

# Pflanzen

## Stickstoffdüngung und Brotgetreidequalität

Lilia Levy, Ruedi Schwaerzel und Geert Kleijer, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon 1  
Auskünfte: Lilia Levy, E-Mail: lilia.levy@acw.admin.ch, Fax +41 22 362 13 25, Tel. +41 22 363 47 18

### Zusammenfassung

**W**ährend drei Jahren ist eine Studie an zwei Versuchstandorten zur Beurteilung der Auswirkungen einer steigenden Stickstoffdüngung auf die Qualität von Brotweizen durchgeführt worden. Sorten verschiedener Qualitätsklassen wurden untersucht. Allgemein hatte eine erhöhte N-Düngung einen positiven Einfluss auf die getesteten Qualitätskriterien. So erhöhte sich der Kornertrag, der Gehalt und die Qualität der Proteine, die Kornhärte, die Stickstoffmenge pro Korn, der Stickstoffgehalt im Stroh und die Stabilität des Teigs bei der Knetung. Der Konsistenzabfall des Teigs verminderte sich. Die Wasserabsorption war bei 145 N-Einheiten optimal. Der N-Dünger erhöhte tendenziell die maximale Verkleisterung sowie den Dehnwiderstand und das Verhältnis zwischen Dehnwiderstand und Dehnbarkeit des Teigs. Unabhängig von der Qualitätsklasse reagierten die Sorten mehrheitlich ähnlich auf eine Erhöhung der N-Düngung. Der globale Qualitätsindex ist im Wesentlichen durch die Sorte bestimmt; die N-Düngung hatte jedoch einen starken positiven Einfluss auf dessen Kriterien. Der Grenzertrag für Qualität und Kornertrag nahm mit jeder zusätzlichen N-Stufe ab.

Der Sedimentationswert nach Zeleny gibt Hinweise auf die Proteinqualität. Der Wert entspricht der Höhe des Sediments. Sorten mit einem hohen Wert, wie dies bei der zweiten und vierten von links der Fall ist, weisen im Allgemeinen eine gute Backqualität auf.

Die Schweizer Landwirte betreiben eine relativ extensive Landwirtschaft, denn Ökologische Leistungsnachweise (ÖLN) und der geringe Einsatz von Produktionsmitteln im Anbau (Anbauart «extenso») werden honoriert. In einem immer härter umkämpften Markt stellt jedoch die Stickstoffdüngung ein wichtiger Parameter für optimale Erträge und eine optimale Qualität dar. Welchen Einfluss hat nun aber die N-Düngung auf die Qualität von Brotgetreide? Varga *et al.* (2003) stellen in weniger intensiven Sy-

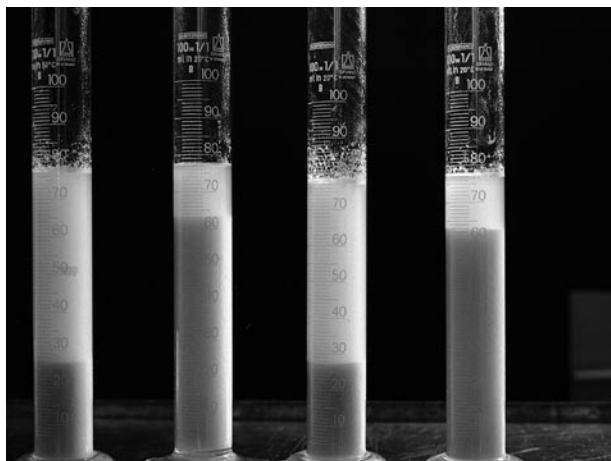
stem eine reduzierte Backqualität fest. Trifft dies auch für die Schweiz zu? Reagieren die Sorten der verschiedenen Qualitätsklassen unterschiedlich auf eine erhöhte N-Düngung? Allgemein wird angenommen, dass die Qualität negativ mit dem Kornertrag korreliert ist (Grant und McCalla 1949). Wie aber entwickelt sich dieses Verhältnis, wenn die Düngermenge erhöht wird? Um diese Fragen beantworten und die Auswirkung der jeweiligen Düngermenge auf die Qualitätskriterien untersuchen zu können, hat die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW entsprechende N-Düngungsversuche durchgeführt.

### Versuchsaufbau

In den Jahren 2004 und 2005 wurden fünf Brotweizensorten (Runal, Titlis, Arina, Zinal und Arolla im Jahre 2004; Runal, Arina, Zinal, Pegassos und der Futterweizen Drifter im Jahre 2005) mit unterschiedlicher Stickstoffzufuhr angebaut. Die selben Verfahren wurden 2006 bei sechs

