

Genetische und umweltbedingte Variation des Stärkegehaltes von Weizen und Triticale in Hinblick auf die Bioethanolerzeugung

M. OBERFORSTER und R. KÖHLDORFER

Einleitung

Der Einsatz von Bioethanol in Kraftfahrzeugen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die Richtlinie 2003/30/EG bestimmt, dass bis 2010 mindestens 5,75 % Biokraftstoffe den fossilen Treibstoffen zugemischt werden. In Deutschland bestehen gegenwärtig Anlagen mit einem Verarbeitungsvolumen von 1,6 Mio t Getreide. Das österreichische Werk Pischelsdorf bei Tulln nimmt im Frühjahr 2008 seinen Regelbetrieb auf. Geplant ist, neben Nassmais und Rübensaft bis zu 450.000 t Getreide (bevorzugt Weizen und Triticale) zu Ethanol zu verarbeiten.

Eine hohe Ethanolausbeute je Gewichtseinheit Rohstoff ist für die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens wesentlich. Die Ethanolausbeute wird primär durch den Stärkegehalt, der mit dem Proteingehalt negativ korreliert ist, bestimmt (ROSENBERGER et al. 2000, KRATSCH 2003, KUČEROVÁ 2007). Mit jedem Prozent Proteinabnahme können 5 l Ethanol pro Tonne Korntrockenmasse mehr gewonnen werden (SCHÄFER 1995). Weiters beeinflussen die Stärkebeschaffenheit (Anteil vergärbare Stärke) sowie unbekannte Faktoren die Ethanolausbeute. Derzeit existieren keine Getreidesorten, die speziell für die Ethanolerzeugung selektiert wurden.

Material und Methoden

Standorte und Versuche

Insgesamt 28 einfaktorische Winterweizen- (5 Serien) und 12 Triticaleversuche (3 Serien) der Jahre 2005 bis 2007 wurden ausgewertet. Es handelt sich um Standorte im pannonischen Trockengebiet, im Alpenvorland, im Mühl- und Waldviertel sowie in der Steiermark (Abbildung 1). Die Prüfungen sind Teil des Sortenzulassungsverfahrens.

Weizenversuche

Trockengebiet 2005, 2007

Parzellengröße 10,0 bis 13,5 m², Prüfglieder in Gitteranlagen 3- bis 4-fach wiederholt, Vorfrüchte waren Sommerdurum, Körnererbse, Winterraps und Kartoffel, Aussaat mit 280 bis 325 keimfähigen Körnern/m², N-Gesamtmenge 92 bis 146 kg/ha, Fungizide wurden nicht eingesetzt.

Weizenversuche

Feuchtgebiet 2005 bis 2007

Parzellengröße 8,1 bis 12,2 m², Prüfglieder in Gitteranlagen 3- bis 4-fach wiederholt, Vorfrüchte waren Körner- und Silomais, Englisches Raygras, Sojabohne, Lupine, Leguminosengemenge, Winterraps und Körnersenf, Aussaat mit 300 bis 400 keimfähigen Körnern/m², N-Gesamtmenge 108 bis 164 kg/ha. In der Saison 2005 und 2006 erhielten mehrere Versuche das Fungizidpräparat Juwel top (Wirkstoffe Kresoxim-methyl + Epoxi-

conazol + Fenpropimorph), im Jahr 2007 wurde Champion + Diamant (Wirkstoffe Boscalid + Epoxiconazol + Pyraclostrobin + Fenpropimorph) appliziert.

Triticaleversuche 2005 bis 2007

Parzellengröße 8,1 bis 12,0 m², Prüfglieder in Gitteranlagen 4-fach wiederholt, Vorfrüchte waren Winterroggen, Sommerhafer, Sommerweizen, Ackerbohne, Körnererbse, Leguminosengemenge, Winterraps und Öllein, Aussaat mit 280 bis 350 keimfähigen Körnern/m², N-Gesamtmenge 68 bis 122 kg/ha, die Prüfungen erhielten kein Fungizid.

Sorten und Zuchtstämme

Bei Winterweizen wurden 11 (Trockengebiet) bzw. 27 (Feuchtlagen) registrierte Sorten und Zuchtstämme analysiert. Das Sortiment umfasste Qualitätsweizen (Backqualitätsgruppe 7), Mahlweizen (Gruppe 3 bis 6) sowie Sonstige Weizen (Gruppe 1 und 2). 16 Genotypen von Triticale wurden getestet.

