

„Wir können nur das verbessern, was wir messen können!“

Praktiker, Konstrukteure und Wissenschaftler diskutierten in Köln über neue Wege bei der Datenerhebung und -auswertung für mehr Effizienz im Pflanzenbau. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Online-Bodensensorik.



© Carmen Rudolph

Mit diesem von Agricon entwickelten Fahrzeuganbau lassen sich während der Fahrt Bodenproben auf Ackerflächen nehmen.

Sensoren, die Parameter von Ackerböden in Echtzeit, also während der Überfahrt, bereitstellen, werden immer mal wieder angekündigt. Bisher hat jedoch auf diesem Gebiet keine Technologie den Durchbruch in die Praxis geschafft. Das Interesse an solchen Systemen ist jedoch anhaltend groß. Eine zuverlässige und robuste Bodensensorik gilt bei Pflanzenbauexperten und Landtechnikherstellern als unentbehrliches Werkzeug bei der Entwicklung moderner Anbaumethoden.

Dass sich hier mit dem technologischen Fortschritt, insbesondere bei der schnellen Verarbeitung großer Datenmengen, den Konstrukteuren mittlerweile größere Freiräume eröffnen, zeigt die kameragestützte Saatbettbereitung von Pöttinger, die im Vorfeld der Agritechnica 2017 mit einer Silbermedaille ausgezeichnet wurde. In der Kreiselegge vergleicht eine Kamera mit Bildauswertung die vom Fahrer als Sollwert eingestellte Oberflächenrauigkeit mit der vom Gerät erzielten und übergibt die daraus abgeleiteten Informationen an ein Implement-ECU. Um die geforderte Oberflächenstruktur zu erzielen, regelt das Gerät nun automatisch die Fahrgeschwindigkeit des Traktors und die Zapfwelldrehzahl der Kreiselegge („closed-loop control“), was auch bei heterogenen Bodenverhältnissen zu einem gleichmäßigen Saatbett führt.

Ergebnisse des SeBiMo Innovationsforums vorgestellt

Diese Innovation war auch Gesprächsthema auf einer Tagung am 12. und 13. September am Institut für Bau- und Landmaschinentechnik (IBL) der TH Köln. Die Veranstaltung mit rund 100 Teilnehmern aus dem gesamten Bundesgebiet bildete den Abschluss des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Innovationsforums „Sensorbasiertes Biosphärenmonitoring – SeBiMo“. Erklärtes Ziel der Initiative war es, technologische Lösungsansätze für eine effektive und leicht handhabbare Boden- und Pflanzensensorik zu finden, deren Aussagen dem Landwirt oder – wie an der prämierten Kreiselegge – Aktoren an einem Maschinensystem in Echtzeit zur Verfügung stehen.

Seit Januar 2017 hatten sich Sensorik-Spezialisten aus etwa 40 Unternehmen, Agrarbetrieben und Forschungseinrichtungen mit diesem Thema auseinandergesetzt. Über die Ergebnisse der dabei unter Federführung der Doppelacker GmbH, der TU Dresden und der HTW Dresden erstellten Studien sowie der drei Anwenderworkshops informierte Prof. Thomas Herlitzius, Inhaber des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik an der TU Dresden. Dabei stellte er die pflanzenbaulichen Anforderungen an eine detaillierte Bodenraumerkundung den technologischen Möglichkeiten der Biosphärensensorik gegenüber. Jedoch ermöglichten erst die Einbeziehung der Parameter von Pflanzen, die mit Bestandshöhe, Besatz an Unkräutern, Wassergehalt oder Nährstoffversorgung quasi als lebende Bodensensoren fungieren, eine ganzheitliche Beurteilung.

Mikrowellen und rollender Bodenscanner

In weiteren Vorträgen und Diskussionsbeiträgen an den beiden Veranstaltungstagen beleuchteten die Referenten verschiedene spezielle Aspekte des Biosphärenmonitorings. Christoph Statz aus dem Bereich Hochfrequenztechnik der TU Dresden erläuterte den derzeitigen Stand sowie Perspektiven der mikrowellenbasierten Erfassung von Bodenparametern. Eine große Hürde ist bei diesem Messverfahren, zum Beispiel für die Online-Erfassung der Bodenfeuchte, die Sensorkalibrierung und das Herausfiltern relevanter Informationen aus dem typischerweise stark verrauschten Signal.

