

Zwischen Tradition und Globalisierung
Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung
Ökologischer Landbau
Band 1

Universität Hohenheim,
20.-23. März 2007

Hrsg.: S. Zikeli, W. Claupein, S. Dabbert, B. Kaufmann, T. Müller und A. Valle
Zárate

INHALTSVERZEICHNIS

Teil: Pflanzenzüchtung

Resistenzzüchtung / Vorträge	
Erhaltung und Generierung genetischer Ressourcen durch die Entwicklung moderner Landrassen unserer Kulturpflanzen: Wozu wir die Ko-Evolution im Feld brauchen	
M. R. Finckh.....	221
Verminderung von Alkaloiden in der Nahrungskette durch die züchterische Verbesserung der Mutterkorn-Resistenz von Winterroggen	
T. Miedaner, C. Daume, V. Mirdita, B. Schmiedchen, P. Wilde und H. H. Geiger....	225
Ökologische Tomatenzüchtung für das Freiland: Auslese auf Phytophthora-Feldresistenz in der F2-Generation	
B. Horneburg.....	229
Anbaueignung gegenüber Flug- und Hartbrand (<i>Ustilago nuda</i>, <i>U. hordei</i>) widerstandsfähiger Wintergerste-Handelssorten unter ökologischer Bewirtschaftung	
N. Lorenz, S. Klause und H. Spieß.....	233
Pflanzenzüchtung und Umwelt / Vorträge	
Interaktionen zwischen Genotyp und Ort sind ein Vorteil von lokaler Züchtung von Ackerbohnen (<i>Vicia faba</i> L.)	
L. Ghaouti, W. Vogt-Kaute und W. Link.....	237
Züchtung von Saflor für den ökologischen Landbau	
S. Rudolphi, H.C. Becker und S. von Witzke-Ehbrecht.....	241
Entwicklung von Maissorten mit spezieller Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus	
H. Burger, M. Schloen, W. Schmidt und H. H. Geiger.....	245

Verbesserung der Stickstoff (N)-Effizienz im Ökologischen Landbau - Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz bei Triticale, Weizen und Roggen	
E. M. Thiemt.....	249

Pflanzenzüchtung / Poster

Tomaten im FreilandDie Suche nach <i>Phytophthora</i>-resistenten Sorten für den ökologischen Anbau	
Bernd Horneburg.....	253
Die Sonnenblume – eine Eiweißpflanze für den Ökologischen Landbau?	
V. Hahn.....	257
Verbesserung der überregionalen Sortenauswertung im ökologischen Landbau mit Hilfe der Hohenheim-Gülzower Methode am Beispiel der Körnererbsen	
H. Gruber und A. Zenk.....	259
Proteinuntersuchungen in Einzelsamen von Lupinen zur züchterischen Erhöhung des Eiweißgehaltes	
G. Jansen und J. Kuhlmann.....	263
Saatgut und Forschung für den Ökologischen Landbau	
R. Tilcher, W. Schmidt und A. Altenweger.....	267
Untersuchungen zur Genetik und Übertragung von Flugbrandresistenz in Nackthaferarten	
B. Leithold, A. Bruchmüller und E. Weber.....	269
Auf dem Weg zu flugbrandresistenten Gerstensorten für den Ökolandbau	
T. Popova und R. Todorova.....	273

Erhaltung und Generierung genetischer Ressourcen durch die Entwicklung moderner Landrassen unserer Kulturpflanzen: Wozu wir die Ko-Evolution im Feld brauchen

Conservation and generation of genetic resources through development of modern landraces of field crops: Why we need Co-Evolution in the field

M. R. Finckh¹

Keywords: biodiversity, evolutionary breeding, plant protection

Schlagwörter: Biodiversität, evolutionäre Zucht, Pflanzenschutz

Abstract:

Over the past 100 years, the biodiversity within varieties and species of field crops in agriculture has been reduced drastically through plant breeding approaches favouring genetic uniformity for all traits. This has practically eliminated all co-evolutionary processes between hosts and their pests and pathogens. It also does not allow for dynamic adaptation of plant populations to changing environment e.g. climatic change. Breeders and pathologists have all along pointed out the danger of this approach. Alternative approaches to the pure line breeding have been developed by using composite crosses, top crosses and population breeding. These have also been termed "evolutionary breeding". The need for the reintroduction of diversity within our varieties by producing modern landraces that combine the advantages of the breeding success of the last 120 years and genetic variation is presented and discussed using the example of a modern composite cross population of wheat.

Einleitung und Zielsetzung:

Im ökologischen Landbau muss biotischen und abiotischen Stressfaktoren mit hoch flexiblen Sorten und entsprechendem Management begegnet werden. Die Erhaltung der genetischen Vielfalt für Resistenzen und anderer wichtige Eigenschaften unserer Kulturpflanzen wie z. B. Nährstoffaneignungsvermögen ist ein Weg, diesen Ansprüchen gerecht zu werden (MURPHY et al. 2004, FINCKH & WOLFE 2006). Allerdings muss diese Vielfalt auch mit hoher Qualität und hohen Erträgen verbunden sein, da sie sonst unattraktiv ist. Da alte Weizenlandrassen in Mitteleuropa im Ertrag und Qualität im Vergleich zu den modernen Sorten unattraktiv sind und kaum ein Rolle spielen, müssen neue Lösungsansätze gefunden werden.

Das Ziel dieses Beitrages ist es, die Grenzen der aktuellen Ansätze zum Einsatz von Diversität in der modernen Landwirtschaft zum Schutz gegen Schaderreger und Umweltprobleme wie Klimawechsel (und Luftbelastung) aufzuzeigen. Zuchtansätze, die die natürlichen Anpassungsprozesse in die Landwirtschaft integrieren, könnten hier einen wichtigen Beitrag leisten. Ein aktuelles Beispiel auf europäischer Ebene wird vorgestellt. Gesetzliche Hürden stehen jedoch diesen Bemühungen entgegen.

Anpassungsprozesse in der Landwirtschaft

In Reaktion auf Schaderreger und Unkräuter wurden von den Menschen, oft ohne es zu wissen, Pflanzen selektiert, die durch ihre Wuchsform und Konkurrenzkraft mit etwas menschlicher Nachhilfe einigermaßen mit Unkräutern zurechtkommen. Genau so wurden auch Pflanzen selektiert, die so gut wie möglich mit Krankheitserregern und Schadinsekten zurechtkommen und auch Anbausysteme entwickelt, die die Nutz-

¹FG Ökologischer Pflanzenschutz, FB Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, 37213 Witzenhausen, Deutschland, mfinckh@wiz.uni-kassel.de

pflanzen unterstützen. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden so landwirtschaftliche Nutzpflanzen in ihrer Umgebung von den Landwirten laufend selektiert und in Form von so genannten Landrassen, die sich kontinuierlich an die vorherrschenden Umweltbedingungen anpassen, erhalten. Diese Landrassen waren auf Einheitlichkeit für wichtige Eigenschaften wie einheitlicher Aufgang der Saat und auch Abreife und Qualität selektiert, allerdings bestand normalerweise Vielfalt für andere weniger bekannte Eigenschaften wie z.B. Krankheitsresistenz.

Immer weniger Pflanzenarten und innerhalb der Arten immer weniger Sorten und hier genetisch immer einheitlichere Sorten werden in der modernen Landwirtschaft auf immer größeren Feldern eingesetzt. Dieser Trend ist auch in der Ökologischen Landwirtschaft zu beobachten.

Wenn einer variablen Pathogenpopulation eine einheitliche Pflanzenpopulation gegenübersteht, ist der Selektionsdruck extrem hoch und sobald ein Stamm mit guter Anpassung entsteht, kann dieser sich ungehindert ausbreiten, da ja nun alle vorhandenen Pflanzen die gleiche Anfälligkeit haben. Dazu kommt, dass die Pflanzen aus Mangel an Variabilität keine Möglichkeit zur Anpassung an die Pathogenpopulation haben. Während sich in der Natur und auch in der traditionellen Landwirtschaft variable Pflanzenpopulationen gemeinsam mit ihren Pathogenpopulationen weiterentwickeln, also **Ko-Evolution** stattfindet kann dies in den modernen genetisch einheitlichen Pflanzenpopulationen nicht mehr stattfinden.

Je mehr eine resistente Sorte angebaut wird, desto schneller wird diese Resistenz wirkungslos, d.h. die Resistenz bricht zusammen. Da die Zucht oft nicht genügend verschiedene Resistenzen zur Verfügung hat, werden oft dieselben Resistenzgene in verschiedenen Sorten genutzt und so kann es durchaus sein, dass obwohl viele Sorten angebaut werden, diese dieselbe Resistenz tragen und somit für einen angepassten Pathogenstamm wie eine Monokultur wirken, d.h. als eine Resistenzgenmonokultur (FINCKH & WOLFE 2006). Im Gegensatz zur modernen Landwirtschaft besitzen traditionelle Agrarökosysteme durch die Vielzahl an verschiedenen Arten und Sorten und die Vielfalt innerhalb der Landrassen auch heute noch eine deutliche Pufferkapazität gegenüber Totalausfällen (JARVIS et al. 2007).

Strategien zum Einsatz der genetischen Vielfalt

Die wissenschaftlichen Grundlagen des Verständnisses, weshalb biologische Vielfalt gegen Schaderreger schützt, wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelegt und Phytopathologen und Züchter propagieren seit weit über 50 Jahren den Anbau von Sortenmischungen oder gar die Mischung von Arten im Feld, um Krankheitsepidemien vorzubeugen (FINCKH & WOLFE 2006).

Sortenmischungen werden üblicherweise immer wieder neu zusammengestellt, um zu verhindern, dass sie sich in der Zusammensetzung verändern. Damit wird auch jede Form der Anpassung und Ko-Evolution zwischen Pflanzen und Schaderregern unterbunden.

Die Erkenntnis, dass es nicht nur der Vielfalt in der Pflanzenpopulation bedarf sondern dass dieser auch die dynamisch Anpassung in Reaktion auf die Umweltbedingungen ermöglicht werden muss (STEVENS 1942) mündete letztendlich in der Forderung einiger Züchter, dass die Entwicklung von neuen Sorten anstatt auf der Reinlinienzucht auf „evolutionärer“ Pflanzenzucht basieren muss. Diese resultiert in Populationen, die zwar einheitlich für wichtige Eigenschaften, wie z.B. Abreife datum und Qualität, sind aber vielfältig für die Eigenschaften, die zur Flexibilität gegenüber einer variablen Umwelt notwendig sind (SUNESON 1956). Um den Ansprüchen der modernen ökologischen Landwirtschaft gerecht zu werden, entwickelten deshalb MURPHY et al. (2004) in den USA einen neuen Zuchtansatz zur Entwicklung und Selektion von Weizensorten, der zu so genannten „modernen“ Landrassen führt. „Ramsche“, d.h.

Kreuzungspopulationen aus einer Vielzahl bestehender Sorten werden unter lokalen Bedingungen in einem partizipativen Prozess mit den interessierten Ökolandwirten weiterselektiert. In Europa existieren verschiedene Evolutionsrassen für Winterweizen (GOLDRINGER et al. 2001, WOLFE et al. 2006). Die Rassen von WOLFE et al. werden derzeit in mehreren europäischen Ländern sowohl unter ökologischen als auch konventionellen Anbaubedingungen weiterentwickelt.

Die deutsch und europäische Gesetzgebung folgen im wesentlichen den UPOV (Internationaler Verband zum Schutz von Pflanzenzüchtungen) Vorgaben, dass Sorten unterscheidbar, einheitlich und mit Ausnahme von Hybriden stabil nachbaubar (d.h. beim Nachbau muss genau dasselbe wieder herauskommen) sein müssen, um in den Verkehr gelangen zu können. Zusätzlich muss noch ein „Landeskultureller Wert“ und eine eintragungsfähige Sortenbezeichnung gegeben sein (Saatgutverkehrsgesetz §30, (1)). Dies unterbindet die Registrierung und den Einsatz diversifizierter Populationssorten. Die Novellierung des Gesetzes im Jahr 2002 hat zwar die Möglichkeiten der Zulassung von Sorten insofern erweitert, dass das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft ermächtigt wird, „...durch Rechtsverordnung (...) die Voraussetzungen für die Zulassung von Sorten, die zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen bestimmt sind (Erhaltungssorten), zu regeln und das Verfahren hierfür festzusetzen“ (Saatgutverkehrsgesetz §30 (8)). Die Interpretation dieser Ermächtigung ist dahingehend, dass nur die speziellen Bedingungen für die Zulassung von Erhaltungs- und Hofsorten zu regeln und festzusetzen sind (STEINBERGER 2002). Während es also sicherlich möglich ist, eine alte Hofsorte oder Landrasse, die aus einer Region stammt so zu erhalten, existiert kein Spielraum für neue Populationssorten, die das Resultat alternativer evolutionärer Zuchtansätze wie oben beschrieben sind. Um wirksam die Prozesse der Ko-Evolution zu nutzen, müssen aber ausreichend große Populationen in relevanten Umwelten kontinuierlich der Selektion ausgesetzt werden, ein Prozess, der sinnvoll nur in der landwirtschaftlichen Praxis zu erreichen ist.

Schlussfolgerungen:

Seit Jahren bereits werden in der internationalen Agrarforschung so genannte partizipative „on-farm“ Forschungsansätze stark favorisiert, da sie die Realität der Endabnehmer meist besser widerspiegeln als auf Versuchsstationen gewonnene Ergebnisse. Vor allem in der Pflanzenzüchtung für marginale Bereiche wurde schon lange erkannt, dass dies nur durch Einbindung der betroffenen Landwirte möglich ist (CECCARELLI 2006). Auch in den USA gibt es Aktivitäten mit dem Ziel, Populationssorten vor allem für die Ökologische Landwirtschaft zu züchten (MURPHY et al. 2004). Da die USA nicht Mitglied in der UPOV sind sondern den weit weniger restriktiven „Plant Varietal Protection Act“ als Gesetzesgrundlage haben, ist diese Arbeit, solange keine Patentrechte berührt werden, unproblematisch. In Europa gibt es mehrere Forschergruppen, die aktiv an der Entwicklung von Populationssorten verschiedener Arten arbeiten (s. <http://eco-pb.org/>: Proceedings of the ECO-PB Workshop: „Participatory Plant Breeding - Relevance for Organic Agriculture?“). Allerdings gibt es keine Möglichkeit, legal mehr als Forschung an dem Thema zu betreiben. Eine Umsetzung in die Praxis ist derzeit nicht möglich.

Mir sind in den letzten Jahren immer wieder Landwirte begegnet, die eigenständig ihre Populationen und Hofsorten weiterentwickeln. Diese Landwirte leisten einen unschätzbaren Beitrag zur Entwicklung und zum Erhalt moderner genetischer Ressourcen. Allerdings kann nur gezielte Zusammenarbeit von Forschung und Praxis und die Möglichkeit, solche dynamisch entwickelten Sorten auch breiter in der Praxis zu nutzen eine wirkliche Ko-Evolution und kontinuierliche Anpassung ermöglichen.

Literatur:

Ceccarelli S. (2006): Decentralized – participatory plant breeding: Lessons from the south – perspectives for the north. In: Desclauy D. und Hédont M. (Hrsg.): Proceedings of the ECO-PB Workshop: "Participatory Plant Breeding: Relevance for Organic Agriculture?" 11.-13.June 2006, La Besse, France, S. 8-15.

Finckh M. R., Wolfe M. S. (2006): Diversification strategies. In: Cooke B. M., D. Gareth Jones D. und Kaye B. (Hrsg.): The Epidemiology of Plant Disease. Springer, Heidelberg, S. 269-308.

Goldringer I., Enjalbert J., David J., Paillard S., Pham J.L., Brabant P. (2001): Dynamic management of genetic resources: a 13-year experiment on wheat. In: Broadening the Genetic Base of Crop Production IPGRI/FAO, S. 245-260.

Hammer K., Teklu Y. (2006): Erhaltungsstrategien pflanzen genetischer Ressourcen - die PGR-Bewegung, und was dann? Vorträge für Pflanzenzüchtung 70:7-15.

Jarvis D. I., Brown A. H. D., Imbruce V., Ochoa J., Sadiki M., Karamura E., Trutman P., Finckh M. R. (2007): Managing Crop Disease in Traditional Agroecosystems: the Benefits and Hazards of Genetic Diversity. In: Jarvis D. I., Padoch C. und Cooper D. (Hrsg.): Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. Columbia University Press, New York (in press).

Murphy K., Lammer D., Lyon S., Brady C., Jones S. S. (2004): Breeding for organic and low-input farming systems: An evolutionary-participatory breeding method for inbred cereal grains. Renewable Agriculture and Food Systems 20:48-55.

Steinberger J. (2002): Sorten und Saatgut für den ökologischen Landbau. In: S. Kühne, B. Friedrich (Hrsg.): Fünftes Fachgespräch "Hinreichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau, Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau" Kleinmachnow, 28. Juli 2001, Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 95. Saphir Verlag Ribbesbüttel, S. 35-37.

Stevens N. E. 1942. How plant breeding programs complicate plant disease problems. Science 95:313-316.

Wolfe M. S., Hinchcliffe K. E., Clarke S. M., Jones H., Haigh Z., Snape J., Fish L. (2006): Evolutionary breeding of wheat. In: Ostergaard H., Fontaine L. (Hrsg.): Proceedings of the COST SUS-VAR workshop on Cereal Crop Diversity: Implications for Production and Products, 13-14 June 2006, ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) La Besse, Paris, France, S. 77-80.

Suneson C. A. (1956): An evolutionary plant breeding method. Agronomy Journal 48:188-191.

**Verminderung von Alkaloiden in der Nahrungskette durch die züchterische
Verbesserung der Mutterkorn-Resistenz von Winterroggen**
**Reduction of alkaloids in the food chain by genetic improvement of ergot resis-
tance in winter rye**

T. Miedaner¹, C. Daume¹, V. Mirdita¹, B. Schmiedchen²,
P. Wilde² und H. H. Geiger³

Keywords: consumer protection, food quality, plant breeding

Schlagwörter: Verbraucherschutz, Lebensmittelqualität, Pflanzenzüchtung

Abstract:

*Rye as an outcrossing crop is highly susceptible to ergot infection caused by *Claviceps purpurea*. It is ecologically the best solution to avoid the infection already in the field by growing resistant varieties. Aim of our study is the analysis of inheritance of self-fertile rye material for ergot resistance and alkaloid content. Sixty CMS inbred lines and their 90 CMS crosses were tested in pollen-isolated fields in three environments under the conditions of Ecological Farming by artificial inoculation. The sclerotia weight per head was evaluated as resistance trait. Both, CMS lines and testcrosses showed significant genotypic differences at the individual environments. Correlation between both groups was significant ($r=0,6-0,7$; $P=0,01$). The alkaloid contents and the alkaloid spectra of 25 CMS lines revealed no genotypic difference. Breeding of self-fertile rye for a higher resistance to ergot should be successful on the long run.*

Einleitung und Zielsetzung:

Roggen ist als Fremdbefruchter besonders anfällig für den Befall mit Mutterkorn, der durch die Infektion mit dem Schadpilz *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. hervorgerufen wird. Während eines Befalls zur Blüte bilden sich schwarze Überdauerungsorgane (Sklerotien), die Alkaloide enthalten, die bei Mensch und Tier Vergiftungen hervorrufen. Um gesundheitlichen Schäden vorzubeugen, wurde vom Gesetzgeber für Brotgetreide ein Grenzwert von 0,05 % Gewichtsanteil und für Futtergetreide ein Gewichtsanteil von 0,1 % Mutterkorn im Erntegut festgelegt. Eine effiziente Entfernung der Sklerotien aus dem Ernte- oder Saatgut ist technisch möglich, aber teuer. Ökologisch wirtschaftende Betriebe, selbstvermarktende Landwirte oder kleinere Genossenschaften können dies kaum leisten. Das Belassen von Gräsern an Feldrainen und Wegrändern führt zu einer Befallssteigerung, da diese als Wirtspflanzen einen Sekundärbefall des Roggens begünstigen.

