

# Ökonomische Analyse von Precision Farming Technologien im pflanzenbaulichen Versuchswesen

M. Gandorfer<sup>1</sup>, G. Weigert, H. Amon, E. Sticksel, A. Heißenhuber<sup>1</sup>, P. Wagner

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues  
TU München  
Alte Akademie 14  
85350 Freising  
markus.gandorfer@wzw.tum.de

**Abstract:** On Farm Research Versuche stellen einen innovativen Ansatz der Versuchsdurchführung dar. Eine Analyse der versuchsbedingten Mehrkosten der Versuchsstation Roggenstein (TU-München) und eines On-Farm-Research (OFR) Versuches zeigen Unterschiede in Bezug auf Kostenstruktur und -höhe. Um die Chancen dieses neuen Versuchskonzepts zu nutzen, muss jedoch zuerst ergründet werden, für welche Versuchsfragen OFR-Versuche verwendet werden können und wie der resultierende Erkenntnisgewinn bzw. die Übertragbarkeit (Statistik) aus solchen Versuchen zu bewerten ist.

## 1 Einleitung

Mit Precision-Farming-Technologien, insbesondere der automatischen Ertragserfassung, wurde die Möglichkeit geschaffen, pflanzenbauliche Versuche mit neuen methodischen Ansätzen und arbeitswirtschaftlich verbesserter Effizienz durchzuführen: die Versuchsdurchführung kann aus arbeitswirtschaftlicher Sicht im Extremfall identisch mit der praxisüblichen Bewirtschaftung sein, da die Versuchsanlage in Form einer digitalen Applikationskarte erstellt, an den Bordrechner übergeben und automatisiert abgearbeitet werden kann. Zur Versuchsdurchführung sind konventionelle Maschinen, die mit einer GPS-fähigen mobilen Prozesssteuerung ausgestattet sind, geeignet. Für diese Methode der Versuchsdurchführung hat sich der Name „On-Farm Research“ (OFR) durchgesetzt. Im Rahmen der Forschung zu Precision Agriculture befasst sich eine wachsende Anzahl von Veröffentlichungen mit der Anlage und Auswertung von OFR Versuchen ([LLB03], [WMS 03]). Dienstleistungen zur Unterstützung des Betriebsmanagements werden im Bereich der Datenerfassung und -auswertung von kommerziellen Anbietern für Landwirte bereits zur Verfügung gestellt. OFR bzw. die dabei verwendeten Techniken können aber nicht nur in der landwirtschaftlichen Praxis, sondern auch für wissenschaftliche Zwecke eingesetzt werden. Für einen wissenschaftlichen Einsatz von OFR Versuchen müssen deren Möglichkeiten und Grenzen untersucht werden, dazu gehört eine Analyse von Kosten sowie von systemimmanenten Problembereichen. Die vorliegende Studie beschränkt sich auf die Kostenanalyse. Dazu wurden einjährige Daten eines OFR Versuches auf dem Lehr- und Versuchsgut (LVG) Görzig an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und langjährige Daten der Versuchsstation Roggenstein des Wissenschaftszentrums Weihenstephan ausgewertet.

## 2 Charakterisierung und Abgrenzung von OFR im Vergleich zu Exaktversuchen

Im folgenden Abschnitt werden die Unterschiede von OFR und Exaktversuchen aufgezeigt. Exaktversuche sind die vorherrschende Versuchsform im pflanzenbaulichen Versuchswesen.

**Exaktversuch:** Bekannte Versuchsdesigns, die in Exaktversuchen angewendet werden, sind Block-, Spalt- oder Streifenanlagen. Das Ziel dieser Versuchsanlage ist es, herauszufinden, welche Bedeutung der oder die geprüften Faktoren im Hinblick auf die Varianz des betrachteten Merkmals hat. Hierzu verwendet man die Varianzanalyse. Diese Methode setzt durch zufällig wiederholte Messungen die Varianz des Versuchsfaktors und die Varianz des Versuchsfehlers ins Verhältnis. Die Bedeutung eines Faktors lässt sich umso leichter nachweisen, je geringer die Fehlervarianz ist. Um die Fehlervarianzen gering zu halten, werden Exaktversuche auf möglichst homogenen Flächen durchgeführt. Die Durchführung von derartigen Versuchen erfordert u.a. den kosten- und personalintensiven Einsatz von Spezialmaschinen, die eine hohe Präzision gewährleisten.

