

# Pflanzen

## Hektolitergewicht und Qualitätsparameter beim Weizen

Geert Kleijer, Lilia Levy, Ruedi Schwaerzel, Dario Fossati und Cécile Brabant, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon 1

Auskünfte: Geert Kleijer, E-Mail: geert.kleijer@acw.admin.ch, Tel. +41 22 36 34 444

### Zusammenfassung

**D**as Hektolitergewicht, das herkömmlich als Qualitätsparameter bei Getreide gebraucht wird, dient in zahlreichen Ländern der Bestimmung des Preisniveaus. Die Literatur liefert umstrittene Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Mehlausbeute oder anderen Qualitätsparametern. Diese Studie ist der Untersuchung eines breiten Spektrums von Weizensorten gewidmet, die über mehrere Jahre angebaut wurden. Dabei wurde die Beziehung zwischen Hektolitergewicht und Qualitätsparametern wie Proteingehalt, Zelenywert, Tausendkorngewicht und rheologische Eigenschaften untersucht.

Die Varianzanalyse des Hektolitergewichts zeigte einen grossen Einfluss der Umwelt und des Genotyps. Beim Sommerweizen konnte zwischen Hektolitergewicht und Mehlausbeute keine Korrelation festgestellt werden. Beim Winterweizen war diese Korrelation über zwei Jahre negativ, schwach, aber signifikant, in den einzelnen Jahren jedoch nicht signifikant. Beim Weizen allgemein waren Hektolitergewicht und Kornertrag, Tausendkorngewicht, Kornnote, Fallzahl, Kornhärte, Proteingehalt und Zelenywert schwach korreliert, aber dank der zahlreichen Beobachtungen generell hoch signifikant. Die Ergebnisse beim Sommerweizen deckten sich nicht immer mit jenen des Winterweizens. Hektolitergewicht und rheologische Parameter waren beim Winterweizen im Allgemeinen ebenfalls schwach korreliert und hoch signifikant. Beim Sommerweizen waren die Korrelationen zwischen dem Konsistenzabfall und der Viskosität signifikant.

Bei der Messung des Hektolitergewichts handelt es sich um eine schnelle und immer noch verbreitete Methode zur Bestimmung des Getreidepreises. Diese Studie zeigt jedoch, dass dieser Parameter nichts über die Backqualität oder die Mehlausbeute aussagt.

Das Hektolitergewicht (HLG) wird definiert als Korngewicht, das ein bestimmtes Volumen füllt. Es ergibt sich aus der Korndichte und der Kornform (Ghaderi *et al.* 1971). Das HLG dient seit Jahrzehnten als Qualitätskriterium und wird in zahlreichen Ländern verwendet, um den Getreidepreis festzulegen. Die Studien zum HLG sind jedoch umstritten und der Nutzen dieser Eigenschaft wird immer stärker angezweifelt.

Das HLG wird durch mehrere Umweltfaktoren wie beispielsweise dauerhaft hohe Temperaturen während der Kornfüllungsperiode, Niederschläge vor der Ernte und einen hohen Krankheitsdruck beeinflusst. Auch genetische Faktoren lassen das

HLG über die geometrische Form und die Beziehung Länge-Breite des Korns (Roberts 1910; Shuey 1960) schwanken. Ausserdem sind stärkereiche Körner leichter als glasige Körner (Snyder 1904; Shollenberger und Coleman 1926).

Mangels und Sanderson (1925) kamen nach der Untersuchung einiger Hundert Weizenproben mit einem HLG von 50 bis 82 kg/hl (Durchschnitt 74 kg/hl) zum Schluss, dass eine starke Korrelation zwischen diesem Kriterium und der Mehlausbeute besteht. Sie folgerten daraus, dass eine Klassierung der Posten nach HLG gerechtfertigt sei.