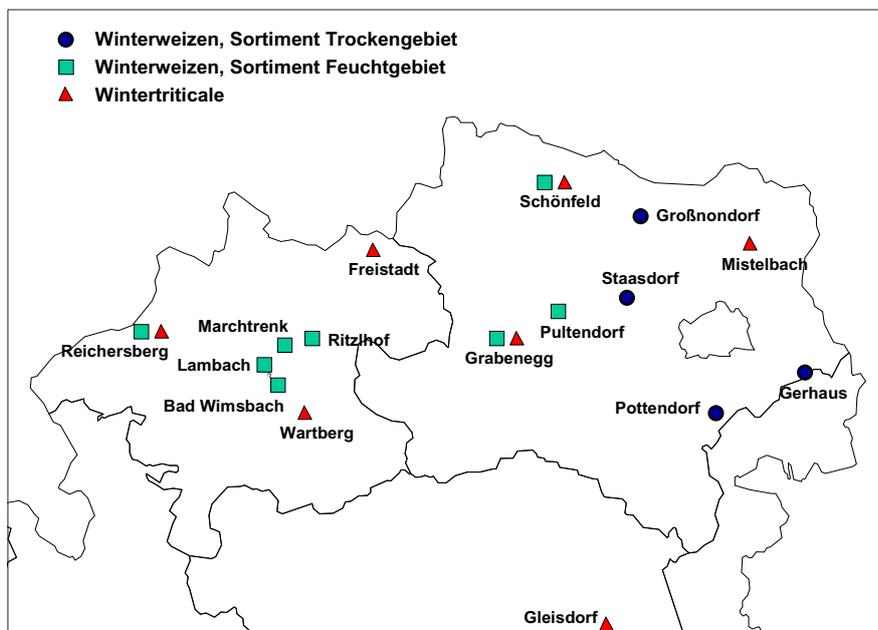


Abbildung 1: Versuchsstandorte für Winterweizen und Triticale

Autoren: Dipl.-Ing. Michael OBERFORSTER, Institut für Sortenwesen, michael.oberforster@ages.at und Ing. Regina KÖHLDORFER, Institut für Futtermittel, regina.koehldorfer@ages.at, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Tabelle 1: Winterweizen (Feuchtgebiet) - Mittelwerte von Parametern der äußeren Kornqualität, Kornertrag, Stärkegehalt und Stärkeertrag (18 Versuche von 2005 bis 2007, 8 Sorten)

Getreideart/ Sorte	Zulassungsjahr/ BQG	Tausendkorngewicht g TS	Hektolitergewicht kg/hl	Rohprotein % TS	Kornertrag dt/ha 86% TS	Stärkegehalt % TS	Stärkeertrag dt/ha TS
Augustus	2002/3	43,1	82,3	13,1	90,5	68,7	53,5
Capo	1989/7	37,5	84,7	14,1	84,9	67,6	49,3
Chevalier	2005/5	35,3	82,3	12,9	89,8	67,9	52,4
Kerubino	2004/6	38,1	80,7	13,2	90,7	67,2	52,5
Ludwig	1997/7	41,1	81,7	13,6	88,2	67,9	51,5
Manhattan	2002/1	36,6	79,1	12,6	91,3	68,2	53,5
Mulan	2006/4	38,2	80,4	12,9	93,4	67,3	54,1
Toras	2005/5	36,9	80,1	13,1	88,7	68,8	52,5

BQG: Backqualitätsgruppe, 1 = sehr niedrige, 9 = sehr hohe Backqualität

Winterweizen Trockengebiet

Capo, Balaton, Eurofit, Ludwig, Manhattan, Rainer, Toras, SW Maxi und mehrere Zuchtstämme.

Winterweizen Feuchtgebiet

Augustus, Belmondo, Capo, Chevalier, Globus, Jenga, Kerubino, Levendis, Ludwig, Manhattan, Megas, Mulan, Papageno, Plutos, Rainer, Toras, Vitus, Winnetou und mehrere Zuchtstämme.

Wintertriticale

Agrano, Madilo, Mungis, Polego, Presto, Rambus, Ticino, Tremplin, Triamant, Trisidan, Versus, NORD 00824/01 (Tulus) und weiteres Zuchtmaterial.

In *Tabelle 1* und *Tabelle 4* sind Durchschnittswerte orthogonaler Sortimente dargestellt.

