

Analyse eines On-Farm-Experiments zur Wirkung von Fungizidbehandlungen im Stadium der Rapsblüte (EC 65)

Dominik Dicke¹, Andreas Buechse²

¹Regierungspräsidium Gießen
Pflanzenschutzdienst Hessen
Schanzenfeldstraße 8,
35578 Wetzlar

²An der Steig 14
67294 Stetten

dominik.dicke@rpgi.hessen.de, andreas.buechse@t-online.de

Abstract: Im Jahr 2009 wurde die Wirkung von zwei Fungiziden zur Blütenbehandlung in Winterraps im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle untersucht. Dazu wurde in einem Praxisschlag eine randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen etabliert. Aus jeder Parzelle wurden Streifen im Kerndrusch mit GPS-Ertragserfassung geerntet. Die kalibrierten Werte aus der Ertragserfassung wurden mit einem geostatistischen Modell verrechnet. Durch Fungizideinsatz zur Blüte konnte gegenüber der Kontrolle ein signifikanter Mehrertrag erzielt werden. Das geostatistische Modell erlaubte eine optimale Nutzung aller zur Verfügung stehenden Informationen und zeigte eine höhere Vorhersagegüte als Modelle ohne explizite Modellierung der räumlichen Korrelationsstruktur. Diese Versuchsmethodik kann mit der handelsüblichen Maschinenausstattung vom Landwirt selbst auf seiner Ackerfläche (On-Farm) praktiziert werden. Durch die so ermöglichte Kombination aus hoher Präzision und Praxisnähe können standortspezifische Beratungsempfehlungen im Ackerbau effizient abgeleitet werden.

1 Einleitung

Amtliche Beratungsempfehlungen im Pflanzenschutz basieren auf Versuchsergebnissen. Üblicherweise wird die Wirkung verschiedener Pflanzenschutzvarianten in Kleinparzellen auf Versuchsfeldern getestet, die an verschiedenen Orten innerhalb des Beratungsgebietes etabliert sind. Diese Versuche werden mit Spezialmaschinen angelegt, geführt und beerntet; hierbei werden praxisnahe Bedingungen angestrebt, zwangsläufig unterscheiden sie sich jedoch von den praxisüblichen Verhältnissen. Zudem ist aus technischen oder finanziellen Gründen oftmals die Anzahl an Wiederholungen begrenzt, so dass pflanzenbaulich interessante Effekte zuweilen nicht statistisch abgesichert werden können. In den letzten Jahren sind die technischen Möglichkeiten im Rahmen der Online-Ertragserfassung, Sensorik und GPS-Technik rasant gewachsen. Eine GPS-Ertragserfassung während des Mähdrusches oder Messung der scheinbaren elektrischen Bodenleitfähigkeit via EM 38 [CL05] dient zur Erstellung von Karten für Precision-Farming-Anwendungen [GC07]. Sensordaten können zudem gezielt genutzt werden, um Interaktionen zwischen Bodeneigenschaften und pflanzenbaulichen Maßnahmen im Versuch zu untersuchen [D08]. [RD 08] zeigten eine auf Sensordaten basierende Methode, um unter Feldbedingungen (On-Farm) die Ertragswirkung unterschiedlicher Herbizidvarianten zu studieren. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, unter On-Farm-

Bedingungen in Raps die Wirkung zweier Fungizide im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu untersuchen. Hierbei wurden durch georeferenzierte Sensorik gewonnene Ertragsdaten genutzt. Verschiedene statistische Modelle wurden verglichen.

2 Material und Methoden

Versuchsdurchführung: In einem Winterrapsbestand am Standort Grund-Schwalheim (50,41 N; 8,97 E) bei Echzell wurde auf einer 6 ha großen Praxisfläche die ertragssichernde Wirkung der Fungizide *Proline* (0.7 l/ha) und *Harvesan* (0.8 l/ha) gegen Weißstängeligkeit im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle überprüft. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen und einer Parzellenbreite von jeweils 30 m angelegt. Die Fungizidbehandlung wurde vom Landwirt mit einer handelsüblichen Feldspritze zur Blüte (EC 65) mit 400 l Wasser und einer Fahrgeschwindigkeit von 4 km/h durchgeführt. Zur Ernte wurden die Parzellen im Kerndrusch mit einem Mähdrescher (Schnittbreite 5,1 m) und GPS- Ertragserfassung bei voller Schnittbreite gemäht. In den neun Parzellen wurden in insgesamt 16 Erntespuren an 367 Positionen Ertragsdaten gewonnen. Das Erntegut jeder Parzelle wurde auf einer Radlastwaage gewogen; mit den Daten wurde die Online-Ertragserfassung kalibriert.

