

Zur Ertragsfähigkeit alter Weizenarten

W. Aufhammer, E. Kübler und H.-P. Piepho

Yield potential of ancient wheat species

1 Einleitung

Der Saatweizen (*T. aestivum*), durch Züchtung laufend aktuellen Anforderungen angepasst, ist weltweit eine führende Getreideart zur Herstellung vielfältiger Lebens- und Futtermittel. Trotzdem finden sich in Reformhäusern und Spezialitätenbäckereien auch Erzeugnisse, die Kornanteile alter, früher verbreiteter Weizenarten enthalten. Geschrotet, geflockt, vermahlen oder verbacken sind Dinkel (*T. spelta*), Einkorn (*T. monococcum*), Emmer (*T. dicoccum*) und der Orientalische Weizen (*T. turanicum*) immer noch

– auch in anderen Ländern – gegenwärtig (STALLKNECHT et al., 1996; QUINN, 1999). Der Orientalische Weizen, auch Khorasan-Weizen, Markenbezeichnung „Kamut“, wurde ursprünglich als Gommer (*T. polonicum*) eingestuft, jedoch später als *T. turanicum* reklassifiziert (GRAUSGRUBER et al., 2005). Im Weiteren gilt hier die Bezeichnung Orientalischer Weizen.

Nostalgie- und Besonderheitsreize, abweichende Geschmacks-, Genuss- und Haltbarkeitseigenschaften sowie gesundheitliche Erwartungen mögen an dem bestehenden Interesse beteiligt sein. Unter anderem besitzt beispielsweise

Zusammenfassung

Unter abgestufter Anbauintensität sollten die Ertragsreaktionen der alten Weizenarten Dinkel (*T. spelta*), Einkorn (*T. monococcum*), Emmer (*T. dicoccum*) und Orientalischer Weizen (*T. turanicum*), auch als „Kamut“ bezeichnet, mit den Ertragsreaktionen einer Saatweizensorte (*T. aestivum*) verglichen werden. Den Untersuchungen dienten mehrjährige Feldversuche mit Rein- und Mischbeständen in vier verschiedenen Kombinationen aus N-Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen. In allen Varianten wurden der Spross(Korn + Stroh)-Trockenmasseertrag, der Harvestindex und der Korntrockenmasseertrag dokumentiert. Soweit die Reinbestände der alten Arten nicht ernsthaft durch Lager und Krankheiten beeinträchtigt wurden, konnten die Kornerträge durch eine hohe Anbauintensität relativ, d. h. gegenüber den jeweiligen Erträgen bei geringer Anbauintensität, in ähnlichen Größenordnungen angehoben werden wie die Reinbestände von Saatweizen. Für die Einkornbestände traf dies nicht zu. In den Mischbeständen zeichneten sich, insbesondere in den höheren Intensitätsstufen, positive Mischungseffekte ab.

Schlagworte: Alte Weizenarten, Kornerträge, Rein- und Mischbestände.

Summary

Under different levels of production intensity the yield response of the ancient wheat species *Triticum spelta*, *T. monococcum*, *T. dicoccum* and *T. turanicum* (“Kamut”) were to be compared to the yield response of a cultivar of today’s widely spread *T. aestivum*. Beyond the comparison of pure wheat stands, mixed stands combining *T. turanicum* and *T. aestivum* should be examined for possible mixing effects. The investigations were based on a three-year field trial comprising pure and mixed stands under four combinations of N fertilization and plant protection measures. In all plots the above-ground dry matter yield (grain + straw), the harvest index and the grain dry matter yield were determined. Provided that the pure stands of the ancient wheat species were not seriously affected by lodging or diseases, their grain yields under high production intensity relatively improved in a similar extent as the pure stands of *T. aestivum*. In this context, ‘relatively’ means in relation to the species-specific yield levels under low production intensity. The results were not valid for the stands of *T. monococcum*. Especially on the upper intensity levels the mixed stands revealed positive mixing effects on grain yield.

Key words: Ancient wheat species, grain yields, pure and mixed stands.

se das Dinkelmehl relativ hohe Mineralstoffgehalte (MARTINI und KUHN, 1999; KLING et al., 2006; KLING, 2009). Das Einkorn liefert ein gelbliches, karotinoidreiches Mehl (BORGHI et al., 1996; ABDEL AAL et al., 1995, 1998). Der zellwandbürtigen Rohfaser im Emmermehl werden regulatorische Effekte auf die Darmfunktion zugeschrieben (D'ANTUONO et al., 1998; GRAUSGRUBER et al., 2002). Generell sollen die Proteine in den Mehlen der alten Arten auf Allergiker weniger toxisch wirken als die Proteine in Saatweizenmehlen (BORGHI et al., 1996). Die agronomischen Voraussetzungen, die heute an eine leistungsfähige Getreideart gestellt werden, erfüllen die alten Weizenarten aber nicht. In der Kornertragsfähigkeit sind sie allemal aktuellen Saatweizensorten unterlegen (AUFHAMMER, 2003; JANTSCH und TRAUTZ, 2003). Trotzdem gibt eine begrenzte, aber anhaltende Nachfrage nach Korngut alter Weizenarten und daraus hergestellten Produkten Anlass, folgende Hypothesen zu überprüfen:

- Aufgrund des primär genetisch fixierten Assimilatverteilungsmusters zugunsten vegetativer Pflanzenteile, ablesbar am niedrigen Harvestindex, können die alten Arten das Kornertragsniveau einer aktuellen Saatweizensorte nicht erreichen. Auch eine Anbauintensivierung verändert die Korn-Stroh-Relationen nicht grundlegend.
- Gezielte Intensivierungsmaßnahmen können aber die Ertragsfähigkeit von Beständen alter Weizenarten relativ im gleichen Ausmaß anheben wie die Ertragsfähigkeit des Saatweizens, wenn es gelingt, ertragsdepressive Eigenschaften wie eine extreme Lagerneigung und eine hohe Krankheitsanfälligkeit einzuschränken.
- Im Mischbestand aus einer alten Weizenart und einer Saatweizensorte kann der Saatweizen dazu beitragen, die Ertragsfähigkeit der alten Art zu stabilisieren. Kombiniert mit Intensivierungsmaßnahmen werden damit positive Mischungseffekte auf den Kornertrag des Mischbestandes möglich. Auf dieses Potenzial von Mischbeständen weisen Untersuchungen mit Weizen und anderen Arten hin (STÜTZEL, 1985; AUFHAMMER und STÜTZEL, 1986; KEMPF, 1990; AUFHAMMER et al., 2004; KÜBLER et al., 2006).