Erhobene und errechnete Parameter

Zentrale Messgrößen waren der Kornertrag (dt/ha, 86% TS), das Tausendkorngewicht (g TS, Zählung von 2 x 500 Körnern), das Hektolitergewicht (kg/hl, Doppelbestimmung), der Proteingehalt (% TS, nach DUMAS) sowie der Stärkegehalt (% TS, polarimetrische Methode nach Ewers gemäß RL 72/199/EWG idGF., Einfachbestimmung). Der Stärkeertrag (dt/ha) ist das Produkt aus Korntrockenmasseertrag (dt/ha) und Stärkegehalt (%). Die Berechnung des Proteingehaltes erfolgte bei Weizen mit dem Faktor 5,7, bei Triticale mit dem Faktor 6,25.

Zusammenhänge und gegenseitige Abhängigkeiten einzelner Merkmale sind mit der einfachen linearen Regression und dem Korrelationskoeffizient (r) beschrieben. Eine „intervarietale Korrelation“ bezieht sich auf Ergebnisse unterschiedlicher Genotypen bei gleichen Bedingungen (sortimentsspezifische

Auswertung). In der vorliegenden Arbeit gingen zumeist arithmetische Mittel der acht Versuchsserien in die Berechnung ein. Intervarietale Korrelationen sind insbesondere für züchterische Strategien relevant. Die „intravarietale Korrelation“ stellt die Ergebnisse eines Genotyps aus unterschiedlichen Umwelten in einer Maßzahl dar (sortenspezifische Auswertung). Sie gibt Hinweise zu Umweltwirkungen (Jahr, Standort) und produktionsbedingten Einflüssen. Die Vermengung von Wertepaaren mehrerer Sorten kann bei genetisch unterschiedlicher Merkmalsausprägung statistische Zusammenhänge gravierend verfälschen.

Ergebnisse und Diskussion

Winterweizen

Winterweizen Trockengebiet 2005

Zahlreiche Regentage von Ende Juni bis Mitte Juli hatten in Ostösterreich vielfach Auswuchs bewirkt. Die ausgewählten Versuche blieben davon weitgehend verschont. In Großnondorf und Pottendorf waren die Proteingehalte (12,3 bis 15,2%) teilweise außerhalb des für Ethanolweizen akzeptablen Bereichs. Ein negativer Zusammenhang zum Stärkegehalt war gegeben ($r = -0,95^*$). Manhattan zeigte mit durchschnittlich 70,6% um 3% mehr Stärke als Capo; Ludwig, SW Maxi und Toras nahmen eine Mittelstellung ein. Die negative intervarietale Beziehung von Hektolitergewicht und Stärkegehalt ist sortimentsspezifisch (*Tabelle 2*).

Winterweizen Trockengebiet 2007

Das Jahr 2007 war in Ostösterreich durch eine vom 25. März bis 4. Mai anhaltende nahezu niederschlagslose Phase gekennzeichnet. Vielfach war dadurch die vegetative und generative Entwicklung der Weizenbestände gestört. Dank guter

Bodenbonität waren die Auswirkungen in Großnondorf, Pottendorf und Staasdorf weniger präsent. Wegen der primär auf die Erzeugung von Backweizen ausgerichteten N-Düngestrategie lagen die Proteingehalte im Mittel zwischen 12,9 und 14,7%. Diese für Ethanolweizen überhöhten Werte drückten erwartungsgemäß die Stärkegehalte auf 66,4 bis 68,8%. Ein signifikant negativer Korrelationskoeffizient ($r = -0,61^*$) bestätigt dies (*Tabelle 2, Abbildung 2*). Großkörnige und ertragreiche Genotypen zeigten eine deutliche Tendenz zu höheren Stärkewerten. SZD 7912A und Ludwig lieferten mit durchschnittlich 68,6 bzw. 68,8% um 2,2 bzw. 2,4% mehr Stärke als Manhattan.

Winterweizen Feuchtgebiet 2005

Die Stärkewerte differierten im Mittel zwischen 67,6 und 69,6%. Weder die äußere Kornqualität (Tausendkorn- und Hektolitergewicht), noch Proteingehalt und Kornertrag zeigten eine brauchbare intervarietale Beziehung ($r = -0,38$ bis $r = 0,24$ n.s.) zur Stärkeausbeute (*Tabelle 2*). Winnetou, Augustus, Vitus, Belmondo und Plutos brachten höhere Stärkewerte, Mulan liegt niedriger.

