

Umweltmonitoring (Mobile Mapping) und digitalisierte Basisanalytik - innovative Ermittlungsverfahren von biologischen Standort- und Prozessparametern für ein umfassendes GIS zur Optimierung ökologisch orientierter Landwirtschaft

H. URBAN, W. HARTL und W. WENZL

Einer der Schlüsselpunkte für eine nachhaltige zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft liegt in der Informationsausstattung der Akteure in allen Bereichebenen (ISERMANN 2001). Es wird daher die Frage zu stellen sein, welches Prozessverständnis und welche Datengrundlage (Agrar- und Umweltinformationen) der Landwirt benötigt, um der im Raum stehenden Forderung nach der Steigerung der ökonomischen, technischen und ökologischen Effizienz und Kompetenz gerecht zu werden (NEUNTEUFEL 1998, SCHRÖDER et al. 2000). Im Hinblick auf das Ziel einer ökonomisch optimalen Ausnutzung der Nährstoffressourcen sowie die Betriebsbewertung nach ökologischen Kriterien (HARTL und WENZL 1997, HEYN et al. 2000) stehen folgende Überlegungen und Perspektiven am Beginn eines neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldes im Bereich der Geo- und Bioinformatik:

- Im Gegensatz zu Kausal- und Simulationsmodellen ist die eingeschränkte Übertragbarkeit von Black-Box-Modellen auf der Grundlage von Input-Output-Analysen und statistischer Auswertung mit Regressions- und Korrelationsrechnungen von der biologischen Forschung in die Praxis (HERRMANN 1995, FRANKO 1997) zu beachten. So sind auch in der Agroforschung empirische Modelle in der Regel zwar nützlich um etwa Output-Reaktionen auf eine Input-Änderung zu beschreiben, die Überleitung der Ergebnisse auf Einzelobjekte hängt jedoch davon ab, welche zusätzlichen Informationen zu den jeweils individuellen internen und externen System-

beziehungen zur Verfügung stehen (HOLLING 1994).

- Die rasch zunehmende Verfügbarkeit geographischer Informationssysteme vom Desktop GIS bis zum High End GIS zur Darstellung von Raumelementen (Topographie) und Gewinnung von land- und forstwirtschaftlichen Betriebsinformationen sowie schließlich zur Ermittlung der räumlichen und ökologischen Bezüge zueinander (Topologie) in einem dichten Datennetz der Satellitennavigation und digitaler Methoden der Geoinformatik wie Bildverarbeitung, elektronische Sensorik und Basisanalytik (SÜNKEL, SCHARDT, URBAN und WENZL 2000).

So ist schon in naher Zukunft zu erwarten, dass im landwirtschaftlichen Untersuchungswesen von Grundfutter, Boden, Kompost u.a. sinnvolle Kombinationen von GIS und digitalen Methoden allgemein zur Verfügung stehen werden. Sensortechnologien wie IR- und NIR-Spektroskopie, Laserscanning, Bodenradar u.a. stehen in Entwicklung und werden die GIS im Sinn der Prozessanalyse erweitern (PAUL und RODE 2000, HÄUSLER et al. 2000). Ziel der Fernerkundungsmethoden und terrestrischer Verfahren ist u.a. auch das Monitoring der Produktionsgrundlage „Boden“ mit einer Standortabklärung und -beurteilung sowie der Bestimmung der variablen mengenwirksamen Hauptnährstoffe einschließlich der organischen Komponenten wie Stickstoff und Kohlenstoff. Als Visualisierungsbasis für den Ackerbau nach dem Konzept der Präzisionslandwirtschaft (precision/smart farming)

und das Graslandmanagement mit Teledetektion (digitalisierte Erfassung) der Nutzungs- und Umweltparameter werden einfache Desktop Mapping Systeme wie die elektronische Hofkarte angesehen (URBAN, MAYER und ZELLOT 2000). In dreidimensionalen digitalen Geländemodellen können Landschaften abgebildet und die Standortverhältnisse beschrieben werden. Mit diesem ökosystemaren Ansatz erhalten Forschungsergebnisse und analytische Produktionsparameter ihre eigentliche, an die kleinräumig wirkenden Umweltfaktoren angepasste Bedeutung (HUSZ 2000). Ein Überblick zu den Ressourcen im regionalen Forschungsbetrieb und ein Bericht zu den Möglichkeiten des Einsatzes der NIRS und der Lasertechnologie im Grünland und im ackerbaulichen Exaktversuch ist Inhalt der vorliegenden Arbeit.

2. Relevante Informationstechnologien in der steirischen Forschungslandschaft im Hinblick auf Mobile mapping

2.1. Fernerkundung, industrielle Bildverarbeitung

Das Institut für Digitale Bildverarbeitung der JOANNEUM RESEARCH bietet in der Abteilung **Fernerkundung** eine weite Palette von Erfahrungen in der Auswertung von Fernerkundungsdaten sowohl von passiven und aktiven als auch von flugzeug- und satellitengestützten Sensor-Systemen an. Stärken sind auf der einen Seite die Entwicklung von Algorithmen für die geometrische Bild-

Autoren: Dipl. Ing. Helmut URBAN, Forschungsstelle Rottenmann, Lebzelterweg 2, A-8786 ROTTENMANN, Dr. Wilfried HARTL, Institut für biologischen Landbau und terrestrische Ökologie, Rinnböckstraße 15, A-1110 WIEN, Dr. Wilfried WENZL, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING

verarbeitung und auf der anderen Seite die Entwicklung von neuen Methoden und Technologien zur Erfassung, Beobachtung und Analyse der Umwelt. Typische Beispiele: Waldklassifikation mit Laserscannerdaten, Biotopkartierung aus Satellitenbildern (SCHARDT 2000).