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsanlage

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden in den Jahren 1999, 2000 und 2001 mehrfaktorielle Feldversuche (Spalt-

anlage, 3 Wiederholungen) auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften, Standort Ihinger Hof (470–510 m NN; 8,2 °C; 690 mm Niederschlag; schluffreiche Parabraunerden) der Universität Hohenheim durchgeführt. Neben dem jahresverschiedenen Witterungsverlauf differierten die Vorfrüchte. Der Versuch wurde 1999 nach Erbsen mit nachfolgender Senfzwischenfrucht, 2000 nach Hafer und 2001 nach Winterweizen angelegt.

Die Haupteinheit der Spaltanlage bildete die Anbauintensität. Die Intensitätsstufen (I 1–I 4) umfassten das N-Angebot, den Wachstumsregler- und den Fungizideinsatz. In I 1 unterblieben diese Maßnahmen vollständig. In I 2 wurden – als einzige Maßnahme – 60 kg N ha⁻¹ in Form von Rapspressrückständen unmittelbar nach dem Auflaufen der Weizenbestände ausgebracht. Auch in I 3 erfolgte nur eine N-Zufuhr, hier allerdings in Form von je 30 kg N ha⁻¹ als Kalkammonsalpeter zu Vegetationsbeginn und zum Ährenschieben. In I 4 wurden in den gleichen Stadien 30 kg bzw. 60 kg N ha⁻¹ verabreicht. Zusätzlich wurden im Schossverlauf ein Wachstumsregulator und zum Ährenschieben ein Fungizid zur Bekämpfung von Blatt- und Ährenkrankheiten appliziert (Tabelle 1).

Die Untereinheit der Spaltanlage umfasste unter der Überschrift „Arten“ Reinbestände der alten Weizenarten und der Saatweizensorte Triso sowie Mischbestände aus unterschiedlichen Anteilen von Orientalischem Weizen und Saatweizen, Sommerweizenbestände in insgesamt neun Varianten (A 1–A 9). Aufgrund der geringen Standfestigkeit verbunden mit hoher Krankheitsanfälligkeit, insbesondere beim Orientalischen Weizen, wurden von den alten Arten mit 150 keimfähigen Körnern m⁻² dünne Reinbestände angelegt. Nur vom Orientalischen Weizen wurden zusätzlich Reinbestände mit 300 Körnern m⁻² erstellt. Diese Art wurde zur Kombination mit Saatweizen, der im Reinbestand ebenfalls mit 300 keimfähigen Körnern m⁻² ausgesät wurde, herangezogen. Das Ziel war es, potenzielle Stabilisierungseffekte des Saatweizens auf die Umsetzung der Ertragsfähigkeit von Orientalischem Weizen als Mischungseffekte in Mischbeständen aus beiden Arten zu erfassen. Der Orientalische Weizen wurde zur Mischung mit Saatweizen bevorzugt, weil das Korngut beider Arten spelzenfrei gedroschen wird. Das gemischte Erntegut eignet sich somit ohne Trennungsprozesse zur Weiterverarbeitung. Die Mischbestände wurden mit insgesamt 300 keimfähigen Körnern m⁻² in differenzierten Artenanteilen ausgesät (Tabelle 1). Das Saatgut der Mischungskomponenten wurde anteilig abgewogen, gemischt und in einer Überfahrt ausgebracht. Alle Rein- und Mischbestandsparzellen wurden

Tabelle 1: Versuchsanlagen
Table 1: Experimental design

I	Jahre	1999	Vorfrucht Erbse mit nachfolgender Senfzwischenfrucht		
		2000	Vorfrucht Hafer nach Sommergerste und Winterweizen		
		2001	Vorfrucht Winterweizen		
II	Intensität	I ₁	ohne N-Düngung, Wachstumsregler (WR) und Fungizid (F)		
		I ₂	60 kg N ha ⁻¹ in Form von Rapspressrückständen, ohne WR und F		
		I ₃	30 kg N ha ⁻¹ als Kalkammonsalpeter (KAS) zu Vegetationsbeginn und 30 kg N ha ⁻¹ (KAS) zum Ährenschieben, ohne WR und F		
		I ₄	30 kg N (KAS) ha ⁻¹ zu Vegetationsbeginn und 60 kg N (KAS) ha ⁻¹ zum Ährenschieben + WR (Terpal C, 1 l ha ⁻¹) im Schossverlauf und F (Juwel Top, 1 l ha ⁻¹) zum Ährenschieben		
III	Arten (Sommerformen)			Saadichte (kf. Körner m ⁻²)	
		A ₁	Dinkel	D	150
		A ₂	Einkorn	EK	150
		A ₃	Emmer	EM	150
		A ₄	Orient. Weizen ¹⁾	OW	150
		A ₅	Orient. Weizen	OW	300
		A ₆	Saatweizen	SW	300
		A ₇	OW + SW		150 + 150
		A ₈	OW + SW		200 + 100
		A ₉	OW + SW		250 + 50
IV	Wiederholungen	W ₁ – W ₃			

¹⁾ Orientalischer Weizen

mit der Ojord-Parzellendrillmaschine 2–3 cm tief mit 12 cm Reihenweite gedrillt.

Das Saatgut von Dinkel, Einkorn und Emmer wurde vor der Aussaat entspelzt. Es entstammte ursprünglich aus Vermehrungen von Kornproben, die die Landessaatzuchtanstalt in Hohenheim von der Genbank in Gatersleben erhalten hatte. Der Leiter der Weizenabteilung der Landessaatzuchtanstalt, Herr Dr. Kling, stellte das Material freundlicherweise zur Verfügung. Das Saatgut des Orientalischen Weizens erhielten wir von der Firma Schnitzer, St. Georgen. Die Versuchsergebnisse gelten nur für die Genotypen, die hier als Vertreter ihrer Art in die Untersuchungen einbezogen wurden. Eine Verallgemeinerung für die betreffenden Arten insgesamt ist nicht zulässig.

Die Versuchsflächen wurden jeweils im vorausgehenden Herbst einheitlich grundgedüngt (80 kg P₂O₅ ha⁻¹, 120 kg K₂O ha⁻¹), gepflügt und im Frühjahr mit einer Eggenkombination saarfertig gemacht. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit Herbiziden.

