

Das System „weite Reihe“ – Innovation für den ökologischen Winterweizenanbau?

VON HELGE NEUMANN, RALF LOGES und FRIEDHELM TAUBE, Kiel

1 Einleitung und Problemstellung

Im konventionellen Getreideanbau hat sich unter den Bedingungen des gemäßigten Klimas seit mehreren Jahrzehnten die Drillsaat mit Reihenweiten zwischen 10 cm und 15 cm durchgesetzt (11). Untersuchungen zur Frage des optimalen Getreidereihenabstandes wurden in Deutschland in einer Zeit durchgeführt, als im praktischen Anbau noch unterschiedliche Saatverfahren verbreitet waren (Übersichten in 7; 14; 32). Nachdem die Entwicklung der Drillsaat gegen Ende des 19. Jahrhunderts erstmals eine Unkrautbekämpfung zwischen den Getreidereihen ermöglicht hatte, führte die Einführung der Maschinenhacke in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vielfach zu einer Vergrößerung der Reihenweiten auf 20 cm, maximal auf 25 cm bis 30 cm (24; 61). Bedingt durch die Entwicklung von Netzegege und Striegel sowie den verstärkten Einsatz chemischer Pflegemaßnahmen (Herbizide) nahm die Bedeutung des Anbaus in erweiterten Reihenabständen wieder ab, da Unkräuter mit den neuen Verfahren unabhängig von der Reihenweite bekämpft werden konnten (24; 42; 61). Der Trend zu engeren Drillweiten wurde durch zahlreiche Versuche gestützt, die für eine Verringerung der Reihenweite Mehrerträge ergaben (Übersichten in 7; 14; 32; 61). In der Übergangszeit der beschriebenen Entwicklungen dominierten in Deutschland mittlere Getreidereihenabstände von 16 cm, je nach Region kamen jedoch auch noch Reihenweiten von bis zu 20 cm zum Einsatz (7; 42; Abb. 1). In der unterschiedlichen Verbreitung der Saatverfahren spiegelten sich im Wesentlichen die lokalen Besonderheiten von Boden und Klima wieder. Weitere Reihenabstände fanden sich überwiegend in Gebieten mit günstigeren Standortverhältnissen (7), was den Anbauempfehlungen der Zeit entsprach (14; 25). Die regional unterschiedliche Wahl von Reihenabständen in Schleswig-Holstein (siehe Abb. 1) begründete BOEKHOLT (7) wie folgt: „Ähnlich wie in den Höhenlagen West- und Süddeutschlands sind die im östlichen Schleswig-Holstein – mit Ausnahme der Insel Fehmarn – vorherrschenden engen Drillweiten klimatisch bedingt. Das langsame Frühjahrswachstum und die meist günstigen Voraussetzungen für einen „kräftigen Fuß“ der heranwachsenden Bestände sprechen in Verbindung mit der Notwendigkeit, der durch die klimatischen Verhältnisse geförderten Verunkrautungsgefahr entgegenzuwirken, auch hier dafür, das Getreide mit höheren Saatstärken eng zu drillen. Dagegen sind in Übereinstimmung mit den phänologischen Verhältnissen zunehmend in Richtung auf die Marschen Westholsteins, Oldenburgs und Ostfriesland an der Nordseeküste entlang weitere Drillweiten üblich.“

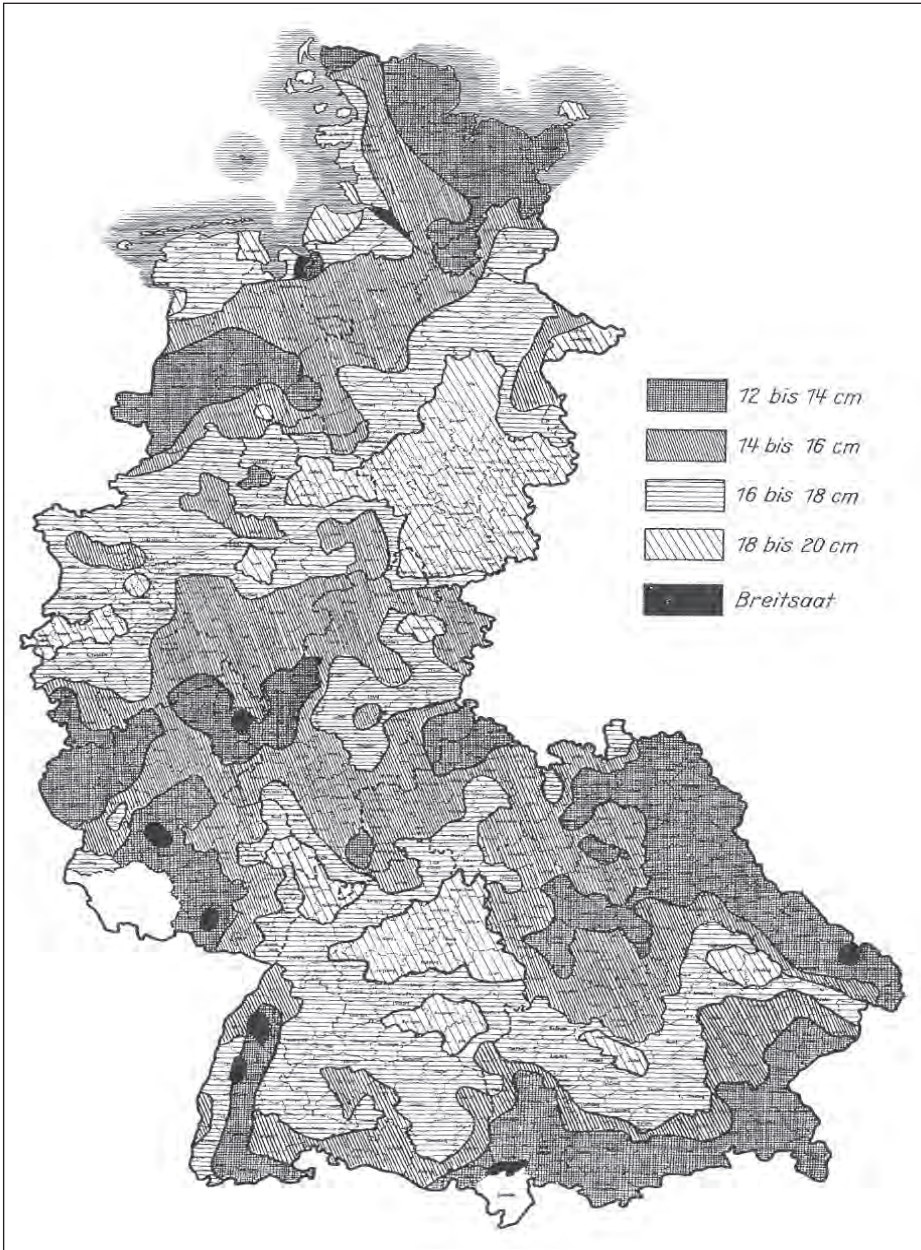


Abb. 1. Drillweiten im Getreideanbau in Deutschland um 1958 [kartografische Darstellung der Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage bei Landwirtschaftsschulen und Wirtschaftsberatungsstellen (n = 452)]

Quelle: (7)

Im ökologischen Landbau werden chemisch-synthetisch hergestellte Unkrautbekämpfungsmittel nicht eingesetzt (2). Um zu verhindern, dass unerwünschte Wildpflanzen massenhaft auftreten, stehen verschiedene vorbeugende Maßnahmen (z. B. Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Saatzeitpunkt und Saattiefe) sowie direkte mechanische und thermische Maßnahmen zur Verfügung (2; 26; 27). Im ökologischen Getreideanbau beschränkt sich die direkte Unkrautkontrolle zumeist auf den Einsatz des Striegels (27; 58). Ein hoher Unkrautbesatz kann je nach Standort jedoch die Regulation mit einer Maschinenhacke erfordern, und so einen Anbau in erweiterten Getreidereihenabständen bedingen (27; 55). Der Einsatz der Hacke erfordert je nach Verfahren Reihenabstände von maximal 20 cm bis 25 cm (doppelter Normalabstand) (27; 31; 47; 55). Von übermäßig erweiterten Reihenabständen wurde bisher abgeraten, da sich die Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern sowie die Standraumausschöpfung der Getreidepflanzen im Vergleich zu eng gestellten Saatreihen verschlechtern (26; 27; 55; vgl. 13; 33).

Anfang der 1990er-Jahre erprobte der Landwirt J. STUTE auf seinem ökologisch bewirtschafteten Ackerbaubetrieb in Norddeutschland (Niedersachsen) den Getreideanbau mit ungewöhnlich großen Reihenweiten von bis zu 81 cm (57). Die Erweiterung des Reihenabstandes hatte zum Ziel, in der Getreidefruchtfolge optimale Bedingungen für kleereiche Untersaaten zu schaffen (57). Ab Reihenweiten von 35 cm bis 60 cm vermutete J. STUTE zudem verbesserte Kornqualitäten (57). Da bei der Vermarktung von ökologisch erzeugtem Weizen je nach Höhe des erzielten Kornrohproteingehaltes Preisaufschläge gewährt werden (8; 36; 58), die von der abnehmenden Hand geforderten Mindestwerte sich jedoch auch mit optimierten Anbauverfahren (z. B. Fruchtfolgegestaltung, organische Düngung) vielfach nicht erzielen lassen (10; 44; 58), erschien das System „Stute“ als eine interessante Alternative zu den bisher üblichen Anbausstrategien (1; 17). Das „weite Reihe“-Verfahren fand im Beratungswesen und in der Praxis rasch eine weitere Verbreitung (1; 15; 17). Die ersten Ernteergebnisse aus Schleswig-Holstein deuteten darauf hin, dass sich durch eine Steigerung des Reihenabstandes auf 30 cm bis 50 cm im Vergleich zum herkömmlichen Anbau von Winterweizen überwiegend höhere Kornrohproteingehalte bei nicht zwingend oder nur leicht geringeren Kornerträgen erzielen ließen (1; 15; 17).

