

Precision Farming – ein Zwischenbericht aus informations- ökonomischer Sicht

Martin Schneider, Peter Wagner

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

Abstract: Die Ergebnisse verschiedener Praxisfeldversuche zur teilflächenspezifischen Aussaat und Stickstoffdüngung aus drei Jahren werden vorgestellt. Es zeigt sich: Grundsätzlich sind die wirtschaftlichen Ergebnisse umso besser, je mehr Information zur Entscheidungsfindung verarbeitet wird. Der Wert zusätzlicher Information kann dadurch mit Zahlen belegt werden.

1 Einleitung

Bekannt ist, dass innerhalb von Schlägen teilweise große Heterogenitäten in Bezug auf das Ertragspotenzial existieren. Zu deren Erfassung und Bewirtschaftung sind Sensoren und Aktoren vorhanden, die in Verbindung mit Entscheidungsregeln ein teilschlag-spezifisches Management zulassen. Dabei wird über diese Entscheidungsregeln aus den vorhandenen Informationen über die Teilflächencharakteristika eines Standortes die Bewirtschaftungsempfehlung abgeleitet. In ihnen ist also das Wissen des Precision Farming enthalten.

Mithilfe von Modellberechnungen oder *ex post* Bewertungen von Faktorsteigerungsversuchen können teilweise große ökonomische Potenziale ausgewiesen werden, die sich mit den Technologien des Precision Farming erschließen lassen (beispielsweise siehe [HJ03]). Doch wie gut sind die derzeit genutzten teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsstrategien tatsächlich? Entscheidend dafür sind die Effizienz der Entscheidungsregeln und die vorhandene Informationsgrundlage zum Zeitpunkt der Maßnahmendurchführung auf Teilschlagebene verantwortlich. Auf Grundlage von 3-jährigen Feldversuchen unter Praxisbedingungen wurden unterschiedliche teilflächenspezifische Bewirtschaftungsstrategien mit der flächeneinheitlichen Bewirtschaftung verglichen. Ergebnisse daraus liegen zur Stickstoffdüngung vor. Auf dieser Grundlage kann unter ökonomischen Gesichtspunkten eine Bewertung von derzeit angewendeten Entscheidungsregeln zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung stattfinden.

2 Material und Methoden

In der Region Köthen, Sachsen-Anhalt, wurden auf Feldern unter praktischer Landbewirtschaftung Feldversuche zum Vergleich unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien angelegt. Dabei werden die Flächen virtuell in verschiedene Streifen unterteilt, worin die unterschiedlichen flächeneinheitlichen und teilflächenspezifischen Strategien mit praxisüblicher Technik durchgeführt werden. Mit dieser Herangehensweise lassen sich die Effekte der einzelnen Ansätze direkt unter Praxisbedingungen untersuchen. Dabei ist neben der schon angesprochenen Effizienz der Entscheidungsregeln auch mit die Heterogenität des Standortes, sowie die Durchführungsgenauigkeit der praxisüblichen Applikationstechnik, von entscheidender Bedeutung und kann mit dieser Art von Feldversuchen berücksichtigt werden.

Bei der statistischen Auswertung müssen alle möglichen Störeinflüsse auf den Ernteertrag Berücksichtigung finden. Während beim Exaktfeldversuchswesen über eine Blockbildung und Randomisierung der störende Einfluss der Heterogenität des Standortes ausgegrenzt wird, so ist das bei Praxisfeldversuchen aufgrund der Versuchstreifenlänge und der sehr begrenzten Wiederholungsanzahl nicht möglich. Berücksichtigung müssen dabei die natürlichen Einflüsse (räumlicher Trend und räumliche Kovarianz), sowie anderweitige Bewirtschaftungseinflüsse in Form von beispielsweise unterschiedlichen Erntezeitpunkten des Feldes oder mehreren Ertragskartierungssystemen, finden. Das führt bei der Auswertung zur Anpassung von gemischten linearen Modellen [SSW07].