2.2 Datenerhebung

In den Versuchen wurden Daten zur Ertragsfähigkeit und zur Korngutqualität der Bestände erhoben. Im vorliegenden Beitrag zur Ertragsfähigkeit sind die Parameter Spross (Korn + Stroh)-masse (dt ha⁻¹) und Kornmasse (dt ha⁻¹) sowie der Harvestindex relevant. Vor dem Mähdrusch wurde aus jeder Parzelle eine Sprossmasseprobe (0,7 m²) entnommen und nach der Trocknung bei 80 °C bis zur Konstanz gewogen. Nach dem Mähdrusch der Restparzelle (11,3 m²) wurde das Korngut ebenfalls bis zur Konstanz getrocknet, gereinigt und gewogen. Bei den bespelzt dreschenden Arten Dinkel, Einkorn und Emmer wurde nach der Trocknung eine Teilprobe (1 kg) entnommen, mit dem Laborentspelzer (Firma Schmiege, Prinzip Unterläufer) entspelzt, das spelzenfreie Korngut gereinigt und gewogen. Die Ertragsdaten werden als Sprosstrockenmassen bzw. als entspelzte Korntrockenmassen angegeben.

2.3 Kalkulation der Mischungseffekte

Zur Kalkulation der Mischungseffekte wurde aus den Saatdichteanteilen der an einem Mischbestand beteiligten Komponenten und den Ertragswerten ihrer Reinbestände ein Erwartungswert (EW) kalkuliert. Ein Beispiel ist in Tabelle 2 gegeben. Der kalkulierte EW wurde dem relevanten gemessenen Wert (GW) gegenübergestellt. Die Differenz zwischen EW und GW stellt den Mischungseffekt (ME) dar.

2.4 Auswertung der erhobenen Daten

Für die Mittelwertvergleiche der Rein- und Mischbestände (Tabelle 4, 5, 6) wurden je Prüfglied die Summen über beide Mischungspartner berechnet und nach einem Modell für eine Spaltanlage überprüft. Für die zusammenfassende Auswertung über drei Jahre wurde eine Serienauswertung vorgenommen, bei welcher der Faktor Jahr als zufällig betrachtet wurde. Grenzdifferenzen wurden zum Niveau 5 % geprüft (PIEPHO, 2004). Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben (Tabelle 4, 5, 6) sind signifikant verschieden. Mischungseffekte wurden als lineare Kontraste formuliert und getestet. Der Kontrast für den Vergleich einer Mischung mit dem Erwartungswert wurde mit einem t-Test zum Niveau 5 % geprüft.

Tabelle 2: Kalkulation der Erwartungswerte (EW) und der Mischungseffekte (ME) beim Kornertrag

Beispiel für den Bestand Orientalischer Weizen 150 kf. Körner m⁻² + Saatweizen 150 kf. Körner m⁻², Versuchsjahr 1999, Intensität 3

Table 2: Calculation of the expected values (EW) and the mixture effects (ME) on the grain yield

Example for the stand Orientalic Wheat 150 seeds m⁻² + Spring Wheat 150 seeds m⁻², 1999, intensity 3

Parameter	Arten	Reinbestände	Mischungsbestand 150 + 150	
Erwartungswert (EW)	Orientalischer Weizen Saatweizen		50 % = 10,93 50 % = 27,74	EW = 38,67
Gemessener Wert (GW)	Orientalischer Weizen Saatweizen	21,86 55,47		GW = 45,73
Mischungseffekt (ME)				ME = 7,06***

ME = EW – GW

*** = Signifikanz bei 0,1 % Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 3: Überblick über das Ertragsniveau und die Kornertragsstruktur der gewählten Weizenarten (Mittelwerte über Jahre und Intensitätsstufen)

Table 3: Overview about the yield level and the grain yield structure of the wheat species (means across years and intensity levels)

Alte Weizenarten	Sprossmasse- ertrag (dt ha ⁻¹)	Harvest- index	Bestandes- dichte (Ähren m ⁻²)	Kornzahl pro Ähre (errechnet)	Tausend- kornmasse (g)	Kornertrag (dt ha ⁻¹)
Dinkel (<i>T. spelta</i>)	98,3	28,9	427	16,4	37,0	25,9
Einkorn (<i>T. monococcum</i>)	104,4	20,6	554	17,3	23,6	22,6
Emmer (<i>T. dicoccum</i>)	102,2	24,6	390	21,7	28,1	23,8
Orientalischer Weizen (<i>T. turanicum</i>)	90,7	36,9	208	19,7	65,8	26,9
Saatweizen (<i>T. aestivum</i>)	113,2	46,7	455	27,3	39,2	48,7

3 Ergebnisse

3.1 Kornertragsniveau der Weizenarten in Reinbeständen – Überblick

Gemittelt über die Aufwuchsbedingungen, d. h. die Jahre und die Intensitätsstufen, enthält die Tabelle 3 einleitend eine Information zum Ertragsniveau und der Kornertragsstruktur der hier herangezogenen Vertreter der Weizenarten. Mit geringen Harvestindices von rund 21 bis 29, bzw. immerhin rund 37 beim Orientalischen Weizen, wurde ein niedriges Kornertragsniveau zwischen 23 und 27 dt ha⁻¹ erreicht. Durchgängig zeigte die Kornzahl mit 16 bis 22 Körnern je Ähre eine bescheidene Größenordnung. Stärker differierten die Bestandesdichten und die Tausendkorngewichte. Das Einkorn trat mit hoher Ährenzahl m⁻² und geringem Tausendkorngewicht hervor. Die Bestände des Orientalischen Weizens wiesen hingegen eine besonders niedrige Ährenzahl, aber ein sehr hohes Tausendkorngewicht auf. Mit einem Harvestindex von rund 47 und einem Kornertrag von rund 49 dt ha⁻¹ übertraf der Saatweizen die alten Arten deutlich.

