BÖL

Bundesprogramm
Ökologischer
Landbau

Die Sonnenblume - eine Eiweißpflanze für den Ökologischen Landbau?

Increasing the protein content of sunflowers for organic farming

FKZ: 03OE599

Projektnehmer:
Universität Hohenheim
Landessaatzuchtanstalt (720)
Fruwirthstrasse 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 7852 9188-17
Fax: +49 7852 9188-14
E-Mail: Vhahn@uni-hohenheim.de
Internet: https://www.uni-hohenheim.de/

Autoren:
Hahn, Volker

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

Dieses Dokument ist über http://forschung.oekolandbau.de unter der BÖL-Bericht-ID 14974 verfügbar.

Aktenzeichen: 514-43.10/03OE599

Projekt:

03OE599

Die Sonnenblume - eine Eiweißpflanze für den Ökologischen Landbau?

Durchgeführt von:

Universität Hohenheim

Landessaatzuchtanstalt

Laufzeit:

01.04.2004 – 31.12.2006

Schlussbericht

Stand: 23.12.2006

Projektleiter:
Dr. V. Hahn
Landessaatzuchtanstalt
Versuchsstation
77731 Willstätt

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Gesamtziel des Vorhabens
Das Ziel des Vorhabens war die Erweiterung der Kenntnisse über die Vererbung des Proteingehalts bei Sonnenblumen um damit die Pflanzenzüchtung in die Lage zu versetzen, Sonnenblumen züchten zu können, die einen hohen Proteinertrag leisten, wenn sie unter ökologischen Bedingungen angebaut werden.

Wissenschaftliche und /oder technische Arbeitsziele des Vorhabens
Die Sonnenblume ist die wichtigste ölliefernde Pflanze im Öko-Landbau. Ihre Samen enthalten neben einem hohen Fettgehalt auch einen beachtlichen Anteil an Eiweiß. Der nach der Fettextraktion zurückbleibende Sonnenblumenkuchen wird deshalb als hochwertiges Eiweißfuttermittel eingesetzt. In der Sonnenblumenzüchtung für den konventionellen Anbau ist die Steigerung des Fettgehalts eines der wichtigsten Zuchtziele. Die Erhöhung des Fettgehalts senkt im allgemeinen jedoch den Proteingehalt. Da die Versorgung mit Eiweißfuttermitteln für den ökologischen Landbau wesentlich schwieriger ist als für die konventionelle Landwirtschaft, wäre es für den ökologischen Landbau wichtig, Sonnenblumen anbauen zu können, die neben einem möglichst hohen Fettertrag auch einen hohen Proteinertrag aufweisen.

Bevor die Pflanzenzüchtung beginnen kann, beide Zuchtziele gleichrangig zu bearbeiten, müssen jedoch noch grundlegende Fragen beantwortet werden.

Ziel des Projektes war es deshalb, die Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Protein- und Fettgehalt von Sonnenblumen, die auf anerkannt ökologischen Flächen angebaut werden, zu erweitern. Für die Pflanzenzüchtung interessiert insbesondere die Frage nach der genetischen Variation und der Genotyp-Umwelt-Interaktion beider Merkmale und der Beziehung zwischen den beiden Merkmalen.

Durch unsere Untersuchungen erwarteten wir, die folgenden Fragen klären zu können:

- Wie groß sind die Unterschiede im Fett- und Proteingehalt von ökologisch angebauten Sonnenblumeninzuchtlinien?
- Wie hoch ist der züchterisch nutzbare Anteil der Variation beider Merkmale?
- Wie groß sind die Unterschiede im Fett- und Proteingehalt der mit den Linien erzeugten Testhybriden?
- Wie hoch ist die züchterisch nutzbare allgemeine Kombinationsfähigkeit der Qualitätsmerkmale?
- Spielt die Heterosis für den Fett- und Proteingehalt von ökologisch angebauten Sonnenblumenhybriden eine Rolle?
- Wie eng ist die Beziehung zwischen Fettgehalt und Proteingehalt der Linien und Testhybriden unter den speziellen Bedingungen des ökologischen Landbaus?

Nach der Beantwortung der oben gestellten Fragen sollte abgeleitet werden, wie die Pflanzenzüchtung vorgehen muss, um qualitativ hochwertige Sonnenblumen für den ökologischen Landbau zu züchten, die neben einem hohen Ölertrag auch einen hohen Proteinertrag aufweisen. Damit unterstützte das dargestellte Forschungsvorhaben das Ziel "Produktivitätsfortschritt durch Verbesserung der Produktqualität und der Begrenzung des Aufwands" des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Aus dem der LSA zur Verfügung stehenden Linienmaterial diverser Herkunft wurden zu Beginn des Jahres 2004 Inzuchtlinien mit unterschiedlichen agronomischen Eigenschaften und

unterschiedlichen Fettgehalten ausgewählt. Diese wurden an der FH Hannover auf ihren Proteingehalt untersucht. Linien, die sich hinsichtlich ihres Fett- und Proteingehalts unterschieden, wurden 2004 vermehrt und 2004 und 2005 faktoriell miteinander gekreuzt, um Testhybriden zu erhalten. In den Jahren 2005 und 2006 wurden die Testhybriden und die Elternlinien zusammen mit Standardhybridsorten und der einzigen zugelassenen Populationssorte angebaut. Die Leistungsprüfungen werden an drei Orten mit jeweils drei Wiederholungen durchgeführt. Neben dem Samenertrag und dem Trockensubstanzgehalt wurden an der FH Hannover die Fett- und Proteingehalte der geernteten Proben bestimmt. Mit dem an der Universität Hohenheim entwickelten Statistikpaket 'Plabstat' (Utz, 2001) wurden zuerst die einzelnen Orte und Jahre und anschließend alle Umwelten gemeinsam verrechnet.

1.2 Stand der Wissenschaft und Technik

Die Nachfrage und die Produktion von Mastgeflügel, Legehennen und Mastschweinen nimmt im ökologischen Landbau stetig zu. Damit erhöht sich auch der Bedarf an Eiweißfuttermitteln. Im allgemeinen werden Leguminosen zur Deckung des Proteinbedarfs angebaut. Zusammen mit den Leguminosen im Futterbau werden jedoch in vielen Betrieben bereits Leguminosenanteile von bis zu 50 % erreicht. Dieser Anteil kann u. a. aus phytosanitären Gründen nicht mehr gesteigert werden, da sonst unbeherrschbare Probleme mit bodenbürtigen Auflauf- und Keimlingskrankheiten provoziert werden (von Tiedemann, 2002). Deshalb ist es erforderlich, weitere proteinliefernde Pflanzen für den Öko-Landbau zu etablieren.

Eine Möglichkeit, proteinreiche Futtermittel zu erzeugen, ist der Anbau von Ölpflanzen. In Deutschland ist die derzeit wichtigste ölliefernde Pflanze im Öko-Landbau die Sonnenblume (W. Vogt-Kaute zit. in von Tiedemann, 2002). Neben Ölgehalten von bis zu 50 % enthalten ungeschälte Sonnenblumensamen zwischen 9 und 25 % Protein. Werden die Samen geschält, erhöht sich der Gehalt auf bis zu 40 %. Das entfettete Sonnenblumenschrot enthält, je nachdem ob die Samen vor der Fettextraktion geschält wurden oder nicht, zwischen 28 und 40 % Protein (Dorrell und Vick, 1997).

In der Literatur sind Fütterungsversuche beschrieben, die belegen, dass Sonnenblumenschrot bei der Mast von Schweinen (Defa *et al.* 2000, Cortamira *et al.* 2000) oder Broilern (Furlan *et al.* 2001) gut eingesetzt werden kann und sich auch sehr gut für die Fütterung von Milchkühen eignet (Bargo *et al.* 2001, Pavan und Santini, 2002). Auch ein einjähriger Exakt-Fütterungsversuch von Legehennen war bei der Verfütterung eines hohen Anteils an Sonnenblumenkuchen erfolgreich (Vogt-Kaute, mündl. Mitt.).

Die Steigerung des Fettgehalts von Sonnenblumensorten ist in der Sonnenblumenzüchtung ein hochrangiges Zuchtziel. Bei einem Vergleich von in Argentinien zugelassenen Sonnenblumensorten von 1935 bis 1995 wurde ermittelt, dass der Fettgehalt der geschälten Samen von 58 auf 70 % gesteigert werden konnte. Dadurch verringerte sich der Proteingehalt von 23 auf 13 % (Lopez Pereira *et al.*, 2000). In Studien wurde nachgewiesen, dass die Öl- und Proteingehalte von Sonnenblumensamen negativ korreliert sind; allerdings sind auch Ausnahmen beschrieben, die es ermöglichen könnten, den Proteingehalt zu steigern, ohne dass der Fettgehalt sinkt (Miller und Fick, 1997). Wie die Beziehung zwischen Protein- und Fettgehalt unter den gering mit Stickstoff versorgten Böden des ökologischen Landbaus ist, wurde bislang nicht untersucht. Die Frage ist auch deshalb sehr interessant, da der Proteingehalt der Sonnenblumensamen stark von der Umwelt beeinflusst wird und Genotyp-Umwelt-Interaktionen auftreten (Stanojevic *et al.* 1992, Nel *et al.*, 2000).

