

# Inverse und nicht inverse Beziehungen von Kornertrag und Qualität im österreichischen Sortenspektrum von Weizen, Gerste und Roggen

## Inverse and non-inverse relations between grain yield and quality in the Austrian cultivars of wheat, barley and rye

Michael Oberforster<sup>1\*</sup> und Manfred Werteker

### Abstract

Relations between grain yield and quality parameters of winter wheat, winter barley, winter rye and spring barley were analysed. The results are based on the official Austrian VCU trials from 1979/80 to 2009/10 and on trials performed for the Descriptive List of Varieties. With respect to the species the number of trials was between 319 and 514, with a total of 39 (winter rye) to 139 (spring barley) cultivars. Adjusted means were calculated and correlated intervarietally. In some cases inverse (statistically negative) relations between yield and quality, e.g. protein content, extract yield difference and color of wort of malting barley, fiber content of feed barley, are desired, whereas the significant intervarietal inverse relation of grain yield and protein content of quality wheat ( $r = -0.48^{**}$  in the Pannonian region;  $-0.53^{**}$  in humid areas) and normal bread wheat ( $r = -0.73^{**}$  in the Pannonian region;  $-0.83^{**}$  in humid areas) represents a challenge for breeders. Protein quality, expressed as sedimentation value and swelling number, as well as kneading and stretching properties of doughs, baking volume and milling properties were less or not at all influenced. In winter and spring barley the breeding progress is accompanied by an increase in thousand kernel weight and better results of the sieving analysis ( $r = 0.42^{**}$  to  $0.86^{**}$ ). In rye, especially in hybrid rye, a higher grain yield may be combined with a more favourable falling number and viscosity (amylogram).

### Keywords

Breeding progress, correlation, crop improvement, *Hordeum vulgare*, protein, *Secale cereale*, *Triticum aestivum*

### Einleitung

Von Backweizen-, Braugerste- und Mahlroggensorten werden agronomisch günstige Eigenschaften, Krankheitsresistenzen, eine hohe Ertragsleistung sowie eine adäquate Verarbeitungseignung verlangt. Bei Futtergerste sind die qualitativen Anforderungen zwar geringer, aber züchterisch dennoch nicht vernachlässigbar. Die Kombinierbarkeit von Ertrag und Qualität beschäftigt Züchter wie Pflanzenbauer

seit langem. Aus biometrischen Gründen ist der Ertragsfortschritt umso geringer, je mehr Merkmale berücksichtigt werden müssen. Zudem sind die gewünschten Eigenschaften mitunter nur in mangelhaft adaptiertem Ausgangsmaterial vorhanden (BECKER 1993). Eine Hauptschwierigkeit bei der Züchtung von Qualitätsweizen ist die negative Korrelation zwischen Kornertrag und Klebergehalt. Sie tritt auf, wenn verschiedene Genotypen unter jeweils gleichen Bedingungen geprüft werden (HÄNSEL 1963). Der Grund dafür ist, dass zur Proteinbildung mehr Photosyntheseenergie benötigt wird, als für dieselbe Quantität an Stärke (PENNING DE VRIES et al. 1974). Nach HOLZ (2009) sind die Weizenzüchter für die ungenügenden Ertragsfortschritte und den geringeren Saatgutwechsel wegen der Schwerpunktsetzung auf höhere Qualität und Krankheitsresistenz zum Teil mitverantwortlich.

### Material und Methoden

#### *Standorte, Feldversuche*

Die Daten entstammen der österreichischen Sortenwertprüfung von 1980 bis 2010 sowie Landessortenversuchen, welche in die Beschreibende Sortenliste (AGES 2011) Eingang fanden (Tabelle 1). Bei Winterweizen waren es 419 (Serie Trockengebiet) bzw. 514 (Serie Feuchtgebiet) Umwelten. Bei Wintergerste wurden 498, bei Sommergerste 510 und bei Winterroggen 319 ertraglich ausgewertete Versuche einbezogen. Sie waren auf klimatisch und pedologisch vielfältigen Standorten im Burgenland, in Niederösterreich, in Oberösterreich, in Salzburg, der Steiermark und in Kärnten lokalisiert (Abbildung 1). Je nach Getreideart handelt es sich um 18 bis 26 Orte, von denen allerdings kaum die Hälfte während der gesamten Zeit zur Verfügung stand. Die Versuche waren als randomisierte Blockanlagen, lateinisches Rechteck, Zwei- und Dreisatzgitter konzipiert. Die Prüfglieder waren drei- bis sechsfach wiederholt, die Parzellenfläche variierte von 8-18 m<sup>2</sup>. Zuletzt wurden 230-400 keimfähige Körner · m<sup>2</sup> gesät, in den 1980er Jahren waren es zumeist 350-450 Körner · m<sup>2</sup>. Die Vorfrüchte und Düngergaben waren höchst verschieden, Wachstumsregler zur Halmstabilisierung kamen selten zur Anwendung. Weiters erfolgten die Prüfungen mehrheitlich ohne Fungizide, seit 2002 werden solche bei einzelnen Wintergerste-, Winterweizen-

<sup>1</sup> Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Spargelfeldstraße 191, A-1220 WIEN

\* Ansprechpartner: Michael OBERFORSTER, michael.oberforster@ages.at

**Tabelle 1: Übersicht der ausgewerteten Versuche und Sorten**  
**Table 1: Overview of the evaluated trials and cultivars**

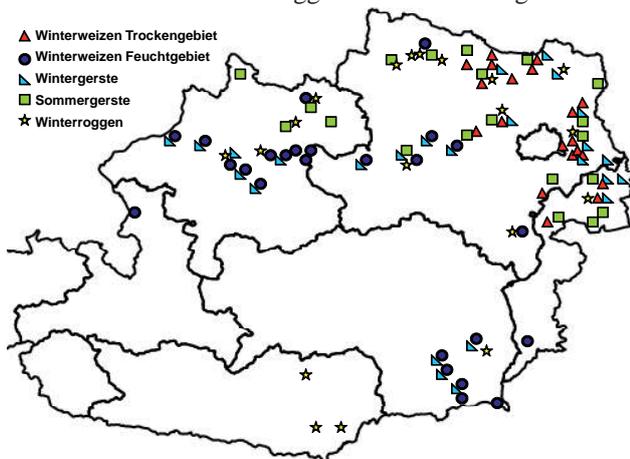
Getreideart (Anbauregion)	Versuche (n) Kornertrag	Parzellenfläche (m <sup>2</sup> )	Wiederholungen	Saatstärke (keimf. Körner · m <sup>2</sup> )	Sorten (n)
Winterweizen (Trockengebiet)	419	8,1-18	3-6	280-450	49 Qualitätsweizen 18 Mahlweizen
Winterweizen (Feuchtgebiet)	514	8,1-15	3-6	280-450	13 Qualitätsweizen 51 Mahlweizen
Wintergerste (Gesamtgebiet)	498	8,0-18	3-6	270-450	53 Zweizeilige 54 Mehrzeilige
Sommergerste (Gesamtgebiet)	510	8,3-18	3-6	300-430	65 Braugersten 69 Futtergersten
Winterroggen (Gesamtgebiet)	319	8,3-18	3-6	230-450	18 Populationsroggen 21 Hybridroggen

und Sommergersterversuchen eingesetzt. Bei Winterweizen (Serie Trockengebiet) und Winterroggen wurden auch die auf Biobetrieben platzierten Versuche verwertet.

aus sämtlichen Jahren vor, Elect stand von 1990-2010 in den Versuchen. Insgesamt wurden 18 Populations- und 21 Hybridsorten verrechnet.

