



Triticale mit verbesserter Stickstoffeffizienz für den ökologischen Landbau

Erstellt von:

Universität Hohenheim
Landessatzuchtanstalt (720)
Fruwirthstrasse 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-22689, Fax: +49 711 459-23841
E-Mail: LSA@uni-hohenheim.de
Internet: <http://www.uni-hohenheim.de/>

Gefördert vom Bundesministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.





Schlussbericht

Triticale mit verbesserter Stickstoffeffizienz für den Ökologischen Landbau

Förderkennzeichen: 03OE617
Aktenzeichen: 514-43.10/03OE617
Laufzeit des Vorhabens: 01.3.2004 - 31.12.2006
Berichtszeitraum: 01.3.2004 - 31.12.2006

Projektleiterin: Dr. Elisabeth Thiemt

Gliederung

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes
 - 1.1 Planung und Ablauf des Projektes
 - 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde
2. Material und Methoden
3. Ergebnisse
 - 3.1 Darstellung der wichtigsten Ergebnisse
 - 3.1.1 Entwicklung von Triticalemateriale mit spezieller Anpassung an unterschiedliche N-Versorgung (Teilprojekt A)
 - 3.1.2 Untersuchungen zur Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz (Teilprojekt B)
 - 3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse
4. Zusammenfassung
5. Gegenüberstellung der ursprünglichen geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen
6. Literatur

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Strategien zu erarbeiten, um die Stickstoff(N)effizienz bei Triticale züchterisch zu verbessern. Die niedrige N-Versorgung im Ökologischen Landbau kann als eines der Kernprobleme angesehen werden, denn Stickstoff stellt einen der bedeutendsten ertragslimitierenden Faktoren dar und ist zudem ein essentieller Baustein für Proteine. Eine gezielte Züchtung von Triticalesorten, welche den zur Verfügung stehenden Stickstoff effizienter nutzen, kann daher einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Produktivität des Ökologischen Landbaus leisten und die Proteinversorgung verbessern. Unter N-Effizienz wird im Folgenden die Fähigkeit eines Genotyps verstanden, bei geringem N-Angebot einen überdurchschnittlichen Kornertrag zu erzielen (Sattelmacher *et al.*, 1994).

Im Rahmen des Projektes sollten quantitativ-genetische Parameter geschätzt werden. Auf dieser Basis sollten Aussagen über eine geeignete Zuchtstrategie zur Verbesserung der N-Effizienz von Triticale getroffen werden. Dabei sollte den Besonderheiten des ökologischen Anbaus Rechnung getragen werden. Dazu wurde aktuelles Triticalemateriale und im Rahmen des Projektes entwickeltes spaltendes Material in mehrortigen Feldversuchen geprüft (Teilprojekt A). Weiterhin sollte untersucht werden, welche Bedeutung die Komponenten der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz für den Gesamtkomplex N-Effizienz haben. Der zu untersuchende Materialsatz enthielt neben Triticale auch Weizen- und Roggengenotypen, um zu überprüfen, inwiefern die bei Triticale gewonnenen Erkenntnisse auf diese beiden Getreidearten übertragbar sind (Teilprojekt B).

Das Vorhaben bezieht sich auf das Programm des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im Ökologischen Landbau für den Bereich Pflanzenzüchtung, Bekanntmachung Nr. 12/03/51 vom 17. Juni 2003.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Eine Übersicht über die Planung und den Ablauf des Projektes ist in Tabelle 1 dargestellt. Alle Arbeiten konnten plangemäß durchgeführt werden.

Tab. 1: Zeitplan des Projektes

	Jahr 2004				Jahr 2005				Jahr 2006			
	Quartal I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Teilprojekt A												
Auswahl der Eltern und Erstellung der F ₁ im Gewächshaus	■											
Erstellung der F ₂ im Gewächshaus		■	■									
Isolierter Anbau der F ₂ im Feld zur Produktion von Saatgut für Anbau 2004/05				■	■	■	■					
Beobachtungsanbau unter ökologischen Anbaubedingungen zur Verifizierung der bisherigen Ergebnisse zur Elternwahl (A1), 64 Genotypen, 2 Wdh., 2 N-Stufen, 2 Orte	■	■	■	■								
Prüfung von je 50 F _{2,3} -Teilrassen von jeweils 9 Kreuzungen zusammen mit den Eltern (A2), 540 Genotypen, 2 Wdh., 2 N-Stufen, 2 Orte								■	■	■	■	
Teilprojekt B												
Untersuchung der Bedeutung von N-Aufnahme und N-Verwertung (Triticale, Roggen, Weizen), 54 Genotypen, 2 Wdh., 2 N-Stufen, 2 Orte, 2 Erntetermine				■	■	■	■					
Teilprojekte A und B												
Aufarbeitung des Erntematerials, Reinigen, Vermahlen, Bestimmung der Qualitätsmerkmale, N-Analysen			■	■			■	■			■	■
Datenauswertung und Berichte						■				■		■

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Triticale wurde mit dem Ziel entwickelt, die positiven Eigenschaften seiner Eltern zu kombinieren, und zwar die Kornqualität und Ertragsfähigkeit des Weizens mit der Anspruchslosigkeit des Roggens. Diese Getreideart vereint einen hohen Eiweißgehalt, eine hohe biologische Eiweißwertigkeit sowie einen hohen Ertrag mit relativ geringen Ansprüchen und guter Unkrautkonkurrenzkraft. Für den Ökologischen Landbau ist Triticale deshalb sehr gut geeignet. Durch den zunehmenden Bedarf an Futtergetreide wird die Bedeutung von Triticale im Ökologischen Landbau in Zukunft noch steigen (BLE, 2003). Ein wesentlicher Unterschied zwischen ökologischem und konventionellem Landbau besteht in dem Verzicht auf mineralische Stickstoffdünger. Im Ökologischen Landbau ist die Zufuhr von Stickstoff auf innerbetrieblich erzeugte organische Dünger beschränkt. Die N-Verfügbarkeit wird durch Fruchtfolgegestaltung und Vorfruchtwirkung beeinflusst, die je nach Standort und Betrieb stark variieren können. Die niedrige N-Versorgung im Ökologischen Landbau kann als eines der Kernprobleme angesehen werden, denn Stickstoff stellt einen der bedeutendsten ertragslimitierenden Faktoren dar und ist zudem ein essentieller Baustein für Proteine. Neben einem geringeren Ertragsniveau erreicht Triticale im Ökologischen Anbau geringere Rohproteingehalte als im konventionellem Anbau (Wlcek & Zollitsch, 2003).

Eine erste Voraussetzung für die Züchtung auf verbesserte N-Effizienz ist das Vorhandensein von genetischer Variation. In Untersuchungen, die an der Landessaatzuchtanstalt an einem unselektierten Materialsatz durchgeführt wurden, konnte gezeigt werden, dass für Wintertriticale genetische Variation vorhanden ist (Oettler, 1996). Untersuchungen an Weizen und Roggen liegen von Schinkel(1991) bzw. Hartmann (1997) vor. Als nächsten Schritt gilt es zu prüfen, welche Zuchtstrategie für die Verbesserung der N-Effizienz bei Triticale am besten geeignet wäre. Es sind drei Handlungsalternativen denkbar: Die indirekte Verbesserung (Auslese erfolgt nur auf der hohen N-Stufe), die kombinierte Verbesserung (Auslese basiert auf einem Index der gewichteten mittleren Leistung auf der niedrigen und der hohen N-Stufe) oder die Auftrennung in zwei Zuchtprogramme (Harrer & Utz, 1990; Atlin *et al.*, 2000).

Umfangreiche Untersuchungen zur Verbesserung der N-Effizienz liegen für Mais an europäischem (Landbeck, 1995; Presterl, 1996; Thiemt, 2002) und tropischem Material (Bänziger *et al.*, 1997; Lafitte & Edmeades, 1994) vor. Diese Arbeiten zeigen, dass es möglich ist Material zu entwickeln, welches den zur Verfügung stehenden Stickstoff effizienter umsetzt. Hinsichtlich der Konzeption eines Zuchtprogramms kann abgeleitet werden, dass schon in frühen Generationen (ab F₃) Leistungsprüfungen unter reduzierter N-Versorgung durchgeführt werden sollten. Dabei sollte ein möglichst starker N-Mangel provoziert werden, auch wenn das Produktionspotential dieser Stressumwelt unter praxisrelevantes Niveau abfällt (Landbeck, 1995). Langfristig sind bei direkter Selektion, d.h. Auftrennung in zwei getrennte Zuchtprogramme, die höchsten Selektionserfolge zu erwarten (Landbeck, 1995; Thiemt, 2002). Die kombinierte Verbesserung kann dagegen als mittelfristige Strategie angesehen werden. Die Ergebnisse von Mais als Fremdbefruchter sind jedoch nicht uneingeschränkt auf Triticale übertragbar, der zuchtmethodisch als Selbstbefruchter behandelt wird. Daher gilt es diese Strategien für ihre Eignung bei Triticale unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Ökologischen Landbaus zu überprüfen.

Zur relativen Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz gibt es widersprüchliche Befunde. Einige Untersuchungen zeigen, dass unter N-Mangelbedingungen der N-Verwertungseffizienz eine höhere Bedeutung zu kommt (Moll *et al.*, 1982; Thiemt, 2002). In anderen Berichten wird eine verbesserte N-Effizienz bei geringer N-Versorgung auf eine erhöhte N-Aufnahme zurückgeführt (Ortiz-Monasterio *et al.*, 1997; Maidl *et al.*, 2000; Presterl *et al.*, 2002). Die N-Aufnahmeeffizienz ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen dem N-Ertrag der oberirdischen Pflanzenteile und dem pflanzenverfügbaren Stickstoff im Boden. Die N-Aufnahme aus dem Boden wird nicht nur durch die chemische und räumliche Verfügbarkeit des Nährstoffs im Boden, sondern auch durch eine Vielzahl von Transportsystemen auf zellulärer Ebene reguliert (Engels & Marschner, 1995). Es sind Transportsysteme beschrieben worden, die in Abhängigkeit von der externen N-Konzentrationen aktiviert werden (Wiren von *et al.*, 1997). Das Ausmaß der N-Aufnahme ist zudem durch Wurzelaktivität und Wurzelmorphologie bedingt. Die N-Verwertungseffizienz berechnet sich aus dem Quotienten zwischen Korntrockenmasse und der N-Aufnahme und stellt ein Maß für die Fähigkeit einer Pflanze dar, mit dem aufgenommenen Stickstoff einen möglichst hohen Kornertrag zu erzielen. Die N-Verwertungseffizienz wird durch Transport-, Verteilungs- und Remobilisierungsprozesse innerhalb der Pflanze und auch auf zellulärer Ebene bestimmt. Die Hauptstickstoffquelle für den ökologischen Landbau ist die Mineralisierung leicht abbaubarer organischer Substanz, deren Verlauf während der Vegetationsperiode starken Schwankungen unterliegt. Daher wären für dieses Produktionssystem Genotypen von Vorteil, die in der Lage sind, die Gesamtmenge an mineralisiertem Stickstoff aufzunehmen. Nach Baresel *et al.* (2003) müsste insbesondere das N-Aufnahme-

vermögen vor der Blüte verbessert werden. Zur Bedeutung der N-Aufnahme und N-Verwertung bei Triticale liegen bisher keine Berichte vor.