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „ökologischer Landbau und extensive Landnutzungssysteme“ der Universität Kiel wurde in den Erntejahren 1999 bis 2003 eine Versuchsserie zum ökologischen Weitreihenbau von Winterweizen durchgeführt. In verschiedenen Experimenten wurden neben einem weiten Gradienten an Reihenabständen weitere Anbaufaktoren in Wechselwirkung mit der Reihenweite geprüft. Da aus älteren Versuchen bekannt ist, dass Getreidesorten unterschiedlich auf eine Variation der Standweite oder Saatstärke reagieren können (7; 14; 19; 29; 64), wurden drei unterschiedliche Winterweizensortentypen auf ihre Eignung für den Weitreihenbau getestet. Um die Standraumverteilung der Weizenpflanzen zusätzlich zu beeinflussen, wurde in einem weiteren zweijährigen Experiment die Aussaatstärke parallel mit der Reihenweite variiert (vgl. 5). Erweiterte Reihenabstände erlauben eine intensivere Unkrautregulation mit der Maschinenhacke (31; 39; 47; siehe oben). Verschiedene Arbeiten deuten darauf hin, dass mechanische Pflegemaßnahmen das Wachstum von Kulturpflanzen durch „bodenverbessende Nebenwirkungen“ fördern können (Übersichten in 42; 44; 47). In einem weiteren Parzellenversuch wurden deshalb unterschiedliche Intensitäten der mechanischen Unkrautregulation getestet.

Die Versuche zum Anbausystem der „weiten Reihe“ hatten zum Ziel, (a) das Verfahren wissenschaftlich zu analysieren sowie (b) zu überprüfen, ob und inwieweit durch die Variation der genannten zusätzlichen Anbaufaktoren die Kornerträge und -qualitäten (in Wechselwirkung mit der Reihenweite) optimiert werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsstandort und Witterung

Die Feldversuche wurden auf dem Lindhof, dem Versuchsgut für ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme der Universität Kiel, durchgeführt. Der Betrieb liegt circa 20 km nördlich von Kiel im Jungmoränengebiet Schleswig-Holsteins (53° 40,3' N; 10° 34,9' O). Auf den Versuchsflächen dominieren Braun- und Parabraunerdetypen mit 40 bis 45 Bodenpunkten, die Hauptbodenarten bilden lehmige Sande bis sandige Lehme (66).

Die am Versuchsstandort im Untersuchungszeitraum 1999 bis 2003 ermittelten Niederschläge und Temperaturen sind in der Tabelle 1 sowie Abbildung 2 aufgeführt. Im Vergleich zum langjährigen Mittel fielen insbesondere in den Jahren 2000, 2001 und 2003 geringere Niederschläge. Das Erntejahr 2002 zeichnete sich hingegen durch vergleichsweise hohe Sommer- und Jahresniederschläge aus. In den Jahren 1998 und 2001 und 2002 traten im Herbst starke Regenfälle auf, so dass die Aussaatbedingungen ungünstiger als in den anderen beiden Versuchsjahren waren. Die Jahresdurchschnittstemperaturen lagen in allen Untersuchungsjahren leicht über dem langjährigen Mittel.

Tabelle 1. Niederschläge (mm) und Temperaturen (°C) am Versuchsstandort in den Versuchsjahren 1999 bis 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1980 bis 2003 (Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Kiel-Holtenau)

Erntejahr	Niederschlag (mm)		Temperatur (°C)
	Jahressumme	Summe Ansaat – Ernte*	Jahresmittel
1999	711	619	9,6
2000	472	502	9,6
2001	653	353	9,3
2002	1040	844	10,2
2003	528	513	9,0
1980 – 2003	774	642	8,7

*: 1. Oktober Vorjahr bis 31. Juli Erntejahr

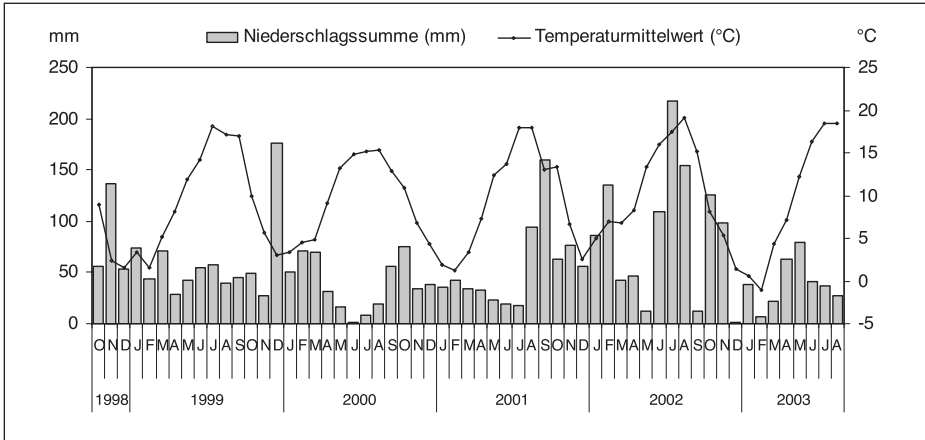


Abb. 2. Monatliche Niederschlagssummen (mm) und Durchschnittstemperaturen (°C) am Versuchstandort im Untersuchungszeitraum 1999 bis 2003

2.2 Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Es wurden fünf Experimente durchgeführt. Als Versuchsanlagen dienten zwei- und dreifaktorielle kombinierte Spalt-Block-Anlagen in dreifacher Wiederholung. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die in den Experimenten geprüften Faktoren und Faktorstufen sowie die jeweils erhobenen Parameter.

Tabelle 2. Versuchsfaktoren, Faktorstufen sowie Untersuchungsparameter der „weite Reihe“ – Experimente in den Erntejahren 1999 bis 2003

Experiment	Versuchsfaktoren und Faktorstufen					Parameter
	Versuchsjahr	Reihenabstand	Sorte	Saatstärke	Pflege	
	1999 2000 2001 2002 2003	12 cm 24 cm 36 cm 36/12 cm (DR) 48 cm	Batis (A) Bussard (E) Renan (A)	100 Körner/m ² 200 Körner/m ² 300 Körner/m ²	Striegeln (Str.) Str. + 1 x Hacken Str. + 3 x Hacken	Kornertrag N-Gehalt Korn Ertragsstruktur
<i>Exp. (I)</i>	x x	x x x x	x x x	x x x	/	x x
<i>Exp. (II)</i>	x x	x x x	x x x	/	x x x	x x
<i>Exp. (III)</i>	x x	x x	x x x	/	/	x x
<i>Exp. (IV)</i>	x x x x x	x x	x x x	/	/	x x
<i>Exp. (V)</i>	x x x	x x x	x x x	/	/	x x x

A: A-Weizen; E: E-Weizen; DR: Doppelreihe; /: kein Versuchsfaktor, Standardmaßnahme/-pflege

Die Faktoren Reihenweite und Weizensortentyp wurden in allen Versuchen getestet. Die Prüfung des Reihenabstandes erfolgte jeweils auf Großteilstücken, die des Weizensortentyps auf randomisiert angeordneten Kleinteilstücken. Die Reihenweite wurde in den verschiedenen Experimenten in unterschiedlichen Stufen variiert. Die Prüfung der Sortentypen erfolgte in allen Versuchen einheitlich. Zum Einsatz kamen ein reiner Massen-/Futterweizen (Sorte „Batis“), ein ertragreicher Qualitätsweizen („Bussard“) sowie eine stark qualitätsbetonte Sorte („Renan“) [Einstufung der Weizensorten nach Verordnung (EWG) Nr. 2002/91 (3)].

In Experiment (I), „Saatstärke“, wurde auf den Kleinteilstücken zusätzlich die Aussaatsstärke variiert (100, 200, 300 Körner/m²). Der Faktor Reihenweite beinhaltete die Stufen 12 cm (Kontrolle), 24 cm und 36 cm sowie eine weite Doppelreihe, bei der einem Abstand von 12 cm jeweils eine Reihenweite von 36 cm folgte [„Licht-Schacht“-Saat, (24)]. In Experiment (II), „mechanische Pflege“, wurden neben den Faktoren Reihenweite (12 cm, 24 cm, 36 cm) und Weizensorte verschiedene mechanische Pflegeintensitäten geprüft. Im Vergleich zur Kontrolle (ausschließlich Striegeln) wurde nach einmaligem Striegeln ein- bzw. dreimal gehackt. Parzellen, die im Normalabstand angesät waren, wurden an den entsprechenden Hack-Terminen gestriegelt. Experiment (III), „extremer Weitreihenbau“, wurde durchgeführt, um neben den Reihenweiten von 12 cm und 36 cm zusätzlich die „weite Reihe“ von 48 cm zu testen. Experiment (IV), „Jahreseffekte“, beinhaltete die fünfjährige Verrechnung der Faktoren Reihenweite (12 cm, 36 cm) und Weizensortentyp. In drei der fünf Versuchsjahre wurden die Parameter der Ertragstruktur erhoben [Experiment (V), „Ertragsstruktur“]. Die Analysen erfolgten für die Reihenweiten von 12 cm, 24 cm und 36 cm sowie für die drei Weizensorten. Die Bestimmung des Kornertrages sowie der Tausendkornmasse (TKM) erfolgte an den maschinell gereinigten Kornproben der Druschernte. Die Bestandesdichte wurde wenige Tage vor der Druschernte ermittelt, indem die Ähren tragenden Halme einer 0,25 m² großen Probenahme fläche direkt über der Bodenoberfläche abgeschnitten und anschließend ausgezählt wurden. Die Anzahl an Körnern je Ähre wurde errechnet. Die Ermittlung der Trockenmasse der oberirdischen Sprossmasse erfolgte an einer jeweils repräsentativen Unterprobe (Trocknung bei 65 °C für 48 Stunden). Die getrockneten Sprossmasse- und Kornproben wurden für die Bestimmung der Stickstoff-Gehalte mit einer Hochgeschwindigkeitsmühle vermahlen (Siebporndurchmesser 1 mm). Die Analyse der N-Gehalte erfolgte mit dem indirekten Verfahren der Nah-Infrarot-Reflexionsspektroskopie (Foss NIRS 5000). Die für die Kalibration ausgewählten Proben wurden mit einem Elementaranalysator vario MAX CN analysiert. Die statistischen Kennzahlen der erstellten Kalibrationsgleichungen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Der Kornrohproteingehalt wurde durch Multiplikation des N-Gehaltes mit dem Faktor 5,71 errechnet (23) und vereinfachend als indirekter Parameter für die Backqualität herangezogen (siehe 28). Die N-Aufnahme in die oberirdische Sprossmasse wurde aus dem Produkt der Trockenmasse und der N-Konzentration in der Sprossmasse bestimmt. Die in den Ergebnisdarstellungen angegebenen Kornerträge beziehen sich auf 0% Kornfeuchte.