Neben der flächeneinheitlichen Düngung wurden drei weitere teilflächenspezifische Düngestrategien angewendet. Dies waren: die Strategie des Yara-N-Sensors („Sensor“), der Ertragspotenzialkarte („Karte“) und des neuronalen Netzes („Netz“). Mit dem Sensor werden ausschließlich Informationen über den gegenwärtigen Entwicklungszustand der Pflanzen auf Teilflächenbasis zur Entscheidungsfindung genutzt. Es wird das vom Bestand reflektierte Sonnenlicht genutzt, um den Stickstoffbedarf zu ermitteln. Für den Ansatz der Ertragspotenzialkarte wird das Feld in unterschiedliche Ertragspotenzialzonen vor der Vegetationszeit eingeteilt. Dies erfolgt auf Grundlage von mehrjährigen Ertragskarten und Luftbildaufnahmen [Do04]. Für jede Potenzialzone wird ein Zielertrag festgelegt, wozu die entsprechende Stickstoffdüngung kalkuliert wird. Fraglich zu diesem Ansatz ist die Aufteilung der Stickstoffmengen auf die unterschiedlichen (drei) Teilgaben, da lediglich eine Gesamtmenge je Potenzialzone ermittelt wird. Im Vergleich zu den anderen beiden Strategien, berücksichtigt die 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 [We06]. Mithilfe von a) Ertragsprognosen auf Grundlage künstlicher neuronaler Netze und b) der Bestimmung der optimalen speziellen Intensität des Stickstoffeinsatzes unter *ökonomischen Bedingungen*, werden die Entscheidungsregeln erstellt. Der allgemeine Ablauf ist bei [WSW06] dokumentiert.

3 Ergebnisse

Die Tabellen 1 fasst die Ergebnisse der sechs Feldversuche aus drei aufeinander folgenden Jahren zusammen. Insgesamt ist von durchmischten Ergebnissen zu berichten. Das Ertragsniveau in den beiden Jahren 2006 und 2007 war unterdurchschnittlich für den Standort. Dies ist auf die teilweise extreme Witterungen innerhalb der Vegetationsperiode zurückzuführen (Vorsommertrockenheit).

Tabelle 1: Ergebnisse der Stickstoffdüngungsversuche zu Winterweizen aus 3 verschiedenen Jahren.

Versuch	Strategie	N-Menge	Ertrag	NKL*	Δ zu „Konstant“
1 2005	Konstant	175 kg/ha	7,19 t/ha	619,7 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	182 kg/ha	7,45 t/ha**	615,8 €/ha	- 3,9 €/ha
	Netz	148 kg/ha	7,56 t/ha	636,0 €/ha	+ 16,3 €/ha
2 2005	Konstant	180 kg/ha	7,63 t/ha	664,0 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	117 kg/ha	7,71 t/ha**	698,0 €/ha	+ 34,0 €/ha
	Karte	148 kg/ha	7,81 t/ha**	681,0 €/ha	+ 17,0 €/ha
1 2006	Konstant	180 kg/ha	6,11 t/ha	620,5 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	164 kg/ha	5,75 t/ha**	621,8 €/ha	+ 1,3 €/ha
	Karte	200 kg/ha	5,69 t/ha	562,0 €/ha	- 58,5 €/ha
2 2006	Konstant	170 kg/ha	5,83 t/ha	567,6 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	187 kg/ha	5,67 t/ha	529,1 €/ha	- 38,5 €/ha
	Netz	142 kg/ha	5,99 t/ha	592,8 €/ha	+ 25,2 €/ha
1 2007	Konstant	180 kg/ha	5,68 t/ha	767,9 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	158 kg/ha	5,71 t/ha**	778,2 €/ha	+ 10,3 €/ha
	Karte	162 kg/ha	5,39 t/ha	732,8 €/ha	- 35,1 €/ha
2 2007	Konstant	180 kg/ha	4,60 t/ha	605,9 €/ha	0,0 €/ha
	Sensor	144 kg/ha	4,62 t/ha**	622,7 €/ha	+ 16,8 €/ha
	Karte	160 kg/ha	4,65 t/ha**	615,2 €/ha	+ 9,3 €/ha
	Netz	136 kg/ha	4,70 t/ha	651,9 €/ha	+ 46,0 €/ha