### Sorten und Prüfperiode

Es wurden aktuelle und bereits gelöschte Sorten, sofern ausreichend Ergebnisse vorlagen, einbezogen. Für die gebietsweise getrennten Sortimente von Winterweizen erfolgte eine separate Verrechnung. Im pannonischen Klimagebiet dominierten die Qualitätsweizen (49 Sorten, Backqualitätsgruppe 7-9), in den Übergangs- und Feuchtlagen gab es mehr Mahlweizen (51 Sorten, Gruppe 3-6); die Futterweizen blieben unberücksichtigt. Der Qualitätsweizen Capo wird seit 1987 im Pannonikum durchgehend getestet. Aus dem Feuchtgebiet liegen die meisten Ergebnisse von den Sorten Adam (1980-1992), Ikarus (1981-1995), Capo und Ludwig (jeweils 1994-2010) vor. Von den 107 Wintergersten sind Igri (1980-1993), Judith (1980-1995), Prima (1984-1996), Dido (1986-1999), Montana (1992-2004) und Reni (1999-2010) am umfassendsten geprüft. Von den 65 Sommerbrau- und 69 Sommerfuttergersten waren Adora (1980-1990), Atem (1980-1991), Apex (1982-1994), Serva (1981-1991), Barke (1994-2005) und Bodega (1998-2009) am längsten im Anbau. Vom Winterroggen EHO-Kurz liegen Daten



**Abbildung 1: Standorte der Versuche von Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste und Winterroggen**

**Figure 1: Locations of trials of winter wheat, winter barley, spring barley and winter rye**

### Kornertrag und Qualitätsmerkmale

Der Kornertrag ist auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 14% normiert. Die Qualitätsmerkmale wurden nach folgenden Methoden bestimmt: Tausendkorngewicht nach EBC (Zählung von 2x500 Körnern), Hektolitergewicht nach Methode 7971-2 (ISO 1995), bis 2003 Proteingehalt nach Kjeldahl (ICC-Standard Nr. 105/2), ab 2004 Proteingehalt nach Dumas (ICC-Standard Nr. 167), Feuchtkleber nach ICC-Standard Nr. 137/1, Quellzahl nach BERLINER und KOOPMANN (1929), Sedimentationswert nach Zeleny (ICC-Standard Nr. 116/1), Fallzahl nach ICC-Standard Nr. 107/1, Farinogramm nach ICC-Standard Nr. 115/1, Extensogramm nach ICC-Standard Nr. 114/1 und Amylogramm nach ICC-Standard Nr. 126/1 (ICC 2001). Der Semmelbackversuch mit Rapid-Mix-Teigbereitung erfolgte gemäß Standardmethode, seit dem Jahr 2002 werden dem Mehl jedoch 0,002% Ascorbinsäure zugesetzt (WERTEKER 2005). Die Mehlausbeute wurde gemäß ARBEITSGEMEINSCHAFT GETREIDEFORSCHUNG (1978) ermittelt. Marktwarenteil, Vollgerstenanteil und Parameter der Malzqualität erfolgten gemäß MEBAK (2002) bzw. EBC (2005), die Rohfaser wurde nach NAUMANN und BASSLER (1993) erhoben.

### Biometrische Auswertung

Innerhalb eines Jahres war ein Teil der Sorten in sämtlichen Versuchen vertreten. Über einen längeren Zeitraum wird der orthogonale Kern immer kleiner. Die Datenstruktur schränkt die Möglichkeiten der statistischen Auswertung ein. Wir berechneten für Sorten und sämtliche Parameter adjustierte Mittelwerte. Hiefür wurde das FTAB-Programm von Schwarzbach eingesetzt; es kalkuliert die Werte mittels eines iterativen Algorithmus (SCHWARZBACH and ATSMON 2004). Diese sind von Jahres- und Ortseffekten sowie den Einflüssen geänderter pflanzenbaulicher Maßnahmen weitgehend bereinigt und dadurch vergleichbar. Die adjustierten Erträge wurden mittels des Statistikpakets SPSS Vers. 16.0 (SPSS Inc., Chicago) mit den Qualitätsdaten korreliert (JANSSEN und LAATZ 2007). Einer intervarietalen Korre-

**Tabelle 2: Winterweizen im pannonischen Trockengebiet: nicht orthogonale Versuchsserie, 1980-2010, Berechnung adjustierter Mittelwerte**

**Table 2: Winter wheat in the Pannonian region: non orthogonal trial series, 1980-2010, calculation of adjusted means**

Sorte	Zulassung	Prüfjahre	Versuche (n)	Arithm. Mittel	Kornertrag (dt ha <sup>-1</sup> )	
					Adj. Mittel	Differenz
Amadeus	1985-1998	1982-1995	82	66,72	63,85	-2,87
Brutus	1993-	1991-2001	66	66,00	64,22	-1,78
Capo	1989-	1987-2010	323	69,24	69,61	+0,37
Estevan	2005-	2003-2010	90	71,08	70,68	-0,40
Extrem	1967-2001	1980-2000	119	59,98	60,35	+0,37
Georg	1992-2003	1989-2001	105	70,74	67,48	-3,26
Ludwig	1997-	1996-2010	194	70,69	72,15	+1,46
Pannonikus	2008-	2005-2010	39	73,92	73,22	-0,70
Perlo	1978-2001	1980-2000	190	64,05	62,33	-1,72
SW Maxi	2003-	2001-2010	78	73,97	71,40	-2,57

lation oder Regression liegen die Ergebnisse unterschiedlicher Genotypen bei identischen bzw. durch Rechenschritte vergleichbar gemachten Bedingungen zugrunde. Sie sind vor allem für züchterische Fragestellungen relevant.

## Ergebnisse und Diskussion

### Qualitätsweizen im Trockengebiet

Die in Österreich mit dem Begriff „Qualitätsweizen“ zusammengefassten Sorten sind hinsichtlich der Backfähigkeit den deutschen „Eliteweizen, E-Weizen“ (BUNDESSORTEN-AMT 2010) ähnlich. Eine völlige Deckung ist aufgrund unterschiedlicher Schemata zur Qualitätsbeurteilung (OBERFORSTER et al. 1994, STEINBERGER et al. 1995) nicht herzustellen. Die Regressionsrechnung zeigt einen jährlichen züchtungsbedingten Ertragsanstieg von 0,35 dt ha<sup>-1</sup>. Er ist nur halb so groß wie bei dem im Feuchtgebiet angebauten Mahlweizensortiment. Der Proteingehalt verhält sich zum Kornertrag signifikant negativ ( $r = -0,48^{**}$ ), jedoch keineswegs straff (Tabelle 3). Lediglich 23% der Sortenvariation