Tabelle 3. Statistische Kennzahlen der NIRS-Kalibration und NIRS-Validation für den Stickstoffgehalt (%) im Korn sowie in der oberirdischen Sprossmasse von Winterweizen in den Erntejahren 1999 bis 2003

Material	n	Mw	min-max	SD	SEC	SEV	RSQ
Korn	261	1,83	1,25 – 2,78	0,28	0,04	0,06	0,98
Sprossmasse	232	2,31	0,28 – 5,99	1,60	0,13	0,10	0,99

n: Anzahl der Kalibrationsproben, Mw: Mittelwert der Kalibrationsproben, min-max: minimaler-maximaler Wert, SD: Standardabweichung, SEC: Standardschätzfehler der Kalibration, SEV: Standardschätzfehler unabhängiger Validationsproben, RSQ: Bestimmtheitsmaß

Die Feldversuche wurden jeweils auf Winterweizenschlägen des Versuchsbetriebes angelegt. Die Weizenaussaat erfolgte ortsüblich zwischen dem 5. und 15. Oktober. Die Vorfrucht (schnittgenutztes Klee gras) wurde unmittelbar vor der Versuchsanlage umgebrochen. Da die Variation der Saatstärke in den ersten beiden Versuchsjahren keine signifikanten Effekte ergab [siehe Ergebnisse Experiment (I)], erfolgte die Weizenansaat in allen folgenden Experimenten standortüblich mit 300 Körnern je m². Eine alleinige Rücknahme der Aussaatstärke bei Anbau in „weiter Reihe“ (siehe z. B. 40) hätte keine Aussage darüber zugelassen, ob bzw. zu welchem Anteil etwaige Effekte aus der Reihenweiten- oder der Saatstärkenänderung resultieren (32). Die Getreideernte wurde im Kerndruschverfahren mit einem Parzellenmähdröschler der Firma Haldrup durchgeführt. Die Druschfläche betrug 1,75 m * 6,00 m. Der Erntetermin lag alljährlich im Zeitraum Ende Juli bis Mitte August (31.7. – 16.8.).

2.3 Statistische Auswertungen

Die statistischen Auswertungen erfolgten durch mehrfaktorielle Varianzanalysen. Die Verrechnungen wurden aufgrund der Versuchsanlagen mit der Prozedur „proc mixed“ durchgeführt (6). Bei der Erstellung der statistischen Modelle wurde neben den in Tabelle 2 aufgeführten festen Faktoren jeweils der zufällige Effekt „Block innerhalb Jahr“ berücksichtigt. Signifikanzen wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% mit dem F-Test geprüft. Vor den statistischen Auswertungen wurden die Residuen der Daten auf Normalverteilung und Varianzhomogenität überprüft. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Bonferroni-Holm-Verfahren (20).

3 Ergebnisse

Die Experimente ergaben für die Parameter Kornertrag, Kornrohproteingehalt und Korn-N-Entzug bis auf eine Ausnahme [Experiment (III), siehe unten] keine signifikanten Zweifach- oder Dreifach-Interaktionen der getesteten Faktoren (vgl. Tab. 4 und 9). Sofern nicht anders angegeben, werden die Haupteffekte der Prüffaktoren dargestellt.

Tabelle 4. F-Werte und Signifikanzniveaus (Sign.) der Varianzanalysen für den Einfluss der in den Experimenten (I) – (IV) getesteten Faktoren auf die Parameter Kornertrag, Kornrohproteingehalt und N-Entzug mit dem Korn

Jahre	Varianzursache	F-Wert/Sign.					
		Kornertrag		Kornrohproteingehalt		N-Entzug Korn	
1999, 2000 [Experiment (I), „Saatstärke“, n = 216]	Jahr	19,8	*	11,5	*	28,1	*
	Reihenweite	48,4	***	2,1	n.s.	37,0	***
	Saatstärke	2,7	n.s.	0,1	n.s.	1,7	n.s.
	Sorte	72,2	***	187,9	***	8,1	***
	Jahr*Reihenweite	2,9	*	0,3	n.s.	2,5	n.s.
	Jahr*Saatstärke	1,6	n.s.	0,1	n.s.	0,5	n.s.
	Jahr*Sorte	7,4	***	2,6	n.s.	4,2	*
	Reihenweite*Saatstärke	1,0	n.s.	1,0	n.s.	1,5	n.s.
	Reihenweite*Sorte	0,9	n.s.	0,5	n.s.	1,1	n.s.
	Saatstärke*Sorte	0,3	n.s.	1,4	n.s.	0,2	n.s.
2001, 2002 [Experiment (II), „mechanische Pflege“, n = 162]	Jahr	8,7	*	0,1	n.s.	7,1	n.s.
	Reihenweite	13,8	***	2,2	n.s.	3,9	*
	Pflege	3,6	*	1,5	n.s.	1,3	n.s.
	Sorte	61,9	***	3,0	n.s.	21,0	***
	Jahr*Reihenweite	0,5	n.s.	0,3	n.s.	0,5	n.s.
	Jahr*Pflege	1,0	n.s.	0,2	n.s.	0,5	n.s.
	Jahr*Sorte	2,7	n.s.	1,1	n.s.	0,9	n.s.
	Reihenweite*Pflege	0,1	n.s.	0,7	n.s.	0,6	n.s.
	Reihenweite*Sorte	1,9	n.s.	0,4	n.s.	1,1	n.s.
	Pflege*Sorte	1,4	n.s.	0,7	n.s.	1,7	n.s.
2001, 2003 [Experiment (III), „extremer Weit- reihenbau“, n = 54]	Jahr	18,6	*	9,9	*	31,8	**
	Reihenweite	8,1	**	6,8	**	3,8	*
	Sorte	8,7	***	34,3	***	2,6	n.s.
	Jahr*Reihenweite	0,4	n.s.	0,3	n.s.	0,3	n.s.
	Jahr*Sorte	2,3	n.s.	0,5	n.s.	2,3	n.s.
	Reihenweite*Sorte	0,8	n.s.	2,9	*	0,7	n.s.
1999 – 2003 [Experiment (IV), „Jahreseffekte“, n = 90]	Jahr	6,4	**	9,2	**	7,9	**
	Reihenweite	29,7	***	2,6	n.s.	9,0	**
	Sorte	35,4	***	11,0	***	9,1	***
	Jahr*Reihenweite	3,1	*	0,3	n.s.	2,1	n.s.
	Jahr*Sorte	2,3	*	1,0	n.s.	1,5	n.s.
	Reihenweite*Sorte	1,8	n.s.	1,2	n.s.	2,9	n.s.

n.s.: nicht signifikant ($p \geq 5,0\%$), *: signifikant ($5,0\% > p \geq 1,0\%$), **: hoch signifikant ($1,0\% > p \geq 0,1\%$), ***: sehr hoch signifikant ($0,1\% > p$); Dreifach-Wechselwirkungen waren für keinen der aufgeführten Parameter signifikant und sind nicht mit aufgeführt

3.1 Aussaatstärke und mechanische Pflege – Experimente (I) und (II)

Die Variation der Aussaatstärke hatte keinen signifikanten Effekt auf die erhobenen Parameter (s.Tab. 4 und 5). Die Steigerung der Intensität der mechanischen Pflege ergab einen signifikanten Mehrertrag von 1,6 dt/ha (3-mal Hacken) bzw. 2,3 dt/ha (1-mal Hacken), hatte jedoch keinen absicherbaren Einfluss auf den Kornrohproteingehalt sowie den Korn-N-Entzug (Tab. 6).