Tabelle 4: Sprossmasseerträge dt ha⁻¹ in Abhängigkeit vom Jahr, der Intensität und der Weizenart⁺Table 4: Above ground dry matter yields (dt ha⁻¹) in dependence on the year, the intensity level and the wheat species⁺

Arten Jahr	Saadichte kf. Kö. m ⁻²	I 1	I 2	I 3	I 4	GD 5 %
1999						
Dinkel	150	92,9 a	106,4 a b	115,3 b c	136,8 a	A x I 24,95
Einkorn	150	113,5 a	127,2 b c	118,2 b c	132,8 a	
Emmer	150	95,0 a	115,9 a c	122,2 b c	121,5 a	
Orient. Weizen	150	88,9 a	124,6 a c	108,1 a b	119,7 a	
Orient. Weizen	300	93,4 a	100,3 a	89,0 a	112,9 a	
Saatweizen	300	105,3 a	132,9 c	148,0 d	135,1 a	
OW + SW	150+150	95,3 a	113,7 a c	135,2 c d	132,8 a	
OW + SW	200+100	95,9 a	110,3 a c	120,9 b c	124,2 a	
OW + SW	250+ 50	93,4 a	106,3 a b	104,0 a b	125,3 a	
Mittelwert über Arten		97,1	115,3	117,9	126,8	
2000						
Dinkel	150	79,7 a	78,9 a b	89,2 a b	110,5 a	A x I 26,48
Einkorn	150	75,8 a	61,9 a	108,6 b c d	100,4 a	
Emmer	150	75,8 a	108,0 c	90,5 a c	94,3 a	
Orient. Weizen	150	75,6 a	86,1 a c	75,9 a	94,2 a	
Orient. Weizen	300	78,4 a	94,5 b c	97,1 a d	101,7 a	
Saatweizen	300	100,3 a	106,4 c	116,6 c d	149,4 b	
OW + SW	150+150	86,6 a	111,1 c	118,8 d	109,2 a	
OW + SW	200+100	79,9 a	109,9 c	100,9 a d	116,3 a	
OW + SW	250+ 50	88,9 a	96,5 b c	96,9 a d	113,7 a	
Mittelwert über Arten		82,4	94,8	99,4	110,0	
2001						
Dinkel	150	76,0 a b c	89,8 a b	88,0 a	116,3 c	A x I 19,92
Einkorn	150	101,1 d	106,0 b	100,7 a	106,8 b c	
Emmer	150	70,6 a b	106,6 b	125,6 b	100,8 b c	
Orient. Weizen	150	64,4 a	88,7 a b	83,8 a	78,2 a	
Orient. Weizen	300	68,6 a	74,0 a	82,6 a	93,0 a b	
Saatweizen	300	69,8 a	91,9 a b	101,2 a	101,7 b c	
OW + SW	150+150	91,5 c d	83,9 a	95,1 a	97,2 a c	
OW + SW	200+100	90,1 b d	90,7 a b	100,3 a	97,1 a c	
OW + SW	250+ 50	80,9 a b c	78,6 a	98,5 a	94,5 a b	
Mittelwert über Arten		79,2	90,0	97,3	98,4	

⁺ Mittelwerte pro Spalte und Jahr, die mit einem gemeinsamen Buchstaben versehen sind, sind nach t-Test nicht signifikant verschieden.

⁺ Means for a column and year that have a letter in common are not significantly different according to t-test.

3.2 Erträge in Abhängigkeit vom Jahr, der Intensität und der Weizenart

Im Mittel der Arten- und Artenmischungsvarianten hob die steigende Anbauintensität die Sprossmasseerträge in I 4 gegenüber I 1 nachweislich an. Ausgehend von 97 dt ha⁻¹ im Jahr 1999 betrug der Anstieg 30 %, von 82 dt ha⁻¹ im Jahr 2000 rund 33 % und von 78 dt ha⁻¹ im Jahr 2001 rund 24 %. Deutlich über dem Mittel lag der Anstieg der Saat-

weizenreinbestände mit einer Größenordnung von 40 bis nahezu 50 %. Ohne die Abweichungstendenzen einzelner Artenvarianten im einen oder anderen Jahr zu werten, belegen die Daten die Relevanz der Anbauintensität für die Stoffproduktion der bearbeiteten Weizenbestände (Tabelle 4).

Auf die Höhe der Harvestindices hatte die Anbauintensität, jedenfalls im Mittel der Arten- und Artenmischungsvarianten, keinen eindeutigen Einfluss. Die Indices bewegten sich über die vier Intensitätsstufen hinweg 1999 um 31,

Tabelle 5: Harvestindices in Abhängigkeit vom Jahr, der Intensität und der Weizenart*
 Table 5: Harvest indices in dependence on the year, the intensity level and the wheat species*

Arten Jahr	Saadichte kf. Kö. m ⁻²	I 1	I 2	I 3	I 4	GD 5 %
1999						
Dinkel	150	29,6 b c	30,3 c	29,1 c	31,8 b c	A x I 7,11
Einkorn	150	21,8 a	14,1 a	19,9 a b	24,8 a b	
Emmer	150	26,0 a b	23,2 b	14,5 a	24,5 a	
Orient. Weizen	150	40,8 d e	38,0 d e	26,9 b c	32,2 c	
Orient. Weizen	300	29,5 b c	18,3 a b	15,4 a	27,9 a c	
Saatweizen	300	43,9 e	44,6 e	45,0 e	46,6 d	
OW + SW	150+150	38,9 d e	38,6 d e	39,0 d e	41,1 d	
OW + SW	200+100	37,0 d e	35,9 c d	33,5 c d	39,5 d	
OW + SW	250+ 50	34,0 c d	36,5 c d	29,9 c	30,4 a c	
Mittelwert über Arten		33,5	31,0	28,1	33,2	
2000						
Dinkel	150	31,4 b	29,1 b	28,1 b	30,1 c	A x I 2,42
Einkorn	150	26,7 a	25,6 a	26,1 a b	24,9 a	
Emmer	150	26,1 a	24,4 a	25,3 a	27,5 b	
Orient. Weizen	150	37,7 c	36,9 c d	37,7 d	33,5 d	
Orient. Weizen	300	37,1 c	36,5 c	35,0 c	32,6 d	
Saatweizen	300	47,7 e	47,5 g	45,7 g	47,7 g	
OW + SW	150+150	43,7 d	44,4 f	42,7 f	42,6 f	
OW + SW	200+100	42,1 d	41,3 e	41,0 e f	40,1 e	
OW + SW	250+ 50	39,5 c	39,2 d e	38,9 d e	38,7 e	
Mittelwert über Arten		36,9	36,1	35,6	35,3	
2001						
Dinkel	150	26,4 b	26,1 b	26,4 b	28,2 b	A x I 3,57
Einkorn	150	14,8 a	13,7 a	18,6 a	15,7 a	
Emmer	150	23,7 b	25,8 b	26,5 b	27,1 b	
Orient. Weizen	150	39,0 c d	41,0 c	39,3 c d	37,4 c	
Orient. Weizen	300	35,5 c	37,6 c	36,8 c	37,3 c	
Saatweizen	300	47,5 f	46,0 d	47,9 f	49,8 e	
OW + SW	150+150	43,0 e	44,8 d	44,9 e f	46,3 e	
OW + SW	200+100	41,7 d e	41,2 c	42,1 d e	40,0 c d	
OW + SW	250+ 50	38,1 c d	41,0 c	40,5 d	41,3 d	
Mittelwert über Arten		34,4	35,2	35,9	35,9	