Sorten angewandt (Sorten des Jahrs 2005 und zusätzlich der Futterweizen Tapidor). Die zu düngende Stickstoffmenge wurde mittels Methode der korrigierten Normen (Schätzmethode) aufgrund der Düngungs-Grunddaten errechnet (Ryser *et al.* 2001). Im Jahre 2004 wurden vier N-Düngungsstufen angewandt: die Norm, die Norm minus 40 N-Einheiten, die Norm plus 40 N-Einheiten und die Norm plus 80 N-Einheiten. In den Jahren 2005 und 2006 wurden die N-Düngungsstufen um eine Kontrollstufe ohne N-Düngung erweitert. Die durchschnittliche Stickstoffgabe lag über die drei Versuchsjahre bei 0 kg N/ha, 65 kg N/ha, 105 kg N/ha, 145 kg N/ha und 185 kg N/ha. Die Düngung erfolgte in Form von Ammoniumsalpeter (27,5 % N), in 2-3 Gaben, und zwar bei Vegetationsbeginn, im 1-Knoten-Stadium und beim Schieben des Fahnenblatts. Die Verfahren wurden in randomisierten Blöcken, mit vier Wiederholungen, in Changins (420 m, VD) und Goumoëns-la-Ville (600 m, VD) angelegt.

Die Weizenqualität wurde anhand des Bewertungsschema 90 (Saurer *et al.* 1991) beurteilt. Dieses Schema beruht auf der Bewertung von zwölf Laboruntersuchungen und neun Brotbackkriterien. Unsere Beurteilung stützt sich auf acht der zwölf Laboruntersuchungen, die im Detail von Kleijer (2002) beschrieben wurden. Der Sedimentationswert nach Zeleny (ICC-Standard, 1999, Nr. 116/118) gibt Aufschluss über die Proteinqualität, d.h. die Triebfähigkeit



der Proteine in einer milchsäuren Umgebung. Das Farinogramm Brabender (ICC-Standard, 1999, Nr. 115) ermöglicht die Messung der optimalen Wasserabsorption eines Mehls [%], die Bewertung der Teigstabilität bei der Knetung [Min.] und schliesslich die Bestimmung des Teigkonsistenzabfalls [Brabender-Einheiten, BE]. Das Extensogramm (Brabender) misst den Dehnwiderstand oder die Teigstärke, die mit dem Brotvolumen im hohem Masse korreliert ist [Kurzextensogrammmzahl, KEZ].

Das Extensogramm misst ebenfalls die Dehnbarkeit des Teigs, ausgedrückt durch das Verhältnis zwischen Dehnwiderstand und Dehnbarkeit [DW/DB]. Bei den hier vorgestellten Versuchen fand diese Untersuchung mit der herkömmlichen Extensogramm-Methode (ICC-Standard, 1999, Nr. 114) statt. Allerdings wurde der Teig nicht nach 135 Minuten gedehnt (verwendete Ruhezeit für das Schema 90), sondern

nach 10 Minuten. Aus diesem Grund wird diese Untersuchung Kurzextensogramm genannt. Gemäss Brümmer (1980, unveröffentlichte Ergebnisse), sind die Ergebnisse des herkömmlichen Extensogramms stark mit jenen des Kurzextensogramms korreliert. Das Amylogramm (Brabender) gibt die Teigviskosität (maximale Verkleisterung [BE]) an. Diese Eigenschaft ist beim Brotbackprozess wichtig, prägt sie doch die Produktefrische und Krumenstruktur.

Es wurden zudem folgende Messungen durchgeführt: Festlegung der Kornhärte (tiefe Werte entsprechen einem härteren Korn) und des Proteingehalts [%] mittels Nah-Infrarot-Analyse (NIRS), des Hektolitergewichts (HLG) [kg/hl] mittels Standard-Apparat Dickey John und des Tausendkorngewichts (TKG). Bei einigen Proben der Ernte 2006 fanden zusätzliche Untersuchungen statt, um die Kenntnisse bezüglich des

Einflusses der N-Düngung auf den Stickstoffgehalt (N gemäss Kjeldahl) im Korn und im Stroh zu vertiefen.

Die Laboruntersuchungen fanden pro Verfahren und Versuchsstandort, an einer Mischprobe der vier Wiederholungen statt. Die erzielten Ergebnisse wurden gemäss «Bewertungsschema 90» (Saurer *et al.* 1991) in Punkte umgewandelt. Die Parameter des Kurzextensogramms wurden gemäss einer zusätzlichen, von Saurer erstellten Tabelle (unveröffentlicht) bewertet.

### Qualität in Abhängigkeit der N-Düngung

Während zwei Jahren wurden an zwei Versuchsstandorten fünf Sorten (Runal, Arina, Zinal, Pegassos und Drifter) mit unterschiedlicher Stickstoffzufuhr angebaut. Zahlreiche Wirkungen sind statistisch signifikant (Tab. 1). Bei den meisten untersuchten Kriterien reagieren die Sorten in gleicher Wei-

**Tab. 1. Zusammenfassung der rheologischen Analysen und agronomischen Werte der fünf Sorten, die während zwei Jahren bei fünf Stickstoffdüngungsstufen getestet wurden.**

