

Wichtige Faktoren des Wintergetreideertrages nach Körnerleguminosen in der Ökolandbaupraxis

Schmidt, H.¹ und Wild, M.²

Keywords: Wintergetreide, Ertrag, Boden, Bewirtschaftung

Abstract

With the aim of identifying key factors for cereal yield and mineral nitrogen content, 87 fields of wheat, spelt, rye, triticale and barley on 31 organic farms were evaluated from 2009 to 2011. According to multiple linear regression analysis, factors leading to high cereal yields were high mineral nitrogen content, high soil water storage and high cereal coverage in spring; also deep soil, low weed pressure, high available phosphorous content and low growing frequency in previous years. Key factors for high mineral nitrogen content in spring included low cereal coverage in spring, vegetation cover in winters of previous years, high soil organic matter and silt content, low C/N ratio, low plough depth, legume intercropping before sowing and use of manure or slurry nitrogen. An additional survey year with additional parameters will be conducted before the project's official end.

Einleitung und Zielsetzung

Wintergetreide ist im Ökolandbau die flächenmäßig wichtigste Ackerbaukultur. Um hohe Getreideerträge zu erreichen sind fundierte Kenntnisse der standortabhängigen Zusammenhänge im komplexen System Boden–Pflanze–Umwelt erforderlich. In dem vom BÖLN geförderten Bodenfruchtbarkeitsprojekt³ wurde von 2009 bis 2012 unter anderem der Wintergetreideanbau nach Körnerleguminosen in der Praxis untersucht. Der Schwerpunkt lag dabei auf Marktfruchtbetrieben mit suboptimalen Standortbedingungen. Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung wesentlicher ertragsbestimmender Faktoren im praktischen Ökolandbau. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen Optimierungsstrategien abgeleitet und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt werden. Es werden Ergebnisse aus dem Zeitraum 2009 bis 2011 vorgestellt.

Methoden

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden auf 31 Ökobetrieben 87 Schläge mit Wintergetreide nach Körnererbsen oder Ackerbohnen untersucht. Die Betriebe liegen in vier Regionen: Norddeutschland (100 km Umkreis um Lübeck), südliches Ostdeutschland (zwischen Erfurt, Leipzig, Bautzen und Zwickau), Mittelgebirgslagen (östlicher Vogelsberg und Franken) sowie Süddeutschland (zwischen Augsburg und Passau). Neun Schläge wurden aufgrund von Hagelschaden, Auswinterung oder extrem hohen

¹ Stiftung Ökologie & Landbau, Weinstr. Süd 51, D-67098 Bad Dürkheim, Deutschland, schmidt@soel.de, www.soel.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 36, D-85354 Freising, www.lfl.bayern.de

³ „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebauter Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ (www.bodenfruchtbarkeit.org), gefördert im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Nmin-, Ton- oder Phosphat-Gehalten nicht mit ausgewertet. Alle Betriebe wirtschafteten zu Untersuchungsbeginn seit mindestens fünf Jahren ökologisch (Ø 15 Jahre). Aufgrund von Zupachtungen nach der Umstellung streut die Anzahl Jahre ökologischer Bewirtschaftung bei den Untersuchungsschlägen von 1 bis 33 (Ø 13 Jahre). Die Bewertung der Böden reicht von 20 bis 70 Bodenpunkten (Ø 47 Bodenpunkte). Der Viehbesatz der Betriebe variiert von 0 bis 1 GV/ha (Ø 0,4 GV/ha). Beispiele für die Unterschiede in den Ackerbausystemen geben die Streuung des Kleeernteanteils von 0 bis 40 % (Ø 14 %) und des Getreideanteils von 20 bis 80 % (Ø 57 %). Auf 30 Schlägen war die Vorrucht Ackerbohnen, auf 49 Körnererbsen. Es wurden 33 Schläge mit Winterweizen, 24 mit Dinkel, 11 mit Winterroggen, 7 mit Triticale und 3 mit Wintergerste untersucht.

Durch Befragung der Landwirte wurden die kurzfristigen Bewirtschaftungsmaßnahmen seit Vorruchternte sowie die langfristige Vorgeschichte des Schlages ermittelt. In der vorliegenden Auswertung wurden verwendet: Pflugtiefe, Pflugtermin, Anzahl der Jahre mit Leguminosenhauptfruchtanbau in den letzten 25 Jahren (Jahre-Leg.), Anteil Getreide in 5 bzw. 15 Jahren (Getreideanteil 5, Getreideanteil 15), Anzahl Winter mit Bewuchs drei Jahre vor der Saat (Winterbewuchs), Leguminosenzwischenfrucht vor der Saat (Leg-ZF, ja/nein), verfügbarer Stickstoff in Düngermengen seit Ernte der Vorrucht (Dünger-N, berechnet nach Stein-Bachinger *et al.* 2004).