Deshalb muss der Mutterkornbefall bereits durch pflanzenbauliche Maßnahmen und den Anbau resistenter Sorten auf dem Feld verringert werden (BETZ et al. 1998). In feuchten Jahren mit ungünstigen Blühbedingungen wird Populations- und Hybridrog-

¹Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart, Deutschland, miedaner@uni-hohenheim.de

²Lochow-Petkus GmbH, Merzdorfer Str. 1a, 14193 Baruth-Petkus, Deutschland

³Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland

gen befallen. Ein verstärkter Befall von Hybridroggen wird durch die geringere Pollenschüttung vieler Sorten und die daraus resultierende erhöhte Infektionswahrscheinlichkeit begründet. In früheren Untersuchungen wurde durch die Randomisation aller Genotypen geringe Pollenbildung mit der genotypbezogenen Mutterkornanfälligkeit vermengt (MIELKE 2000). Deshalb wird in dieser Studie nur mit cytoplasmatisch-männlich sterilem (CMS) Roggen des Nichtrestorer-Formenkreises unter Isolationsbedingungen gearbeitet. Dies ermöglicht eine präzise Erfassung von genetischen Unterschieden bezüglich der Anfälligkeit des Fruchtknotens und Blütenbodens nach dem Eindringen von Pilzsporen. Ziel dieser Studie ist die Analyse der Vererbung von Resistenz und Alkaloidbildung bei selbstfertilem Roggenmaterial.

Methoden:

In den Jahren 2004 bis 2005 wurden an zwei Versuchsorten (Hohenheim und Petkus) 60 CMS-Linien und deren männlich-sterile Testkreuzungen mit drei Eltern (Testern) bei strenger Pollenisolation unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus in drei Wiederholungen auf Mutterkornresistenz geprüft. Die Linien und Testkreuzungen wurden in drei Sätzen von je 30 Prüfgliedern ausgewertet: L1 und L1 x Tester 1 (=Satz 1), L2 und L2 x Tester 2 (=Satz 2) bzw. L2 x Tester 3 (=Satz 3). Die Prüfglieder wurden in sechsreihigen Mikroparzellen von 1,5 m² angebaut, wobei jeweils zwei Reihen der Parzelle aus dem Prüfglied und drei Reihen aus Weizen (2004) bzw. Triticale (2005) als Abtrennung bestand. Die Trennreihen wurden schachbrettartig angelegt und dienten zur Abschirmung der Prüfglieder vor dem gegenseitigen Verschmieren durch Honigtau. Die Infektion der Versuche erfolgte mit einem Isolategemisch mit einer Dichte von 3×10^6 Konidien/ml dreimalig zur Vollblüte (BBCH 65) im Abstand von drei Tagen. Zur Merkmalsermittlung wurden die Ähren pro Parzelle auf dem Feld gezählt, von Hand geerntet, getrocknet und die Sklerotien gewogen. Als Resistenzmerkmal wurde der Mutterkornanteil je Ähre (MKÄ) erfasst. Die Daten wurden Logit-transformiert und varianzanalytisch verrechnet. Die Alkaloidanalyse erfolgte an den Sklerotien von 25 CMS-Linien am Institut für Tierernährung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig (PD Dr. S. Dänicke).

Ergebnisse und Diskussion:

In Hohenheim 2004, Petkus 2004 und Petkus 2005 kam es zu einem differenzierenden Mutterkornbefall. Im Vergleich der drei Sätze zeigten die Tester *per se* und ihre Testkreuzungen Unterschiede im Resistenzniveau (Abb. 1). Die Testkreuzungen

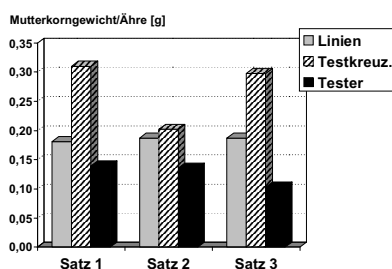


Abb. 1: Mittleres Mutterkorngewicht der Linien (=Mütter), der Tester (=Väter) und ihrer Testkreuzungen in drei Sätzen, gemittelt über drei Umwelten.

hatten in allen drei Sätzen aufgrund ihrer Heterosis mehr Mutterkorn als das Elternmittel aus Linien und Tester hätte erwarten lassen, besonders ausgeprägt in Satz 1 und 3. Heterosis prägt sich bei Roggen vor allem durch eine höhere Anzahl Ährchen/Ähre aus, was zu höheren Befallsgraden und damit höheren Mutterkorngewichten führt. Außerdem kann der biotrophe Erreger die höhere physiologische Aktivität der Kreuzungen nutzen, um größere Sklerotien zu produzieren.

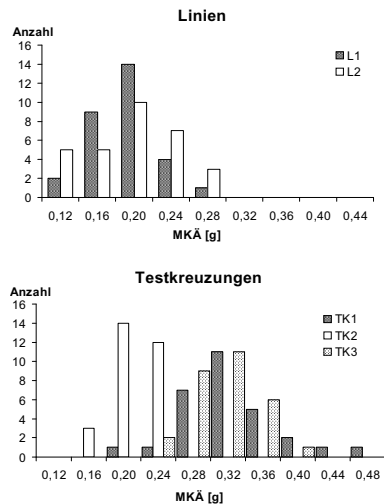


Abb. 2.: Häufigkeitsverteilung der beiden Liniensätze (L (L1, L2) und ihrer korrespondierenden Test-Kreuzungen (TK1, TK2, TK3) für das Mutterkorngewicht pro Ähre (MKÄ) über drei

Das CMS-Material zeigte eine quantitative Verteilung und eine breite Variation für Mutterkorn-Resistenz (Abb. 2). Alle Kreuzungen mit Tester 2 waren deutlich resistenter als die anderen Testkreuzungen, obwohl Tester 3 *per se* eine etwas geringere Anfälligkeit hatte. Die varianzanalytische Verrechnung über drei Umwelten ergab eine signifikante genotypische Varianz für beide Liniensätze (Tab. 1). Die Unterschiede zwischen den Testkreuzungen waren nur in Satz 1 signifikant. Deshalb zeigten auch nur die Linien mittlere Heritabilitäten. Die Genotyp x Umwelt-Interaktionsvarianz war in drei von fünf Fällen deutlich höher als die genotypische Varianz. Dies zeigt einer sehr hohe Umweltabhängigkeit der Widerstandsfähigkeit gegen Mutterkorn, die unterschiedlichen Blühbedingungen in den verschiedenen Umwelten ausgelöst werden könnte. Zwischen den CMS-Linien und ihren korrespondierenden Testkreuzungen wurden in allen drei Sätzen signifikante ($P=0,01$) mittlere phänotypische Korrelationen ermittelt ($r=0,58 - 0,66$). Für den Gesamt-Alkaloidgehalt ergaben sich

keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten CMS-Linien. Zwischen den CMS-Linien und ihren korrespondierenden Testkreuzungen wurden in allen drei Sätzen signifikante ($P=0,01$) mittlere phänotypische Korrelationen ermittelt ($r=0,58 - 0,66$). Für den Gesamt-Alkaloidgehalt ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten CMS-Linien. Auch die Linien x Umwelt-Interaktion war für dieses Merkmal unbedeutend, so dass im Versuch insgesamt kaum Varianz für den Alkaloidgehalt vorlag. Auch das Alkaloidmuster war ähnlich, die Alkaloide werden nicht genotyp-spezifisch gebildet.

Tab. 1: Schätzwerte der Varianzkomponenten und Heritabilitäten für Mutterkorngewicht je Ähre (MKÄ) über drei Umwelten (L= Linien, T=Testkreuzungen).

Parameter	FG	SATZ 1		SATZ 2		SATZ 3
		L1	L1 x T1	L2	L2 x T2	L2 x T3
Umwelt (U)	2	- ¹	2,84**	5,09**	3,38**	0,78**
Genotyp (G)	29	2,37*	0,49*	0,98**	0,36	0,36
G x U	58	2,30**	0,72**	0,81**	1,67**	0,81**
Fehler	174	1,14	1,07	1,21	1,07	0,90
Heritabilität		0,51	0,44	0,64	0,11	0,29

*, ** Signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. 1%, ¹ Negativer Schätzwert.

Schlussfolgerungen:

In aktuellem, pollensterilem Zuchtmaterial fanden wir eine physiologische Resistenz gegen Mutterkorn. Morphologische Einflüsse, wie Blütenöffnungsdauer und -weite, Narbenlänge und die Antherenbreite bzw. -länge, können in dieser Studie keinen Einfluss gehabt haben, da der Pollen durch den Isolationsanbau und die männliche Sterilität des Materials fehlte. Solches Material bleibt, je nach Witterung, bis zu sieben Tage bei offenen Blütchen befruchtungsfähig und ist deshalb extrem empfindlich gegen Mutterkornbefall. Demnach müssen die nachgewiesenen genetischen Unterschiede auf die Resistenz des Blütenbodens gegen den Mutterkornerreger zurückzuführen sein. Dies war auch der Grund, warum wir pollensteriles Material für die Untersuchungen nutzten, für den praktischen Anbau kommt es natürlich nur als Saatelter bei Hybridsaatgutproduktion in Frage.

Die züchterische Nutzung dieser Resistenz ist langwierig, da sie quantitativ vererbt wird (MIRDITA 2006) und hohe Genotyp x Umwelt-Wechselwirkungen zeigt. Letztere führten auch nur zu geringen genotypischen Varianzen in der Serienverrechnung, obwohl die Einzelorte gut differenzierten. Dieser nicht-genetische Einfluss kann nur anhand von Prüfungen in mehreren Umwelten ausgeschaltet werden. Eine Selektion auf Linienbasis liefert bereits eine gute Vorinformation über die Resistenz der Testkreuzungen. Deshalb können die Resistenzprüfungen an weiter entwickeltem Linienmaterial im CMS-induzierenden Cytoplasma (z.B. BC₁-Generation) erfolgen. Zur Verminderung des Alkaloidgehalts sind Alkaloiduntersuchungen während des Zuchtprozesses nicht erforderlich. Es genügt, auf möglichst geringe Sklerotienbildung zu selektieren.

Diese Ergebnisse bedeuten, dass auch im selbstfertilen Material eine gezielte Resistenzselektion möglich ist. Demnach können in Zukunft Hybridsorten produziert werden, die trotz geringerer Pollenschüttung eine geringe Mutterkornanfälligkeit haben. Noch empfehlenswerter für die Praxis wäre die Entwicklung gut stäubender Sorten mit zusätzlicher physiologischer Mutterkornresistenz.

Danksagung:

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unter dem Förderkennzeichen 03OE600 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Wir danken Herrn PD Dr. S. Dänicke, FAL Braunschweig, für die Alkaloidanalysen und die gute Zusammenarbeit.

Literatur:

Betz H.G., Müller R., Wilde P., Wortmann H. (1998): Mutterkorn vermeiden. AID 1361: 3-16.

Mielke H. (2000): Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* [Fr.] Tul. unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. Mitt. Biol. Bundesanstalt. Land und Forstwirtschaft, 375 S.

Mirdita V. (2006): Genetische Variation für Resistenz gegen Mutterkorn (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) bei selbstinkompatiblen und selbstfertilen Roggenpopulationen. Dissertation, Universität Hohenheim.

**Ökologische Tomatenzüchtung für das Freiland:
Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der F₂-Generation**

Selection for *Phytophthora* field resistance in the F₂ generation of organic outdoor tomatoes

B. Horneburg^{1,2}

Keywords: plant protection, vegetable production, *Phytophthora*

Schlagwörter: Pflanzenschutz, Gemüsebau, *Phytophthora*

Abstract:

*Tomatoes are the most important vegetable in Germany, but outdoor tomato production has almost ceased to exist due to increasing infections with late blight (*Phytophthora infestans*). Within organic agriculture research is done to foster the development of regionally adapted and open pollinated varieties of outdoor tomatoes. In the present experiment three crosses, including wild-, cocktail-, and beefsteak- tomatoes, were selected in the F₂ generation for field resistance against late blight at one location per cross. The comparison of positive and negative selection in the F₃ revealed the technique to be efficient. Other traits including yield, fruit weight, days to maturity, harvest period and plant height showed effects differing with location and cross, but the selection for suitable traits seems to be promising.*

Einleitung:

Obwohl Tomaten das beliebteste Gemüse in Deutschland sind (FAO 2006), wurde die Neuzüchtung im Rahmen der anhaltenden Konzentrationsbewegungen im Saatgutsektor fast komplett ins Ausland verlagert; sie findet ganz überwiegend im geschützten Anbau statt. Meines Wissens findet Neuzüchtung nur noch innerhalb der ökologischen Landwirtschaft und gefördert von den Vereinen Dreschflegel und Kultursaat statt. Ein Teil dieser Züchtung dient dem Anbau im Freiland, der durch die erhöhte Aggressivität des Erregers der Kraut- und Braunfäule, *Phytophthora infestans*, fast zum Erliegen gekommen ist. Die Analyse von Isolaten von *P. infestans* von beiden Wirtspflanzen – Tomate und Kartoffel – aus den letzten vier Jahrzehnten offenbarte starke Veränderungen der Populationen hin zu aggressiveren Stämmen (RULLICH et al. 2002, LEBRETON & ANDRIVON 1998). Aus Sortensichtungen sind Tomatensorten mit interessanten Eigenschaften für den Anbau im Freiland bekannt (HORNEBURG 2006). Für die züchterische Arbeit ist wichtig zu wissen a) wann im Züchtungsgang effektiv auf Feldresistenz gegen *P. infestans* ausgelesen werden kann und b) in welcher Umwelt das am besten geschieht.

Diese Untersuchung ist Teil eines Projektes zur Förderung regionaler Züchtung und Vermehrung in der ökologischen Landwirtschaft. Auslesezüchtung und Saatgutgewinnung finden im Praxisbetrieb in „gläserner Produktion“ statt. Entgegen der herrschenden Strategie werden ausschließlich nachbaufähige Sorten entwickelt, keine F₁-Hybriden.

¹Dreschflegel e.V.

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland, bhorneb@gwdg.de

Methoden:

Um die Auslese auf Feldresistenz gegen *P. infestans* zu untersuchen, wurden 2004 drei Kreuzungen unterschiedlich anfälliger Eltern an jeweils einem Ort angebaut und selektiert: Rote Murrel x Zuckertraube (Demeter Saatgut-Gärtnerei Schönhagen/West-Thüringen), Golden Currant x Paprikaförmige (Bioland-Betrieb Wember in Ellingerode/Nordhessen) und Celsior x Paprikaförmige (Naturland-Betrieb Ehrentraut in Rhaderfehn/Ostfriesland). Rote Murrel und Golden Currant sind Wildtomaten, die aufgrund ihrer Wuchseigenschaften üblicherweise nicht eintrieblich als Stabtomaten angebaut werden und sehr kleine Früchte haben (HORNEBURG & WATSCHONG 2005); Zuckertraube und Celsior gehören zu den Cocktailtomaten und Paprikaförmige ist eine großfrüchtige Fleischtomate. Der Versuch wurde in zwei Wiederholungen mit je 2x5 Elternpflanzen und 15 F₂-Pflanzen angelegt. In Schönhagen und Ellingerode wurden die Versuche durch Spätfrost kurz nach der Pflanzung stark geschädigt. Kraut- und Braunfäule wurden nach dem in HORNEBURG (2006) gegebenen Schlüssel einzelpflanzenweise bonitiert und daraus die Fläche unter der Befallskurve errechnet; je niedriger die Zahl, desto größer die Feldresistenz. Bei der Auslese der jeweils 5 besten und 5 schlechtesten F₂-Pflanzen wurden am Ende der Saison die Bonituren sowie der aktuelle Zustand der Pflanzen – Gesundheit und Behang – berücksichtigt. 2005 wurden Nachkommenschaften der 2004 selektierten F₂-Pflanzen sowie die Eltern verglichen, um zu überprüfen, ob an Einzelpflanzen bereits in der F₂ zuverlässig erblich bedingte Unterschiede in der Feldresistenz gegen *Phytophthora* zu erkennen sind. Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen mit jeweils zwei Pflanzen angelegt. Die Verrechnung der Daten erfolgte mit Plabstat, Version 2N (UTZ 1997); die Mittelwerte der Positiv- und Negativ-Auslese 2005 wurden mit dem t-Test verglichen.

Ergebnisse und Diskussion:

Im Jahr 2004 lag der mittlere Braunfäulebefall der F₂-Pflanzen für alle drei Kreuzungen erwartungsgemäß zwischen den Elternsorten (Tab. 1-3). In allen Kreuzungen war die kleinfrüchtigere Sorte (Rote Murrel, Golden Currant, Celsior) weniger anfällig für *Phytophthora*-Infektionen. Positiv- und Negativ-Auslese in der F₂ unterschieden sich deutlich im Kraut- und Braunfäulebefall. Krautfäule trat bei Rote Murrel x Zuckertraube F₂ in geringerem Umfang auf, als bei der gesünderen Elternsorte Rote Murrel (Tab. 1); vermutlich weil im frühen Stadium Schäden durch *Alternaria solani* und *P. infestans* nicht sicher zu unterscheiden sind.

Tab. 1: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Wildtomate Rote Murrel x Cocktailtomate Zuckertraube in Schönhagen 2004 und 2005

Schönhagen 2004	Kraut- fäule FUBK ¹⁾	Braun- fäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflan- zung bis Reife (Tage)	Ernte- periode (Tage)	Mittleres Frucht- gewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
Rote Murrel	131	31	200				
Zuckertraube	150	68	101				
F ₂	115	35	195				
Positiv-Auslese	100	31	193				
Negativ-Auslese	121	44	192				
2005							
Rote Murrel	142	57	187	63,0	77,0	2,2	172
Zuckertraube	322	271	146	71,8	38,8	22,5	342
Positiv-Auslese	170	107	193	64,1	72,2	11,1	681
Negativ-Auslese	276 ***	185 ***	177 ***	67,2 *	55,3 ***	8,6 ***	418 ***

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Im Nachbau 2005 war die Positiv- der Negativ-Auslese in jedem Fall in der Feldresistenz gegen *Phytophthora* überlegen (Tab. 1-3); außer in Rhaderfehn (Tab. 3) waren die Unterschiede hochsignifikant. Wie auch im Vorjahr waren die Unterschiede im Braunfäulebefall deutlicher als im Krautfäulebefall.