		Farinogramm			Amylo.	Extensogramm		Zeleny	Korntrag 15% H <sub>2</sub> O [dt/ha]	Ausbeute [%]	Tausendkorngewicht [g]	Hektolitergewicht [kg/hl]	Proteine NIRS [%]	Kornhärte	
		Wasseraufnahme [%]	Teigstabilität [min.]	Konsistenzabfall [BE]	Max. Verkleisterung [BE]	Dehnwiderstand [KEZ]	Dehnwiderstand / Dehnbarkeit [DW/DB]								
Faktor Sorte	Runal	66,4	4,4	110	975	92,1	3,9	63,1	63,6	1,7	46,2	82,9	13,7	19,0	
	Arina	64,0	3,3	120	879	80,4	3,1	56,9	64,0	2,8	43,1	83,3	13,4	20,6	
	Zinal	63,0	2,8	128	786	78,4	3,4	53,1	69,3	2,3	44,7	83,2	12,5	22,5	
	Pegassos	60,2	2,2	150	564	70,8	2,8	45,2	73,6	2,2	48,3	81,0	11,6	26,3	
	Drifter	60,2	2,5	132	1215	56,4	2,0	36,7	76,0	2,6	44,0	79,7	11,6	24,2	
	Sign.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**
	KGD 95 %	1,1	0,4	5,8	94,6	4,3	0,3	3,0	3,3	0,7	0,9	0,6	0,4	1,5	
	KGD 99 %	1,5	0,5	7,6	125,5	5,7	0,4	4,0	4,4	0,9	1,1	0,7	0,5	2,0	
Faktor N-Düngungsstufe	0 kgN / ha	59,9	1,9	155	798	58,8	2,4	40,1	56,7	2,3	45,5	81,2	10,9	26,0	
	65 kgN / ha	62,1	2,3	142	849	67,1	2,7	45,3	68,0	2,0	45,9	81,4	11,4	24,6	
	105 kgN / ha	62,8	2,9	129	893	74,5	3,1	50,0	72,7	2,1	45,8	81,7	12,5	22,1	
	145 kgN / ha	63,8	3,5	118	915	81,7	3,3	54,3	75,7	2,5	45,9	81,8	13,1	21,8	
	185 kgN / ha	63,4	4,1	107	969	90,0	3,8	57,9	80,1	2,2	45,8	82,3	13,9	20,5	
	Sign.	**	**	**	*	**	**	**	**	**	P=0,85	P=0,70	**	**	**
	KGD 95 %	1,1	0,4	5,8	94,6	4,3	0,3	3,0	3,3	0,7	0,9	0,6	0,4	1,5	
	KGD 99 %	1,5	0,5	7,6	125,5	5,7	0,4	4,0	4,4	0,9	1,1	0,7	0,5	2,0	
Wechselwirkung Sorte x Düngung		P= 0,76	**	P= 0,16	P= 0,64	*	P= 0,10	P= 0,35	P= 0,98	P= 0,84	P= 0,84	P= 0,99	P= 0,99	P= 0,26	
Variationskoeffizient [%]		2,8	20,2	7,1	17,0	9,1	16,0	9,3	7,5	46,1	3,0	1,1	4,9	10,7	

Da die Laboranalysen pro Verfahren und Standort an einer Mischprobe der vier Wiederholungen durchgeführt wurden, wurden die vier Versuche (2 Jahre x 2 Standorte) für die Varianzanalyse als Wiederholungen betrachtet. Die Sorten- und Düngungswirkung ist für die meisten der beobachteten Kriterien signifikant. \* signifikant bei 95% \*\* signifikant bei 99%

**Tab. 2. Biomasse und Stickstoffgehalt von Korn und Stroh der Ernte 2006 (N nach Kjeldahl). Durchschnittswerte beider Versuche (1 Jahr x 2 Standorte)**

Faktor		Stroh		Korn		
		Biomasse	N	Biomasse	N	N/Tausend-
		[dt./ha]	[% TM]	[dt./ha]	[% TM]	korn [g]
Runal		62,0	0,40	68,7	2,28	1,08
Sorte	Arina	72,8	0,32	68,9	2,20	0,97
	Zinal	62,3	0,35	74,7	2,11	0,95
	Pegassos	64,7	0,33	79,8	1,99	1,00
	Drifter	60,5	0,30	81,4	1,97	0,85
	Tapidor	58,4	0,34	92,1	1,74	0,78
Faktor N-Düngungsstufe	0 kgN / ha	53,0	0,27	66,7	1,75	0,81
	75 kgN / ha	59,7	0,29	75,3	1,88	0,87
	115 kgN / ha	64,6	0,34	79,9	2,06	0,94
	155 kgN / ha	69,2	0,38	81,5	2,24	1,02
	195 kgN / ha	70,5	0,43	84,6	2,31	1,05

Die Analysen wurden pro Verfahren und Standort an einer Mischprobe der vier Wiederholungen durchgeführt.