Shuey (1960) beschrieb die Beziehung zwischen der Mehlaus-

beute und dem HLG des Weizens als «ungefähren und meist wenig zuverlässigen Index». Der Autor stellte fest, dass das HLG der Weizenposten bei gleicher Mehlausbeute um 11,6 kg/hl abweichen kann. Mehrere Sorten mit tiefem HLG liefern beim Mahlen zufrieden stellende Resultate (Barmore und Bequette 1963; Murphy 1967). Die schwache Korrelation zwischen diesen Parametern wurde in mehreren Publikationen beobachtet (Johnson und Hartsing 1963, Baker *et al.* 1965; Svensson 1981; Ghaderi *et al.* 1971; Hook 1984; Marshall *et al.* 1986; Schuler *et al.* 1995). Eine Beziehung zwischen dem HLG und dem Tausendkorngewicht wurde nicht nachgewiesen (Hook 1984; Schuler *et al.* 1994). Ein anderer wichtiger, im Zusammenhang mit dem HLG erforschter Parameter ist der Proteingehalt. Schuler *et al.* (1994, 1995) stellten für diese Eigenschaft eine positive Korrelation beim Weizen fest.

Ganz allgemein zeigen ältere Studien eine gute Korrelation zwischen HLG und Mehlausbeute, die jedoch in neusten Studien nicht bestätigt wurde. Die Korrelationen mit anderen Weizenqualitätsparametern wie dem Proteingehalt waren hoch signifikant, aber ziemlich tief (um  $r = 0,55$ ).

In der vorliegenden Studie wird der HLG-Wert als Kennzahl für die Weizenqualität (Mehlausbeute und Backqualitätsparameter) untersucht, indem die Daten zahlreicher neuster Sorten und der Zuchtlinien über mehrere Jahre zugezogen werden.

## Versuchsdaten und Analysen

Die Daten stammen aus den verschiedenen Ertragsversuchen des nationalen Winter- und Sommerweizen-Zuchtprogramms (Fossati *et al.* 2003 und Brabant *et al.* 2006). Jeder Versuch wurde an drei oder vier über die Schweiz verteilten Standorten, mit drei Wiederholungen angebaut. Ausserdem wurden die Daten der Versuche für die Aufnahme in den Nationalen Sortenkatalog (offizielle Sortenprüfung) verwendet. Diese Versuche fanden an acht (Sommerweizen) respektive zehn (Winterweizen) verschiedenen Standorten, mit drei Wiederholungen, statt. Die Daten der verschiedenen Versuche des Zuchtprogramms und der offiziellen Sortenprüfung (2000 bis 2005 für Winterweizen und 1999 bis 2005 für Sommerweizen) wurden zusammengefasst. Die Daten der Untersuchungen von zwei Sorten über einen Zeitraum von sechs Jahren und von drei einzelnen Sorten wurden näher angeschaut. Ausserdem wurden die Daten eines Sommerweizenversuchs mit Doppelhaploid-Linien untersucht.

Das HLG wurde mittels Dickey John GAC2100 gemessen. Die verwendeten Zahlen stellen den Durchschnitt von drei Wiederholungen dar. Das Tausendkorngewicht wurde nach der Zählung der Kornzahl einer 10 g-Probe jeder Sorte ermittelt. Die Kornfüllung wurde anhand einer Skala von 1 bis 9 benotet (1 = sehr gute Kornfüllung; 9 = komplett eingeschrumpftes Korn). Eine Nah-Infrarot-Analyse mit dem NIR-Spektrometer Foss 6500 diente der Ermittlung des Proteingehalts, der Kornhärte und des Aschegehalts. Die ICC-Standardmethoden (ICC Standards, 1999) wurden zur Ermittlung der Fallzahlen, des Zelenywertes und der Untersuchungen mit dem Farinograph, Extensograph und Amylograph verwendet. Der Fa-

rinograph (Brabender, Deutschland) ermöglicht die Messung der optimalen Wasseraufnahmefähigkeit eines Mehls sowie der Teigstabilität und des entsprechenden Konsistenzabfalls nach dem Kneten. Der Extensograph (Brabender, Deutschland) misst den Dehnwiderstand und die Beziehung zwischen Dehnwiderstand und Dehnbarkeit des Teigs.