2.2. Geodäsie- Geoinformatik, Georeferenzierung

Die Abteilung für Mathematische Geodäsie und Geoinformatik des Instituts für Theoretische Geodäsie der Technischen Universität Graz entwickelt mathematische und numerische Verfahren zur Verarbeitung, Verwaltung, Verknüpfung und Visualisierung von raum- und zeitbezogenen Geodaten, einschließlich Analyse, Zugriff und Transfer solcher Daten in digitaler Form. Im Bereich des computerunterstützten Managements von raum-zeit-bezogener Information gibt es eine große Anzahl komplexer Beziehungen und Abhängigkeiten, was ein logisches Gesamtkonzept erfordert, das unterschiedlichste Applikationen im Bereich der Geowissenschaften abzudecken imstande ist. Von besonderer Bedeutung sind die Modellierungsgenauigkeit und Austauschmöglichkeit von Daten sowie die Datenkonsistenz. Modellierungsaspekte decken dabei einen breiten Bereich ab von einfachen Geländemodellen bis hin zur Modellierung von Verkehrstelematik mit optimaler Routenwahl, Flottensteuerung, etc. - ein Schwerpunktthema der Gruppe Geoinformatik. Das Know-how des Satellitengeodäsie-Teams, vor allem auf den Gebieten GPS, dGPS und der Lösung umfangreicher linearer Gleichungssysteme stellt eine ideale fachliche Voraussetzung für die Entwicklung von Echtzeit-Positionierungs- und Navigationslösungen im Bereich des Mobile Mappings dar. Die stark ausgeprägte internationale wie auch interdisziplinäre Ausrichtung des SG-Teams, aber auch die langjährige Erfahrung in der Durchführung und Leitung großer nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte bieten eine hervorragende Basis für fachübergreifende Kooperationen (SÜNKEL und BARTELME 2000).

2.3. GIS und Mobile Mapping

Geographische Informationssysteme (GIS) haben als zentrale Aufgabe die

Abbildung der realen Welt im Computer unter Berücksichtigung ihrer räumlichen und inhaltlichen Bezüge (SCHULZE-WOLF 2000). Sie unterscheiden sich grundsätzlich von anderen Systemen der Informationsverarbeitung (CAD, Kartographie, RDBMS, Bildverarbeitung) - beinhalten aber Komponenten von jedem einzelnen dieser Systeme. Kennzeichen eines GIS ist die eindeutige Zuordnungsmöglichkeit von Sachdaten zu Geometrien. Zentrale Anforderung an ein GIS-Datenmodell ist die Herstellung räumlicher Bezüge von dargestellten Elementen (Topologie) und deren laufende Kontrolle und Erhaltung. Unter Mobile Mapping versteht man generell Systeme und Verfahren, welche ausgehend von mobilen Aufnahmesystemen - beispielsweise Fahrzeugen - digitale Daten über unsere Umwelt liefern, wobei die Daten eines globalen Positionierungssystems (z.B. GPS) mit lokal aufgenommenen Daten (z.B. von einem Stereo - Kamerasystem) verknüpft werden. Für die Anwendung in der Landwirtschaft und in der Umweltforschung sollen äußere und innere Eigenschaften vornehmlich ruhender Objekte und deren Position im Raum, jedoch zur Prozessfassung in einer zeitlichen Reihe erfasst werden wie in der *Abbildung 1* entsprechend A und B dargestellt (URBAN und WENZL 2000). Mobile Mapping dient der Erstellung digitalen Kartenmaterials im weitesten Sinne für die verschiedenartigsten Anwendungen. Ein Vergleich mit alternativen Verfahren, die ein digitales Ausgangsprodukt liefern, ist hilfreich, den Bereich einzugrenzen, in dem Mobile Mapping sinnvoll eingesetzt werden kann, bzw. (*Tabelle 1*) anderen Techniken überlegen ist (TAO 1998).

2.4. Infrarotsensorik

An der Bundesanstalt Gumpenstein wird im Bereich der routinemäßigen Futter-

Objekt		
Beobachter	A	B
	Ruhend ruhend*	Ruhend Bewegt
	C	D
	Bewegt ruhend*	Bewegt bewegt
* kurzfristiger Stillstand		

Abbildung 1: Einsatzbereiche von Mobile Mapping

analytik die Infrarot-Messtechnik angewandt. Daneben wurden Forschungsarbeiten für die Applikation bei Boden und Kompost durchgeführt (WENZL 1996, 1997). Konnte sich die Nah-Infrarotanalyse (NIRS) nach der Entwicklung der Faseroptik seit mehr als einem Jahrzehnt in der Prozesskontrolle bestimmter Industriezweige konkurrenzlos etablieren, so gewinnen die infrarotspektroskopischen Serienverfahren im Bereich der Agrar- und Umweltanalytik erst in der letzten Zeit zunehmend an Bedeutung. Die Vorteile der Faseroptik und der Diodenarraytechnik erlauben die Anwendung der Infrarotspektroskopie sowohl in der Laboranalytik als auch in der Sensorik im direkten Feldeinsatz (JEDICKE und BECKER 2000). Der Einsatzbereich der NIRS für Boden und Kompost umfasst:

