

# Pflanzenernährung zwischen Himmel und Erde

**Standortpotenzial besser ausschöpfen**



*Aus den erfassten Multispektraldaten und einem bio-indikativen Modell entsteht eine abgeleitete Karte der Biomassenbildung von Winterweizenfeldern.*

zelschlägen und jahreswitterungsabhängig. Die Produktivität der jetzigen Landbewirtschaftung wird im wesentlichen durch Stickstoff und Wasser festgelegt. Ein Ziel der teilflächenspezifischen Bestandesführung liegt in der standort- und jahreswitterungsangepassten N-Düngung der Pflanzen und nicht in einer Angleichung der natürlichen Ertragsvariabilität.

*Was passiert in der Forschung bei Precision Farming? Das dlz agrarmagazin hat exemplarisch am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München nachgefragt. Professor Urs Schmidhalter, Dr. Thomas Selige, Freising-Weihenstephan, und Dr. Carsten Sperl, Attenkirchen, geben Auskunft.*

**D**ie Forschungsaktivitäten des Lehrstuhls für Pflanzenernährung in Freising-Weihenstephan konzentrieren sich auf die Entwicklung standortangepasster Managementstrategien. Die Hypothese wird überprüft, ob durch eine teilflächenspezifische Produktionstechnik die Bewirtschaftung entsprechend der

vorliegenden Heterogenität ökonomisch und ökologisch optimiert werden kann.

Aus methodischen Entwicklungen zur vereinfachten Erkennung der Heterogenität von Böden und Pflanzen leitet sich die Entwicklung von Managementsystemen zur optimierten teilflächenspezifischen Bewirtschaftung ab. Hauptzielrichtungen stellen die Erkennung des Standortpotenzials sowie des Ist-Zustandes der Pflanzen mittels optischer und geophysikalischer Sensoren dar. Die Berücksichtigung des Standortpotenzials ermöglicht einen teilflächenspezifisch optimierten Einsatz der Saat- und Pflanzstärke, der Düngung sowie anderer Hilfsstoffe.

## Stickstoff und Wasser bestimmen Produktivität

Wachstum und Ertrag von Kulturpflanzen variieren innerhalb von Ein-

## Optimierung von Managementstrategien

Bisherige Düngestrategien sind in der Regel auf eine gleichmäßige Verteilung von Nährstoffen angelegt. Die Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Ertragsbildung wie von Bodennährstoffkarten führt zur Empfehlung, die Verteilung vermehrt teilflächenspezifisch durchzuführen. Zur Zeit ist ein Mangel an Strategien vorhanden, wie mit der Erkenntnis der räumlichen Variabilität umgegangen werden kann. Es stellt sich auch die Frage, bei welchen Nährstoffen ein teilflächenspezifisches Management vermehrt angebracht wäre. Dieses kann nicht unbeschadet vom Aufwand betrachtet werden. Bei den weniger mobilen Nährstoffen scheint in Mitteleuropa im Gegensatz zu Stickstoff ein weniger interessantes Potenzial vorhanden zu sein.



## Stickstoff und Wasser im Brennpunkt des Interesses

Der Aufwand mit Bodenanalysen ist beträchtlich. Es muss vermehrt darüber nachgedacht werden, wie vereinfachte Beprobungsstrategien eingesetzt werden können. Bei Nährstoffen wie P und K, deren Gehalte sich bei mittelfristiger Betrachtung (5 bis 15 Jahre) relativ wenig ändern, drängt es sich auf, abzuklären, wie häufig eine Beprobung bei vorhandener Hoftorbilanz durchgeführt werden muss. Ein vielversprechender Ansatz könnten gezielte Beprobungen darstellen. Gezieltes Beprobieren bezieht sich auf eine einfache Technik, die versucht, frühere Erkenntnisse über die Bodenvariabilität in das Beprobungsdesign einzubeziehen, oder die Probenverteilung und Intensität der Beprobung mit bekannten Bodeneigenschaften übereinzustimmen. Der Lehrstuhl beschäftigt sich damit, Techniken zu entwickeln, die mit deutlich reduziertem Aufwand brauchbare Aussagen über die Verteilung wichtiger Nährstoffe erlauben. Aufgrund der deutlich höheren Wichtigkeit des Stickstoffs im Vergleich zu anderen Nährstoffen beschäftigt sich der Lehrstuhl vor allem mit Aspekten einer optimierten N-Düngung, wobei besonders die Fragen des Boden- und

Pflanzenwasserhaushalts im Vordergrund stehen. Wir untersuchen, ob mit einfachen Methoden beispielsweise der Bodenwasserstatus erfasst werden kann und ob diese Kenntnisse zu einer Optimierung der Stickstoffdüngung beitragen.