Die rheologischen Untersuchungen wurden pro Sorte bei den Kornmischungen der verschiedenen Orte des gleichen Versuchsnetzes durchgeführt, unter Einbezug aller Wiederholungen. In den vorerwähnten Fällen entsprach der HLG-Referenzwert dem Durchschnittswert der verschiedenen Standorte. Für einen Mehltyp 550 wurden mindestens 3,5 kg Körner pro Sorte gemahlen (Bühler MLU202). Die Mehlausbeute wurde für die Doppelhaploid-Linien des Sommerweizens und für die Winterweizen-Sorten der offiziellen Versuche der Jahre 2004 und 2005 festgelegt. Sämtliche rheologischen Untersuchungen wurden von Kleijer (2002) beschrieben.

Es wurden drei verschiedene Brotbackversuche durchgeführt (Kleijer 2002). Der erste Test, der Rapid Mix Test, wurde von Pelshenke *et al.* (1970) entwickelt. Nach intensiver Teigknetung, lässt man den Teig 30 Minuten ruhen. Danach werden 30 kleine Brötchen geformt und erneut während 25 Minuten ruhen gelassen. Beim zweiten Test werden nach dreistündiger Teigruhe Kastenbrote gebacken. Beim dritten Test handelt es sich um einen Grossbackversuch, bei dem 5 kg Mehl verwendet werden. Bei allen Tests wurde das Brotvolumen gemessen. Bei einer Varianzanalyse für das HLG wurden die Daten der offiziellen Sortenprüfung von acht während fünf Jahren vorhandenen Sorten verwendet, die jährlich an den

neun gleichen Standorten angebaut wurden. Dabei wurden die Korrelationskoeffizienten (nach Pearson) zwischen den verschiedenen Parametern berechnet.

## Varianzanalyse

Die für die Varianzanalyse verwendeten Sorten wiesen ein durchschnittliches HLG von 79,4 kg/hl auf. Das HLG lag zwischen 66,7 und 86,2 kg/hl. Diese Analyse (Tab. 1) zeigt den grossen Einfluss von Sorte und Jahr, sowie einen geringen, aber hoch signifikanten Einfluss des Standortes. Die Wechselwirkung zwischen Sorte und Standort war nicht signifikant. Dennoch waren die Wechselwirkungen Sorte x Jahr sowie Standort x Jahr signifikant bei 1, beziehungsweise 0,1 %. Der Einfluss dieser Wechselwirkungen war deutlich geringer als jener von Sorte, Jahr oder Standort.

## HLG und Korneigenschaften

Die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen HLG und Kornertrag (ausgedrückt in % der vier Standardsorten), das Tausendkorngewicht, die Kornnote, der Zelenywert, der Proteingehalt, die Kornhärte und die Fallzahl des Winter- und Sommerweizens werden in Tabelle 2 verdeutlicht. Das HLG variiert beim Winterweizen zwischen 64,0 und 87,8 kg/hl und beim Som-

**Tab. 1. Varianzanalyse für das Hektolitergewicht basierend auf acht Sorten, fünf Jahre und neun Standorte**

Faktoren der Varianzanalyse	F-Wert
Sorte	120,96***
Standort	59,44***
Jahr	145,62***
Sorte x Standort	0,98
Sorte x Jahr	5,13**
Standort x Jahr	26,56***

\*\*\*signifikant bei  $P < 0,001$ .

\*\*signifikant bei  $P < 0,01$ .

**Tab. 2. Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Hektolitergewicht und verschiedene Parameter für Winter- und Sommerweizen**

Eigenschaften	Winterweizen		Sommerweizen	
	r	n	r	n
Kornertrag in % der Standards	-0,068	7317	0,191***	4987
Tausendkorngewicht	0,317***	7262	0,199***	4983
Kornnote	-0,286***	7211	-0,222***	4833
Zeleny	0,166***	7286	-0,143***	4986
Protein	-0,02	7312	-0,181***	4936
Kornhärte	-0,305***	7312	-0,285***	4936
Fallzahl	0,189**	1955	0,422***	1245

\*\*\*signifikant bei  $P < 0,001$ ; \*\* signifikant bei  $P < 0,01$ ; n = Anzahl Beobachtungen.