se auf die N-Düngung (nicht signifikante Wechselwirkung). Die Stickstoffdüngung steigert den Proteingehalt (NIRS), die Proteinqualität (Zeleny) und die Kornhärte in signifikanter Weise. Etwas weniger ausgeprägt ist das Ergebnis beim Hektolitergewicht (Tab. 1). Der positive Einfluss der N-Düngung auf den Proteingehalt wurde bereits von zahlreichen Wissenschaftlern bestätigt (Johansson *et al.* 2001; Lebrun *et al.* 2001; Daniel *et al.* 2001; Scheromm *et al.* 1992; Daniel 1999). In der vorliegenden Arbeit konnte keinerlei Auswirkung auf das Tausendkorngewicht nachgewiesen werden. Die im Jahre 2006 durchgeführten Un-

tersuchungen zeigen, dass die erhöhte N-Düngung einen positiven Einfluss auf den Stickstoffgehalt im Stroh und im Korn (Tab. 2) hat. McDonald (1992) kam beim Korn zu den gleichen Ergebnissen. Unabhängig von der Sorte nahm ausserdem mit zunehmender N-Düngung der Proteingehalt pro Korn zu.

Mit welchem Dünger wird die beste **Wasserabsorption** der Mehle erreicht? Die Wasserabsorption der verschiedenen Verfahren wurde gemäss «Bewertungsschema 90» beurteilt und anschliessend aufgrund einer Ranganalyse (Abb. 1) ausgewertet. Die tiefsten Düngungen führten zu den schlechtesten Wasserabsorp-

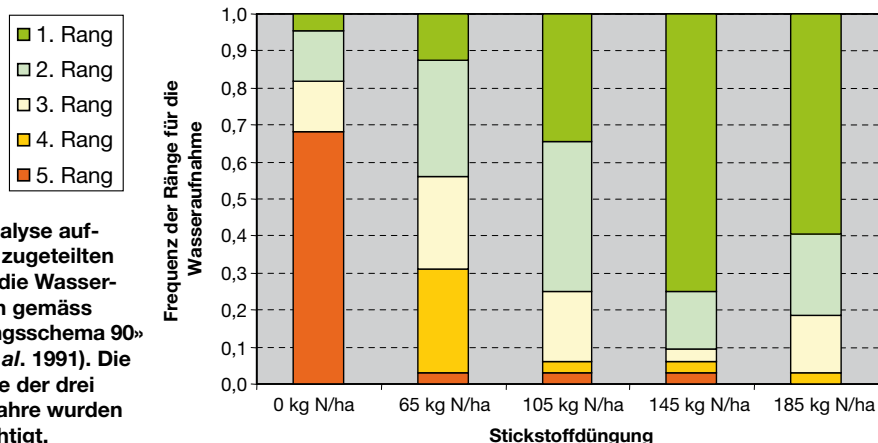
tionsergebnissen. Mit einer Düngung von 145 N-Einheiten pro ha liegen die Verfahren in über 90 % der Fälle auf Platz 1 und 2.

Die Auswertung der Untersuchungen bezüglich **Teigstabilität** der drei, über die drei Versuchsjahre angebauten Sorten der Qualitätsklassen I und Top (Runal, Arina und Zinal), Tabelle 3, zeigt, dass die backfähigen Sorten mit zunehmender N-Düngung ähnlich reagieren. Diese Wirkung wird in Abbildung 2 deutlich, welche das Verhalten der fünf getesteten backfähigen Sorten veranschaulicht. Berücksichtigt man auch die nicht backfähigen Sorten (Pegassos und Drifter) während den zwei gemeinsamen Versuchsjahren (Tab. 1), so stellt man bei diesem Kriterium des Farinogramms eine Wechselwirkung zwischen Sorte und N-Düngung fest. Der **Konsistenzabfall** des Teigs wird durch die Sorte und N-Düngung stark beeinflusst (Tab. 1).

Für eine **maximale Verkleisterung** (Messung mittels Amylogramm) wird vom Bäcker ein optimales Gleichgewicht erwünscht. Zu tiefe Werte können kaum ausgeglichen werden, und eine zu starke Verkleisterung muss mit einer Malzzugabe korrigiert werden. Mit seinen extrem hohen Ergebnissen verhält sich Drifter (Futterklasse) anders als die übrigen Sorten (Tab. 1). Die N-Düngung führte tendenziell zu einer Erhöhung der maximalen Verkleisterung. Die mit den niedrigeren Stickstoffstufen erzielten maximalen Verkleisterungswerte waren jedoch bereits sehr hoch.