2. Material und Methoden

Im Berichtszeitraum wurden zur Beantwortung der eingangs genannten Fragestellungen jeweils einjährige Feldexperimente durchgeführt (Tab. 2).

Tab. 2: Übersicht über die durchgeführten Experimente

Projekt		Anzahl			
		Genotypen	Orte	N-Stufen	Jahr
A1	Beobachtungsanbau	64 Triticale	2	2	2004
A2	Spaltende Generationen (F _{2:3} -Teilrasmche)	540 Triticale	2	2	2006
B	N-Aufnahme und N-Verwertung	36 Triticale	2	2	2005
		9 Weizen	2	2	2005
		9 Roggen	2	2	2005

In allen Versuchsjahren wurde an zwei Standorten geprüft, die nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaues bewirtschaftet werden (Tab. 3). Es handelt sich hierbei um die Versuchstation für Nutztierbiologie und Ökologischer Landbau der Universität Hohenheim, Kleinhohenheim und Achern-Fautenbach bei Offenburg im Oberen Rheintal. An jedem Standort wurden zwei N-Stufen angelegt. Die niedrige N-Stufe (NL) erhielt keine N-Düngung. Die hohe N-Stufe (NH) wurde mit bis zu 110 kg ertragswirksamen Stickstoff in Form eines für den ökologischen Landbau zugelassenen Düngers (Hornmehl) versorgt. Die beiden N-Stufen wurden durch einen ca. 10 m breiten Trennstreifen voneinander abgetrennt. Zur Aussaat im Herbst, zu Vegetationsbeginn im Frühjahr sowie zur Blüte und zur Vollreife wurden Bodenproben entnommen und N_{min}-Untersuchungen durchgeführt. Zur Unkrautkontrolle wurden Hacke und Striegel eingesetzt. Für alle Versuche wurde eine der Prüfgliedanzahl entsprechenden Gitteranlage gewählt mit zwei Wiederholungen je Ort und N-Stufe.

Tab. 3: Beschreibung der Versuchsstandorte und der pflanzenbaulichen Maßnahmen in den Jahren 2004-2006

	Jahr					
	2004		2005		2006	
Achern						
Höhe über NN [m]			150			
Mittlerer Jahresniederschlag [mm]			900			
Mittlere Jahrestemperatur [°C]			9,9			
Bodenart			Sandiger Lehm			
Parzellengröße [m ²]	6,25		6,25		0,50	
Aussaattermin	13.10.2003		13.10.2004		12.10.2005	
Erntetermin						
Blüte (2005)			12.05.2005			
Vollreife	26.07.2004		21.07.2005		17.-21.07.2006	
N-Düngung NH-Stufe [kg N ha ⁻¹]	68		109		110	
N _{min} 0-90 cm [kg ha ⁻¹]	<u>NL</u>	<u>NH</u>	<u>NL</u>	<u>NH</u>	<u>NL</u>	<u>NH</u>
Aussaat	120	120	59	59	40	40
Vegetationsbeginn	53	53	87	87	22	32
Blüte	14	32	18	32	14	44
Vollreife	18	29	34	45	16	32
Kleinhohenheim						
Höhe über NN [m]			450			
Mittlerer Jahresniederschlag [mm]			700			
Mittlere Jahrestemperatur [°C]			8,5			
Bodenart			Lehmboden aus pseudovergleyter Braunerde			
Parzellengröße [m ²]	7,50		7,50		0,50	
Aussaattermin	17.10.2003		13.10.2004		12.10.2005	
Erntetermin						
Blüte (2005)			25.05.2005			
Vollreife	29.07.2004		10.08.2005		24.-28.07.2006	
N-Düngung NH-Stufe [kg N ha ⁻¹]	84		111		110	
N _{min} 0-90 cm [kg ha ⁻¹]	<u>NL</u>	<u>NH</u>	<u>NL</u>	<u>NH</u>	<u>NL</u>	<u>NH</u>
Aussaat	95	95	23	70	31	39
Vegetationsbeginn	62	62	24	87	37	48
Blüte	14	11	0	21	16	14
Vollreife	24	40	33	30	31	27

Teilprojekt A:

Entwicklung von Triticaematerial mit spezieller Anpassung an unterschiedliche N-Versorgung

Zu Projektbeginn lagen Ergebnisse einer Vorstudie vor, in der ein aktuelles Triticalesortiment in einer zweiartigen Leistungsprüfung auf unterschiedlichem N-Niveau niedrig (ungedüngt) und hoch (Düngung ortsüblich) geprüft worden war. Auf Grundlage dieser Daten erfolgte die Auslese von Eltern für die Erstellung von spaltendem Material, welches im letzten Versuchsjahr geprüft wurde (Teilprojekt A2).

Zunächst erfolgte im Jahr 2004 ein Beobachtungsanbau von insgesamt 64 Triticale-Genotypen, um die Elternwahl des Vorjahres durch eine Leistungsprüfung an zwei Orten mit jeweils zwei N-Stufen zu verifizieren (Teilprojekt A1). Von den insgesamt 64 geprüften Genotypen fielen zwei wegen mangelnder Keimfähigkeit an beiden Standorten total aus.

Für die Entwicklung von Triticalemateriale mit spezieller Anpassung an unterschiedliche N-Versorgung wurden basierend auf den Ergebnissen der Vorstudie jeweils die drei besten Genotypen auf der NL-Stufe (L-Genotypen) und auf der NH-Stufe (H-Genotypen) ausgewählt. Zudem wurden Genotypen ausgesucht, die sowohl bei niedriger als auch hoher N-Versorgung überlegene Leistungen zeigten (K-Genotypen). Diese Eltern wurden zu Kreuzungen des Typs L×L, H×H und K×K kombiniert und stellen die Basis für das im Rahmen des Projektes entwickelten spaltenden Materials dar (Teilprojekt A2). Um möglichst zügig Material zu erstellen, wurden die Kreuzungen während des Winterhalbjahres (2003/2004) im Gewächshaus durchgeführt. Bis zur Aussaat im Herbst 2004 war ausreichend F₂-Saatgut zur Verfügung. Der isolierte Anbau der F₂-en erfolgt im Jahr 2005, je Kombination werden 50 Einzelpflanzen weitergeführt. Im Jahr 2006 wurden jeweils 50 F_{2:3}-Teilrasmche je Kreuzung zusammen mit ihren Eltern an zwei Orten mit jeweils 2 N-Stufen geprüft. Die Merkmale Korn-N-Gehalt und Korn- N-Ertrag an einer Stichprobe von jeweils 20 F_{2:3}-Teilrasmchen der insgesamt neun Kreuzungen bestimmt.

Merkmalerfassung

Teilprojekte A1 und A2, Anbau 2004 und 2006

Kornertrag	in g m ⁻²
Ährenschieben	Tage im Mai (2004), EC-Stadium (2006)
Wuchshöhe	in cm
Stay-Green	Bonitur der Blattfarbe [9=alle Blätter grün, 1=gesamte Pflanze abgereift]
Korn-N-Gehalt	Stickstoffgehalt in %, bestimmt mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)
Korn-N-Ertrag	Stickstoffertrag in kg ha ⁻¹ , berechnet aus Kornertrag und N-Gehalt

Teilprojekt A1 Anbau 2004

Bestandesdichte	Ährentragende Halme je m ²
Chlorophyll	Mittlerer Blattchlorophyllgehalt von 20 Pflanzen einer Parzelle gemessen am Fahnenblatt nach der Blüte mit dem Chlorophyllmeter Minolta SPAD 502, in der dimensionslosen Maßeinheit SPAD.
Tausendkorngewicht	in g
Hektolitergewicht	in kg hl ⁻¹
Kornzahl je Ähre	
Fallzahl	in sec, Maß für den Auswuchs

Teilprojekt B:

Untersuchungen zur Bedeutung der N-Aufnahme und N-Verwertungseffizienz

Die Untersuchungen zur N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz erfolgten an 36 Triticalegenotypen. Um aber auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Weizen und Roggen zu prüfen, wurden jeweils neun Genotypen mitgetestet. Bei Roggen wurden sowohl Populationssorten als auch Hybridsorten (Hy) geprüft. Es wurden folgende Weizen- und Roggensorten ausgewählt:

Weizen:	Batis, Bussard, Capo, Empire, Ludwig, Naturastar, Pegassos, Wenga, Zentos
Roggen:	Amilo, Boresto, Danko, Matador, Recrut, Walet, Askari (Hy), Rasant (Hy), Treviso (Hy)

Die Ernte erfolgte zu zwei Terminen, zur Blüte und zur Vollreife. Zur Blüte (E1) wurde die gesamte oberirdische Biomasse geerntet. Zum zweiten Erntetermin (E2) erfolgte eine Trennung der gesamten oberirdischen Biomasse in die Fraktionen Stroh und Korn. Von jeder Parzelle wurde eine repräsentative Stichprobe der jeweiligen Pflanzenfraktion (d.h. Gesamtpflanze zur Blüte, sowie Stroh und Korn zur Vollreife) gezogen. Der N-Gehalt der getrockneten und gemahlten Proben dieser drei Pflanzenfraktionen wurde mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen. Bei Tillmann (1996) ist diese Methode ausführlich beschrieben. Für die Ermittlung des N-Gehaltes der Körner konnte auf eine bereits vorliegende NIRS-Kalibration zurückgegriffen werden. Für die Fraktionen Gesamtpflanze Blüte und Stroh wurden im Rahmen dieses Projektes NIRS-Kalibrationen erstellt. Dazu wurde der N-Gehalt eines Teils der Proben chemisch analysiert.

Merkmalerfassung Teilprojekt B

Für die Pflanzenfraktionen Gesamtpflanze zur Blüte (E1), Stroh und Korn wurden die Merkmale Trockensubstanzgehalt [%], Trockenmasse (TM) [g m⁻²] und N-Gehalt [%] direkt bestimmt. Der N-Ertrag [g N m⁻²] ergab sich aus der Trockenmasse und dem N-Gehalt der jeweiligen Fraktion. Die Gesamtpflanze zur Vollreife (E2) errechnete sich aus der Summe von Korn und Stroh. Auf dieser Basis wurden die folgenden N-Effizienzmerkmale berechnet:

N-Aufnahme	N-Aufnahmeeffizienz [g N m ⁻²], entspricht dem N-Ertrag der oberirdischen Pflanzenteile zur Vollreife
N-Verwertung	N-Verwertungseffizienz [g TM g ⁻¹ N], entspricht dem Quotienten aus Korn-TM und N-Aufnahme
N-Remobilisierung	N-Remobilisierung [g N m ⁻²], entspricht der Differenz zwischen Gesamtpflanzen N-Ertrag zur Blüte und dem Stroh-N-Ertrag
Harvest-Index	Quotient aus Korntrockenmasse und Gesamtpflanzentrockenmasse zur Vollreife [%]
N-Harvest- Index	Quotient aus Korn-N-Ertrag und Gesamtpflanzen-N-Ertrag zur Vollreife [%]

Weiterhin wurden die Merkmale Ährenschieben [EC], Wuchshöhe und Bestandesdichte und Chlorophyllgehalt bestimmt. Mit einer Stay-Green-Bonitur wurden Unterschiede in der Blattfarbe beschrieben. An den Ernteproben der Körner wurde die Merkmale Tausend-korngewicht, Kornzahl je Ähre, Hektolitergewicht und Fallzahl erfasst.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket PLABSTAT (Utz, 2004). Die Verrechnung der Einzelversuche wurde nach der von Cochran & Cox (1957) beschriebenen statistischen Analyse von Gitteranlagen zunächst getrennt nach den N-Stufen und Orten durchgeführt. Für jeden Einzelversuch erfolgte ein Ausreißertest nach Anscombe & Tukey (1963). Im Weiteren wurden die eliminierten Ausreißer als fehlende Werte behandelt. Die zusammenfassende Verrechnung der jeweiligen Versuchsserie wurde mit den adjustierten Prüfgliedmittelwerten in den Einzelexperimenten und den gepoolten effektiven Fehler-varianzen aus den Gitteranalysen durchgeführt (Cochran & Cox, 1957). Die Schätzung der Varianzkomponenten erfolgte nach Snedecor & Cochran (1980). In allen statistischen Analysen wurden die Effekte der Umwelten und der Genotypen als zufällig und die der N-Stufen als fixiert angenommen.