merweizen zwischen 55,0 und 89,7 kg/hl. Obwohl die Korrelationskoeffizienten im Allgemeinen sehr schwach waren, waren sie, bis auf zwei Ausnahmen, hoch signifikant. Dies erklärt sich durch die grosse Anzahl Beobachtungen. Winter- und Sommerweizen verhalten sich unterschiedlich in bezug auf Kornertrag, Zelenywert, Tausendkorngewicht, Proteingehalt und Fallzahl. Im Gegensatz zum Winterweizen sind beim Sommerweizen zwei Parameter (Kornertrag und Proteingehalt) signifikant. Beim Zelenywert war die Korrelation beim Winterweizen positiv, beim Sommerweizen hingegen negativ. Die Untersuchung der Korrelationskoeffizienten der drei einzelnen Sorten, wovon zwei über sechs aufeinanderfolgende Jah-

re beobachtet wurden, sowie der Daten der verschiedenen Backqualitätsklassen zusammengefasst, führte zu ähnlichen Ergebnissen (Daten nicht aufgeführt). Die Korrelationskoeffizienten waren schwach, aber für einige Parameter signifikant. Bei Sorten mit hoher Backqualität waren die Korrelationskoeffizienten tendenziell signifikanter; die Koeffizienten blieben aber schwach. Die beständigsten Ergebnisse wurden für die Korrelation zwischen HLG und Tausendkorngewicht erzielt. Bei der Untersuchung von zwei verschiedenen Sorten über mehrere Jahre war diese Korrelation aber in zwei von zwölf Fällen nicht signifikant.

### HLG und rheologische Eigenschaften

Die Beziehung zwischen HLG und einigen rheologischen und Brotback-Parametern sind in Tabelle 3 ersichtlich. Sind beim Winterweizen die meisten Korrelationen schwach, aber hoch signifikant, so sind beim Sommerweizen nur gerade die Werte für den Konsistenzabfall und die Viskosität signifikant jedoch schwach mit dem HLG korreliert.

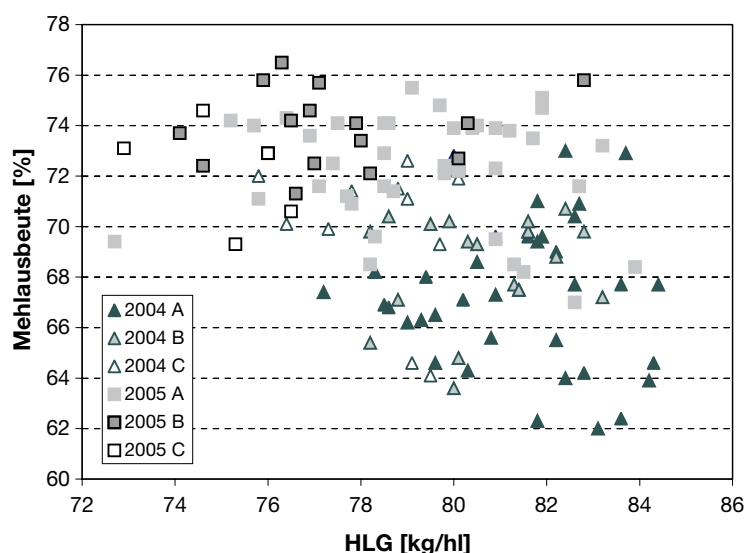
### HLG und Mehlausbeute

Die Beziehung zwischen HLG und Mehlausbeute bei Winter-

weizen ist in Abbildung 1 ersichtlich. 2004 lag das mittlere HLG bei 80,6 kg/hl und der Korrelationskoeffizient,  $r = -0,21$  ( $n = 65$ ), war nicht signifikant. Auch im Jahre 2005 war  $r (-0,13; n = 60)$  bei einem mittleren HLG von 78,5 kg/hl nicht signifikant. Die Zusammenfassung der Ergebnisse beider Jahre führte zu einem Koeffizienten von  $-0,39$ , signifikant bei 1%. Die Weizen der niedrigeren Qualitätsklasse neigen zu einem tieferen HLG, was die Mehlausbeute aber nicht beeinflusst. Der Korrelationskoeffizient zwischen HLG und Mehlausbeute beim Sommerweizenversuch lag bei  $r = 0,01$  ( $n = 136$ ). Die anderen in diesem Versuch untersuchten Parameter (unveröffentlichte Ergebnisse) waren der Proteingehalt, der Zelenywert, die Kornhärte, der Aschegehalt und die drei Fari-nograph-Parameter. Die einzige signifikante Korrelation mit dem HLG war jene des Aschegehalts ( $r = -0,39$ , bei 1%).