* Mittelwerte pro Spalte und Jahr, die mit einem gemeinsamen Buchstaben versehen sind, sind nach t-Test nicht signifikant verschieden.

* Means for a column and year that have a letter in common are not significantly different according to t-test.

2000 und 2001 zwischen 34 und 37 (Tabelle 5). Dieses Niveau unterschritten die Reinbestände der alten Weizenarten, insbesondere die Reinbestände von Einkorn und Emmer in zwei von drei Versuchsjahren, teilweise mit Werten < 20 erheblich. Ebenso beträchtlich übertraf der Saatweizen das Artenmittel mit Werten zwischen 44 und 50, in zwei von drei Jahren verbunden mit einer schwachen Zunahmetendenz von I 1 bis I 4. Nur im Jahr 2001 lassen auch die Reinbestände der alten Arten eine gleichgerichtete Ten-

denz erkennen. Die Harvestindices der Mischbestände spiegeln mit den Anteilen des Orientalischen Weizens und des Saatweizens deren Indexniveau wider. Bei geringem Saatweizenanteil blieben die Indices der Mischbestände geringer als bei hohem Saatweizenanteil (Tabelle 5).

Aus den Sprossmasseerträgen und den Harvestindices ergeben sich die Kornerträge. Ausgehend von rund 30 dt ha⁻¹ in I 1 in den Jahren 1999 und 2000 bzw. von rund 24 dt ha⁻¹ im Jahr 2001 wurden im Mittel der Arten- und

Artenmischungsvarianten im Jahr 1999 mit 41 dt ha⁻¹ um 35 %, im Jahr 2000 mit 37 dt ha⁻¹ um 24 % und im Jahr 2001 mit 32 dt ha⁻¹ ebenfalls um 35 % höhere Erträge in I 4 nachgewiesen. Die Kornerträge der alten Weizenarten lagen mit Werten zwischen 18 und 28 dt ha⁻¹ in I 1 beträchtlich unter den Kornerträgen des Saatweizens, der in I 1, in Abhängigkeit von den Jahren, bis zu 44 dt ha⁻¹ lieferte (Tabelle 6). Mithin trafen die Intensivierungsmaßnahmen auf ein artenspezifisch unterschiedliches Ertrags-

niveau und bewirkten relative Ertragszunahmen in teilweise unterschiedlicher Größenordnung. Gegenüber I 1 erzielte der Saatweizen in I 4 Mehrerträge von 42 bis 57 %. Die relativen Mehrerträge alter Weizenarten lagen häufig – trotz des geringeren Ausgangsniveaus – deutlich darunter. Jedoch weisen die Kornertragsdaten von Dinkel, Emmer und Orientalischem Weizen darauf hin, dass relative Ertragszunahmen in der Größenordnung von Saatweizen möglich sind (Tabelle 6).

Tabelle 6: Kornerträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit vom Jahr, der Intensität und der Weizenart⁺
 Table 6: Grain yields (dt ha⁻¹) in dependence on the year, the intensity level and the wheat species⁺

Arten Jahr	Saadichte kf. Kö. m ⁻²	I 1	I 2	I 3	I 4	Relativ I4 zu I1	GD 5 %	
1999								
Dinkel	150	28,4 a b	29,4 b c	30,7 c d	37,4 b c	131,7	A x I 4,54	
Einkorn	150	25,1 a	27,4 a c	27,9 b c	31,8 a	126,7		
Emmer	150	24,7 a	25,2 a b	25,8 a b	35,1 a b	142,1		
Orient. Weizen	150	26,6 a	30,1 c	27,3 b c	36,4 b c	136,8		
Orient. Weizen	300	24,3 a	24,1 a	21,9 a	36,0 a c	148,1		
Saatweizen	300	43,8 e	49,3 f	55,5 f	62,0 f	141,6		
OW + SW	150+150	37,2 d	41,3 e	45,7 e	48,1 e	129,3		
OW + SW	200+100	33,7 c d	40,1 e	41,9 e	44,5 d e	132,0		
OW + SW	250+ 50	31,2 b c	35,0 d	33,2 d	40,4 c d	129,5		
Mittelwert über Arten		30,5	35,6	34,4	41,3			I 1,86
2000								
Dinkel	150	22,8 a b	24,7 b	24,3 a b	31,3 b c	137,3		A x I 4,63
Einkorn	150	22,0 a b	18,8 a	23,7 a	22,8 a	103,6		
Emmer	150	18,4 a	23,2 a b	21,9 a	27,1 a b	147,3		
Orient. Weizen	150	26,3 b c	29,5 c	28,8 b c	27,3 a b	103,8		
Orient. Weizen	300	28,3 c	32,7 c	32,0 c	30,9 b c	109,2		
Saatweizen	300	43,9 e	53,8 f	50,9 f	64,8 e	147,6		
OW + SW	150+150	38,3 d	50,9 f	44,0 e	49,2 d	128,5		
OW + SW	200+100	34,1 d	44,0 e	40,6 d e	44,8 d	131,4		
OW + SW	250+ 50	33,8 d	38,5 d	37,2 d	33,4 c	98,8		
Mittelwert über Arten		29,8	35,1	33,7	36,9		I 1,89	
2001								
Dinkel	150	19,3 a b	23,4 b	25,2 b	29,1 c	150,8	A x I 2,81	
Einkorn	150	18,1 a	18,7 a	21,0 a	21,9 a	121,0		
Emmer	150	18,9 a b	22,1 b	25,1 b	25,2 b	137,3		
Orient. Weizen	150	21,5 b c	23,1 b	21,7 a	24,6 a b	114,4		
Orient. Weizen	300	21,1 b c	23,3 b	25,0 b	27,3 b c	129,4		
Saatweizen	300	30,6 e	38,4 e	43,6 f	48,0 f	156,9		
OW + SW	150+150	30,5 d	33,8 d	37,6 e	40,4 e	132,5		
OW + SW	200+100	28,7 d	31,8 d	33,1 d	37,6 e	131,0		
OW + SW	250+ 50	23,9 c	28,7 c	29,5 c	33,4 d	139,7		
Mittelwert über Arten		23,7	27,0	29,1	31,9			I 2,30

⁺ Mittelwerte pro Spalte und Jahr, die mit einem gemeinsamen Buchstaben versehen sind, sind nach t-Test nicht signifikant verschieden.