Winterweizen Feuchtgebiet 2006

Die Versuche wurden noch vor den Auswuchs auslösenden Regenfällen im August geerntet. Die Kornausbildung war zumeist günstig (im Mittel 80,4 bis 85,8 kg Hektolitergewicht). Wegen der höheren Proteinwerte (13,3 bis 15,3%) blieben die Stärkegehalte mit 65,9 bis 69,2% auf mäßigem bis mittlerem Niveau. Abgesehen vom Versuch Ritzlhof (ohne Fungizidanwendung) war ein signifikant negativer Zusammenhang von Protein- und Stärkegehalt gegeben (im Mittel $r = -0,63^{**}$). Im Gegensatz zum Jahr 2005 lieferten ertragsstarke

Tabelle 2: Winterweizen (Trockengebiet TG, Feuchtgebiet FG) und Wintertriticale - Intervarietale Einfachkorrelationen (r) von Parametern der äußeren Kornqualität und Kornertrag zum Stärkegehalt (5 bzw. 3 Versuchsserien von 2005 bis 2007)

Serie/Jahr		Tausendkorngewicht	Hektolitergewicht	Rohprotein	Kornertrag
Winterweizen TG 2005	5 Sorten, 3 Versuche	-0,61	-0,92*	-0,95*	0,71
Winterweizen TG 2007	10 Sorten, 3 Versuche	0,60*	0,00	-0,61*	0,55*
Winterweizen FG 2005	13 Sorten, 6 Versuche	0,24	-0,01	-0,38	-0,01
Winterweizen FG 2006	18 Sorten, 7 Versuche	-0,30	-0,17	-0,63**	0,66**
Winterweizen FG 2007	16 Sorten, 5 Versuche	-0,30	-0,35	-0,49*	-0,03
Wintertriticale 2005	12 Sorten, 4 Versuche	0,55*	0,36	-0,24	-0,09
Wintertriticale 2006	9 Sorten, 3 Versuche	0,48	0,59*	-0,30	0,64*
Wintertriticale 2007	8 Sorten, 3 Versuche	0,15	0,19	-0,71*	0,25

*: P < 0,05 (signifikant), Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5%

**: P < 0,01 (hoch signifikant), Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1%

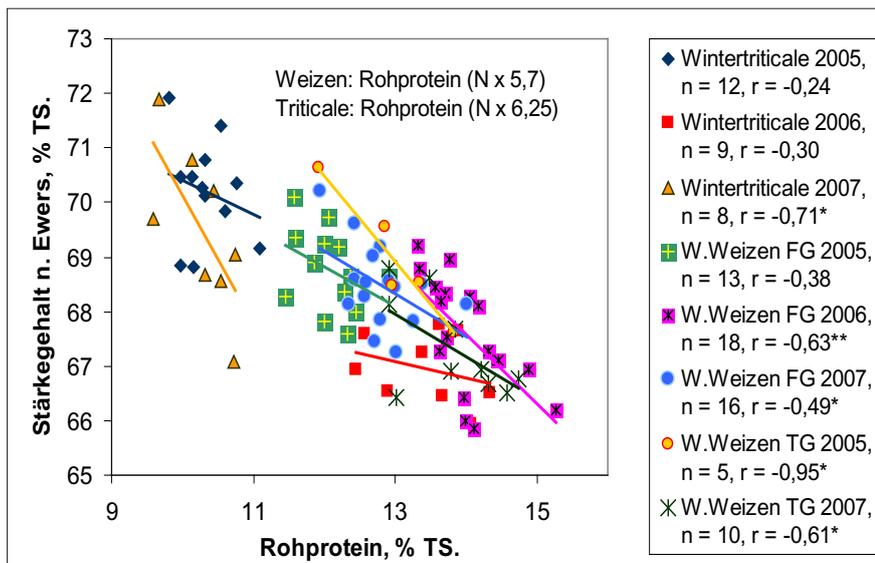


Abbildung 2: Winterweizen (Trockengebiet TG, Feuchtgebiet FG) und Wintertriticale - Intervarietale Beziehung zwischen Rohprotein- und Stärkegehalt (5 bzw. 3 Versuchsserien von 2005 bis 2007)

Tabelle 3: Winterweizen (Feuchtgebiet) und Wintertriticale - Intravarietale Einfachkorrelationen (r) von Parametern der äußeren Kornqualität und Kornertrag zum Stärkegehalt (18 bzw. 10 Versuche von 2005 bis 2007, 8 bzw. 4 Sorten)

Getreideart/Sorte	Tausendkorngewicht	Hektolitergewicht	Rohprotein	Kornertrag
Winterweizen (n = 18)				
Augustus	-0,54**	-0,58**	-0,71**	-0,11
Capo	-0,38	-0,60**	-0,83**	-0,02
Chevalier	-0,39	-0,24	-0,55**	0,01
Kerubino	0,05	-0,32	-0,65**	0,15
Ludwig	-0,28	-0,48*	-0,75**	-0,11
Manhattan	-0,20	-0,20	-0,47*	-0,28
Mulan	-0,27	-0,39	-0,76**	0,21
Toras	-0,15	-0,22	-0,51*	0,02
Wintertriticale (n = 10)				
Madilo	0,56*	0,40	-0,73**	0,28
Mungis	0,89**	0,70*	-0,86**	0,42
Polego	0,68*	0,25	-0,67*	0,23
Triamant	0,67*	0,00	-0,80**	-0,21

*: P < 0,05 (signifikant), Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5%

**: P < 0,01 (hoch signifikant), Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1%

Sorten tendenziell auch höhere Stärkeausbeuten.