### Vergleich mit der Literatur

Die Varianzanalyse zeigt den Einfluss des Jahres, sprich der Umweltfaktoren, auf das HLG auf. Der andere bedeutende Faktor ist der Genotyp, was die Ergebnisse weiterer Autoren bestätigten. Die Wechselwirkung Jahr x Standort war signifikant, was erneut den Stellenwert der Umwelt für den Genotyp verdeutlicht. In unserer Studie konnte bei Sommerweizen keine Korrelation zwischen HLG und Mehlausbeute beobachtet werden. Weniger klar war diese Beziehung bei Winterweizen. Die Korrelationskoeffizienten der beiden einzelnen Jahre waren schwach und nicht signifikant. Beide Jahre zusammengenommen, war der Korrelationskoeffizient nicht sehr hoch ( $r = -0,39$ ) jedoch signifikant bei 1%. Eine interessante Feststellung war diese negative Korrelation, die tendenziell auf eine tiefere Mehlausbeute bei einem höheren HLG hinweist. Bezüg-



**Abb. 1. Beziehung zwischen dem Hektolitergewicht und der Mehlausbeute bei Winterweizen in den Jahren 2004 und 2005 (verschiedene Qualitätsklassen : Qualität A = Klasse Top und 1, B = Klasse 2 und 3, C = andere).**

lich der Korrelation zwischen HLG und Mehlausbeute ist man sich in der Literatur nicht einig. Ältere Studien von Mangels und Sanderson (1925) und Mangels (1934) stellten eine gute Korrelation zwischen Mehlausbeute und HLG fest. Für ihre Versuche verwendeten sie eine grosse Anzahl Proben; diese variierten zwischen 51,5 und 86,0 kg/hl mit einem Durchschnittswert von 75 kg/hl für die sieben Untersuchungsjahre. Finney *et al.* (1987) zeigten bei Weizenproben zwischen 26 und 65 kg/Scheffel (rund 33 bis 82 kg/hl) eine Regressionsgerade für Mehlausbeute und Scheffeltgewicht, erwähnten aber das berechnete Bestimmtheitsmass nicht. All diese Ergebnisse wurden entweder mit alten Sorten und voraussichtlich auch lokalen Sorten oder mit extrem tiefen oder künstlich geschaffenen HLG erzielt. Die verwendeten HLG lagen tiefer als jene der heutigen Backweizensorten. Unsere Ergebnisse bestätigen die Beobachtungen von Shuey (1960), der zeigte, dass das HLG kein zuverlässiges Qualitätskriterium ist. Ausserdem bestätigen sie die Beobachtungen von Hook (1984), der schwache Korrelationen feststellte und diese als ungeeignet für die Voraussage der Mehlausbeute erachtete. Ähnliche Ergebnisse wurden von Baker *et al.* (1965), Barmore und Bequette (1965) und Svensson (1981) beschrieben.

In unseren Sommer- und Winterweizenversuchen wurden zwischen dem HLG und dem Kornertrag, dem Tausendkorngewicht, der Kornbenotung, der Fallzahl, der Kornhärte, dem Proteingehalt und dem Zelenywert signifikante, aber sehr schwache Korrelationen beobachtet. Der Korrelationskoeffizient zwischen HLG und Zelenywert war sehr schwach; beim Winterweizen war er positiv, beim Sommerweizen negativ. Die Korrelation zwischen HLG



**Abb. 2.** Das Hektolitergewicht, das dieser Studie zugrunde liegt variiert stark: Links eine Sorte mit 61,9 kg/hl, rechts eine mit 84,3 kg/hl.