- ❶ Organische Hauptanteile: Gesamt-C, Gesamt-N
- ❷ Organische Minorbestandteile: Lignine, Cellulose, wasserlösliche Bestandteile: Huminstoffe, stickstoffreiche Nichthuminstoffe (N-Org), Hydrokolloide (Polymere)
- ❸ Spuren: Herbizid-Tonkomplexe u.a.
- ❹ Stoffwechselfvorgänge: Reifegrad von Kompost, Umsetzung von N-Org
- ❺ Rahmeneigenschaften: Wasserkapazität, Korngrößen
- ❻ Bodenklassifikation

3. Applikationen von Geoinformatik-Systemen in der Landwirtschaft

3.1. Ortsmodelle zur standortbezogenen Interpretation von Bodenanalysen

Für die Interpretation von Bodenuntersuchungen gilt, dass Fragen nach den Bindungsstellen und Bindungsmechanismen, d.h. über die Bevorratungseigenschaften des Bodens im weitesten Sinn, die über die Verfügbarkeit der bestimmten Nährstoffe am jeweiligen Standort entscheiden, nicht dezitiert in die Interpretation der Werte eingehen und gleichlautende Messergebnisse von bestimmten löslichen und unlöslichen organischen Stickstoffvorräten eine unterschiedliche Bedeutung haben können, da die Mobilisierung am jeweiligen Standort verschieden hoch sein kann (WODSAK und WERNER 1991). Zur

Tabelle 1: Datenerfassung in GIS

	Digitalisierung bestehenden Kartenmaterials	Neukartierung mittels klassischer Verfahren	Erfassung mittels Mobile Mapping
Kosten (Zeitaufwand)	gering	hoch	gering
Genauigkeit	gering	hoch	mittel
Aktualität	gering	gering	hoch
Added Value	-	-	Multimedia

Interpretation von Bodenanalysen ist es notwendig, über GIS gewonnene Daten einzubeziehen (Abbildung 2).

3.2. Wachstumsmonitoring mit Laserscanning-Technologie

An den an diesem Themenbereich beteiligten Instituten steht eine große Zahl an verschiedenen Sensoren zur Verfügung. Für die Bearbeitung landwirtschaftlicher Fragestellungen in Kombination mit herkömmlichen Versuchseinrichtungen (Lysimeteranlagen, mit Saugkerzen bestückte Feldversuche) erscheinen interessant:

- IR-Kameras in verschiedenen Wellenlängenbereichen
- NIR-Spektrometer mit Diodenarray
- Bodenradar
- Laserscanner

Im folgenden wird eine erste Messanordnung beschrieben, die klären sollte, in-

wieweit ein Laserscanner geeignet ist, den Wachstumsvorgang von Pflanzen großflächig und mehr oder weniger automatisiert zu überwachen. Angedacht war dabei zunächst einerseits die direkte Steuerung von Bewässerung, Düngung usw. der betreffenden Pflanzung, andererseits die kostengünstige Erfassung von Biometrischen Parametern *in situ* ohne Störung durch Probenahmen. Die vorgestellte Technologie birgt jedoch ein weit umfassenderes Potential und sei hiermit der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Diskussion vorgestellt.

Dabei handelt es sich um einen relativ neuartigen Sensor in der Art eines optischen Radars. Das Gerät sendet einen sehr kurzen intensiven Laserimpuls in Richtung eines Zieles aus, dieser Lichtimpuls wird am Ziel reflektiert und erreicht nach einer gewissen Laufzeit wieder das Gerät. Aus der exakten Bestimmung der Orientierung des Gerätes und

der Laufzeit des Pulses lässt sich so die Entfernung des Zielpunktes bestimmen.

Abbildung 3 zeigt eine erste sehr einfache statische Versuchsanordnung: Im Vordergrund der Laserscanner auf einem Dreibein montiert, im Hintergrund ein Versuchsfeld der BAL Gumpenstein mit Maisanbau, das beobachtet werden soll. Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Entfernungsmessung des Scanners zu jedem Punkt des Bildes farbkodiert. Es sind hier bereits Entfernungsdifferenzen dargestellt, die sich aus der Subtraktion von zwei Aufnahmen im zeitlichen Abstand von ca. 1 Monat ergeben, womit die Höhenzunahme der Maiskultur bereits qualitativ erkennbar ist.

