

Wirkung des Gemengeanbaus mit Körnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung und der Saatstärke auf Kornertrag und Kornproteingehalt von Winterweizen

Effects of intercropping, spatial arrangement and seeding rate on grain yield and grain protein content of winter wheat

C. Hof¹, K. Schmidtke², R. Rauber¹

Key words: intercropping, spatial arrangement, grain protein content

Schlüsselwörter: Gemengeanbau, Standraumzuteilung, Kornproteingehalt

Abstract:

*In stockless organic farms it is difficult to produce winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with high protein content. The objective of this study was to evaluate the effects of intercropping of (i) winter wheat with either winter field bean (*Vicia faba* L.) or winter pea (*Pisum sativum* L.), (ii) the spatial arrangement (mixed, row or row-strip intercrop) and (iii) the seeding rate of the wheat (100 or 20 %) on yield formation and grain protein content. Monocropped wheat planted at a seeding rate of 20 % significantly out-yielded monocropped wheat at 100 % seeding rate because of a more efficient use of the mineral nitrogen (N) in soil. A gradient in the spatial and temporal use of mineral soil N by the wheat was found. N was available in particular from deeper soil layers during the grain filling phase in row strip intercrop trials, resulting in a higher grain protein content of the wheat. Monocropped wheat achieved mean protein content levels of 9,9 and 9,4 % at two different sites and protein content increased significantly in mixture (mean: 12,8 and 11,4 %). The highest protein content of 15,4 % was achieved with the row strip intercrop of field bean.*

Einleitung und Zielsetzung:

Für ökologisch wirtschaftende Betriebe ist die Erzeugung von Backweizen eine wichtige Einnahmequelle (BMVEL, 2004). Um dem Anspruch an die Qualität des Korngutes bei Winterweizen gerecht zu werden (> 11 % Rohprotein; KÜHLESEN et al., 1999), muss dem Weizen in der Kornfüllungsphase ausreichend pflanzenverfügbare Stickstoff im Boden zur Verfügung stehen. Legume Vorfrüchte führen zwar häufig zu einem hohen Kornertrag des Weizens, hingegen bleiben in diesen Fällen oft hohe Proteingehalte im Korn aus. Insbesondere viehlos wirtschaftende Betriebe verfügen bisher nur über wenige Möglichkeiten, den Stickstoffbedarf des Weizens in der Kornfüllungsphase hinreichend decken zu können. Seit einigen Jahren wird deshalb der Anbau des Weizens mit weitem Reihenabstand zur Erzeugung von Backweizen getestet. In einigen Fällen führte dies bei Rückgang des Ertrages des Weizens gegenüber einer Normsaat zu signifikanten Qualitätsverbesserungen (SÖLLINGER, 2003). In anderen Fällen konnte dagegen kein signifikanter Effekt auf den Kornproteingehalt festgestellt werden (POMMER, 2003). NEUMANN et al. (2003) stellten sogar einen Rückgang des Kornproteingehaltes beim Anbau in weiter Reihe fest. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen ist es deshalb, ein neues Gemengeanbausystem des Weizens mit Winterformen von Körnerleguminosen zur Erzeugung von hochqualitativem Backweizen im ökologischen Landbau zu entwickeln, um insbesondere viehlos

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, E-mail: chof@gwdg.de

² Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Stiftungsprofessur Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, E-mail: schmidtke@pillnitz.htw-dresden.de;
Vorhaben gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (03OE050)

wirtschaftenden Betrieben eine verfahrenssichere Strategie der Backweizenerzeugung bereitzustellen.

Methoden:

In zweijährigen Feldversuchen (2004/2005) wird der Einfluss der Körnerleguminosenart (Ackerbohne/Erbse) und der Standraumzuteilung (mixed intercropping, row intercropping und row-strip intercropping) im Gemenge auf Ertragsbildung und Backqualitätsparameter des Winterweizens untersucht. Die Versuchsanlagen (Blockanlage mit vier Wiederholungen) mit den substitutiv angelegten Gemengen befanden sich im Jahr 2004 auf zwei hinsichtlich Boden und Klima unterschiedlichen Standorten (Reinshof, REI; Auenlehmboden) bei Göttingen sowie bei Hannover (Stöckendrebber, STÖ; Sandboden), die ökologisch bewirtschaftet werden. Die Reinsaatstärken mit 100 % Saatstärke der einzelnen Früchte betragen beim Weizen 300, bei der Ackerbohne 30 und bei der Erbse 80 keimfähige Körner je m² (Tab. 1). Als Sorten wurden der in die Backqualitätsgruppe E eingestufte Winterweizen „Bussard“, die Winterackerbohnenart „Hiverna“ sowie eine französische Wintererbsensorte „Cheyenne“ verwendet. Zu drei Terminen (BBCH-Stadium des Weizens: 25, 65 und 89) wurde die Sprossmasse der Bestände auf 2,25 m² erfasst und die N_{min}-Mengen im Boden mittels Einstichen direkt auf den verschiedenen besetzten Drillreihen separat erhoben, d.h. in den Gemengevarianten 8, 9 und 11, 12 (Tab. 1) je eine Beprobung auf den Weizenreihen und auf den Körnerleguminosenreihen sowie in den Reinsaat auf den „unbesetzten“ Reihen. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS. Es wurden eine zweifaktorielle Varianzanalyse und multiple Mittelwertvergleiche (Tukey-Test) für die Ergebnisse der einzelnen Standorte vorgenommen.