Tabelle 5. Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte, Aussaatstärke und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Kornrohproteingehalt (%) und den N-Entzug mit dem Korn (kg/ha) von ökologisch angebautem Winterweizen [Experiment (I), „Saatstärke“; Mittel über drei Wiederholungen]

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag	Kornrohprotein	N-Entzug Korn
		(dt/ha)	(%)	(kg/ha)
Reihenabstand	12 cm	37,6 a	10,1	66,4 a
	24 cm	31,3 b	10,2	55,6 b
	36/12 cm DR	30,3 b	10,0	52,6 bc
	36 cm	27,7 c	10,2	49,4 c
	SE/Sign.	1,5 ***	0,1 n.s.	2,6 ***
Weizensorte	Batis	36,4 a	9,3 c	59,4 a
	Bussard	31,1 b	9,9 b	54,3 b
	Renan	27,6 c	11,1 a	54,2 b
	SE/Sign.	1,4 ***	0,1 ***	2,5 ***
Aussaatstärke	100 K./m ²	30,7	10,1	54,5
	200 K./m ²	32,4	10,1	57,1
	300 K./m ²	32,0	10,1	56,4
	SE/Sign.	1,4 n.s.	0,1 n.s.	2,5 n.s.
Jahr	1999	25,7	9,8	43,6
	2000	37,7	10,4	68,3
	SE/Sign.	1,9 *	0,1 *	3,3 *

DR: Doppelreihe; K./m²: Körner/m²; SE/Sign.: Standardfehler/Signifikanz (F-Test, siehe Tab. 4); signifikante Unterschiede multipler Mittelwertvergleiche sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

Tabelle 6. Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte, Intensität der mechanischen Pflege und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Kornrohproteingehalt (%) und den Korn-N-Entzug (kg/ha) von ökologisch angebautem Winterweizen [Experiment (II), „mechanische Pflege“; Mittel über drei Wiederholungen]

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag	Kornrohprotein	N-Entzug Korn
		(dt/ha)	(%)	(kg/ha)
Reihenabstand	12 cm	36,0 a	11,4	71,9 a
	24 cm	31,5 b	11,8	64,6 b
	36 cm	32,7 b	11,9	68,7 ab
	SE/Sign.	1,0 ***	0,2 n.s.	2,5 *
Weizensorte	Batis	39,0 a	11,4	78,0 a
	Bussard	31,8 b	11,6	64,8 b
	Renan	29,4 c	12,1	68,7 b
	SE/Sign.	1,0 ***	0,2 n.s.	2,5 ***
Mechanische Pflege	Striegeln	32,1 b	11,8	66,1
	Striegeln + 1 x Hacken	34,4 a	11,4	68,9
	Striegeln + 3 x Hacken	33,7 ab	11,9	70,2
	SE/Sign.	1,0 *	0,2 n.s.	2,5 n.s.
Jahr	2001	30,9	11,7	63,2
	2002	35,9	11,7	73,6
	SE/Sign.	1,2 *	0,2 n.s.	2,8 n.s.

3.2 Reihenweite – Experimente (I) – (V)

Der Anbau in „weiter Reihe“ ergab in allen Experimenten signifikant geringere Kornerträge und Korn-N-Entzüge (Tab. 4 bis 10). Die Ertragsdifferenz betrug im Vergleich zum Normalabstand 3,3 dt/ha (-9,2 %) bis 9,9 dt/ha (-26,3 %). Der Kornrohproteingehalt wurde nur in Experiment (III), „extremer Weitreihenbau“, absicherbar durch die Variation des Reihenabstandes beeinflusst (Tab. 7). Die „weiten Reihen“ von 36 cm und 48 cm ergaben im Vergleich zur Kontrolle im Mittel der Erntejahre und getesteten Sorten um absolut 0,6 bzw. 0,8 Prozentpunkte erhöhte Rohproteingehalte im Korn. Die weite Doppelreihe (36 cm/12 cm) erzielte gleich hohe Erträge und Kornrohproteingehalte wie der Reihenabstand von 24 cm [Experiment (I); Tab. 5].

Tabelle 7. Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Kornrohproteingehalt (%) und den Korn-N-Entzug (kg/ha) von ökologisch angebautem Winterweizen [Experiment (III), „extremer Weitreihenbau“; Mittel über drei Wiederholungen]

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag	Kornrohprotein	N-Entzug Korn
		(dt/ha)	(%)	(kg/ha)
Reihenabstand	12 cm	45,4 a	11,6 b	79,6 a
	36 cm	40,3 b	12,2 a	75,4 ab
	48 cm	37,0 b	12,4 a	68,3 b
	SE/Sign.	1,5 **	0,2 **	2,9 *
Weizensorte	Batis	45,8 a	11,1 c	76,7
	Bussard	37,3 b	12,1 b	69,1
	Renan	39,7 b	13,0 a	77,6
	SE/Sign.	1,5 ***	0,2 ***	2,9 n.s.
Jahr	2001	37,2	11,6	64,9
	2003	44,7	12,5	83,9
	SE/Sign.	1,2 *	0,2 *	2,4 **

Tabelle 8. Einfluss von Reihenabstand, Weizensorte und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Kornrohproteingehalt (%) und den Korn-N-Entzug (kg/ha) von ökologisch angebautem Winterweizen [Experiment (IV), „Jahreseffekte“; Mittel über drei Wiederholungen]

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag	Kornrohprotein	N-Entzug Korn
		(dt/ha)	(%)	(kg/ha)
Reihenabstand	12 cm	39,3	11,0	75,1
	36 cm	33,4	11,3	65,8
	SE/Sign.	1,2 ***	0,2 n.s.	2,6 **
Weizensorte	Batis	42,7 a	10,7 b	79,5 a
	Bussard	34,2 b	10,9 b	64,2 b
	Renan	32,2 b	11,8 a	67,6 b
	SE/Sign.	1,3 ***	0,2 ***	3,0 ***
Jahr	1999	31,8 b	9,8 c	53,9 c
	2000	43,9 a	10,4 bc	76,8 ab
	2001	29,9 b	11,7 ab	61,4 bc
	2002	35,9 ab	11,5 ab	72,5 abc
	2003	40,4 ab	12,4 a	87,6 a
	SE/Sign.	2,3 **	0,4 **	4,7 **

Tabelle 9. F-Werte und Signifikanzniveaus (Sign.) der Varianzanalyse für den Einfluss der Faktoren Versuchsjahr, Reihenweite und Sorte auf die Parameter Kornertrag, Kornrohproteingehalt (RP), Tausendkornmasse (TKM), Anzahl Ähren tragende Halme (Ähren/m²), Anzahl an Körnern je Ähre (K./Ähre), Einzelährenertrag (EÄE) und N-Aufnahme in die Sprossmasse (N-Aufn.) in den Jahren 1999, 2001 und 2002 [Experiment (V), „Ertragsstruktur“; n = 81; Mittel über drei Wiederholungen]

Varianz- ursache	F-Wert/Sign.													
	Ertrag		RP		TKM		Ähren/m ²		K./Ähre		EÄE		N-Aufn.	
<i>Jahr</i>	5,1	n.s.	7,1	*	16,2	**	21,2	**	13,6	**	2,9	n.s.	4,6	n.s.
<i>Reihenweite</i>	8,2	***	0,9	n.s.	0,9	n.s.	8,1	***	0,1	n.s.	0,0	n.s.	1,1	n.s.
<i>Sorte</i>	54,2	***	4,4	*	110,8	***	1,0	n.s.	41,3	***	47,5	***	4,0	*
<i>Jahr</i>	0,6	n.s.	0,3	n.s.	1,3	n.s.	2,8	*	2,0	n.s.	1,0	n.s.	3,9	**
<i>*Reihenweite</i>														
<i>Jahr *Sorte</i>	3,1	*	0,7	n.s.	8,9	***	1,4	n.s.	2,9	*	2,4	n.s.	0,9	n.s.
<i>Reihenweite</i>	2,1	n.s.	0,6	n.s.	0,5	n.s.	1,5	n.s.	4,8	**	4,0	**	0,9	n.s.
<i>*Sorte</i>														

Tabelle 10. Einfluss von Reihenweite, Weizensorte und Versuchsjahr auf die Parameter Kornertrag (dt/ha), Kornrohproteingehalt (RP) (%), Tausendkornmasse (TKM) (g), Anzahl Ähren tragende Halme (Ähren/m²), Anzahl Körner je Ähre, Einzelährenertrag (EÄE) (g) und N-Aufnahme in die Sprossmasse (N-Aufn.) (kg/ha) von ökologisch angebautem Winterweizen in den Jahren 1999, 2001 und 2002 [Experiment (V), „Ertragsstruktur“; Mittel über drei Wiederholungen]

Faktor	Faktor- stufe	Ertrag (dt/ha)	RP (%)	TKM (g)	Ähren/ m ²	Körner/ Ähre	EÄE (g)	N-Aufn. (kg/ha)
<i>Reihen- weite</i>	12 cm	33,1 a	10,9	49,3	315,2 a	24,2	1,1	93,6
	24 cm	29,5 b	11,3	49,9	278,8 b	23,8	1,1	90,6
	36 cm	29,0 b	11,1	49,5	275,8 b	23,9	1,1	86,3
	SE/Sign.	1,5 ***	0,3 n.s.	0,5 n.s.	8,2 ***	0,8 n.s.	0,1 n.s.	5,3 n.s.
<i>Weizen- sorte</i>	Batis	36,8 a	10,8 b	52,9 a	281,3	28,1 a	1,3 a	98,1 a
	Bussard	28,7 b	10,9 b	45,8 c	294,9	24,0 b	1,0 b	85,7 b
	Renan	26,0 c	11,6 a	50,0 b	293,6	19,8 c	0,9 c	86,7 b
	SE/Sign.	1,3 ***	0,3 *	0,5 ***	8,2 n.s.	0,8 ***	0,1 ***	5,3 *
<i>Jahr</i>	1999	27,4	9,8 b	48,1 b	241,7 b	23,6 bc	1,1	71,2
	2001	28,8	11,8 a	53,2 a	309,1 a	20,7 c	1,0	100,9
	2002	35,3	11,7 a	47,4 b	318,9 a	27,7 a	1,1	98,5
	SE/Sign.	1,9 n.s.	0,4 *	0,8 **	9,1 **	1,0 **	0,1 n.s.	7,7 n.s.