* NKL: stickstoffkostenfreie Leistung, Umsatz abzüglich der Kosten für Stickstoffdünger.
 ** Keine signifikanten Ertragsunterschiede zu „Konstant“ nachweisbar (Signifikanzniveau: $p < 0,08$). Zur Berechnung der NKL wurden daher die Ertragsmittelwerte der Strategie „Konstant“ benutzt.

War aufgrund der räumlich-statistischen Ertragsdatenauswertung kein signifikanter Unterschied (Signifikanzniveau: $p < 0,08$) der Ertragsmittelwerte zwischen einer teilflächenspezifischen und der flächeneinheitlichen Behandlung festzustellen, so wurde zur weiteren Berechnung der stickstoffkostenfreien Leistung (NKL) der Ertragsdurchschnitt der Strategie „Konstant“ verwendet.

Lediglich die differenziert düngende Strategie „Netz“ erreicht einheitlich Precision Farming Gewinne. Hier sind auch regelmäßig Einsparungen an Stickstoff gegenüber den anderen Strategien festzustellen. Es 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 hierin beides, „in-season“ Informationen und Bodeninformationen (historische Erträge, Leitfähigkeitsmessung), berücksichtigt. Weiterhin wird bei der Ermittlung der Bewirtschaftungsempfehlung hier das Produkt- und Faktorpreisniveau mit berücksichtigt. Das gute Abschneiden der Entscheidungsregeln dieses Ansatzes könnte einen wichtigen Hinweis für die Weiterentwicklung geben.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass derzeit der Erfolg des Precision Farming von der Witterung abhängig ist. In Jahren mit für den Standort durchschnittlicher Witterung erreichen alle differenzierenden Strategien (Stickstoffdüngung) ausgeglichene Ergebnisse, was in Jahren mit extremer Witterung (z.B. Trockenperioden während der Vegetationszeit) nicht der Fall ist. Es wäre zu überlegen, in wieweit Witterungsprognosen bei der Entwicklung und Anwendung von teilflächenspezifischen Entscheidungsregeln genutzt werden könnten, um das Ergebnis zu verbessern.

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. An dieser Stelle ist er dann aber direkt monetär fassbar.

Literaturverzeichnis

- [Do04] Dohmen, B.: Ausweisung von Ertragszonen mit der Maximum-Likelihood-Methode. In: (Hufnagel, J. et al., Hrsg.): Precision Farming. Analyse, Planung und Umsetzung in die Praxis. KTBL-Schrift 419, 2004, S. 3.2-87 bis 3.2-89.
- [HJ03] Hasert, G.; Jürschik, P.: Betriebswirtschaftliche Beurteilung des Systems. In (Hasert, G. et al. Hrsg.): Zukunftsträchtiger Ackerbau. DBV, Berlin, 2003, S. 147-151.
- [SSW07] Schneider, M.; Spilke, J.; Wagner, P.: Evaluation of on-farm field trials – the example of site-specific nitrogen fertilization trials. In (Bleiholder, H.; Piepho, H.-P. Hrsg.): Proc. of the Int. Symp. ‘Agricultural Field Trials – Today and Tomorrow’, Stuttgart 2007. S. 209-214.
- [We06] Weigert, G.: Data Mining und Wissensentdeckung im Precision Farming – Entwicklung von ökonomisch optimierten Entscheidungsregeln zur kleinräumigen Stickstoff Ausbringung. Dissertation, TU München, 2006
- [WSW06] Wagner, P.; Schneider, M.; Weigert, G.: The use of artificial neural networks to generate decision rules for site-specific nitrogen fertilization. In: Proceedings of the 8th International Conference on Precision Agriculture. (im Druck)