Die Schätzwerte für die Heritabilität wurden auf Basis der Prüfgliedmittelwerte als Quotient aus der genotypischen und phänotypischen Varianz (Wricke & Weber, 1986) ermittelt und in den Serien getrennt für die N-Stufen geschätzt.

3. Ergebnisse

3.1 Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Entwicklung von Triticalematerial mit spezieller Anpassung an unterschiedliche N-Versorgung (Teilprojekt A)

Beobachtungsanbau (Teilprojekt A1)

In Achern wurde auf der NH-Stufe ein im Mittel um 10% höherer Kornertrag als auf der NL-Stufe beobachtet, der Unterschied zwischen den N-Stufen war signifikant (Tab. 4). In Kleinhohenheim konnte als Effekt der N-Düngung auf der NH-Stufe ein höherer N-Gehalt als auf der NL-Stufe gefunden werden, die Kornerträge unterschieden sich auf den beiden N-Stufen jedoch nicht. Dies könnte auf den spät wirksamen N-Dünger zurückzuführen sein, der erst in der Kornfüllungsphase wirksam wurde. Im Mittel über beide Standorte wurden auf der NL-Stufe signifikant geringere Werte für die Merkmale Kornertrag, Korn-N-Gehalt und Korn-N-Ertrag festgestellt. Die N-Düngung führte nur in Achern zu deutlichen Unterschieden in der Wuchshöhe und der Bestandesdichte. Das Ährenschieben und die Anzahl der gebildeten Körner je Ähre waren von der N-Düngung unbeeinflusst. Für die Merkmale Chlorophyll, Stay-Green, Bestandesdichte und Hektolitergewicht konnten im Mittel über beide Standorte auf NH tendenziell höhere Werte beobachtet werden. Das Tausendkorngewicht und die Fallzahl erreichten im Mittel bei geringer N-Versorgung höhere Werte. Die Unkrautkonkurrenzkraft der geprüften Genotypen war sehr gut, es konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden (Daten nicht gezeigt)

Tab. 4: Ortsmittelwerte und Mittel über die zwei Orte von 62 Triticale-Genotypen getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, Anbau 2004

Merkmal	Achern		Kleinhohenheim		Mittel	
	NL	NH	NL	NH	NL	NH
Kornertrag [g m ⁻²]	600	660	548	556	574	608
Ährenschieben [Tage im Mai]	17,2	17,0	24,4	24,2	20,8	20,6
Wuchshöhe [cm]	99	106	107	107	103	107
Bestandesdichte [Ähren m ⁻²]	223	264	269	267	246	266
Chlorophyll [SPAD]	51,2	52,2	44,8	48,8	48,0	50,5
Stay-Green	5,75	6,05	3,17	3,36	4,38	4,55
Korn-N-Gehalt [%]	1,97	2,00	1,66	1,92	1,82	1,96
Korn-N-Ertrag [g N m ⁻²]	11,9	13,2	9,2	10,7	10,6	11,9
Tausendkorngewicht [g]	43,6	43,1	48,7	47,8	46,1	45,4
Hektolitergewicht [kg hl ⁻¹]	71,1	71,3	73,9	74,8	72,5	73,1
Kornzahl je Ähre	59,9	59,4	50,9	50,5	55,4	55,0
Fallzahl [sec]	89,5	94,0	169	157	129	125

Auf beiden N-Stufen wurden signifikante bis hochsignifikante Unterschiede für die erfassten Merkmale festgestellt (Tab. 5). Auf der NL-Stufe war das Ausmaß der genotypischen Varianz für die Merkmale Korn-N-Gehalt und Korn-N-Ertrag größer als auf der NH-Stufe. Dagegen zeigten die Merkmale Kornertrag, Korn-N-Ertrag, Bestandesdichte und Kornzahl je Ähre auf der NL-Stufe höhere Fehlervarianzen. Die Interaktionen zwischen Genotypen und Orten waren auf der NL-Stufe geringer als die genotypische Varianz, eine Ausnahme stellte das Merkmal Fallzahl dar.

Tab. 5: Schätzwerte der Varianzkomponenten von 62 Triticale-Genotypen (G) aus der Serie über zwei Orte (O) auf der niedrigen (NL) und der hohen (NH) N-Stufe, Anbau 2004

Merkmal	NL			NH		
	G [†]	G×O [†]	Fehler	G	G×O	Fehler
Kornertrag [‡]	28,44**	10,73+	27,20	19,67**	17,43**	17,61
Ährenschieben	4,03**	0,24**	0,27	4,46**	0,62**	0,25
Wuchshöhe	20,68**	2,60+	6,48	25,71**	4,61*	8,42
Bestandesdichte	614,24**	98,10	518,35	675,33**	-	471,42
Chlorophyll	6,91**	1,16*	2,23	7,67**	1,14**	1,31
Stay-Green	0,64**	0,40**	0,47	0,46*	0,57**	0,58
Korn-N-Gehalt [§]	0,41**	0,19**	0,13	0,57**	0,16**	0,17
Korn-N-Ertrag	52,63*	40,96+	97,14	45,19*	50,89**	70,74
Tausendkorngewicht	11,19**	2,00**	2,30	11,66**	2,81**	2,61
Hektolitergewicht	2,54**	0,48**	0,31	2,77**	0,63**	0,24
Kornzahl je Ähre	35,54**	-	18,85	26,35**	8,36**	10,01
Fallzahl [#]	85,38**	118,18**	18,25	78,43**	57,13**	24,04

+, *, **Schätzwert signifikant bei P=0,1; 0,05 bzw. 0,01. - Negativer Schätzwert.

[†] G=Genotyp, O=Ort.

[‡] Schätzwert × 0,01.

[§] Schätzwert × 100.

[#] Schätzwert × 0,1.

Auf beiden N-Stufen wurden mit Ausnahme des Korn-N-Ertrages mittlere bis hohe Schätzwerte für die Heritabilitäten ermittelt (Tab. 6). Der Kornertrag und die Stay-Green-Bonitur wiesen auf der NL-Stufe höhere Schätzwerte als auf der NH-Stufe auf. Dagegen zeigten die Bestandesdichte und die Fallzahl bei hoher N-Versorgung höhere Schätzwerte. Auf beiden N-Stufen waren die Heritabilitätsschätzwerte für den Chlorophyllgehalt höher als für die Stay-Green-Bonitur.

Tab. 6: Schätzwerte für die Heritabilitäten (h^2) und die zugehörigen 95% Konfidenzintervalle (CI 95%) getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe von 62 Triticale-Genotypen aus der Serie über zwei Orte, Anbau 2004

Merkmal	NL		NH	
	h^2	CI 95%	h^2	CI 95%
Kornertrag	0,60	0,34-0,76	0,53	0,22-0,72
Ährenschieben	0,94	0,90-0,96	0,91	0,85-0,95
Wuchshöhe	0,82	0,70-0,89	0,80	0,66-0,88
Bestandesdichte	0,67	0,45-0,80	0,77	0,63-0,86
Chlorophyll	0,80	0,67-0,88	0,86	0,77-0,92
Stay-Green	0,59	0,33-0,76	0,45	0,82-0,67
Korn-N-Gehalt	0,72	0,54-0,83	0,78	0,63-0,87
Korn-N-Ertrag	0,43	0,06-0,66	0,43	0,05-0,65
Tausendkorngewicht	0,84	0,73-0,90	0,81	0,69-0,90
Hektolitergewicht	0,86	0,77-0,92	0,86	0,77-0,92
Kornzahl je Ähre	0,80	0,67-0,88	0,74	0,57-0,84
Fallzahl	0,56	0,26-0,73	0,66	0,43-0,79

Für die erfassten Merkmale wurden mittlere bis hohe phänotypische Korrelationen zwischen den beiden N-Stufen beobachtet, die geringsten Beziehungen wiesen dabei der N-Ertrag, die Stay-Green-Bonitur und der Kornertrag auf (Tab. 7). Es wurden signifikante Korrelationen zwischen dem Kornertrag und den Merkmalen Bestandesdichte, Korn-N-Gehalt, Korn-N-Ertrag und Tausendkorngewicht festgestellt, die auf beiden N-Stufen gleichgroße Werte erreichten. Auf der NL-Stufe war der Kornertrag mit dem Ährenschieben signifikant negativ korreliert. Dies deutet an, dass bei geringer N-Versorgung Genotypen mit einem spätem Blühtermin höhere Ertragsleistungen realisieren können. Dagegen gab es keine signifikante Beziehung zwischen dem Kornertrag und den Merkmalen Chlorophyllgehalt und Stay-Green-Bonitur. Zwischen den Merkmalen Kornertrag und Wuchshöhe zeigte sich nur auf der NL-Stufe eine signifikante schwach positive Korrelation.

Tab. 7: Geschätzte Koeffizienten der phänotypischen Korrelationen (r_p) zwischen dem Kornertrag und den erfassten Merkmalen auf der niedrigen (NL) und hohen (NH) N-Stufe sowie die Beziehung zwischen den N-Stufen ($r_{NL/NH}$) von 62 Triticale-Genotypen aus der Serie über zwei Orte, Anbau 2004

Merkmal	r_p		$r_{NL/NH}$
	NL	NH	
Kornertrag			0,66**
Ährenschieben	-0,35**	-0,17	0,97**
Wuchshöhe	0,34**	0,10	0,86**
Bestandesdichte	0,35**	0,30*	0,73**
Chlorophyll	0,11	-0,09	0,88**
Stay-Green	-0,02	0,02	0,54**
Korn-N-Gehalt	-0,53**	-0,52**	0,84**
Korn-N-Ertrag	0,92**	0,91**	0,49**
Tausendkorngewicht	0,52**	0,48**	0,88**
Hektolitergewicht	-0,10	-0,15	0,97**
Kornzahl je Ähre	0,15	-0,07	0,80**
Fallzahl	-0,26*	-0,04	0,84**

*, **Signifikant bei $P=0,05$ bzw. $P=0,01$.