und Proteingehalt war beim Winterweizen nicht signifikant, beim Sommerweizen aber schon. Allgemein waren die Korrelationskoeffizienten sehr schwach aber hochsignifikant, dank der zahlreichen Beobachtungen. Wurden die Korrelationen für einzelne Sorten, für die gleiche Sorte über mehrere Jahre hinweg oder für verschiedene Backqualitätsklassen errechnet, so gelangte man zu ähnlichen Ergebnissen. Übereinstimmend mit den Beobachtungen von Hook (1984) berichten Schuler *et al.* (1994) über eine signifikante Korrelation zwischen HLG und Proteingehalt, nicht aber zwischen HLG und Tausendkorngewicht.

Keine Beziehung bestand zwischen dem HLG und den rheologischen Eigenschaften. Obwohl einige Korrelationen hoch signifikant waren, waren sie schwach (maximal  $r = 0,36$ ). Mit Ausnahme des Konsistenzabfalls des Teigs, entsprachen die beim Winterweizen erzielten Ergebnisse nicht jenen des Sommerweizens. Der Literatur konnten keine Ergebnisse zur Beziehung zwischen dem HLG und den rheologischen Eigenschaften entnommen werden.

Widersprüchliche Ergebnisse mit schwachen Korrelationskoeffizienten weisen darauf hin, dass das HLG selbst mit hochsignifi-

**Tab. 3.** Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) zwischen Hektolitergewicht und rheologische Eigenschaften für Winter- und Sommerweizen

Eigenschaften	Winterweizen		Sommerweizen	
	$r$	$n$	$r$	$n$
Kleber	0,06	103	0,15	60
Kleberindex	0,25**	103	-0,08	60
Farinograph Wasseraufnahme	0,13*	710	0,01	623
Farinograph Teigstabilität	0,28**	710	-0,10	623
Farinograph Konsistenzabfall des Teigs	-0,26**	710	-0,30**	623
Extensograph Dehnwiderstand/Dehnbarkeit	0,26**	710	0,05	623
Extensograph Energie	0,36**	710	0,11	623
Amylograph	0,01	104	0,23**	60
Rapid Mix Test Volumen	0,08*	652	-0,10	620
Kastenbackbrote Volumen	0,33**	81	0,15	56
Grossbackversuchsbrote Volumen	0,20	71	-0,01	51

\*\*\*signifikant bei  $P < 0,001$ ; \*\* signifikant bei  $P < 0,01$ ;  $n$  = Anzahl Beobachtungen.



**Abb. 3.** Die in diesem Artikel verwendeten Daten stammen unter anderem aus Ertragsversuchen und aus dem Weizenzuchtprogramm.

kanten Korrelationen kein zuverlässiges Mittel zur Festlegung der Weizenqualität darstellt.

Weizen mit einem geringen HLG wird üblicherweise verfüttert. Hängt die Leistung der Tiere vom HLG des Weizens ab? Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen vier Forschungsanstalten und der Institution «Biomathematics and Statistics Scotland», stellten Miller *et al.* (2001), die sich auf zahlreiche Futtermittelversuche stützten, keine Korrelation zwischen HLG und dem Konsum von Trockensubstanz oder der Zunahme an Lebendgewicht (Schweine) fest. Beim Geflügel traten geringfügige Beziehungen bei der tatsächlich verwertbaren Energie zutage, welche jedoch die Leistung des Geflügels in keinem der Versuche beeinflussten. Sie folgerten aus diesen Arbeiten, dass das HLG von Weizen keinen Aufschluss über den Nährwert für diese monogastrischen Tiere gibt. Diese Arbeiten wurden von Bar-l'Helgouac'h *et al.* (2005) bestätigt, wonach keine Korrelation zwischen HLG und Energiewert für Schweine oder Geflügel besteht.

Schuler *et al.* (1995) kamen zu folgendem Schluss: Obwohl das HLG oft als Indikator für die

Mahlqualität benutzt wird, korreliert keine der Korneigenschaften mit der Mehlausbeute. Die Aussage von Ghadreri *et al.* (1971), wonach vermalteter Weizen nicht nur aufgrund des HLG deklassiert werden darf (Ausnahme: eingeschränkte Probe) ist nach wie vor gültig.