Statistisches Modell: Wiederholte Messungen innerhalb einer Parzelle können nicht als unabhängige Beobachtungen betrachtet werden. Die Auswertung muss entweder mit den Parzellenmittelwerten erfolgen oder die Korrelation zwischen den Messpunkten einer Parzelle muss im Rahmen eines Gemischten Linearen Modells berücksichtigt werden. Wir verwendeten hierfür die REML-Methode innerhalb der Prozedur MIXED der Statistik-Software SAS 9.2 [LM 06]. Standardfehler und Freiheitsgrade wurden mit dem in dieser Software verfügbaren Verfahren nach Kenward & Roger berechnet [KR 09]. Folgende Modelle wurden verglichen: (i) Mittelwertbildung je Parzelle und Modell „Blockanlage“. (ii) „Spaltanlage“ mit Parzellen als Großteilstücken und einzelnen Messpunkten als „Kleinteilstücken“ innerhalb der Parzellen. Für alle Paare von Messpunkten wird unabhängig von der räumlichen Distanz die gleiche Korrelation angenommen. (iii) Spalt-Spaltanlage: Bei diesem Modell wird zusätzlich zu Block, Variante und Parzelle ein zufälliger Effekt Druschspur innerhalb Parzelle integriert. Zusätzlich kann der Effekt der Druschrichtung getestet werden. (iv) „Spaltanlage-Geostatistik“. Im Gegensatz zu Modell (ii) wird angenommen, dass der Grad der Korrelation innerhalb einer Parzelle von der räumlichen Distanz abhängig ist. (v) „Spalt-Spaltanlage-Geostatistik“ mit Parzellen als Großteilstücken, Spuren als Mittelteilstücken und einzelnen Messpunkten als „Kleinteilstücken“ innerhalb der Spuren, deren Korrelation wiederum von der räumlichen Distanz abhängig ist. (vi) „Geostatistik-global“: Modellierung räumlicher Abhängigkeiten auch über Parzellengrenzen hinweg. In allen Modellen wurden fixe Blockeffekte zur Abbildung großräumiger Trends verwendet. Innerhalb der Modelle (iv), (v) und (vi) waren ferner die Art der räumlichen Korrelationsstruktur und über die Blockeffekte hinausgehende großräumige Trends zu prüfen. Als Maß für die Güte der Modelle wurden das Akaike-Information-Criterion (AIC) und das Schwarz's-Bayesian-Information-Criterion (BIC) betrachtet. Die Grenzdifferenz (LSD) und die Fehlervarianz (σ^2) sind ebenfalls aufgeführt (Tab. 1).

3 Ergebnisse und Diskussion

Modellwahl und Effizienz: In allen Modellen waren die Blocks nicht signifikant. Da es sich bei diesen um Designeffekte eines geplanten Versuchs handelt, wurden sie für den Variantenvergleich jedoch im Modell belassen. Die Druschrichtung war im vorliegenden Versuch ebenfalls nicht signifikant und wurde nicht weiter berücksichtigt. Trotz der geringfügig schlechteren AIC und BIC im Vergleich zum Modell (v) entschieden wir uns letztendlich für das Modell (iv), *Spaltanlage mit Blocks und räumlicher Struktur innerhalb der Parzellen*. Für die Korrelationsstruktur der Einzelwerte wurde das anisotrope Powermodell gewählt. In Druschrichtung war bis in 100 Meter Entfernung eine Korrelation zwischen den Ertragsmessungen innerhalb einer Parzelle nachweisbar, rechtwinklig zur Druschrichtung war dagegen bereits bei einem Abstand von 10 Metern keine Korrelation mehr feststellbar. Die Fehlervarianz bei den geostatistischen Modellen stellt die *nugget*-Varianz dar und kann als Messfehler der online-Ertragserfassung interpretiert werden. Die vergleichsbezogene Grenzdifferenz für Variantenvergleiche lag bei 0.28 t/ha im Vergleich zu 0.37 t/ha bei Auswertung als Block- oder Spaltanlage ohne Nutzung der räumlichen Information, was einer Effizienz von $(0.37/0.28)^2 = 175\%$ entspricht. Für die gleiche Präzision hätte man im klassischen Spaltanlagenmodell damit fünf bis sechs statt drei Wiederholungen benötigt. Bei einem mittleren Ertragsniveau von rund 5.5 t/ha lag die relative Grenzdifferenz bei 5% und damit auf einem Niveau, das in Kleinparzellenversuchen bei Winterraps häufig nicht erreicht werden kann.

Ergebnis des Variantenvergleichs: Bei Anwendung des Fungizids *Proline* wurde ein Kornertrag von 5.53 t/ha und mit *Harvesan* von 5.65 t/ha erreicht. Diese beiden Varianten unterschieden sich nicht (95%-Vertrauensintervall -0.40 bis 0.16 t/ha). Die unbehandelte Kontrolle erreichte einen Kornertrag von 4.67 t/ha und war den beiden Fungizidvarianten signifikant um 0.86 bzw. 0.98 t/ha unterlegen (Tab. 2).