Tab. 2: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Wildtomate Golden Currant x Fleischtomate Paprikaförmige in Ellingerode 2004 und 2005

Ellingerode	Krautfäule FUBK ¹⁾	Braunfäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflanzung bis Reife (Tage)	Ernteperiode (Tage)	Mittleres Fruchtgewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
2004							
Golden Currant	94	47	185				
Paprikaförmige	205	56	116				
F ₂	111	55	163				
Positiv-Auslese	90	44	178				
Negativ-Auslese	181	74	174				
2005							
Golden Currant	108	45	194	70,0	64,0	6,7	473
Paprikaförmige	176	174	145	86,3	23,5	248,4	1877
Positiv-Auslese	109	76	190	77,0	56,5	31,7	1072
Negativ-Auslese	162 ***	130 ***	194	82,1 *	44,6 **	59,8 ***	1316

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Tab. 3: Effekt der Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz in der Kreuzung Cocktailtomate Celsior x Fleischtomate Paprikaförmige in Rhaderfehn 2004 und 2005

Rhaderfehn	Krautfäule FUBK ¹⁾	Braunfäule FUBK ¹⁾	Höhe 25.8. (cm)	Pflanzung bis Reife (Tage)	Ernteperiode (Tage)	Mittleres Fruchtgewicht (g)	Ertrag gesamt (g)
2004							
Celsior	395	363	131	80,9			
Paprikaförmige	438	402	162	79,8			
F ₂	403	386	186	80,0			
Positiv-Auslese	394	346	191	81,7			
Negativ-Auslese	422	439	169	76,3			
2005							
Celsior	380	315	106	85,7	35,8	13,8	177
Paprikaförmige	406	406	143	87,8	0,0	- ²⁾	0
Positiv-Auslese	345	319	126	95,5	21,5	40,6	124
Negativ-Auslese	358	350 **	141 ***	86,2	9,3 *	47,5	119

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve

²⁾ Fruchtgewicht ca. 200-250g

*, **, ***: Signifikanter Unterschied zwischen Positiv- und Negativ-Auslese im t-test bei p<0.05, p<0.01, p<0.001

Die Auslese hatte erheblichen Einfluss auf andere Eigenschaften: a) Der Ertrag der ertragreicheren Elternsorte wurde in Schönhagen auch von der Negativ-Auslese deutlich überschritten. In Ellingerode war die Negativ-Auslese ertragreicher als die Positiv-Auslese und der Ertrag der Paprikaförmigen wurde nicht erreicht. b) Die Ernteperiode war in jedem Fall durch die Positiv-Auslese verlängert; in zwei Fällen lag sie dichter am Niveau des besseren Elters. c) In Schönhagen und Ellingerode wurde indirekt auf frühreife Pflanzen ausgelesen. d) Das mittlere Fruchtgewicht der Kreuzungen erreichte nicht den Mittelwert der Elternsorten. Die Positiv-Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz führte gegenüber der Negativ-Auslese in Rhaderfehn und Ellingerode zu geringerem Fruchtgewicht; in Schönhagen war es umgekehrt. e) Signi-

fikante Unterschiede im Längenwachstum traten in Schönhagen und Rhaderfehn auf; die Werte der Positiv-Auslese lagen dichter an denen des Elters mit höherer Feldresistenz gegen *Phytophthora*.

In allen Kreuzungen wurde in der F₂ und F₃ das Längenwachstum der wüchsigeren Elternsorte teilweise erreicht.

Trotz der erheblichen Schäden durch Spätfröste in Ellingerode und Schönhagen war die Auslese erfolgreich. Die Effektivität der Auslese – gemessen an signifikanten Unterschieden – nahm in der Reihenfolge Schönhagen > Ellingerode > Rhaderfehn ab, während die *Phytophthora*-Infektionen in der Reihenfolge Ellingerode < Schönhagen < Rhaderfehn zunahm. Eine genaue Interpretation ist nicht möglich, da an jedem Ort in einer anderen Kreuzung selektiert wurde, aber zwei Aspekte dürften eine Rolle spielen: 1) An der Grenze der Ertragsbildung, wie in Rhaderfehn, ist eine optimale Auslese nur eingeschränkt möglich, da die Daten stark von gerade noch überlebenden Pflanzenorganen beeinflusst werden. 2) Feldresistenz und Fruchtgröße sind bei den verwendeten Eltern negativ korreliert. Höhere Feldresistenz führt nur bei entsprechendem starkem *Phytophthora*-Befall zu höheren Erträgen. Für die Auslese auf hohe Feldresistenz mit gleichzeitig hohem relativem Ertragsniveau sollte der Befallsdruck stark, aber nicht fatal sein. Insgesamt müssen Sortenempfehlung und -entwicklung auf das jeweilige Niveau der Infektion durch *P. infestans* ausgerichtet sein.

Schlussfolgerungen:

Die Auslese auf *Phytophthora*-Feldresistenz bereits in der F₂ war durchgehend erfolgreich, obwohl zwei der Standorte durch Spätfrost geschädigt waren. Mit der Auslese in der F₂ und anschließender Nachkommenschaftsprüfung steht ein brauchbares züchterisches Mittel zur Auslese im ökologischen Praxisbetrieb zur Verfügung.

Die Auswirkung auf Ertragseigenschaften – auf die in diesem Versuch nicht selektiert wurde – war Orts- bzw. Kreuzungsspezifisch unterschiedlich. Es gibt deutliche Hinweise, dass auf wichtige andere Eigenschaften wie Frühzeitigkeit und Frohwüchsigkeit auch in sehr weiten Kreuzungen (z.B. Wildtomate x Fleischtomate) erfolgreich ausgelesen werden kann. Dazu werden weitere Arbeiten folgen.

Danksagung:

gilt Heiko Becker, Quirin Wember und Reinhard Ehrentraut für die Diskussion und Betreuung der Versuche, sowie dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau für die freundliche Unterstützung!

Literatur:

- FAO (2006): <http://faostat.fao.org/site/336/DesktopDefault.aspx?PageID=336>, (Abruf 14.9.2006).
- Horneburg B. (2006): Tomaten im Freiland: Die Suche nach *Phytophthora*-toleranten Sorten für den ökologischen Anbau. Vortr. Pflanzenzüchtg. 70:99-104.
- Horneburg B., Watschong L. (2005): Wildtomaten – mehr als eine Spielerei? Ludwig Watschong und Bernd Horneburg vom Dreschflügel e.V. sagen: Ja! Saaten & Taten 2006, S. 94-96.
- Lebreton L., Andrivon D. (1998): French isolates of *Phytophthora infestans* from potato and tomato differ in phenotype and genotype. European Journal of Plant Pathology 104:583-594.
- Rullich G., Schöber-Butin B., Niepold F., Habermeyer J. (2002): Alte und neue Populationen von *Phytophthora infestans* in Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 54:152-155.
- Utz, H. F. (1997): Plabstat. Ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzenzüchterischen Experimenten. Version 2N. Institut für Pflanzenzüchtung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim.

**Anbaueignung gegenüber Flug- und Hartbrand (*Ustilago nuda*, *U. hordei*)
widerstandsfähiger Wintergerste-Handelssorten unter
ökologischer Bewirtschaftung**

**Testing of smut tolerant (*Ustilago nuda*, *U. hordei*) winter barley varieties for
field performance under the conditions of organic farming**

N. Lorenz¹, S. Klause¹ und H. Spieß¹

Keywords: crop farming, plant protection, smut resistance

Schlagwörter: Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Flug- und Hartbrandresistenz

Abstract:

Because of the interdiction of chemical seed treatment, smut resistance is a main demand for cultivation of winter barley in organic farming. A comparison of common high yielding varieties with those chosen particularly with regard to good smut-resistance or tolerance showed no significant differences in field performance under the conditions of organic farming. Main criteria were the yield of grain and the content of protein and most important amino acids for animal nutrition (Cystine, Lysine, Methionine, Threonine, Tryptophan). Besides this the degree of shading weeds was estimated by means of measuring leaf areas and lengths of stalks. The leaf area proved to be the main factor. The availability of smut resistant or tolerant varieties out of organic production is not satisfying yet.

Einleitung und Zielsetzung:

Im ökologischen Getreideanbau soll ausschließlich ökologisch erzeugtes Saatgut eingesetzt werden (EU-Verordnung 1452/2003). Ohne die konventionell übliche Beizung des Saatgutes erhöht sich das Risiko der Verbreitung saattgutbürtiger Krankheiten. Bei der Wintergerste gilt dies für den zunächst als Spore außen am Getreidekorn anhaftenden Gerstenhartbrand (*Ustilago hordei*) und insbesondere für den sich bereits in der Karyopse befindlichen Gerstenflugbrand (*Ustilago nuda*). Einen Ausweg bietet der Anbau von resistenten oder toleranten Sorten. Hierzu wurden seit 2000 insgesamt 298 Handelssorten sowie Genbankmuster auf ihre Anfälligkeit gegenüber *U. nuda* und 109 Handelssorten gegenüber *U. hordei* überprüft (KLAUSE & SPIESS 2003, LORENZ et al. 2006 a, b). Um zu Empfehlungen geeigneter Sorten für die ökologische Bewirtschaftung zu kommen, wurden Sortenversuche mit aufgrund ihrer Resistenzeigenschaften ausgewählten mehr- und zweizeiligen (mz, zz) Testsorten (TS) und den Verrechnungssorten des Bundessortenamtes (VS) angelegt. Neben den Erträgen wurde der Gehalt an Rohfaser, Stärke, Zucker und an für die Tierernährung besonders wichtigen Aminosäuren (Cystin, Lysin, Methionin, Threonin und Tryptophan) erfasst. Das zur Unterdrückung von Beikräutern erwünschte Beschattungspotential wurde anhand von Messungen der Halmlängen und der Blattflächen beurteilt.

Methoden:

Die Zusammenstellung des Sortimentes (2004) erfolgte aufgrund der Resistenzeigenschaften gegenüber *U. nuda*. Hierbei war zu berücksichtigen, dass zwar eine Vielzahl der getesteten Genbankmuster und ehemaligen Handelssorten in der Evaluierung Vollresistenz zeigten, außer Astrid und Carrero aber nicht die zum Zeitpunkt der

¹IBDF im Forschungsring für biologisch-dynamische Wirtschaftsweise e.V. (Zweigstelle Dottenfelderhof), 61118 Bad Vilbel, Deutschland, n.norenz@gmx.de, klause@ibdf.de, spiess@ibdf.de

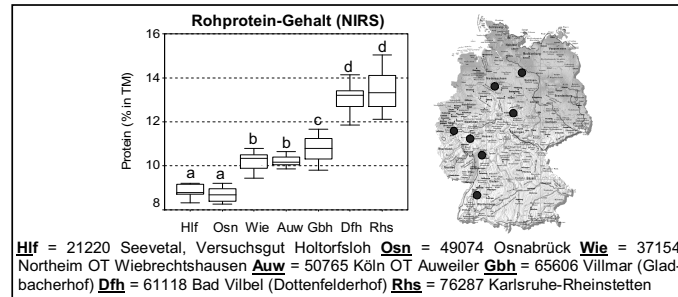


Abb. 1: Prozentualer Rohproteingehalt (86% TM) im Standort-Durchschnitt über 13 Wintergersten und geographische Lage der Versuchsflächen (Signifikanzen nach Tukey, $\alpha = 0.05$)

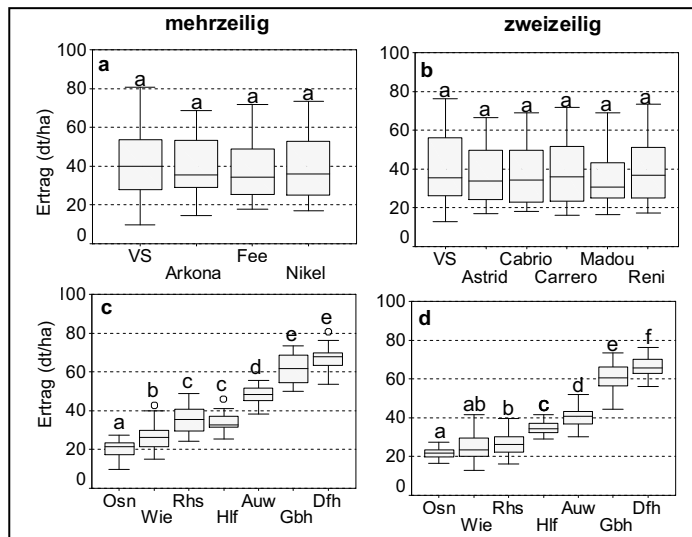


Abb. 2: Exemplarische Versuchsergebnisse aus 2005: **a, b**) Korn-Erträge mehr- und zweizeiliger Verrechnungsorten (VS) und Testsorten, gemittelt über sieben Versuchsstandorte; **c, d**) zugehörige Korn-Erträge der Standorte, gemittelt über alle Verrechnungsorten und Testsorten [Signifikanzen innerhalb jeden Graphs: zwischen den Sorten nach Dunnett ($\alpha = 0.05$); zwischen den Orten nach Tukey ($\alpha = 0.05$)].

Versuchsanlage zugelassenen Handelssorten. Somit wurden für den Versuch die relativ besten zugelassenen Handelssorten ergänzt (mz: Arkona, Fee, Nikel; zz: Astrid, Carrero, Cabrio, Madou, Reni). Die aktuellen VS waren Franziska, Lomerit und Merlot (mz) sowie Duet, Passion und Verticale (zz). Der Anbau erfolgte an sieben Standorten (Abb. 1) betriebsüblich auf ökologisch zertifizierten Flächen. Da nicht für alle Sorten ökologisch vermehrtes Saatgut zur Verfügung stand, wurden einheitlich konventionell produzierte, allerdings ungebeizte Körner ausgesät. Die Blattflächenmessung erfolgte an den Fahnenblättern, deren Blattflächen eine hohe Kongruenz mit den zuvor angelegten Blättern zeigen. Blattflächenmessungen und die Messung der

Halmlängen erfolgten nach Ende des vegetativen Wachstums. Die Gehalte an Rohfaser, Stärke, Rohprotein und wertgebenden Aminosäuren wurden mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) untersucht. Eine Wiederholung der Sortenversuche wurde im Herbst 2005 mit einem aktualisierten Sortenspektrum angelegt. Die Versuche sind noch nicht gänzlich ausgewertet und werden hier nur exemplarisch dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion:

In Abb. 1 sind die über 13 Sorten gemittelten Rohprotein-Gehalte im Vergleich der Standortmittelwerte über alle Sorten des Sortenversuches aufgeführt. Es lassen sich deutliche, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Standorten erkennen. Der Proteingehalt zeigte sich überschlägig von Norden nach Süden erhöht, was eine klimatische Hauptursache haben könnte. Abb. 2 a, b zeigen die über alle Sorten gemittelten Kornerträge für alle Standorte (geordnet nach durchschnittlichem Ertragsniveau), die ebenfalls statistisch signifikant streuen. Der höchste Proteingehalt bei Rhs (Abb. 1) zeigte sich nicht im höchsten Proteinertrag (Abb. 2 c, d), was die Bedeutsamkeit auch anderer als klimatischer Standortfaktoren verdeutlicht.

Im Vergleich der Sortenmittelwerte über alle Standorte hinweg unterschieden sich hingegen die Sorten weder bzgl. des Kornertrages noch für die mittels NIRS gemessenen Inhaltsstoffe signifikant (Abb. 2 a, b). Die Ergebnisse der Messung der Halmlängen und der Blattflächen sind in Abb. 3 und Abb. 4 dargestellt. Im Durchschnitt hatten die mehrzeiligen Gersten mit 13,1 cm² größere Fahnenblätter als die zweizeiligen mit 10,7 cm². Dies entspricht einer um 22,4% größeren Blattfläche der mehrzeiligen bezogen auf die zweizeiligen Gersten. Bezüglich der Halmlänge liegen die mehrzeiligen Wintergersten mit im Durchschnitt 130,5 cm knapp und nicht signifikant 3,9 Prozent über den zweizeiligen mit 125,6 cm. Setzt man die längste und großblättrigste Sorte Merlot gleich 100%, dann beträgt die Differenz zu derjenigen Sorte mit dem kleinsten Wert 53,9% für die Blattfläche (Astrid) und 11,8% für die Halmlänge (Nikel). Dies lässt die Blattfläche bzgl. der Beschattung als den dominierenden Faktor erscheinen. Die Ergebnisse belegen, dass die Testung der Gersten über eine große Bandbreite an Standortbedingungen erfolgte und daher klimatische und andere Standortfaktoren, wie auch insbesondere Verschiedenheiten in den Bewirtschaftungsmaßnahmen (Fruchtfolge, Beikrautregulierung, Düngung, u. a.), stark zum Tragen kamen. Hingegen unterschieden sich die einzelnen Sorten über alle Standorte hinweg weder bzgl. des Ertrages noch für den mittels NIRS gemessenen Rohproteingehalt signifikant. Dies gilt auch für die gemessenen Aminosäuregehalte (hier nicht explizit dargestellt).

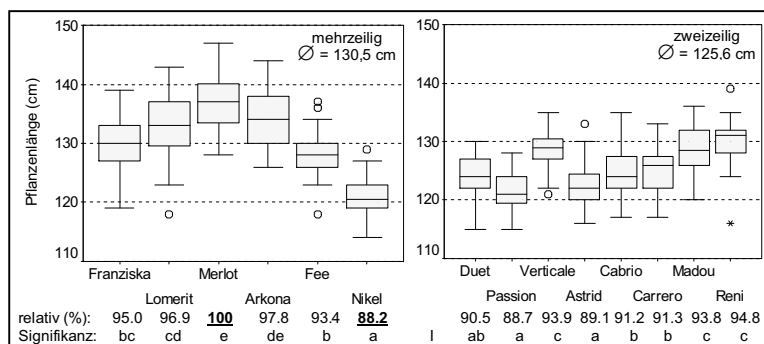


Abb. 3: Länge der Halme (Bodenoberfläche bis Ährenansatz) der Wintergersten im Sortenversuch am Standort Dottenfelderhof, Bad Vilbel (2004-05) [BBCH 83, 8 Messungen pro Wdh. = 24 Messungen pro Sorte, Signifikanz innerhalb des linken bzw. rechten Graphs; TUKEY, $\alpha = 0.05$]

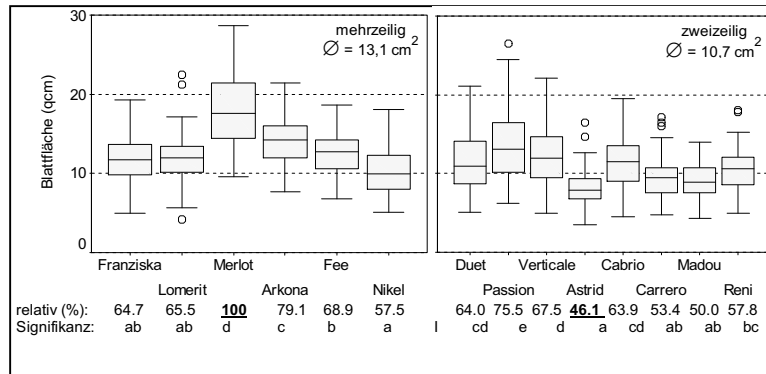


Abb. 4: Fläche der Fahnenblätter (cm^2) der Wintergersten im Sortenversuch am Standort Dottenfelderhof, Bad Vilbel (2004-05) [BBCH 70, 30 Blätter pro Wdh. = 90 Blätter pro Sorte, Signifikanz innerhalb des linken bzw. rechten Graphs; TUKEY, $\alpha = 0.05$]

Schlussfolgerungen:

Die bezüglich guter Resistenzeigenschaften gegenüber *U. nuda* ausgewählten Handelsorten waren unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus (u. a. keine N-Gaben während der Wachstumsperiode) den Verrechnungssorten des Bundessortenamtes bzgl. der Korn- und Proteinerträge nicht unterlegen. Klimatische und pflanzenbauliche Standortunterschiede dominierten gegenüber den Sortenunterschieden. Eine allumfassende Kombination guter Resistenz (insbesondere gegen *U. nuda*), guter Beschattung und bester Futterqualität war in keiner der Sorten verwirklicht. Zur Vermeidung der Verbreitung saattutbürtiger Krankheiten empfiehlt sich eine Auswahl der Sorten insbesondere nach guten Resistenzeigenschaften. Dies setzt für den ökologischen Anbau voraus, dass entsprechende Wintergersten für den Anbauer aus ökologischem Nachbau verfügbar sind. Für Carrero, der derzeit einzigen zugelassenen Wintergerste mit sehr guter Resistenz gegenüber *U. nuda*, traf dies für die Herbstaussaat 2006 nicht zu (nach www.organicXseeds.de).

