt und Raesfeld wurden die zur Ableitung von Substratkarten benötigten Bodenproben im *Online*-Betrieb entnommen, wodurch bereits Tongehaltskarten gewonnen werden konnten. Auf den Schlägen des Standortes Baasdorf wurden im Herbst 1999 an ca. 200 Punkten Bodenproben bis 1,5 m Tiefe entnommen und die Bodenansprache horizontweise durchgeführt. Nach der physikalisch und chemischen Analyse der Proben werden diese u. a. zur Validierung der ECa-Karten zur Verfügung genutzt.

#### 4.2.1.3.4 Ergebnisse und Diskussion

Ein Beispiel einer ECa-Karte für die Schläge 631 (Mais; Messtermin 19.09.99) und 641 (Zucker-  
rüben; Messtermin 20.10.99) des Betriebs Wulfen (Standort Baasdorf) zeigt Abbildung 4.2.1-3.

Aus der Topographischen Karte (1 : 25.000), die der ECa-Karte überlagert ist, geht hervor, dass der Bereich mit den niedrigsten ECa-Werten (braune bzw. dunkle Farbklassen) zu einer Kuppenlage (Weinberg) gehört. Nach Süden nimmt die ECa zu und erreicht in der Nähe des Sölls (Acker-Kleingewässer) die höchsten Werte (gelb-grüne bzw. helle Farbklassen). Dort befinden sich wegen des hohen Humusgehaltes ein schwarz-gefärbter Oberboden und ein tonreicher (Anmoor-) Gley-Horizont im Unterboden.