Tab. 1: Versuchsschema mit den Prüfgliedern

Reihenabstand	Reinsaat		Gemengesaat		Gemengesaat		Reinsaat	
	W 100 %	W 20 %	W 20 %	A 80 %	W 20 %	E 80 %	A 100 %	E 100 %
15 cm	1	4	7 m	7 m	10 m	10 m	13	15
30 cm	2	5	8 r	8 r	11 r	11 r	14	16
75 cm	3	6	9 rs	9 rs ¹⁾	12 rs	12 rs ¹⁾		

W: Winterweizen, A: Ackerbohne, E: Erbse; Angaben in %: Saatstärke in Prozent der Reinsaatstärke; *kursiv* gesetzte Zahlen: Prüfgliednummer; m: mixed intercropping, r: row intercropping, rs: row-strip intercropping;

¹⁾ Reihenabstand der Körnerleguminose: 15 cm

Ergebnisse und Diskussion:

Die Kornerträge im ersten Versuchsjahr 2004 erreichten im Mittel der Weizenreinsaat mit 100 % Saatstärke (Varianten 1, 2 und 3) 37,4 dt ha⁻¹ auf dem Reinshof und 10,0 dt ha⁻¹ in Stöckendrebber. Sie unterschieden sich signifikant ($P = 0,01$ und $0,001$) von den mittleren Kornerträgen der Weizenreinsaat mit 20 % Saatstärke (Variante 4, 5 und 6; 43,2 und 12,3 dt ha⁻¹, Tab. 2). Die höheren Erträge der 20 % Weizenreinsaat gegenüber den 100 % Weizenreinsaat sind offensichtlich auf eine spätere Nutzung des bodenbürtigen Stickstoffvorrates und somit effizientere Nutzung der verfügbaren Ressourcen zur Kornertragsbildung zurückzuführen. So waren in der Summe über die Tiefe (0 bis 120 cm) und im Mittel über die Fläche zu BBCH 25 bei 100 % Saatstärke des Weizens in Reinsaat mit im Mittel 56,1/23,7 kg N_{min} ha⁻¹ (REI/STÖ) signifikant ($P = 0,001$ und $0,01$) geringere N_{min}-Mengen im Boden vorhanden als bei 20 % der Saatstärke mit im Mittel 80,2/38,4 kg N_{min} ha⁻¹ (REI/STÖ, Abb. 1). Die Spross-TM-Harvestindices (HI) der 100 % Weizenreinsaat lagen im Mittel bei 0,36 (REI) und 0,27 (STÖ), während sie in den 20 % Weizenreinsaat signifikant ($P = 0,001$ und $0,001$) höher lagen: 0,41 (REI) und 0,36 (STÖ). Im Gegensatz zu den ermittelten Erträgen ist in der Regel eine Erhöhung der Saatstärke mit einem höheren Kornertrag verbunden (PIORR, 1991; BULSON et al., 1997). NEUMANN et al. (2003)

und POMMER (2003) stellten dagegen keine Veränderungen des Kornertrages durch Senkung der Saatstärke fest. Im Gemenge mit der Erbse war der Weizen in der Lage,

Tab. 2: Kornertrag¹⁾ (dt TM ha⁻¹) 2004 an den Standorten REI und STÖ

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Weizen KL ²⁾ REI	37	38	37	43	45	42	23	13	6	33	28	13	71	67	18	22
Weizen KL ²⁾ STÖ	10	10	10	12	12	13	6	5	5	6	5	5	29	27	18	20