Die Abbildung 5 zeigt den vorerst letzten Schritt der Datenauswertung - eine digitale „Landkarte“ des Versuchsfeldes (in ca. 135 ° nach rechts gedrehter Lage) in Draufsicht mit „Höhenschichtlinien“, sodass also Bereiche gleicher Höhenzunahme unmittelbar erkennbar sind. Ein möglicher nächster Schritt der Auswertung wäre die Extraktion von „Wachstumskurven“ für verschiedene Punkte des Feldes. In einem weiteren Bearbeitungsschritt werden analytische Daten zum Biomassezuwachs, zu den Bodeneigenschaften und zum Klimaverlauf unterlegt, um ein dynamisches Bild des Wachstums zu ermitteln. Dann soll geklärt werden, welche zusätzlichen Parameter bzw. Produktions- und Umweltindikatoren für ein umfassendes Ortsmodell notwendig sind (z.B. Stickstoffvorrat, Stickstoffnachlieferung, Humusgehalt, Flächenvariabilitäten im Mineralhaushalt u.a.) und welche anderen Möglichkeiten der Nutzung dieses Datenmaterials und der Kombination mit anderen Monitoring Systemen der EU bestehen (BUFFET et al. 2000).

3.3. Ertragsdynamische Standortbeurteilung im Feldversuch durch Ermittlung der oberirdischen Biomasse

Um die Düngung und Bodenbewirtschaftung zu optimieren, wird in der Praxis entweder die Frage an den Boden (Bodenuntersuchung) oder die Frage an die Pflanze (z.B. Farbsensorik) gerichtet. Es zeichnet sich jedoch ab, dass der Prozess „Pflanzenwachstum“ mit einer Kombination von analytischen Methoden und neuen Möglichkeiten von GIS

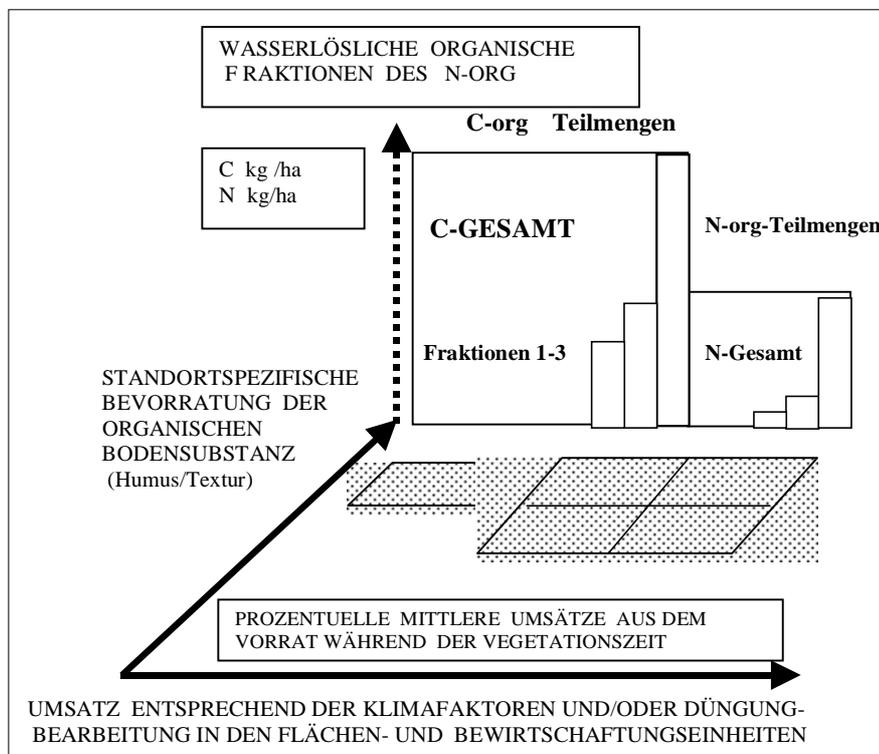


Abbildung 2: Kalibrationsmodell zur Ermittlung der Stickstoffnachlieferung im Boden auf der Basis der wasserlöslichen organischen Fraktionen und in Abhängigkeit von Ortsfaktoren



Abbildung 3: Laser-Scanner im landwirtschaftlichen Einsatz

in einem digitalen Standortmodell erfasst werden kann, welches neben den örtlichen Dauereigenschaften des Bodens, die Umsetzungsvorgänge und die Biomassebildung mit einschließt.

Der international aktuelle Entwicklungsstand zeigt, dass für Fe, Ca, Mg und K eine hohe Genauigkeit der Modellierung erreicht werden kann, da das aus den Reflexionsspektren berechnete räumliche Konzentrationsmuster dem der gemessenen Werte entspricht (JARMER und SCHÜTT 1998, FACHBEREICH B8 UNI TRIER 2000). Für die Ermittlung der organischen Nährstoffe des Bodens und deren Nachlieferung aus den wasserlöslichen, pflanzenverfügbaren Substanzen und der mikrobiell abbaubaren Kohlen- und Stickstoffreserve können, diesen Ansatz ergänzend, den chemischen Analyseergebnissen die Entzugsdaten, die ertragssteuernden Faktoren in Form von GIS-Daten (Wasserversorgung, Gründigkeit, Bodenart) beigeordnet und schließlich in entsprechenden Kalibrationsmodellen für jeden einzelnen Standort gesondert interpretiert werden (Abbildung 2).