## Wirtschaftsdüngereinsatz optimieren

Technisch lässt sich der Einsatz von mineralischen Düngern viel einfacher steuern als der Einsatz von Wirtschaftsdüngern. Die letzteren werden in ihrer Bedeutung oft unterschätzt. Fast die Hälfte des Nährstoffeinsatzes erfolgt über Wirtschaftsdünger. Im Grunde genommen sollte viel mehr Energie in die Optimierung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern fließen. Während bei mineralischen Düngern die Inputmengen genau bekannt sind, stehen bei Hofdüngern meistens nur sehr ungefähre Angaben ihrer nährstoffmäßigen Zusammensetzung zur Verfügung. Dies betrifft vor allem auch die Gülle. Zur Optimierung des Einsatzes von Gülle entwickelt der Lehrstuhl zur Zeit eine einfache Technik, die es gestattet, die Nährstoffe, vor allem den leicht verfügbaren Stickstoff, direkt im Gülletank zu bestimmen.

## Forschungsverbund bei Precision Farming

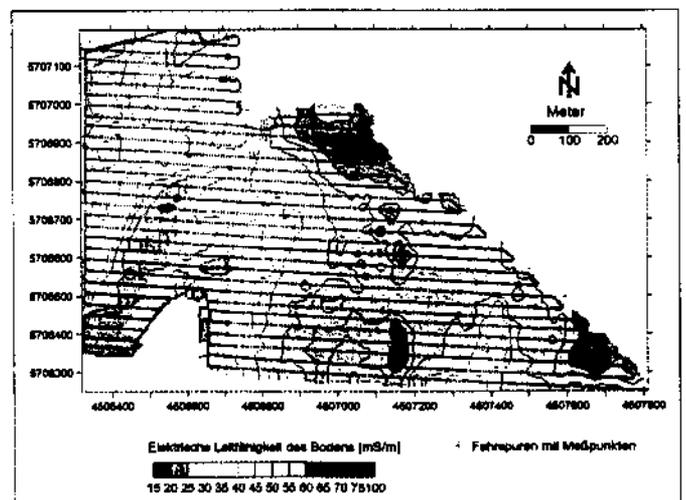
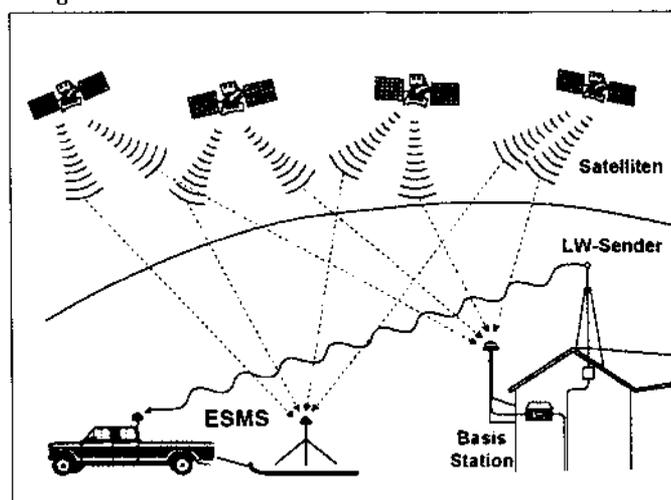
Der Lehrstuhl für Pflanzenernährung ist in drei Verbundvorhaben zu Precision Farming eingebunden. Im Rahmen der von der DFG geförderten Forschergruppe Informationssysteme Kleinräumige Bestandesführung (<http://ikb.weihenstephan.de>) werden Sensorensysteme zur Erfassung des Wasserstatus von Pflanzen und Boden ent-

wickelt, die mit einem Stickstoffsensoren gekoppelt werden. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsverbundes für Agrarökosysteme München (FAM, <http://fam.weihenstephan.de>) wird der teilflächenspezifische Wasserhaushalt untersucht. In einem Großflächenexperiment wird die Nitratauswaschung bei differenzierter teilflächenspezifischer N-Düngung und variiert Saatzstärke untersucht. In beiden Vorhaben werden verschiedene Managementsysteme bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung getestet. In einem vom BMBF geförderten Vorhaben Managementsystem ortsspezifischer Pflanzenbau (<http://www.agr.uni-rostock.de/precision1>) werden fernerkundliche und geophysikalische Untersuchungsmethoden eingesetzt und deren Einsatz beurteilt.