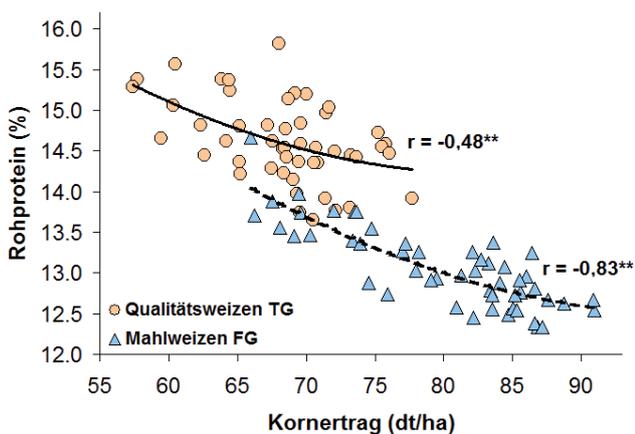
des Proteingehalts sind durch die Ertragsleistung bestimmt. Die Genotypen am oberen Ende des „Korrelationsrandes“ erwecken bei Züchtern ein besonderes Interesse (HÄNSEL 1963). Solche Sorten sind beispielsweise Antonius, Arnold, Astardo, Energo, Fulvio, Impulsiv, Lukullus, Pireneo und Vulcanus (Abbildung 2).

MONAGHAN et al. (2001) schlagen die Residuen der Regression von Kornertrag und Kornproteinkonzentration als effizientes Selektionskriterium vor.

Mit zunehmendem Ertrag ist der Trend zu reduzierten Proteinwerten abgeschwächt. Hintergrund dürfte sein, dass der Erfassungshandel den Preiszuschlag erst nach Erreichen von 14% Protein gewährt. Qualitätsweizen mit durchschnittlicher oder mäßiger Ausprägung des Proteingehalts (Ausprägungsstufe 5 oder 6 in der Beschreibenden Sortenliste) haben am Markt einen Nachteil. Solange Weizenpartien ab 14 bzw. 15% Protein nennenswerte Aufpreise erzielen, wird das Merkmal bei den heimischen Weizenzüchtern und Landwirten entsprechend gewichtet. Der zumeist geringe Ertragsnachteil gegenüber Mahlweizen wird in Kauf genommen. Die pannonische Region eignet sich aufgrund von in der Vegetationsperiode oft knappen Niederschlägen und dadurch begrenzter Ertragsfähigkeit der Standorte gut zur Erzeugung von Qualitätsweizen. Im Übrigen beweisen die in den Jahren 2008 und 2009 registrierten Sorten Energo, Fulvio, Lukullus und Vulcanus, dass eine gleichzeitige Anhebung von Ertrag und Proteingehalt gelingen kann.

Der Feuchtkleber nahm mit steigendem Ertragspotenzial erwartungsgemäß ab ( $r = -0,53^{**}$ ). Die durch Quellzahl und Sedimentationswert repräsentierte Protein- und Kleberqualität blieb dagegen unbeeinflusst. Eine mittlere bis höhere Wasseraufnahme der Mehle ist für die Frischhaltung von Brot und Gebäck vorteilhaft. Die Auswertung zeigt einen kaum relevanten Zusammenhang von Ertrag und Wasserbindung ( $r = -0,23$  n.s. bzw.  $-0,26^*$ ).

Wegen des größeren Dehnwiderstandes hat die Teigenergie geringfügig zugenommen ( $r = 0,35^{**}$ ). Die von den Verarbeitern gewünschte hohe bis mittelhohe Knetstabilität und Dehnbarkeit der Teige, ein entsprechendes Gebäckvolumen und ein gutes Ertragspotenzial schließen sich nicht aus. Mehr noch gilt dies für das Hektolitergewicht und die Mehlausbeute; ihre genotypische Ausprägung ist weitgehend vom Kornertrag unabhängig.



**Abbildung 2: Qualitätsweizen im pannonischen Trockengebiet (49 Sorten), Mahlweizen im Feuchtgebiet (51 Sorten); intervarietale Beziehung zwischen Kornertrag und Proteingehalt (Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)**

**Figure 2: Quality wheat in the Pannonian region (49 cultivars), bread wheat in the humid region (51 cultivars); intervarietal relationship between grain yield and protein content (trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)**

**Tabelle 3: Spannweite und intervarietale Korrelationen (r) zwischen Kornertrag und Qualitätsmerkmalen bei Winterweizen (Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)**

**Table 3: Range and intervarietal correlations (r) between grain yield and quality parameters of winter wheat (trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)**

Qualitätsmerkmal	Qualitätsweizen Trockengebiet (n=49)		Mahlweizen Feuchtgebiet (n=51)	
	Min-Max	r	Min-Max	r
Kornertrag (dt ha <sup>-1</sup> )	57,4-77,7	-	66,0-90,9	-
Tausendkorngewicht (g TS)	32,8-44,2	0,01	29,3-43,7	0,31 *
Hektolitergewicht (kg)	76,9-83,8	-0,02	75,1-81,5	0,21
Rohprotein (Nx5,7; %)	13,7-15,8	-0,48 **	12,3-14,7	-0,83 **
Feuchtkleber (%)	29,6-37,2	-0,53 **	25,1-33,1	-0,36 **
Quellzahl (ml)	15,1-24,1	0,11	10,0-24,2	-0,34 **
Sedimentationswert (ml)	52,1-68,3	0,02	29,8-55,1	-0,03
Fallzahl (s)	248-394	0,30 *	177-341	0,16
<b>Farinogramm</b>				
Wasseraufnahme (%)	59,6-66,2	-0,23	54,6-66,5	0,37 **
Teigentwicklung (min)	2,7-6,7	-0,33 *	2,6-5,0	-0,09
Teigstabilität (min)	5,4-11,5	0,07	1,7-10,4	-0,40 **
Qualitätszahl (mm)	72-137	-0,05	38-109	-0,35 **
Teigerweichung 12 min (FE)	52-89	-0,15	59-118	0,22
<b>Extensogramm</b>				
Wasseraufnahme (%)	55,9-61,8	-0,26 *	53,5-61,9	0,22
Teigdehnlänge 135 min (mm)	155-214	-0,08	137-204	-0,21
Dehnwiderstand 5 cm, 135 min (EE)	266-501	0,36 **	253-505	0,09
Dehnwiderstand max., 135 min (EE)	432-674	0,39 **	333-735	-0,03
Teigenergie 135 min (cm <sup>2</sup> )	105-168	0,35 **	65-163	-0,01
Backvolumen (ml 100 g <sup>-1</sup> Mehl)	538-636	0,05	472-597	0,06
Mehlausbeute Type W550 (%)	67,4-77,5	0,15	65,8-75,6	-0,16