3.3 Sortentyp – Experimente (I) – (V)

Der Weizensortentyp hatte in allen Experimenten einen signifikanten Effekt auf den Kornertrag und zeigte im Vergleich der Versuchsfaktoren den stärksten Einfluss auf die Ertragsleistung (Tab. 4 bis 10). Die höchsten Kornerträge wurden mit 36,4 dt/ha bis

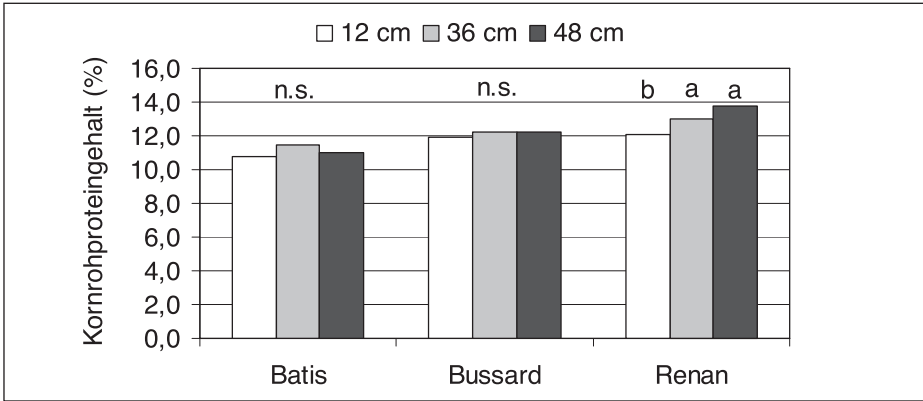


Abb. 3. Einfluss der Wechselwirkung Sorte*Reihenweite (SE/Sign. = 0,3*) auf den Kornrohproteingehalt (%) von ökologisch angebautem Winterweizen [Experiment (III); Mittel der Versuchsjahre 2001 und 2003; signifikante Unterschiede sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet; test of effect slices, slice = Sorte]

45,8 dt/ha jeweils durch die Sorte „Batis“ erzielt. „Renan“ wies mit 26,0 dt/ha bis 39,7 dt/ha die niedrigste Ertragsleistung auf. Die Sorte „Bussard“ erzielte ein mittleres Ertragsniveau. Im Hinblick auf den Kornrohproteingehalt zeigten die geprüften Weizensorten eine im Vergleich zu den Kornerträgen umgekehrte Abstufung, die sich jedoch nicht in allen Jahren statistisch absichern ließ. Die Sorte „Batis“ wies in drei von vier Experimenten den signifikant höchsten Korn-N-Entzug auf. Im Mittel der Jahre 2001 und 2003 [Experiment (III)] hatte der Sortentyp keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf den N-Entzug mit dem Korn.

Experiment (III), „extremer Weitreihenbau“, ergab eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren „Sorte“ und „Reihenweite“ (Tab. 4; Abb. 3). Die Sorte „Renan“ erzielte bei der „weiten Reihe“ von 36 cm bzw. 48 cm im Vergleich zur Kontrolle (12 cm) um 0,9 bzw. 1,7 Prozentpunkte höhere Rohproteingehalte im Weizenkorn. Die Kornrohproteingehalte der Sorten „Batis“ und „Bussard“ wurden hingegen nicht absicherbar durch die Variation des Reihenabstandes beeinflusst.

3.4 Ertragsstruktur – Experiment (V)

Die Ertragsstruktur wurde in den Erntejahren 1999, 2001 und 2002 in Abhängigkeit der Faktoren Reihenweite (12 cm, 24 cm, 36 cm) und Sortentyp („Batis“, „Bussard“, „Renan“) analysiert. Die Ergebnisse der Varianzanalyse sind in den Tabellen 9 und 10 aufgeführt.

Die Erweiterung des Reihenabstandes führte im Mittel der drei Versuchsjahre zu signifikanten Mindererträgen. Die Anzahl an Ähren tragenden Halmen je m² war bei den Reihenweiten von 24 cm und 36 cm im Vergleich zur Kontrolle um rund 12 % vermindert. Die TKM und die Anzahl an Körnern je Ähre zeigten keine absicherbare Reaktion auf die Variation des Reihenabstandes.

„Batis“ erzielte im Vergleich der drei geprüften Sortentypen die signifikant höchsten Kornerträge, die höchste Tausendkornmasse sowie die höchste Anzahl an Körnern je Ähre. Die Sorte „Renan“ war durch den niedrigsten Kornertrag, die geringste Kornzahl je Ähre und eine mittlere Tausendkornmasse gekennzeichnet. „Bussard“ nahm im Hinblick auf das Ertragsniveau sowie die Anzahl an Körnern je Ähre eine Mittelstellung ein, wies jedoch die geringste Tausendkornmasse der geprüften Sorten auf. Die Sortenwahl hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Bestandesdichte.

4 Diskussion

4.1 Reihenweite

Die geprüften „weite Reihe“-Systeme führten unter den gegebenen Standortbedingungen in allen Versuchsjahren zu signifikanten Mindererträgen. Aus dem historischen sowie konventionellen Getreideanbau liegen zahlreiche Arbeiten vor, die dieses Resultat bestätigen (21; 22; 30; 65, Übersicht in 32 bzw. 33). MÜLLE (32) verrechnete auf der Basis der Arbeiten von HOLLIDAY (18) und STRAND (56) die Ergebnisse von 78 Reihenabstandsversuchen aus den Jahren 1930 bis 1976 (zusammen 262 Umwelten). Die geprüften Getreidearten (Sommer-/Winterweizen, Sommer-/Wintergerste, Winterroggen, Hafer) folgten einer gemeinsamen linearen Regression, die für den geprüften Reihenabstandsbereich von 10 cm bis 20 cm einen relativen Ertragsrückgang von 0,70 % je Zentimeter Reihenweitenerhöhung aufwies. Bei Winterweizen betrug die entsprechende Abnahme 0,65 %. Als Ursache für den Mehrertrag bei engerem Reihenabstand wurde in Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen [siehe Experiment (IV)] in aller Regel eine höhere Bestandesdichte ermittelt (21; 22; 30; 65, Übersicht in 32 bzw. 33). Hierfür lassen sich verschiedene Gründe anführen. Eine Verringerung des Reihenabstandes verbessert bei unveränderter Saatstärke die Standraumzumahmung der einzelnen Pflanzen, da die Körnerfolge innerhalb der Reihe in den enger gestellten Saatreihen weniger dicht, und die Verteilung der Körner auf der Fläche damit gleichmäßiger ist (4; 5; 7; 13; 14; 18; 22; 33). Die einzelnen Pflanzen stehen besser verteilt im Luft- und Bodenraum und können den Boden bei verminderter intraspezifischer Konkurrenz ungestörter durchwurzeln (7; 33). Für den Anbau in engeren Reihenweiten wurden im Vergleich zu Weitreihenverfahren entsprechend ein höherer Feldaufgang, eine geringere Mortalität der Keimpflanzen sowie eine stärkere Bestockung nachgewiesen (30, Übersicht in 32 bzw. 33).

MÜLLE (32) maß auf der Basis einer umfangreichen Literaturrecherche Getreidereihenabständen von oberhalb 20 cm für die Anbauverhältnisse Mitteleuropas generell keine Bedeutung bei. Als historische Anbauverfahren mit weiteren Reihenabständen wurden in Deutschland vorübergehend die so genannte „Licht-Schachtsaat“ sowie die „Lossow-Saat“ bekannt. Bei der „Licht-Schachtsaat“ erfolgte die Aussaat in Doppelreihen von etwa 10 cm Abstand und mit Zwischenreihenabständen von 30 cm bis 35 cm (24; 41). Ziel des Verfahrens war eine länger fortgesetzte Hackarbeit, ein besseres Gedeihen von Untersaaten sowie eine Herabminderung der Lagerneigung (24). Die „Licht-Schachtsaat“ bewährte sich nur unter günstigen Anbaubedingungen (61). Mehrerträge ließen sich nicht erzielen (24). Auf trockeneren aber auch feuchteren Standorten führte das Verfahren zu Mindererträgen (61). Der „Lossow-Saat“ lag ein ähnliches Prinzip wie der „Licht-Schachtsaat“ zugrunde. Der Zwischenraum der Getreidereihen wurde dazu genutzt, den Boden mit einem Meißel zu lockern (51; 61; 62). Das „von Lossow“-Verfahren fand wie die „Licht-Schachtsaat“ keine weitere Verbreitung, da Wurzelschädigungen der erhofften Ertragserhöhung entgegenwirkten (42).

Zum „weite Reihe“-Verfahren im ökologischen Winterweizenanbau wurden im deutschsprachigen Raum infolge des ersten Erfahrungsberichtes von STUTE, J. (57) zahlreiche Feld- und Praxisversuche durchgeführt (6; 12; 15; 16; 17; 37; 40; 49; 50; 52; 63). Ergebnisse der Arbeiten wurden bisher nahezu ausschließlich in Tagungsbänden oder in Form von Projektberichten veröffentlicht. Statistische Angaben, die abgesicherte quantitative Aussagen zulassen, fehlen vielfach. Lediglich die Experimente von GERMEIER (12) sind umfassend in einem wissenschaftlich referierten Fachjournal dokumentiert. Eine zusammenfassende Bewertung der zum System der „weiten Reihe“ vorliegenden Ergebnisse ist auf der Basis der veröffentlichten Angaben sowie aufgrund der unterschiedlichen Versuchsanstellungen und Standortbedingungen nicht möglich.

Erweiterte Reihenabstände wurden für den ökologischen Weizenanbau unabhängig von der Fragestellung des „weite Reihe“-Verfahrens im Zusammenhang mit unterschiedlichen Verfahren der Unkrautregulation getestet. MELANDER (31) und RASMUSSEN (39) ermittelten für die Reihenweite von 24 cm in Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen [Experimente (I), (II) und (V)] signifikante Mindererträge. In Untersuchungen von SCHENKE (47) ergab die Steigerung des Reihenabstandes auf 22,5 cm lediglich in der Tendenz geringere Kornerträge. Die Mindererträge ließen sich im Mittel über drei Aussaatstärken, zwei Düngungsstufen und zwei Saatgutkorngrößen statistisch nicht absichern.