Der **Dehnwiderstand** des Teigs oder seine Reissfestigkeit, die mit dem Extensograph gemessen wird, ist stark sortenabhängig. Der Dehnwiderstand nimmt mit erhöhter Stickstoffzugabe zu. Nicht alle Sorten verhalten sich aber bezüglich diesem Kriteri-

**Wasseraufnahme für die verschiedenen Stickstoffdüngungen**



**Abb. 1. Analyse aufgrund der zugeteilten Noten für die Wasserabsorption gemäss «Bewertungsschema 90» (Saurer *et al.* 1991). Die Ergebnisse der drei Versuchsjahre wurden berücksichtigt.**

**Tab. 3. Zusammenfassung der rheologischen Analysen und agronomischen Werte der drei Sorten, die während drei Jahren bei vier Stickstoffdüngungsstufen getestet wurden**

		Farinogramm			Amylo.	Extensogramm		Zeleny	Korntrag 15% H <sub>2</sub> O [dt/ha]	Ausbeute [%]	Tausendkorngewicht [g]	Hektolitergewicht [kg/hl]	Proteine NIRS [%]	Kornhärte
		Wasseraufnahme [%]	Teigstabilität [min.]	Konsistenzabfall [BE]	Max. Verkleisterung [BE]	Dehnwiderstand [KEZ]	Dehnwiderstand/Dehnbarkeit [DW/DB]							
Faktor Sorte	Runal	66,0	4,8	95	947	95,8	4,3	64,7	66,2	1,9	48,0	82,9	14,0	18,1
	Arina	63,4	3,5	110	804	84,8	3,0	58,5	68,4	2,3	44,5	83,6	13,8	19,6
	Zinal	62,4	2,8	117	732	83,0	3,5	51,9	73,1	2,4	45,9	83,3	12,6	20,8
	Sign.	**	**	**	*	**	**	**	**	P = 0,33	**	P = 0,34	**	P = 0,09
	KSD 95 %	1,9	0,7	12,7	194,6	4,0	0,4	4,9	4,3	0,8	1,4	1,1	0,7	2,6
	KSD 99 %	2,5	1,0	17,0	259,1	5,3	0,5	6,5	5,7	1,1	1,9	1,5	0,9	3,5
Faktor N-Düngungsstufe	65 kgN / ha	63,1	2,6	125	746	79,3	3,2	50,8	62,6	2,1	45,6	82,9	12,2	22,4
	105 kgN / ha	63,7	3,3	114	825	84,1	3,5	54,9	67,9	2,0	45,9	83,2	13,1	20,0
	145 kgN / ha	64,5	4,0	98	849	91,5	3,7	61,8	71,6	2,4	46,3	83,4	14,0	18,0
	185 kgN / ha	64,5	4,8	92	892	96,6	4,0	65,8	74,7	2,3	46,7	83,6	14,6	17,5
	Sign.	P = 0,36	**	**	P = 0,51	**	**	**	**	P = 0,83	P = 0,45	P = 0,59	**	**
	KSD 95 %	1,7	0,6	11,0	168,6	3,4	0,3	4,2	3,7	0,7	1,3	1,0	0,6	2,2
	KSD 99 %	2,2	0,8	14,7	224,4	4,6	0,4	5,6	5,0	0,9	1,7	1,3	0,8	3,0
Wechselwirkung Sorte x Düngung		P = 0,93	P = 0,22	P = 0,96	P = 1,00	*	*	P = 0,61	P = 0,97	P = 0,54	P = 1,00	P = 1,00	P = 0,99	P = 0,55
Variationskoeffizient [%]		4,47	29,83	17,79	35,2	6,78	15,3	12,55	9,29	56,07	4,69	2,01	7,59	19,91

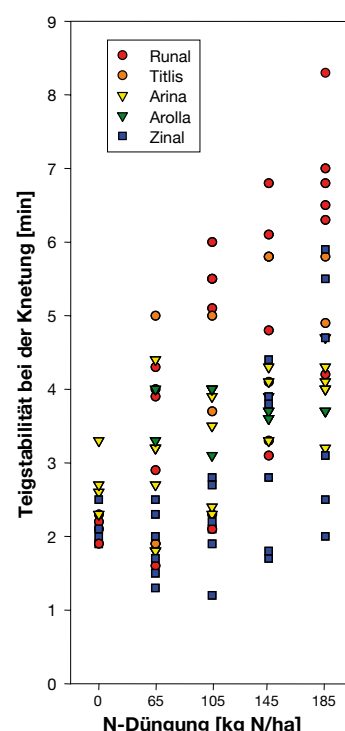
Da die Laboranalysen pro Verfahren und Standort an einer Mischprobe der vier Wiederholungen durchgeführt wurden, wurden die sechs Versuche (3 Jahre x 2 Standorte) für die Varianzanalyse als Wiederholungen betrachtet. Die Sorten- und Düngungswirkung ist für die meisten der beobachteten Kriterien signifikant. \* signifikant bei 95 % \*\* signifikant bei 99 %

um gleich (Tab. 1). Diese Wechselwirkung bestätigt sich mit der Auswertung der Ergebnisse der drei, in den drei Versuchsjahren beobachteten Sorten (Tab. 3). Es hat sich herausgestellt, dass das Verhältnis zwischen **Dehnwiderstand und Dehnbarkeit** (DW/DB) stark sortenabhängig ist und sich mit erhöhter N-Düngung verbessert. Je nach Jahr und berücksichtigten Sorten können Wechselwirkungen beobachtet werden. Zudem stellen wir auch fest, dass die Tabelle von Saurer für dieses Kriterium des Kurzextensogramms (unveröffentlichte Tabelle) die Höchstnote für ein DW/DB von 2,4 vorsieht. In unserem Versuch erreichten bereits die Verfahren ohne N-Düngung im Schnitt ein DW/DB von 2,4. Bei 185 N-Einheiten erreichten die Sorten durchschnittlich ein DW/DB von bis zu 3,8 (Tab. 1). Haben die Sorten ohne Stickstoffdüngung wirklich bereits die optimalen Werte für ihre Backfähigkeit erreicht? Verbessert eine erhöhte N-Düngung somit die Backfähigkeit nicht mehr? Sollte der optimale Wert zwischen Dehnwiderstand und