F_{2,3}-Teilramsche (Teilprojekt A2)

Im Anbaujahr 2006 wurde wie in den vorangegangenen Jahren am Standort Achern auf beiden N-Stufen ein deutlich höheres Ertragsniveau beobachtet werden (Tab. 8). Die N-Düngung führte an beiden Standorten und auch im Mittel über die Orte zu signifikanten Unterschieden im Kornertrag. Die Ertragsreduktion auf der NL-Stufe im Vergleich zur gedüngten Variante fiel dabei für die L×L-Ramsche mit 73% am stärksten aus, während sie bei den Nachkommen der H×H- und K×K-Kreuzungen mit 83% bzw. 80% etwas geringer war. Das Ertragsniveau der L×L-Ramsche war auf beiden N-Stufen geringer als bei den H×H- und K×K-Kreuzungen, und wirkte sich gleichermaßen auf die Korn-N-Erträge aus. Die Korn-N-Gehalte unterschieden sich auf beiden N-Stufen nicht signifikant voneinander, dies galt für alle Kreuzungstypen.

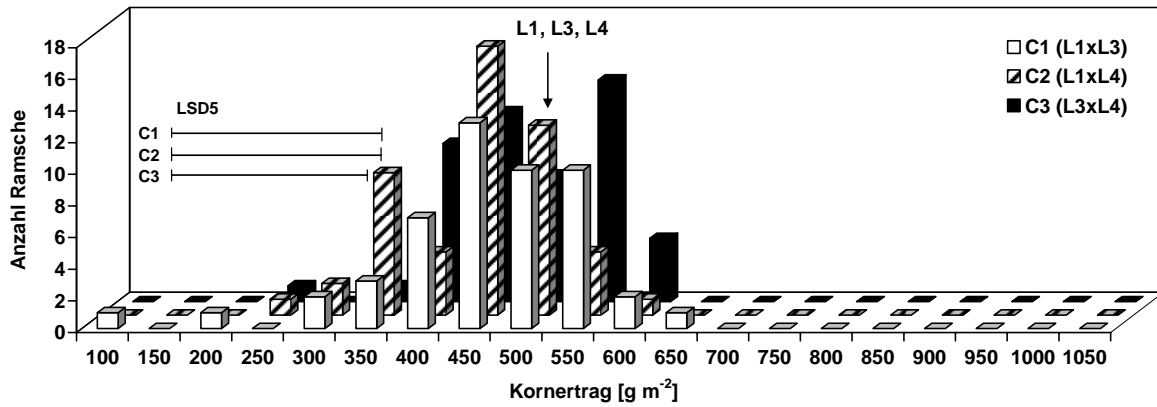
Die Häufigkeitsverteilung der F_{2,3}-Teilramsche für den Kornertrag zeigt, dass es bei allen drei Kreuzungstypen (L×L, H×H und K×K) Nachkommen gab, die eine bessere Leistung als ihre Eltern erzielten. Jedoch waren diese Unterschiede infolge der hohen Grenzdifferenzen nur in den wenigsten Fällen signifikant. Auf der NL-Stufe zeigten die besten H×H- und K×K-Ramsche deutlich höhere Leistungen als die besten L×L-Ramsche. Auf der NH-Stufe waren die besten Ramsche dem Kreuzungstyp K×K zuzuordnen (Abb. 1 und 2). Ein ähnliches Bild zeigte sich für die Merkmale Korn-N-Gehalt und Korn-N-Ertrag (Daten nicht gezeigt).

Tab. 8: Ortsmittelwerte und Mittel über die Orte von jeweils 150 F_{2:3}-Teilramschen der drei Kreuzungen des Typs L×L, H×H und K×K getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, Anbau 2006

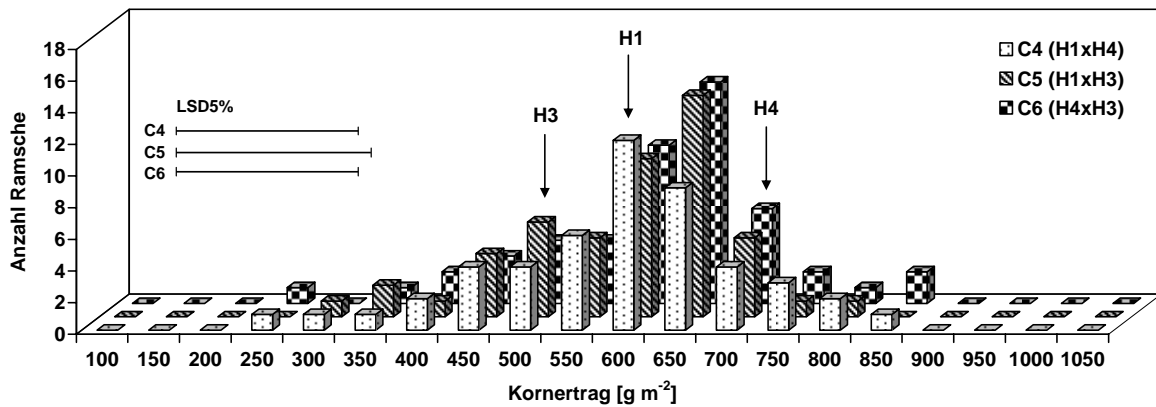
Merkmal	Achern		Kleinhohenheim		Mittel	
	NL	NH	NL	NH	NL	NH
	L×L					
Kornertrag [g m ⁻²]	533	695	441	630	487	663
Ährenschieben [EC]	55,2	54,3	53,0	55,9	54,1	55,1
Wuchshöhe [cm]	104	111	87	96	96	104
Stay-Green	3,9	6,1	5,7	5,7	4,8	5,9
Korn-N-Gehalt [%] [†]	2,07	2,34	2,09	2,11	2,08	2,22
Korn-N-Ertrag [g N m ⁻²] [†]	11,2	16,8	9,6	13,9	10,3	15,2
	H×H					
Kornertrag [g m ⁻²]	686	815	546	659	616	737
Ährenschieben [EC]	57,3	57,1	54,8	57,4	56,1	57,3
Wuchshöhe [cm]	109	113	94	102	101	107
Stay-Green	3,9	5,5	6,8	5,3	5,4	5,4
Korn-N-Gehalt [%] [†]	2,06	2,39	2,08	2,01	2,07	2,20
Korn-N-Ertrag [g N m ⁻²] [†]	14,1	20,8	12,1	14,6	13,1	17,9
	K×K					
Kornertrag [g m ⁻²]	597	823	652	732	623	776
Ährenschieben [EC]	53,8	53,2	53,1	55,9	53,4	54,5
Wuchshöhe [cm]	115	121	98	108	106	115
Stay-Green	4,4	7,3	7,1	5,7	5,8	6,5
Korn-N-Gehalt [%] [†]	2,08	2,27	2,10	2,03	2,09	2,15
Korn-N-Ertrag [g N m ⁻²] [†]	13,0	19,5	14,1	16,8	13,6	18,1

[†] Mittel über 60 F_{2:3}-Teilramsche.

A)



B)



C)

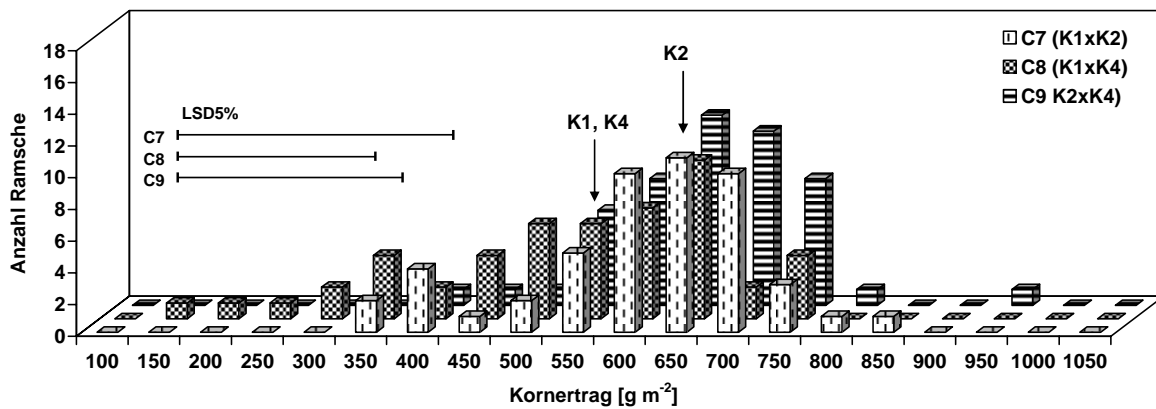
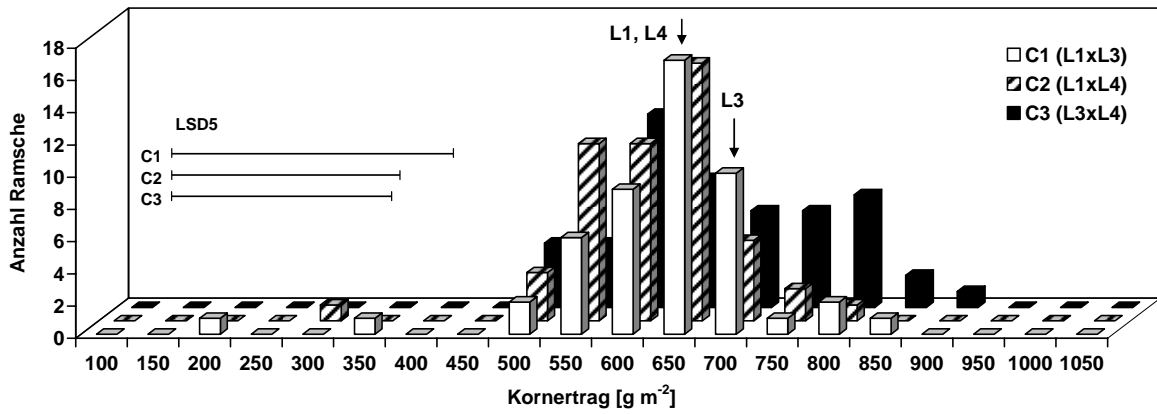
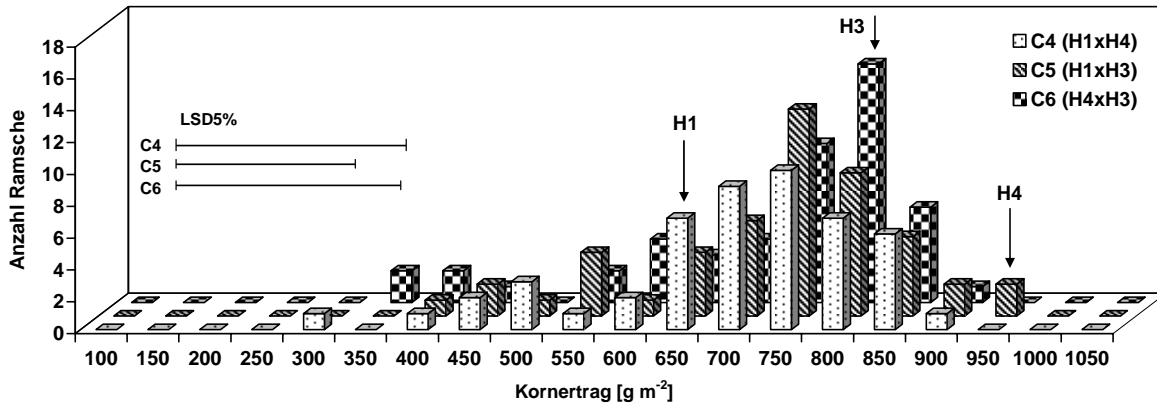


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der 50 $F_{2:3}$ -Teilramsche der Kreuzungen C1-C3 des Typs L x L (A), H x H mit Kreuzungen C4-C6 (B), und K x K mit Kreuzungen C7-C9 (C) sowie ihrer Elternlinien (Pfeile) für den Kornertrag aus der Serie über zwei Orte für die niedrige N-Stufe, Anbau 2006.

