

Bewertung unterschiedlicher Ansätze zur teilflächenspezifischen Düngung aus informationstechnischer und ökonomischer Sicht

Peter Wagner

Professur für landwirtschaftliche Betriebslehre
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
06099 Halle/Saale
peter.wagner@landw.uni-halle.de

Abstract: Die Ergebnisse elf verschiedener Praxisfeldversuche zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung mittels verschiedener Strategien werden vorgestellt. Die wirtschaftlichen Ergebnisse der jeweiligen Strategie sind umso besser, je mehr Informationen zur Entscheidungsfindung verarbeitet werden. Der Wert zusätzlicher Information kann dadurch mit Zahlen belegt werden.

1 Einleitung

Um die Akzeptanz von Precision Farming zu erhöhen, sind automatisierte Entscheidungsregeln notwendig, die möglichst wenig manuelle Eingriffe des Anwenders bedingen. Je besser diese Entscheidungsregeln, desto größer wird der ökonomische Erfolg der Anwendung ausfallen. Die Entwicklung solcher automatisierter Regeln steckt allerdings noch in den Kinderschuhen, obwohl Lowenberg-DeBoer bereits 1996 feststellte: “One of the key factors limiting adoption of precision farming technology is the lack of decision support. There is too much data to sort and analyze manually or mentally, and little software to automate the process. Someone needs to estimate the surface-generating production function (...) someone needs to develop the optimization algorithm that will apply that information to generating next season’s cropping strategy.” [Lo96]. In diesem Beitrag wird eine mögliche Problemlösung und deren ökonomisches Potenzial vorgestellt.

2 Material und Methoden

Zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung existieren verschiedene, teils noch in der Entwicklung befindliche Strategien (vgl. Tabelle 1): der Karten-Ansatz (Map), der Sensor-Ansatz (Sensor) und der Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung, hier auf Basis eines Neuronalen Netzes (Netz). Diese Strategien wurden in Feldversuchen in den Jahren 2005-2008 auf insgesamt elf Schlägen (Winterweizen) auf zwei verschiedenen Betrieben ($\sim 51^{\circ}40'N$, $12^{\circ}00'E$ und $\sim 51^{\circ}50'N$, $11^{\circ}55'E$) in Sachsen Anhalt verglichen. Die Versuche wurden im Streifendesign mit zwei (48m) oder drei (72m) Arbeitsbreiten ausgelegt.

Der Karten-Ansatz basiert auf historischen, georeferenzierten Karten, z.B. Bodenkarten, Leitfähigkeitskarten, Luftbildern oder Ertragskarten. Auf deren Basis werden „Managementzonen“ erstellt, die unterschiedlich gedüngt werden. Transparente Entscheidungsregeln zur Einteilung dieser Zonen, die darüber hinaus automatisiert ablaufen könnten, sind dem Autor nicht bekannt.

Der Sensor-Ansatz liefert automatisiert Entscheidungsregeln für die zweite und dritte N-Gabe. Bekannteste in der Praxis bereits eingeführte Systeme sind der YARA N-Sensor und das CROP-Meter. Nachvollziehbar dokumentierte Entscheidungsregeln werden in der Regel von den Herstellern der Sensorsysteme nicht veröffentlicht.

Der Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung befindet sich noch im Versuchsstadium, ist aber bereits seit vier Jahren im praktischen Einsatz. Im Vergleich zu den anderen beiden Strategien, berücksichtigt diese „Netz“-Strategie bei der Bewirtschaftungsentscheidung auf Teilflächenbasis die größte Informationsmenge. Dabei werden historische Erträge, Daten der elektrischen Bodenleitfähigkeitsmessung sowie Reflektionsdaten des Pflanzenbestandes („in-season“ Information) vor der zweiten und dritten Stickstoffgabe genutzt. Die Entscheidungsregeln werden erstellt Mithilfe von a) Ertragsprognosen auf Grundlage künstlicher neuronaler Netze und b) der Bestimmung der optimalen speziellen Intensität des Stickstoffeinsatzes unter *Berücksichtigung der Faktor- und Produktpreise*. Der allgemeine Ablauf ist in [WSW05] dokumentiert.