\*,\*\* signifikant für  $p < 0,05$  bzw.  $p < 0,01$

### Mahlweizen im Feuchtgebiet

Die als „Mahlweizen“ bezeichneten Sorten entsprechen hinsichtlich ihrer Backfähigkeit etwa den deutschen „Qualitätsweizen, A-Weizen“ sowie einem Teil der „Brotweizen, B-Weizen“ (BUNDESSORTENAMT 2010). Die Verrechnung der langjährig in Feuchtlagen durchgeführten Prüfungen weist einen Zuchtfortschritt von 0,70 dt pro Hektar und Jahr nach. Für den Erfolg gibt es zwei Hauptgründe: In vielen Zuchtprogrammen werden geeignete Genotypen für diese Anbauregion entwickelt. Weiters ermöglicht die geringere Anforderung des Handels an den Proteingehalt (mindestens 12,5%, mitunter genügen bereits 12%) eine stärkere Ausrichtung der Selektion auf den Kornertrag. Allerdings resultiert daraus eine mit  $r = -0,83^{**}$  deutlich inverse Beziehung zum Proteingehalt (Tabelle 3). Im Mahlweizensortiment werden etwa 69% der genotypischen Ausprägung des Proteingehalts von der Variation des Kornertrags bestimmt. Die Mehrzahl der neueren Sorten ist durch niedrige Proteinwerte charakterisiert (Abbildung 2). Der Klebergehalt ist mit dem Ertrag ebenfalls negativ assoziiert, hat jedoch nicht im selben Maße abgenommen ( $r = -0,36^{**}$ ). Seit 2002 wurden mit Augustus, Ennsio, Megas, Mulan, Pedro und Sailor Mahlweizen mit unterdurchschnittlichen Quellzahlen von 10-14 ml zugelassen. Der Sedimentationswert reagierte nicht auf das gestiegene Ertragspotenzial. Die Knettoleranz (Teigstabilität, Qualitätszahl) wird auch von der Menge und Qualität des Proteins beeinflusst und ist bei den ertragsstarken Sorten tendenziell geringer ( $r = -0,40^{**}$  bzw.  $-0,35^{**}$ ). Die in dieser Sortengruppe zumeist mittlere bis mäßige Dehnbarkeit hat trotz des knappen Proteinge-

halts nicht weiter abgenommen. Das Backvolumen steht, sofern die Mahlweizen für sich betrachtet werden, nicht in Zusammenhang mit dem Ertragspotenzial. Im Wesentlichen trifft dies auch für das Hektolitergewicht und die Ausbeute an aschearmen Mehlen zu.

### Intervarietale Beziehung von Kornertrag und Proteingehalt bei Winterweizen

Zahlreiche Untersuchungen haben die intervarietal negative Beziehung von Ertrag und Proteingehalt thematisiert, unter anderem BERG (1941), SIMMONDS (1995), FEIL (1997, 1998) sowie OURY und GODIN (2007). Das inverse Verhältnis von Ertrag und Proteingehalt bei Qualitätsweizen ( $r = -0,48^{**}$  im Trockengebiet,  $-0,53^{*}$  in Feuchtlagen) und Mahlweizen ( $r = -0,73^{**}$  im Trockengebiet,  $-0,83^{**}$  in Feuchtlagen) fordert Züchter und Landwirte heraus. Pro 10 dt ha<sup>-1</sup> Ertragsgewinn haben die Sorten durchschnittlich 0,6% Protein eingebüßt (Abbildung 2). Die Selektion auf Backqualität kostet Ertrag, insbesondere wenn der Maßstab für die Backqualität der Proteingehalt ist (KAZMAN 2010). Sofern es gelingt, die Proteinqualität zu erhalten oder zu verbessern, wird es möglich sein, auch mit vergleichsweise niedrigem Proteingehalt wertvolle Verarbeitungseigenschaften zu gewährleisten (SPANAKAKIS 2001). FEIL (1998) spricht sich dafür aus, die Selektion auf Protein aufzugeben und die vom Markt verlangten Proteinwerte mittels Stickstoffdüngung zu sichern. Jedoch steigt damit die Gefahr umweltschädlicher N-Verluste. Aufgrund dieser Problematik wird die Bedeutung des Proteingehalts für die

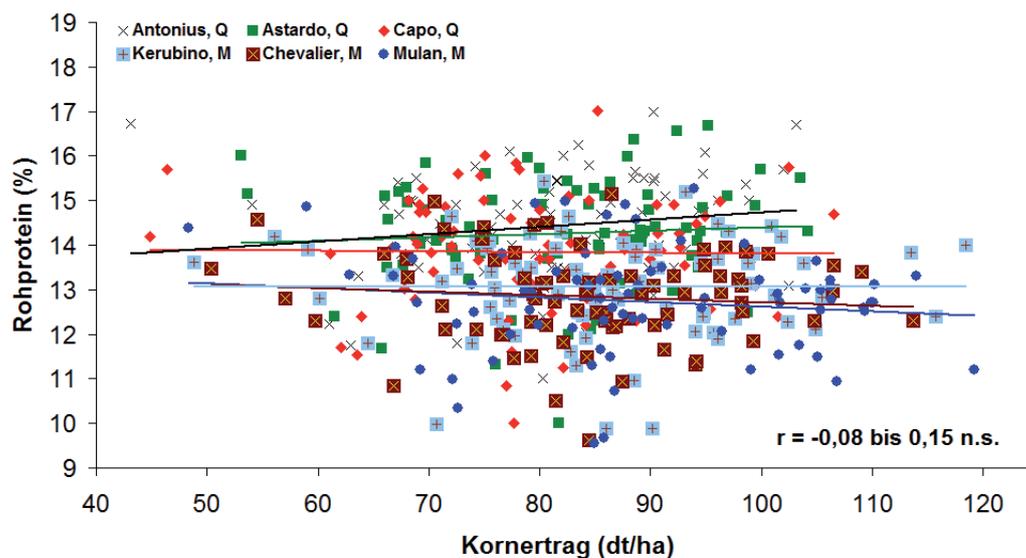


Abbildung 3: Intravarietale Beziehung zwischen Kornertrag und Proteingehalt bei Qualitäts- (Q) und Mahlweizen (M) im Feuchtgebiet (77 Versuche, 2005-2010)

Figure 3: Intravarietal relationship between grain yield and protein content of quality wheat (Q) and bread wheat (M) in the humid region (77 trials, 2005-2010)

Backqualität zunehmend hinterfragt (OBENAUF 2009). Tatsächlich kombinieren Sorten wie Altos, Belmondo, Chevalier, Dekan, Eurojet, Kerubino, Levendis, Pegassos, Pedro, Plutos, Sailor oder Xenos ein unterdurchschnittliches Proteinniveau mit einem befriedigenden bis guten Backpotenzial. In den österreichischen Prüfungen hatte der sortenspezifische Proteingehalt nur einen schwach positiven (Qualitätsweizen im Trockengebiet  $r=0,27^*$ ) bzw. keinen Zusammenhang (Mahlweizen in Feuchtlagen) zum Backvolumen. Sorten, die sich im Proteingehalt um 1,0 bis 1,5% unterscheiden, können durchaus ähnlich verbacken. Bei dem für die Sortenregistrierung angewandten Qualitätsschema kommt dem Proteingehalt deshalb nur ein begrenztes Gewicht zu. Von derzeit 67 registrierten Winterweizen wurden lediglich Altos, Eurojet, Jenga, Levendis, Pedro, Sailor und Yello wegen zu niedrigem Proteingehalt oder anderer nicht gänzlich kompensierbarer Qualitätsmängel abgestuft (AGES 2011).