A)



B)



C)

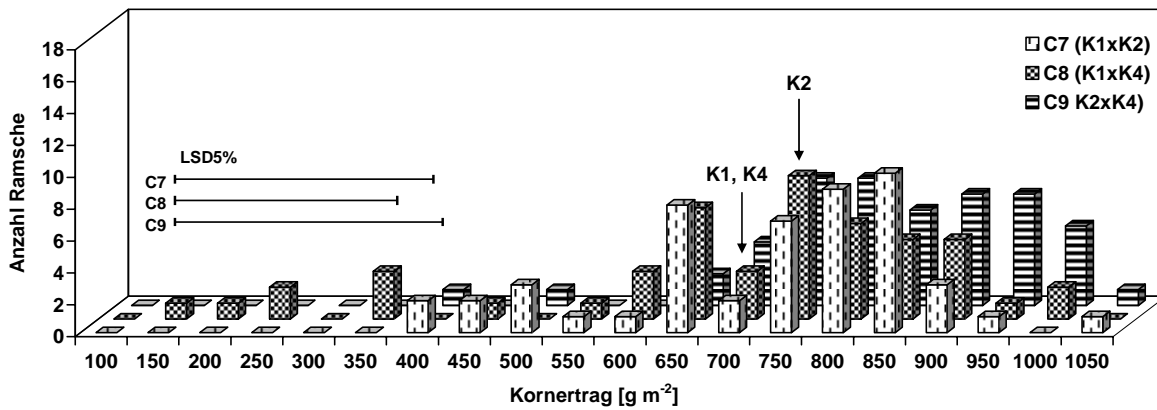


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der 50 F_{2,3}-Teilramsche der Kreuzungen C1-C3 des Typs L x L (A), H x H mit Kreuzungen C4-C6 (B), und K x K mit Kreuzungen C7-C9 (C) sowie ihrer Elternlinien (Pfeile) für den Kornertrag aus der Serie über zwei Orte für die hohe N-Stufe, Anbau 2006.

Tab. 9: Schätzwerte der Varianzkomponenten der $F_{2,3}$ -Teilramsche (R) der drei Kreuzungen (C) je Kreuzungstyp L×L, H×H und K×K aus der Serie über zwei Orte (O) auf der niedrigen (NL) und der hohen (NH) N-Stufe, Anbau 2006

Merkmal	NL					NH				
	C [†]	R [†] :C	C×O [†]	R×C×O	Fehler	C	R:C	C×O	R×C×O	Fehler
L×L										
Kornertrag ^{‡#}	0,03	14,69+	5,67*	69,06**	30,99	3,91	17,57+	7,77*	57,54**	83,92
Ährenschieben [‡]	1,99**	1,69**	0,14**	0,36**	0,78	0,99*	0,97**	0,18**	0,26**	0,52
Wuchshöhe [‡]	0,91	18,63**	0,34	2,28	12,63	1,72	15,98**	0,68+	8,91**	8,52
Stay-Green ^{‡§}	0,09	1,03**	0,36**	1,47**	1,33	0,87**	1,24**	-	0,93**	1,50
Korn-N-Gehalt ^{§&}	0,01	0,13*	-	0,07	0,37	-	0,29**	0,05+	0,17+	0,43
Korn-N-Ertrag [§]	-	0,38	0,39*	1,11**	1,31	-	0,80	1,23**	1,03	4,56
H×H										
Kornertrag ^{‡#}	-	95,13**	5,40*	4,53	76,43	-	116,42**	15,68**	42,46**	65,96
Ährenschieben [‡]	0,13**	0,47**	-	0,23*	0,56	0,12**	0,52**	-	0,17**	0,28
Wuchshöhe [‡]	3,61	13,93**	4,11**	5,77**	7,13	11,98**	14,75**	0,99**	4,21**	5,68
Stay-Green ^{‡§}	0,36*	1,54**	0,03	0,70	2,36	0,25*	0,96**	0,20	0,29	1,99
Korn-N-Gehalt ^{§&}	-	0,12	0,10*	-	0,91	0,06	-	0,36**	0,38+	1,11
Korn-N-Ertrag [§]	0,06	0,85+	-	-	3,65	-	0,53	0,01	0,55	5,30
K×K										
Kornertrag ^{‡#}	34,99**	76,48**	-	77,79**	62,77	41,00*	193,35**	7,09*	56,14**	98,83
Ährenschieben [‡]	0,36*	1,18**	0,03+	0,38**	0,60	0,12	1,25**	0,06**	0,13*	0,44
Wuchshöhe [‡]	-	23,46**	1,02*	5,79**	11,74	-	23,49**	1,37**	2,72*	9,56
Stay-Green ^{‡§}	0,31*	1,24**	0,01	0,25	1,50	-	2,08**	0,34**	0,28	1,69
Korn-N-Gehalt ^{§&}	0,16**	0,15	-	0,12	0,65	0,37**	0,14	-	0,33**	0,59
Korn-N-Ertrag [§]	0,54**	-	-	3,54**	3,50	0,46*	0,71	-	1,65	5,98

+, *, ** Signifikant bei P=0,5; 0,05 bzw. 0,01. - Negativer Schätzwert.

[†] C = Kreuzung, R= $F_{2,3}$ -Teilramsche, O=Ort.

[‡] Verrechnung über 150 $F_{2,3}$ -Teilramsche je Kreuzungstyp.

[§] Verrechnung über 60 $F_{2,3}$ -Teilramsche je Kreuzungstyp.

[#] Schätzwert × 0,01.

[§] Schätzwert × 10.

[&] Schätzwert × 100.

Für das Merkmal Kornertrag waren die Unterschiede zwischen den Kreuzungen des Kreuzungstyps L×L auf beiden N-Stufen nicht signifikant, aber hochsignifikant für den Kreuzungstyp K×K (Tab. 9). Ein Vergleich der Kreuzungen des Typs H×H war nicht möglich, da die Varianzen negative Schätzwerte aufwiesen. Bei allen drei Kreuzungstypen konnte beobachtet werden, dass sich alle Ramsche innerhalb der jeweiligen Kreuzung für die Merkmale Kornertrag, Ährenschieben, Wuchshöhe und der Stay-Green-Bonitur auf beiden N-Stufen signifikant unterschieden. Für die Merkmale Korn-N-Gehalt und Korn-N-Ertrag zeigten nur die drei K×K-Kreuzungen hochsignifikante Unterschiede. Diese Variationsursache war bei den Kreuzungen des Typs L×L und H×H dagegen negativ bzw. nicht signifikant.

Eine Möglichkeit zur Bewertung der relativen Vorzüglichkeit der den Kreuzungstypen L×L, H×H und K×K zugrunde liegenden Zuchtstrategie besteht in einem Vergleich des zu erwartenden Selektionserfolgs. Der Selektionserfolg (G) berechnet sich nach folgender Formel: $G = i h \sigma_g$

Dabei bezeichnen i = Selektionsintensität, h = Wurzel aus der Heritabilität und σ_g = Wurzel aus der genotypischen Varianz. Wenn die Selektionsintensität i für alle Betrachtungen gleich ist, ergibt sich als Vergleichskriterium das Produkt $h \sigma_g$. Je höher der Wert für dieses Produkt, desto höher ist der zu erwartende Selektionserfolg. Für den Kornertrag zeigten die Nachkommen des Kreuzungstyps H×H und K×K auf beiden N-Stufen deutlich höhere Selektionserfolge als die L×L-Ramsche. Auf der NH-Stufe ließ der Kreuzungstyp K×K die höchsten Selektionserfolge erwarten. Für die Merkmale Korn-N-Gehalt und Korn-N-Ertrag zeigte sich bedingt durch negative Schätzwerte für die genotypische Varianz und mangelnde Signifikanz kein einheitliches Bild (Tab. 10).

Tab. 10: Bewertung des Kreuzungstyps L×L, H×H und K×K anhand der Komponenten des Selektionserfolgs für die F_{2,3}-Teilramsche (R) der jeweils drei Kreuzungen eines Kreuzungstyps aus der Serie über zwei Orte für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, Anbau 2006

Kreuzungstyp	NL			NH		
	h^2	σ_g^2	$h \sigma_g$	h^2	σ_g^2	$h \sigma_g$
	Kornertrag [†]					
L×L	0,22	14,17+ [§]	18,02	0,22	20,20+ [§]	20,88
H×H	0,69	92,02** [§]	79,40	0,65	109,84** [§]	84,41
K×K	0,59	99,97** [§]	76,77	0,73	220,87** [§]	127,36
	Korn-N-Gehalt [‡]					
L×L	0,39	0,14* [#]	0,02	0,45	0,26* [#]	0,03
H×H	0,19	0,08 [#]	0,01	-	-	-
K×K	0,40	0,25* [#]	0,03	0,47	0,40** [#]	0,04
	Korn-N-Ertrag [‡]					
L×L	0,15	2,40 [§]	0,19	0,14	5,38 [§]	0,28
H×H	0,34	8,90+ [§]	0,55	0,15	5,22 [§]	0,28
K×K	-	-	-	0,22	10,22 [§]	0,47

+ , * , ** Signifikant bei P=0,5; 0,05 bzw. 0,01. - Schätzwert negativ. -

h^2 = Heritabilität.

σ_g^2 = Genotypische Varianz

[†] Verrechnung über 150 F_{2,3}-Teilramsche je Kreuzungstyp.

[‡] Verrechnung über 60 F_{2,3}-Teilramsche je Kreuzungstyp

[§] Schätzwert × 0,01.

[#] Schätzwert × 100.

[§] Schätzwert × 10.