Danksagung:

Für die Mitfinanzierung dem BMVEL (Bundesprogramm Ökologischer Landbau) sowie der Software AG-Stiftung (Darmstadt). Für ihre Mitarbeit allen Versuchsanstellern.

Literatur:

Klause S., Spieß H. (2003): Evaluierung der Anfälligkeit von Wintergersten gegenüber Flugbrand (*Ustilago nuda*) als Kriterium für die Sortenwahl bei ökologischem Anbau. In: Freyer B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung, S. 555-556.

Lorenz N., Klause S., Müller K.-J., Spieß H. (2006 a): Sortenevaluierung in Deutschland zugelassener Wintergersten hinsichtlich Flug- und Hartbrandresistenz. Mitt Biol Bundesanst Land- u Forstwirt 400: 333-334.

Lorenz N., Klause S., Müller K.-J., Spieß H. (2006 b): Screening of winter barley varieties (*Hordeum vulgare*) for resistance against loose smut (*Ustilago nuda*) and covered smut (*U. hordei*) in Germany. Czech J Genet Plant Breed 42 (Special Issue): in press.

Interaktionen zwischen Genotyp und Ort sind ein Vorteil von lokaler Züchtung von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.)**Genotype × location interactions are advantageous for local breeding of faba bean (*Vicia faba* L.)**L. Ghaouti¹, W. Vogt-Kaute² und W. Link¹**Keywords:** development of organic agriculture, faba bean (*Vicia faba* L.), genotype × location interaction, local breeding**Schlagwörter:** Entwicklung Ökolandbau, Ackerbohne (*Vicia faba* L.)**Abstract:**

Organic farming is based on low productivity environments regarding the restricted supply of inputs. Thus, to maximize the response of selection, the local breeding approach was put forward for organic agriculture. To analyse this approach, efforts of organic farmers and scientists were combined in a pertinent, participatory breeding approach using spring faba bean as crop. A set of genotypes with different levels of heterozygosity and heterogeneity were tested in four organic farms and one conventional location. Results for grain yield showed that the genotype-location interaction was highly significant and contributed to a large extent to the yield variation. The findings indicated that indeed local breeding programs could give greater genetic gains for organic cropping systems than traditional, formal plant breeding programs.

Introduction and Objectives:

Breeding programs develop cultivars for deployment in a target environment. The target environment may be broadly or narrowly defined in terms of biotic and abiotic parameters (ATLIN et al. 2001). Formal plant breeding programs have mainly focused on the production of input responsive and broadly adapted cultivars that show high performance over a wide range of environments. Genotype × environment interactions occur if the relative performance of genotypes, compared with each other, depends on the actual environment. Therefore, in cases where marginal areas are included, the genotype × environment interactions tend to be large and formal plant breeding will often fail to breed the appropriate germplasm. Organic production is similar to marginal areas production with rather heterogeneous environments, large diversity of farmer's needs and lack of adapted varieties (DESCLAUX 2005). Local breeding allows to make use of the genotype × location interaction and thus to increase gain from selection. Cultivars offered by formal plant breeding have to be "distinctive, uniform and stable", whereas on the contrary, organic breeding launched the concept of ongoing genetic evolution and adaptation of a local cultivar for its specific target region. The objective of this study was to start an investigation into a local breeding approach for German organic conditions in spring faba bean (*Vicia faba* L.).

Material and Methods:

Spring bean genotypes (N=49) with different degree of heterogeneity and heterozygosity were used in replicated field trials across four organic locations and one conventional location in Germany in 2004 and 2005. The agro-ecological

¹Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH, Am Fassberg, 37077 Göttingen, Deutschland, lghaout@gwdg.de

²Naturland e.V., Kleinhadener Weg 1, 82166 Gräfelfing, Deutschland

conditions of the locations are diverse: Tröndel (Trö) near Kiel, Ramsthal (Ram) near Bad Kissingen, Willmering (Wil) near Regensburg and two further locations belonging to our Department's experimental stations: Deppoldshausen (Dep) and Reinshof (Rei). Reinshof is a conventional site. Eighteen homozygous inbred lines were used *per se* and to produce 18 corresponding polycross progenies, several checks were included in addition. Mean values and variances of the lines and their polycross progenies for grain yield were assessed in each location and in a combined analysis across locations.

Results and Discussion:

The combined analysis of variance across locations, years and genotypes showed that for grain yield all sources of variation were significant (Tab. 1). Genotype \times environment interactions were large (the pertinent variance components were $GY + GL + GYL = 0.41 \text{ t}^2/\text{ha}^2$) which is about twice the variation of the genotypic variance component ($0.21 \text{ t}^2/\text{ha}^2$). Genotype \times location interactions (GL) contributed ($0.15 \text{ t}^2/\text{ha}^2$) more than half as much as the genotypes ($0.21 \text{ t}^2/\text{ha}^2$) to the yield variation.

Tab. 1: F-values of the different sources of variation for grain yield (t/ha); combined ANOVA across genotypes, locations and years.

Sources of variation	Grain yield (t/ha)			
	Degrees of freedom	Variance components	F value	LSD 5%
Locations (L)	4	1.68	529.78**	0.16
Years (Y)	1	0.57	447.84**	0.10
Genotypes (G)	48	0.21	7.84**	0.49
YL	4	0.90	143.05**	0.22
GL	192	0.15	1.96**	1.10
GY	48	0.11	2.69**	0.70
GYL	190	0.15	1.93**	1.12
Error	361	0.16	-	-

* Significant for $P < 0.05$; ** Significant for $P < 0.01$

Two so-called genotypic structures were involved in the trial. First of all, inbred lines, being single, homozygous and therefore genetically fixed genotypes, they show maximum uniformity and a pointed, clear phenotypic expression. Testing the adaptation of a collection of inbred lines for a given environment, hence, opens the option to find a specifically adapted line; whereas secondly, their polycross progenies are heterogeneous and partly heterozygous stocks, thus giving individually the option to locally evolve and become steadily better adapted over time. To display which of the two genotypic structures is a more adequate choice for local organic breeding, this comparison between the inbred lines and their polycross progenies was conducted (Tab. 1).

Local breeding is based on a direct selection in the target locations; whereas the formal breeding is based on an indirect selection, where the environments of selection are only a more or less representative sample of the target environments. Therefore the local breeding is making use of location-wise data whereas the formal breeding is relying on a combined analysis across all locations.

Results showed (Tab. 2) that among and across all locations, the differences between the polycross progenies as well as the differences between the inbred lines were highly significant.

Among locations, the performance of the inbred lines was more or less correlated with the performance of their polycross progenies (e.g. in the location "Reinshof", $r = 0.73^*$ and in Ramsthal, $r = 0.06$). In the combined analysis, the correlation between the inbred lines and their polycross progenies was highly significant ($r = 0.76^{**}$).

As expected, due to heterosis, the polycross progenies yielded on average higher than the inbred lines ($4.25\text{t/ha} > 3.46\text{t/ha}$); whereas the variance among inbred lines was higher than the polycross progenies variance for both approaches (local and formal). In a local breeding approach, the exploitable variance is the genetic variance in a specific location, where the interaction between genotypes and this location is included (e.g., in the location "Deppoldshausen": $\delta^2(\text{IL}) = 0.27 \text{ t}^2/\text{ha}^2$; $\delta^2(\text{PP}) = 0.16 \text{ t}^2/\text{ha}^2$).

The average value of the variances across individual locations displays the exploitable variance for a typical single location (for inbred lines, $\bar{\delta}^2 = 0.29 \text{ t}^2/\text{ha}^2$; for polycross progenies, $\bar{\delta}^2 = 0.15 \text{ t}^2/\text{ha}^2$).

In local plant breeding, the variances estimated in each location as well as the average of the variances across locations were markedly higher than the variance that can be used in formal plant breeding, estimated from the mean values of yield over locations (for inbred lines: $0.29 \text{ t}^2/\text{ha}^2 > 0.14 \text{ t}^2/\text{ha}^2$; for polycross progenies: $0.15 \text{ t}^2/\text{ha}^2 > 0.04 \text{ t}^2/\text{ha}^2$).

The messages from these data are similar for all locations and both, inbred lines and polycross progenies. The variance used in the formal plant breeding is narrow compared to the variances at the typical single location, which is used in local breeding. The greater the genotype \times location interaction effect is, the higher is the efficiency of local breeding compared to the formal plant breeding.

Tab 2: Mean values, phenotypic variances with its significance and least significant differences for yield (t/ha) of inbred lines and polycross progenies.

Locations (2004 and 2005)	Inbred lines (IL)			Polycross progenies (PP)			Correlation (IL, PP)
	μ	δ^2	LSD	μ	δ^2	LSD	
Local breeding approach							
Tröndel	4.16	0.19**	0.66	5.05	0.14**	0.75	0.33
Deppoldshausen	3.60	0.27**	0.86	4.45	0.16**	0.83	0.49*
Reinshof	4.65	0.33*	1.20	5.63	0.19*	0.79	0.73**
Ramsthal	1.64	0.35*	1.15	1.95	0.14*	0.90	0.06
Willmering	3.35	0.32**	0.64	4.17	0.14**	0.44	0.71**
Average	3.46	0.29	-	4.25	0.15	-	-
Formal breeding approach							
Combined analysis	3.46	0.14**	0.44	4.25	0.04**	0.36	0.76**

* Significant for $P < 0.05$; ** Significant for $P < 0.01$

Conclusions and Outlook:

Cultivars in faba bean rely on three types: inbred lines, synthetics and populations. On the basis of the studied material, further experiments (2006) and analyses will allow comparing the relative excellence of two types of cultivars for local and formal

breeding: inbred lines and synthetic cultivars. The behavior of the synthetics will be predicted from the performance of the inbred lines and their polycross progenies, following pertinent quantitative genetic concepts (LINK & EDERER 1993).

Acknowledgments:

We acknowledge the support by BLE/BMVEL sponsoring this research (03OE43).

References:

Atlin G. N., Cooper M., Bjørnstad Å. (2001): A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica* 122: 463-475.

Desclaux D. (2005): Participatory Plant breeding Methods for Organic Cereals. In: Lammerts Van Bueren, E.T. and Ostergard, H., Eds. Proceedings of the SUSVAR/ECO-PB Workshop on Organic Plant Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers, p. 17-23.

Link W., Ederer W. (1993): The concept of varietal ability for partially allogamous crops. *Plant Breeding* 110: 1-8.

Züchtung von Saflor für den ökologischen Landbau**Breeding of Safflower for Ecological Farming**S. Rudolphi¹, H.C. Becker¹ und S. von Witzke-Ehbrecht¹**Keywords:** development of organic agriculture, biodiversity, safflower**Schlagwörter:** Entwicklung Ökolandbau, Biodiversität, Saflor**Abstract:**

Safflower (Carthamus tinctorius L.) yields valuable oil for human consumption because of its high amount of linoleic acid. A large demand exists for this oil, but there is no organic production in Germany. The main objective of this research is to compare different methods of selection, to develop a simple non-destructive method for analyzing seed constituents such as oil content, and to develop lines with increased oil content and higher disease resistance.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Nachfrage nach ökologisch erzeugtem Pflanzenöl ist groß. Das Öl des Saflor (*Carthamus tinctorius* L.), auch Färberdistel genannt, wird aufgrund seiner hohen Linolsäure- bzw. Ölsäuregehalte als Speiseöl sehr geschätzt (REINBRECHT et al.

2004). Allerdings muss dieses Öl bislang noch importiert werden. Die Anbaueigenschaften des Saflors werden als günstig eingestuft (STEINBERGER 2002) und auch die genetische Variation ist sehr groß (REINBRECHT et al. 2004), dennoch fand in den letzten 60 Jahren in Deutschland praktisch keine Züchtung statt. Im Rahmen des Projektes „Saflor als neue Ölpflanze im ökologischen Landbau; Zuchtmethodische Grundlagen und Schnellmethoden zur Qualitätsbestimmung“ des Bundesprogramms Ökologischer Landbau werden verschiedene Ausleseverfahren zur Selektion von Linien verglichen. Hierzu wird eine Schnellmethode (Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie) zur Qualitätsbestimmung von Saflor-Samen entwickelt. Es sollen Linien mit verbesserter Krankheitsresistenz und höherem Ölgehalt selektiert werden.

Methoden:

Im Sommer 2002 wurden nach der bei LI DAJUE & MÜNDEL (1996) beschriebenen Methode erste Kreuzungen im Gewächshaus durchgeführt. Als Kreuzungseltern wurde die an unsere Klimaverhältnisse gut angepasste Sorte „Sabina“ und ein angepasster Zuchtstamm „CR1“ gewählt. Als weitere Eltern wurden die beiden kanadischen Sorten „Saffire“ und „AC-Sunset“ verwendet, die laut Sortenbeschreibung über einen hohen Ölgehalt verfügen, sich aber in späteren Anbauversuchen unter unseren Klimabedingungen als sehr anfällig für eine spezielle Krankheit, der Köpfchenfäule, erwiesen haben. Insgesamt werden drei Kreuzungen für dieses Projekt verwendet. Es sollen drei Ausleseverfahren verglichen werden: die natürliche Selektion an drei Standorten in Ramschgenerationen, der Einkornramsches ohne Selektion und die Stammbaummethode (mit Selektion auf hohen Ölgehalt und geringen Krankheitsbefall).

In 2004 und 2005 wurden Doppelreihen im Rahmen der Stammbaummethode in Göttingen angebaut. Im Jahr 2006 wurde das selektierte Saatgut aus 2005 als Parzelle (Größe: 4,2 m²) angebaut.

¹Abteilung Pflanzenzüchtung, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August Universität, von Siebold Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland

Ergebnisse und Diskussion:

Besonders differenziert traten Köpfchenfäule und Alternaria-Blattflecken auf. Die Abb. 1 und 2 zeigen Boniturnoten von 1-9 (1: kein Befall, 9: starker Befall). Die Daten weisen eine hohe Spannweite innerhalb der Kreuzungen auf. Die kanadischen Sorten sind in der Regel stärker befallen als die beiden an Deutschland angepassten Eltern.

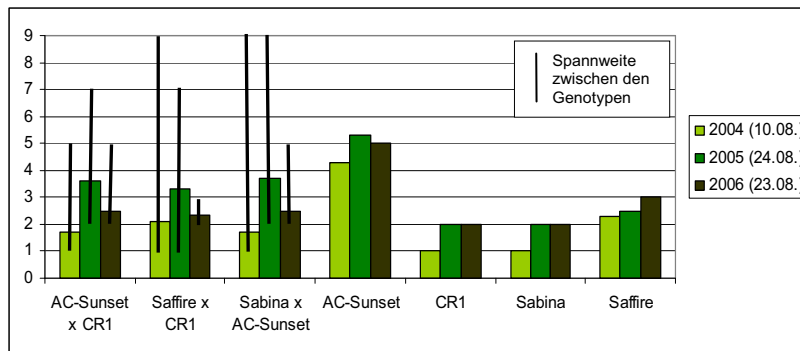


Abb. 1: Köpfchenfäule; Mittlere Boniturnoten von Kreuzungen und Eltern (2004: jeweils 50 F3-Doppelreihen pro Kreuzung, 2005: 91, 97 und 72 F4-Doppelreihen pro Kreuzung, 2006: 29, 29 und 27 F5-Parzellen pro Kreuzung).

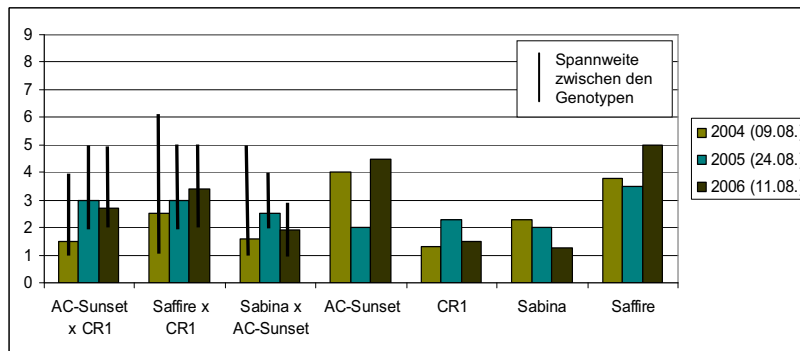


Abb. 2: Alternaria-Blattflecken; Mittlere Boniturnoten von Kreuzungen und Eltern (2004: jeweils 50 F3-Doppelreihen pro Kreuzung, 2005: 91, 97 und 72 F4-Doppelreihen pro Kreuzung, 2006: 29, 29 und 27 F5-Parzellen pro Kreuzung).

Die Jahresmittelwerte des Ölgehaltes waren bei den drei Kreuzungen im Jahr 2004 und 2005 ähnlich, 2006 war der Mittelwert in der Kreuzung Sabina x AC-Sunset erhöht (Abb. 3). In allen Jahren war eine große Spannweite zu erkennen. Die Kreuzung Saffire x CR1 zeigte jeweils den höchsten Ölgehalt. Auch im Vergleich zu den anderen Eltern wies Saffire in den Jahren 2004 und 2005 den höchsten Ölgehalt auf. Im Ölgehalt der Eltern, angebaut in Göttingen in 2006, ließen sich keine großen Unterschiede feststellen.