¹⁾ Erbsenerträge bisher ohne Berücksichtigung der Kornverluste aufgeplatzter Hülsen, ²⁾ KL = Körnerleguminose

mehr Assimilate in das Korn umzulagern als im Gemenge mit der Ackerbohne. Der HI war hierbei aber nur am Standort REI mit im Mittel 0,43 signifikant ($P = 0,001$) höher als in den Gemengen mit der Ackerbohne (HI = 0,33). In den Weizenreinsaaten mit weitem Reihenabstand (Variante 3 und 6) zeigte sich ein deutlicher Gradient in der räumlichen Nutzung des vorhandenen Vorrates an mineralischem Bodenstickstoff. Im Boden lagen unter den von der Weizenreihe am weitesten entfernten „unbesetzten“ Reihen in der Regel zu allen Beprobungsterminen und an beiden Standorten höhere N_{min} -Mengen vor, die der Weizen vor allem aus dem Unterboden erst zu einem späteren Zeitpunkt nutzte (Abb. 1). Die spätere Nutzung des mineralischen Bodenstickstoffes aus dem Reihenzwischenraum verstärkt sich im Gemenge mit den Körnerleguminosen (Abb. 1, Variante 9 und 12).

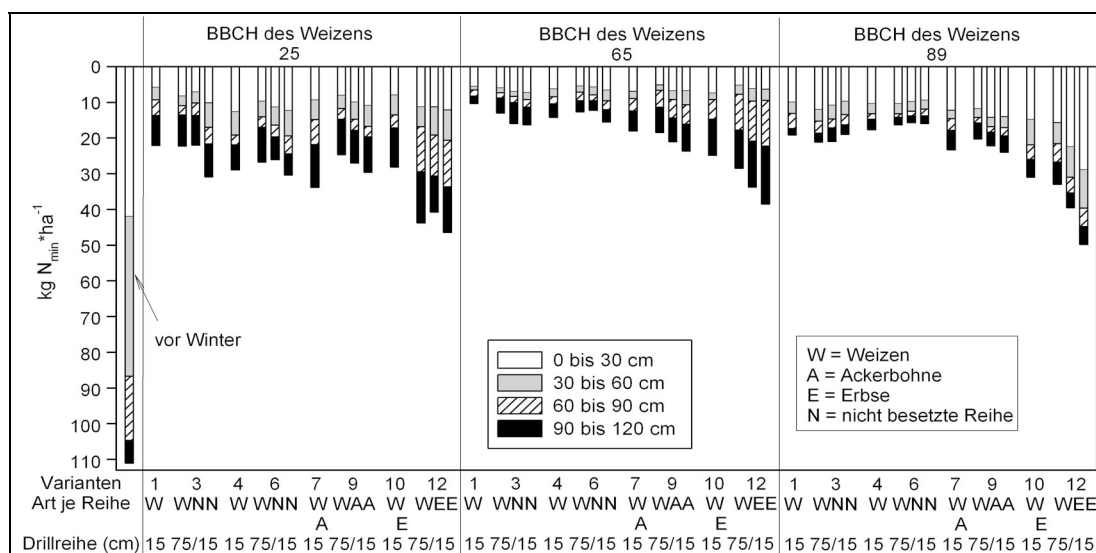


Abb. 1: CaCl₂-extrahierbarer N_{min} -Stickstoff im Boden in den Varianten Weizenreinsaat 1, 3, 4 und 6 sowie den Gemengesaaen 7, 9 mit Ackerbohne bzw. 10, 12 mit Erbse am Standort Stöckendrebber

In den am weitesten entfernten, mit einer Körnerleguminose besetzten Reihe lagen im Mittel zum zweiten Erntetermin an beiden Standorten signifikant höhere N_{min} -Mengen im Unterboden vor als in den am weitesten entfernten „unbesetzten“ Reihen der Weizenreinsaatvarianten 3 und 6. Zur Kornreife des Weizens waren diese Unterschiede noch vorhanden, wobei der Weizen einen Teil des Stickstoffs unter der am weitesten entfernten Körnerleguminosenreihe erst in der Phase der Kornfüllung nutzte (Tab. 3). Der Rohproteingehalt im Weizenkorn spiegelte diese in Zeit und Raum unterschiedliche Nutzung des bodenbürtigen Stickstoffs wieder: So war im Mittel aller Weizenreinsaaten mit 9,9/9,4 % (REI/STÖ) ein signifikant ($P = 0,001$ und $0,01$) geringerer Rohproteingehalt gegenüber dem Mittel aller Gemengevarianten (12,8/11,4 % REI/STÖ) zu verzeichnen. Auch JENSEN (1986) stellte in verschiedenen Gemengeanbauformen

immer einen höheren N-Gehalt im Korn des Sommerweizens im Gemenge mit Ackerbohne fest. Am Standort Reinshof erzielte der Weizen im Gemenge mit der Acker-