Die nasschemische Bestimmung des Proteingehalts von Sonnenblumensamen ist relativ aufwändig und langwierig. Seit kurzem steht jedoch auch für die Proteinbestimmung an Sonnenblumen die Technik der Nahinfrarot-Spektroskopie zur Verfügung. Am Fachbereich Bioverfahrenstechnik der Universität Hannover (Arbeitsgruppe Prof. Biskupek) wurden hierzu

Kalibrationen erstellt. Damit läßt sich eine Probenanzahl in der Größenordnung bestimmen, wie sie für das vorgestellte Projekt notwendig ist. Die Proteinbestimmungen für das vorliegende Forschungsvorhaben wurden deshalb an die Universität Hannover als Auftrag vergeben.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial

Von 235 Sonnenblumeninzuchtlinien wurde 2004 der Proteingehalt bestimmt. Aus diesem Material wurden 7 Linien mit cytoplasmatischer männlicher Sterilität (CMS-Linien), 2 Linien die dem Maintainerpool der Sonnenblume zuzurechnen sind, 5 Linien, die aus dem Restorerpool der Sonnenblume stammen (R-Linien) und 9 Linien, deren Zugehörigkeit zu Maintainer- bzw. Restorerpool nicht geklärt ist (U-Linien) selektiert. Zur Erstellung der Testhybriden wurden die B-, R- und U-Linien als Pollenspender und die CMS-Linien als Mütter genutzt. Die Testhybriden wurden 2004 und 2005 sowie im Winterzuchtgarten 2004/2005 erstellt.

Tab. 1: Ausgangsmaterial zur Erstellung der Testhybriden

Pool	Pedigree	Pool	Pedigree
CMS	54-4-A	Maintainer	BE99-731
	54-9-A		SWS-B-02
	HA406-A	Unbekannt	HA-VIR-230
	NDBLOS-A		NS4/4
	SWS347-A		ND02
	HA89-A		ANO1509-2
	AE305		G6
Restorer	US3		RG96-407
	RHA389		IPZ-B-03
	NDRLOS		IPZ-B-09
	SWS18		TUB-1789
	RHA395		

2.2 Leistungsprüfungen

Die Leistungsprüfungen der Testhybriden und Elternlinien wurden 2005 und 2006 an den 3 Orten Rheinau-Honau (Naturland-Betrieb), Fautenbach (Bioland-Betrieb) und Klein-Hohenheim (Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischer Landbau der Universität Hohenheim) durchgeführt. Die jeweiligen Saat- und Erntezeitpunkte sind in Tabelle 2 angegeben. Die Versuche in Honau 2005 konnten wegen zu starker Schädigung durch Schneckenfraß nicht ausgewertet werden.

Tab. 2: Aussaat- und Erntezeitpunkte der Leistungsprüfungen

Jahr	2005			2006		
Ort	Klein-Hohenheim	Honau	Fautenbach	Klein-Hohenheim	Honau	Fautenbach
Saat	15. April	13. April	14. April	20. April	21. April	21. April
Ernte	23. Sept	-	23. Sept.	10. Okt.	29. Sept.	30. Sept.
Vegetationstage	161		162	173	161	162

Die 105 erstellten Testhybriden wurden in zwei Leistungsprüfungen aufgeteilt: In LP561 wurden als Tester die cms-Linien 54-4A, 54-9A und HA406-A, in LP562 die Tester NDBLOS-A, SWS347-A, HA89-A und AE305 verwendet. Als Standards wurden in beiden Prüfungen die Hybriden Sanluca, Heliaroc, Jazzy und Salut sowie die Populationssorte Helena verwendet. Die

Sorte Jazzy wurde in 2006 aufgrund mangelnder Verfügbarkeit ungebeizten Saatguts durch die Sorte Tandem ersetzt. Versuchsanlage von LP561 war ein 10x5 Alpha-Design mit 3 Wiederholungen, LP562 wurde als 13x5 Alpha-Design mit 3 Wiederholungen angelegt. Die 25 Elternlinien wurden in einem 5x5 Gitter mit 3 Wiederholungen geprüft. Die Parzellengröße betrug 7,5 m². In 2005 wurden die Parzellen vierreihig gesät. Da dies jedoch zu Problemen bei der Unkrautbekämpfung und der Ernte führte, wurden die Parzellen 2006 zweireihig ausgesät. Die Parzellen wurden mit doppelter Saatstärke gesät und nach dem Auflaufen vereinzelt. Die Unkrautbekämpfung wurde maschinell und von Hand durchgeführt. Nach der Blüte wurden die Versuche eingenetzt, um Vogelfraß zu vermeiden. Die Parzellen wurden mit einem Parzellenmähdrescher geerntet. Das Frischgewicht der Parzelle wurde direkt auf dem Mähdrescher erfasst. Der Trockensubstenzgehalt wurde an Ernteproben durch Trocknung bei 60°C für 48 h ermittelt.

2.3 Bestimmung des Protein- und Fettgehalts

Protein und Fettgehalt wurden mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) an der Fachhochschule Hannover ermittelt. Verwendet wurde ein INFRATEC 1241 GRAIN ANALYZER der Firma Foss; der Wellenlängenbereich lag zwischen 850 und 1050 nm. Vor der Messung wurden die Proben mit einer Petra Electric M85.00-Mühle für 3x5 sec gemahlen. Zur Erstellung bzw. Verbesserung der Kalibrationen wurde ein Teil der Proben mittels nuklear magnetischer Resonanz (NMR) auf ihren Fettgehalt und mit der Untersuchung nach Dumas auf ihren Proteingehalt untersucht. Mit dem Programm WinISI II 1.04 (Infrasoft International) wurde der Protein- und Fettgehalt geschätzt.

2.4 Statistische Auswertung

Mit den Daten der einzelnen Umwelten wurde eine Gitteranalyse durchgeführt. Die Mittelwerte wurden auf Ausreißer getestet und adjustiert. Die adjustierten Mittelwerte und die effektiven Fehlermittelwerte wurden für die zusammenfassende Analyse zur Schätzung der Varianzkomponenten und der Korrelationskoeffizienten verwendet. Alle Effekte wurden als zufällig betrachtet. Um den Anteil der genetischen Varianz (σ^2_g) an der phänotypischen Varianz (σ^2_p) zu bestimmen, wurden die Heritabilitätsschätzwerte (h^2) nach Hallauer und Miranda (1981) bestimmt. Weiterhin wurde für jeden Testkreuzungssatz eine kombinierte Varianzanalyse durchgeführt um die Varianzkomponenten für die Linien (σ^2_L), Linien x Tester Interaktionen (σ^2_{LT}) Linien x Umweltinteraktionen (σ^2_{LE}), und Linien x Tester x Umweltinteraktionen (σ^2_{LTE}) zu schätzen. Hierfür wurden die beiden Leistungsprüfungen LP561 und LP562 gepoolt, nachdem mit dem Fmax –Test nachgewiesen war, dass sich die Fehlervarianzen für die untersuchten Merkmale beider Leistungsprüfungen nicht unterschieden. Die Heterosis wurde als Differenz zwischen F_1-Hybride und Elternmittelwert geschätzt.
Die Verrechnungen wurden mit dem Statistik-Paket PLABSTAT (Utz, 2001) durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Ausgangsmaterial

Die untersuchten Linien variierten in ihren Proteingehalten bei einem Mittelwert von 26,6 % zwischen 12,0 % und 41,5 %. Die Häufigkeitsverteilungen der Proteingehalte des Ausgangsmaterials und der daraus selektierten Elternlinien sind in den Abbildungen 1 und 2 gezeigt.

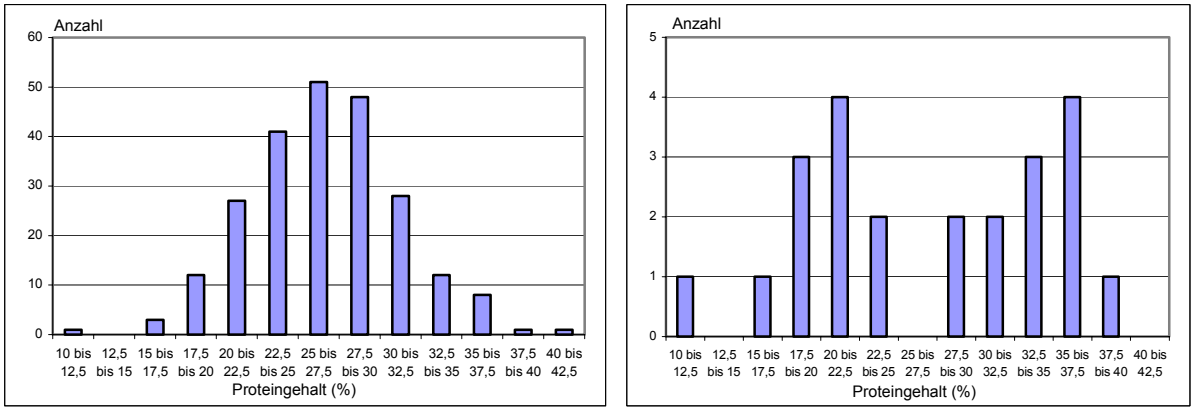


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung für das Merkmal Proteingehalt, links: gesamtes Ausgangsmaterial, rechts: selektierte Sonnenblumenlinien.