Ansatz	Heterogenitätsindikatoren	Generierung der Entscheidungsregeln	Quelle
“Map”	historische Ertragskarten, historische Fernerkundungsaufnahmen früherer Bestände	Aufteilung des Schlages in drei Ertragspotenzialzonen mittels “maximum likelihood classification”; keine Entscheidungsregeln	[DWR04]
“Sensor”	Reflexionsmessungen des Bestandes im Rot- und Nahinfrarotbereich	Nutzung des “red edge inflection point” um Status der N-Versorgung abzuleiten Über N-Steigerungsversuche beim Hersteller werden Düngermengen bestimmt	[LPR02]
“Netz”	Historische Ertragskarten und Düngemengen, Reflexionsmessungen des Bestandes im Rot- und Nahinfrarotbereich, elektrische Leitfähigkeitsdaten	1) Training eines Neuronalen Netzes (NN) mit den georeferenzierten Daten um Ertragspotenzial abzuleiten 2) Ertragsprognose durch das NN um die ökonomisch optimale Düngermenge zu bestimmen	[WS07] [WSW05]

Tabelle 1: Für die N-Düngungsversuche eingesetzten Strategien

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Feldversuche auf insgesamt 786 ha sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Das Ertragsniveau in den beiden Jahren 2006 und 2007 war unterdurchschnittlich für die Standorte. Dies ist auf die teilweise extreme Witterungen innerhalb der Vegetationsperiode zurückzuführen (Vorsommertrockenheit). Das Ertragsniveau 2008 war überdurchschnittlich. Festzuhalten bleibt, dass - bezogen auf die Stickstoffkosten freie Leistung - die Sensor- wie auch die Map-Strategie mal besser, mal schlechter abschnitt als die einheitliche, betriebsübliche Düngung, lediglich die Netz-Strategie war immer besser. Diese Strategie zeigt auch die mit Abstand beste N-Effizienz auf, es wurde eine dt

Ertrag mit Ø lich $2,1 \text{ kg N dt}^{-1}$ erzeugt; der „Sensor“ benötigte dazu $2,6 \text{ kg dt}^{-1}$, die Map-Strategie $3,0 \text{ kg N dt}^{-1}$. Die betriebsübliche Düngung erzeugte eine dt Ertrag mit $2,7 \text{ kg N dt}^{-1}$. Die Stickstoffkosten freie Leistung ist im Durchschnitt (immer im Vergleich zu betriebsüblich) bei der Sensor-Strategie um $1,70 \text{ € ha}^{-1}$ höher, bei der Map-Strategie um $16,80 \text{ € ha}^{-1}$ niedriger und bei der Netz-Strategie um $24,20 \text{ € ha}^{-1}$ höher.

Feldversuch	Strategie	Ø N-Menge kg/ha	Ertrag (Y) t/ha	N-Effizienz (kg N / t Y)	NKfL ^{a)} €/ha	Δ zu EDb ^{d)} €/ha ^{c)}
350_2005 (63 ha)	EDb ^{d)}	175	7,19	24,3	583,8	
	Sensor	182	7,45 ^{b)}	24,4	579,9	- 3,9
	Netz	148	7,56 ^{b)}	19,6	598,8	+ 15,0
432_2005 (93 ha)	EDb ^{d)}	180	7,63	23,6	664,0	
	Sensor	117	7,71 ^{b)}	15,2	698,0	+ 34,0
	Map	148	7,81 ^{b)}	19,0	681,0	+ 17,0
411_2006 (35 ha)	EDb ^{d)}	180	6,11	29,5	620,5	
	Sensor	164	5,75 ^{b)}	28,5	621,8	+ 1,3
	Map	200	5,69	35,1	562,0	- 58,5
330_2006 (72 ha)	EDb ^{d)}	170	5,83	29,2	567,6	
	Sensor	187	5,67	33,0	529,1	- 38,5
	Netz	142	5,99	23,7	592,8	+ 25,2
131_2006 (34 ha)	EDb ^{d)}	170	5,08	33,5	518,2	
	Netz	142	5,02 ^{b)}	28,3	533,4	+ 15,2
432_2007 (93 ha)	EDb ^{d)}	180	5,68	31,7	767,9	
	Sensor	158	5,71 ^{b)}	27,7	778,2	+ 10,3
	Map	162	5,39	30,1	732,8	- 35,1
631_2007 (113 ha)	EDb ^{d)}	180	4,60	39,1	605,9	
	Sensor	144	4,62 ^{b)}	31,2	622,7	+ 16,8
	Map	160	4,65 ^{b)}	34,4	615,2	+ 9,3
	Netz	136	4,70	28,9	651,9	+ 46,0
611_2007 (51 ha)	EDb ^{d)}	169	5,33	31,7	708,5	
	Sensor	164	5,20 ^{b)}	31,5	711,4	+ 2,9
	Netz	146	5,26 ^{b)}	27,8	720,5	+ 12,0
211_2007 (64 ha)	EDb ^{d)}	120	6,41	18,7	899,2	
	Netz	83	6,50	12,8	932,8	+ 33,6
610_2008 (110 ha)	EDb ^{d)}	175	9,69	18,1	1187,5	
	Sensor	147	9,46	15,5	1178,4	- 9,1
	Netz	135	9,70	13,9	1220,9	+ 32,4
631_2008 (58 ha)	EDb ^{d)}	176	8,90	19,8	1078,5	
	Netz	148	8,84	16,7	1092,7	+ 14,2