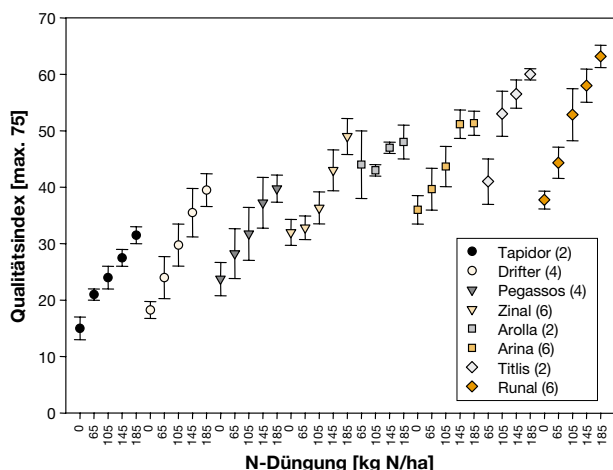
Dehnbarkeit höher liegen, so könnte die Tabelle von Saurer bezüglich dieser Eigenschaft des Kurzextensogramms im Sinne einer besseren Differenzierung nach oben angepasst werden.

Der **Qualitätsindex** in Abbildung 3 fasst alle getesteten und anerkannten Qualitätskriterien in einem gewichteten Gesamtwert zusammen. Wie Johansson und Svensson (1999), konnten wir nicht nur den Sorteneinfluss, sondern auch den positiven Einfluss der N-Düngung feststellen. Baresel *et al.* (2005) haben bei 70 Genotypen die Auswirkung der Stickstoffdüngung auf andere Qualitätskriterien erforscht. Diese Ergebnisse bestätigen die beobachteten Tendenzen, wonach sich das Brotvolumen, die Fallzahl und der Kleber mit zunehmender Stickstoffdüngung signifikant erhöhen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Beobachtungen von Verga *et al.* (2003) in Kroatien auch für die Schweiz gelten: Ein intensiveres Produktionssystem steigert die Backqualität. Der Qualitätsgrenzwert des Produzenten nimmt

hingegen mit jeder zusätzlichen N-Stufe ab. Seit langem ist erwiesen, dass Ertrag und Proteingehalt des Korn negativ korreliert sind (Waldon, 1933; Grant und McCalla, 1949; Stuber *et al.* 1962). Wie aber verhalten sich die anderen Qualitätskriterien? Welches ist die Auswirkung des Stickstoffdüngungsstufe auf



**Abb. 2. Knetstabilität der backfähigen Sorten (Qualitätsklasse I und Top), die in den Jahren 2004, 2005 und 2006 getestet und bei unterschiedlichen Stickstoffdüngungsstufen angebaut wurden.**



**Abb. 3. Qualitätsbewertung der Winterweizen pro Sorte und Stickstoffdüngungsstufe. Globaler Index nach Saurer für alle getesteten Sorten. Durchschnitt mehrerer Versuche (Jahre x Orte) mit Standard-Fehler (Anzahl Versuche in Klammern).**

dieses Verhältnis? In unserer Studie, welche eine sehr hohe Anzahl Kriterien berücksichtigt, schneiden Verfahren mit hoher N-Düngung bezüglich Qualität und Ertrag gut ab. In Abbildung 4 wird ersichtlich, dass der Durchschnitt **der Erträge und der Qualitätsindexe** (schwarze Punkte) mit steigender Stickstoffdüngungsstufe verbessert wird: Der Durchschnitt verschiebt sich nach oben und nach rechts. Dennoch ist die beobachtete Verbesserung immer weniger ausgeprägt. Die Qualitäts- und Ertragshöchstwerte scheinen mit der höchsten Düngungsstufe (185 kg N/ha) nicht

erreicht zu sein. Was den Grenzertrag betrifft, so nimmt er kontinuierlich ab.

McDonald (1992) führte im Süden Australiens ähnliche Versuche durch. Nur gerade an drei von zehn Versuchsstandorten führte eine erhöhte Stickstoffdüngung zu einer signifikanten Zunahme des Kornertrags. Diese Versuche zeigen, dass der Ertrag bei üblichen Bedingungen durch andere Faktoren begrenzt werden kann. Manchmal nahm der Ertrag sogar mit der höchsten N-Zufuhr ab. Maidl und Heer (2005) führten in Deutschland Versuche mit fünf unterschiedlichen Stickstoffdüngungsstufen von 0 bis 250 kg N/ha durch. Die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre (2003 und 2004) waren vergleichbar, und der höchste Kornertrag wurde bei einer N-Düngung von 190 kg N/ha erreicht.