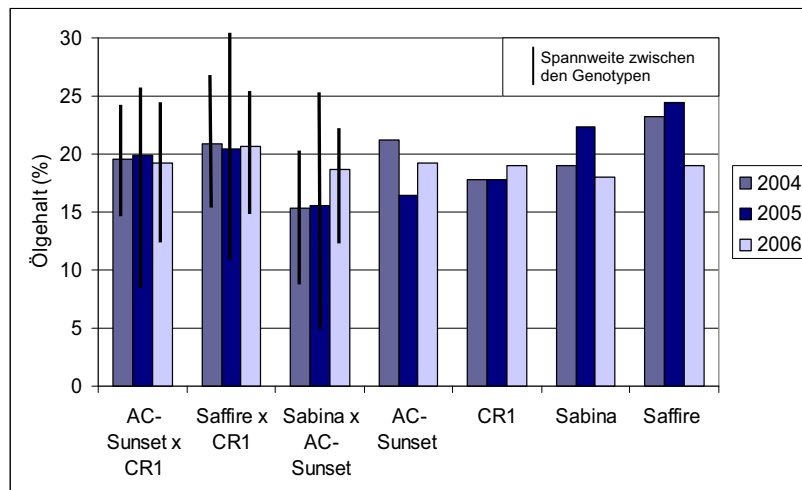


Abb. 3: Durchschnittlicher Ölgehalt 2004, 2005 und 2006, Standort Göttingen (2004: jeweils 50 F3-Doppelreihen pro Kreuzung, 2005: 91, 97 und 72 F4-Doppelreihen pro Kreuzung, 2006: 29, 29 und 27 F5-Parzellen pro Kreuzung).

Schlussfolgerungen:

Die Nachkommen der drei Kreuzungen zeigten in allen drei Jahren eine große Spannweite im Krankheitsbefall und im Ölgehalt. Es waren Genotypen zu finden, die weniger zu Krankheiten neigten und einen höheren Ölgehalt aufwiesen als die Eltern. In 2006 fanden die Feldversuche an vier unterschiedlichen Standorten (Göttingen, Hohenheim, Wilmersdorf (bei Angermünde und Darzau) statt. Diese Ergebnisse werden im März 2007 vorliegen.

Danksagung:

Wir danken Dr. C. Reinbrecht für die Überlassung der Ausgangskreuzungen. Dieses Projekt wird gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (Förderkennzeichen: 03OE628).

Literatur:

Li Dajue, Mündel H. H. (1996): Safflower, *Carthamus tinctorius* L. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rom, and Institut für Pflanzengenetik und Kulturforschung (IPK), Gatersleben, Germany.

Reinbrecht C., Barth S., von Witzke-Ehbrecht S., Kahn M. A., Becker H. C., Kahnt G., Claupein W. (2004): Evaluierung von Safflor-Akzessionen für den Ökologischen Landbau. Vorträge für Pflanzenzüchtung 62: 101-103.

Steinberger J. (Hrsg) (2002): Workshop „Züchtung für den Ökolandbau“, 10./11. Juni 2002, Bundesortenamt Hannover, Deutschland, 142 S.

Entwicklung von Maissorten mit spezieller Anpassung an die Bedingungen des Ökologischen Landbaus**Development of maize varieties with specific adaptation to organic farming conditions**H. Burger¹, M. Schloen¹, W. Schmidt² und H. H. Geiger¹**Keywords:** development of organic agriculture, crop farming, plant breeding**Schlagwörter:** Entwicklung Ökolandbau, Pflanzenbau, Pflanzenzüchtung**Abstract:**

Organic farming has gained in importance in Germany during the past years. Therefore an increasing demand exists for varieties with specific adaptation to this farming system. Hence it becomes necessary for plant breeders to optimize their selection strategy for varieties which meet the requirements of organic farming. For this purpose a research project was conducted at the University of Hohenheim, Institute of Plant Breeding, Seed Science, and Population Genetics in cooperation with the KWS SAAT AG. It was supported by the "Bundesprogramm Ökologischer Landbau" and lasted from April 2004 to December 2006. In the present contribution the results of comparative trials with maize under organic and conventional farming conditions in 2004 and 2005 are reported. It is demonstrated that under organic farming maize genotypes can be evaluated with similar precision as under conventional conditions. However, inconsistent correlations between the two farming systems indicate that the predictability of performance under organic farming from data obtained under conventional farming and vice versa strongly depends on the genetic materials.

Einleitung und Zielsetzung:

Der Ökologische Landbau hat in den letzten Jahren in Deutschland zugenommen. Die Versorgung mit Saatgut, das dafür geeignet ist, gewinnt deshalb zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist bei der Entwicklung neuer Sorten zu überprüfen, ob Zuchtziele und ggf. der Sortentyp auf die spezifischen Anforderungen der ökologischen Wirtschaftsweise abgestimmt werden müssen. Zur Beantwortung dieser Frage wurde von der Universität Hohenheim und der KWS SAAT AG von 2004 bis 2006 ein Forschungsprojekt durchgeführt, das vom "Bundesprogramm Ökologischer Landbau" gefördert wurde. Im vorliegenden Beitrag soll anhand der Versuchsergebnisse der Jahre 2004 und 2005 untersucht werden, ob für die Entwicklung von Sorten mit spezifischer Anpassung an die Bedingungen des ökologischen Landbaus (ÖKO-Bedingungen) eigenständige, von konventionellen Programmen unabhängige Züchtungsmaßnahmen erforderlich sind oder ob integrierte Verfahren größeren Erfolg erzielen.

¹Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland, burger@pz.uni-hohenheim.de

²KWS SAAT AG, 37555 Einbeck, Deutschland

Im Einzelnen soll anhand züchterischer Parameter ermittelt werden, ob unter ÖKO-Bedingungen

- (i) eine für züchterische Zwecke ausreichende genetische Differenzierung des geprüften Zuchtmaterials erkennbar ist,
- (ii) Feldversuche mit der gleichen Präzision durchgeführt werden können wie unter konventionellen Bedingungen,
- (ii) eine spezifische Anpassung von Genotypen an die ökologische Wirtschaftsweise erreichbar ist.

Methoden:

Feldversuche

Ausgehend von zwei breiten Stichproben züchterischen Ausgangsmaterials, die aus 178 Flint(F)- bzw. Dent(D)linien bestanden, sollten für jede Wirtschaftsweise die 11 besten Flint- und die 11 besten Dentlinien in einem zweistufigen Verfahren selektiert werden, um daraus im Winter 2005/2006 zwei Gruppen spezifisch angepaßter Hybriden (ÖKO-Hybriden, KON-Hybriden) zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurde in den Jahren 2004 und 2005 die Leistung von Testkreuzungen, Standards und Vergleichsprüfgliedern in drei Regionen (Stuttgart/Baden-Württemberg, Erding/Bayern, Einbeck/Niedersachsen) unter ökologischen und konventionellen Bedingungen geprüft. In beiden Jahren wurden vier Materialsätze gebildet, von denen jeweils zwei aus Testkreuzungen von Flint- bzw. Dentlinien bestanden. Im ersten Jahr wurden alle obigen Linien getestet, im zweiten hingegen nur die im Vorjahr unter den jeweiligen Anbaubedingungen 25 % besten. Im ersten Versuchsjahr wurden jeweils ein Single-Cross-Tester (SC-T), im zweiten zwei mit dem Single und untereinander nicht verwandte Linientester (L-T1, L-T2) eingesetzt. Das Testen der Flintlinien erfolgte mit Denttestern und das der Dentlinien mit Flinttestern.

Materialkürzel: 2004: (F x SC-T_D) I, (F x SC-T_D) II, (D x SC-T_F) I, (D x SC-T_F) II;
2005: F x L-T1_D, F x L-T2_D, D x L-T1_F, D x L-T2_F.

Die Leistungsprüfungen wurden 2004 und 2005 unterschiedlich jeweils in Form von 10 x 10 bzw. 10 x 8 Gittern mit je zwei Wiederholungen angelegt. Es wurde zweireihig (4 bzw. 6 m lang) ausgesät und dabei die ortsübliche Bestandesdichte angestrebt (9-12 Pflanzen/m²).

Statistik

Die erhobenen Versuchsergebnisse wurden mit dem Programmpaket PLABSTAT (UTZ 2004) verrechnet. Hierbei wurden die Gitteranlagen der verschiedenen Orte zunächst einzeln ausgewertet. Anschließend wurde basierend auf den gitteradjustierten Prüfglied-Mittelwerten für jede Gitteranlage eine Serienverrechnung getrennt nach den beiden Wirtschaftsweisen durchgeführt. Aus den in der Serienverrechnung ermittelten Varianzkomponenten wurde die Heritabilität der Prüfgliedmittelwerte geschätzt. Die Heritabilität ist eine maßgebliche Komponente des zu erwartenden Selektionsgewinns. Sie ist grundsätzlich abhängig vom genetischen Material, vom Umweltbereich, von der Prüfgenaugigkeit und vom Merkmal und wird im vorliegenden Beitrag als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Selektionschancen herangezogen. Im Rahmen der statistischen Auswertung wurden außerdem für alle quantitativen Merkmale Korrelationen zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise analysiert.

Ergebnisse und Diskussion:Mittelwerte, Varianzen, Heritabilitäten und Korrelationena) Versuchsjahr 2004:

Die Kornerträge waren bei ökologischer Wirtschaftsweise durchgehend geringer als bei konventioneller. Die Ertragsreduktion variierte zwischen den vier Materialsätzen von 8-16 %. Im Durchschnitt der vier Materialsätze betrug der Kornertrag 105,7 dt/ha bei ökologischer und 119,6 dt/ha bei konventioneller Wirtschaftsweise. Der durchschnittliche Korn-TS-Gehalt lag bei 62,6 % unter ökologischen bzw. 63,8 % unter konventionellen Anbaubedingungen.

Im Materialsatz (D x SC-T_F) I bestand bei konventioneller Wirtschaftsweise keine genotypische Varianz für den Kornertrag, weshalb dieser Satz nicht in die vergleichende statistische Auswertung einbezogen wurde. Bei den drei anderen Materialsätzen war der Schätzwert der genotypischen Varianz für den Kornertrag bei ökologischer Wirtschaftsweise einmal deutlich größer als bei konventioneller und zweimal gleich groß bzw. kleiner (Tab. 1).

Tab. 1: Schätzwerte der Genotypischen Varianz und der Heritabilität für Kornertrag in drei Materialsätzen bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschaftsweise 2004 sowie Koeffizienten der phänotypischen Korrelation zwischen den Erträgen bei ÖKO und KON

	Genotypische Varianz		Heritabilität		Phänot. Korr ÖKO/KON
	ÖKO	KON	ÖKO	KON	
Materialsatz	(dt/ha) ²		%		
(F x SC-T _D) I	13,0 **	19,7 **	45	57	0,63 **
(F x SC-T _D) II	11,1 **	9,4 **	46	42	0,55 **
(D x SC-T _F) II	21,8 **	7,2 *	54	30	0,37 **

*, ** signifikant (F-Test) bei $\alpha = 0,05$ bzw. 0,01.

Die Höhe der Genotyp x Ort-Interaktionsvarianz unterschied sich wenig zwischen den beiden Wirtschaftsweisen (Daten nicht gezeigt). Bei der Fehlervarianz bot sich kein einheitliches Bild: Es zeigten sich sowohl höhere als auch niedrigere Schätzwerte bei ökologischer Wirtschaftsweise. Die Heritabilitätskoeffizienten bewegten sich bei beiden Wirtschaftsweisen im mittleren Bereich (Tab. 1).

Die Schätzwerte der phänotypischen Korrelation zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise differierten erheblich zwischen den drei Materialgruppen (Tab. 1). Insgesamt ergab sich nur eine mäßige Übereinstimmung zwischen den bei ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise erzielten Leistungen.

b) Versuchsjahr 2005:

Auch im Jahr 2005 waren die Kornerträge bei ökologischer Wirtschaftsweise geringer als bei konventioneller. Die Ertragsreduktion variierte zwischen den vier Materialsätzen von 17-21 %. Weder bei ökologischer noch bei konventioneller Wirtschaftsweise ließen sich in den einzelnen Materialsätzen signifikante Ertragsunterschiede zwischen den spezifisch selektierten Liniengruppen feststellen (Tab. 2). Lediglich im Materialsatz D x L-T_{2F} deutete sich unter konventionellen Bedingungen eine Überlegenheit der unter konventionellen Bedingungen selektierten Fraktion an.

Tab. 2: Mittlere Testkreuzungsleistung der 2004 selektierten Liniengruppen im Prüf-jahr 2005 bei ökologischer (ÖKO) und konventioneller (KON) Wirtschafts-weise; Abkürzungen: ÖKO-L, KON-L = unter ökologischen bzw. konventionellen Bedingungen selektierte Liniengruppe

Materialsatz	ÖKO-Prüfung		KON-Prüfung	
	ÖKO-L	KON-L	ÖKO-L	KON-L
	dt/ha		dt/ha	
F x L-T1 _D	104,3	104,5	125,8	126,6
F x L-T2 _D	91,4	90,8	115,7	115,4
D x L-T1 _F	91,3	91,4	113,9	114,0
D x L-T2 _F	96,6	95,9	118,8	120,9

Die Schätzwerte der genotypischen Varianz für den Kornertrag lagen in der gleichen Größenordnung wie 2004 und unterschieden sich im allgemeinen nur wenig zwischen den beiden Wirtschaftsweisen (Daten nicht gezeigt). Eine Ausnahme bildete die genotypische Varianzkomponente beim Materialsatz F x L-T1_D, für die sich ein auffallend niedriger, nicht signifikanter Schätzwert bei ökologischer im Vergleich zu konventioneller Wirtschaftsweise ergab. Den höchsten Schätzwert genotypischer Varianz zeigte jeweils bei beiden Wirtschaftsweisen der Materialsatz D x L-T1_F. Bei beiden Wirtschaftsweisen waren in allen vier Materialsätzen hochsignifikante Genotyp x Ort-Interaktionsvarianzen zu verzeichnen, die in drei von vier Fällen sogar das Doppelte der genotypischen Varianzkomponente ausmachten. Ein möglicher Grund hierfür war die durch die Linien-Tester verursachte genetische Homogenität innerhalb der Prüfglieder. Die Schätzwerte der Fehlervarianz des Kornertrags bewegten sich für beide Wirtschaftsweisen in der gleichen Größenordnung. Die Heritabilitätsschätzwerte des Kornertrags unterschieden sich im Jahr 2005 deutlich ($h^2 = 16, 42, 56, 34$ % für ökologische und 50, 34, 69, 29 % für konventionelle Wirtschaftsweise). Hauptursache für die zum Teil niedrigen Schätzwerte ist das oben geschilderte ungünstige Verhältnis der Genotyp x Ort-Interaktionsvarianzen zur genotypischen Varianz.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise variierten zwischen den Materialgruppen von $r_p = 0,08$ bis $r_p = 0,62^{**}$ und waren insgesamt schwächer als in dem 2004 geprüften unselektierten Material.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse der ersten beiden Versuchsjahre zeigen, dass unter ÖKO-Bedingungen sowohl eine für züchterische Zwecke ausreichende genetische Differenzierung als auch eine ähnlich hohe technische Präzision wie unter konventionellen Bedingungen erreichbar ist. Sie liefern aber keine eindeutigen Hinweise auf eine spezifische Anpassung. Um abschließende Aussagen hierzu treffen zu können, müssen die Leistungsergebnisse 2006 der neu entwickelten Hybriden abgewartet werden, da bei diesen im Gegensatz zu den 2005 geprüften Testkreuzungen sowohl die Mutter- als auch die Vaterlinien spezifisch selektiert wurden.

Literatur:

Utz H. F. (2004): PLABSTAT. Version 3Awin. Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik. Stuttgart.

**Verbesserung der Stickstoff (N)-Effizienz im Ökologischen Landbau -
Bedeutung der N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz
bei Triticale, Weizen und Roggen**

**Improvement of nitrogen (N) use efficiency in organic farming systems –
Influence of N uptake and N utilization efficiency in triticale, wheat, and rye**

E. M. Thiemt¹

Keywords: plant breeding, nitrogen-use efficiency, triticale, wheat, rye

Schlagwörter: Pflanzenzüchtung, Stickstoffeffizienz, Triticale, Weizen, Roggen

Abstract:

Organic farming systems are characterized by reduced nitrogen supply. Nitrogen (N) is one of the most important yield limiting factors and an essential component for proteins. For organic farming cereal varieties with high N use efficiency are required. The main components of N use efficiency are N uptake and N utilization efficiency. Triticale has shown to be very suitable for organic farming due to its tolerance to marginal conditions and high competition against weeds. Little is known about N use efficiency and its components in triticale. The aims of the study were to i) analyze the influence of N uptake and N utilization efficiency for improved N efficiency, ii) estimate quantitative genetic parameters for N uptake and N utilization efficiency, and iii) compare the findings for triticale with its parents wheat and rye. A total of 36 triticale, nine wheat and nine rye genotypes were tested in two locations with two N levels each, according to the rules for organic farming. The material was not pre-selected for N use efficiency. Significant genotypic variation was found for N use efficiency and its components N uptake and N utilization efficiency for triticale. So an important prerequisite for breeding for improved N use efficiency is met. The correlations between N use efficiency and its both components were high for all three cereals. N uptake and N utilization efficiency showed no significant association with each other. As a consequence these traits can be improved independently.

Einleitung und Zielsetzung:

Die niedrige Versorgung mit Stickstoff (N) kann als eines der Kernprobleme im Ökologischen Landbau angesehen werden. Als Folge finden sich unter ökologischen Anbaubedingungen nicht nur geringere Erträge, sondern auch geringere Proteingehalte im Korn. Ursache für die geringere Produktivität kann neben der Menge an mineralisiertem Stickstoff auch der schwer kalkulierbare Verlauf der Mineralisation sein, der nicht zwangsläufig dem Pflanzenbedarf entspricht. Die geringere N-Versorgung ist besonders problematisch für Vieh haltende Betriebe, da die innerbetriebliche Proteinversorgung der Tiere oft nicht gewährleistet ist. Dies führt im ökologischen Landbau zu einer besonderen Nachfrage nach Eiweißlieferanten aus heimischer Produktion. Triticale wurde mit dem Ziel entwickelt, die positiven Eigenschaften seiner Eltern zu kombinieren, und zwar die Kornqualität und Ertragsfähigkeit des Weizens und die Anspruchslosigkeit des Roggens. Diese Getreideart vereint einen hohen Ertrag mit relativ geringen Ansprüchen und guter Unkrautkonkurrenzskraft. Für den Ökologischen Landbau ist Triticale daher sehr gut geeignet. Eine gezielte Züchtung von Triticalesorten, welche den zur Verfügung stehenden Stickstoff effizienter nutzen, kann zur Stei-

¹Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart, Deutschland, Elisabeth.Thiemt@uni-hohenheim.de

gerung der Produktivität des Ökologischen Landbaus beitragen und die Proteinversorgung verbessern.