Dazu müssen die möglichen Stoffströme (Input-Output) im exakten Feldversuch über eine Flächenbilanz und Nähr-

stoffbilanz ermittelt und visualisiert werden. Als Beispiel einer Versuchsanordnung für eine Prozessvisualisierung im Pflanzenbau werden Ergebnisse aus einem Fruchtfolgeversuch des Ludwig Boltzmann-Institutes für Biologischen Landbau und Angewandte Ökologie am Standort Lobau bei Wien vorgestellt. In diesem Feldversuch werden im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsansatzes (HARTL und ERHART 1999) die Auswirkungen von mineralischen (NPK), organischen (Biotonnekompost) und Kombinationen der beiden Düngungsvarianten sowie der ungedüngten Kontrolle erfasst. Details zur Versuchsanordnung bei HARTL (1996). In *Abbildung 6* ist der von der Nährstoffversorgung beeinflusste Wachstumsverlauf eines Kulturpflanzenbestandes dargestellt. Die auf das Stickstoffangebot des Bodens besonders sensibel reagierende Halmlänge eines Haferbestandes wurde während der Hauptwachstumsphase an mehreren Terminen gemessen und zeigte deutlich den Einfluss der vier verschiedenen Düngungsvarianten. Die Halmlängen aller Termine korrelierten nicht mit den Frühjahrs-N_{min}-Werten, und ebenfalls nicht mit dem N_{kjel}-Gehalt und dem Humusgehalt des Bodens. Im Gegensatz

dazu korrelieren die Halmlängen eindeutig ($r = 0,97$) mit dem von SCHOTT (2001) parallel analysierten Gesamt-N-Gehalt in der oberirdischen Biomasse des Hafers zu allen Terminen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die relativen Unterschiede in den Halmlängezuwächsen dem Stickstoffzug in den verschiedenen Düngervarianten entspricht. Der Wachstumsverlauf ist wie der *Abbildung 6* entnommen werden kann von der mineralischen bzw. organischen Düngung abhängig und unterscheidet sich wesentlich von der 0-Parzelle.

Durch die digitalisierte Erfassung der Reaktionen der Pflanze im Wachstumsverlauf ist es möglich die tatsächlich den Pflanzen verfügbaren Stickstoffmengen des Bodens je Zeiteinheit kostengünstig und ohne störende Beprobungen zu ermitteln.

Darauf aufbauend kann so eine Verknüpfung des analytisch bestimmten Ausgangspotentials an nachlieferbarem Stickstoff (N-org) und der digitalen Biometrischen Daten bzw. Entzugsdaten zur Verbesserung eines standörtlichen Prognosemodells beitragen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde aufgezeigt, dass heute eine Reihe von Möglichkeiten zur Gewinnung von GIS-Daten zur Verwendung in der Landwirtschaft und Umweltforschung zur Verfügung steht und damit produktions- und umweltrelevante Prozesse verfolgt werden können. Für den praxisorientierten Ansatz in einer ökologisch ausgerichteten Präzisionslandwirtschaft ist das Zusammenspiel verschiedener technischer Disziplinen mit der Agrofor- schung notwendig. Mit dem Global Positioning System (GPS) bzw. dem Mobile Mapping ist für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung ein wesentlicher Baustein gegeben. Es können grundlegende raumbezogene Rahmen- daten zum Standort und zu den unterschiedlichsten Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Schlägen bereitgestellt bzw. erzeugt und zu einem Geo-Informationssystem verarbeitet werden (BOARD ON AGRICULTURE OF NATIONAL RESEARCH COUNCIL U.S.A 1997). Als Visualisierungsbasis dienen heute schon