Unsere Ergebnisse zeigen zudem (Abb. 4), dass die erhöhten Stickstoffgaben das negative Verhältnis zwischen Qualität und Ertrag verstärken. Die Regressionsgerade neigt sich mit steigender

Stickstoffgabe und weicht ab 185 N/ha signifikant von 0 ab. Zudem stellt man fest, dass die Ertragschwankungen ohne Stickstoffgaben höher sind als mit hohen N-Gaben. Der Kornertrag der Kontrollstufe ohne Düngung ist demzufolge mehr zufallsbedingt. Bei der Qualität verhält es sich anders: Die Variabilität wird kaum durch die Düngungsintensität beeinflusst.

### Schlussfolgerungen

- Qualität und Kornertrag nehmen mit erhöhter Stickstoffdüngung zu.

- Der Grenzertrag von Qualität und Kornertrag nimmt mit jeder zusätzlichen N-Stufe ab.

- Höhere Stickstoffdüngungen verstärken das negative Verhältnis zwischen Qualität und Ertrag, das heißt, bei hohen N-Gaben setzen die Pflanzen die Nährstoffe entweder in Qualität oder in Kornertrag um, nicht aber beides gleichzeitig (und in gleichem Masse).

- Die Sorten verschiedener Qualitätsklassen reagieren in gleicher Weise auf die erhöhte N-Düngung (keine Wechselwirkungen Sorte x N-Düngung bei den meisten Qualitätskriterien).

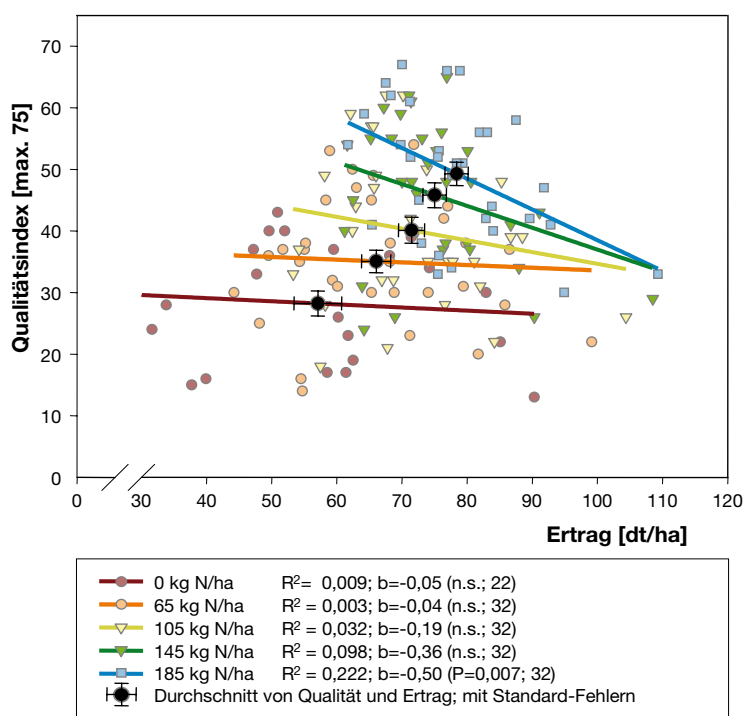
### Literatur

- Baresel J. P., Reents H. J. & Zimmermann G., 2005. Einfluss des Genotyps und der Stickstoffversorgung auf die Backqualität und die Zusammensetzung der Kleberproteine bei Winterweizen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 17, 371-371.

- Brümmer J.-M., 1980. Vergleich konvent. Extensogramm-Kurzextensogramm. Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Detmold (unveröffentlicht).

- Daniel C., 1999. Effets des facteurs du milieu sur la teneur et la composition des protéines de réserve du blé (*Triticum aestivum* L.) en relation avec la valeur d'utilisation. Thèse de doctorat Université Blaise Pascal (F).

**Abb. 4. Beziehung zwischen Qualität und Ertrag bei den verschiedenen Stickstoffdüngungsstufen, unter Einbezug aller Sorten. Das Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) pro Stickstoffdüngungsstufe sowie die Neigung der Regressionsgerade ( $b$ ) sind in der Legende aufgeführt. In Klammern wird näher umschrieben, ob «b» signifikant von Null abweicht und die Anzahl zugrunde liegenden Beobachtungen. Für jede Stickstoffdüngungsstufe ist der Durchschnittswert von Qualitätsindex und Ertrag mit einem schwarzen Kreis und den Standard-Fehlern angegeben.**