3.1.2 Untersuchungen zur Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz (Teilprojekt B)

Zum ersten Erntetermin (Blüte) waren die Unterschiede zwischen den N-Stufen im Mittel über die zwei Orte für den Trockenmasseertrag nur gering ausgeprägt und mit Ausnahme des Weizens nicht signifikant (Tab. 11). Allerdings konnten signifikante Unterschiede für den N-Gehalt zwischen den beiden N-Stufen beobachtet werden, die mit Ausnahme des Roggens zu signifikanten Unterschieden im N-Ertrag der Gesamtpflanze zur Blüte führten. Zur Vollreife

Tab. 11: Mittelwerte von 36 Triticale-, neun Weizen- und neun Roggen-Genotypen aus der Serie über zwei Orte für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, Anbau 2005

Merkmal	Triticale (n=36)			Weizen (n=9)			Roggen (n=9)		
	NL	NH		NL	NH		NL	NH	
Gesamtpflanze Blüte (E1)[†]									
TM-Ertrag [g m ⁻²]	617	595	ns	311	363	ns	612	528	ns
N-Gehalt [%]	1,34	1,75	*	1,73	2,11	*	1,34	1,68	*
N-Ertrag [g N m ⁻²]	8,40	10,5	*	5,45	7,73	*	8,39	9,13	ns
Gesamtpflanze Vollreife (E2)[†]									
TM-Ertrag [g m ⁻²]	1301	1313	ns	1025	1062	ns	1278	1304	ns
N-Gehalt [%]	1,09	1,14	ns	1,08	1,14	ns	1,15	1,22	ns
N-Ertrag [g N m ⁻²]	14,4	15,0	ns	11,2	12,4	ns	14,9	16,0	ns
Korn (E2)									
TM-Ertrag [g m ⁻²]	587	572	ns	412	416	ns	606	620	ns
N-Gehalt [%]	1,84	1,94	*	1,97	2,10	ns	1,89	1,95	ns
N-Ertrag [g N m ⁻²]	10,9	11,2	ns	8,21	8,72	ns	11,5	12,1	ns
Stroh (E2)									
TM-Ertrag [g m ⁻²]	717	741	ns	612	650	ns	673	688	ns
N-Gehalt [%]	0,48	0,51	ns	0,47	0,54	ns	0,48	0,56	ns
N-Ertrag [g N m ⁻²]	3,48	3,87	ns	2,92	3,60	*	3,32	3,90	ns
N-Effizienzmerkmale									
N-Aufnahme [g N m ⁻²]	14,4	15,0	ns	11,2	12,4	ns	14,9	16,0	ns
N-Verwert. [g TM g ⁻¹ N]	41,5	38,9	ns	37,9	34,4	ns	41,6	39,2	*
N-Remobilis. [g N m ⁻²]	4,91	6,62	*	2,53	4,15	*	5,07	5,19	ns
Harvest-Index [%]	0,45	0,44	ns	0,41	0,40	ns	0,48	0,48	ns
N-Harvest-Index [%]	0,76	0,75	ns	0,74	0,72	ns	0,78	0,75	ns
Feld- und Qualitätsmerkmale									
Ährenschieben [EC]	58,2	57,8	ns	52,6	51,3	ns	55,6	60,7	*
Wuchshöhe [cm]	115	116	ns	99	105	*	150	151	ns
Bestandesdichte [Ä.m ⁻²]	292	297	ns	262	287	ns	288	289	ns
Chlorophyll [SPAD]	40,8	43,2	ns	38,0	40,9	ns	39,2	41,0	ns
Stay Green	4,02	3,98	ns	4,54	4,67	ns	4,58	4,55	ns
Tausendkorngew. [g]	44,1	42,9	ns	40,2	38,4	ns	37,4	31,2	*
Hektoliter [kg hl ⁻¹]	169	168	ns	187	186	ns	182	181	ns
Kornzahl je Ähre	53,0	54,2	ns	45,6	45,9	ns	62,6	62,8	ns
Fallzahl [sec]	81,3	82,2	ns	312	300	ns	178	159	ns

* Signifikante Unterschiede zwischen den N-Stufen bei P=0,05. ns Nicht signifikant.

[†] E1, E2 =Erntetermin 1 (Blüte) bzw. 2 (Vollreife).

wurden im Mittel geringe Unterschiede zwischen den N-Stufen für die Merkmale Trockenmasseertrag und N-Ertrag der Fraktion Gesamtpflanze gefunden. Dies könnte auf die starke Verunkrautung auf der NH-Stufe im Vergleich zur NL-Stufe zurückzuführen sein.

Die N-Düngung führte bei allen drei Getreidearten zu signifikanten Unterschieden im Gesamtpflanzen-N-Gehalt. Triticale und Roggen erreichten im Mittel höhere Trockenmassen- und N-Erträge als Weizen. Bei einer Aufteilung in die Fraktionen Korn und Stroh wiesen Triticale und Roggen höhere Korntrockenmassen- und Korn-N-Erträge auf als Weizen. Bei der Fraktion Stroh waren die Unterschiede zwischen den Getreidearten für die Merkmale Trockenmasseertrag, N-Gehalt und N-Ertrag nicht sehr stark ausgeprägt. Die N-Düngung führte im Mittel zu signifikanten Unterschieden in der N-Remobilisierung. Auf der NL-Stufe wurde eine geringere N-Aufnahme und eine höhere N-Verwertung als auf der NH-Stufe beobachtet. Die Harvest-Indices waren von der N-Düngung nur wenig beeinflusst. Für alle drei Getreidearten wurden auf der NL-Stufe im Mittel höhere Werte für das Tausendkorngewicht und geringere für den Chlorophyllgehalt ermittelt. Dagegen waren die Unterschiede zwischen den N-Stufen für die Merkmale Ährenschieben, Wuchshöhe, Bestandesdichte, Hektolitergewicht und die Anzahl Körner je Ähre nur schwach ausgeprägt.

Tab. 12: Signifikanzen der Schätzwerte der Varianzkomponenten für 36 Triticale-Genotypen (G) aus der Serie über zwei Orte (O) für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, Anbau 2005

Merkmal	NL		NH	
	G	G×O	G	G×O
Gesamtpflanze Blüte (E1)[†]				
TM-Ertrag	**	**	**	**
N-Gehalt	-	**	**	**
N-Ertrag	*	**	*	*
Gesamtpflanze Vollreife (E2)[†]				
TM-Ertrag	*	*	**	**
N-Gehalt	ns	**	**	**
N-Ertrag	*	**	ns	**
Korn (E2)[†]				
TM-Ertrag	**	**	+	**
N-Gehalt	*	**	**	*
N-Ertrag	**	**	ns	**
Stroh (E2)[†]				
TM-Ertrag	ns	+	**	**
N-Gehalt	ns	**	ns	**
N-Ertrag	ns	*	ns	**
N-Effizienzmerkmale				
N-Aufnahme	*	**	ns	**
N-Verwertung	*	**	ns	**
N-Remobilisierung	*	**	-	**
Harvest-Index	*	**	*	**
N-Harvest-Index	*	**	*	**

+, *, **Schätzwert signifikant bei P=0,1; 0,05 bzw. 0,01. ns Nicht signifikant. - Negativer Schätzwert.

[†] E1, E2 =Erntetermin 1 (Blüte) bzw. 2 (Vollreife).

Auf beiden N-Stufen zeigten die Roggenhybriden höhere Kornerträge und Korn-N-Erträge als die Populationssorten. Die Hybriden wiesen zudem höhere Werte für die N-Aufnahme und die N-Verwertung. Bei den Weizensorten, die für den ökologischen Landbau gezüchtet worden waren, wurden auf beiden N-Stufen tendenziell höhere Korn-N-Gehalte und geringere Kornerträge als bei den anderen Sorten beobachtet. Bezüglich des Korn-N-Ertrages, als Maß für die gesamte N-Produktion je Flächeneinheit, waren sie den konventionell gezüchteten Sorten nicht signifikant überlegen (Daten nicht gezeigt).

Bei Triticale wurden auf der NL-Stufe signifikante bis hochsignifikante Schätzwerte für die genotypische Varianz der Merkmale Trockenmasseertrag und N-Ertrag der Fraktionen Gesamtpflanze Blüte, Gesamtpflanze Vollreife und Korn gefunden (Tab. 12). Für den N-Gehalt zeigte sich kein einheitliches Bild. Die Fraktion Stroh wies auf beiden N-Stufen nahezu keine signifikanten Unterschiede zwischen den Genotypen auf. Die Interaktionen zwischen den Genotypen und den Orten erreichten auf beiden N-Stufen Signifikanz für alle erfassten Merkmale. Die genotypische Varianz für die N-Effizienzmerkmale war auf der NL-Stufe signifikant. Bei Weizen und Roggen wurde für die erfassten Merkmale auf beiden N-Stufen ein geringeres Ausmaß der genotypischen Varianz beobachtet. Dies ist auf die geringere Anzahl der geprüften Genotypen ($G=9$) zurückzuführen. Auch die Wechselwirkungen zwischen den Genotypen und den Orten waren geringer ausgeprägt (Daten nicht gezeigt).

Die Heritabilitäten für die N-Effizienzmerkmale erreichten bei Triticale auf der NL-Stufe durchweg höhere Schätzwerte als auf der NH-Stufe (Tab. 13). Für die Merkmale Trockenmasseertrag, N-Gehalt und N-Ertrag der unterschiedlichen Pflanzenfraktionen ergab sich kein einheitliches Bild. Gleiches galt für Weizen und Roggen (Daten nicht gezeigt).

Die Schätzwerte für die phänotypischen Korrelationen zwischen den N-Stufen lagen für die Merkmale Trockenmasse- und N-Ertrag der unterschiedlichen Pflanzenfraktionen im mittleren Bereich. Mit Ausnahme der N-Verwertung zeigten die N-Effizienzmerkmale mittlere Korrelationen zwischen den N-Stufen. Ebenfalls mittlere Korrelationen zwischen den N-Stufen wiesen die N-Effizienzmerkmale bei Weizen und Roggen auf, jedoch wurde nicht in allen Fällen Signifikanz erreicht. Abweichend von Triticale wiesen die an der Fraktion Korn erfassten Merkmale bei Weizen und Roggen deutlich engere Korrelationen zwischen den N-Stufen auf (Daten nicht gezeigt).

Tab. 13: Schätzwerte für die Heritabilitäten (h^2), die zugehörigen 95% Konfidenzintervalle (CI 95%) getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe, sowie die phänotypischen Korrelationen zwischen den N-Stufen ($r_{NL/NH}$) von 36 Triticale-Genotypen aus der Serie über zwei Orte, Anbau 2005 Teilprojekt B

Merkmal	NL		NH		$r_{NL/NH}$
	h^2	CI 95%	h^2	CI 95%	
Gesamtpflanze Blüte (E1)[†]					
TM-Ertrag	0,69	0,39-0,84	0,71	0,44-0,85	0,70**
N-Gehalt	-	-	0,73	0,48-0,86	0,53**
N-Ertrag	0,43	-0,11-0,71	0,47	-0,03-0,73	0,50**
Gesamtpflanze Vollreife (E2)[†]					
TM-Ertrag	0,49	-0,07-0,74	0,58	0,17-0,78	0,62**
N-Gehalt	0,19	-0,59-0,59	0,59	0,19-0,79	0,22
N-Ertrag	0,44	-0,11-0,71	0,26	-0,46-0,62	0,54**
Korn (E2)[†]					
TM-Ertrag	0,66	0,33-0,83	0,41	-0,16-0,70	0,70**
N-Gehalt	0,54	0,09-0,76	0,77	0,54-0,88	0,73**
N-Ertrag	0,57	0,16-0,78	0,35	-0,27-0,67	0,58**
Stroh (E2)[†]					
TM-Ertrag	0,26	-0,45-0,62	0,56	0,14-0,78	0,41*
N-Gehalt	0,33	-0,32-0,66	0,07	-0,81-0,53	0,58**
N-Ertrag	0,13	-0,71-0,56	0,15	-0,66-0,57	0,48**
N-Effizienzmerkmale					
N-Aufnahme	0,44	-0,11-0,71	0,26	-0,46-0,62	0,54**
N-Verwertung	0,51	0,03-0,75	0,28	-0,41-0,63	0,80**
N-Remobilisierung	0,49	0,00-0,74	-	-	0,38*
Harvest-Index	0,44	-0,10-0,72	0,13	-0,71-0,55	0,48**
N-Harvest-Index	0,46	-0,07-0,72	0,30	-0,37-0,64	0,55**

* ** Signifikant bei $P=0,05$ bzw. $0,01$. - Negativer Schätzwert.