Sensorkugeln senden aus der Ackerfurche

Einen ganz anderen Lösungsansatz brachte Prof. Rolf Kraemer vom Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder) ins Gespräch. Er informierte über tischtennisballgroße Sensorkugeln, die an der Forschungseinrichtung entwickelt wurden. In ihnen befinden sich neben den Messfühlern integrierte Schaltkreise mit einer hohen Rechenleistung. Gleichzeitig seien die Sensorkugeln so robust, dass sie zum Beispiel in das Substrat von Bioreaktoren gemischt werden können und von dort ihre Messwerte an einen außen liegenden Empfänger senden. Kraemer schlug vor, solche Kugeln für die Landwirtschaft zu modifizieren und auf dem Feld zu verteilen. Dort bauen sie dann selbstorganisierend untereinander ein Netzwerk oder eine Verbindung zu einer Datencloud auf. Damit die Batterien in den Kugeln lange halten, verharren sie im Stromsparmodes, bis sie durch das Aufwecksignal einer nahenden Maschine oder einer über dem Feld fliegenden Drohne geweckt werden, um ihre ortsspezifischen Messungen verschiedener Bodenparameter zu übermitteln. Danach „schlafen“ sie wieder ein.



Podiumsdiskussion am



Teilnehmer aus dem ge...

Bewertungskriterien für die Bodenparameter														
Bewertung Nutzen-potenzial (0-5) ¹	ph-Wert	Bodenfeuchte	nutzbare Feldkapazität	Grundnährstoffe	Durchwurzelbarkeit	Dichte Unterboden	Gefügeschäden Oberboden	Bodenart	Bodenmächtigkeit	Kationen-austausch-kapazität	Humusgehalt/ Gehalt organische Substanz	linienartige künstliche Strukturen		
Zyklus der Ermittlung	alle 4 Jahre	4-6 mal pro Jahr	1 mal	alle 4 Jahre	alle 3 Jahre		4-6 mal pro Jahr	1 mal	1 mal		alle 8 Jahre	1 mal & alle 20 Jahre		
Endanwender Dienstleister	3	5	5	4	4	siehe Durchwurzelbarkeit	5	5	5	siehe Bodenart	4	4		
Inline	5	4	4	5	3		4	5	5		4	4		
Offline	0	3	0	4	5		4	0	0		0	0		
Wirkung Ertrag/Qualität	4	4	5	5	4		1	5	5		5	5		
Marketing, (Gesellschafts) Akzeptanz	4	4	5	4	4		4	5	5		4	5		
Effizienz Betriebsmittel-einsatz	3	3	1	4	4		4	1	1		4	3		
Entwicklungs-potenzial Sensorik ²	4	3	5	5	2		3	5	5		3	4		
	27	30	29	33	29			26	30		29		28	28

¹ Spanne: von 0 (kein Nutzen) bis 5 (sehr hoher Nutzen) ² Die Zahlen in dieser Zeile sind nicht die Summe der jeweiligen Spalte, sondern Scoring-Werte, in die auch Bewertungen aus den SeBiMo-Workshops eingeflossen sind. Quelle: Innovationsforum „Sensorbasiertes Biosphärenmonitoring - SeBiMo“ Schmidtke/Herfiziuz

Sensortypen und deren ableitbare Parameter								
	Dichte des Bodens	Bodenfeuchte	Humusgehalt	Nährstoffgehalt	ph-Wert	Salzgehalt	Kationen-austauschkapazität	Bodenart
elektrisch & elektromagnetisch		X	X	X (Nitrat, Gesamt-N)		X	X	X
optisch & radiometrisch		X	X	X (Nitrat, Gesamt-N)	X		X	X
mechanisch	X							
akustisch & pneumatisch	X							X
elektrochemisch				X (Nitrat, Gesamt-N, K, ...)	X	X		