⁺ Means for a column and year that have a letter in common are not significantly different according to t-test.

3.3 Mischungseffekte in Abhängigkeit vom Jahr und von der Intensität

Wie zu erwarten, gingen mit zunehmenden Anteilen Orientalischen Weizens an den Mischbeständen die Harvestindices der Mischbestände zurück. Zugleich wurden teils nachweislich, teils tendenziell steigende positive Mischungseffekte auf die Harvestindices ermittelt. In allen drei Versuchsjahren blieben die Effekte in I 1 gering und nur als Ten-

denzen erkennbar. In den Jahren 1999 und 2000 konnten hingegen in höheren Intensitätsstufen signifikante positive Mischungseffekte nachgewiesen werden (Tabelle 7). Signifikante positive Mischungseffekte auf die Kornerträge ergaben sich 1999 in den Intensitätsstufen 2 und 3, 2000 in der Stufe 2 und 2001 in allen Intensitätsstufen. Die Mehrerträge erreichten 1999 und 2000 bis zu 7,6 dt ha⁻¹, im Jahr 2001 lagen sie zwischen 2,6 und 4,7 dt ha⁻¹. Darüber hinaus auftretende Mischungseffekte in der Größenordnung von 1 bis

Tabelle 7: Mischungseffekte in Mischbeständen aus Orientalischem Weizen + Saatweizen (OW + SW) auf den Harvestindex
 Table 7: Mixing effects in mixed stands of *T. turanicum* + *T. aestivum* (OW + SW) on the harvest index

Jahr	Intensität		Reinbestand Orientalischer Weizen	OW + SW 150+150 kf. Kö. m ⁻²	OW + SW 200+100 kf. Kö. m ⁻²	OW + SW 250+50 kf. Kö. m ⁻²	Reinbestand Saatweizen
1999	I1	EW ¹	29,5	36,7	34,3	31,9	43,9
		GW ¹		38,9	37,0	34,0	
		ME ¹		+2,2	+2,7	+2,1	
	I2	EW	18,3	31,5	27,1	22,7	
		GW		38,60	35,9	36,5	
		ME		+7,1* ²⁾	+8,8**	+13,8***	
	I3	EW	15,4	30,2	25,3	20,3	
		GW		39,0	33,5	29,9	
		ME		+8,8**	+8,2*	+9,6**	
	I4	EW	27,9	37,3	34,1	31,0	
		GW		41,1	39,5	30,4	
		ME		+3,8	+5,4	-0,6	
2000	I1	EW	37,1	42,4	40,6	38,9	47,7
		GW		43,7	42,1	39,5	
		ME		+1,3	+1,5	+0,6	
	I2	EW	36,5	42,0	40,2	38,3	
		GW		44,4	41,3	39,2	
		ME		+2,4*	+1,1	+0,9	
	I3	EW	35,0	40,4	38,6	36,8	
		GW		42,7	41,0	38,9	
		ME		+2,3*	+2,4*	+2,1	
	I4	EW	32,6	40,2	37,6	35,1	
		GW		42,6	40,1	38,7	
		ME		+2,4*	+2,5*	+3,6**	
2001	I1	EW	35,5	41,5	39,5	37,5	47,5
		GW		43,0	41,7	38,1	
		ME		+1,5	+2,2	+0,6	
	I2	EW	37,6	41,8	40,4	39,0	
		GW		44,8	41,2	41,0	
		ME		+3,0	+0,8	+2,0	
	I3	EW	36,8	42,4	40,5	38,7	
		GW		44,9	42,1	40,5	
		ME		+2,5	+1,6	+1,8	
	I4	EW	37,3	43,6	41,5	39,4	
		GW		46,3	40,0	41,3	
		ME		+2,7	-1,5	+1,9	

1) EW = Erwartungswert
 GW = gemessener Wert
 ME = Mischungseffekt

2) * signifikant bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit
 ** signifikant bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit
 *** signifikant bei 0,1% Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 8: Mischungseffekte in Mischbeständen aus Orientalischem Weizen und Saatweizen (OW + SW) auf den Kornertrag (dt ha⁻¹)
 Table 8: Mixing effects in mixed stands of *T. turanicum* + *T. aestivum* (OW + SW) on the grain yield (dt ha⁻¹)

Jahr	Intensität		Reinbestand Orientalischer Weizen	OW + SW 150+150 kf. Kö. m ⁻²	OW + SW 200+100 kf. Kö. m ⁻²	OW + SW 250+50 kf. Kö. m ⁻²	Reinbestand Saatweizen
1999	I1	EW ¹	24,3	34,0	30,8	27,5	43,8
		GW ¹		37,2	33,7	31,2	
		ME ¹		+3,2	+2,9	+3,7	
	I2	EW	24,1	36,7	32,5	28,3	49,3
		GW		41,3	40,1	35,0	
		ME		+4,6*	+7,6***	+6,7**	
	I3	EW	21,9	38,7	35,4	27,5	55,5
		GW		45,7	41,9	33,2	
		ME		+7,0***	+6,5***	+5,7**	
	I4	EW	36,0	49,0	44,7	40,3	62,0
		GW		48,1	44,5	40,4	
		ME		-0,9	-0,2	+0,1	
2000	I1	EW	28,3	36,1	33,5	30,9	43,9
		GW		38,3	34,1	33,8	
		ME		+2,2	+0,6	+2,9	
	I2	EW	32,7	43,3	39,8	36,2	53,9
		GW		50,9	44,0	38,5	
		ME		+7,6***	+4,2*	+2,3	
	I3	EW	32,0	41,5	38,3	35,1	50,9
		GW		44,0	40,6	37,4	
		ME		+2,5	+2,3	+2,3	
	I4	EW	30,9	47,9	42,2	36,6	64,8
		GW		49,2	44,8	33,4	
		ME		+1,3	+2,62	-3,2	
2001	I1	EW	21,1	25,9	24,3	22,7	30,7
		GW		30,6	28,7	23,9	
		ME		+4,7***	+4,4***	+1,2	
	I2	EW	23,3	30,9	28,3	30,3	38,4
		GW		33,8	31,8	28,7	
		ME		+2,9*	+3,5**	-1,6*	
	I3	EW	25,0	34,3	31,2	28,1	43,6
		GW		37,6	33,1	29,5	
		ME		+3,3**	+1,9	+1,4	
	I4	EW	27,3	37,7	34,2	30,8	48,0
		GW		40,3	37,6	33,4	
		ME		+2,6*	+3,4**	+2,6*	