Unter N-Effizienz wird im Folgenden die Fähigkeit eines Genotyps verstanden, bei geringem N-Angebot einen überdurchschnittlichen Kornertag zu erzielen (SATTELMACHER et al. 1994). Nach einem Konzept von MOLL et al. (1982) kann die N-Effizienz in die Komponenten N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz unterteilt werden. Die N-Aufnahme-Effizienz ergibt sich aus dem N-Ertrag der oberirdischen Pflanzenteile. Die N-Verwertungseffizienz stellt ein Maß für die Fähigkeit einer Pflanze dar, mit dem aufgenommenen Stickstoff einen möglichst hohen Kornertag zu erzielen (ENGELS & MARSCHNER 1995). Für Triticale liegen bisher keine Kenntnisse darüber vor, welche Bedeutung diese beiden Komponenten für den Gesamtkomplex N-Effizienz haben. Zudem fehlen Befunde hinsichtlich der genotypischen Variation im Triticale-Genpool, die eine wichtige Voraussetzung für die züchterische Verbesserung dieser beiden Merkmale darstellen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, i) die Bedeutung der N-Aufnahme- und der N-Verwertungseffizienz für den Gesamtkomplex N-Effizienz unter den besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus zu untersuchen, ii) das Ausmaß der genotypischen Variation zu schätzen und iii) die Ergebnisse von Triticale, Weizen und Roggen zu vergleichen.

Methoden:

Es wurden 36 Triticale- und jeweils neun Weizen- und Roggen-Genotypen untersucht. Dabei handelte es sich um die Weizensorten Batis, Bussard, Capo, Empire, Ludwig, Naturastar, Pegassos, Wenga und Zentos. Bei Roggen wurden sowohl Populationsorten (Amilo, Danko, Recrut, Walet, Matador, Boresto) als auch Hybridsorten (Askari, Rasant, Treviso) geprüft. Alle Genotypen waren nicht auf verbesserte N-Effizienz vorselektiert. Die Versuche wurden im Jahr 2005 an zwei ökologisch diversen Standorten (Keinhohenheim bei Stuttgart, Achern bei Offenburg) durchgeführt, die nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet werden. Um die unterschiedlichen N-Versorgungsniveaus im ökologischen Landbau wider zu spiegeln, wurden an beiden Standort jeweils zwei N-Stufen angelegt. Die niedrige N-Stufe (NL) erhielt keine N-Düngung, die hohe N-Stufe (NH) wurde mit 110 kg N je ha in Form von Hornmehl versorgt. Während der Vegetationsperiode wurden Bodenproben entnommen und N_{\min} -Untersuchungen durchgeführt. Die Parzellengröße betrug fünf m². Die gesamte oberirdische Biomasse wurde an zwei Terminen (Blüte, Reife) geerntet. Zur Reife erfolgte eine Trennung in Korn und Stroh. Der N-Gehalt der drei Pflanzenfraktionen wurde mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen. Es wurden folgende Merkmale bestimmt: Kornertag [als Maß für die N-Effizienz, g m⁻²], N-Aufnahme [N-Ertrag der oberirdischen Biomasse zur Reife, g N m⁻²], N-Verwertung [Quotient aus Kornertag und N-Aufnahme, g TM g⁻¹ N], Korn-N-Gehalt [%] und Korn-N-Ertrag [g N m⁻²].

Ergebnisse und Diskussion:

Die Schätzwerte der genotypischen Varianz für den Kornertag und die N-Aufnahme waren bei Triticale auf beiden N-Stufen signifikant, die N-Verwertung zeigte nur auf der NL-Stufe Signifikanz (Tab. 1). Auch OETTLER (1996) fand signifikante genotypische Unterschiede für den Kornertag auf zwei N-Stufen unter konventionellen Anbaubedingungen. Für alle drei Merkmale wurden durchweg hochsignifikante Interaktionen zwischen den Genotypen und den Orten nachgewiesen. Bei Weizen und Roggen war die genotypische Varianz nicht für alle Merkmale signifikant, was auf die geringe Anzahl der Sorten zurückgeführt werden kann. Die Schätzwerte für die Heritabilitäten zeigten bei Triticale auf der NL-Stufe höhere Werte als auf der NH-Stufe. Bei Weizen und Roggen zeigte sich kein eindeutiges Bild.

Im Mittel zeigten Triticale und Roggen auf beiden N-Stufen höhere Leistungen für die Merkmale Kornertrag, N-Aufnahme und N-Verwertung als Weizen (Tab. 2). Die hohe mittlere Leistung des Roggens war sehr stark von den Hybridsorten beeinflusst.

Tab. 1: Schätzwerte der Varianzkomponenten und Heritabilitäten (h^2) für Triticale (N=36), Weizen (N=9) und Roggen (N=9) für Kornertrag, N-Aufnahme und N-Verwertung über zwei Orte getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe.

Merkmal	NL				NH			
	G [†]	GxO [†]	Fehler	h^2	G	GxO	Fehler	h^2
Triticale (N=36)								
Kornertrag	2577,25**	1813,02**	863,91	0,66	1286,71+	2870,20**	877,33	0,41
N-Aufnahme	0,60*	0,91**	0,64	0,44	65,34**	61,36**	34,25	0,26
N-Verwertung	2,64*	4,37**	0,81	0,51	0,90	3,45**	1,19	0,28
Weizen (N=9)								
Kornertrag	780,08	1407,07	223,39	0,49	3073,85+	2037,51*	491,88	0,71
N-Aufnahme	0,23	0,72*	0,12	0,36	1,84**	0,21	0,35	0,87
N-Verwertung	3,60*	0,85	1,08	0,79	3,21	4,68**	0,31	0,56
Roggen (N=9)								
Kornertrag	4021,11**	900,39+	442,74	0,86	2131,23+	1734,53*	617,80	0,64
N-Aufnahme	0,06	2,10*	0,22	0,05	0,39	1,16	0,47	0,32
N-Verwertung	3,22+	3,06*	0,33	0,65	1,51	1,64+	0,29	0,61

+, *, ** Signifikant bei $P < 0,1$; 0,05 bzw. 0,01. [†] G=Genotyp, O=Ort.

Untersuchungen von KAUL & AUFHAMMER (2000) an jeweils zwei Triticale-, Weizen- und Roggengenotypen ließen dagegen eine Überlegenheit des Weizens erkennen. Übereinstimmend zeigten alle drei Getreidearten auf der NL-Stufe geringere Werte für die N-Aufnahme und höhere Werte für die N-Verwertung als auf der NH-Stufe. Zwar erreichte der Weizen im Mittel die höchsten N-Gehalte im Korn, zeigte sich jedoch bezüglich des Korn-N-Ertrages sowohl Triticale als auch Roggen unterlegen. Auf der NH-Stufe wurde im Vergleich zur ungedüngten Variante eine sehr starke Verunkrautung beobachtet (Daten nicht gezeigt), die die geringen Unterschiede zwischen den N-Stufen erklären könnte.

Tab. 2: Mittelwerte von Triticale (N=36), Weizen (N=9) und Roggen (N=9) über zwei Orte getrennt für die niedrige (NL) und die hohe (NH) N-Stufe.

Merkmal	Triticale (N=36)		Weizen (N=9)		Roggen (N=9)	
	NL	NH	NL	NH	NL	NH
Kornertrag [g m ⁻²]	587	572	412	416	606	620
N-Aufnahme [g N m ⁻²]	14,4	15,0	11,2	12,4	14,9	16,0
N-Verwertung [g TM g ⁻¹ N]	41,5	38,9	37,9	34,4	41,6	39,2
Korn-N-Gehalt [%]	1,84	1,94	1,97	2,10	1,89	1,95
Korn-N-Ertrag [g N m ⁻²]	10,9	11,2	8,2	8,7	11,5	12,1

Die Korrelationen zwischen dem Kornertrag, als Maß für die N-Effizienz, und der N-Aufnahme waren für alle drei Getreidearten auf beiden N-Stufen hoch (Abb. 1). Die Beziehung zwischen dem Kornertrag und der N-Verwertung war für Triticale mit $r_p = 0,67$ ($P < 0,01$) auf der NL-Stufe und $r_p = 0,72$ ($P < 0,01$) auf der NH-Stufe etwas geringer als für Weizen und Roggen. Für alle der Getreidearten wurden keine signifikanten Korrelationen zwischen den Komponenten der N-Effizienz, N-Aufnahme und N-Verwertung, beobachtet (Daten nicht gezeigt). Bei Triticale lagen die Korrelationen zwischen den N-Stufen für den Kornertrag mit $r_p = 0,70$ ($P < 0,01$) auf einem ähnlichen Niveau wie in einer vorangegangenen Untersuchung (THIEMT et al., 2005). Diese Beziehung erreichte für die N-Aufnahme geringere Werte ($r_p = 0,54$; $P < 0,01$) als für die N-Verwertung ($r_p = 0,80$; $P < 0,01$).

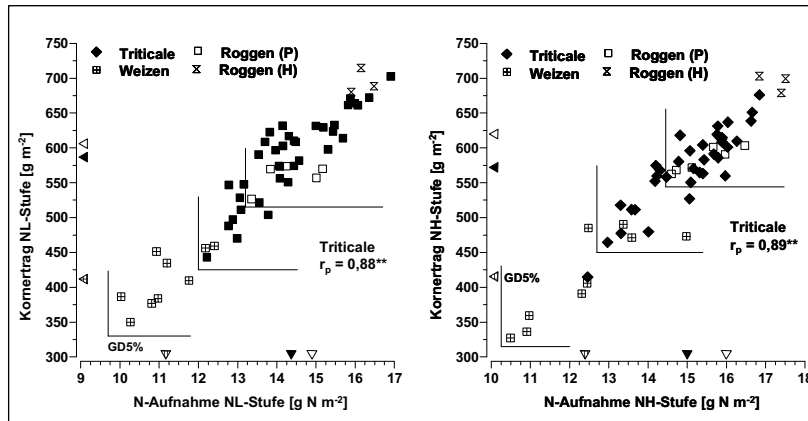


Abb. 1: Beziehungen zwischen dem Korntrag und der N-Aufnahme auf der niedrigen N-Stufe (NL) (links) und der hohen (NH) N-Stufe (rechts) von Triticale (N=36), Weizen (N=9) und Roggen (N=9) aus der Serie über zwei Orte (r_p = Koeffizient der phänotypischen Korrelation; ** signifikant bei $P < 0,01$; GD5% Grenzdifferenz bei $P < 0,05$; P=Populationsorte, H=Hybridsorte; Δ Mittelwert).

Schlussfolgerungen:

Mit dem Nachweis signifikanter genetischer Variation für die N-Aufnahme- und N-Verwertungseffizienz ist eine wichtige Voraussetzung für die züchterische Verbesserung des Gesamtkomplexes N-Effizienz bei Triticale erfüllt. Beide Komponenten zeigen eine enge Beziehung zum Korntrag, als Maß für die N-Effizienz, und können unabhängig voneinander verbessert werden.

Danksagung:

Das vorgestellte Projekt wurde durch das „Bundesprogramm Ökologischer Landbau“ des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) gefördert.

Literatur:

- Engels C., Marschner H. (1995): Plant uptake and utilization of nitrogen. In: P.E. Bacon (Hrsg.) Nitrogen fertilization in the environment. Marcel Dekker Inc., New York, S. 41-81.
- Kaul H.P., Aufhammer W. (2000): Stickstoff-Effizienz von Triticale verglichen mit Weizen und Roggen. Vortr. Pflanzenzüchtg. 49: 99-109.
- Moll R. H., Kamprath E. J., Jackson W. A. (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.
- Sattelmacher B., Horst W. J., Becker H. C. (1994): Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency under four nitrogen rates. Z Pflanzenernähr Bodenk 157: 215-224.
- Thiemt E. M., Merditaj V., Hahn V., Miedaner T. (2005): Züchtungsforschung für den Ökologischen Landbau an der Landessaatzuchtanstalt Hohenheim – Roggen, Triticale und Sonnenblumen. In: Heß J., Rahmann G.: Ende der Nische – Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005, S. 245-248.

Tomaten im Freiland
Die Suche nach *Phytophthora*-resistenten Sorten für den ökologischen Anbau
The Search for *Phytophthora*-Resistant Varieties for Organic Outdoor Tomato Production

B. Horneburg¹

Keywords: biodiversity, plant protection, vegetable production, organic breeding, *Phytophthora*

Schlagwörter: Biodiversität, Pflanzenschutz, Gemüsebau, *Phytophthora*

Abstract:

Outdoor tomato production in Central Europe is seriously impaired by Phytophthora infestans. The screening of 3500 accessions identified those with favourable agronomic, morphological, and phenological attributes and a high field resistance against P. infestans. About 90% of the most interesting varieties are kept in private collections and genebanks. Commercial varieties were of minor importance. The severity of late blight infections did strongly depend on location and year.

Einleitung:

Tomaten gehören zu den wichtigsten Gemüsen in Deutschland. Pro Jahr und Person werden etwa 15 kg verzehrt; mehr als 95% davon sind Importware (FAO 2005). Angebaut werden Tomaten im Klein- und Erwerbsgartenbau fast nur noch unter Glas oder Folie, weil im Freiland die Kraut- und Braunfäule (*Phytophthora infestans*) stark zugenommen hat. Sortensichtungen des Dreschflegel e.V. hatten seit 1996 gezeigt, dass Sorten mit interessanter Feldresistenz gefunden werden können. Seit 2003 werden die Sortenvergleiche in mehreren Regionen durchgeführt. Für jede Größenklasse – Wild-, Cocktail-, Salat-, Koch- und Fleischtomaten – werden regionale Anbauempfehlungen entwickelt.

Methoden:

Aus ca. 3500 Akzessionen von Saatguthandel, Genbanken, Initiativen und privaten ErhalterInnen wurden die 92 vielversprechendsten für den dreierartigen Vergleichsanbau 2003 in Schönhagen / Thüringen, Ellingerode / Hessen und Rhaderfernh / Ostfriesland ausgewählt und in zwei Wiederholungen mit jeweils zwei Pflanzen angebaut. Die Anbaueignung der 44 nach Ertrag und *Phytophthora*-Feldresistenz besten Sorten wurde 2004 erneut geprüft. Durch den Anbau von Kartoffeln in unmittelbarer Nähe wurden suboptimale Bedingungen für den Tomatenanbau geschaffen. Befallene Blätter wurden nicht entfernt. Zur Bonitur von *P. infestans* wurde ein Schlüssel für größere Bestände entwickelt (HORNEBURG 2006).

Ergebnisse:

Der *Phytophthora*-Befall war stark von der Jahreswitterung abhängig (Abb. 1-3). Das Jahr 2003 war für den Anbau von Tomaten im Freiland sehr günstig. Hohe Temperaturen und geringe Niederschläge begünstigten die Tomaten in der Interaktion Pflanze - Pilz. 2004 begann mit einem sehr kalten Frühjahr; der Sommer war feucht und förderte die *Phytophthora*-Infektion. Deutlich wird der Unterschied der Jahre beim Blick auf die

¹Dreschflegel e.V. und Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, D-37075 Göttingen, Deutschland, bhorneb@gwdg.de

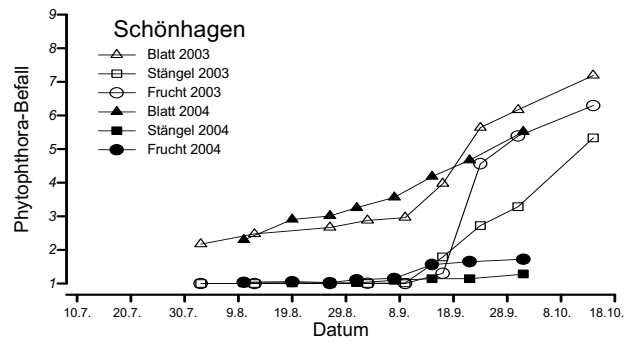


Abb. 1: *Phytophthora*-Befall in Schönhagen 2003-2004.

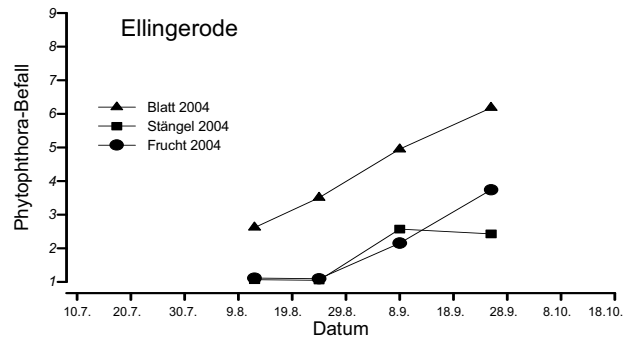


Abb. 2: *Phytophthora*-Befall in Ellingerode 2004; 2003 ohne Befall.

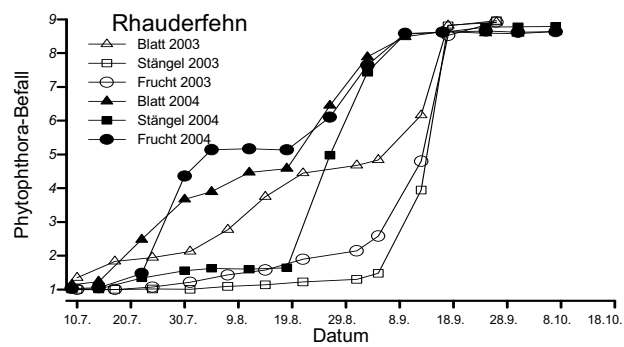


Abb. 3: *Phytophthora*-Befall in Rhaderfehn 2003-2004.

Tab. 1: Vergleich von 44 Tomaten-Sorten im Freiland in Schönhagen, Ellingerode und Rhauerfehn 2003-2004. H=Handelssorten, G=Akzessionen aus Genbanken, I=Sorten von Initiativen und Privatpersonen; Auswahl 2005.