3.1.2 Leistungsprüfungen

3.1.2.1 Variation und Mittelwerte

3.1.2.1.1 Umwelten

Klein-Hohenheim war im Mittel in beiden Jahren mit fast 25 dt/ha Samenertrag der ertragreichste Standort, gefolgt von Fautenbach mit ca. 20 dt/ha. Honau fiel mit im Mittel weniger als 15 dt/ha gegenüber diesen Standorten deutlich ab (Abb. 2). Dies führte dazu, dass auch die vom Samenertrag abhängigen Merkmale Fettertrag und Proteinertrag in Honau deutlich geringer waren als in Fautenbach und Klein-Hohenheim. Die Erklärung dafür ist, dass Honau gegenüber den beiden anderen Standorten deutlich sandigere und flachgründigere Böden aufweist.

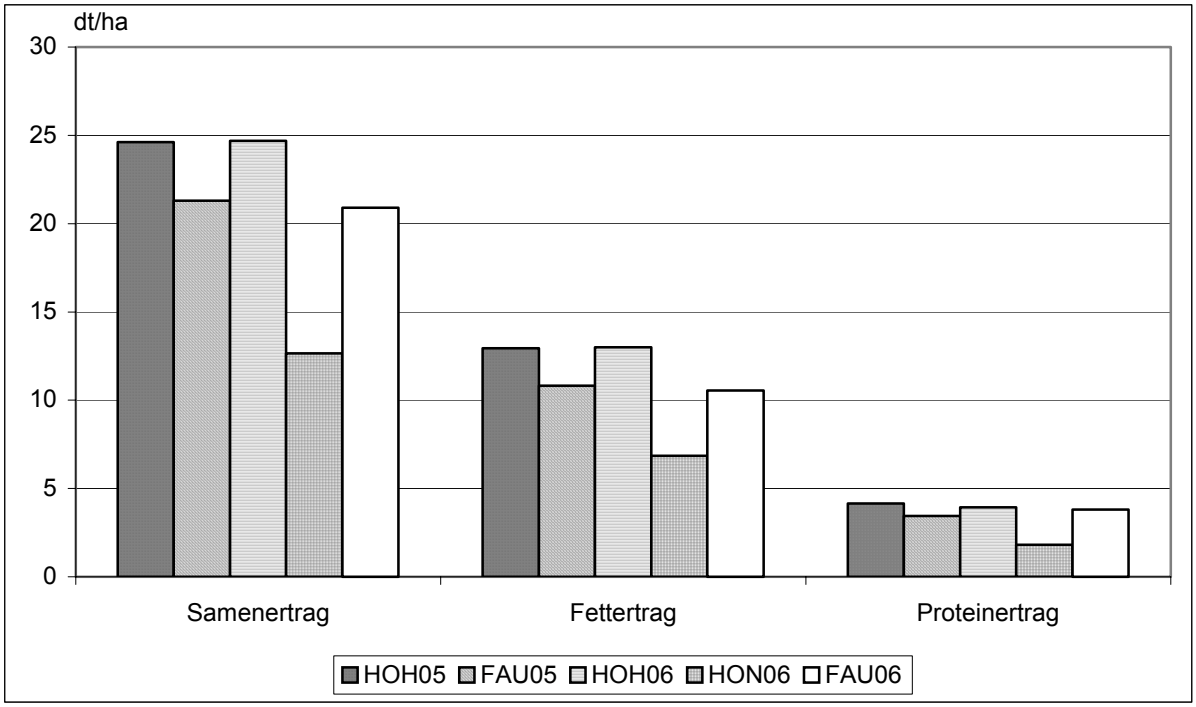


Abb. 2: Mittelwerte der Hybriden für Samenertrag, Fettertrag und Proteinertrag für die fünf untersuchten Umwelten; HOH = Klein Hohenheim, FAU= Fautenbach, HON = Honau.

3.1.2.1.2 Prüfglieder

Die Mittel-, Minimum- und Maximum-Werte der Hybriden, Checks, der Populationssorte und der Elternlinien für die Merkmale Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Fettgehalt und Proteingehalt sind in Tabelle 3 dargestellt, die dazugehörigen Einzelwerte finden sich im Anhang. Die Populationssorte war den Hybriden in den meisten Merkmalen unterlegen. Nur im Proteingehalt erreichte sie das Niveau der Hybriden. Auffällig war der sehr hohe Fettgehalt der Testhybriden und Checks. Dies ist sicherlich zum Teil auf die lange Vegetationsdauer (Tab. 2) und die trockenen, warmen Bedingungen im September beider Jahre zurückzuführen. Dagegen waren die Proteingehalte mit Mittelwerten um 16-17 % relativ gering. Die Linien waren im Ertrag und Fettgehalt deutlich schlechter als die Hybriden, ihre Samen wiesen jedoch höhere Proteingehalte auf. Allerdings wurden die hohen Werte, die im Ausgangsmaterial gefunden wurden (Abb. 1) nicht mehr festgestellt. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass für die Ausgangsuntersuchungen Zuchtgartenmaterial verwendet wurde. Dies wird in den meisten Fällen später gesät und früher geerntet, so dass der Fettgehalt dieses Materials meist geringer ist und dadurch der Proteingehalt relativ höher ist.

Tab. 3: Mittel-, Minimum- und Maximumwerte für die Merkmale Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Fettgehalt und Proteingehalt von LP 561, 562 und 563 an den fünf Umwelten

	Ertrag (dt/ha)			Trockensubstanz gehalt (%)			Fettgehalt (%)			Proteingehalt (%)		
LP/Ort	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
561												
Testhybriden	20,9	15,1	26,6	88,9	88,2	90,5	51,6	49,2	53,4	16,3	15,0	18,1
Checks	27,6	26,6	30,5	90,6	79,8	91,6	51,1	50,0	51,8	16,1	15,9	16,3
Populationssorte	17,9			82,2			43,9			16,0		
LSD 0,05	5,9			2,3			1,5			1,0		
562												
Testhybriden	20,1	10,5	27,1	90,6	88,7	92,3	51,3	48,8	53,1	16,7	15,4	17,9
Checks	24,7	24,1	25,2	90,7	89,9	91,9	51,2	50,1	52,9	16,0	15,5	16,3
Populationssorte	15,3			83,0			43,2			16,7		
LSD 0,05	5,4			1,8			1,7			1,0		
563												
Linien	9,5	1,5	26,9	90,0	67,3	98,1	46,6	41,3	51,1	20,3	16,7	23,1
LSD 0,05	5,1			3,9			3,5			2,6		

3.1.2.2 Varianzkomponenten und Heritabilität

Die Unterschiede zwischen den Hybriden bzw. Linien waren für alle Merkmale bei allen Prüfungen hochsignifikant (P=0,01) (Tabelle 4). Die Genotyp-Umwelt-Interaktion war bei allen Prüfungen für fast alle Merkmale hochsignifikant (P=0,01) und lag im Bereich der Genotyp-Varianz oder darüber. Dies bedeutet, dass bei einer Selektion auf diese Merkmale immer die Ergebnisse von mehreren Orten herangezogen werden müssen. Die Heritabilitäten variierten zwischen 52,4 % und 89,9 %. Der Ertrag war das Merkmal mit der geringsten Heritabilität, gefolgt vom Fettgehalt, Proteingehalt und Trockensubstanzgehalt.

Tab. 4: Varianzkomponenten für die Merkmale Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Fettgehalt und Proteingehalt der Leistungsprüfungen LP561, LP562 und LP563 (5 Umwelten).