1) EW = Erwartungswert
 GW = gemessener Wert
 ME = Mischungseffekt

2) * signifikant bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit
 ** signifikant bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit
 *** signifikant bei 0,1% Irrtumswahrscheinlichkeit

3 dt ha⁻¹ können nur als gleichgerichtete Tendenzen gewertet werden (Tabelle 8).

4 Diskussion

Orientalischer Weizen mit der Markenbezeichnung Kamut, mit 300 keimfähigen Körnern je m² in gleicher Saatstärke wie die Saatweizensorte Triso ausgesät, produzierte

1999 in der Intensitätsstufe 1, also ohne N-Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, 24,3 dt ha⁻¹ Kornertrag, Triso lieferte in der gleichen Stufe 43,8 dt ha⁻¹. Die N-Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen in der Intensitätsstufe 4 ermöglichten den Beständen des Orientalischen Weizens mit 36,0 dt ha⁻¹ einen relativen Ertragsanstieg um rund 50 %, trotzdem blieb zum absoluten Ertragsniveau des Saatweizens in der Intensitätsstufe 1 ein erheblicher Abstand. Die geringere Saattiefe der anderen alten Arten ver-

bietet den direkten Ertragsvergleich mit Triso. Jedoch bewegen sich die Erträge aller Reinbestandsvarianten auf einem ähnlich geringen Niveau. Ein entscheidender Einfluss der höheren Saatedichte ist beim Orientalischen Weizen nicht gegeben und bei den anderen Arten nicht anzunehmen. Somit können diese Befunde die eingangs formulierte Hypothese bestätigen. Die genetische Fixierung des Stoffproduktions- und -verteilungsmusters der hier herangezogenen Genotypen alter Weizenarten ist in ihrer Kornertragsrelevanz durch die Anbauintensität quantitativ zu beeinflussen. Jedoch reichen nicht einmal die Maßnahmen in der Intensitätsstufe 4 aus, um das absolute Ertragsniveau der Saatweizensorte Triso in der Intensitätsstufe 1 zu erreichen.

In der Konsequenz stellt sich mit der zweiten Hypothese die Frage: Erreichen die Kornertragsreaktionen der alten Weizenarten und des Saatweizens auf steigende Anbauintensität „relativ“ vergleichbare Größenordnungen? Mit „relativ“ ist der Bezug zum artspezifisch vorgegebenen Ausgangsertragsniveau in der Intensitätsstufe 1, also ohne den Einfluss von Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, gemeint. Wenn die N-Düngungs- und Pflanzenschutzkombination in der Intensitätsstufe 4 die Kornerträge von Dinkel, Emmer und 1999 auch die des Orientalischen Weizens mit bis zu 50 % relativ in der gleichen Größenordnung an hob wie die Kornerträge des Saatweizens, kann dies als Bestätigung der Hypothese verstanden werden. Dabei ist jedoch nochmals auf die absolut höchst unterschiedliche Bezugsbasis, die jeweiligen Kornerträge in der Intensitätsstufe 1, zu verweisen. Gegen die Hypothese sprechen die geringen Ertragsreaktionen von Einkorn und – in den Jahren 2000 und 2001 – auch des Orientalischen Weizens. Dessen auffallend schwache Reaktion im Jahr 2000 ist bedingt erklärbar. Trotz der Pflanzenschutzbehandlungen in der Intensitätsstufe 4 musste die Lagerneigung der Bestände auf der 9-stufigen Boniturskala mit 7 und ein Mischbefall von Mehltau und Blattseptoria mit Boniturnoten zwischen 3 und 4 bewertet werden. Zweifellos beeinträchtigen solche Schäden die ertragsrelevante Umsetzung von Wachstumsfaktoren. Im Jahr 2001 trat nur ein vergleichbarer Blattkrankheitsbefall und ein mittlerer Fußkrankheitsbefall, aber kein Lager auf; die Ertragsreaktion war nicht ganz so gering wie im Vorjahr. In den Einkornbeständen verhinderten möglicherweise die hohen Bestandesdichten dieser Weizenart größere Kornertragsreaktionen. Dass die Konkurrenz zwischen bis zu 650 ährentragenden Halmen m^{-2} in der Intensitätsstufe 4 (Daten nicht dargestellt) flächenertragsdepressiv wirken konnte, ist vorstellbar. Die Weizen-

arten deuten also in die Richtung gleichwertiger Reaktionspotenziale auf ertragsrelevante Anbaumaßnahmen, durchgängig überzeugen können die Ergebnisse der Reinbestände alter Weizenarten jedoch nicht. Eine eindeutige Wertung der vorgegebenen Hypothese ist nicht möglich.