Quelle: Innovationsforum „Sensorbasiertes Biosphärenmonitoring - SeBiMo“ Schmidtke/Herfiziuz

Relevante Bodenparameter und ihre Bedeutung bei der Erhöhung der Effizienz des Pflanzenbaus sind in der Tabelle „Bewertungskriterien für die Bodenparameter“ in der oben stehenden Tabelle zusammengefasst. Ein Novum dürfte hier die Aufnahme des Kriteriums „Marketing, Akzeptanz“ sein. Doch Aussagen über den Gesundheitszustand des Ackerbodens, wie er sich etwa im Humusgehalt widerspiegelt, gewinnen nach Ansicht der SeBiMo-Teilnehmer bei der Verbesserung des Images der Landwirtschaft an Bedeutung. Die Zahlen in der Zeile „Entwicklungspotenzial“ sind Scoring-Werte, in die auch Bewertungen aus den SeBiMo-Workshops eingeflossen sind. Von den verfügbaren Sensorik-Technologien bieten elektromagnetische und optische Verfahren das breiteste Anwendungsspektrum (siehe Tabelle). Um den Umfang der bestimmbar Parameter zu erhöhen, empfiehlt Herlitzius, verschiedene Sensorsysteme miteinander zu kombinieren.



Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer,
Leibniz-Institut für innovative
Mikroelektronik, Frankfurt
(Oder): „Sensorikugeln könnten
ortsspezifische Bodenparame-
ter an die Maschine senden.“



Prof. Dr.-Ing. Till Meinel,
TH Köln: „Die Saatgutablage
entlang des Feuchtebereichs
im Boden ermöglicht den Kul-
turen einen optimalen Start.“



Dr. Hans-Heinrich Voßhenrich:
„Sensorik für die Ermittlung
der Bodenbearbeitbarkeit
fehlt.“

Dr. Martin Schneider von der Agri Con GmbH brachte die Sichtweise eines Dienstleisters ein. Das europaweit aktive Unternehmen betreut mehr als 2000 Betriebe und hat über 800 Sensoren zum Einsatz gebracht, hauptsächlich für die Stickstoffdüngung nach Pflanzenbedarf. Während heute Systeme zum teilflächenspezifischen Management der Bodenfruchtbarkeit – basierend auf dem Bodennährstoffgehalt – verfügbar sind, stehen als nächste Aufgaben im digitalen Pflanzenbau nach Einschätzung von Schneider eine höhere Auflösung der Informationserfassung sowie die kleinräumige und kostengünstige Bestimmung weiterer, die Bodenfruchtbarkeit beeinflussender Faktoren auf der Agenda.

Die Anforderungen an das Bodenmonitoring aus dem Blickwinkel der Melioration thematisierte Mario Hehne von Apus Systems Dresden. Derzeit sichern Meliorationsanlagen in Deutschland auf ca. 25 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche den Ertrag. Drainageverlegepläne lägen aber oft nur in Form von Handzeichnungen vor und beinhalten keine exakten Lagekoordinaten. Das Wiederfinden und Instandhalten der Rohre und Sammelleitungen auf dem Feld ist so nur schwer oder gar nicht möglich. Apus Systems hat sich auf die Drainagedetektion spezialisiert und nutzt dafür unter anderem die Luftbildanalyse.

Aufbau und Anwendungsbeispiele des Geophilus Bodenprofilscanners stellte Dr. Jörg Rühlmann vom Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt vor. Zwölf paarweise hintereinander angeordnete Metallscheiben werden dabei als rollende Elektroden genutzt. Ein Paar dient zur Einspeisung des elektrischen Stromes in den Boden. Die anderen fünf Paare messen die elektrische Spannung in unterschiedlichen Bodenschichten. Aus den gemessenen elektrischen Werten und den aufgezeichneten Reflexionen einer zusätzlich auf dem Gerät installierten Gammasonde lassen sich zusammen mit den gleichzeitig erfassten GPS-Daten hoch aufgelöste dreidimensionale Bodenkarten erstellen.