In einem ungestörten Bereich jeden Schlages wurde an drei zwischen 10 und 20 m von einander entfernten Messpunkten folgende Untersuchungen durchgeführt. Im Bereich Boden: Korngrößenverteilung, Trockenrohddichte in 0-20 cm (Dichte), Nmin-Menge (CaCl₂-Extrakt) und Wasservorrat in 0-90 cm Ende März, organische Substanz (OS), Gesamtstickstoff (Nges.) und C/N-Verhältnis in 0-20 cm (Autoanalyser), verfügbare Nährstoffe in 0-20 cm (P₂O₅, Mn, nach VDLUFA), Einstichtiefe bis maximal 80 cm mit einer Bodensonde (BS-Tiefe, 8 Einstiche je Messpunkt in feuchtem Boden). Im Bereich Pflanze: Höhe der Leguminosenvorrucht Ende Juni (Leg.-Höhe), Getreidedeckungsgrad Ende März (Getreidedeckung), Unkrautdeckungsgrad in der zweiten Junihälfte (Unkraut) sowie Handernteertrag von drei mal 0,5 m² an jedem Messpunkt (MP-Ertrag, 14 % Feuchte). Zudem wurde der vom Betriebsleiter ermittelte bzw. geschätzte Schlägertrag abgefragt (14 % Feuchte).

Nach Ausschluss stark abweichender oder gestörter Parzellen wurden die Untersuchungsergebnisse je Schlag gemittelt. Bei der statistischen Auswertung mit SPSS wurden partielle Korrelationen und multiple lineare Regressionen gerechnet und diese durch Beurteilung von Streudiagrammen überprüft.

Witterungsdaten wurden bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt, sie werden jedoch in der abschließenden Analyse zum Projektende einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel der Jahre und der Getreidearten betrug der Schlägertrag 33 dt/ha. Der durchschnittliche MP-Ertrag lag mit 43 dt/ha um 33 % höher. Da bei der Ermittlung der MP-Erträge keine Fahrspuren, Vorgewende, Senken, Kuppen und größere Lücken beprobt wurden, sind höhere MP-Erträge nachvollziehbar. In Tabelle 1 sind Ertragsangaben nach Getreidearten aufgeschlüsselt dargestellt. Bei der Ermittlung von wesentlichen Faktoren auf den Ertrag wurden die Daten aller Getreidearten gemeinsam ausgewertet und der Faktor Art als Dummy-Variable bei der partiellen Korrelation bzw. bei der multiplen linearen Regression einbezogen. Eine partielle Korrelationsanalyse vom MP-Ertrag mit den erfassten Standort- und Bewirtschaftungsparametern ergab eine Vielzahl von signifikanten Korrelationen (Auswahl in Tab. 2).

Tabelle 1: Schlagserträge (Betriebsleiterangaben) und Messpunkterträge (MP-Ertrag) der untersuchten Getreidearten (Dinkel: ohne Spelz)

Getreideart	Ø Schlagsertrag	Ø MP-Ertrag	Min. MP-Ertrag	Max. MP-Ertrag
Winterweizen	39	51	24	74
Dinkel	25	36	11	64
Winterroggen	32	39	19	55
Triticale	33	43	11	74
Wintergerste	32	34	30	40

Vor allem mit Bodenparametern ergab es eine Reihe enger Korrelationen, während mit der kurzfristigen Bewirtschaftung und der Schlaggeschichte nur wenige direkte Korrelationen gefunden wurden. Es konnte auch kein Zusammenhang zur Art der Vorfrucht – Erbse oder Ackerbohne – oder zu deren Erträgen gefunden werden. Allerdings ergab die Wuchshöhe der Leguminosen Ende Juni eine deutliche Korrelation. Die Wuchshöhe kann als Maß der Biomassebildung interpretiert werden, die auch in Zusammenhang mit der Menge an Ernterückständen steht.

Tabelle 2: Koeffizienten einer partiellen Korrelation (r, signifikant für $P < 0,05$) von Ertrag an den Messpunkten (MP-Ertrag) und ausgewählten Standort- und Bewirtschaftungsparametern (Kontrollvariablen: Getreidearten)

Parameter*	r	Parameter*	r	Parameter*	r
Bodenpunkte	0,53	Nges.	0,29	Jahre-Leg.	0,22
Schluff	0,54	C/N	-0,34	Getreideanteil15	-0,26
Wasservorrat	0,62	Nmin	0,42	Leg.-Höhe	0,33
BS-Tiefe	0,47	Mn	0,42	Unkraut	-0,43
Dichte	-0,37				

* Erklärung der Parameter im Kapitel Methoden

Mit Hilfe der schrittweisen multiplen linearen Regression wurde neben den vorgegebenen Getreideartvariablen eine Kombination von sieben Parametern ausgewählt, mit der ein wesentlicher Teil der Varianz des MP-Ertrags erklärt werden kann ($R^2 = 0,72$). Die in Tabelle 3 aufgeführten Beta-Werte der einzelnen Regressoren geben Hinweise auf die relative Wichtigkeit bei der Varianzaufklärung. Wesentlich für einen hohen Ertrag waren somit hohe Nmin-Mengen und ein großer Wasservorrat Ende März im Boden sowie ein möglichst geringer Unkrautdeckungsgrad im Juni. Weiterhin war eine große Tiefgründigkeit des Bodens, ein hoher Getreidedeckungsgrad Ende März und ein hoher Gehalt an verfügbarem Phosphor im Boden für den Ertrag förderlich. Kausale Zusammenhänge sind nach Vergleich mit Fachliteratur wahrscheinlich (Geisler 1980).