Trotz der in der Literatur widersprüchlichen Resultate bleibt die HLG-Messung eine schnelle und verbreitete Methode zur Festlegung des Weizenpreises. Unsere Studien schlossen nicht nur Ergebnisse eines breiten, modernen Sorten-Sortiments über mehrere Jahre ein, sondern auch Doppelhaploid-Linien. Trotz der Tatsache, dass hoch signifikante Korrelationskoeffizienten beobachtet wurden, waren sie zu schwach, um einen Hinweis auf die Qualität oder die Mehlausbeute geben zu können. Die Forschung ist jetzt gefordert, eine angemessene und schnelle Methode zu entwickeln, um die Verarbeiter bei der Qualitätsbestimmung ihrer Käufe unterstützen zu können.

#### Literatur

■ Baker D., Fifield C. C. & Jartling T. F., 1965. Factors related to the four-yielding capacity of wheat. *Northwest. Miller* **272**, 16-18.

■ Bar-l'Helgouac'h C., Skiba F., Tailhardat C., Lebrun J. & Ruch O., 2005. Poids spécifique, un critère incontournable. *Perspectives Agricoles* **317**, 14-16.

■ Barmore M. A. & Bequette R. K., 1965. Weight per bushel and flour yield of Pacific Northwest white wheat. *Cereal Sci. Today* **10**, 72-77.

■ Brabant C., Fossati D. & Kleijer G., 2006. La sélection du blé de printemps en Suisse. *Revue suisse Agric.* **38**, 73-80.

■ Finney K. F., Yamazaki W. T., Youngs V. L. & Rubenthaler G. L., 1987. Quality of hard, soft and durum wheats. In: E. Heyne (ed.) *Wheat and wheat improvement*. Agron. Monogr. 13. 2<sup>nd</sup> ed. ASA, CSSA, SSSA Madison, WI, 677-748.

■ Fossati D. & Brabant C., 2003. La sélection du blé en Suisse. *Revue suisse Agric.* **35**, 169-180.

■ Ghaderi A., Everson E. H. & Yamazaki W. T., 1971. Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* **11**, 515-518.

■ Hook S. C. W., 1984. Specific weight and wheat quality. *Journal of Sci. Food and Agric.* **35**, 1136-1141.

■ ICC-Standards, 1999. Standard Methods of the international association for cereal science and technology (ICC), ICC, Vienna.

■ Johnson R. M. & Hartsing T. F., 1963. Kernel count as a measure of flour milling yield. *Northwest. Miller* **269**, 22-26.

■ Kleijer G., 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. *Revue suisse Agric.* **34**, 253-259.

■ Mangels C. E. & Sanderson I., 1925. Correlation of test weight per bushel of hard spring wheat with flour yield and other factors of quality. *Cereal Chem.* **2**, 365-369.

■ Mangels C. E., 1934. Studies on test weight and flour yielding capacity of wheats. *Cereal Chem.* **11**, 231-235.

- Marshall D. R., Mares D. J., Moss H. J. & Ellison F. W., 1986. Effects of grain shape and size on milling yields in wheat. II. Experimental studies. *Australian J. of agric. Res.* **37**, 331-342.
- Miller H. M., Wilkinson J. M., McCracken K. J., Knox A., McNab J. & Rose P., 2001. Nutritional value of low specific weight wheat. *Feed Compounder*, 16-19.
- Murphy C.F., 1967. The registration of Blueboy wheat. *Crop Sci.* **7**, 82.
- Pelshenke P. F., Schulz A. & Stephan, H., 1970. Der Rapid Mix Test als Standard-Backmethode für Weizen der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V., Detmold. Merkblatt Nr. 62, 1-6.
- Roberts H. F., 1910. Breeding for type of kernel in wheat, and its relation to the grading and milling of the grain. *Kansas State Agricultural College Experiment Station Bulletin* **170**, 98-138.
- Schuler S. F., Bacon R. K. & Gbur E. E., 1994. Kernel and spike character influence on test weight of soft red winter wheat. *Crop Sci.* **34**, 1309-1313.
- Schuler S. F., Bacon R. K., Finney P. L. & Gbur E. E., 1995. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. *Crop Sci.* **35**, 949-953.
- Schnyder H., 1904. Glutenous and starchy wheat. *Minnesota Agric. Exp.Sta. Bull.* **85**, 179-188.
- Shollenberger J. H. & Coleman D. A., 1926. Relation of kernel texture to physical characteristics, milling and baking qualities and chemical composition of wheat. *U.S. Dep. of Agric. Bull.* **1420**.
- Shuey W. C., 1960. A wheat sizing technique for predicting flour milling yield. *Cereal Sci. Today* **5**, 71-72.
- Svensson G., 1981. Varietal and environmental effects of wheat milling quality. *Agric. Hort. Genet.* **XXXIX**, 1-103.