Akzession / Sorte	Her kunft t ¹⁾	Frucht- farbe	Frucht- gewicht (g)	Tage Pflan- zung bis Ernte	Höhe Hoch- som- mer (cm)	<i>Phyto- phthora</i> Frucht- befall ²⁾	Ertrag (g) Rhau- derfehn 2004 ³⁾
I Rote Murrel	DF	rot	2,4	49,5	252	1,50	81
I S 030a	PS	gelb	3,2	51,5	248	1,75	244
I Matt's Wild Cherry	PS	rot	3,7	50,2	264	1,63	220
G LYC 2464	Gat	rot	5,9	64,0	187	1,70	121
I Broad Ripple Yel. C.	PS	gelb	6,1	50,1	216	1,70	142
I Golden Currant	DF	gelb	6,2	49,6	220	1,80	150
G LYC 2463	Gat	rot	7,5	61,0	210	1,53	205
G LYC 2470	Gat	rot	8,5	61,7	209	1,75	197
G LYC 2460	Gat	rot	9,8	62,4	194	2,58	86
I Pubescens	DF	rot	11,0	62,4	245	2,63	81
G LYC 2462	Gat	rot	11,2	62,9	232	2,59	85
I Celsior	DF	rot	12,6	62,4	165	1,68	192
I Resi Gold	PS	rot	13,2	61,3	231	2,43	254
G LYC 2468	Gat	rot	14,6	66,6	203	3,18	56
I Cerise gelb	DF	gelb	15,3	52,0	241	3,15	275
I Cuban Pink	PS	rotviolett	15,8	68,1	182	2,80	243
I Cerise rot	DF	rot	16,6	52,0	226	2,68	338
I Galina Sib. Cherry	PS	gelb	16,9	55,4	207	3,40	100
I Piccolino	AK	rot	18,6	60,6	169	3,73	0
I Cerise rot groß	DF	rot	26,6	55,2	233	2,90	638
I Wladiwostok	PR	rot	26,9	65,4	179	3,13	5
G LYC 2469	Gat	rot	33,2	64,5	222	2,73	137
G Quedl. Frühe Liebe	Gat	rot	33,9	46,3	157	3,08	46
G Ostravske Rane	Gat	rot	34,7	58,2	149	3,28	50
G LYC 2465	Gat	rot	39,2	62,6	220	2,92	137
G LYC 2466	Gat	rot	46,2	69,1	171	2,23	85
G Rheinlands Ruhm	Gat	rot	46,6	66,4	161	3,60	0
H Matina	DF	rot	48,3	57,9	183	3,78	112
I Quadro	Ku	rot	56,7	63,7	205	3,15	96
I Zuchtstamm	Ku	rot	57,0	61,7	211	2,90	163
G LYC 2459	Gat	rot	64,4	65,8	149	2,63	0
I Hybrid-2 Tarasenko	PS	rot	65,5	68,7	156	3,03	232
H Vitella F1	BN	rot	67,6	61,3	117	3,96	111
G LYC 2458	Gat	rot	68,9	66,6	128	3,10	58
I Lämpchen	PS	gelb	71,1	65,4	211	3,25	147
G Redondo P. Santo	Gat	rot	74,0	66,8	152	3,85	22
H Cindel F1	Ju	rot	75,8	67,4	187	4,28	0
H Myrto F1	BN	rot	84,1	67,0	128	3,88	0
G Catalana	Gat	rot	98,7	65,7	126	3,90	18
I Purple Calabash	AN	rotviolett	100,0	68,9	186	3,54	0
I Z 21	PS	rot	100,9	64,3	240	3,03	164
H Cristal F1	NZ	rot	103,5	64,4	154	4,05	0
G Valenciano	Gat	rot	105,0	66,6	167	3,59	0
I Paprikaförmige	DF	rosa-rot	193,9	68,9	139	3,28	96
Mittelwert:			43,7	61,41	192,1	2,89	122

¹⁾ AK=A. Köttner, AN=Arche Noah, BN=Bruno Nebelung, DF=Dreschflegel e.V., Gat=Genbank des IPK Gatersleben, PS=Privates SamenArchiv Gerhard Bohl, Ju=Juliwa, NZ=Nickerson Zwaan, PR=Pro Specie Rara, Ku=Kultursaat e.V.

²⁾ Früh- und Spätbefall gemittelt

³⁾ Die niedrigen Erträge pro Einzelpflanze sind durch die sehr ungünstige Witterung bedingt; in Ellingerode und Schönhagen wurde wegen Spätfrostschäden kein Ertrag ermittelt

Befallskurven: In Ellingerode trat *Phytophthora* 2003 im Gegensatz zu 2004 überhaupt nicht auf; in Rhaderfehn war der Befall 2004 deutlich stärker als 2003 bis hin zum Totalausfall einiger Sorten (Tab. 1). Im Ortsvergleich war Rhaderfehn in beiden Jahren der Ort mit dem deutlich stärksten Befall; Ellingerode und Schönhagen verhielten sich gegenläufig zueinander. In Tabelle 1 sind Sortencharakteristika dargestellt. Als allgemeine Tendenz sinkt mit zunehmender Fruchtgröße die Wuchshöhe, die Reife setzt später ein und die Anfälligkeit für Braunfäule nimmt zu. Frühzeitigkeit ist im Freilandanbau von immenser Bedeutung, da die Saison witterungsbedingt begrenzt ist; Cerise Gelb und Rot, Quedlinburger Frühe Liebe, Matina und die extrem großfrüchtige Paprikaförmige sind in ihrer jeweiligen Gruppe hervorstechende Sorten. In der engen Auswahl von 44 Sorten befinden sich, verglichen mit der Standardsorte Matina, überdurchschnittlich viele lang-wüchsige Sorten mit Höhen über zwei Metern zum Messzeitpunkt; Z 21 und Lämpchen sollen speziell genannt werden. Der Braunfäule-Befall in der jeweiligen Größenklasse war bei Celsior, LYC 2466 und Z 21 am geringsten. Der Anteil der Handelssorten betrug 2004 11,4% und sank in der Auswahl für 2005 (Tab. 1) auf 9,1%. Der Anteil der Herkünfte von Initiativen und privat machte 50,0 bzw. 59,1% aus und entsprechend lag der Anteil der Genbank-Akzessionen bei 38,6 bzw. 31,8%. Für Fruchtgrößen unter 48 g (Wild-, Cocktail- und kleine Salattomaten) gab es keine Handelssorten in dieser engeren Auswahl. Neuere Handelssorten sind ausschließlich Hybriden, die nicht nachbau- und entwicklungsfähig sind. Aus dieser Gruppe blieb nur eine Sorte in der Auswahl für 2005.

Schlussfolgerungen:

Durch intensive Sichtung können Sorten mit wichtigen agronomischen, morphologischen und phänologischen Eigenschaften für den Anbau im Freiland identifiziert werden. Die nicht-kommerzielle Saatgutarbeit hat dafür eine immense Bedeutung: Etwa 90% der Akzessionen, die in einem mehrjährigen Screening in ungünstigen Lagen ausgewählt wurden, stammten von Genbanken, Initiativen und aus privater Erhaltung. In Kleingärten kann der Tomatenanbau im Freiland durch geschickte Sortenwahl bereits deutlich verbessert werden. Das ist ein enormes Potenzial, da nach Angaben des BMVEL (2003) jeder zweite deutsche Haushalt über einen Garten verfügt. Der Dreschflügel e.V. organisiert die Vermehrung geeigneter Sorten. Aus der Kenntnis eines breiten Sortenspektrums konnten Eltern für ein Kreuzungsprogramm ausgewählt werden; erste Erfolge sind im Vergleich mit den besten Sorten aus der Sichtung bereits deutlich. Für die Kombination der teilweise negativ korrelierten Eigenschaften *Phytophthora*-Feldresistenz, Fruchtgröße, Ertrag, Ernteperiode und Geschmack sind vielfältige Kreuzungen und ein Zeitraum von einem Jahrzehnt nötig. Der Befall durch Kraut- und Braunfäule (*Phytophthora infestans*) war wie erwartet stark durch Orte und Jahre beeinflusst; auffällige Interaktionen müssen weiter untersucht werden. Zukünftig kann die Suche nach *Phytophthora*-toleranten Sorten auch für den Anbau unter Glas und Folie wichtig werden, da die Ertragseinbußen zunehmen (pers. Mitteilung U. LINDNER, Gartenbauzentrum Köln-Auweiler, Abt. Biogemüsebau).

Danksagung:

Dank gilt allen ErhalterInnen, der Rut- und Klaus-Bahlsen-Stiftung und dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau für die gute Zusammenarbeit!

Literatur:

BMVEL (2003): Der Gartenbau. <http://www.verbraucherministerium.de/>, (Abruf 1.7.2003).

FAO (2005): <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>, (Abruf 17.12.2005).

Horneburg B. (2006): Tomaten im Freiland. Die Suche nach *Phytophthora*-toleranten Sorten für den ökologischen Anbau. Vortr. Pflanzenzüchtg. 70: 99-104.

Die Sonnenblume – eine Eiweißpflanze für den Ökologischen Landbau?**Sunflower – a Protein Source for Organic Farming?**V. Hahn¹**Keywords:** crop farming, sunflower, plant breeding**Schlagwörter:** Pflanzenanbau, Sonnenblume, Pflanzenzucht**Abstract:**

Even though sunflower is primarily considered an oilseed crop, sunflower meal or cake is interesting for animal food, especially for organic farming, where the supply of protein is complicated. The quality of the oil cake is determined by its protein content. A breeding goal for the use of sunflower meal as a protein source is thus to increase the protein content of sunflower seeds without decreasing the oil content.

Einleitung und Zielsetzung:

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 Fettgehalt auch einen hohen Proteingehalt aufweisen. Bevor die Pflanzenzüchtung beginnen kann, beide Zuchtziele zu bearbeiten, müssen jedoch noch grundlegende Fragen beantwortet werden.

Ziel des Projektes ist 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.

Methoden:

Um die Ziele zu erreichen, wurden Testkreuzungen zwischen Sonnenblumeninzuchtlinien erstellt, die sich hinsichtlich ihres Protein- und Fettgehalts unterschieden. Die Leistungsprüfungen der 25 Linien, der daraus erstellten 105 Testkreuzungen und von Standardsorten wurden 2005 in Fautenbach (Rhein-Ebene, gute Böden) und Kleinhohenheim (bei Stuttgart, gute Böden) und 2006 in Fautenbach, Honau (Rheinebene, flachgründige, sandige Böden) und Kleinhohenheim durchgeführt. Die Testkreuzungen wurden in Abhängigkeit von den verwendeten Linien in zwei Leistungsprüfungen (LP1+ LP2) aufgeteilt, die Linien wurden gemeinsam geprüft. Versuchsanlage von LP1 war ein 10x5 Alpha-Design mit 3 Wiederholungen, LP2 wurde als 13x5 Alpha-Design mit 3 Wiederholungen angelegt. Die 25 Elternlinien wurden in einem 5x5 Gitter mit 3 Wiederholungen geprüft. Ermittelt wurde der Samenertrag, der Trockensubstanzgehalt der Samen zum Zeitpunkt der Ernte sowie der Fett- und Proteingehalt der Samen. Der Fettgehalt wurde durch nuklear-magnetische Resonanz, der Proteinge-

¹ Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland, Vhahn@uni-hohenheim.de

halt durch Nahinfrarotspektroskopie ermittelt. Die Fett- und Proteinerträge wurden rechnerisch ermittelt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags waren die Leistungsprüfungen von 2006 noch nicht geerntet, deshalb werden nur die vorläufigen Ergebnisse aus 2005 dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Standardsorten wiesen bei beiden Prüfungen und an beiden Standorten ähnliche Mittelwerte für den Ertrag auf. Dabei wurden an beiden Standorten mit annähernd 30 dt/ha sehr gute Ertragsergebnisse erzielt. Wie erwartet waren die Sonnenblumen in Kleinhohenheim später reif als in Fautenbach. Dies zeigten die höheren Werte für den Trockensubstanzgehalt der Standards in Fautenbach. Auffällig war die unterschiedliche Reaktion der einzelnen Sorten auf dem jeweiligen Standort. Während die frühe Sorte Sanluca in Kleinhohenheim jeweils den höchsten Ertrag der Standardsorten aufwies, hatte sie in Fautenbach den geringsten Ertrag in beiden Prüfungen. Genau umgekehrt war dies für die späte Sorte Jazzy. Diese zeigte in Fautenbach den höchsten und in Kleinhohenheim den geringsten Ertrag der Standardsorten. Die Fettgehalte der Standardsorten waren in Kleinhohenheim (50,7%) geringfügig höher als in Fautenbach (49,1%). Die mittleren Proteingehalte unterschieden sich zwischen beiden Orten nicht und lagen im Mittel bei 16,4%. Die Erträge der Testkreuzungen schwankten in Fautenbach zwischen 4,7 und 38,9 dt/ha bei einem Mittelwert von 20,8 dt/ha. In Kleinhohenheim schwankten die Erträge zwischen 14,1 und 36,3 dt/ha bei einem Mittelwert von 24,3 dt/ha. Die Ölgehalte schwankten in Fautenbach zwischen 44,9 und 57,2% bei einem Mittelwert von 51,1% und in Kleinhohenheim zwischen 43,0 und 57,6% bei einem Mittelwert von 52,9%. Die Proteingehalte der Testhybriden schwankten in Fautenbach zwischen 14,4 und 20% bei einem Mittelwert von 16,4% und in Kleinhohenheim zwischen 15,3 und 19,7% bei einem Mittelwert von 17,1%.

Über beide Orte gerechnet waren die Unterschiede zwischen den Proteingehalten der Testhybriden hochsignifikant ($P=0,01$). Die Varianz der Genotyp-Umwelt-Interaktion war jedoch ebenso hochsignifikant und lag ungefähr in derselben Größenordnung wie die Varianz der Testhybriden. Die Heritabilität für dieses Merkmal wurde auf ca. 55% geschätzt.

Die Korrelation zwischen den Merkmalen Fettgehalt und Proteingehalt lag in LP1 bei $r = -0,34$ ($P=0,01$) und in LP2 bei $r = -0,13$. Dies bestätigt, dass ein negativer Zusammenhang zwischen Öl- und Proteingehalt vorliegt. Dieser war jedoch bei dem untersuchten Material an den untersuchten Umwelten relativ gering.

Schlussfolgerungen:

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags die Ernte der Versuche von 2006 noch nicht erfolgt war, werden die Schlussfolgerungen bei der Tagung vorgestellt.

Danksagung:

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert. Die Untersuchungen des Proteingehalts wurden von der Arbeitsgruppe von Frau Prof. Dr. Bettina Biskupek-Korell, Fachhochschule Hannover, durchgeführt.

Verbesserung der überregionalen Sortenauswertung im ökologischen Landbau mit Hilfe der Hohenheim-Gülzower Methode am Beispiel der Körnererbsen**Improvement of national cultivar evaluation in organic agriculture with the help of the Hohenheim-Gülzower method by the example of the grain peas**H. Gruber¹ und A. Zenk²**Keywords:** crop farming, variety trials**Schlagwörter:** Pflanzenbau, Sortenversuche**Abstract:**

A reduced extent of variety trials in organic agriculture makes a regional recommendation more difficult. The Hohenheim-Gülzower method was developed for the evaluation of the conventional national variety trials in the states of the Federal Republic. This method should optimize the interpretation of test results in organic agriculture, too. Problems are shown by example of variety trials with grain peas. The new method enabled the representation of results by regionalization and weighed inclusion of adjacent regions.

Einleitung:

Der in den meisten Bundesländern eingeschränkte Umfang an Sortenversuchen im ökologischen Landbau erschwert eine regionale Sortenempfehlung. Die vielfach geringere Versuchspräzision in solchen Anbausystemen verschärft das Problem, welches in hohen Standardfehlern und großen Grenzdifferenzen seinen Ausdruck findet. Auf Grund dieser Problematik werden seit einigen Jahren die Ergebnisse aus Sortenversuchen im ökologischen Landbau deutschlandweit zusammengefasst und verschiedenen Nutzerkreisen zur Verfügung gestellt. Eine zusätzliche varianzanalytische Verrechnung dieser häufig unbalancierten Datensätze wurde aber nur an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern für die Ergebnisse der Körnerleguminosenversuche vorgenommen. Die bereits an konventionellen Sortenversuchsergebnissen getestete Hohenheim-Gülzower Serienauswertung (MICHEL & PIENZ 2006, MICHEL & PIEPHO 2001) soll auch auf den ökologischen Landbau ausgedehnt werden. Ziel ist es die Versuchsauswertung der Öko-Landessortenversuche weiter zu optimieren. Mit Hilfe der Regionalisierung und gegebenenfalls gewichteten Einbeziehung von Versuchsergebnissen angrenzender Gebiete (Überlappung) kann die Ertragsschätzung und Sortenempfehlung verbessert werden. Zu den Körnerfuttererbsen werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Methoden:

Alle Versuchsstandorte werden Bodenklimaräumen (BKR) zugeordnet und mehrere BKR in Anbaubereichen (AG) zusammengefasst (ROßBERG et al. 2007). Diese Regionalisierung wird nach fachlich sachlicher Sichtweise vorgenommen, wobei je AG mindestens 3 Versuche verfügbar sein sollten. In weiteren Schritten werden die Ertragsergebnisse auf ihre Tauglichkeit für eine varianzanalytische Verrechnung (Additivität, Normalverteilung, Varianzhomogenität) geprüft. Dazu wird der Transformationsparameter „phi“ bestimmt und anschließend zur Berechnung der Varianzkomponenten und der Mittelwerte je AG herangezogen. Die Daten werden, z. B. wegen des unterschiedlichen Ertragsniveaus, durch Transformation optimal an die Modelle angepasst.

¹Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 18276 Gülzow, Dorfplatz 1, Deutschland, h.gruber@lfa.mvnet.de

²wie 1, a.zenk@lfa.mvnet.de

Durch die Rücktransformation nach dem Rechenprozess erhalten die Ergebnisse wieder eine fachlich interpretierbare Form. Mit Hilfe der Varianzkomponenten errechnet sich auch die genetische Korrelation zwischen den AG. Diese Korrelation ist eine entscheidende Grundlage für die gewichtete Einbeziehung von Ertragswerten aus den Nachbarregionen, den so genannten Überlappungsgebieten. Hohe Korrelationen zwischen den AG weisen auf vergleichbare Sortenreaktionen hin. Je stärker die Korrelation zwischen zwei AG, umso höher die Gewichtung von Informationen aus den angrenzenden Regionen. Beispielrechnungen ergaben, dass mit dieser Vorgehensweise die Schätzgenauigkeit des Ertragsmittels im Zielgebiet verbessert werden kann. Eine ausführliche Beschreibung der mathematisch-statistischen Grundlagen geben MICHEL et al. (2007).

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der Körnerfüttererbsen wurden in 4 Anbaugebiete (AG) eingeordnet (Tab. 1). Das AG 1 bilden Standorte mit lehmigen Sand- und sandigen Lehmböden in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Das AG 2 bezieht die Ertragswerte der Standorte auf Lehm- und Lößböden in den Bundesländern Niedersachsen, Hessen und Sachsen ein. Das AG 3 besteht nur aus einem Standort in Rheinland-Pfalz, das AG 4 aus zwei Standorten in Bayern. Die AG 3 und 4 werden auf Grund der geringen Anzahl Versuche und Jahre nicht als selbständige Zielgebiete betrachtet, gehen aber als Überlappungsgebiete in die Auswertung ein.

Tab. 1: Zuordnung der Versuche zu Anbaugebieten (AG)

AG	Land	Standort	Anzahl Versuche						
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	SH	Futterkamp	1	1	1		1		
		Schmöllau			1				
	NI	Holtorfsloh				1	1		
		Osnabrück					1		
	MV	Groß Lüsewitz					1	1	1
Gülzow				1		1	1		
2	NI	Poppenburg					1		1
		Wiebrechtshausen					1	1	1
	HE	Frankenhausen					1	1	1
		Vogelsberg	1	1	1		1		
	SN	Roda						1	1
3	RP	Waldböckelheim				1			1
4	BY	Hohenkammer							1
		Schönbrunn							1

Für die Berechnung der Varianzkomponenten stehen 371 Datensätze zur Verfügung. Der Auswertungszeitraum bezieht sich auf die Jahre 1999 bis 2005. Insgesamt wird die für Öko-Versuche typische geringe Datenbasis deutlich (Tab. 1). Aus allen Daten wurde ein Transformationsfaktor von $\phi = 0,6$ berechnet, der die für eine Varianzanalyse erforderliche Additivität und Normalverteilung gewährleistet. Die geringe Datengrundlage ermöglichte nicht die Schätzung regionalspezifischer Sortenrelationen. Durch die Varianzkomponenten deutet sich jedoch ein starker Einfluss von Sorte, Jahr zu Sorte und Jahr*Ort zu Sorte an. Die aus den Varianzkomponenten und ϕ berechnete genetische Korrelation zwischen den gebildeten AG zeigt die hohe Übereinstimmung zwischen den AG 1, 2 und 3. Alle Daten gehen daher mit einem hohen Gewicht in die Ertragsschätzung der Zielgebiete ein. Das AG 4 (Bayern) wies eine geringere genetische Korrelation und damit deutlich abweichende Ergebnisse zu allen anderen AG auf und wird daher auch nur mit geringem Gewicht berücksichtigt (Tab. 2).