Prof. Dr. agr. Wolfgang Kath-Petersen, TH Köln: „Wir planen eine Veranstaltungsreihe zum Thema Bodensensorik.“



Gottfried Giesen, Lemken GmbH & Co. KG: „Man kann nur verbessern, was man messen kann.“



Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Herlitzius, TU Dresden: „Durch die Kombination von Sensorensystemen lässt sich der Messumfang erweitern.“

Über ein Forschungsprojekt am IBL der TH Köln zur Bodenfeuchtemessung in Echtzeit mittels Impedanzspektroskopie berichtete Prof. Till Meinel. Eigentliches Ziel des Vorhabens ist die optimale Saatgutablage entsprechend dem Verlauf oder zumindest nahe der Schicht mit der höchsten Bodenfeuchtigkeit. Das bringe insbesondere für die Jugendentwicklung von Rüben und Mais einen entscheidenden Vorteil. In Laborversuchen konnten die Wissenschaftler nachweisen, dass sich die Impedanzspektroskopie gut für eine Online-Feuchtemessung im Boden eignet.

Detlev Dölger von der Hanse Agro-Beratung und Entwicklung GmbH zeigte den Nutzen von Beratung beim Einsatz von Sensortechnik in der Bodenbearbeitung auf und unterstrich insbesondere das notwendige Verschneiden von Off- und Online-Informationen, um komplexe Prozesse zu verstehen und daraus die richtigen Entscheidungen für die ackerbaulichen Arbeiten abzuleiten.

Einen Einblick in den Stand der Forschung bei der Bodensensorik und den Erkenntnistransfer in die Praxis gab Dr. Hans-Heinrich Voßhenrich vom Thünen-Institut Braunschweig. So sei eine satellitengestützte Bodenbearbeitung ohne den EM38-Bodenscanner heute nicht mehr aus der Landwirtschaft wegzudenken. Auch ein Messsystem zur Befahrbarkeit des Bodens ist schon keine Theorie mehr. Was fehlt, sei Sensorik zur Ermittlung der Bodenbearbeitbarkeit.

Potenziale zur Prozessoptimierung mittels adaptiver Bodenwerkzeuge stellte Tim Bögel von der TU Dresden vor. Veränderbare Werkzeuggeometrien, etwa am Grubber, ermöglichen eine Prozesssteuerung auf der Grundlage von in Echtzeit bereit gestellten Sensordaten zur Bodenbeschaffenheit.

Gottfried Giesen, Entwicklungschef beim Hersteller Lemken, sprach aus den Erfahrungen seiner mehr als 30-jährigen Konstrukteursarbeit zu Visionen und Strategien in der Bodenbearbeitung. Nach mechanischen Lösungen, dem Fokus auf Bestellverfahren sowie der systemtechnischen Optimierung und CO₂-Einsparung sei jetzt das Stadium von Datenmanagement, Automatisierung und Autonomisierung angebrochen. Er plädierte dafür, Sensorik und Aktorik zu nutzen, um die Arbeitsqualität zu messen, zu bewerten und zu steuern. Man könne nur das verbessern, was man messen kann. Als wichtige Kriterien für die Bewertung der Arbeitsergebnisse von Bodenbearbeitungsgeräten nennt er Einmischqualität, Einebnung, Rückverfestigung und Krümelung.

Die Wünsche und Vorstellungen des landwirtschaftlichen Praktikers brachte Landwirt Michael Graf aus Uedem auf den Punkt. Er fordert, den Einsatz von Sensorik strikt dem Nutzen für Boden und Ertrag unterzuordnen.

Den Dialog zum Biosphärenmonitoring unter den Aspekten von Produktivität und Nachhaltigkeit fortzuführen, die Erfahrungen im Netzwerk zu potenzieren und aus den gewonnenen Erkenntnissen weitere Entwicklungsaktivitäten abzuleiten, war denn auch ein wesentliches Fazit von Prof. Wolfgang Kath-Petersen vom gastgebenden IBL. Vorgesehen ist unter anderem aus dem Tagungsthema in Zusammenarbeit mit dem VDI-Bodenkolloquium eine Veranstaltungsreihe zu entwickeln.