Varianzursache	Ertrag (dt/ha)	Trockensubstanz-gehalt (%)	Proteingehalt (%)	Fettgehalt (%)
LP561				
Umwelten	17,48**	4,75**	1,631**	2,589**
Hybriden	4,93**	5,80**	0,299**	0,616**
UmweltenxHybriden	13,17**	1,08**	0,217**	0,580**
Fehler	39,50	6,54	1,088	2,560
Heritabilität (%)	52,4	89,9	72,0	68,2
LP562				
Umwelten	30,20**	7,21**	3,165**	4,368**
Hybriden	9,67**	0,73**	0,338**	0,623**
UmweltenxHybriden	5,59**	0,61**	0,074**	0,236 ns
Fehler	36,65	4,14	1,500	4,502
Heritabilität (%)	72,01	64,71	74,7	64,2
LP563				
Umwelten	8,81**	6,34**	2,542**	5,405**
Linien	7,85**	5,19**	1,368**	2,666**
UmweltenxLinien	12,71**	5,04**	0,996**	2,006**
Fehler	11,66	13,90	2,946	4,572
Heritabilität (%)	70,3	72,9	77,6	70,3

ns nicht signifikant; *, ** P = 0,05, P = 0,01

3.1.2.3 Generelle und Spezifische Kombinationsfähigkeit

Die Varianzen der generellen Kombinationsfähigkeit (gca) waren für die Qualitätsmerkmale in fast allen Fällen hochsignifikant (P=0,01). Für die Ertragsmerkmale waren sie nur für die Mütter, jedoch nicht für die Väter signifikant. Die Varianzen der spezifischen Kombinationsfähigkeit (sca) waren für alle Merkmale hochsignifikant und übertrafen die Varianzen der gca meist deutlich. Auch die Varianzen der Interaktionen der gca mit den Orten war höher als die gca-Varianzen.

Tab. 5: Varianzkomponenten für die Merkmale Ertrag, Trockensubstanzgehalt, Fettgehalt, Proteingehalt, Proteinertrag und Fettertrag bestimmt aus der kombinierten Analyse von 105 Sonnenblumenhybriden, die an 5 Umwelten getestet wurden.

Varianzursache	Samen ertrag (dt/ha)	Trocken-substanz-gehalt (%)	Protein-gehalt (%)	Fett-Gehalt (%)	Protein-ertrag (dt/ha)	Fett-ertrag (dt/ha)
Gca (Mütter)	0,80*	0,21**	0,02**	0,01ns	0,02*	0,23**
Gca. (Väter)	0,29ns	0,29**	0,04**	0,10**	0,01ns	0,02ns
Sca	2,08**	0,59**	0,06**	0,10**	0,05**	0,63**
Umwelt	6,08**	1,52**	0,62**	0,90**	0,23**	1,57**
Umwelt x gca (Mütter)	1,22*	0,11**	0,01	0,03**	0,03*	0,38**
Umwelt x gca (Väter)	1,01**	0,23**	0,03**	0,09ns	0,02**	0,40**
Umwelt x sca	17,03	1,99	0,51	1,41	0,45	4,82

ns nicht signifikant; *, ** P = 0,05, P = 0,01

3.1.2.4 Heterosis

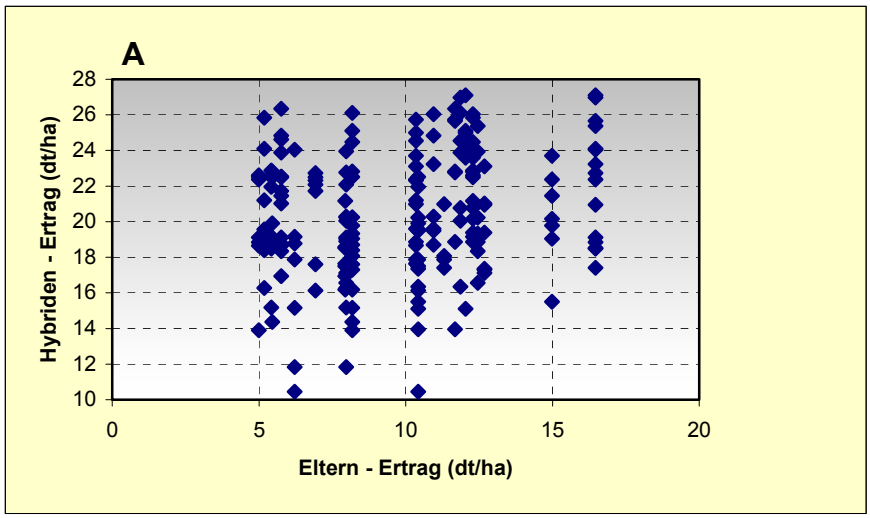
Wie erwartet war die relative Heterosis für den Ertrag sehr hoch mit einem Mittelwert von 120 % und Maximalwerten von über 300 % (Tabelle 6). Auch der Fettgehalt wies eine positive relative Heterosis von im Mittel 9,3 % mit einem Maximalwert von 14,8 % auf. Dagegen wurde für den Proteingehalt keine positive Heterosis geschätzt, die Proteingehalte des Elternmittels wurden in keiner der Hybriden erreicht.

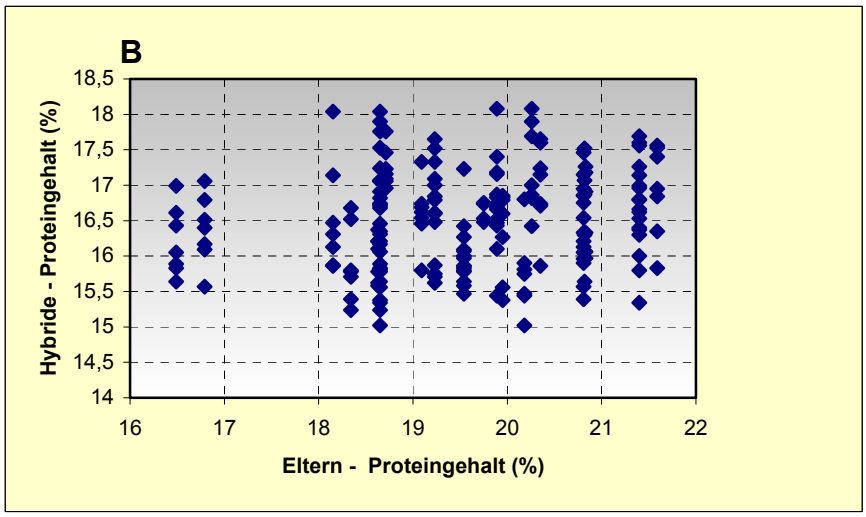
Tab. 6: Mittel-, Minimum- und Maximumwerte für die geschätzte relative Heterosis der Merkmale Ertrag, Fettgehalt und Proteingehalt von 105 Sonnenblumenhybriden, ermittelt an fünf Umwelten.

	Ertrag			Fettgehalt			Proteingehalt		
LP/Ort	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Relative Heterosis (%)	120	22	303	9,3	2,1	14,8	-15,5	-23,4	-2,0

3.1.2.5 Beziehung zwischen Elternleistung und Hybridleistung

Zwischen der Elternleistung und der Hybridleistung wurde für die Merkmale Samenertrag, Proteingehalt und Fettgehalt keine engere Beziehung gefunden (Abbildung 3). Das heißt, das auf diese Merkmale nicht auf Elternniveau gezüchtet werden kann; die Leistung der Hybriden kann nicht durch die Leistung der Eltern vorhergesagt werden.





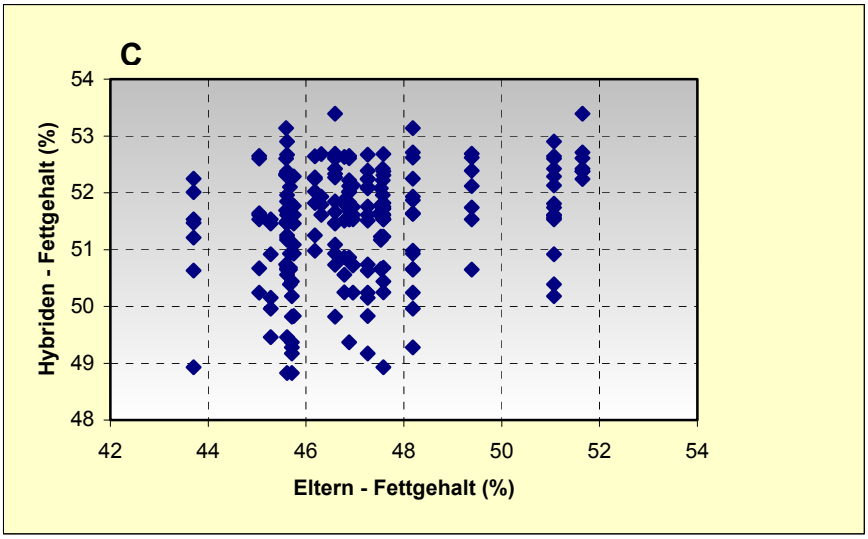


Abb. 3: Beziehung zwischen Elternlinien und Hybriden für den (A) Samenertrag, (B) Proteingehalt und (C) Fettgehalt ermittelt an 5 Umwelten.