Tab. 3: N_{\min} -Mengen ($\text{kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$) im Unterboden (60 bis 120 cm) unter der am weitesten entfernten „unbesetzten“ bzw. durch eine Körnerleguminose besetzte Reihe im Mittel der Weizen-Varianten mit einem Reihenabstand von 75 cm

Variante	Reinshof				Stöckendrebber			
	BBCH 65		BBCH 89		BBCH 65		BBCH 89	
3 und 6	5,6	b ^{**1)}	1,9	b [*]	6,6	b [*]	4,8	b [*]
9 und 12	30,8	a ^{**}	11,2	a [*]	13,5	a [*]	8,5	a [*]

¹⁾ verschiedene Buchstaben innerhalb der Spalten kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen Rein- und Gemengesaat zu den einzelnen Terminen; * $P = 0,05$; ** $P = 0,01$; *** $P = 0,001$

bohne (Mittel = 14,1 %) signifikant ($P = 0,001$) höhere Kornproteingehalte als im Gemenge mit der Erbse (Mittel = 11,5 %). Am Standort Stöckendrebber trat der umgekehrte Fall ein (10,0 zu 12,8 %; $P = 0,001$). Zu beobachten war, dass am Standort REI die Ackerbohne und am Standort STÖ eher die Erbse eine stärkere Konkurrenz auf den Weizen ausübte. Vermutlich aufgrund der deutlich höheren N_{\min} -Mengen im Unterboden konnte am Standort Reinshof eine Reihung der Proteingehalte im Korn von 9,6 % im Mittel der 100 % Reinsaatvarianten über 10,1 % im Mittel der 20 % Reinsaatvarianten bis zu den Gemengevarianten (Mittel = 12,8 %) festgestellt werden. Am Standort Reinshof hat sich vor allem der Gemengeanbau mit einer Körnerleguminose als effiziente Strategie zur Erzeugung hoher Kornproteingehalte bei Winterweizen erwiesen (Tab. 4). Die Standraumzuteilung row-strip intercropping erwies sich im Hinblick auf die Kornproteingehalte des Weizens vorteilhafter als ein üblicher Gemengeanbau (mixed intercropping).

Tab. 4: Rohproteingehalte (%) im Korn des Weizens am Standort Reinshof 2004

Variante	Reinsaat 100 %			Reinsaat 20 %			Gemenge mit Ackerbohne			Gemenge mit Erbse		
	Variante			Variante			Variante			Variante		
1	9,0	b ^{**1)}		4	9,5	b ^{**}	7	12,7	b [*]	10	10,1	b [*]
3	10,6	a ^{**}		6	10,9	a ^{**}	9	15,4	a [*]	12	13,1	a [*]

¹⁾ verschiedene Buchstaben innerhalb der Spalten kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen Weizen in 15 cm und 75 cm Drillabstand; * $P = 0,05$; ** $P = 0,01$; *** $P = 0,001$

Schlussfolgerungen:

Die Untersuchungen zeigen, dass über die Anbauform (Reinsaat bzw. Gemengebau mit einer Körnerleguminose), durch die Saatstärke und die Standraumzuteilung (Reihenweite) Einfluss auf die zeitliche und räumliche Nutzung des Vorrates an mineralischem Stickstoff im Boden durch Winterweizen genommen werden kann. Im Gemenge gewährleistete die Konkurrenz durch eine Körnerleguminose eine verzögerte N-Aufnahme des Weizens und hohe Proteingehalte im Weizenkorn.

Literatur:

- BMVEL (2004) Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung. Berlin, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 192 p
- Bulson H A J, Snaydon R W, Stopes C E (1997) Effects of plant density on intercropping wheat and field beans in an organic farming system. J Agric Sci, Cam, 128: 59-71
- Jensen E S (1986) Intercropping field bean with spring wheat. Vortr Pflanzenzüchtg 11: 67-75
- Kühlsen N, Wirries F-M, Haverkamp R, Büning-Pfaue, H (1999) Backqualität von Weizen aus Organischem Landbau; Untersuchungen für Maßgaben einer dafür optimalen Sorten- und Kulturwahl. Getreide Mehl u. Brot 53:12-15.
- Neumann H, Loges R, Taube F (2003) Bicropping im ökologischen Winterweizenanbau – eine Alternative zum Anbausystem der „Weiten Reihe“? Beiträge 7. Wiss Tg Ökol Ldb: 81-84
- Piorr H-P (1991) Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Diss, Bonn
- Pommer G (2003) Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. Beiträge 7. Wiss Tg Ökol Ldb: 69-72
- Söllinger J (2003) Ergebnisse zum System Weite Reihe bei Winterweizen im Oberösterreich. Beiträge 7. Wiss Tg Ökol Ldb: 73-76