Schließlich wurde mit der dritten Hypothese die Frage aufgeworfen, ob die Kornertragsfähigkeit des Orientalischen Weizens, Marke Kamut, im Mischbestand mit der standfesten Saatweizensorte Triso so stabilisiert werden kann, dass die Aufwuchsbedingungen besser in Kornertrag umgesetzt werden als im lageranfälligen Reinbestand. Positive Mischungseffekte auf die Harvestindices und die Kornerträge der Mischbestände geben Anlass zu dieser Annahme. Möglicherweise gehen diese Effekte, die als Kornmehrerträge die reinbestandesbasierten Erwartungswerte um bis zu $7,6 \text{ dt ha}^{-1}$ übertrafen, vorrangig auf die Beiträge der Orientalischen Weizenkomponente zurück. Während die Lagerbonituren der Reinbestände des Orientalischen Weizens zwischen 3 und 7 lagen, blieben die Mischbestände durchwegs standfest. Gleichgerichtete Befunde von Mischbeständen mit anderen Arten und verschiedenen Sorten stützen diesen Zusammenhang (AUFHAMMER et al., 2004; KÜBLER et al., 2006). Der Krankheitsbefall, der in den Reinbeständen des Orientalischen Weizens, teilweise auch in den Saatweizenbeständen auftrat, wurde in den Mischbeständen um etwa eine halbe Note schwächer bonitiert. Dass selbst dieser geringfügige Effekt zu den Kornmehrerträgen beitrug, ist nicht auszuschließen. Allerdings können neben der Reduktion von Schadeffekten auch wechselseitige Kompensationsreaktionen auf Umweltstress an den Mischungseffekten beteiligt sein (STÜTZEL und AUFHAMMER, 1990). Gemeinsam waren die Mischbestandskomponenten in der Lage, die Aufwuchsbedingungen besser auszuschöpfen, als dies die Addition ihrer reinbestandesbasierten Leistungsanteile erwarten ließ.

Artengemischt geerntetes, spelzenfreies Weizenkorngut, wie dies die Mischbestände aus Orientalischem Weizen und Saatweizen hervorbringen, sollte bis zu Endprodukten – z. B. zu Mehlen, Schrotten und Gebäck – weiterverarbeitet werden können. Dies vorausgesetzt, wäre der Mischbau eine sinnvolle Alternative zur Rohstoffproduktion im Reinbestand. Eine Separierung des Ernteguts von Mischbeständen ist zumeist technisch aufwändig und kaum ökonomisch vertretbar. Die Weiterverarbeitungsmöglichkeiten gemischten Ernteguts sollten daher bei der Erstellung von Mischbeständen bedacht werden.

Literatur

- ABDEL-AAL, E.-S.M., P. HUCL und F.W. SOSULSKI (1995): Compositional and nutritional characteristics of spring Einkorn and spelt wheats. *Cereal Chem.* 72, 621–624.
- ABDEL-AAL, E.-S.M., F.W. SOSULSKI und P. HUCL (1998): Origins, Characteristics and Potentials of Ancient Wheats. *Cereal Foods World* 43 (9), 708–715.
- AUFHAMMER, W. (2003): Rohstoff Getreide. Ulmer Stuttgart.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER und H.-P. PIEPHO (2004): Getreidearten und Körnerleguminosen als Komponenten von Mischbeständen – 1. Mitt.: Mischungseffekte auf die Kornerträge. *Pflanzenbauwiss.* 8 (2), 56–63.
- AUFHAMMER, W. und H. STÜTZEL (1986): Einflüsse von Sortenmischungen bei Wintergerste auf den Befall mit Blattkrankheiten. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz* 93, 515–527.
- BORGHI, B., R. CASTAGNA, M. CORBELLINI, M. HEUN and F. SALAMINI (1996): Breadmaking quality of Einkorn wheat. *Cereal Chem.* 73, 208–214.
- D'ANTUONO, L.F., G.L. GALLETI und P. BOCCHINI (1998): Fiber quality of Emmer (*T. dicoccum* Schubler) and Einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) landraces as determined by analytical pyrolysis. *J. Sci. Food Agric.* 78, 213–219.
- GRAUSGRUBER, H., R. TUMPOLD, P. LASSNIG und P. RUCKENBAUER (2002): Agronomische und qualitative Merkmale von Emmer (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum*). Tagungsband der XXXVII. Vortragsstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung e.V. Hannover 2000, 41–50.
- GRAUSGRUBER, H., C. SAILER und P. RUCKENBAUER (2004): Khorsan wheat, Kamut® and ‚Pharaonenkorn‘: Origin, characteristics and potential. 55. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 75–80.
- JANTSCH, P. und D. TRAUTZ (2003): Die Einführung von Einkorn (*Triticum monococcum*) und Emmer (*Triticum dicoccum*) in den ökologischen Landbau – Anbau, Ertrag, Qualität. Zusammenfassung der Ergebnisse von einem zweijährigen Forschungsprojekt an der Fachhochschule Osnabrück mit dem Kooperationspartner Bohlsener Mühle, 1–49.
- KEMPF, H. (1990): Zur Leistungsfähigkeit von Sortenmischungen bei Winterweizen unter Ausschluss von Krankheitsbefall. Dissertation, Universität Hohenheim.
- KLING, C.I. (2009): Spelzweizenzüchtung in Deutschland. *Getreidetechnologie* 63 (4), 37–47.
- KLING, C.J., J. BREUER und K. MÜNZING (2006): Eignung alter Weizenkulturen für heutige Anforderungen. *Getreidetechnologie* 60 (1), 55–60.
- KÜBLER, E., W. AUFHAMMER und H.-P. PIEPHO (2006): Mischungseffekte in Getreide-Körnerleguminosen-Beständen auf den Kornertrag in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. *Die Bodenkultur* 57 (3), 121–130.
- MARTINI, A. und M. KUHN (1999): Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Dinkelproteinen. *Getreide, Mehl und Brot* 53, 282–290.
- PIEPHO, H.-P. (2004): An algorithm for a letter-based representation of all-pairwise comparisons. *J. Comput. Graph. Stat.* 13, 456–466.
- QUINN, R.M. (1999): Kamut®: Ancient Grain, New Cereal. In: J. Janick (ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA., 182–183.
- STALLKNECHT, G.F., K.M. GILBERTSON and J.E. RANNEY (1996): Alternative Wheat Cereals as Food Grains: Einkorn, Emmer, Spelt, Kamut and Triticale. In J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA., 156–170.
- STÜTZEL, H. (1985): Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Sortenmischungen bei Wintergerste. Dissertation, Universität Hohenheim.
- STÜTZEL, H. und W. AUFHAMMER (1990): The Physiological Causes of Mixing Effects in Cultivar Mixtures: A General Hypothesis. *Agric. Systems* 32, 41–53.

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. W. Aufhammer, Dr. E. Kübler, Prof. Dr. H.-P. Piepho, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart, Deutschland.
E-Mail: piepho@uni-hohenheim.de; Fax: Aufhammer +49 (0)7021-45612

Eingelangt am 24. August 2011
Angenommen am 30. Oktober 2012