3.1.2.6 Merkmalskorrelationen

Für die Hybriden wurde eine enge Beziehung zwischen dem Samenertrag und dem Proteinertrag und dem Samenertrag und dem Fettertrag gefunden (Tabelle 7). Während zwischen dem Samenertrag und dem Fettgehalt keine Beziehung bestand, wurde eine negative Korrelation zwischen dem Samenertrag und dem Proteingehalt ermittelt. In Abbildung 4B ist erkennbar, dass es allerdings auch oberhalb eines Ertrags von 25 dt/ha Unterschiede zwischen den Proteingehalten der Hybriden um bis zu 2 % ermittelt wurden; umgerechnet bedeutet dies eine Differenz um bis zu 600 kg Protein, die je ha mehr geerntet werden kann.
Der Fettgehalt und der Proteingehalt wiesen die erwartete negative Korrelation (r=-0,48**) auf. In Abbildung 4A ist jedoch zu sehen, dass die Beziehung nur für sehr hohe Fettgehalte über 51 % negativ ist. Unter 51 % Fettgehalt ist keine Beziehung zwischen Fettgehalt und Proteingehalt zu erkennen. Die Beziehung zwischen Proteinertrag und Fettertrag ist mit r=0,93** relativ eng. Es gibt jedoch keine Hybride, die sowohl den höchsten Fettertrag als auch den höchsten Proteinertrag aufweist.
Für die Linien wurde eine starke negative Beziehung (r=-0,70**) zwischen dem Proteingehalt und dem Fettgehalt ermittelt (Abb. 5).

Tab. 7: Phänotypische Korrelationen zwischen sechs Merkmalen bestimmt aus der kombinierten Analyse von 105 Sonnenblumenhybriden, die in 5 Umwelten getestet wurden.

Merkmal	Trocken-substanz-gehalt (%)	Protein-gehalt (%)	Fett-gehalt (%)	Protein-ertrag (dt/ha)	Fett-ertrag (dt/ha)
Samenertrag (dt/ha)	-0,2**	-0,49**	0,15^{ns}	0,96**	0,96**
Trockensubstanzgehalt (%)		0,13^{ns}	-0,04^{ns}	-0,21*	-0,18*
Proteingehalt (%)			-0,48**	-0,29**	-0,52**
Fettgehalt (%)				0,05^{ns}	0,32**
Proteinertrag (dt/ha)					0,93**

ns nicht signifikant; *, ** P = 0,05, P = 0,01

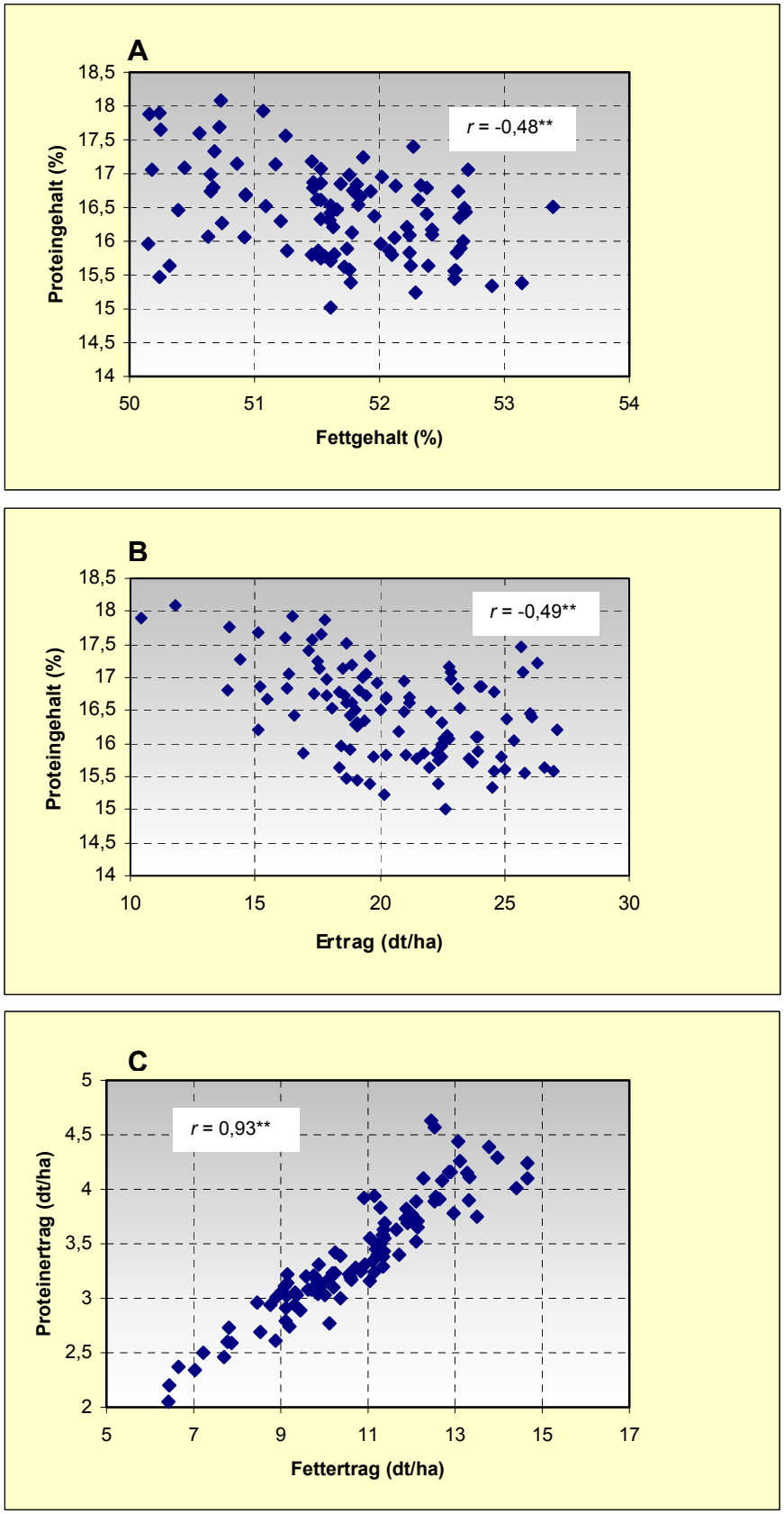


Abb. 4: Beziehung zwischen (A) Protein- und Fettgehalt, (B) Proteingehalt und Samenertrag und (C) Protein- und Fettertrag für 105 Sonnenblumenhybriden ermittelt an 5 Umwelten.

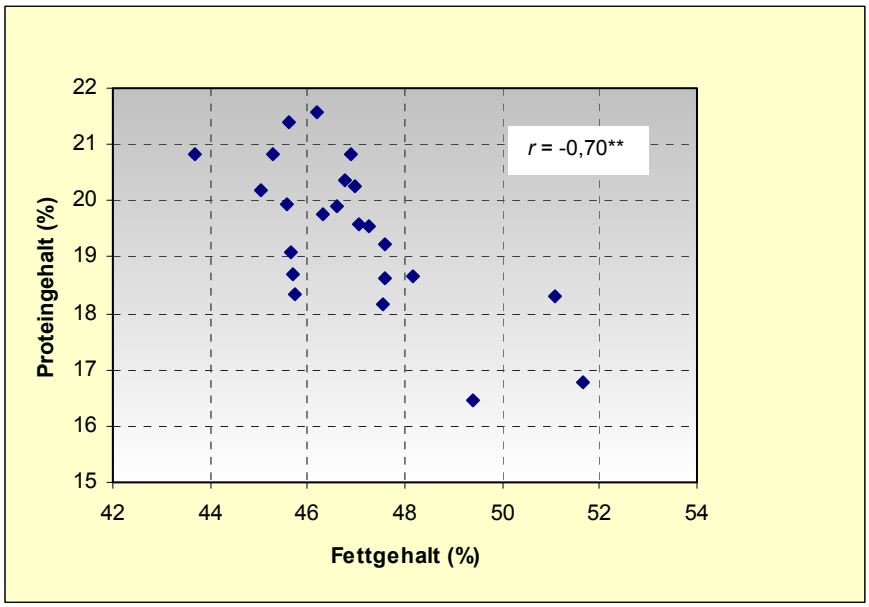


Abb. 5: Beziehung zwischen Protein- und Fettgehalt für 23 Sonnenblumeninzuchtlinien ermittelt an 5 Umwelten.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Da die Versorgung mit Eiweißfuttermitteln für den Ökologischen Landbau wesentlich schwieriger ist als für die konventionelle Landwirtschaft, wäre es für den Ökologischen Landbau wichtig, Sonnenblumen anbauen zu können, die neben einem möglichst hohen Fettertrag auch einen hohen Proteinertrag aufweisen. Die durchgeführte Studie sollte deshalb aufzeigen, ob es der Pflanzenzüchtung möglich ist, beide Ziele gemeinsam verfolgen zu können, um damit für den Ökologischen Landbau Sonnenblumensorten mit hohem Fett- und Proteinertrag zur Verfügung stellen zu können.