### Intravarietale Beziehungen zum Proteingehalt bei Winterweizen

Die intravarietalen Koeffizienten basieren auf Ergebnissen je eines Genotyps in unterschiedlichen Umwelten; aus ihnen sind pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Einflussnahme ableitbar. Intervarietale Zusammenhänge gelten nicht in gleicher Weise für die Merkmalsbeziehungen innerhalb der Sorten (HÄNSEL und EHRENDORFER 1973). Kornertrag und Proteingehalt von acht im Pannonikum angebaute Qualitätsweizen korrelierten mit  $r= -0,03$  bis  $-0,38^{**}$  (38 Versuche, 2005-2010). In Feuchtlagen variierten Ertrag und Proteingehalt bei Antonius, Astaro, Capo, Kerubino, Chevalier und Mulan ( $r= -0,08$  bis  $0,15$  n.s.) voneinander unabhängig (Abbildung 3). Auf fruchtbaren Böden und bei entsprechender N-Versorgung ist ein hoher Weizenenertrag mit guter Qualität am ehesten vereinbar. Nach deutschen Ergebnissen steigt das Backvolumen in den Qualitätsgrup-

Tabelle 4: Spannweite und intervarietales Korrelationen ( $r$ ) zwischen Kornertrag und Qualitätsmerkmalen bei Wintergerste (Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Table 4: Range and intervarietales correlations ( $r$ ) between grain yield and quality parameters of winter barley (trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)

Qualitätsmerkmal	Wintergerste zweizeilig ( $n=53$ )		Wintergerste mehrzeilig ( $n=54$ )	
	Min-Max	$r$	Min-Max	$r$
Kornertrag ( $\text{dt ha}^{-1}$ )	61,7-84,4	-	58,4-89,9	-
Tausendkorngewicht (g TS)	36,5-48,0	0,52 **	30,4-42,2	0,77 **
Hektolitergewicht (kg)	67,1-71,8	0,30 *	63,4-71,2	0,43 **
Marktwarenteil (Sortierung >2,2 mm) (%)	91,9-99,8	0,52 **	80,3-99,6	0,75 **
Vollgerstenanteil (Sortierung >2,5 mm) (%)	74,4-98,0	0,42 **	53,0-96,2	0,73 **
Rohprotein ( $\text{Nx}6,25$ ; %)	11,7-13,9	-0,62 **	11,7-13,2	-0,49 **
Rohfaser (%)	3,7-5,4	-0,39 **	4,5-6,3	-0,33 **

\*,\*\* signifikant für  $p<0,05$  bzw.  $p<0,01$

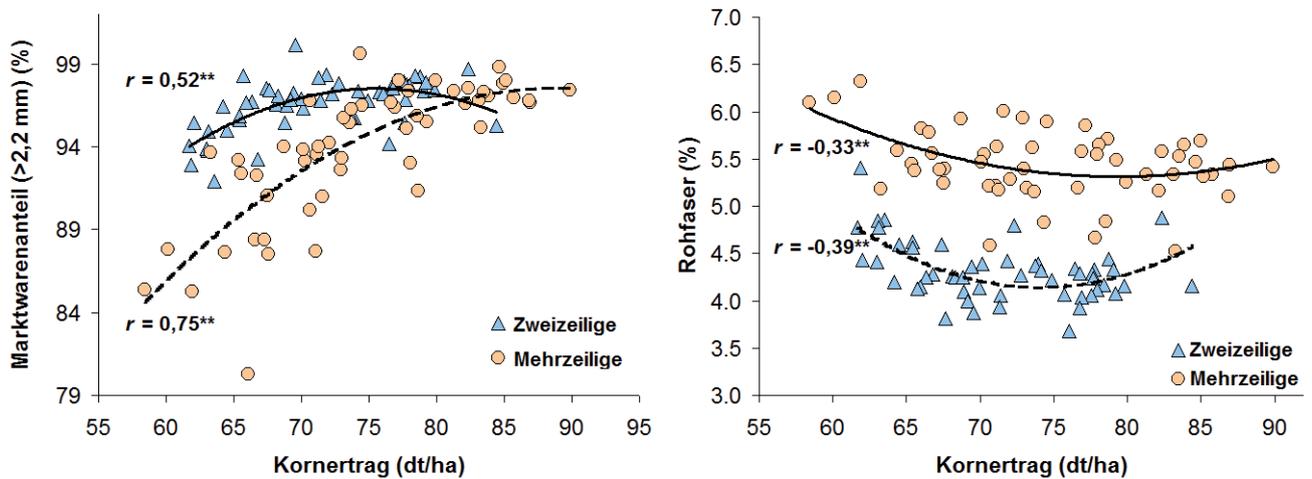


Abbildung 4: Intervarietale Beziehung zwischen Kornertrag und Marktwarenteil bzw. Rohfasergehalt bei Wintergerste (53 Zweizeilige, 54 Mehrzeilige; Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Figure 4: Interspecific relationship between grain yield and grain fraction >2.2 mm and crude fiber content, respectively, of winter barley (53 two-rowed, 54 six-rowed barleys; trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)

pen mit jedem Prozent Protein um 25 bis 40 ml 100 g<sup>-1</sup> Mehl an. Bei der Weizenvermarktung kann auf dieses Kriterium nicht verzichtet werden. Dennoch sollte man darüber nachdenken, ob der geforderte Proteingehalt im jetzigen Ausmaß notwendig ist (SELING 2010).

### Wintergerste

Durch Züchtung stiegen die Versuchserträge der zweizeiligen Wintergersten im Mittel um 0,66 dt ha<sup>-1</sup> und jene der mehrzeiligen Sorten um 0,64 dt ha<sup>-1</sup> und Jahr an. Bei den Mehrzeiligen beruht dies neben der Kornzahl pro Ähre wesentlich auf der Anhebung des Tausendkorngewichts ( $r=0,77^{**}$ ). Dementsprechend ist die Ertragspotenz auch mit dem Marktwarenteil- und Vollgerstenanteil ( $r=0,75^{**}$  bzw.  $0,73^{**}$ ) interspezifisch positiv verknüpft (Tabelle 4). Bei den Zweizeiligen konnte die Kornausbildung nur wenig verbessert werden. Denn bereits Sorten mit einem

geringeren Ertragspotenzial von 60 bis 65 dt ha<sup>-1</sup> wie Astrid, Igri, Interbell, Sonate, Sonja, Trixi oder Viola wiesen einen Marktwarenteil von 92 bis 96% auf (Abbildung 4). Die zuletzt registrierten zweizeiligen Gersten KWS Cassia, Veturia und Yatzy kombinieren Ertragsstärke mit knapper Sortierung. Das Hektolitergewicht ist schwach positiv mit dem Ertrag verbunden ( $r=0,30^{*}$  bzw.  $0,43^{*}$ ). Die Beziehung von Kornertrag und Proteingehalt ist negativ ( $r=-0,62^{**}$  bzw.  $-0,49^{**}$ ). Ein für die Verfütterung erwünschter höherer Eiweißanteil ist mittels angepasster Düngestrategie zu erreichen. Die Selektion auf bessere Kornausbildung senkte den Rohfaseranteil geringfügig ab (Abbildung 4). Im hohen Ertragsbereich setzt sich dieser Trend allerdings nicht fort. Obwohl manche mehrzeilige Gersten ähnlich hoch sortieren wie Zweizeilige, sind sie nach wie vor spelzenreicher. Mehrzeilige Gersten haben im Mittel um 0,8 bis 1,3% mehr Rohfaser, daraus resultiert eine geringere Energiedichte.