Papageno, Vitus, Jenga und Megas lagen voran (68,5 bis 69,2%), Levendis, Mulan und Capo brachten mit 65,9 bis

66,2% die niedrigsten Stärkegehalte. Die genotypische Variation des Hektolitergewichts stand in keiner relevanten Beziehung zum Stärkegehalt (Tabelle 2). Ein Grund könnte sein, dass Sorten

geringer Backfähigkeit oftmals zu einem tieferen Hektolitergewicht neigen.

Winterweizen Feuchtgebiet 2007

Die für die Ethanolweizenproduktion konzipierten Versuche lieferten mehrheitlich ein proteinärmeres Erntegut als 2006. Jedoch ist die Beziehung zwischen Protein- und Stärkegehalt undeutlicher ($r = -0,04$ n.s. bis $r = -0,53^*$, im Mittel $r = -0,49^{**}$). Im Durchschnitt war kein nennenswerter intervarietaler Einfluss von Kornausbildung und Ertragspotenzial auf den Stärkegehalt erkennbar (Tabelle 2). Jenga brachte trotz seiner Kleinkörnigkeit und des geringeren Hektolitergewichtes die höchsten Stärkegehalte und Stärkeerträge.

Intravarietale Beziehung (Winterweizen Feuchtgebiet 2005 bis 2007)

Es konnte gezeigt werden (Tabelle 3, Abbildung 3), dass von allen Merkmalen der Proteingehalt die Variation des Stärkeanteils am deutlichsten prägt ($r = -0,47^*$ bis $r = -0,83^{**}$). Eine zunehmende Korngröße bei Augustus hatte gesteigerte Protein- und verminderte Stärkewerte zur Folge. Partien mit höherem Eigengewicht lieferten tendenziell weniger Stärke. Insbesondere war dies bei Augustus, Capo und Ludwig zu sehen ($r = -0,48^*$ bis $r = -0,60^{**}$). Dies widerspricht Angaben in der Literatur (KRATSCH 2003, STÖLKEN et al. 2006, FARAK et al. 2007), wonach neben einem niedrigen Proteingehalt eine gute Kornausbildung wesentlich für die Qualität von Ethanolweizen sei. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass glasige und proteinreiche Partien häufig höhere Hektolitergewichte zeigen als mehlig. Unerwartet war, dass Ertrags- und Stärkegehalt bei keiner der acht Weizensorten positiv korreliert waren.

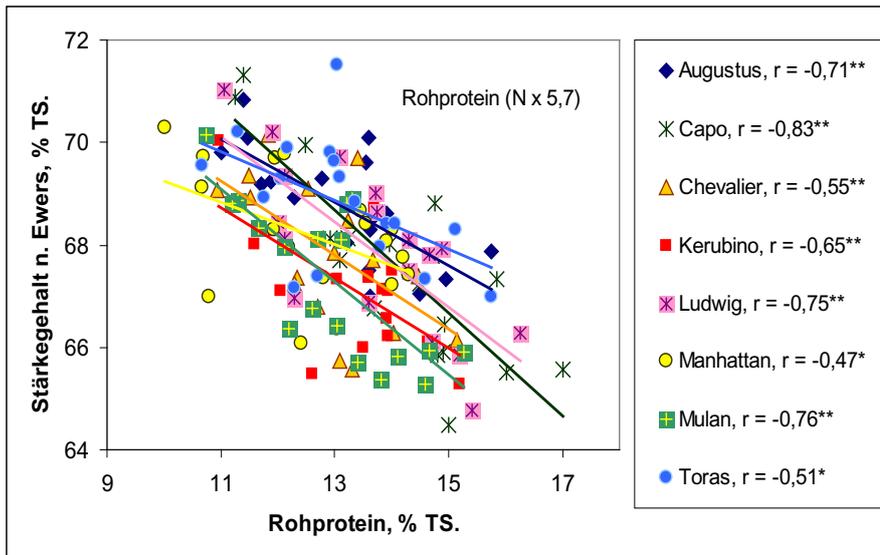


Abbildung 3: Winterweizen (Feuchtgebiet) - Beziehung (intravarietal) zwischen Rohprotein- und Stärkegehalt (18 Versuche von 2005 bis 2007, 8 Sorten)