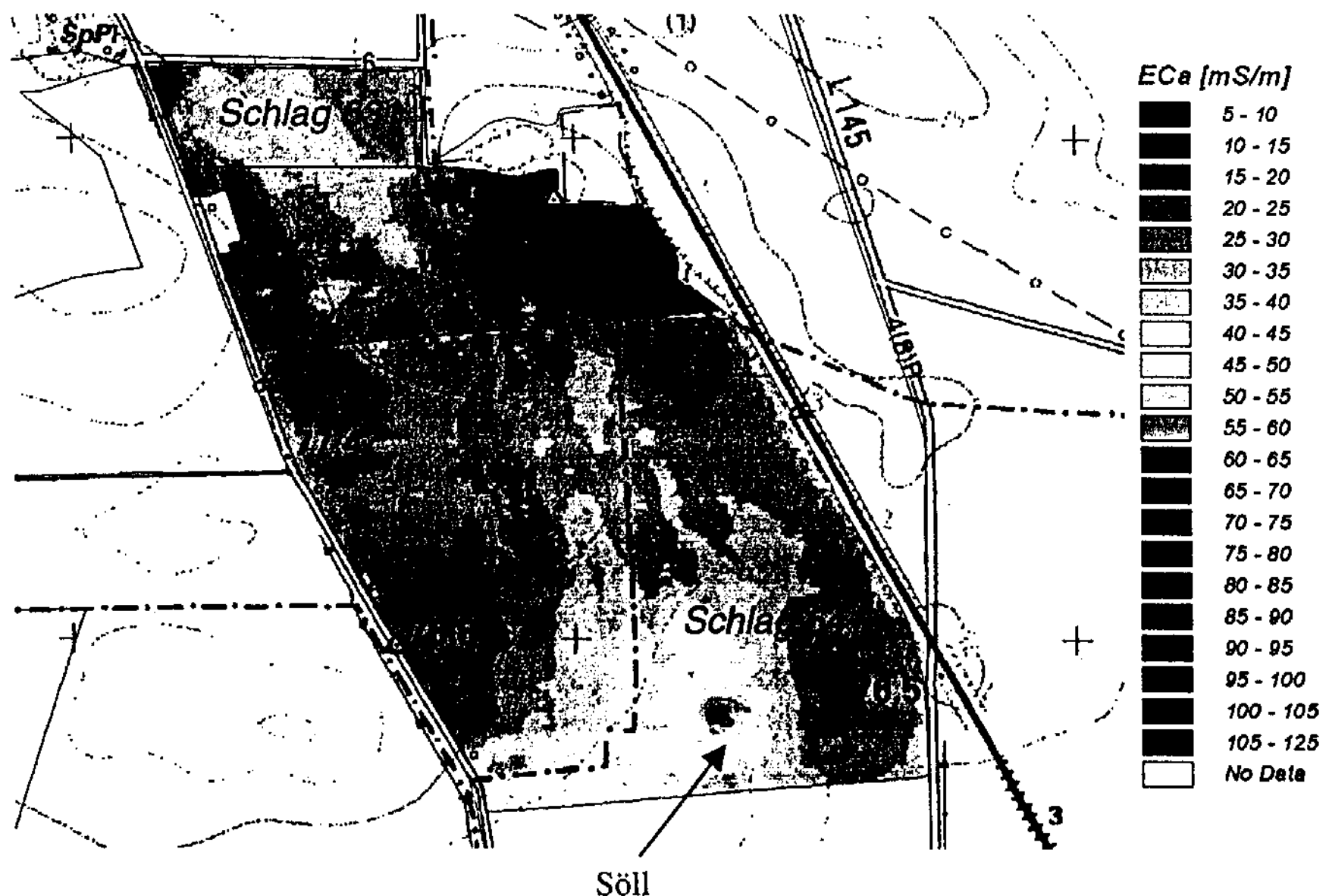


Abb. 4.2.1-3: Karte der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (ECa) mit dem geophysikalischen Messverfahren ESMS (Electromagnetic Soil Mapping System; durch SOIL INVEST Durlessner & Sperl GbR, Attenkirchen)

An der Grenze zwischen den beiden Schlägen (südl. des Weinberges) fällt ein leichter Niveau-Unterschied in den ECa-Werten auf. Die Werte unterscheiden sich im orange-braunen Farbbereich um eine Farbklasse. Die Ursache ist wahrscheinlich auf die Temperatur-Korrektur der ECa-Werte zurückzuführen, da der Referenzwert der Bodentemperatur in 40 cm Tiefe an nur einer Stelle auf dem Schlag ermittelt, jedoch einheitlich für den gesamten Schlag verwendet wird.

Insgesamt lässt sich aus der Karte erkennen, dass sich die mit dem ESMS erfasste Verteilung der ECa-Werte gut dem Relief des Geländes anpasst. Ein Vergleich der ECa-Karten mit den Spektralbildern der Fernerkundung des Teilprojektes *Bodenwasserspeicher* zeigt ebenfalls im hohen Maße eine Übereinstimmung. So decken sich die Muster in der Bodenvariabilität, welche

durch die Verteilung der ECa widergespiegelt werden (s. Abb. 4.2.1-3), gut mit denen des Pflanzenbestandes zum Termin der Befliegung im Juli 1999 (siehe Kap. 4.2.3.5.3, Abb. 4.2.3-10).

Die äußerst rasche Bereitstellung dieser Daten von mehr als 2.400 ha hat es ermöglicht, diese Informationen als komplementäre Basisinformation der in 1999/2000 durchgeführten bzw. geplanten Bewirtschaftungsmaßnahmen einzusetzen.

#### 4.2.1.3.5 Ausblick für das Jahr 2000

Das Teilprojekt *Bodenwasserspeicher* wird bis in die ersten Monate des Jahres 2000 die ECa-Karten für sämtliche Pflichtschläge bereitstellen. Aus den Informationen der ECa-Karten lassen sich bereits jetzt wichtige allgemeine Informationen über die Heterogenität der ausgewählten Schläge ableiten. Diese Primärinformationen erlauben es zudem, die Substrateigenschaften aller Pflichtschläge zu charakterisieren.

In einem abgestuften Vorgehen soll mit diesen Informationen in den Teilprojekten *Bodenwasserspeicher* und *Ertragspotenzialkarten* aus den Primärinformationen der ECa-Karte ein detailliertes Bild der standörtlichen Ertragspotenziale ermittelt werden.

Der erste Schritt beinhaltet eine weitere Verdichtung des vorhandenen Grundlagenwissens zur Transformation des ECa-Signals in detaillierte Bodensubstratinformationen und Bodenwassergehalte (Durlessner 1999; Schmidhalter und Zintel 1999). Zu diesem Zweck erfolgt eine intensive Zusammenarbeit mit dem Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) und der Forschergruppe Informationssysteme kleinräumige Bewirtschaftung (IKB) der TU-München. Diese Zusammenarbeit erlaubt es, eine detaillierte Bewertung der beeinflussenden Größen des Bodenwassergehalts und der Kationenaustauschkapazität zu erreichen.