Eine Voraussetzung für diese Studie war die Verwendung der Nah-Infrarot-Spektroskopie-Technologie (NIRS) zur Untersuchung des Proteingehalts von Sonnenblumen. Diese Untersuchungen wurden an der Fachhochschule Hannover von der Arbeitsgruppe von Frau Prof. Biskupek durchgeführt. Die Arbeitsgruppe konnte zeigen, dass die Abschätzung wertgebender Inhaltsstoffe bei der Sonnenblume mittels NIRS zuverlässig durchgeführt werden kann (Moschner et al. 2004). Durch die Erweiterung der Kalibration mit dem Material, das in diesem Projekt erzeugt wurde, konnte die Kalibration weiter verbessert werden. Somit steht jetzt eine NIRS-Kalibration für Sonnenblumen zur Verfügung, mit der einfach und schnell der Proteingehalt von Sonnenblumensamen ermittelt werden kann. Dies sollte von der Pflanzenzüchtung und von Seiten der Beratung des Ökologischen Landbaus genutzt werden, um festzustellen, wie stark sich aktuelle Sonnenblumensorten in ihrem Proteingehalt unterscheiden.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, züchterisch den Proteingehalt von Sonnenblumensorten zu steigern, da im Sonnenblumenzuchtmaterial eine signifikante Variation für dieses Merkmal zu finden ist. Die Heritabilität für das Merkmal Proteingehalt war mit ca. 65 % zwar nur moderat, dies ist aber ausreichend, um erfolgreich eine Züchtung auf einen erhöhten Proteingehalt von Sonnenblumen durchführen zu können. Nachteilig ist der große Einfluss, den die Umwelt auf die Ausprägung des Merkmals Proteingehalt besitzt. Da eine bedeutende Interaktion zwischen der Umwelt und dem Genotyp gefunden wurde, muss die Prüfung des Proteingehalts immer an mehreren Standorten stattfinden, was die Züchtung verlangsamt und verteuert. Die Varianzen der gca für den Proteingehalt waren signifikant, das heißt, es ist möglich, mittels rekurrenter Selektion eine Steigerung des Proteingehalts zu erzielen. Erschwert wird dies jedoch dadurch, dass die sca Varianz höher war als die Varianz der gca. Da in unserer

Studie jedoch auch teilweise verwandtes Material verwendet wurde, ist es sehr wahrscheinlich, dass bei einer strikten Einhaltung eines Pool-Konzeptes die sca mittelfristig deutlich reduziert werden könnte, was wiederum die Möglichkeiten der Züchtung von nicht nur proteinreichen sondern auch ertragsstarken Sonnenblumensorten verbessern würde.
Wie erwartet war die Heterosis des Samenertrags der Sonnenblume mit im Mittel über 120 % sehr hoch. Dies erklärt auch, warum die mitgeprüfte Populationssorte 'Helena' im Ertrag deutlich gegenüber den Hybriden zurückblieb. Auch für den Fettgehalt wurde eine positive Heterosis von im Mittel über 9 % ermittelt. Für den Proteingehalt wurde eine negative Heterosis von –15 % geschätzt. Es ist daher nicht möglich, durch die Nutzung geeigneter Kreuzungspartner in Hybriden einen gegenüber den Eltern erhöhten Proteingehalt zu erzielen. Die Höhe des Proteingehalts der Elternlinien sagt nichts darüber aus, wie hoch die Proteingehalte der Hybriden sein werden, da keine enge Beziehung zwischen dem Proteingehalt der Elternlinien und dem Proteingehalt der Hybriden gefunden wurde.
Die Merkmalskorrelationen zeigen, dass eine negative Beziehung zwischen dem Fettgehalt und dem Proteingehalt besteht. Da jedoch bislang in Deutschland kein Zuschlag für besonders ölreiche Samen bezahlt werden, reicht es aus, Hybriden mit bis zu 50 % Fettgehalt anzubauen. Bis zu diesem Bereich gab es bei dem von uns untersuchten Material noch eine deutliche Variation des Proteingehalts. Solange von der Pflanzenzüchtung also keine extrem fettreichen Sonnenblumentypen angestrebt werden, ist es noch möglich, auch den Proteingehalt zu erhöhen.
Der Proteingehalt und der Samenertrag sind negativ korreliert, das heißt, je höher der Samenertrag, desto niedriger der Proteingehalt. Allerdings gab es auch bei den ertragsstärksten Hybriden immer noch deutliche Unterschiede im Proteingehalt von nahezu 2 % bzw. von ca. 600 kg Proteinertrag je ha. Auf diese Variation im Proteinertrag sollte zukünftig im Züchtungsprozess der Sonnenblume für den Ökologischen Landbau vermehrt geachtet werden.
Entscheidend für den Proteinertrag je ha war nach unseren Untersuchungen der Samenertrag. Je höher der Samenertrag umso höher der Proteinertrag. Deshalb sollte die hauptsächliche Bestrebung der Sonnenblumenzüchtung darin liegen, den Samenertrag zu erhöhen. Dies wird automatisch den Proteinertrag je ha steigern, solange nicht gleichzeitig auf einen erhöhten Fettgehalt selektiert wird. Durch die Untersuchung des Proteingehalts neuer Sortenkandidaten mittels NIRS ist es jetzt gleichzeitig möglich, auch einen Selektionsdruck in Richtung Steigerung des Proteingehalts zu erzielen. Dadurch ist es möglich, den Proteinertrag je ha zusätzlich zu steigern.

3.3 Verbreitung der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden auf der Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23. März 2007 in Hohenheim präsentiert. Sie werden zusätzlich der Naturland-Beratung zur Verfügung gestellt. Von Naturland werden die Ergebnisse in einem Mitgliederrundbrief veröffentlicht werden. Weiterhin werden die Ergebnisse den interessierten praktischen Pflanzenzüchtern zur Verfügung gestellt. Der Bericht wird auch als pdf-Datei auf der Homepage der Sonnenblumenseiten der LSA eingestellt.

4. Zusammenfassung

Die Sonnenblume ist die wichtigste ölliefernde Pflanze im Öko-Landbau. Da ihre Samen neben einem hohen Fettgehalt auch einen beachtlichen Anteil an Eiweiß enthalten, sollten in diesem Projekt grundlegende Fragen beantwortet werden, damit die praktische Pflanzenzüchtung Strategien entwickeln kann, um Sonnenblumen mit einem erhöhten Proteingehalt züchten zu können.
Um weitere Kenntnisse über die Vererbung des Proteingehalts von Sonnenblumen zu erhalten wurden 235 Sonnenblumeninzuchtlinien auf ihren Proteingehalt untersucht. Aus diesen Linien wurden 23 Linien mit unterschiedlichen Proteingehalten gewählt, die als Kreuzungseltern von

105 Testhybriden dienten. Die Testhybriden und die Elternlinien wurden in 2 Jahren an insgesamt 5 Umwelten in Leistungsprüfungen getestet. Die Prüfungen wurden ausschließlich auf anerkannt ökologischen Flächen geprüft. Zur Ermittlung des Proteingehaltes wurde die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) verwendet. Am ertragsstärksten Standort wurden im Mittel fast 25 dt Sonnenblumensamen geerntet. Dies entspricht dem Ertragsniveau der konventionellen Landwirtschaft. Der Fettertrag lag bei diesem Standort bei ca. 13 dt/ha, der Proteinertrag bei 4 dt/ha. Am ertragsschwächsten Standort wurde je ungefähr die Hälfte geerntet. Die Linien und die Testhybriden unterschieden sich signifikant für den Samenertrag, Fettgehalt und Proteingehalt. Die Genotyp-Umwelt Interaktion war für alle Merkmale hoch bis sehr hoch. Die Heritabilität variierte zwischen 52 % für den Samenertrag und 80 % für den Proteingehalt. Die Varianzen der generellen Kombinationsfähigkeit (gca) waren für die Qualitätsmerkmale in fast allen Fällen hochsignifikant, für die Ertragsmerkmale traf dies nur teilweise zu. Die Varianzen der spezifischen Kombinationsfähigkeit (sca) übertrafen die Varianzen der gca meist deutlich. Die relative Heterosis für den Ertrag wurde im Mittel auf 120 % geschätzt. Auch für den Fettgehalt wurde eine positive relative Heterosis von im Mittel 9 % geschätzt. Für den Proteingehalt wurde keine Heterosis gefunden. Die Hybriden übertrafen in ihrem Proteingehalt in keinem Fall das Elternmittel. Zwischen der Elternleistung und der Hybridleistung wurde für die Merkmale Samenertrag, Proteingehalt und Fettgehalt keine engere Beziehung gefunden.
Zwischen dem Fettgehalt und dem Proteingehalt der Sonnenblumensamen wurde eine negative Beziehung ermittelt. Diese war für die Linien (r=0,70**) weitaus deutlicher als für die Hybriden (r=0,49**). Die negative Beziehung der beiden Merkmale wurde für die Hybriden allerdings festgestellt bei Hybriden, die einen Fettgehalt von mehr als 51 % aufwiesen. Darunter war keine Korrelation zwischen beiden Merkmalen vorhanden. Die Beziehung zwischen Samenertrag und Fettertrag sowie zwischen Samenertrag und Proteinertrag war sehr hoch.