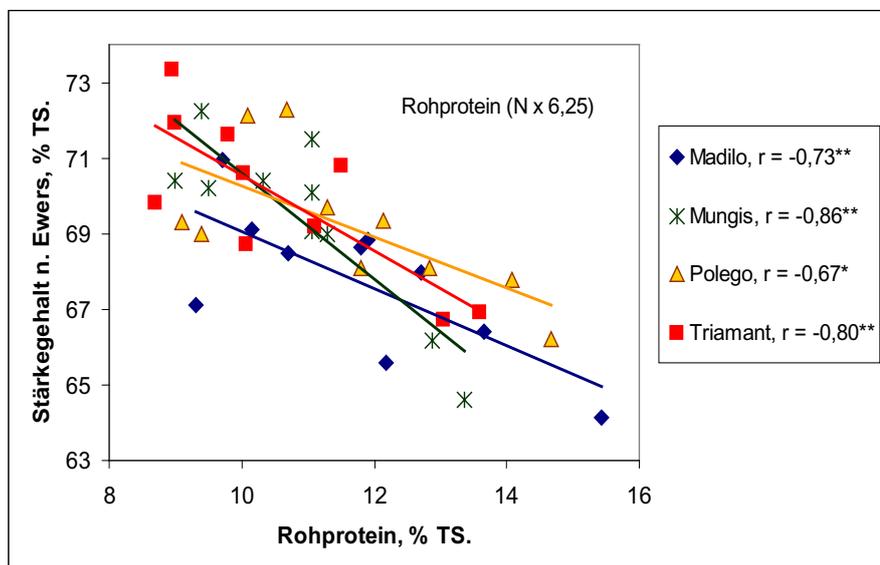


Abbildung 4: Wintertriticale - Beziehung (intravarietal) zwischen Rohprotein- und Stärkegehalt (10 Versuche von 2005 bis 2007, 4 Sorten)

Wintertriticale

Wintertriticale 2005

Intervarietal hatte die Korngröße einen schwach positiven Einfluss ($r = 0,55^*$) auf die Stärkeausbeute. Hektolitergewicht, Proteingehalt und Kornertrag korrelierten statistisch nicht signifikant mit dem Stärkegehalt (Tabelle 2). Triamant und Agrano zeigten mit 71,9 bzw.

71,4% um 2 bis 3% höhere Stärkewerte als Versus, Rambus und Madilo.

Wintertriticale 2006

Das Jahr 2006 brachte im Vergleich zu 2005 und 2007 ein kleinkörnigeres (um 5 bis 7 g geringeres Tausendkorngewicht) und um 2 bis 4% proteinreicheres Erntegut. Dem entsprechend blieben die Stärkegehalte 3 bis 4% darunter

(durchschnittlich 67%). Mangelnde Wasserversorgung und übernormale Temperaturen limitierten die Photosynthese und damit die Stärkeeinlagerung (vgl. KUČEROVÁ 2007). Agrano, Polego und Triamant hatten mit 67,8 bzw. 67,6% nur wenig mehr Stärke als Madilo, Ticino und Tremplin.

Wintertriticale 2007

Trotz zeitweiligem Trockenstress war die Kornausbildung in den ausgewählten Versuchen meist günstig, die Proteingehalte lagen im Mittel bei 10,3%. Mit durchschnittlich 69,5% Stärke wurde nahezu das Niveau von 2005 erreicht. Der zwischensortliche Zusammenhang von Protein- und Stärkegehalt war straffer als in den vorangegangenen Jahren ($r = -0,71^*$). NORD 00824/01 (Tulus) zeigte mit durchschnittlich 71,9% Stärke ein beachtliches Niveau, es folgen Mungis, Presto und Triamant. Im Stärkeertrag dominierten NORD 00824/01 (Tulus), Triamant und Mungis.

Intravarietale Beziehung (Wintertriticale 2005 bis 2007)

Die Analyse von 10 Versuchen und 4 Triticalesorten (Madilo, Mungis, Polego, Triamant) belegt, dass der Stärkegehalt überwiegend von der Variation der Merkmale Rohprotein ($r = -0,67^*$ bis $r = -0,86^{**}$) und Tausendkorngewicht ($r = 0,56^*$ bis $r = 0,89^{**}$) bestimmt wird (Tabelle 3, Abbildung 4). Das Hektolitergewicht weist mit dem Stärkegehalt Korrelationskoeffizienten von $r = 0,00$ bis $r = 0,70^*$ auf. Bei kleinkörnigem, geschrumpftem und proteinreichem Erntegut ist demnach mit geringeren Ausbeuten zu rechnen. In Regionen mit kühleren Julitemperaturen und schwächerer Belastung durch Abreifepilze, beispielsweise im Waldviertel, bringt Triticale mehrheitlich höhere Stärkewerte als im Pannonikum oder Alpenvorland.