**On-Farm Research:** Bei diesem Design treten alle nicht-kontrollierbaren Faktoren (Technik, Standort) auf, die auch in der Praxis vorkommen. Es gibt sehr unterschiedliche Ansätze für ein geeignetes OFR Versuchsdesign: Blockdesign, Streifendesign und Grid-Design ([A02], [LLB03], [WMS 03], [DK 02]). Es werden Maschinen konventioneller Größe eingesetzt. Mit Hilfe von im Vorfeld erstellten Applikationskarten können Betriebsmittel teilflächenspezifisch ausgebracht werden. Deren Auswirkungen auf das zu prüfende Merkmal können dann mit Hilfe von georeferenzierten Sensordaten bestimmt und zueinander in Beziehung gesetzt werden (Automatische Prozessdatenerfassung). Die Ernte erfolgt mit einem Mähdrescher mit konventioneller Arbeitsbreite, ausgestattet mit einer automatischen Ertragserfassung. Die statistische Auswertung von OFR Versuchen bedarf beispielsweise wegen autokorrelierten Ertragsdaten besonderer statistischer Methoden. Je ausgereifter die Precision Farming Technologien zum Einsatz kommen, desto einfacher und exakter wird die Durchführung eines solchen Versuches. Die Grenzen zwischen betriebsüblicher Bewirtschaftung und Versuchsdurchführung verwischen. Die zusätzliche Arbeit zur Versuchsdurchführung findet am PC statt und kann alternativ von einem Dienstleister durchgeführt werden.

## 3 Kostenanalyse der verschiedenen Versuchsdesigns

Das Ziel der nachfolgend dargestellten Kostenanalyse ist es, eine Abschätzung der Kosten von OFR Versuchen beim Einsatz auf Versuchsstationen bzw. im wissenschaftlichen Bereich zu treffen. Bei der Diskussion der Versuchskosten ist es wichtig zu beachten, dass die hier betrachteten Kosten des OFR Versuchs nur als Anhaltspunkt dienen können, da der Versuch von einem Dienstleister durchgeführt wird. Zum Vergleich werden die Kosten von Exaktversuchen dargestellt. Die betrachteten Größen sind die versuchsbedingten Mehrkosten. Für das Beispiel „Exaktversuche“

werden die Daten der Versuchstation Roggenstein, TU München, ausgewertet. Diese Station bietet sich für eine Analyse an, da dort langjährige Daten aus produktions-

Kostenpositionen OFR Versuch Halle <sup>1</sup>	Kosten €	Kostenpositionen eines Versuches Versuchsstation Roggenstein <sup>2</sup>	Kosten €
Bodenprobennahme 1 ha - Raster, Analytik <sup>3</sup>	593	Allgemeinkosten	2109
Befliegung	300	Betriebsmittel	460
Sensoreinsatz zur 2. N-Gabe	553	Maschinen	1305
Sensoreinsatz zur 3. N-Gabe	553	Gebäude	1605
		Personal	6789
Kosten des Versuchs [€]	1999	Kosten je Versuch [€]	12.269
		Gesamtkosten der Versuchsstation [€/a]	220.842
Anzahl der Versuche	1	Anzahl der Versuche	18
Anzahl der Parzellen	100	Anzahl der Parzellen	3.403
Versuchsfläche [ha]	65	Versuchsfläche [ha]	7
Kosten je Versuchsparzelle [€]	20	Kosten je Versuchsparzelle [€]	65

<sup>1)</sup> Kosten beziehen sich auf einen einzelnen Versuch bei dem eine teilflächenspezifische mit einheitlicher N-Düngung verglichen wird.

<sup>2)</sup> Kosten beziehen sich auf einen durchschnittlichen Exaktversuch auf der Versuchsstation Roggenstein

<sup>3)</sup> Kosten wurden über eine Annuität ( $p=1,08$ ;  $a=3$ ) auf 3 Jahre umgelegt

Tabelle 2: Zusammensetzung der versuchsbedingten Mehrkosten der Versuchsstation Roggenstein (Durchschnitt der Jahre 1999-2002) und des OFR Versuchs Halle (2004)

technischen Versuchen vorliegen. Zur Untersuchung der Kostenstruktur wurden die Durchschnittswerte der einzelnen Positionen der versuchsbedingten Mehrkosten der Jahre 1999-2002 gebildet. Es ergeben sich versuchsbedingte Mehrkosten von insgesamt 220.842 € im Jahr. Wichtig ist hierbei, dass die Zahlen für den Betrieb einer ganzen Versuchsstation gelten, auf der im Jahr durchschnittlich 18 Versuche durchgeführt werden. Diese Kosten können dann, unter der Vereinfachung, dass die einzelnen Exaktversuche ähnliche Kostenstrukturen aufweisen, auf einen einzelnen Versuch bezogen werden (Tab. 1). Vergleichend sind die einzelnen Kostenpositionen eines OFR Versuchs dargestellt. Bei der Versuchsanlage handelt es sich um ein kombiniertes Streifen- bzw. Großparzellendesign. Dieser Versuch wird zum ersten Mal in dieser Form durchgeführt, deshalb existieren nur einjährige Kostendaten. Der Versuch wurde zur Durchführung an einen Dienstleister (Fa. Agricon, Jahna) übergeben. In der Annahme, dass die Preise für die einzelnen Maßnahmen kostendeckend sind, betragen die versuchsbedingten Mehrkosten insgesamt 1999 €. Hierbei werden die Kosten für die betriebsübliche Bewirtschaftung wie z.B. Grundbodenbearbeitung, Aussaat, Pflanzenschutz usw. nicht berücksichtigt, da der Versuch und die betriebsübliche Bewirtschaftung parallel laufen. Das Betriebsergebnis wird, abgesehen von geringen Ertragsverlusten im Vergleich zur betriebsüblichen Variante, durch den Versuch nicht negativ beeinträchtigt.