In einem zweiten parallelen Schritt erfolgt eine intensive Validierung des ECa-Signals auf 18 Schlägen in Baasdorf. Zu diesem Zweck sind bereits an ca. 200 Punkten Bodenproben bis 1,5 m Tiefe entnommen worden, die nun repräsentativ auf Textur, Humusgehalt, elektrische Leitfähigkeit der Bodenlösung, Wassergehalt und ausgewählt auf Kationenaustauschkapazität und Bodendichte untersucht werden. Damit soll eine verallgemeinernde Beziehung zwischen den Einflussgrößen und dem ECa-Signal auch in Abhängigkeit der Tiefenfunktion entwickelt werden.

Fortgesetzt und intensiviert werden die Arbeiten zur einfachen Ermittlung des volumetrischen Wassergehalts bzw. der Bodensaugspannung im Verlauf der Vegetationsperiode des Jahres 2000. Der volumetrische Wassergehalt wird mit FD (Frequency Domain) bestimmt. Zeitgleich werden ECa-Messungen durchgeführt.

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgt für die Pflichtschläge der untersuchten Betriebe aller Standorte (Tab. 4.2.1-3) in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Projektpartnern eine Verknüpfung des ECa-Signals mit den Informationen der Reichsbodenschätzung, den Bodeninformatio-

nen des Teilprojektes *Hof-Bodenkarten*, der spektralen Information der Fernerkundung (Teilprojekt *Bodenwasserspeicher*), der Ertragssimulation (Teilprojekt *Ertragspotenzialkarten*) sowie den Daten der auf den Flächen durchgeführten Ertragskartierungen.

Aus der Verknüpfung der Informationen aller drei Schritte sollen dann gemeinsam Karten der standörtlichen Ertragspotenziale für das Gesamtprojekt abgeleitet werden. Eine zentrale Größe bilden dabei Variablen wie die nutzbare Feldkapazität für Teilflächen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, in der Fortsetzung einen Vergleich mit anderen Methoden zur Erfassung der standörtlichen Heterogenität bzw. der standörtlichen Ertragspotenziale zu ziehen, woraus nachfolgend im Forschungsverbundprojekt *pre agro* eine Gesamtbewertung mit der Empfehlung der optimalen Methodik erfolgen wird.

#### 4.2.1.3.6 Zitierte Literatur

Durlessen H. (1999): Bestimmung der Variation bodenphysikalischer Parameter in Raum und Zeit mit elektromagnetischen Induktionsverfahren. Diss. (TU-München) Verlag Shaker Aachen.

Schmidhalter U., A. Zintel (1999): Schätzung der räumlichen Variationen des Ton- und Wassergehaltes mit elektromagnetischer Induktion. *Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 91, H.2, 871-874.

#### 4.2.1.4 Aufbereitung von Bodenschätzungsinformationen

##### 4.2.1.4.1 Ziele

Damit die teilflächenspezifischen Bearbeitungs- und Ausbringungstechniken schon im ersten Projektjahr zum Einsatz kommen konnten, war es erforderlich, bereits vorliegende Standortinformationen (u. a. Informationen der Reichsbodenschätzung) zu nutzen und aufzubereiten. Weiterhin mussten über den räumlichen Rahmen der Pflichtschläge hinaus Bodendaten verfügbar gemacht werden, damit die dem Teilprojekt *Regionale Stoffdynamik* zugeordneten Aufgaben erfüllt werden konnten. Die Daten der Bodenschätzung liefern eine Fülle von Detailinformationen. Allerdings bedarf es eines relativ hohen Datenaufbereitungsaufwandes, bis eine volle Nutzbarkeit gegeben ist. Das Ökologie-Zentrum Kiel (Teilprojekt *Regionale Stoffdynamik*) übernahm diese Aufgabe.

##### 4.2.1.4.2 Arbeitsschritte und Methodik

Bezogen auf Projektschläge bzw. ganze Betriebsflächen wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Digitalisierung der Bodenschätzungsdaten (georeferenzierte Grenzen der Fluren, Böden u. Klassenzeichen; Lage, Kennung und Beschriebe der Grablöcher aus Feldschätzungsbüchern).
2. Horizontweise Übersetzung der Merkmale der Grablochbeschriebe in bodenkundliche Terme
3. Ableitung von Bezeichnungen für Horizonte, Bodenarten und -typen entsprechend der amtlichen Kartieranleitung („KA4“, AG Bodenkunde, 1994), Abschätzung bodenphysikalischer Kennwerte.