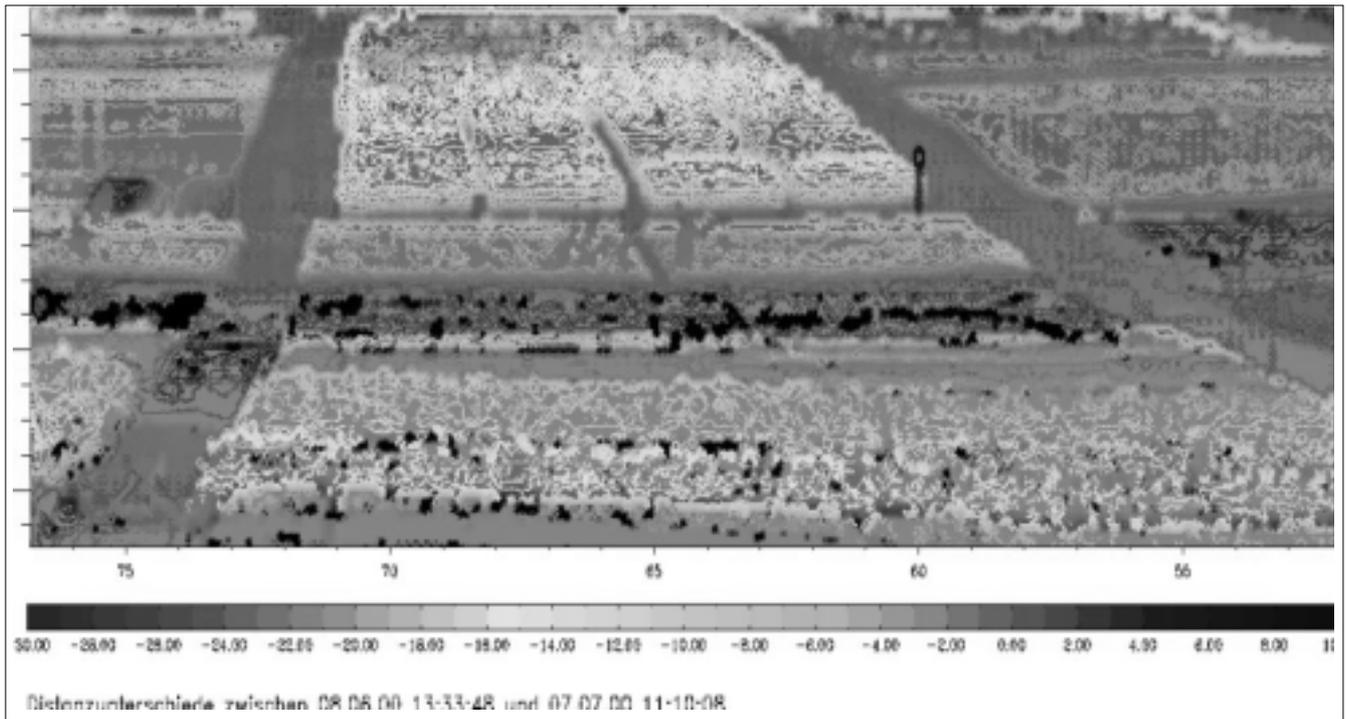


Abbildung 4: Laserscanner Rohdaten eines Maisfeldes

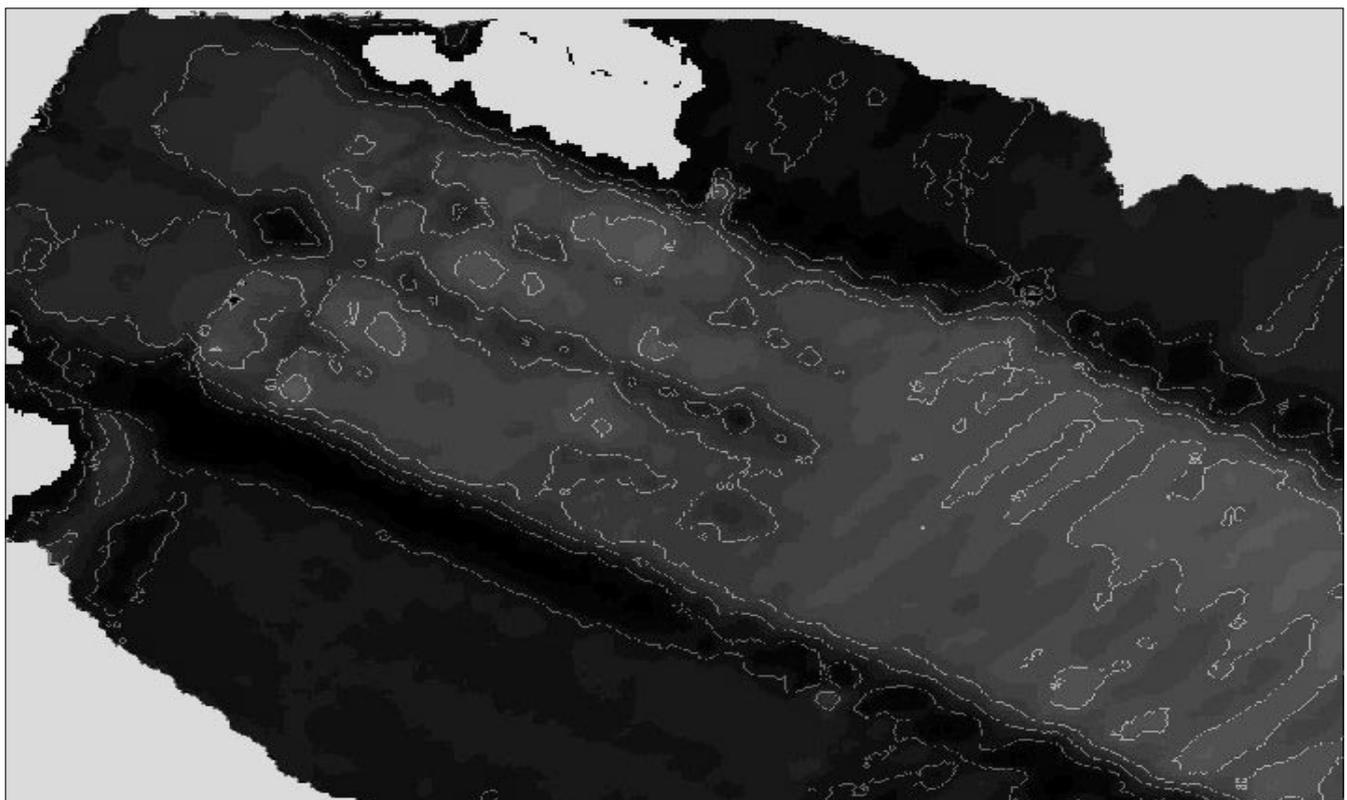


Abbildung 5: Karte des Zuwachses von Maispflanzen am Versuchsfeld mit vermuteten Flächenvariabilitäten. Eine rechnergesteuerte Dreh- und Neigeeinheit ermöglicht zusätzlich das automatische punktweise Abtasten ganzer Flächen oder Raumelemente.