Der Kornrohproteingehalt wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur in einem von fünf Experimenten signifikant (positiv) durch den Anbau in „weiter Reihe“ (36 cm, 48 cm) beeinflusst. GERMEIER (12) testete den ökologischen Anbau von Winterweizen mit Zwischenreihenabständen von 75 cm. Die Ansaat des Weizens erfolgte mit einer jährweise unterschiedlichen Beisat von Wildkräutern. In einem von zwei Versuchsjahren wurde das Getreide direkt und in einer Doppelreihe angesät. Die Weitreihenverfahren ergaben im Vergleich zur Kontrolle um jährweise 0,5 bzw. 1,2 Prozentpunkte signifikant höhere Kornrohproteingehalte. Der Kornertrag war jedoch gleichzeitig stark reduziert. Die Mindererträge gegenüber der Kontrolle betragen 11 dt/ha (22,4 %) bzw. 12 dt/ha (27,9 %).

Untersuchungen, in denen unterschiedliche Getreidereihenabstände unter den Bedingungen des historischen oder konventionellen Anbaus geprüft wurden, berücksichtigten lediglich Auswirkungen auf den Kornertrag (Übersichten in 7; 14; 32). Angaben zu Effekten auf die Kornqualität sind in den Arbeiten nicht enthalten. Die Beeinflussung der Bäckereigenschaften des Weizens war schon in der Zeit, als die ersten Reihenabstandsversuche durchgeführt wurden, eine Frage der Sortenwahl sowie v. a. der gezielten Abstimmung zwischen mineralischen Grund- und Spätdüngungsmaßnahmen (24; 25; 43; 61).

BAEUMER (5) empfiehlt für wasser- und nährstofflimitierte Anbaubedingungen erweiterte Saatreihenabstände bei gleicher Saattiefe, damit sich die in der Reihe dicht stehenden Pflanzen zunächst gegenseitig in ihrem vegetativen Wachstum begrenzen. Der Verbrauch an verfügbaren Wasser- und Nährstoffvorräten soll durch die bewusst geschaffene Konkurrenz reduziert werden, damit während der späteren Wachstums- und Entwicklungsphasen noch Reserven für die Kornproduktion zur Verfügung stehen. Für den ökologischen Getreideanbau wurde in Anlehnung an BAEUMER (5) vermutet, dass den Weizenpflanzen durch die Ansaat in „weite Reihe“ vergleichsweise mehr Bodenraum und damit auch mehr Bodenstickstoff und Wasser zugeordnet werden kann (37; 40; 52). Analysen, welche diese Hypothese belegen könnten, fehlen jedoch bisher. Lediglich BECKER und LEITHOLD (6) führten Erhebungen zum Gehalt an mineralischen Bodenstickstoff (N_{\min}) durch. Die Untersuchungen ergaben jedoch keine signifikanten Effekte in Abhängigkeit der unterschiedlichen Reihenweiten. BAEUMER (5) führt an, dass der Möglichkeit, die Ertragsbildung durch eine zeitliche Steuerung der Konkurrenz zu steuern, in semiariden Gebieten eine größere Bedeutung zukommt als in Gegenden mit gleichmäßig verteilten Niederschlägen und meist überschüssiger Durchfeuchtung des Bodens. Am Versuchsstandort der vorliegenden Studie treten ausgesprochene Trockenzeiten nicht auf (54; siehe Tab. 1 und Abb. 1). Die Sickerwasserbildung ist in den Wintermonaten zumeist so hoch, dass bei der Pflugsaat von Winterweizen ein hoher Anteil der Boden-N-Vorräte bis zum Frühjahr ausgewaschen wird (10; 34; 45). Eine Steuerung der Verfügbarkeit an Bodennährstoffvorräten über die Variation des Getreidereihenabstandes dürfte an maritim geprägten Standorten somit nur sehr eingeschränkt möglich sein.

4.2 Weitere Anbaufaktoren

Die geprüften „weite Reihe“-Systeme ließen sich durch die zeitgleiche Variation weiterer Anbaufaktoren (siehe Tab. 2) nicht oder nur jährweise und in geringem Ausmaße

optimieren. Die getesteten Sortentypen stellten im Hinblick auf die Reaktion des Kornertrages keine besonders geeigneten „Wenig-“ oder „Weitraumform“ dar (vgl. 4; 19; 38). Der Kornrohproteingehalt wurde lediglich in einem der fünf Experimente durch die Wechselwirkung der Faktoren Sorte und Reihenweite beeinflusst [Experiment (III)]. Im Haupteffekt zeigten die geprüften Sortentypen ihre bekannten Ertrags- und Qualitätseigenschaften (vgl. 3; 48). Die Variation der Aussaatstärke hatte wider Erwarten (vgl. 5) weder als Hauptfaktor noch in Wechselwirkung mit der Reihenweite einen signifikanten Effekt auf den Kornertrag oder den Kornrohproteingehalt [Experiment (I)]. Die Auswirkungen der Saatstärkenänderung auf die Ertragsstruktur wurden nur in dem ersten Jahr des Experimentes analysiert (Daten nicht dargestellt, siehe Tab. im Anhang). Die Ergebnisse der Beprobung deuten an, dass die Rücknahme der Aussaatstärke eine Reduktion der Anzahl an Ähren/m² bedingte, die verminderte Bestandesdichte jedoch durch eine erhöhte Anzahl an Körnern je Ähre kompensiert werden konnte (vgl. 55). Die Steigerung der Intensität der mechanischen Pflege [Experiment (III)] hatte in Übereinstimmung mit zweijährigen Untersuchungen von (44) keinen Einfluss auf den Kornrohproteingehalt. Der Kornertrag konnte durch das zusätzliche Hacken hingegen leicht gesteigert werden. Experimente von SCHENKE (47) sowie RÜBENSAM und RAUHE (44) ergaben für den Einsatz der Hacke ebenfalls signifikante Mehrerträge gegenüber der Kontrolle (Striegeln). Die Effekte traten jedoch in beiden Untersuchungen nur in einem von zwei Versuchsjahren auf. Positive Auswirkungen von Hackmaßnahmen werden auf eine verstärkte Stickstofffreisetzung aus dem Boden (z. B. 40; 42) und/oder eine effektivere Unkrautregulation (z. B. 31; 44) zurückgeführt. Die Ergebnisse mehrerer Arbeiten deuten darauf hin, dass das Ausmaß der Stickstoffmineralisation nur geringfügig durch die Intensität der mechanischen Pflege beeinflusst wird (44; 53; 60). Für den Zusammenhang zwischen dem Grad der Unkrautregulierung und der Höhe des erzielten Kornertrages liegen unterschiedliche Ergebnisse vor (39, Übersicht in 47). Wird der Einsatz der Hacke mit dem Normalanbau (Striegeln, enger Reihenabstand) verglichen, so ist zu berücksichtigen, dass möglichen positiven Effekten der Hackmaßnahme potenzielle Ertragseinbußen durch den Zwang zum Anbau in erweiterten Reihenabständen gegenüber stehen (31). Des Weiteren ist zu bedenken, dass die Entwicklung von Beikräutern durch weitere Getreidereiheabstände generell begünstigt wird (9; 26; 27). Ein unsachgemäßer bzw. unter ungünstigen Bedingungen durchgeführter Einsatz der Maschinenhacke kann Mindererträge bedingen (42; Übersicht in 47).

5 Schlussfolgerungen

Wichtige Grundbedingung für einen wirtschaftlichen Erfolg des Systems „weite Reihe“ im ökologischen Winterweizenanbau ist die im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren zuverlässigere Erzeugung hoher Kornqualitäten, für die bei der Vermarktung als Backgetreide je nach Abnehmer Preisaufschläge erzielt werden können (8; 35; 36). Die bisher aus dem deutschsprachigen Raum zum System „weite Reihe“ vorliegenden Ergebnisse lassen die Frage offen, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen das jeweilige Verfahren die gestellten Erwartungen zu erfüllen vermag. In der vorliegenden Arbeit stellten die getesteten „weite Reihe“-Systeme keine Strategien dar, um die Erzeugung von Backweizen im ökologischen Anbau im Vergleich zu herkömmlichen Anbaumethoden zuverlässig zu verbessern. Der Kornrohproteingehalt ließ sich nur in einem von fünf Experimenten signifikant durch die Erweiterung des Reihenabstandes anheben. Der Kornertrag wurde hingegen in allen Versuchsjahren durch den Anbau in „weiter Reihe“ reduziert. Im Rahmen einer wirtschaftlichen Bewertung des „weite Reihe“-Verfahrens ist neben den erzielten Erträgen und Qualitäten zu berücksichtigen, dass einer potenziellen Einsparung von Saatgutkosten in der Regel ein höherer Energieaufwand sowie höhere proportionale

Spezialkosten für die mechanische Pflege zwischen den Getreidereihen gegenüber stehen [Hacken, ggf. Mulchen von Untersaaten] (59).

Zusammenfassung

Da im System des ökologischen Landbaus auf chemisch-synthetisch hergestellte N-Düngemittel verzichtet wird, ist insbesondere der Anbau von Kulturarten, die höhere Ansprüche an die N-Versorgung stellen, erschwert. So lassen sich im ökologischen Winterweizenanbau die Kornrohproteingehalte, die für eine Vermarktung als Backgetreide erforderlich sind, vielfach nicht erzielen. Beobachtungen aus dem praktischen ökologischen Anbau in Norddeutschland deuteten Anfang/Mitte der 1990er-Jahre darauf hin, dass durch eine Ansaat mit stark erweiterten Getreidereihenabständen höhere Kornrohproteingehalte bei konstanten Kornerträgen erzielt werden können.

Auf dem Versuchsbetrieb für ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme der Universität Kiel wurden in den Jahren 1999 bis 2003 mehrere Experimente zur Optimierung des Kornrohproteingehaltes und des Kornertrages von ökologisch angebautem Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) durchgeführt. Neben unterschiedlichen Saatereihenabständen (12 cm bis 48 cm) und Weizensorten („Batis“, „Bussard“, „Renan“) wurden zusätzlich jeweils zweijährig die Versuchsfaktoren Aussaatstärke (100, 200, 300 Körner/m²) und Intensität der mechanischen Pflege (Striegeln, Striegeln + 1-mal bzw. 3-mal Hacken) geprüft.