Zusammengefasst zeigten die Ergebnisse, dass eine züchterisch nutzbare Variation für das Merkmal Proteingehalt von Sonnenblumensamen vorhanden ist. Die hohe Umweltabhängigkeit des Merkmals und seine relativ geringe additive Varianz erschweren allerdings die Züchtung von Sorten mit einem hohen Proteingehalt. Hinzu kommt die negative Korrelation mit dem Fettgehalt. Für den ökologischen Landbau ist jedoch weniger ein hoher Proteingehalt interessant, sondern ein möglichst hoher Proteinertrag je ha. Unsere Untersuchungen zeigen, dass es sinnvoll ist, bei Sonnenblumen auf einen hohen Samenertrag zu züchten. Durch die enge Korrelation des Samenertrags mit dem Proteinertrag wird dadurch auch der Proteinertrag gesteigert. Allerdings sollten von der Sonnenblumenzüchtung für den Ökologischen Landbau keine Typen angestrebt werden, die deutlich mehr als 50 % Fett im Samen aufweisen da dies den Proteinertrag senken würde.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen, Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Die ursprünglich geplante Ziele wurden in vollem Umfang erreicht. Die grundsätzlichen Fragen der Vorgehensweise zur Züchtung von Sonnenblumen zur Verbesserung der Eiweißversorgung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurden geklärt.

Zusätzlicher Forschungsbedarf besteht darin, die Proteinzusammensetzung verschiedener Sonnenblumensorten zu untersuchen um festzustellen, ob es möglich ist, auch die Proteinqualität züchterisch zu beeinflussen. Desweiteren sollten auch vermehrt Fütterungsversuche mit Sonnenblumenpressrückständen unterschiedlicher Sonnenblumensorten durchgeführt werden um eine verbesserte Beratung hinsichtlich des Einsatzes von Sonnenblumen in der Tierfütterung geben zu können.

6. Literatur

Bargo, F., D.H. Rearte, F.J. Santini und L.D. Muller. 2001. Ruminal digestion by dairy cows grazing winter oats pasture supplemented with different levels and sources of protein. Journal of Dairy Science 84, 2260-2272.

Cortamira, O., A. Gallego und S.W. Kim. 2000. Evaluation of twice decorticated sunflower meal as a protein source compared with soybean meal in pig diets. Asian-Australian Journal of Animal Sciences 13, 1296-1303.

Defa, L. G.F. Yi, S.Y. Qiao, C.T. Zheng, X.X. Xu, X.S. Piao, I.K. Han und P. Thacker. 2000. Use of chinese sunflower meal as a nonconventional protein feedstuff for growing-finishing pigs. Asian-Australian Journal of Animal Sciences 13, 666-672.

Dorrell, D.G. und B.A. Vick. 1997. Oilseed sunflower properties and processing. In: A.A. Schneiter (ed.): Sunflower technology and production. Agronomy 35, 709-745.

Furlan, A.C., C. Mantovani, A.E. Murakami, I. Moreira, C. Scapinello und E.N. Martins. 2001. Use of sunflower meal in broiler chicks feeding. Revista Brasileira de Zootecnia 30, 158-164.

Hallauer, AR, and JB Miranda. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa States University Press.

Lopez Pereira, M., N. Trapani und V.O. Sadras. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995: Part III. Dry matter partitioning and grain composition. Field Crops Research 67, 215-221.

Miller, J.F. und G.N. Fick. 1997. The genetics of sunflower. In: A.A. Schneiter (ed.): Sunflower technology and production. Agronomy 35, 441-495.

Moschner, C.R., Rühl, G., und B. Biskupek-Korell. 2004. Abschätzung des Gehalts wertgebender Inhaltsstoffe von Sonnenblumen mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) – Möglichkeiten und Grenzen der Untersuchung intakter Achänen in der Züchtung. Vorträge Pflanzenzüchtung 64, 98-100.

Nell, A.A., H.L. Loubser und P.S. Hammes. 2000. The effect of environment and cultivar on sunflower seed. II. Composition and processing quality. South African Journal of Plant and Soil 17,138-142.

Pavan, E. und F.J. Santini. 2002. Use of sunflower meal or fish meal as protein supplement for high quality fresh forage diets: Ruminal fermentation, microbial protein synthesis and sites of digestion. Animal Feed Science and Technology 101, 61-72.

Stanojevic, D., S. Nedelijkovic und D. Jovanovic. 1992. Oil and protein concentration in seed of diverse high-protein inbred lines of sunflower. In: Proc. 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy. 7-11. September 1992. Int. Sunflower Assoc., Paris, Frankreich, S. 1263-1268.

Utz, H.F. 2001. Plabstat. Ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzenzüchterischen Experimenten, Version 2P. Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik. Universität Hohenheim.

Von Tiedemann. 2002. Arbeitsgruppe Öl- und Eiweißpflanzen – Beiträge und Zusammenfassung der Diskussion. In: Bundessortenamt, Workshop Züchtung für den Ökolandbau. S. 70 – 78.

7. Anhang

Tab. 8: Mittelwerte der Testhybriden der LP561 für die angegebenen Merkmale, ermittelt über 5 Umwelten.

Hybride	Ertrag (dt/ha)	Trocken-substanz-gehalt (%)	Fett-gehalt (%)	Protein-gehalt (%)	Fett-ertrag (dt/ha)	Protein-ertrag (dt/ha)
54-4_AxAE305	20,25	89,65	51,85	16,66	10,72	3,28
54-4_AxND02	16,56	91,21	52,69	16,43	9,20	2,74
54-4_AxANO-1509-2	22,77	90,45	49,82	17,16	11,29	3,83
54-4_AxNS4/4-1	23,95	87,79	52,42	16,10	12,56	3,93
54-4_AxIPZ-B-03	18,58	89,29	52,63	16,74	10,21	3,10
54-4_AxIPZ-B-09	20,06	89,98	53,39	16,51	11,15	3,24
54-4_AxSWS-B-02	20,28	86,51	50,93	16,69	11,11	3,34
54-4_AxTUB1705	19,04	88,82	51,09	16,52	9,58	3,20
54-4_AxRHA395	15,17	89,84	51,47	16,87	7,78	2,60
54-4_AxSWS18	22,08	91,04	51,66	16,47	11,39	3,69
54-4_AxG6	17,12	90,35	52,27	17,40	9,32	2,94
54-4_AxUS3	11,84	90,26	50,73	18,08	6,42	2,05
54-4_AxNDRLOS	18,91	88,76	51,46	17,18	9,87	3,31
54-4_AxRHA389	19,12	89,88	52,60	15,44	10,37	3,00
54-4_Axvir 230	16,28	91,10	52,33	16,83	8,88	2,61
54-9_AxAE305	22,51	90,90	52,67	16,00	12,14	3,65
54-9_AxND02	18,35	90,93	52,39	15,64	10,12	2,77
54-9_AxANO-1509-2	26,35	89,95	49,17	17,22	12,45	4,63
54-9_AxNS4/4-1	24,62	84,08	51,76	15,58	12,27	4,10
54-9_AxIPZ-B-03	16,94	90,34	51,51	15,86	9,11	2,79
54-9_AxIPZ-B-09	23,89	88,91	52,24	16,09	12,11	3,89
54-9_AxSWS-B-02	24,84	88,24	52,10	15,80	13,32	3,90
54-9_AxTUB1705	21,45	88,77	49,83	15,78	10,14	3,19
54-9_AxRHA395	22,54	89,87	50,63	16,07	11,37	3,43
54-9_AxSWS18	21,74	91,38	52,08	15,86	11,19	3,45
54-9_AxG6	21,02	91,19	52,24	15,83	11,35	3,38
54-9_AxUS3	18,78	90,57	51,61	16,42	10,08	3,15
54-9_AxNDRLOS	22,51	90,98	50,15	15,96	11,34	3,58
54-9_AxRHA389	18,65	90,79	50,24	15,47	9,12	2,91
54-9_Axvir 230	19,11	90,66	50,74	16,27	9,84	3,16
HA406-AxBE305	24,48	89,47	52,90	15,34	13,50	3,75
HA406-AxND02	23,94	86,31	51,74	15,89	12,97	3,78
HA406-AxANO-1509-2	19,49	89,56	50,18	17,06	9,76	3,21
HA406-AxNS4/4-1	23,60	87,47	51,56	15,78	12,14	3,71
HA406-AxIPZ-B-03	21,16	87,29	51,81	16,71	11,38	3,55
HA406-AxIPZ-B-09	20,77	83,94	52,42	16,17	10,93	3,31
HA406-AxSWS-B-02	26,04	79,82	50,39	16,46	13,11	4,26
HA406-AxTUB1705	20,16	87,27	52,29	15,24	10,62	3,17
HA406-AxRHA395	22,87	81,58	51,53	17,07	10,91	3,92
HA406-AxSWS18	22,50	90,49	51,60	16,31	11,91	3,69
HA406-AxG6	19,38	88,08	52,64	16,35	10,60	3,19
HA406-AxUS3	19,16	91,03	52,13	16,82	10,57	3,22
HA406-AxNDRLOS	22,80	90,37	50,92	16,06	11,86	3,73
HA406-AxRHA389	22,60	86,57	51,61	15,02	11,72	3,40
HA406-Axvir 230	25,84	89,55	52,60	15,56	14,41	4,01
SANLUCA	26,63	91,59	50,32	15,64	13,33	4,11
HELIAROC	30,47	90,52	49,95	16,27	14,71	5,01
HELENA	17,87	82,25	43,90	16,00	6,44	2,93
TANDEM	27,10	88,15	51,52	16,25	13,92	4,51
SALUT	26,77	90,93	51,77	15,87	13,99	4,11

Tab. 9: Mittelwerte der Testhybriden der LP562 für die angegebenen Merkmale, ermittelt über 5 Umwelten.