Zusammenfassung

Winterweizen

Die Analyse von 28 einfaktoriellen Feld-

Tabelle 4: Wintertriticale - Mittelwerte von Parametern der äußeren Kornqualität, Kornertrag, Stärkegehalt und Stärkeertrag (10 Versuche von 2005 bis 2007, 4 Sorten)

Getreideart/ Sorte	Zulassungsjahr	Tausendkorngewicht g TS	Hektolitergewicht kg/hl	Rohprotein % TS	Kornertrag dt/ha 86% TS	Stärkegehalt % TS	Stärkeertrag dt/ha TS
Madilo	2006	32,8	71,0	11,8	79,6	67,7	46,4
Mungis	2007	33,5	71,7	10,9	84,6	69,4	50,5
Polego	2000	32,4	72,4	11,6	80,6	69,2	48,0
Triamant	2003	36,9	70,2	10,6	88,6	70,0	53,3

Tabelle 5: Stärkegehalte (% , adjustierte Mittelwerte) in einem ausgewählten Sortiment von Winterweizen (Versuche 2005 bis 2007)

Feucht- und Übergangslagen	Stärke %	Trockengebiet
Winnetou, Papageno	69,6-69,8	SZD 7912A
Jenga, Vitus, LEU50204	69,3-69,5	
Plutos, SCHW 140-94-17	69,0-69,2	
Belmondo, Augustus, Toras, Megas	68,7-68,9	Toras, Balaton
Br 4739c32	68,4-68,6	Manhattan, Ludwig, SZD 9369
Manhattan	68,2-68,3	
Globus, Chevalier, Rainer, Ludwig	67,9-68,1	
Capo	67,6-67,8	Rainer, Eurofit
Kerubino, Mulan	67,3-67,5	SW Maxi, SZD 9566
Lahertis, SZD 7916A, SZD 7913	67,0-67,2	Capo
Levendis	66,6-66,9	

Tabelle 6: Stärkegehalte (% , adjustierte Mittelwerte) in einem ausgewählten Sortiment von Wintertriticale (Versuche 2005 bis 2007)

Trockengebiet, Alpenvorland, Steiermark	Stärke, %	Wald- und Mühlviertel
	72,6-73,5	NORD 00824/01 (Tulus)
	71,6-72,5	Tremplin
NORD 00824/01 (Tulus)	70,6-71,5	Agrano, Mungis, Presto, Triamant
Presto	69,6-70,5	Polego, Ticino, Trisidan
Triamant, Mungis, Polego	68,6-69,5	Madilo, Versus
Ticino, Agrano	67,6-68,5	Rambus
Versus, Rambus, Tremplin, Trisidan, Madilo	66,5-67,5	

versuchen der Jahre 2005 bis 2007 lässt Einflüsse von Sorten, Jahren, Standorten und Stickstoffdüngung auf den Stärkegehalt erkennen. Der Stärkegehalt zeigte eine Spannweite von 64,4 bis 72,6% (TS), die genotypische Variation betrug 3,1% (66,6 bis 69,7%). Bei den im pannonischen Trockengebiet geprüften Weizen brachten SZD 7912A, Balaton, Toras, Ludwig und Manhattan höhere Stärkeausbeuten. Im Feuchtgebiet dominierten Winnetou, Papageno, Jenga, Vitus, LEU50204, SCHW 140/94-17, Plutos, Belmondo, Augustus, Toras und Megas. Die niedrigsten Werte (im Mittel 66,6%) wurden bei Levendis festgestellt (Tabelle 5).