Die Weitreihenverfahren führten im Vergleich zur Kontrolle in allen Experimenten zu signifikanten Mindererträgen. Die Ertragseinbußen betragen 3,3 dt/ha (9,2 %) bis 9,9 dt/ha (26,3 %). Der Kornrohproteingehalt wurde nur in einem von fünf Versuchen signifikant positiv durch die Erweiterung des Reihenabstandes beeinflusst. Die Reihenweiten von 36 cm und 48 cm erzielten in dem entsprechenden Experiment um 0,6 bzw. 0,8 Prozentpunkte höhere Kornrohproteingehalte als die Kontrolle (12 cm). Die geprüften Weitreihenverfahren ließen sich durch die zeitgleiche Variation der weiteren Anbaufaktoren (Sortenwahl, Aussaatstärke, Intensität der mechanischen Unkrautbekämpfung) nicht zuverlässig optimieren. Das System der „weiten Reihe“ stellte unter den gegebenen Standortbedingungen somit keine Alternative zu herkömmlichen Verfahren der Backweizenproduktion im ökologischen Landbau dar.

Schlüsselwörter: Ökologischer Landbau, Backweizen, Kornrohproteingehalt, weite Reihe, *Triticum aestivum*

Summary

The wide row system – Innovation for organic winter wheat cultivation?

Due to the ban on synthetically produced chemical N-fertilizers in organic agriculture, the cultivation of crops with a high N-demand is difficult. Grain crude protein contents required for baking wheat of a high quality can frequently not be produced in organic winter wheat cultivation. Observations from practical organic farming in northern Germany in the early and mid- 1990s indicate that the cultivation of winter wheat with wider row spacings resulted in a higher grain crude protein content without a reduction in grain yield.

On the test farm for organic agriculture and extensive land use systems of Kiel University, several field experiments were conducted from 1999 to 2003 to optimise grain crude protein content and yields of organically grown winter wheat (*Triticum aestivum* L.). In addition to several seed row spacings (12 cm up to 48 cm) and different varieties of winter wheat („Batis“, „Bussard“, „Renan“), various seed rates (100, 200, 300 kernels/m²) and intensities of mechanical weed control (harrowing, harrowing + 1x hoeing and 3x hoeing, respectively) were tested.

The increase of seed row spacing led to reduced grain yields in all experiments. The yield losses ranged from 0.33 t ha⁻¹ (9.2 %) to 0.99 t ha⁻¹ (26.3 %). The wider row spacings resulted in significantly higher grain crude protein contents in only one of the five experiments. Row spacings of 36 cm and 48 cm caused a 0.6 and 0.8 per cent, respectively, higher grain crude protein content compared to the common row width of 12 cm in that experiment. The wide row system could not reliably be optimised by variation of other experimental factors (seed rate, variety, intensity of mechanical weed control). This system can, therefore, not be regarded as an alternative to traditional cultivation systems for organic baking wheat under the prevailing growth conditions on the experimental site in northern Germany.

Keywords: organic farming, baking wheat, grain crude protein content, wide row spacing, *Triticum aestivum*

Résumé

Le système « Rangées écartées », une innovation pour la culture du blé d'hiver écologique ?

Étant donné que dans la culture écologique on renonce à l'emploi de l'engrais azoté (N) fabriqué chimiosynthétiquement, la mise en culture d'espèces qui font valoir d'importantes exigences au niveau de l'approvisionnement en N est mise en difficulté. C'est ainsi que dans la culture écologique du blé d'hiver, la teneur en protéine brute indispensable à une commercialisation en tant que céréale de panification ne peut, dans bien des cas, être réalisées. Des observations faites dans la culture écologique en Allemagne du Nord, du début au milieu des années 1990, montrent qu'un ensemencement fait dans des rangées largement écartées a permis de réaliser des teneurs plus élevées en protéine brute chez les grains en assurant un rendement constant.

La ferme expérimentale pour la culture écologique et les systèmes d'utilisation du sol extensifs de l'Université de Kiel fut, au cours des années 1999 à 2003, le centre de plusieurs expériences en vue d'optimiser la teneur en protéine brute et le rendement en grains de blé d'hiver écologiquement cultivés (*triticum aestivum* L.). Outre les différents écarts des rangées ensemencées (12 cm à 48 cm) et les différentes sortes de blé (« Batis », « Bussard », « Renan »), on a procédé en outre, pendant deux ans, à l'examen de facteurs d'essais comptant 100, 200, 300 grains et de l'intensité des soins mécaniques (étriller, étriller + une fois respectivement 3 fois piocher).

Comparés aux contrôles effectués au cours de toutes les autres expériences, les procédés « rangées écartées » aboutirent à des rendements déficitaires non négligeables. Les pertes de rendement passèrent de 3,3 t/ha (9,2 %) à 9,9 t/ha (26,3 %). Parmi les cinq essais effectués, la teneur en protéine brute ne se montra positive par suite de l'influence de l'extension de l'écart des rangées que dans un seul cas. Les larges des rangées – 36 à 48 cm – obtinrent dans l'expérience correspondante une teneur de protéine brute supérieure de 0,6, respectivement de 0,8 pour cent à celle effectuée dans les rangées de contrôle (12 cm). La variation simultanée des autres facteurs de culture (choix des sortes, intensité des semis, intensité de la lutte mécanique contre les mauvaises herbes) ne permirent pas aux processus concernant les rangées écartées d'obtenir une solide optimisation. Ainsi, selon les conditions données de l'emplacement, le système des « rangées écartées » ne constitue pas une alternative aux processus traditionnels de la production des blés de panification dans la culture écologiques.

Mots clés : Culture écologique, blé de panification, teneur en protéine brute, rangée écartée, *triticum aestivum*

Literatur

1. ALVERMANN, G., 1996: Das Weitreihenverfahren–Erfahrungen aus Schleswig-Holstein. bio-land 3, 14.
2. ANONYMUS, 1991: Verordnung (EWG) Nr. 2002/91 des Rates vom 24.6.1991 über den Ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 198/1 vom 22.07.1991.
3. –, 1998: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte 1998. Landbuch-Verlag, Hannover.
4. BAEUMER, K., 1964: Konkurrenz in Pflanzenbeständen als Problem der Pflanzenbauforschung. Forschung und Beratung – Reihe B, Heft 10, 99–123.
5. –, 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
6. BECKER, K.; LEITHOLD, G., 2003: Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau. Schlussbericht zum FuE-Projekt 98 UM 057. Universität Giessen. Internet 12.6.2004: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1157/>.
7. BOEKHOLT, K., 1958: Zur Frage der Drillweite im Getreideanbau. Z. Acker- und Pflanzenbau 105, 395–408.
8. BRUNNER, B., 2002: Qualität von Öko-Brotgetreide weiter verbessern. Ökologie & Landbau 121, 35–37.
9. DREWS, S.; JUROSZEK, P.; NEUHOFF, D.; KÖPKE, U., 2003: Konkurrenzkraft verschiedener Weizensorten unter dem Einfluss von Reihenabstand und Drillrichtung. In: FREYER, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 105–109.
10. DREYMAN, S.; LOGES, R.; TAUBE, F., 2003: Einfluss der Klee-grasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung. In: FREYER, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 89–92.
11. GEISLER, G., 1988: Pflanzenbau. Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

12. GERMEIER, C. U., 2000: Wide row spacing and living mulch: new strategies for producing high protein grains in organic cereal production. *Biological Agriculture and Horticulture* 18, 127–139.
13. GRIEPENTROG, H.-W., 1999: Zur Bewertung der Flächenverteilung von Saatgut. *Agrartechnische Forschung* 5, 117–124.
14. HEUSER, W., 1954: Untersuchungen über die Höhe und Struktur des Ertrages beim Wintergetreide unter dem Einfluss verschiedener Drillweiten. Zugleich ein Beitrag zur Frage der Wenig- und Weitraumformen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 98, 25–25.
15. HOCHMANN, J., 1998: Winterweizen-Reihenabstandsversuche (System Stute). In: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Herausgeber): *Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1998*.
16. –, 2003: Winterweizen-Reihenabstandsversuche (System Stute). In: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Herausgeber): *Versuchsbericht Ökologischer Landbau 2003*. Internet 26.4.2004: http://www.lwksh.de/fachinfo/ackerbau/oeko_landbau/winterweizen.html.
17. HOLLE, R.; UNTIEDT, H., 1999: Crop rotations on organic farms in Northern Germany and development of the wide row system. In: OLESEN, J. E.; ELTUN, R.; GOODING, M. J.; STEEN JENSEN, E.; KÖPKE, U. (Editors): *Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Danish Research Centre for Organic Farming*, 159–162.
18. HOLLIDAY, R., 1963: The effect of row width on the yield of cereals. *Field Crop Abst.* 16, 71–81.
19. HONECKER, L., 1934: Aussaatmenge und Reihenentfernung bei Hafersortenversuchen. *Pflanzenbau* 11.
20. HORN, M.; VOLLANDT, R., 1995: *Multiple Tests und Auswahlverfahren*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
21. JOHNSON, J. W.; HARGROVE, W. L.; MOSS, R. B., 1988: Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. *Agron. J.* 80, 164–166.
22. JOSEPH, K. D. S. M.; ALLEY, M. M.; BRANN, D. E.; GRAVELLE, W. D., 1985: Row spacing and seeding rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. *Agronomy Journal* 77, 211–214.
23. KIRCHGESSNER, M., 1997: *Tierernährung*. 10., neubearbeitete Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
24. KLAPP, E., 1941: *Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaus*. Verlag Paul Parey, Berlin.
25. –, 1954: *Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaus*. 4. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin.
26. KÖPKE, U., 1998: Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Kontrolle der Begleitflora ohne Herbizideinsatz – Ein Beitrag zu Selbstverständnis und Perspektiven des Pflanzenbaus. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 11, 7–13.
27. –, 2000: *Ökologischer Landbau*. In: LÜTKE ENTRUP, N., OEHMICHEN, J. (Herausgeber): *Lehrbuch des Pflanzenbaus*. Band 2: Kulturpflanzen. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
28. LAFFERTY, J.; BISTRICH, H., 2000: Ungewöhnliche Proteinbanden und Überraschungen bei der Backqualität. In: Bericht über die 51. Arbeitstagung 2000 der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, BAL Gumpenstein, 21. – 23. November 2000. 103–107.
29. LASHIN, M. H.; SCHRIMPF, C., 1962: Analyse der Ertragsstruktur von Winterweizen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 114, 235–280.
30. MARSHALL, G. C.; OHM, H. W., 1987: Yield responses of 16 winter wheat cultivars to row spacing and seeding rate. *Agronomy Journal* 79, 1027–1030.
31. MELANDER, B.; CIRUJEDA, A.; JØRGENSEN, M. H., 2003: Effects of inter-row hoeing and fertilizer placement on weed growth and yield of winter wheat. *Weed Research* 43, 428–438.
32. MÜLLE, G., 1979: *Untersuchungen zur Einzelkornsaat von Getreide*. Dissertationsschrift, Universität Bonn.
33. –, HEEGE, H. J., 1981: Kornverteilung über die Fläche und Ertrag bei Getreide. *Z. Acker-Pflanzenbau* 150, 97–112.
34. NEUMANN, H., 2005: Optimierungsstrategien für den Getreideanbau im ökologischen Landbau: System „weite Reihe“ und Direktsaat in ausdauernden Weißklee („Bi-cropping“). *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel* 43. Dissertationsschrift, Universität Kiel.
35. NIEBERG, H.; STROHM-LÖMPCKE, R.; RIEDEL, J., 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbaukonzepts „Weite Reihe“ im Getreidebau. In: FREYER, B. (Herausgeber): *Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien*, 85–88.
36. OBERFORSTER, M.; WERTEKER, M., 2003: Ökonomische Bewertung von Winterweizensorten bei unterschiedlichen Qualitätsbezahlungsschemata. In: FREYER, B. (Herausgeber): *Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien*, 485–486.
37. POMMER, G., 2003: Auswirkungen von Saatstärke, weite Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 3, Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, 21–26.