Tabelle 5: Spannweite und interspezifische Korrelationen ( $r$ ) zwischen Kornertrag und Qualitätsmerkmalen bei Sommergerste (Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Table 5: Range and interspecific correlations ( $r$ ) between grain yield and quality parameters of spring barley (trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)

Qualitätsmerkmal	Brauchergerste (n=65)		Futtergerste (n=69)	
	Min-Max	$r$	Min-Max	$r$
Kornertrag (dt ha <sup>-1</sup> )	49,5-77,3	-	50,5-73,4	-
Tausendkorngewicht (g TS)	34,5-45,3	0,75 **	33,2-46,2	0,55 **
Hektolitergewicht (kg)	69,0-72,8	0,12	68,1-73,1	0,00
Marktwarenteil (Sortierung >2,2 mm) (%)	92,3-99,4	0,86 **	91,1-99,4	0,63 **
Vollgerstenanteil (Sortierung >2,5 mm) (%)	75,3-96,3	0,81 **	72,1-95,7	0,58 **
Rohprotein (N×6,25; %)	10,9-12,4	-0,67 **	11,0-13,0	-0,48 **
Rohfaser (%)	3,6-4,6	-0,29 *	3,6-5,3	-0,02
Feinschrot-Malzextrakt (%)	79,5-83,1	0,63 **		
Mehl-Schrot-Differenz (%)	0,6-2,4	-0,76 **		
Löslicher Stickstoff (mg 100 g <sup>-1</sup> Malz-TS)	644-888	0,25 *		
Eiweißlösungsgrad (Kolbachzahl) (%)	36,5-48,8	0,56 **		
Diastatische Kraft (°WK)	219-463	0,46 **		
Würzefarbe (EBC-Einheiten)	2,2-4,6	-0,48 **		

\*,\*\* signifikant für  $p<0,05$  bzw.  $p<0,01$

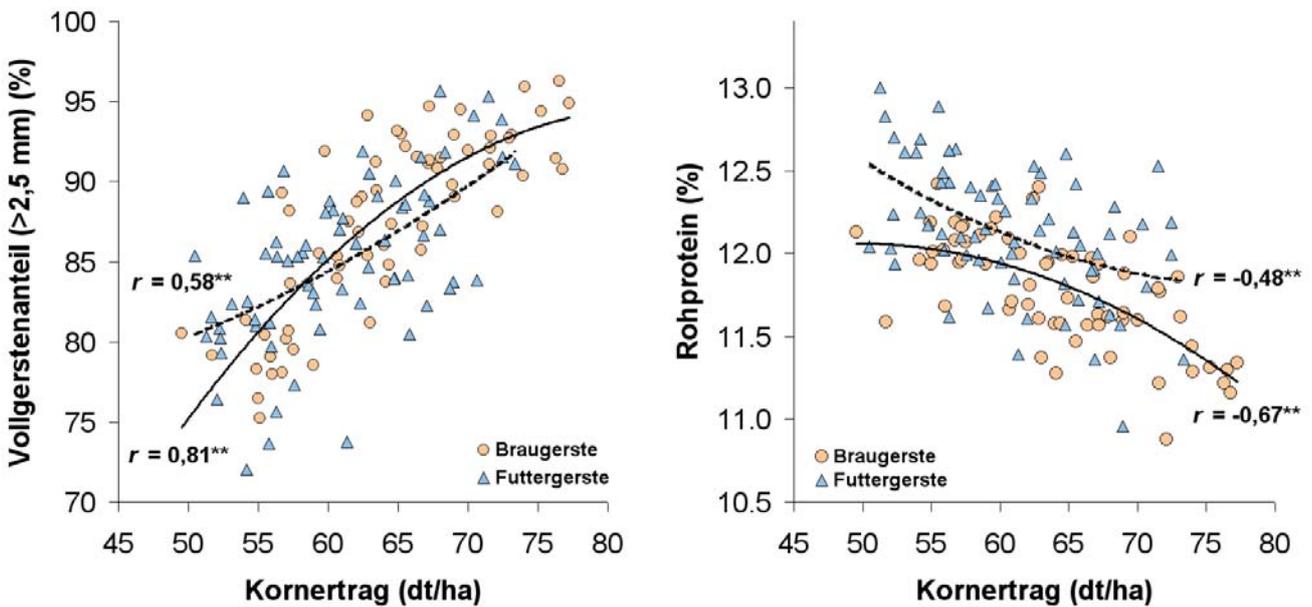


Abbildung 5: Intervarietales Beziehung zwischen Kornertrag und Vollgerstenanteil bzw. Rohproteingehalt bei Sommergerste (65 Braugersten, 69 Futtergersten; Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Figure 5: Intervarietal relationship between grain yield and grain fraction >2.5 mm and protein content, respectively, of spring barley (65 malting barleys, 69 feed barleys; trials 1980–2010, adjusted means of cultivars)

### Sommerbraugerste

In den Versuchen beträgt der genetische Ertragsanstieg der Braugersten durchschnittlich 0,68 dt pro ha und Jahr. Ähnlich wie bei der Wintergerste wurde die Kornqualität markant gesteigert. Zwischen Ertrag und Korngröße, Marktwaren- und Vollgerstenanteil besteht eine intervarietales Beziehung von  $r=0,75^{**}$  bis  $0,86^{**}$  (Tabelle 5, Abbildung 5). Kornertrag und Proteingehalt verhalten sich invers zueinander ( $r=-0,67^{**}$ ). Pro 10 dtha<sup>-1</sup> Mehrertrag reduzierte sich der Proteingehalt im Mittel um 0,3% (Abbildung 5). Auf die Extraktausbeute wirkt sich dies positiv aus ( $r=0,63^{**}$ ). Eine weitere Steigerung der Extraktleistung ist mit bespelzten Gersten nicht mehr möglich (BAUMER et al. 2004). Die züchterisch verbesserte Mürbigkeit des Malzes (Friabilimeter) verringerte die Extrakt Differenz zwischen Fein- und Grobschrotwürze. Eine optimierte Ausstattung mit proteolytischen und amylolytischen Enzymen hat den Eiweißlösungsgrad (Kolbachzahl) und die diastatische Kraft

angehoben. Auch die tendenziell helleren Malz- und Würzefarben kommen den heutigen Vorstellungen der meisten Brauer entgegen. Bei Sommerbraugerste treten intervarietales keine ungünstigen Beziehungen zwischen Kornertrag und den wesentlichsten Qualitätsmerkmalen auf.