Beim Versuchgut Roggenstein entstehen jährlich durchschnittliche versuchsbedingte Mehrkosten von ca. 220.842 €. Mit Hilfe der Aufwendungen werden 18 Versuche mit insgesamt 3402 Kleinparzellen auf einer Versuchsfläche von 7,35 ha durchgeführt. Es können somit Kosten von 12.269 € je Versuch und 65 € je Kleinparzelle abgeleitet

werden. Beim OFR Versuch Halle entstehen versuchsbedingte Mehrkosten von 1999 € je Versuch, dies entspricht ca. 20 € je Versuchparzelle. Dabei wird zugrunde gelegt, dass sich bei der vorhandenen Mechanisierung theoretisch maximal ca. 100 Parzellen für den 65 ha Versuchsschlag ergeben. Die Grenzkosten der Einteilung in mehrere Parzellen sind aufgrund der Automatisierungsmöglichkeiten vernachlässigbar.

#### 4 Diskussion

Die Kostenanalyse zeigt, dass die Kostenstrukturen erwartungsgemäß aufgrund der Eigen- bzw. Fremddurchführung sowie der grundsätzlichen Unterschiede der beiden Versuchsanstellungen sehr verschieden sind. Unter den untersuchten Konditionen sind OFR Versuche zu rund 1/6 der Kosten eines Exaktversuches durchführbar. Um Kostenvorteile auf Versuchsstationen nutzen zu können, ist die Frage zu klären, ob und wenn ja für welche Versuchsfragen ein OFR Versuch einen Exaktversuch ersetzen kann. Ob der Einsatz im Einzelfall ökonomische Potenziale bietet, ist auch Spektrum der Versuche einer Versuchsstation abhängig. Eine offene Frage bleibt, wie sich die Kosten und Qualität der Versuchsdurchführung verändern, wenn ein OFR Versuch anstelle von einem Dienstleister auf einer Versuchsstation durchgeführt werden.

OFR Versuche sind jedoch ausdrücklich nicht als Konkurrenz zu Exaktversuchen zu sehen. Einerseits können OFR Versuche zur Klärung von Versuchsfragen eingesetzt werden, die mit Exaktversuchen nicht adäquat behandelt werden können (Einfluss von Bodenheterogenitäten, Klein- und Geländeklima). Denkbar sind auch Kombinationen von Exakt- und OFR Versuchen. In einem partizipativen Ansatz der OFR-Versuche in Zusammenarbeit mit Landwirten können Erkenntnisse, die in Exaktversuchen gewonnen wurden, rascher als bisher in die landwirtschaftliche Praxis zu übertragen. Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen jedoch eine Reihe offener Fragen, wie z.B. die Zunahme der Fehler durch die Verwendung konventioneller Maschinen, die Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse, die statistische Auswertbarkeit usw., die zukünftig intensiv bearbeitet werden müssen.

#### Literaturverzeichnis

- [A02] Anonymus: Neue Qualität bei Praxisversuchen, 2002, [http://www.agricon.de/library/download/ofr\\_nl.pdf](http://www.agricon.de/library/download/ofr_nl.pdf)
- [DK02] Dabbert, S., Kilian, B. (2002): Ökonomie. In: Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. Tagungsband Precision Agriculture Tage, 13.-15.3.2002 in Bonn. Darmstadt: KTBL, S. 423-446
- [LLB03] Lowenberg-DeBoer, J.; Lambert, D.; Bongiovanni, R.: Appropriate on-farm trial designs for precision farming. In: Precision Agriculture (Stafford, J., Werner, A. Eds.). Wageningen Academic Publishers Wageningen, 2003, S. 361-366
- [WMS 03] Whelan, A.M.; McBratney, A.B.; Stein, A.: On-farm field experiments for precision agriculture. In: Precision Agriculture (Stafford, J., Werner, A. Eds.). Wageningen Academic Publishers Wageningen, 2003, S. 731-737