38. RADEMACHER, B., 1932: Die Weißfähigkeit des Hafers, ihre verschiedenen Ursachen und Formen. Archiv für Pflanzenbau 8, 456.
39. RASMUSSEN, I.A., 2004: The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organically winter wheat. Weed Research 44, 12–20.
40. RICHTER, S.; DEBRUCK, J., 2001: Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. In: H.J. REENTS (Herausgeber): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 233–236.
41. ROEMER, TH.; HEYL, W., 1938: Dtsch. landw. Presse 65, 489.
42. –; SCHEFFER, F., 1959: Lehrbuch des Ackerbaus. 5. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin.
43. RÜBENSAM, E.; RAUHE, K., 1968: Ackerbau. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
44. RUHE, I., 2000: Winterweizenanbau in stickstofflimitierten Produktionssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Ertragsbildung, der organischen Düngung und der mechanischen Beikrautregulierung. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 13. Dissertationsschrift, Universität Kiel.
45. –; LOGES, R.; TAUBE, F., 2003: Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. In: FREYER, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 97–100.
46. SAS Institute, 2001: Version 8.2, SAS Institute Inc.
47. SCHENKE, H., 1993: Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautaufkommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzummessung und organischer Düngung. Dissertationsschrift, Universität Bonn.
48. SCHIMPF, E., 2000: Ökologischer Getreidebau. In: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V. (AGÖL) (Herausgeber): Sortenübersicht für den Ökologischen Landbau. VAS Verlag, Frankfurt.
49. SCHULZ, F.; LEITHOLD, G., 2004: Effekte unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von ökologisch angebautem Winterweizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 16, 27–28.
50. –; LEITHOLD, G.; SCHMIDT, H.; SCHIMMEL, A., 2003: Untersuchungen verschiedener Aussaatstermine, Aussaatstärken und Weizensorten im Anbausystem „Weite Reihe“. In: FREYER, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 499–500.
51. SESSOUS, G.; SCHELL, H., 1938: Mittlg. F. d. Landw. 53, 1183.
52. SÖLLINGER, J., 2003: Ergebnisse zum System Weite Reihe in Oberösterreich. In: Freyer, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 73–76.
53. STEINMANN, H.-H., 2002: Wirkung des Striegelns auf den Stickstoff in Boden und Pflanze. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 179–180.
54. STEWIG, R., 1982: Landeskunde von Schleswig-Holstein. 2. Auflage. Gebr. Borntraeger, Stuttgart.
55. STÖPPLER, H., 1989: Weizen im ökologischen Landbau. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Herausgeber), Darmstadt. KTBL-Arbeitspapier 138.
56. STRAND, E., 1969: Radavstand ved saing av korn. Jodbruksforsk, Kopenhagen, Stockholm, 50, 429–445.
57. STUTE, J., 1996: Erlaubt ist, was dem Boden nützt. bio-land 3, 12–14.
58. TAYLOR, B.R.; WATSON, C.A.; STOCKDALE, E.A.; MC KINLAY, R.G.; YOUNIE, D.; CRANSTOUN, D.A.S., 2001: Current practices and future prospects for organic cereal production: survey and literature review. HGCA Research Review 45.
59. UNTIEDT, H., 2004: Marktfruchtanbau. In: REDELBERGER, H. (Herausgeber): Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft. Verfahren – Kostenrechnungen – Baulösungen. KTBL-Schrift 426. KTBL/Landwirtschaftsverlag, Münster.
60. VOGL, R. C., 1999: Ertragsleistung und Nährstoffabfuhr von Hanf (*Cannabis sativa* L.) und ihre Beeinflussung durch Anbaumaßnahmen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus in Niederösterreich. Dissertationsschrift, Universität Wien.
61. VON BOGUSLAWSKI, E., 1981: Ackerbau. Grundlagen der Pflanzenproduktion. DLG-Verlag, Frankfurt.
62. VON LOSSOW, R., 1937: Dtsch. Landw. Presse 64, 152.
63. WAGENTRISTL, H.; PIETSCH, G.; FREYER, B., 2003: Anbauverfahren „Weite Reihe“ von Winterweizen unter den kontinentalen Anbaubedingungen Ostösterreichs. In: FREYER, B. (Herausgeber): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, 503–504.
64. WESTPHAL, H., 1936: Standweite und Saatstärkeversuche mit Hafer in Hinsicht auf die Wenig- und Weitraumformtheorie. Pflanzenbau 1.
65. WINTER, S.R.; WELCH, A.D., 1987: Tall and semidwarf wheat response to dryland planting systems. Agronomy Journal 79, 641–645.

66. ZIOGAS, G., 1995: Geologie und Böden der Versuchsbetriebe Lindhof und Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Quartärgeologische und bodenkundliche Kartierung, Genese, Vergesellschaftung, Ökologie, Funktionen. Dissertationsschrift, Universität Kiel.

Autorenanschrift: Dr. HELGE JAN NEUMANN, DR. RALF LOGES und Prof. Dr. FRIEDHELM TAUBE, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, Deutschland
<http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de>

Anhang

Tabelle 11. F-Werte und Signifikanzniveaus (Sign.) der Varianzanalyse für den Einfluss der Faktoren Reihenweite (R), Sorte (S) und Aussaatstärke (A) auf die Parameter Kornertrag, Kornrohproteingehalt (RP), Tausendkornmasse (TKM), Anzahl Ähren tragende Halme (Ähren/m²), Anzahl Körner je Ähre (K./Ähre) sowie den Harvest-Index (HI) von ökologisch angebautem Winterweizen im Jahr 1999 (n = 108; Mittel über drei Wiederholungen)

Varianz- ursache	F-Wert/Sign.											
	Ertrag		RP		TKM		Ähren/m ²		K./Ähre		HI	
R	13,06	***	0,76	n.s.	0,95	n.s.	15,30	***	1,23	n.s.	1,58	n.s.
S	17,05	***	147,24	***	25,43	***	1,38	n.s.	20,32	***	0,83	n.s.
A	2,73	n.s.	0,94	n.s.	0,64	n.s.	15,23	***	3,71	*	1,43	n.s.
R*A	0,73	n.s.	1,13	n.s.	0,96	n.s.	2,32	n.s.	0,37	n.s.	0,57	n.s.
R*S	0,40	n.s.	0,83	n.s.	0,71	n.s.	1,66	n.s.	1,56	n.s.	1,41	n.s.
A*S	0,91	n.s.	0,15	n.s.	0,21	n.s.	2,58	n.s.	2,07	n.s.	1,08	n.s.
R*A*S	1,04	n.s.	1,09	n.s.	0,81	n.s.	0,95	n.s.	1,04	n.s.	1,74	n.s.

Tabelle 12. Einfluss der Aussaatstärke (Körner/m²) auf die Parameter Kornertrag (dt/ha), Kornrohproteingehalt (RP) (%), Tausendkornmasse (TKM) (g), Anzahl Ähren tragende Halme (Ähren/m²), Anzahl Körner je Ähre sowie den Harvest-Index von ökologisch angebautem Winterweizen im Jahr 1999 (Mittel über drei Wiederholungen)

Faktorstufe	Ertrag (dt/ha)	RP (%)	TKM (g)	Ähren/ m ²	Körner/ Ähre	Harvest- Index
100 Körner/m²	24,1	9,7	48,7	196,4 c	25,4 ab	0,35
200 Körner/m²	26,4	9,6	48,5	212,8 b	25,6 a	0,37
300 Körner/m²	26,5	9,6	48,2	238,8 a	23,1 bc	0,37
SE/Sign.	2,7 n.s.	0,1 n.s.	1,0 n.s.	11,2 ***	1,2 *	0,02 n.s.