- Daniel C., Tribouï E. & Bar-L'Helgouac'h C., 2001. Accumulation et composition des protéines du blé tendre: les protéines sont fortement contrôlées par le milieu. *Perspectives Agricoles* **267**, 14-20.
- Grant M. N. & McCalla A. G., 1949. Yield and protein content of wheat and barley. I. Interrelations of yields and protein content of random selections from single crosses. *Canad. J. Res. (Scet. C)* **27**, 230-240.
- ICC-Standards, 1999. Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC), ICC, Vienna.
- Johansson E., Prieto-Linde M. L. & Jönsson J.Ö., 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry* **78**, 19-25.
- Johansson E. & Svensson G., 1999. Influences of yearly weather variation and fertilizer rate on breadmaking quality in Swedish grown wheats containing HMW glutenin subunits 2 + 12 or 5 + 10 cultivated during the period 1990-96. *Journal of agricultural Science* **132**, 13-22.
- Kleijer G., 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. *Revue suisse Agric.* **34**, 253-259.
- Lebrun D., Bar-L'Helgouac'h C., Salvo L. & Dubois M., 2001. Fertilisation azotée: quelles conséquences sur la qualité des protéines du blé tendre? *Perspectives Agricoles* **266**, 20-25.
- Maidl F.-X. & Heer W., 2005. Einfluss der N-Düngerform auf dessen Verwertung durch Weizen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **17**, 223-224.
- McDonald G. K., 1992. Effects of nitrogenous fertilizer on the growth, grain yield and grain protein concentration of wheat. *Aus. J. Agric. Res.* **43**, 949-967.
- Ryser J.-P., Walther U. & Flisch R., 2001. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse Agric.* **33**, 30-35.
- Saurer W., Achermann J., Tièche D., Rudin P. M. & Mändli K., 1991. Das Bewertungsschema 90 für die Qualitätsbeurteilung von Weizenzüchtungen. *Landwirtschaft Schweiz* **4**, 55-57.
- Scheromm P., Martin G., Bergoin A. & Aufran J.-C., 1992. Influence of nitrogen fertilization on the potential bread-baking quality of two wheat cultivars differing in their responses to increasing nitrogen supplies. *Cereal Chemistry* **69**, 664-670.
- Stuber C. W., Johnson V. A. & Schmidt J. W., 1962. Grain protein content and its relationship to other plant and seed characters in the parents and progeny of a cross of *Triticum aestivum*. *Crop Sci.* **2**, 502-508.
- Varga B., Svecnjak Z., Jurkovic Z., Kovacevic J. & Jukic Z., 2003. Wheat grain and flour quality as affected by cropping intensity. *Food Tech. and Biotech.* **41**, 321-329.
- Waldon L. R., 1933. Yield and protein content of hard red spring wheat under conditions of high temperature and low moisture. *J. Agric. Res.* **47**, 129-149.

## RÉSUMÉ

### Influence de la fumure azotée sur la qualité des céréales panifiables

Une étude sur trois ans a été conduite dans deux lieux d'essais pour étudier l'influence d'une fumure azotée croissante sur les critères de qualité du blé. Des variétés de différentes classes de qualité ont été étudiées. La plupart des critères de qualité ont réagi positivement à une dose de fumure azotée croissante. Le rendement, de même que la teneur et la qualité des protéines ont augmenté tout comme la dureté du grain. La quantité de matière azotée par grain, mais aussi dans les pailles, était plus importante dans les variantes à fumure azotée plus élevée. La stabilité de la pâte au pétrissage a augmenté et la perte de la consistance a diminué. L'absorption en eau était optimale à environ 145 unités d'azote. La fumure azotée a eu tendance à augmenter la gélatinisation maximale ainsi que la ténacité et le rapport entre ténacité et extensibilité de la pâte. Dans la plupart des cas, les variétés, même de différentes classes de qualité, ont réagi de la même façon à l'augmentation de la fumure azotée. La variété détermine fondamentalement l'indice de qualité, mais la fumure azotée influence positivement ses différents critères. Le gain marginal de qualité et rendement en grains a diminué avec chaque apport d'azote supplémentaire.

## SUMMARY

### Influence of nitrogen fertilisation on baking cereals quality

A three years study was carried out in two experimental sites to analyse the influence of increasing nitrogen fertilisation on baking quality parameters of wheat. Varieties of various quality levels were studied. An increasing nitrogen fertilisation had a positive impact on the majority of the quality parameters. Yield, protein content and quality increased, as well as grain hardness. The nitrogen content per grain, but also in the straw, was more important with the higher nitrogen applications. Dough stability to kneading increased and loss of consistency decreased. Water absorption was optimal at approximately 145 units of nitrogen.

The nitrogen fertilisation tended to increase maximal gelatinisation as well as tenacity and the relationship between tenacity and extensibility of the dough. Varieties of diverse quality levels mostly reacted the same way. The variety determines the quality index, but the nitrogen fertilisation influences positively its various components. The marginal profit of quality and yield in grains decreased with each additional nitrogen contribution.

**Key words:** wheat, baking quality, rheological analyses, nitrogen fertilisation, yield.