Die Stärkeerträge variierten von 89,1 bis 106,9% (Trockengebiet) bzw. von 94,1 bis 106,6% (Feuchtlagen). Sie waren zu mehr als 82% von den Kornerträgen bestimmt. In Ostösterreich erreichten Rainer, SZD 7912A, Balaton und SZD 9369 die höchsten Stärkeerträge. In den Feucht- und Übergangslagen waren Papageno, Lahertis, Megas, Winnetou, SCHW 140-94-17 und Jenga erfolgreich. Intervarietal war mehrheitlich eine signifikant negative Beziehung zwischen Protein- und Stärkegehalt nachweisbar ($r = -0,38$ n.s. bis $r = -0,95^*$, Mittelwerte der Serien). Eine Züchtung auf niedrigen Proteingehalt dürfte für überdurchschnittliche Stärke- und Ethanolausbeu-

ten am effizientesten sein. Jedoch ist der Zusammenhang schwächer ausgeprägt als intravarietal. Sorten gleichen Proteingehalts können in der Stärkeausbeute markant differenzieren. Ein genetisch hohes Tausendkorn- und Hektolitergewicht ist im Vergleich zum Proteingehalt weniger relevant.

Die intravarietale Auswertung (18 Versuche im Feuchtgebiet, 8 Sorten) belegt, dass der Stärkegehalt wesentlich von den Schwankungen des Proteingehalts geprägt wird ($r = -0,47^*$ bis $r = -0,83^{**}$). Anders als bei Triticale hatten höhere Tausendkorn- und Hektolitergewichte keinen positiven Einfluss auf den Stärkeanteil.

Wintertriticale

Bei Triticale (12 Versuche) lagen die Stärkegehalte zwischen 64,1 und 74,1% (Gesamt). Ähnlich wie bei Weizen war die Qualität des Erntegutes in Hinblick auf die Nutzung als Ethanolgetreide in den Jahren 2005 und 2007 besser als 2006. Die genotypische Variation des Stärkegehalts beträgt 4,4% (67,3 bis 71,7% Stärke) und ist größer als im Weizensortiment. Die höchsten Stärkewerte zeigten NORD 00824/01 (Tulus), Presto, Triamant und Mungis. Unbefriedigende Gehalte erzielten Rambus und Versus (Tabelle 6). Die Stärkeerträge differierten von 84,2 bis 113,2% (Trockengebiet,

Alpenvorland und Steiermark) bzw. von 90,1 bis 109,1% (Mühl- und Waldviertel). Sie waren zu mehr als 84% von der Variation der Kornerträge bestimmt. Die höchsten Stärkeerträge (Gesamtgebiet) brachten NORD 00824/01 (Tulus), Triamant und Mungis.

Intervarietal war lediglich 2007 eine negative Beziehung zwischen Protein- und Stärkegehalt gegeben. Ein sortentypisch niedriger Proteingehalt ist für überdurchschnittliche Stärke- und Ethanolgehalte zwar nicht bedeutungslos, einem genetisch höheren Tausendkorn- und Hektolitergewicht kommt im Vergleich zu Weizen jedoch mehr Gewicht zu.

Intravarietal (10 Versuche, 4 Sorten) wird der Stärkegehalt überwiegend von der Variation in den Merkmalen Rohprotein ($r = -0,67^*$ bis $r = -0,86^{**}$) und Tausendkorngewicht ($r = 0,56^*$ bis $r = 0,89^{**}$) bestimmt.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft geförderten Forschungsprojektes (Nr. 100197, Akronym: GEM-BEOL) erzielt.

Literatur

- FARACK, M., C. GUDDAT, E. SCHREIBER, G. BARTHELMES, M. BÖHME und M. SACHER, 2007: Sortenempfehlungen für die Produktion von Bioethanol. Getreidemagazin 4, 244-249.
- KRATSCHE G., 2003: Rohstoff für Bioethanol. Vergleich von Wintergetreidearten, Sortenwahl und Anbaugestaltung. Neue Landwirtschaft 7, 42-44.
- KUČEROVÁ, J., 2007: The Effect of Year, Site and Variety on the Quality Characteristics and Bioethanol Yield of Winter Triticale. Journal of the Institute of Brewing (Brno) 113, 2, 142-146.
- ROSENBERGER, A., H.-P. KAUL, T. SENN und W. AUFHAMMER, 2000: Optimierung der Produktion von Wintergetreide zur Bioethanolherstellung durch unterschiedlich intensive Anbauverfahren. J. Agronomy and Crop Science 185, 55-65.
- SCHÄFER, V., 1995: Effekte von Aufwuchsbedingungen und Anbauverfahren auf die Eignung von Korngut verschiedener Getreidebestände als Rohstoff für die Bioethanolproduktion. Diss., Universität Hohenheim.
- STÖLKEN, J., V. MICHEL und G. PIENZ, 2006: Bioenergie aus der Landwirtschaft - eine neue Herausforderung für das regionale Sortenwesen. III. Getreide für die Ethanolproduktion. S. 1-6. <http://ifa.info-agrarportal.de/index.php?content/view/full/2210>.