## Fernerkundung von Standortpotenzialen

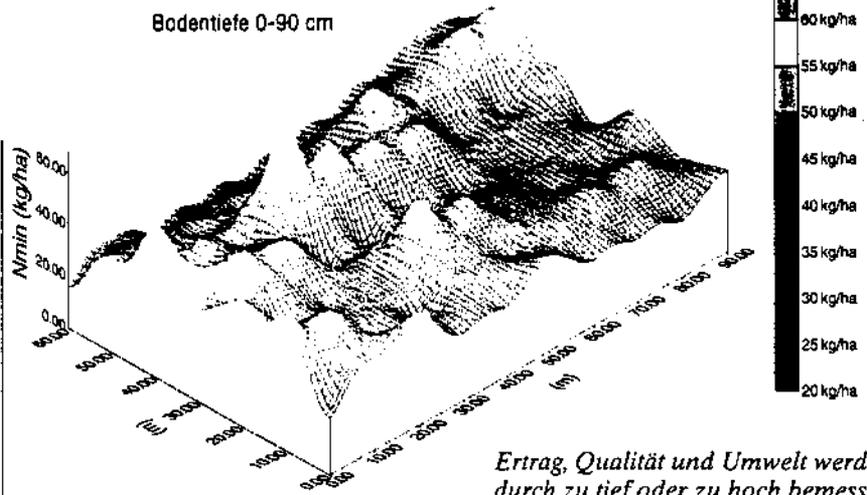
Fernerkundung wird am Lehrstuhl zur großräumigen Erfassung der schlaginternen Heterogenität landwirtschaftlicher Flächen eingesetzt. Hierzu werden optoelektronische Multispektral-Sensoren verwendet, die hauptsächlich vom Flugzeug aus betrieben werden. Zusammengearbeitet wird vor allem mit dem Institut für Optoelektronik des Deutschen Forschungszentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Diese Sensoren erfassen das

Die Erstellung von Bodenkarten mit dem ESMS (Electromagnetic Soil Mapping System) erfolgt über eine georeferenzierte Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (EC) mit einem geophysikalischen Induktionsverfahren. Zur Bestimmung der Ortskoordinaten wird ein DGPS (Differential Global Positioning System) mit einem Langwellen (LW)-Korrektursignal verwendet.



Die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens auf einem 89 ha großen Schlag ergibt sich aus der variierenden Mächtigkeit einer elektrisch gut leitfähigen, schluffig-tonigen Deckschicht über einem geringer leitfähigen, sandigeren Material des Unterbodens. Rote Bereiche bedeuten geringe Mächtigkeiten.

Bodentiefe 0-90 cm



von der Bodenoberfläche und von den Pflanzenbeständen reflektierte Sonnenlicht, zerlegen es in seine Spektralfarben und speichern diese Spektraldaten in getrennten Bildern. Die Multispektral-Bilder werden mittels digitaler Bildanalyse ausgewertet.

Ziel der Forschungsaktivitäten ist ein Verfahren zur Ableitung von Bodeneigenschaften und Standortpotenzialen. Fernerkundungssensoren erfassen die Unterschiede der Bodenoberfläche und der Pflanzenbestände landwirtschaftlicher Flächen. Da sie nicht in den Boden hineinsehen können, sind zur Ableitung von funktionalen Bodeneigenschaften die Zusammenhänge zwischen Pflanzenwachstum und Bodenmerkmalen zu analysieren. Wesentliche Forschungsaufgabe ist es, das System Boden-Pflanze zu untersuchen und ein Modell zu entwickeln, das auf den bioindikativen Eigenschaften des Pflanzenaufwuchses aufbaut und Bodeneigenschaften aus Fernerkundungsdaten ableiten kann.

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich bei vielen Kulturpflanzenarten zu bestimmten Terminen die Bodeneigenschaften im Zustand des Pflanzenaufwuchses widerspiegeln. Die Heterogenität in den Pflanzenbeständen bildet dann die Heterogenität der Bodeneigenschaften ab.

Mit einem solchen bioindikativen Modell sollen N-Entzug, pflanzenverfügbares Bodenwasser und Ertragspotenzial quantifiziert werden. Diese Ergebnisse fließen dann in Applikationskarten zur schlagdifferenzierenden N-Düngung, Aussaat und Bewässerung ein. Diese wiederum sind in Kombination mit ESMS-Karten und Referenzdaten von Monitoringparzellen in Managementsysteme zur standortspezifischen und teilschlagbezogenen Bewirtschaftung eingebunden.