digitale Hofkarten oder auch dreidimensionale Geländemodelle, doch sind noch eine Vielzahl ergänzender Informationen notwendig, um der im Hinblick auf eine Präzisionslandwirtschaft weiter zu ent-

wickelnden Technologie zum sinnvollen Einsatz auch in den kleineren und ökologisch orientierten Betrieben Mitteleuropas zu verhelfen. Die vorliegende Arbeit zeigt im Ansatz die Perspektiven

einer logischen Verknüpfung einer neuen Sensortechnologie, eines Standortmodells mit geographischen und analytischen Daten und von entsprechenden Feldversuchen auf, die gerade für das

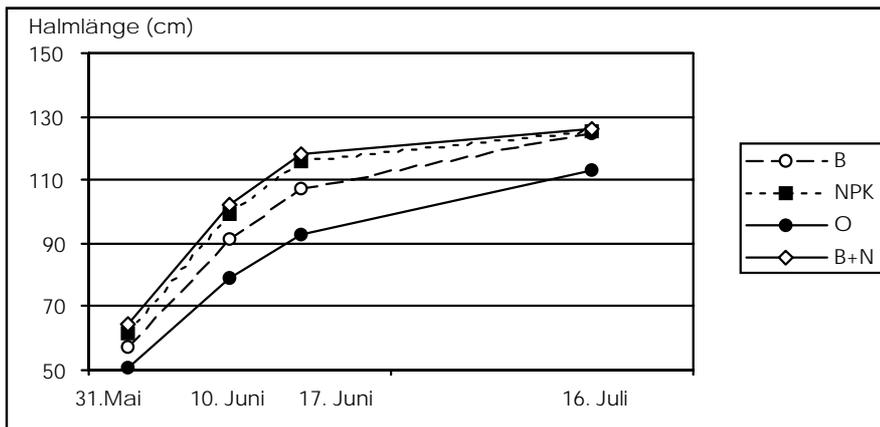


Abbildung 6: Halmhöhen von Hafer in einem Fruchtfolge-Düngungsversuch mit Biotonnenkompost („B“) mit Kompostdüngung von 26 t/ha, mit mineralischer NPK-Düngung (59/23/79 kg/ha; „NPK“), einer Variante mit kombinierter Düngung (26 t/ha Kompost + 36/0/0 kg/ha NPK-Düngung; „B+N“) und einer ungedüngten Kontrolle („O“). Angegeben ist die Düngergabe im Durchschnitt von 7 Versuchsjahren. Nähere Angaben zur Versuchsanlage bei HARTL (1996).

Prozessverständnis in einer ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft von hoher Bedeutung sein können (WENZL und HARTL 1999).