Bei der multiplen Regression erbrachten viele signifikant mit dem Ertrag korrelierende Parameter keine deutliche zusätzliche Erklärung der Ertragsvarianz. Allerdings können Parameter, die kausal einen Einfluss auf den Ertrag besitzen, durch Zusammenhänge mit anderen Faktoren überdeckt werden. So korreliert z. B. der Wasservorrat deutlich mit den Bodengehalten an Ton, Schluff und organischer Substanz. Das beschriebene Regressions-Modell kann somit nur Hinweise auf wesentliche Faktoren des Ertrags und deren Gewichtung geben und keine mathematisch exakten Zusammenhänge beschreiben.

Das gefundene Regressionsmodell wurde mit Daten von nur einer Getreideart, z. B. Winterweizen oder Dinkel, überprüft. Die meisten Regressoren wiesen weiterhin einen

deutlichen Zusammenhang zum Ertrag auf. Die untersuchten Parameter scheinen somit artübergreifend ähnliche Zusammenhänge zum Ertrag aufzuweisen.

Tabelle 3: Aufgenommene Regressoren und standardisierte Koeffizienten (Beta) der multiplen Regression mit Messpunktertrag als abhängiger Variablen

Regressor*	Beta	Regressor*	Beta
Nmin	0,32	BS-Tiefe	0,23
Wasservorrat	0,29	Getreide-Deck.	0,22
Unkraut	-0,29	P ₂ O ₅	0,19

* Erklärung der Regressoren im Kapitel Methoden

In weiteren Auswertungsschritten wurden Parameter ermittelt, die einen deutlichen Zusammenhang zu den Ertragsregressoren aufweisen. An dieser Stelle wird beispielhaft auf Zusammenhänge von Parametern mit der Nmin-Menge Ende März in 0-90 cm eingegangen. In der schrittweisen multiplen linearen Regression wurde eine Kombination von neun Regressoren ausgewählt, mit der ein wesentlicher Teil der Varianz der Nmin-Werte erklärt werden kann ($R^2 = 0,70$). Wesentlich für hohe Nmin-Werte war ein geringer Getreidedeckungsgrad zum Beprobungstermin. Es ist wahrscheinlich, dass ein hoher Deckungsgrad mit einer hohen N-Aufnahme und dadurch mit niedrigen Nmin-Mengen verbunden ist. Weiterhin wiesen einen positiven Zusammenhang auf: die Anzahl Winter mit Bewuchs in drei Jahren vor der Saat, hohe Gehalte an Schluff und an organischer Substanz im Boden, ein niedriges C/N-Verhältnis, eine geringe Pflugtiefe, eine Leguminosenzwischenfrucht vor der Saat sowie eine große Menge an verfügbarem Stickstoff in den seit Ernte der Vorfrucht ausgebrachten Düngemitteln. Ein kausaler Zusammenhang dieser Parameter mit der Nmin-Menge ist nach Vergleich mit Fachliteratur wahrscheinlich, mit der Witterung fehlt jedoch noch ein wesentlicher Faktor (Scheffer & Schachtschabel, 2002).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der große Einfluss der Standortbedingungen auf den Getreideertrag zeigte sich in der starken Abhängigkeit von der Wasserhaltefähigkeit und der Tiefgründigkeit des Bodens. Daneben waren vor allem eine hohe Stickstoffversorgung und ein geringer Unkrautdruck wesentlich für einen hohen Ertrag. Der wichtige Faktor des Ertrags, Nmin-Menge im Frühjahr, wurde wiederum stark von Standortbedingungen beeinflusst, vor allem von der organischen Substanz und dem Schluffgehalt des Bodens. Es zeigten sich aber auch enge Zusammenhänge mit Bewirtschaftungsmaßnahmen, z. B. dem Zwischenfruchtanbau, der Düngung und der Bodenbearbeitung.

Am Ende des Projekts ist, nach vier Untersuchungsjahren unter zusätzlicher Einbeziehung von Witterungsdaten sowie bodenbiologischer und -physikalischer Daten, eine weitere Differenzierung der Ergebnisse zu Zusammenhängen von Boden, Bewirtschaftung und Umwelt mit dem Getreideertrag zu erwarten.

Literatur

- Geisler, G. (1980): Pflanzenbau. Paul Parey, Berlin, 474 S.
 Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum, Heidelberg, 593 S.
 Stein-Bachinger, K., Bachinger, J., Schmitt, L. (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. KTBL, Darmstadt, 136 S.