### Sommerfuttergerste

Wegen der geringeren Anzahl zu berücksichtigender Kriterien könnte man einen im Vergleich zu Braugerste höheren Ertragszuwachs annehmen. Mit durchschnittlich 0,61 dtha<sup>-1</sup> und Jahr liegt er allerdings knapp darunter. Ökonomische Gründe sind dafür ausschlaggebend: Die Züchtung von Sommerfuttergerste rechtfertigt keinen ähnlich hohen finanziellen Aufwand. In nicht wenigen Fällen handelt es sich bei registrierten Futtergersten um Nebenprodukte der Zuchtprogramme von Braugersten. Tausendkorngewicht und Sortierfraktionen sind positiv ( $r=0,55^{**}$  bis  $0,63^{**}$ ) mit dem Kornertrag assoziiert. Der Vollgerstenanteil ist kein

Tabelle 6: Spannweite und intervarietales Korrelationen (r) zwischen Kornertrag und Qualitätsmerkmalen bei Winterroggen (Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Table 6: Range and intervarietales correlations (r) between grain yield and quality parameters winter rye (trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)

Qualitätsmerkmal	Populationsroggen (n=18)		Hybridroggen (n=21)	
	Min-Max	r	Min-Max	r
Kornertrag (dtha <sup>-1</sup> )	46,1-66,7	-	62,4-77,9	-
Tausendkorngewicht (g TS)	24,1-28,6	0,49 *	23,3-29,6	0,54 **
Hektolitergewicht (kg)	70,2-74,9	0,64 **	71,0-75,0	0,50 *
Rohprotein (Nx5,7; %)	9,3-11,9	-0,75 **	8,6-9,7	-0,58 **
Fallzahl (s)	150-248	0,35	163-232	0,71 **
Amylogramm				
Viskositätsmaximum (AE)	412-983	0,24	519-1173	0,76 **
Verkleisterungstemperatur (°C)	65,9-75,0	0,45 *	67,5-72,4	0,71 **

\*, \*\* signifikant für  $p<0,05$  bzw.  $p<0,01$

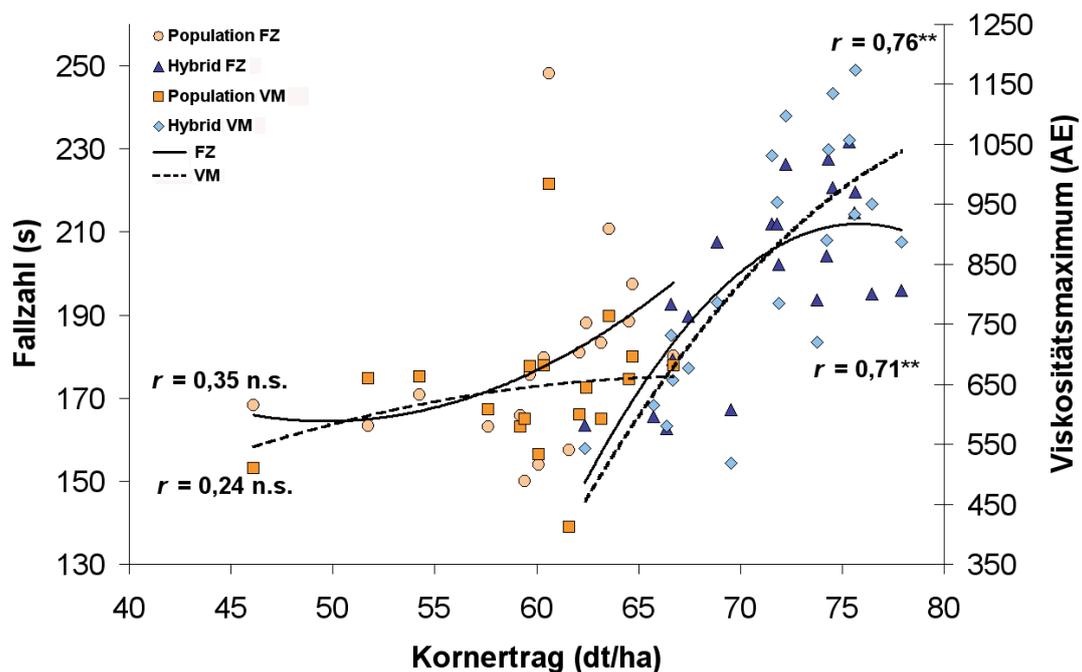


Abbildung 6: Intervarietale Beziehung zwischen Kornertrag und Fallzahl (FZ) bzw. Verkleisterungsmaximum (VM) im Amylogramm bei Winterroggen (18 Populationsorten, 21 Hybriden; Versuche 1980-2010, adjustierte Mittelwerte der Sorten)

Figure 6: Intervarietal relationship between grain yield and falling number (FZ) and amylogram peak viscosity (VM), respectively, of winter rye (18 open-pollinated cultivars, 21 hybrids; trials 1980-2010, adjusted means of cultivars)

preisrelevantes Merkmal, demnach ist die Beziehung zum Ertrag loser als bei den Braugersten (Tabelle 5, Abbildung 5). Die Zulassung einiger leistungsfähiger, jedoch etwas grob-spelziger Sorten wie Althea, Felicitas und Kontiki verhindert eine inverse Beziehung zwischen Ertrag und Rohfaseranteil. Bei gleichem Ertragspotenzial sind Futtergersten im Mittel um einige Zehntelprozent proteinreicher als Braugersten. Aber auch hier hat das gestiegene Ertragspotenzial zur Proteinverdünnung beigetragen.

### Winterroggen

Bei den Populationsroggen erreicht der züchterische Ertragseffekt weniger als die Hälfte (in den Versuchen  $0,21 \text{ dt ha}^{-1}$  und Jahr) des im Hybridsortiment erzielten Wertes (durchschnittlich  $0,55 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Die Kleinkörnigkeit der ersten Hybridroggen wurde weitgehend beseitigt (Tabelle 6). Auch das Hektolitergewicht ist mit dem Ertrag positiv korreliert ( $r = 0,64^{**}$  bzw.  $0,50^*$ ). Die Hybridzüchtung brachte neben einem Ertragsplus von 10 bis  $15 \text{ dt ha}^{-1}$  eine deutlich verbesserte Auswuchsfestigkeit. Dies kommt in den höheren Fallzahlen zur Geltung (Abbildung 6). Bei den Populationsroggen ist eine schwache Tendenz gegeben; lediglich die Sorte Amilo stellt darin eine Ausnahme dar. Ähnlich verhält es sich bei den Kenngrößen des Amylogramms. Hybridroggen wie Bellami, Gonello, Guttino oder Palazzo weisen gegenüber den zwischen 1984 und 1990 registrierten Sorten Akkord, Marder und Rapid um 300 bis 600 AE höhere Viskositätsmaxima auf. Vom Backgewerbe und der bäckerischen Wissenschaft wird dies teilweise kritisch beurteilt. Denn bei trockener und heißer Abreifewitterung ist die Enzymaktivität solcher Sorten zu gering. Damit geht ein Verlust an Brotaroma und Saftigkeit der Krume einher

(BRÜMMER 2005). Der ohnehin sehr niedrige Proteingehalt des Roggens ist mit dem Ertragspotenzial negativ assoziiert ( $r = -0,75^{**}$  bzw.  $-0,58^{**}$ ). Auf die Backeignung hat dies keinen Einfluss, bei der Nutzung als Futterroggen wären mehr als 11% Protein günstig.