3. Literatur

- BILL, R., 2000: Geodaten schaffen den Raumbezug im Precision Farming. Agrarwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz 18059, Universität Rostock
- BOARD ON AGRICULTURE OF NATIONAL RESEARCH COUNCIL U.S.A., 1997: Precision Agriculture in the 21st Century, Committee on assessing crop yield: Site specific farming, information systems and research opportunities, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington D.C. 1997
- BUFFET, D. et al., 2000: Adaption of the European Crop Growth Monitoring System to the Belgian Conditions. Centre de Recherche Agronomique (CRA) Rue de Liroux 9, B-5030 Gembloux, Belgium
- FACHBEREICH 8 b, 2000: Fernerkundliches Umweltmonitoring, SFB 522 Umwelt und Region, B8 Universität Trier, persönliche Mitteilung
- FRANKO, U., 1997: Modellierung des Umsatzes der organischen Bodensubstanz, Archives of Agronomy and Soil Science, Vol 41, 6
- HARTL, W., 1996: Ergebnisse aus Anwendungsversuchen mit Biotonnenkompost der Stadt Wien. S. 175-183, in: Beiträge zur Kompostgütesicherung in Österreich. Österreichischer Kompostgüteverband und Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.), Wien
- HARTL W. und E. ERHART, 1999: Research programme on optimizing compost use. pp. 227-228 in: Federal Ministry for the Environment, Youth and Family Affairs (ed.): Report: EU-Symposium Compost - Quality approach in the European Union, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien
- HARTL, W. und W. WENZL, 1997: Möglichkeiten zur Reduzierung von Nährstoffbilanzüberschüssen in der Landwirtschaft durch Berücksichtigung wirksamer organischer Substanzen (WOS) im Boden. VDLUFA Kongressband Leipzig, 1997 (Erscheinung 1998)
- HERRMANN, S., 1995: Quantifizierung von Nährstoffeinträgen in Kleinstrukturen einer Löß-Agrarlandschaft, Europäische Hochschulschriften, Reihe XLII Ökologie, Umwelt, Landespflege Bd. 20, Peter Lang, Frankfurt
- HEYN, J., N. CLAASSEN, H. ECKERT, D. von KNORRE, 2000: Nachhaltige Landwirtschaft - Anforderungen und Kriterien aus ökologischer Sicht, Schriftenreihe 55/2000/1 VDLUFA-KONGRESS in Stuttgart-Hohenheim
- HOLLING, C.S., D.W. SCHINDLER, B.W. WALKER and J. ROUGHGARDEN, 1994: Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis. In: C. Perrings, K.G. Mäler, C. Folke, C.S. Holling and B.O. Janssen (eds.) Biodiversity Loss: ecological and Economic Issues. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- HÄUSLER, A., P. RODE und C. PAUL, 2000: Untersuchung frischer Futterpflanzen auf einem Grünfüttervollernter mit dem NIRS-Diodenarraysystem ZEISS CORONA, 112 VDLUFA-KONGRESS in Stuttgart-Hohenheim
- HUSZ, G., 2000: persönliche Mitteilungen, ÖKODATEN-SERVICE, Wien, Budinskygasse 18
- ISERMANN, K. und R. ISERMANN, 2001: Nachhaltige Konsumation und Produktion aus der Sicht der Ernährung vor dem Hintergrund der Wende in der Agrar-, Ernährungs- und Umweltpolitik von Deutschland und der EU als Beitrag auch für den nachhaltigen Bodenschutz, Büro für Nachhaltige Land(wirtschaft) und Agrikultur (BNLA) Heinrich-von-Kleist-Straße 4, D-67374 Hanhofen) Bericht über die 9. Lysimetertagung 2001, Gumpenstein
- JARMER, T. und B. SCHÜTT, 1998: Analysis of Iron Contents in Carbonate Bedrock by Spectroradiometric Detection Based on Experimentally Designed Substrates, 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, RSL, Remote Sensing Laboratories, University of Zurich, Switzerland 10/1998
- JEDICKE, O. und W. BECKER, 2000: CRAFT-PROJEKT BIONIRS: NIR-Measurement-Technology of N-Organic-Concentration in Agricultural Soils, Institut für chemische Technologie (ICT) der Deutschen Fraunhofergesellschaft, Karlsruhe
- MAYER, W., 2000: persönliche Mitteilung, Fa. PROGIS A- 9500 Villach, Postgasse 6
- NEUNTEUFEL, M. G., 1998: Ökologie und Ökonomie, Die Bodenkultur, 49. Band/2/7/1998
- PAUL, C. und M. RODE, 1999: NIRS - Diodenarray auf landwirtschaftlichen Erntemaschinen. Optische Innovation in der qualitätsorientierten Pflanzenproduktion, Institut für Grünland- und Futterpflanzenforschung Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig
- SCHRÖDER, D., M. QUIRIN, C. EMMERLING und K. ISERMANN, 2000: Nachhaltiges Nährstoffmanagement durch Beachtung von Bodengehalten, Nährstoffbilanzen und Nährstoffkreisläufen 112, VDLUFA-KONGRESS in Stuttgart-Hohenheim
- SÜNKEL, H. und N. BARTELME, 2000: GIS Vortragsveranstaltung Rottenmann: Working group precision farming, ad hoc meeting 17-10-2000 Uni Rottenmann
- SCHARDT, M., 2000: Einsatzmöglichkeiten von Laserscannerdaten für die Forstinventur. Proceedings of the III. International Symposium „Die Applikationen der Fernerkundung in der Forstwirtschaft“, 12.-14. September, Technische Universität in Zvolen, 2000, Slowakei
- SCHOTT, W., 2001: Der Einfluss von Kompostdüngung auf Pflanzeninhaltsstoffe. Dissertation Universität Wien, in Vorbereitung.
- SCHULZE-WOLF, T., 1999: Geographische Informationssysteme - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen, Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 91, Heft 1
- TAO, C., 1998: Towards Sensor International Workshop on URBAN Multi-Media/3D Mapping (UM 3'98). Pp 97-104
- URBAN, H., 2000: Persönliche Mitteilungen, Interner Forschungsbericht 2000 der Forschungsstelle Rottenmann der Joanneum Research G.m.b.H, Graz
- WENZL, W., 1996: Analyse wasserlöslicher organischer Substanzen (WOS) mittels Naher-Infrarotspektroskopie (NIRS), Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, S 79-84
- WENZL, W., 1996: Qualitätsbestimmung von Kompost mittels NIR-Analyse. VDLUFA Schriftenreihe 44, S 449-452, Kongressband Trier
- WENZL, W., 1997: Bestimmung der Speicherung wasserlöslicher organischer Substanzen (WOS) und der N-Nachlieferung des Bodens als wesentlicher Faktor für Düngeempfehlungen auf der Grundlage von Nährstoffbilanzierungen. Berichtreihe des UBA Bd. 20 (Conference Paper Vol.: 20) zur Tagung „Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft - ein Instrument für den Umweltschutz?“
- WENZL, W. und W. HARTL, 1999: Pflanzenernährung mit organischem Stickstoff, ERNTE, Zeitschrift für Ökologie und Landwirtschaft, Linz 4/1999
- WODSAK, H.P. und W. WERNER, 1991: Eignung organischer N-Fractionen zur Kennzeichnung des N-Nachlieferungspotentials von Böden. Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch., 66, II, 1051-105
- ZELLOT, R., 2000: Digitale Hofkarte wichtige Bauernhilfe: Kärntner GeoBauern weiter auf Erfolgskurs, Der Freie Bauer 1/2001 und persönliche Mitteilung zum Projekt Geobauer Kärnten, 9500 Villach