[†] E1, E2 =Erntetermin 1 (Blüte) bzw. 2 (Vollreife).

Der Korntrockenmasseertrag, als Maß für die N-Effizienz, wies auf beiden N-Stufen hohe Korrelationen zu den Merkmalen N-Aufnahme und N-Verwertung auf (Tab. 14). Bei Triticale zeigte der Kornertrag auf beiden N-Stufen eine engere Beziehung zur N-Aufnahme als zur N-Verwertung. Bei Weizen und Roggen war der Unterschied zwischen diesen Merkmalskorrelationen geringer ausgeprägt. Nur bei Triticale war der Kornertrag mit der N-Remobilisierung auf der NL-Stufe positiv korreliert. Zwischen Harvest-Index und Kornertrag wurde für alle Getreidearten auf beiden N-Stufen eine mittlere bis hohe Korrelation beobachtet. Bei Triticale war zusätzlich die Beziehung zwischen dem Kornertrag und dem N-Harvest-Index von Bedeutung. Die dargestellten Ergebnisse deuten an, dass für eine verbesserte N-Effizienz unter ökologischen Anbaubedingungen die N-Aufnahme und die N-Verwertung eine etwa gleich hohe Bedeutung haben. Auf der NL-Stufe wird die N-Effizienz zudem von der Fähigkeit zur N-Remobilisierung beeinflusst.

Tab. 14: Geschätzte Koeffizienten der phänotypischen Korrelationen zwischen dem Korn-trockenmasseertrag und den N-Effizienzmerkmalen auf der niedrigen (NL) und der hohen (NH) N-Stufe für 36 Triticale, neun Weizen- und neun Roggen-Genotypen aus der Serie über zwei Orte, Anbau 2005 Teilprojekt B

	Triticale (n=36)		Weizen (n=9)		Roggen (n=9)	
	NL	NH	NL	NH	NL	NH
N-Aufnahme	0,88**	0,89**	0,76*	0,86**	0,88**	0,91**
N-Verwertung	0,67**	0,72**	0,75*	0,91**	0,86**	0,85**
N-Remobilisierung	0,41*	0,29	0,47	0,60	0,66	0,08
Harvest-Index	0,67**	0,64**	0,78*	0,85**	0,77*	0,76*
N-Harvest-Index	0,66**	0,61**	-0,04	0,77*	0,48	0,56

*, ** Signifikant bei P=0,05 bzw. 0,01.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Entwicklung von Triticalematerial mit spezieller Anpassung an unterschiedliche N-Versorgung (Teilprojekt A)

Die Ergebnisse des Beobachtungsanbaus (Teilprojekt A1) im ersten Versuchsjahr zeigten geringere Unterschiede zwischen den N-Stufen als erwartet (Tab. 4). Entgegen der ursprünglichen Annahme, dass die Böden unter ökologischen Anbaubedingen eine schlechte N-Versorgung aufweisen, waren die uns zur Verfügung stehenden Flächen in Achern und Kleinhohenheim gut versorgt. (Tab. 3). Die N-Düngung mit Hornmehlpräparaten bewirkte nicht die erwartete Differenzierung zwischen den N-Stufen, was sich auch in den z.T. geringen Unterschieden zwischen den Kornerträgen der NL- und der NH-Stufe widerspiegelte. Die Unkrautregulierung erfolgte mit Hacke und Striegel. Jedoch war der Unkrautbestand in allen Versuchsjahren auf der NH-Stufe höher als auf der NL-Stufe und könnte daher zusätzlich zu den geringeren Unterschieden zwischen den N-Stufen beigetragen haben.

Der Totalausfall von zwei Genotypen an beiden Versuchsstandorten machte deutlich, dass unter ökologischen Anbaubedingungen Saatgutqualität und Triebkraft eine größere Bedeutung als im konventionellen Anbau haben.

Für die Züchtung auf verbesserte N-Effizienz ist das Vorhandensein von signifikanter genotypischer Variation eine erste Voraussetzung. Der Beobachtungsanbau von 62 Genotypen, welche das derzeitige Sortenspektrum und Zuchtmaterial abdecken, zeigte für die erfassten Merkmale signifikante genotypische Variation auf beiden N-Stufen. Es muss also nicht auf genetische Ressourcen zur Erweiterung der genetischen Varianz zurückgegriffen werden. Die vorhandenen Unterschiede im aktuellen Triticalematerial können sofort für die züchterische Selektion genutzt werden.

Als nächsten Schritt galt es zu prüfen, welche Zuchtstrategie für die Verbesserung der N-Effizienz bei Triticale am besten geeignet wäre. Es sind drei Handlungsalternativen denkbar: Die indirekte Verbesserung (Auslese erfolgt nur auf der hohen N-Stufe), die kombinierte Verbesserung (Auslese basiert auf einem Index der gewichteten mittleren Leistung auf der niedrigen und der hohen N-Stufe) oder die Auftrennung in zwei Zuchtprogramme (Harrer & Utz, 1990; Atlin *et al.*, 2000). Entsprechend dieser Handlungsalternativen wurden jeweils drei Kreuzungen des Typs H×H (indirekte Verbesserung), K×K (kombinierte Verbesserung) und L×L (Getrenntes Zuchtprogramm für die NL-Stufe) erstellt. Die Prüfung der F_{2:3}-Teilrandsche diente der Schätzung quantitativ-genetischer Parameter für die Beurteilung der relativen

Vorzüglichkeit der drei Strategien (Teilprojekt 1B). Nach den vorliegenden Daten waren für die Kreuzungstypen H×H- und K×K auf beiden N-Stufen höhere Selektionsgewinne als für die L×L-Kreuzungen zu erwarten (Tab. 10). Daraus ergibt sich, dass als Zuchtstrategie für die Verbesserung der N-Effizienz sowohl die indirekte Selektion als auch die kombinierte Selektion zu erwägen sind. Nach Modellrechnungen von Harrer & Utz (1990) sollte ein kombiniertes Zuchtprogramm bevorzugt werden, wenn die Korrelationen zwischen den N-Stufen zwischen 0,7 und 1,0 liegen. Der Beobachtungsanbau zeigte für den Kornertrag eine Korrelation zwischen den N-Stufen von $r=0,66^{**}$ (Tab. 7). Langfristig ist daher eine kombinierte Selektion empfehlenswert.

Die Untersuchung der Merkmale Stay-Green und Chlorophyllgehalt auf ihre Eignung als indirekte Selektionsmerkmale für eine verbesserte N-Effizienz zeigte keine signifikante Korrelation zum Zielmerkmal Kornertrag (Tab. 7). Diese beiden Merkmale sind daher für die Selektion nicht wie erwartet einsetzbar.

Die Parzellengröße für die Prüfung der $F_{2;3}$ -Teilramsche (Teilprojekt A1) orientierte sich an der produzierten Saatgutmenge. Um wie geplant Versuche an zwei Standorten mit jeweils zwei N-Stufen und zwei Wiederholungen anzulegen, wurde die Parzellengröße auf 0,5m² reduziert. Dies ist unter konventionellen Bedingungen eine durchaus übliche Größe für diese Generation. Unter ökologischen Anbaubedingungen zeigte sich diese Parzellengröße als zu gering, da aufgrund der Randeffekte und des Unkrautdruckes sehr hohe Versuchsfehler auftraten, die dazu führten, dass große Unterschiede keine Signifikanz erreichten. Für die Prüfung von spaltendem Material sind daher unter ökologischen Anbaubedingungen kleine Parzellen nicht geeignet.

Das im Verlauf des Projektes erstellte Triticaematerial mit einer besonderen Anpassung an ökologische Anbaubedingungen ist für alle interessierten Pflanzenzüchter zugänglich.

Untersuchungen zur Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz (Teilprojekt B)

Nach einem Konzept von Moll *et al.* (1982) kann der Gesamtkomplex N-Effizienz in die Komponenten N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz unterteilt werden. Auf der NL-Stufe wurden signifikante genotypische Unterschiede für die erfassten N-Effizienzmerkmale nachgewiesen (Tab. 12). Die vorliegenden Daten zeigen, dass für die Verbesserung der N-Effizienz unter ökologischen Anbaubedingungen sowohl die N-Aufnahme als auch die N-Verwertung von Bedeutung sind (Tab. 14). Bei Triticale zeigte die N-Effizienz auf der NL-Stufe im Vergleich zu Weizen und Roggen eine etwas engere Beziehung zur N-Aufnahme als zur N-Verwertung. Zudem wird die N-Effizienz auf der NL-Stufe von der N-Remobilisierung beeinflusst. Die gewonnenen Ergebnisse legen daher den Schluss nahe, dass es für den Anbau unter ökologischen Bedingungen von Vorteil ist, sowohl die N-Aufnahme in die Pflanze als auch die Verwertung des aufgenommenen Stickstoffs zu verbessern. Die bei Triticale gewonnenen Erkenntnisse können auf die beiden Elternarten Weizen und Roggen übertragen werden.

Die Ergebnisse aus diesem Projekt wurden im Rahmen der Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Kassel (2005) vorgestellt, für die Tagung 2007 ist ein Beitrag in Vorbereitung. Zusätzlich wurden Ergebnisse im Rahmen des COST SUSVAR /ECO-PB Workshops in den Niederlanden präsentiert. Der Landwirtschaftlich Hochschultag in Hohenheim bot 2005 die Gelegenheit Ergebnisse vorzustellen. Eine breite Öffentlichkeit

wurde am Tag der Offenen Tür erreicht, zu dem die Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischer Landbau jeden Sommer einlädt, um die in Kleinhohenheim durchgeführten Forschungsexperimente vorzustellen. Der enge Kontakt zwischen der Landessaatzuchtanstalt und Triticalezüchtern gewährleistet den direkten Transfer der in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse in die züchterische Praxis.

4. Zusammenfassung

Die niedrige Stickstoff(N)-Versorgung im Ökologischen Landbau kann als eines der Kernprobleme angesehen werden, denn Stickstoff stellt einen der bedeutendsten ertragslimitierenden Faktoren dar und ist zudem ein essentieller Baustein für Proteine. Eine gezielte Züchtung von Triticalesorten, welche den zur Verfügung stehenden Stickstoff effizienter nutzen, kann daher einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Produktivität des Ökologischen Landbaus leisten und die Proteinversorgung verbessern.