## RÉSUMÉ

### Relation entre le poids à l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé

Le poids à l'hectolitre, traditionnellement utilisé comme paramètre de qualité dans les céréales, est employé dans bon nombre de pays pour déterminer le niveau du prix. La littérature donne des résultats controversés pour la relation entre le poids à l'hectolitre et le rendement en farine ou avec d'autres paramètres de qualité. Cette étude se penche sur l'analyse d'un large spectre de cultivars de blé cultivés pendant plusieurs années et le calcul de la relation entre le poids à l'hectolitre et des paramètres de qualité comme le taux de protéines, l'indice Zeleny, le poids de mille grains et des caractéristiques rhéologiques.

L'analyse de variance du poids à l'hectolitre a montré d'importants effets de l'environnement et du génotype. Aucune corrélation n'a pu être établie entre le poids à l'hectolitre et le rendement en farine pour le blé de printemps. Pour le blé d'automne, cette corrélation était négative, basse, significative sur deux ans, mais non significative pour les années individuelles. Pour le blé en général, les coefficients de corrélation entre le poids à l'hectolitre et le rendement en grains, le poids de mille grains, la note du grain, le temps de chute, la dureté du grain, le taux de protéine et l'indice Zeleny étaient bas, mais en général hautement significatifs, grâce au grand nombre d'observations. Les résultats du blé de printemps ne correspondaient pas toujours à ceux du blé d'automne. Pour les corrélations entre le poids à l'hectolitre et des paramètres rhéologiques également, la plupart des corrélations étaient généralement basses pour le blé d'automne et hautement significatives. Pour le blé de printemps, les corrélations avec l'affaiblissement de la pâte et la viscosité étaient significatives.

La mesure du poids à l'hectolitre est rapide et reste très utilisée pour la détermination du prix des céréales. Cependant, l'étude montre que ce paramètre ne donne pas d'indication sur la qualité boulangère ou le rendement en farine.

## SUMMARY

### Relationship between test weight and several quality parameters in wheat

Test weight has been used as a quality parameter of cereals in a large number of countries and is still employed to determine the price level. Literature studies showed controversial results concerning the relationship between test weight and flour yield as well as with other quality parameters. In this study, the data of a wide range of cultivars were analysed over several years to calculate the relationship between test weight and other quality parameters such as protein content, Zeleny index, thousand kernel weight and rheological characteristics.

Analysis of variance for test weight of wheat showed important environmental and genotypical effects. No correlation was observed between test weight and flour yield in spring wheat. For winter wheat this correlation was negative, low but significant over two years, but not significant over the individual years. The correlation coefficients for wheat between test weight and grain yield, thousand kernel weight, grain score, falling number, grain hardness, protein content and Zeleny index were very low but generally highly significant, due to the large number of observations. The results in winter and spring wheat are not always similar. This is also the case for the correlations between test weight and a number of rheological parameters, where most of the correlations for winter wheat were very low but highly significant, whereas for spring wheat only the correlation with dough softening and viscosity were significant.

The rapid method of measuring test weight remains widely used for the determination of price in cereals. It is demonstrated that this parameter gives no indication about quality or flour yield.

**Key words:** wheat, test weight, protein content, thousand kernel weight, flour yield.