## Mit Geophysik Unterschiede erkennen

Zur Durchführung eines gezielten und effektiven Beprobungsschemas müssen vorab Informationen über die Bodenvariabilität vorliegen, die es erlauben, die Probenverteilung und die Intensität der Beprobung festzulegen. Möglichkeiten an solche Informationen zu gelangen, bieten geophysikalische Methoden, wie sie im Rahmen des FAM am Lehrstuhl für Bodenkunde entwickelt und getestet wurden und von der Firma Soil Invest angeboten werden. So z. B. ein elektromagnetisches System zur Kartierung von Böden (Electromagnetic Soil Mapping

System, ESMS), das sich die Fähigkeit von Böden zunutze macht, elektrische Ströme zu leiten.

Obwohl diese Fähigkeit des Bodens im Vergleich zu Metallen nur schwach ausgeprägt ist, zeigt sich, dass die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (Electrical Conductivity, EC) eine sinnvolle Methode zur Erfassung von Bodenunterschieden ist. Die EC des Bodens hängt vom Ton- und Wassergehalt, der elektrischen Leitfähigkeit der Bodenlösung und der Lagerungsdichte des Bodens ab. Also alles Eigenschaften, die die Ertragsfähigkeit eines Ackerstandortes beeinflussen.

Das ESMS basiert auf einer georeferenzierten Messung der EC und einer Kalibrierung der Messwerte. Die Ermittlung der Ortskoordinaten an den Messpunkten erfolgt mittels DGPS.

Zur Durchführung der Messung wird der Messsensor auf einem PVC-Schlitten befestigt und von einem Geländefahrzeug über das Feld gezogen. Der Fahrspurabstand richtet sich dabei nach der räumlichen Variabilität der EC auf dem Schlag und den Fragestellungen, die mit der Messung verbunden sind. Häufig reicht jedoch Befahrung in den Fahrgassen aus, um ein ausreichend detailliertes Bild von den Bodenunterschieden zu bekommen.

Da der Schlitten inklusive Sensor nur etwa 40 kg wiegt, erfolgt die Messung schnell und zerstörungsfrei. Selbst Bestandeshöhen im Getreide bis etwa 30 cm sind möglich. Aufgrund des geringen Gewichts und der kontaktlosen Messweise des Sensors sind mit dem ESMS Fahrgeschwindigkeiten bis zu 25 km/h erreichbar, also Tagesleistungen von 150 Hektar und mehr.

Die mit dem ESMS gemessenen Unterschiede der EC, gemittelt über 1 m Bodentiefe, werden zunächst als Karte dargestellt. Danach erfolgt eine Bewertung, um die Bereiche mit hoher und niedriger Leitfähigkeit beurteilen zu können. Dies ist wichtig, da die elektrische Leitfähigkeit von verschiedenen Bodenparametern abhängt. Bei Untersuchungen auf anderen

*Ertrag, Qualität und Umwelt werden durch zu tief oder zu hoch bemessene Stickstoffgaben viel nachhaltiger beeinflusst als durch die P- und K-Düngung.  $N_{min}$ -Untersuchungen zeigen die große Variabilität des mineralischen Stickstoffs im Boden auf, sind aber mit einem hohen Aufwand verbunden und flächenmäßig begrenzt. Verbesserungen im Stickstoffmanagement lassen sich durch eine Berücksichtigung des teilflächenspezifischen Standortpotenzials erreichen.*

Standorten wurden häufig die räumlichen Unterschiede im Tongehalt des Bodens als entscheidender Einflussfaktor auf die EC identifiziert. In solchen Fällen lassen sich über Kalibrierungen die EC-Karten in Karten des mittleren Tongehaltes übertragen. Das ESMS wurde auf verschiedenen Standorten in Deutschland auf rund 2000 ha eingesetzt und stellt ein wichtiges Werkzeug bei der flächenhaften Erfassung von Bodenunterschieden dar, deren Kenntnis die Grundlage für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung ist.

## Ausblick und Zusammenfassung

Der Lehrstuhl für Pflanzenernährung beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung von Methoden, unter anderem der Geophysik und der Fernerkundung, zum Erkennen von Standortpotenzialen, aber auch optischer Naherkundungsverfahren zur Erfassung des Wasserstatus der Pflanzen. Aus der Kenntnis dieser Größen können bessere Managementstrategien abgeleitet werden, etwa variable Saatstärken angepasst an die lokal wechselnden Standortbedingungen oder eine an das lokal variierende Wasserangebot angepasste N-Düngung. Der Lehrstuhl testet zu diesem Zweck verschiedene Strategien teilflächenspezifischer Bewirtschaftung und ermittelt die umweltrelevanten Vorteile des teilflächenspezifischen Managements.(gu/ww) **dlz**