^{a)} NKfL: Stickstoffkosten freie Leistung
^{b)} keine signifikanten Unterschiede zwischen teilschlagspezifischer- und schlageinheitlicher Strategie feststellbar; zur Berechnung wurde Ertrag der schlageinheitlichen Strategie verwendet
^{c)} (+) Ergebnis besser als EDb; (-) Ergebnis schlechter als EDb
^{d)} EDb: Einheitliche Düngung, betriebsüblich

Tabelle 2: Ergebnisse der Feldversuche

Die Tabelle zeigt, dass eine - bisher noch nicht durchgeführte - statistische Überprüfung der Signifikanz der Ergebnisse kaum zu einem anderen Schluss kommen dürfte: Einzig der „Netz“ - Ansatz erwies sich in allen Versuchen und über alle Jahre immer als beste Strategie. Dennoch ist auf die begrenzte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Standorte und Witterungsbedingung hinzuweisen.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von vorhandenen Precision Farming Technologien nicht automatisch zu positiven ökonomischen Effekten führen muss. Es gilt ebenfalls zu beachten, dass die zusätzlichen Prozesskosten der Strategien, also die Kosten für Datenerfassung, Datenverarbeitung und differenzierte Maßnahmendurchführung, noch nicht mit berücksichtigt wurden.

Einen Hinweis auf die Bedeutung der Qualität der Entscheidungsregeln und deren Informationsbasis liefert die regelmäßige Überlegenheit der Ergebnisse der Strategie „Netz“. Im Vergleich zu den beiden anderen differenzierenden Strategien wird bei der Netz-Strategie beides, „in-season“ Informationen und Bodeninformationen (historische Erträge, Leitfähigkeitsmessung), berücksichtigt und damit die größte Menge an Information verarbeitet. Weiterhin wird bei der Ermittlung der Bewirtschaftungsempfehlung (Ermittlung der ökonomisch optimalen Düngermenge auf Basis der Ertragsprognose) das Produkt- und Faktorpreisniveau berücksichtigt.

Es bleibt festzuhalten, dass erst durch das Vorhandensein und die Anwendung von angepassten Entscheidungsregeln die zur Verfügung stehenden teilflächenspezifischen Daten und Informationen eines Standortes einen Wert bekommen, der, in Abhängigkeit von der betrachteten Strategie, durch Versuche wie hier vorgestellt, messbar wird.

Literaturverzeichnis

- [DWR04] Dohmen, B., Wagner, U., Reh, A., 2004. Bestandesinformation. In: Werner, A. (Ed.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau – Verbundprojekt preagro, Abschlussbericht. Müncheberg. S.341-360.
- [LPR02] Link, A., Panitzki, M., Reusch, S., 2002. Hydro N-Sensor: Tractor- Mounted Sensing for Variable N Fertilization. In: Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, pp.1012-1018.
- [Lo96] Lowenberg-DeBoer, J., 1996. Precision Farming and the New Information Technology: Implications for Farm Management, Policy and Research: Discussion. In: American Journal of Agricultural Economics 78, pp.1281-1284.
- [WS07] Wagner, P., Schneider, M., 2007. Economic Benefits of Neural Network-Generated Site-Specific Decision Rules for Nitrogen Fertilization. In: Stafford, J.V. (ed.) Precision Agriculture '07, Papers presented at the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, pp.775-782.
- [WSW05] Wagner, P., Schneider, M., Weigert, G. 2005. Einsatz künstlicher Neuronaler Netze zur automatisierten Ableitung von Entscheidungsregeln für die N-Düngung in Winterweizen. In: Zeitschrift für Agrarinformatik, H. 4, 13. Jg. 2005, S.77-86.