Im Rahmen des Projektes sollten quantitativ-genetische Parameter geschätzt werden. Auf dieser Basis sollten Aussagen über eine geeignete Zuchtstrategie zur Verbesserung der N-Effizienz von Triticale getroffen werden. Dabei sollte den Besonderheiten des ökologischen Anbaus Rechnung getragen werden. Dazu wurde aktuelles Triticalemateriale und im Rahmen des Projektes entwickeltes spaltendes Material in mehrortigen Feldversuchen geprüft (Teilprojekt A). Weiterhin sollte untersucht werden welche Bedeutung die Komponenten der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz für den Gesamtkomplex N-Effizienz haben. Der zu untersuchende Materialsatz enthielt neben Triticale auch Weizen- und Roggengenotypen, um zu überprüfen, inwiefern die bei Triticale gewonnenen Erkenntnisse auf diese beiden Getreidearten übertragbar sind (Teilprojekt B).

Es wurden Feldversuche an zwei ökologisch bewirtschafteten Standorten durchgeführt. An jedem Standort wurden zwei N-Stufen (gedüngt Hornmehl vs. ungedüngt) angelegt.

Die Ergebnisse des Beobachtungsanbaus (Teilprojekt A1) zeigten geringere Unterschiede zwischen den N-Stufen als erwartet. Entgegen der ursprünglichen Annahme, dass die Böden unter ökologischen Anbaubedingen eine schlechte N-Versorgung aufweisen, waren die uns zur Verfügung stehenden Flächen in Achern und Kleinhohenheim gut versorgt. Der Totalausfall von zwei Genotypen an beiden Versuchsstandorten machte deutlich, dass unter ökologischen Anbaubedingungen Saatgutqualität und Triebkraft eine größere Bedeutung als im konventionellen Anbau haben.

Für die Züchtung auf verbesserte N-Effizienz ist das Vorhandensein von signifikanter genotypischer Variation eine erste Voraussetzung. Auf beiden N-Stufen wurde für die erfassten Merkmale signifikante genotypische Variation nachgewiesen. Es muss also nicht auf genetische Ressourcen zur Erweiterung der genetischen Varianz zurückgegriffen werden. Die vorhandenen Unterschiede im aktuellen Triticalemateriale können sofort für die züchterische Selektion genutzt werden.

Es wurden drei Zuchtstrategien für die Verbesserung der N-Effizienz bei Triticale untersucht: Die indirekte Verbesserung (Auslese erfolgt nur auf der hohen N-Stufe), die kombinierte Verbesserung (Auslese basiert auf einem Index der gewichteten mittleren Leistung auf der niedrigen und der hohen N-Stufe) und die Auftrennung in zwei Zuchtprogramme. Entsprechend dieser Zuchtstrategien wurden jeweils drei Kreuzungen des Typs H×H

(indirekte Verbesserung), K×K (kombinierte Verbesserung) und L×L (Getrenntes Zuchtprogramm für die NL-Stufe) erstellt. Die Prüfung der F_{2,3}-Teilrasmische diente der Schätzung quantitativ-genetischer Parameter für die Beurteilung der relativen Vorzüglichkeit der drei Strategien (Teilprojekt 1B). Nach den vorliegenden Daten ist langfristig eine kombinierte Selektion zu empfehlen. Die Merkmale Stay-Green und Chlorophyllgehalt eigneten sich nicht als indirekte Selektionsmerkmale.

Für die Prüfung von spaltendem Material sind unter ökologischen Anbaubedingungen kleine Parzellen nicht geeignet, da aufgrund der Randeffekte und des Unkrautdruckes mit dem Auftreten von hohen Versuchsfehlern gerechnet werden muss, sodass auch große Unterschiede keine Signifikanz erreichen.

Die Untersuchung der Komponenten der N-Effizienz, N-Aufnahme- und N-Verwertung, an Triticale, Weizen und Roggen ergab auf der NL-Stufe signifikante genotypische Unterschiede. Für die Verbesserung der N-Effizienz unter ökologischen Anbaubedingungen sind sowohl die N-Aufnahme als auch die N-Verwertung von Bedeutung. Bei Triticale zeigte die N-Effizienz auf der NL-Stufe im Vergleich zu Weizen und Roggen eine etwas engere Beziehung zur N-Aufnahme als zur N-Verwertung. Für den Anbau unter ökologischen Bedingungen ist es von Vorteil, sowohl die N-Aufnahme in die Pflanze als auch die Verwertung des aufgenommenen Stickstoffs zu verbessern. Die bei Triticale gewonnenen Erkenntnisse können auf die beiden Elternarten Weizen und Roggen übertragen werden.

5. Gegenüberstellung der ursprünglichen geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Die geplanten Ziele konnten erreicht werden. Es traten keine unvorhergesehenen Ereignisse ein, welche die Durchführung des Projektes behinderten oder verzögerten.

Auf Basis der in diesem Projekt durchgeführten Untersuchungen konnten erste Aussagen bezüglich einer geeigneten Zuchtstrategie zur Verbesserung der N-Effizienz unter ökologischen Anbaubedingungen getroffen werden. Die Untersuchungen zur Bedeutung der Komponenten der N-Effizienz ergab, dass die Auslese in Zukunft sowohl die N-Aufnahme als auch die N-Verwertung berücksichtigen sollte. Weitergehende Untersuchungen sollten sich daher mit den dafür verantwortlichen Stoffwechselprozessen befassen und diese mit pflanzenphysiologischen Methoden näher charakterisieren.

Nicht nur die Gesamtmenge an Protein, sondern die Proteinzusammensetzung, insbesondere der Anteil von essentiellen Aminosäuren, spielt bei der Gestaltung von Futtermitteln eine große Rolle. Da Triticale als proteinreiches Tierfutter im Ökologischen Anbau eingesetzt wird, wäre es sinnvoll, die Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen dem Proteingehalt und dem Aminosäuregehalt bzw. der Aminosäurezusammensetzung bei Triticale zu erweitern. Dabei sollte der Frage nachgegangen werden, ob es einen Zusammenhang zwischen einer verbesserter N-Effizienz und einem erhöhten Anteil an essentiellen Aminosäuren gibt.

6. Literatur

- Anscombe, F.J., and J.W. Tukey. 1963. The examination and analysis of residuals. *Technometrics* 5:141-160.
- Atlin, G.N., R.J. Baker, K.B. McRae, and X. Lu. 2000. Selection response in subdivided target regions. *Crop Sci.* 40:7-13.
- Bänziger, M., F.J. Betran, and H.R. Lafitte. 1997. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. *Crop Sci.* 37:1103-1109.
- Baresel, J.P., H.J. Reents und G. Zimmermann. 2003. Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung der N-Effizienz bei Weizen im Ökologischen Landbau. p 37-40. In: Freyer, B. (ed.) Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau – Ökologischer Landbau der Zukunft, 24.-26. Februar 2003, Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich.
- BLE. 2003. Triticaleanbau. <http://www.oekolandbau.de>.
- Cochran, W.G., and G.M. Cox. 1957. *Experimental Designs*. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc., London, New York.
- Engels, C., and H. Marschner. 1995. Plant uptake and utilization of nitrogen. p 41-81. In: P.E. Bacon (ed.) *Nitrogen fertilization in the environment*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Hartmann, A. 1997. Untersuchungen zur genetischen Variation von Winterroggen unter ortsüblicher und verringerter Stickstoffversorgung. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Harrer, S. und H.F. Utz. 1990. Modellstudie zur Züchtung von Low-Input-Sorten am Beispiel des Mais. p 9-19. In: Arbeitstagung der „Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter“ innerhalb der Vereinigung der österreichischen Pflanzenzüchter, Gumpenstein, 20.-22. Nov. 1990. Gumpenstein, Österreich.
- Lafitte, R., and G.O. Edmeades. 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize I-III. *Field Crops Res.* 39:1-38.
- Landbeck, M. 1995. Untersuchungen zur genetischen Verbesserung der Anbaueignung von Körnermais unter Produktionsbedingungen mit verringerter Stickstoffversorgung. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Maidl, F.X., M. Klemisch und G. Wenzel. 2000. Untersuchungen zur genotypischen Variation der N-Effizienz von Wintergerste. p 85-96. In: Möllers, C. (ed.) *Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Initiativen zum Umweltschutz 21*. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co, Berlin.
- Moll, R.H., E.J. Kamprath, and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74:562-564.
- Oettler, G. 1996. Variation and covariation of agronomic traits and quality in Triticale at low nitrogen input. *Plant Breeding* 115:445-450.
- Ortiz-Monasterio, J.I., K. D. Sayre, S. Rajaram, and M. McMahon. 1997. Genetic Progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. *Crop Sci.* 37:898-904.
- Presterl, T. 1996. Schätzung von Populationsparametern zur Optimierung der Züchtung auf verbesserte Stickstoffeffizienz bei Mais. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Sattelmacher, B., W.J. Horst, and H.C. Becker. 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 157:215-224.
- Schinkel, B. 1991. Untersuchungen zur nutzbaren genetischen Variation für Stickstoffeffizienz bei Winterweizen. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Snedecor, G.W., and W.G. Cochran. 1980. *Statistical Methods*. 7th Edition. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- Thiemi, E.M. 2002. Untersuchungen zur Bedeutung der Stickstoffeffizienz für die Ertragssicherheit bei Mais. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Tillmann, P. 1996. Kalibrationsentwicklung für NIRS-Geräte. Cuvillier Verlag Göttingen.
- Utz, H.F. 2004. PLABSTAT Version 3Awin. Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Wiren von, N., S. Gazzarini, and W.B. Frommer. 1997. Regulation of mineral uptake in plants. *Plant Soil* 196:191-199.

- Wlcek, S. und W. Zollitsch. 2003. Rohprotein- und Aminosäuregehalte von Winterweizen und Triticale aus Biologischem Anbau. p 269-272. In: Freyer, B. (ed.) Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau – Ökologischer Landbau der Zukunft, 24.-26. Februar 2003, Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich.
- Wricke, G., and W.E. Weber. 1986. Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Aus dem vorliegenden Projekt sind folgende Publikationen erstellt worden:

- Thiemt, E.M., V. Merditaj, V. Hahn und T. Miedaner. 2005. Züchtungsforschung für den Ökologischen Landbau an der Landessaatzuchtanstalt Hohenheim – Roggen, Triticale und Sonnenblumen. In: Heß, J. und G. Rahmann. Ende der Nische – Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005, 245-248.
- Thiemt, E.M. 2005. Triticale with improved nitrogen-use efficiency for organic farming. *In*: Lammerts van Bueren, E.T., I. Goldringer, and H. Østergård (Eds.) Organic Plant Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers. Proceedings of the COST SUSVAR /ECO-PB Workshop, 17-19 January 2005, Driebergen, The Netherlands, 95.
- Miedaner, T., V. Merditaj, E.M. Thiemt, V. Hahn. 2005. Entwicklung spezifischer Zuchtziele für den Ökologischen Landbau bei Getreide und Sonnenblumen. Landwirtschaftlicher Hochschultag 8. Juni 2005, Universität Hohenheim. Landinfo 4/2005:25-30.