Bedeutung der Randomisation: Bei einem Randomisationsverzicht vgl. [LT06] wäre eine Auswertung als Spalt-Anlage nicht valide gewesen. In diesem Fall hätte die Datenanalyse mit einem geostatistischen Modell über die gesamte Versuchsfläche erfolgen müssen, was in diesem Beispiel zwar zu vergleichbaren Ergebnissen geführt hätte aber je nach Datenlage oftmals nicht die beste Wahl sein wird. Valide Einhaltung der Grundsätze des landwirtschaftlichen Versuchswesens – Wiederholung, Blockbildung, Randomisation – und Geostatistische Modellierung schließen sich auch im On-Farm-Versuch keinesfalls aus, sondern sind immer sinnvoll zu kombinieren.

Ausblick: In Zukunft wird die Ausstattung der Mähdrischer mit Ertragserfassungssystemen Standard werden. Sensordaten über Bestandsinformationen und Bodenverhältnisse werden zunehmend zur Verfügung stehen, so dass die Wirkungen von Betriebsmitteln auch unter wechselnden Standortbedingungen immer besser beurteilt werden können. Diese Informationen sollten auch im Versuchswesen vermehrt genutzt werden, um möglichst praxisnahe Beratungsempfehlungen für Landwirte zu ermöglichen. Mit der hier verwendeten On-Farm-Methodik kann sowohl die Präzision erhöht, als auch die Praxisnähe gewährleistet werden. Klassische Kleinparzellenprüfungen und Großparzellenversuche unter On-Farm-Bedingungen sollten sich hierbei ergänzen und methodisch befruchten.

Tab.1: Vergleich der Modelle nach GD (t-Test, $\alpha=0.05$), AIC, BIC, Fehlervarianz

Modell	Mit Blocks				Ohne Blocks ²			
	GD ¹	AIC	BIC	σ^2	GD ¹	AIC	BIC	σ^2
(i) Blockanlage	0.37	3.2	2.6	0.026	0.30	-0.4	-0.7	0.022
(ii) Spaltanlage	0.37	344.8	345.2	0.138	0.30	341.0	341.4	0.138
(iii) Spalt-Spaltanlage	0.35	278.8	279.2	0.109	0.32	275.4	275.8	0.109
(iv) Spaltanlage + Geostatistik	0.28	258.9	259.7	0.073	0.26	254.8	255.6	0.071
(v) Spalt-Spaltanlage + Geost.	0.44	258.6	259.4	0.082	0.28	253.0	253.6	0.082
(vi) Geostatistik gesamte Fläche	0.28	258.8	274.4	0.073	0.26	254.8	270.4	0.071

¹Durchschnittliche Grenzdifferenz; ²Ein Vergleich der Modellgüte bezüglich der Blockeffekte auf Basis von AIC oder BIC bei Verwendung der REML-Methode ist nicht sinnvoll, da die Blocks fix sind.

Tab. 2: Variantenvergleich mit Modell (iv) „Spaltanlage + Geostatistik“

Variante	Variante	Differenz [t/ha]	untere Grenze 95%- Vertrauensintervall	obere Grenze 95%- Vertrauensintervall	GD _{5%}
Proline	Harvesan	-0.12	-0.40	0.16	0.28
Proline	unbeh.	0.86	0.59	1.13	0.27
Harvesan	unbeh.	0.98	0.70	1.26	0.28

Literaturverzeichnis

- [CL05] Corvin, D.L.; Lesch, S.M.: Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computer and Electronics in Agriculture* 46, 11-46, 2005.
- [D08] Dicke, D.: Detecting effects of within-field heterogeneity on yield structure and crude protein content of winter wheat using sensor data and GIS. *Journal of Plant Diseases and Protection. Special Issue XXI*, 155-160, 2008.
- [GC07] Graeff, S.; Clausein, W.: Applicability of precision farming datasets for the area of bioenergie. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften* 19, 274-275, 2007.
- [KR09] Kenward, M.G.; Roger, J.H.: An improved approximation to the precision of fixed effects from restricted maximum likelihood. *Computational Statistics & Data Analysis* 53, 2583-2595, 2009.
- [LM 06] Littell, R.; Milliken, G.; Stroup, W.; Wolfinger, R.; Schabenberger, O.: *SAS for Mixed Models*, 2nd Edition, SAS Press, 2006.
- [LT06] Leithold, P.; Traphan, K.: On Farm Research (OFR)- a novel experimental design for Precision Farming. *Journal of Plant Diseases and Protection. Special Issue XX*, 157-167.
- [RD 08] Ritter, C.; Dicke, D.; Weis, M.; Oebel, H.; Piepho, H.P.; Büchse, A.; Gerhards, R.: An on-farm research approach to quantify yield variability and derive decision rules for site-specific weed management, *Prec. Agric.* 9, 133-146, 2008.