Hybride	Ertrag (dt/ha	Trockensubstanz-gehalt (%)	Fett-gehalt (%)	Protein-gehalt (%)	Fett-ertrag (dt/ha)	Protein-ertrag (dt/ha)
AE305xBE99-731	18,07	92,26	51,61	16,53	10,01	3,03
AE305xND02	19,34	91,06	50,65	16,99	8,90	3,01
AE305xANO-1509-2	22,83	90,85	48,83	16,96	11,15	3,94
AE305xNS4/4-1	25,11	88,66	51,96	16,37	12,70	4,08
AE305xIPZ-B-03	16,18	91,20	50,56	17,60	8,46	2,96
AE305xIPZ-B-09	26,12	90,32	52,38	16,40	13,97	4,29
AE305xSWS-B-02	18,70	89,71	51,5	16,62	10,19	3,23
AE305xTUB1705	19,78	91,24	51,46	15,8	9,87	3,16
AE305xRHA395	19,05	92,12	51,21	16,3	10,24	3,23
AE305xSWS18	17,60	90,80	51,17	17,14	9,33	3,05
AE305xG6	17,30	90,69	51,25	17,56	9,13	3,02
AE305xUS3	15,16	91,18	50,72	17,69	7,81	2,73
AE305xNDRLOS	14,37	90,70	49,46	17,26	7,22	2,50
AE305xRHA389	13,90	91,75	50,67	16,80	7,03	2,34
AE305xvir 230	18,40	91,41	51,47	16,79	9,71	3,08
HA89-AxBE99-731	17,88	90,62	51,93	16,74	9,37	3,03
HA89-AxND02	20,23	89,98	52,62	15,83	10,84	3,25
HA89-AxANO-1509-2	13,96	90,83	49,28	17,76	6,65	2,37
HA89-AxNS4/4-1	15,11	89,1	51,63	16,21	7,70	2,46
HA89-AxIPZ-B-03	17,49	90,56	51,87	17,24	9,33	3,05
HA89-AxIPZ-B-09	16,34	88,33	52,71	17,06	8,53	2,69
HA89-AxSWS-B-02	19,49	86,88	50,65	16,74	10,37	3,39
HA89-AxTUB1705	15,51	89,16	50,93	16,68	7,87	2,59
HA89-AxRHA395	21,96	89,76	52,25	15,64	11,22	3,40
HA89-AxSWS18	17,81	91,29	50,16	17,88	9,15	3,22
HA89-AxG6	16,50	89,79	51,07	17,93	8,76	2,94
HA89-AxUS3	10,45	90,67	50,24	17,9	6,44	2,20
HA89-AxNDRLOS	19,90	91,13	49,96	16,91	11,05	3,55
HA89-AxRHA389	22,52	90,64	51,64	15,81	11,19	3,45
HA89-Axvir 230	19,57	89,98	53,14	15,38	11,04	3,16
SWS347-AxBE99-731	21,00	91,16	52,68	16,49	11,22	3,48
SWS347-AxND02	18,86	89,72	51,53	16,61	9,90	3,11
SWS347-AxANO-1509-2	25,74	90,95	50,44	17,09	13,07	4,44
SWS347-AxNS4/4-1	25,00	89,03	51,72	15,62	12,58	3,91
SWS347-AxIPZ-B-03	17,65	91,02	50,25	17,65	9,02	3,06
SWS347-AxIPZ-B-09	24,55	90,90	52,38	16,79	13,28	4,15
SWS347-AxSWS-B-02	19,61	88,39	50,68	17,33	10,25	3,42
SWS347-AxTUB1705	23,71	90,48	51,61	15,71	12,01	3,77
SWS347-AxRHA395	18,67	89,36	48,93	17,52	9,15	3,14
SWS347-AxSWS18	22,29	91,14	51,26	15,86	11,65	3,63
SWS347-AxG6	23,11	90,66	51,82	16,84	12,53	3,89
SWS347-AxUS3	17,87	91,86	51,76	16,98	9,63	3,08
SWS347-AxNDRLOS	x	x	x	x	x	x
SWS347-AxRHA389	22,38	91,44	51,53	15,75	11,36	3,63
SWS347-Axvir 230	21,20	91,16	52,31	16,61	11,24	3,49
NDBLOS-AxBE99-731	17,40	91,87	51,79	16,75	9,45	2,89
NDBLOS-AxND02	25,38	91,17	52,12	16,05	14,66	4,10
NDBLOS-AxANO-1509-2	25,67	91,01	49,37	17,46	12,53	4,57
NDBLOS-AxNS4/4-1	27,10	88,64	52,22	16,21	13,78	4,39
NDBLOS-AxIPZ-B-03	18,53	90,63	50,86	17,15	9,09	3,11
NDBLOS-AxIPZ-B-09	26,98	90,57	52,61	15,57	14,66	4,24
NDBLOS-AxSWS-B-02	23,23	89,62	51,83	16,54	12,64	3,91
NDBLOS-AxTUB1705	22,38	91,39	51,77	15,39	12,11	3,52
NDBLOS-AxRHA395	18,48	90,61	52,01	15,96	9,85	3,04
NDBLOS-AxSWS18	22,73	91,76	51,78	16,13	11,88	3,82
NDBLOS-AxG6	20,95	91,36	52,02	16,95	11,29	3,50
NDBLOS-AxUS3	24,04	90,88	51,53	16,86	12,86	4,16
NDBLOS-AxNDRLOS	19,12	91,32	51,53	16,33	9,81	3,12
NDBLOS-AxRHA389	18,84	92,11	52,65	15,90	11,35	3,29
NDBLOS-Axvir 230	24,09	91,47	51,69	16,85	12,9	4,16
SANLUCA	24,09	91,94	50,76	15,83	12,03	3,88
HELIAROC	25,12	90,65	50,06	16,14	12,22	4,13
HELENA	15,33	82,95	43,23	16,96	5,09	2,57
TANDEM	24,33	89,90	51,19	16,32	12,46	4,18
SALUT	25,13	90,27	52,93	15,53	13,86	4,06

Tab. 10: Mittelwerte der Linien der LP563 für die angegebenen Merkmale, ermittelt über 5 Umwelten.

Linie	Ertrag (dt/ha)	Trocken-substanz-gehalt (%)	Fett-gehalt (%)	Protein-gehalt (%)	Fett-ertrag (dt/ha)	Protein-ertrag (dt/ha)
BE99-731	11,31	93,18	46,31	19,75	5,13	2,28
ND02	12,45	91,09	49,39	16,46	6,14	2,10
ANO-1509-2	11,68	89,21	45,71	18,71	5,13	2,20
NS4/4-1	12,04	86,55	47,57	18,63	5,39	2,27
IPZ-B-03	7,94	90,51	46,78	20,35	3,69	1,60
IPZ-B-09	11,86	82,5	51,65	16,79	6,38	1,98
SWS-B-02	10,95	83,01	45,67	19,09	4,64	2,12
TUB-1789	6,92	90,07	47,04	19,60	3,56	1,31
TUB1705	14,98	88,24	45,75	18,34	6,44	2,78
RHA395	5,42	91,01	43,7	20,82	1,94	1,16
SWS18	6,92	90,89	47,53	18,15	3,51	1,30
G6	12,68	92,45	46,18	21,59	6,30	2,82
US3	6,22	91,22	46,96	20,26	3,25	1,28
NDRLOS	5,45	91,00	45,28	20,83	2,20	1,18
RHA389	4,99	90,54	45,04	20,18	2,25	1,02
HA-VIR-230	5,18	91,27	45,59	19,95	1,93	1,04
BE305	8,18	91,03	45,61	21,40	4,15	1,75
54-4_B	7,97	90,22	46,59	19,89	4,01	1,61
54-9_B	5,76	92,84	47,26	19,54	2,46	1,18
HA406	12,29	90,53	51,07	18,32	6,61	2,25
HA89	10,42	90,71	48,18	18,65	5,11	1,98
NDBLOS	16,47	91,5	46,88	20,81	7,76	3,57
SWS347	10,35	90,09	47,58	19,23	5,08	2,04