### Zusammenfassung

Bei Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste und Winterroggen wurden Zusammenhänge von Kornertrag und Qualitätsparametern analysiert. Die Ergebnisse basieren auf den zwischen 1979/80 und 2009/10 im Rahmen der österreichischen Sortenwertprüfung bzw. für die Beschreibende Sortenliste angelegten Versuchen. In Abhängigkeit von der Getreideart waren es je 319 bis 514 Versuche mit insgesamt 39 (Winterroggen) bis 139 (Sommergerste) Sorten. Es wurden adjustierte Mittelwerte berechnet und diese intervarietal korreliert. In einigen Fällen sind inverse (statistisch negative) Beziehungen zwischen Ertrag und Qualitätsmerkmalen erwünscht. Als Beispiele seien der Proteingehalt, die Mehl-Schrot-Differenz und Würzefarbe von Braugerste sowie die Rohfaser von Futtergerste erwähnt. Die intervarietal signifikant negative Beziehung von Ertrag und Proteingehalt bei Qualitätsweizen ( $r = -0,48^{**}$  im Trockengebiet,  $-0,53^*$  in Feuchtlagen) und Mahlweizen ( $r = -0,73^{**}$  im Trockengebiet,  $-0,83^{**}$  in Feuchtlagen) stellt für die Züchter eine Herausforderung dar. Zweifellos bremst die Selektion auf höhere Backqualität den Ertragsfortschritt, sie stoppt ihn aber nicht. Die Proteinqualität, gemessen als Sedimentationswert und Quellzahl, sowie Knet- und Dehnungseigenschaften der Teige, Backvolumen und Mahlfähigkeit wurden weniger oder nicht beeinflusst. Bei Winter- und Sommergerste ging die züchterische Ertragszu-

nahme mit einer Anhebung des Tausendkorngewichts, des Marktwaren- und Vollgerstenanteils einher ( $r=0,42^{**}$  bis  $0,86^{**}$ ). Auch bei Roggen, insbesondere den Hybridsorten, lassen sich ein höherer Ertrag mit günstigen Ausprägungen der Fallzahl und Viskosität (Amylogramm) kombinieren.

## Literatur

- AGES, 2011: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2011 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2011. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT GETREIDEFORSCHUNG, 1978: Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot, 6. erweiterte Auflage, Verlag Moritz Schäfer, Detmold.
- BAUMER M, HARTL L, CAIS R, 2004: Züchtungsfortschritt bei Braugerste. Getreide Magazin 9 (3), 158-163.
- BECKER H, 1993: Pflanzenzüchtung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BERG SO, 1941: Über die Beziehungen zwischen Körnerertrag, Rohproteingehalt und Rohproteinertag verschiedener Weizensorten sowie ihre züchterische Bedeutung. Z. Pflanzenzüchtg. 33, 542-561.
- BERLINER E, KOOPMANN J, 1929: Kolloidchemische Studien am Weizenkleber nebst Beschreibung einer Kleberprüfung. Zeitschrift für das gesamte Mühlenwesen 6, 57-63.
- BRÜMMER JM, 2005: Roggen und sein Backverhalten heute. Getreide, Mehl und Brot 59, 95-106.
- BUNDESSORTENAMT, 2010: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte.
- EBC, 2005: Analytica-EBC. European Brewery Convention, Brussels. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg.
- FEIL B, 1997: The inverse yield-protein relationship in cereals: possibilities and limitations for genetically improving the grain protein yield. Trends Agron. 1, 103-119.
- FEIL B, 1998: Physiologische und pflanzenbauliche Aspekte der inversen Beziehung zwischen Ertrag und Proteinkonzentration bei Getreidesorten: Eine Übersicht. Pflanzenbauwissenschaften 2, 37-46.
- HÄNSEL H, 1963: Grenzbereiche der Kombination von Ertrag und „Qualität“ und anderer Merkmale in der Winterweizenzüchtung Österreichs, insbesondere im pannonischen Gebiet. Bericht 14. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter, 4.-6. Dez., pp. 58-82. BAL Gumpenstein, Irnding.
- HÄNSEL H, EHRENDORFER K, 1973: Intervarietale Korrelation zwischen Ertrags-, Entwicklungs- und Qualitätsmerkmalen bei Winterweizen, das Verhältnis von Klebergehalt zu Rohproteingehalt als Sortenmerkmal, und Fortschritte der Qualitätsweizenzüchtung im Pannonischen Gebiet Österreichs. Z. Pflanzenzüchtg. 69, 169-209.
- HOLZ J, 2009: Zuchtziele neu bewerten. DLG-Mitteilungen 7, Saatgut-Magazin Beilage, pp. 14-17.
- ICC, 2001: Standardmethoden. Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und -technologie, Wien.
- ISO, 1995: ISO 7971-2: Cereals - Determination of bulk density, called „mass per hectolitre“. Part 2: Routine method. International Standards for Business, Government and Society, Geneva.
- JANSEN J, LAATZ W, 2007: Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows, 6. Aufl. Springer, Heidelberg.
- KAZMAN E, 2010: Die Bedeutung des Proteingehaltes von Backweizen aus der Sicht der Pflanzenzüchtung. Getreidetechnologie 64, 115-118.
- MEBAK, 2002: Brautechnische Analysenmethoden. Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission, Freising-Weihenstephan.
- MONAGHAN JM, SNAPE JW, CHOJECKI AJS, KETTLEWELL PS, 2001: The use of grain protein deviation for identifying wheat cultivars with high grain protein concentration and yield. Euphytica 122, 309-317.
- NAUMANN C, BASSLER R, 1993: VDLUFA Methodenbuch, Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung, 3. Aufl. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- OBENAUF U, 2009: Qualität neu bewerten! DLG-Mitteilungen 6, 22-24.
- OBERFORSTER M, SCHMIDT L, WERTEKER M, 1994: Bewertungsschema '94 der technologischen Qualität von Weizensorten (Weichweizen). Jahrbuch 1993, pp. 257-280. Bundesanstalt für Pflanzenbau, Wien.
- OURY FX, GODIN C, 2007: Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favourable genotypes? Euphytica 157, 45-57.
- PENNING DE VRIES FWT, BRUNSTING AHM, VAN LAAR HH, 1974: Products, requirements and efficiency of biosynthesis: a quantitative approach. J. Theor. Biol. 45, 339-377.
- SCHWARZBACH E, ATSMON SJ, 2004: Breeding progress and performance of wheat cultivars in different environments in Israel from 1970 to 2002. Czech J Genet. Plant Breed. 40, 1-10.
- SELING S, 2010: Bedeutung des Proteingehaltes von Backweizen aus der Sicht der Wissenschaft. Getreidetechnologie 64, 103-110.
- SIMMONDS NW, 1995: The relation between yield and protein in cereal grain. J. Sci. Food Agric. 67, 309-315.
- SPANAKAKIS A, 2001: Nutzung des Züchtungsfortschrittes in der Weizenproduktion. Getreide, Mehl und Brot 55, 195-203.
- STEINBERGER J, MEYER D, ZIMMERMANN G, ZELLER FJ, 1995: Neue Qualitätsgruppen bei Winterweizensorten. Getreide, Mehl und Brot 49, 324-329.
- WERTEKER M, 2005: Auswirkungen erhöhter Ascorbinsäuregaben zu Teigen für Semmelbackversuche. Bodenkultur 56, 83-88.