Tab. 2: Genetische Korrelation zwischen den Anbaugebieten (AG)

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Korrelationskoeffizient r
1	Korrelation zwischen AG 1 und 2	0,90
2	Korrelation zwischen AG 1 und 3	1,00
3	Korrelation zwischen AG 1 und 4	0,58
4	Korrelation zwischen AG 2 und 3	0,90
5	Korrelation zwischen AG 2 und 4	0,52
6	Korrelation zwischen AG 3 und 4	0,58

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse erfolgt in weiteren Schritten die Verrechnung für AG mit mindestens 3 Versuchen. Bei den Körnererbsen ist eine Zielgebietsbetrachtung für die AG 1 und 2 möglich. In das Zielgebiet 1 gehen in der Folge alle anderen AG mit unterschiedlichem Gewicht in die Verrechnung als Überlappungsgebiete ein. Ein Vergleich der Auswertung mit Überlappung zur Verrechnung nach alter Methode (ohne Überlappung) am Beispiel des Zielgebietes 1 zeigt, dass bei allen Sorten der Standardfehler verringert wird (Tab. 3). Auffällig ist jedoch die Verbesserung der Ertragsschätzung bei den Sorten, die noch einen geringen Prüfungsumfang aufweisen (z. B. die Sorten Rocket und Jutta). Durch die Einbeziehung der anderen AG als Überlappungsgebiete erhöht sich die Anzahl der einbezogenen Datensätze erheblich (vgl. N Zielgebiet mit N gesamt). Diese Tatsache ist die Hauptursache für die Verbesserung der Schätzgenauigkeit des Ertragswertes.

Tab. 3: Körnerträge Körnerfuttererbsen 1999-2005, adjustierte Mittelwerte

Sortiment		Ertrag relativ Zielgebiet 1 (1999-2005)						N ges ³⁾
		alte Methode (ohne Überlappung)			neue Methode (mit Überlappung)			
		MW	se ¹⁾	N ZG ²⁾	MW	se	N ZG	
Attika	B	102	3,6	14	103	3,3	14	32
Phönix	B	101	4,0	11	101	3,3	11	30
Santana	B	105	4,0	12	105	3,3	12	29
Pinochio	B	98	3,6	11	98	3,3	11	26
Harnas	B	101	4,6	8	101	4,0	8	22
Hardy	B	108	4,6	8	107	4,0	8	20
Madonna	B	102	5,0	6	103	4,3	6	19
Power	B	99	4,6	7	101	4,0	7	15
Classic	B	96	4,6	7	96	4,0	7	14
Apollo	B	96	4,3	8	94	4,0	8	14
Davina	B	92	4,6	7	89	4,0	7	14
Konto		89	6,6	3	96	5,3	3	13
Rocket		104	7,3	3	104	5,3	3	12
Jutta		96	8,3	2	99	5,6	2	11
Laser		85	8,3	2	89	5,6	2	9
Grana		77	7,6	2	83	5,3	2	8
Intense		97	7,6	3	95	6,3	3	7
100%=dt/ha		31,8			31,4			
MW		30,3	5,9	6	30,1	4,8	6	15

¹⁾ se – Standardfehler des Mittelwertes, ²⁾ N ZG – Anzahl Versuche im Zielgebiet

³⁾ N ges. – Gesamtanzahl Versuche

Ziel der überregionalen Auswertung ist eine möglichst präzise Ertragseinschätzung einzelner Sorten in den AG und der Vergleich der Reaktion auf differenzierte Standortbedingungen. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse in den Zielgebieten 1 und 2 zeigt, dass nur geringe unterschiedliche Sortenreaktionen auftreten. Im Zielgebiet 1 erreichten die Sorten Santana und Hardy die höchsten Erträge. Vergleichsweise

geringe Erträge wurden bei den Sorten Classic, Apollo und Davina festgestellt. Mehr als 10 % Ertragsunterschied liegen damit zwischen den Sorten mit hohen und denen mit den geringeren Erträgen. Im Zielgebiet 2 wurde mit der Sorte Attika der höchste Ertrag erzielt. Sie unterscheidet sich signifikant von der Sorte Apollo, was im Zielgebiet 1 nicht nachgewiesen werden konnte (Abb. 1).

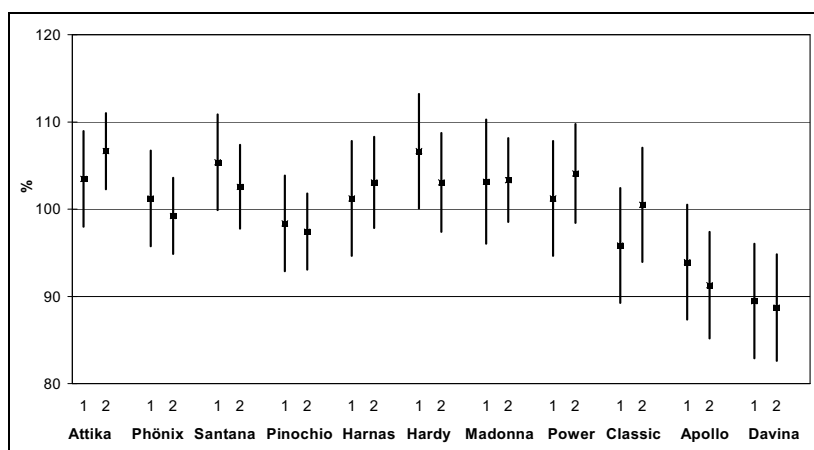


Abb. 1: Körnererbsen - Relativvertrag mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90 %) der mehrjährig geprüften Sorten im Zielgebiet 1 und 2

Schlussfolgerungen:

- Bei den Sortenversuchen mit Körnererbsen im ökologischen Anbau führt die Anwendung der Hohenheim-Gülzower Serienauswertung zu deutlich verbesserter Ertragsschätzung.
- Die statistischen Methoden unterstützen die regionale Sortenempfehlung jedoch nur unter der Voraussetzung einer Mindestanzahl mehrortiger Versuche, die hier nur bedingt gegeben ist.
- Zukünftig ist die Ausweitung der Methode auf andere Fruchtarten sowie die verbesserte Anpassung der Regionalisierung an die Kultur und das Jahr geplant.

Literatur:

Michel V., Piepho H.-P. (2001): Ertragsauswertung der Sortenversuche in Mecklenburg-Vorpommern. Überlegungen zur regionalen Auswertung von Landessortenversuchen. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie 31/4:123-139.

Michel V., Piepho H.-P. (2006): Bericht Landessortenversuche Winterweizen, <http://www.agrarnet-mv.de>.

Michel V., Zenk A., Möhring J., Büchse A., Piepho, H.-P. (2007): Die Hohenheim-Gülzower Serienauswertung als bundesweites Basisverfahren im regionalisierten Sortenwesen. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 37 (im Druck).

Roßberg D., Michel V., Graf R., Neukampf R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (im Druck).

**Proteinuntersuchungen in Einzelsamen von Lupinen zur züchterischen
Erhöhung des Eiweißgehaltes**

**Protein investigations in single seeds of lupins with the breeding aim to
increase the protein content**

G. Jansen¹ und J. Kuhlmann²

Keywords: food quality, biodiversity, animal nutrition, protein content

Schlagwörter: Lebensmittelqualität, Biodiversität, Tierernährung, Proteingehalt

Abstract:

Besides other legumes lupins belong to the local protein crops usable as feeding stuff in ecologic farming. Therefore an important breeding aim is to provide lupins with high and stable protein content. A non-destructive analysis using near infrared transmittance spectroscopy was developed for determination of protein in single seeds of lupins. Calibration and validation equations were calculated on the basis of 300 single seeds of 3 blue lupins ('Azuro', 'Bolivio', 'Boregine') growing at 3 ecological locations. The estimation of protein content was possible in a range of 15-44% protein with a coefficient of determination (r^2) of 0,907 and a standard error of prediction (SEP) of 1,86%. The equation was applied to evaluate the protein content of single seeds in single plants of lupins. So the prediction of protein content is possible at early breeding stage and the investigated seeds can further used for the sowings.

Einleitung:

Im Rahmen eines vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau finanziell geförderten Projektes „Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau – Qualitätsuntersuchungen im Hinblick auf Futtereignung“ wurde damit begonnen, Proteinuntersuchungen an Einzelsamen durchzuführen. Nach wie vor gehört die Süßlupine zu den wichtigsten im Ökolandbau einsetzbaren Eiweißträgern. Die Rohproteinuntersuchungen sollten dazu dienen, die Voraussetzungen für einen besseren und schnelleren Züchtungsfortschritt zur Erhöhung des Proteingehaltes in Lupinen zu schaffen. Die mit der Kjeldahl-Methode ermittelten Proteindaten von Lupinen-Einzelkörnern wurden zur Kalibrierung eines NIT-Spektrometers eingesetzt, um eine schnelle und zerstörungsfreie Methode zur Proteinbestimmung an Einzelkörnern in frühen Zuchtstadien zu entwickeln. Die analysierten Körner können anschließend wieder für weitere Züchtungsarbeiten eingesetzt werden.

Im folgenden Beitrag werden die Ergebnisse zur Erstellung der Kalibrierung von Rohprotein an Einzelsamen dargestellt. Die Qualität der Methode wurde an einem unabhängigen Probensatz kontrolliert. Nutzungsmöglichkeiten in der Pflanzenzüchtung zur Analyse von Einzelpflanzen wurden geprüft.

Weiterhin wird vorgestellt, ob Beziehungen zwischen dem Gewicht der Körner bzw. der Dichte der Körner und dem Rohproteingehalt bestehen, um eventuell Selektionsmöglichkeiten zu erleichtern.

¹Institut für abiotische Stresstoleranz, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Groß Lüsewitz, Deutschland, g.jansen@bafz.de

²Saatzucht Steinach GmbH, Station Bornhof, Klockower Straße 11, 17219 Bocksee, Deutschland

Methoden:

Von Anbauversuchen der Ernte 2005 auf 3 ökologischen Standorten wurden 3 Sorten der Blauen Lupine ausgewählt: 'Azuro' (Standort Bogen in Niederbayern), 'Boregine' (Standort Gülzow in Mecklenburg Vorpommern) und 'Bolivio' (Standort Groß Lüsewitz in Mecklenburg Vorpommern).

Einzelpflanzen der Sorten 'Probor' und 'Vitabor' stellte die Saatzucht Steinach GmbH (Station Bornhof) zur Verfügung.

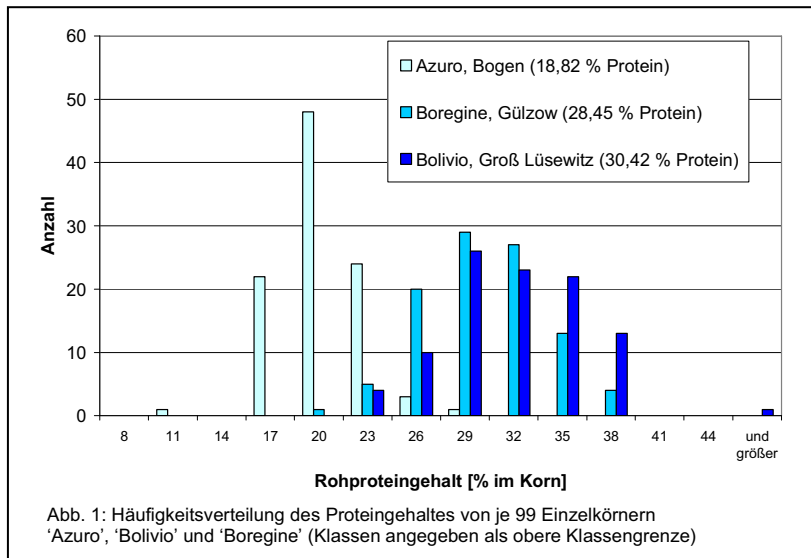
Für die Kalibrationsentwicklung wurden jeweils 99 Körner von 'Azuro', 'Boregine' und 'Bolivio' verwendet.

Die Bestimmung des Rohproteingehaltes in Einzelsamen erfolgte nach Kjeldahl, nach vorheriger Gewichtsbestimmung, Dichtebestimmung und Quetschung des Kornes. Die Dichte einzelner Körner wurde mit einer Waage der Fa. Sartorius, die mit einem Dichtebestimmungs-Set zur Ermittlung des Korngewichtes und des Unterwassergewichtes ausgerüstet war, analysiert.

Die Transmissionsmessungen im Nahen Infrarot (NIT) wurden mittels Nah-Infrarot-Spektrometer Infracore 1255 der Firma FOSS durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion:

Der Rohproteingehalt in Blauen Lupinen aller 3 Standorte (Bogen, Gülzow und Groß Lüsewitz) schwankte im Anbaujahr 2004 zwischen 19,48 und 33,61% (JANSEN et al. 2005) und im Anbaujahr 2005 zwischen 17,61 und 33,64% (JANSEN et al. 2006). Dabei waren die Standortunterschiede im Proteingehalt wesentlich größer als die Sortenunterschiede. 3 Sorten mit niedrigem, mittlerem und hohem Proteingehalt unter Berücksichtigung der Standorte wurden ausgewählt und der Proteingehalt an jeweils 99 Einzelkörnern mittels Kjeldahlmethode bestimmt. In Abbildung 1 ist deutlich zu erkennen, dass die Variationsbreite in Einzelkörnern wesentlich höher ist als im gesamten angebauten Sortiment. Die Sorte 'Azuro' schwankte zwischen 8,83 und 26,17%, 'Boregine' zwischen 18,55 und 36,94% und 'Bolivio' zwischen 20,60 und 44,04%. Vor der nasschemischen Analyse wurden Transmissionspektren der einzelnen Körner aufgenommen.



Vom Ausgangsdatensatz, der alle 3 Sorten mit insgesamt 297 Körnern enthielt, wurden für den Kalibrierungssatz jedes 3. Korn (99 Körner) für die Methodenentwicklung zur Proteinbestimmung an Einzelkörnern mittels NIT verwendet. Innerhalb dieses Probensatzes wurde eine interne Validierung (Kreuzvalidierung) durchgeführt. Die Abschätzung der Vorhersagegenauigkeit erfolgte in einem separaten Probensatz (externe Methodvalidierung). Dafür wurden die restlichen Proben des Ausgangsdatensatzes (198 Körner) eingesetzt. Die Kalibrations- und Validationsdaten sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Ergebnisse der Kalibration und Validation von Rohprotein an Einzelsamen von Lupinen

Mittelwert	Bereich	Kalibrierung		Kreuzvalidierung		Mittelwert	Bereich	externe Validierung	
		SEC	r ²	SECV	r ²			SEP	r ²
25,75	8,83-36,94	1,83	0,917	1,94	0,91	26,01	15,27-44,04	1,86	0,907

SEC Analysenfehler der Kalibrierung
 SECV Analysenfehler der Kreuzvalidierung
 SEP Analysenfehler der externen Validierung
 r² Bestimmtheitsmaß

Im Datensatz wurden keine Proben entfernt und die statistische Berechnung erfolgte über eine PLS (Partial Least Square)-Regression mit 5 Faktoren. Von den Originalspektren wurde die erste Ableitung gebildet ohne vorherige Streulichtkorrektur.

Mit den erzielten Ergebnissen liegt eine zuverlässige Kalibrierung für einen Einsatz in der Züchtung vor, bei der die nasschemisch bestimmten Werte gut mit den vorhergesagten Werten übereinstimmen, was durch ein hohes Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,907$ und einen akzeptablen Fehler $SEP = 1,86$ bei einer externen Validierung ausgedrückt wird. Eine weitere Kontrolle der Kalibrierung wird mit neuen Sorten aus den Anbaujahren 2005 und 2006 erfolgen.

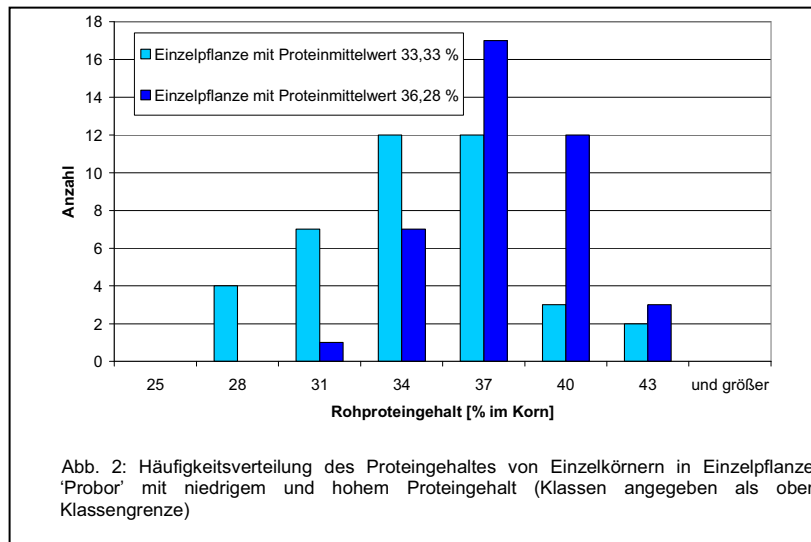
Vergleichbare Werte bei einer Proteinanalyse in Einzelkörnern von Sojabohnen mittels NIT wurden von TAJUDDIN et al. (2002) erreicht. Durch eine vorherige Siebung der Körner in 6 mm und größer sowie <6 mm konnten Korngrößeneffekte reduziert werden und führten zu folgenden Ergebnissen: 6 mm ($r = 0,88$, $SEP = 1,32\%$) und <6 mm ($r = 0,87$, $SEP = 1,57\%$).

Die von der BAZ erstellte Kalibrierung wurde genutzt, um in Lupinen-Einzelpflanzen einer Sorte mit hohem Proteingehalt ('Probor') und einer Sorte mit niedrigem Proteingehalt ('Vitabor') die Variation im Proteingehalt der Einzelkörner zu ermitteln. Die Sorte 'Probor' hatte bei einem mittleren Proteingehalt von 34,90% in 400 Einzelkörnern eine Schwankungsbreite von 25,40 – 42,99% und die Sorte 'Vitabor' einen Mittelwert von 30,89% mit einer Variation von 21,57 – 41,90%. Die Verteilung der Proteinwerte in einer Einzelpflanze von 'Probor' mit einem mittleren Proteingehalt von 36,28% und einer Einzelpflanze von 'Probor' mit einem mittleren Proteingehalt von 33,33% sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass sowohl zwischen den Einzelpflanzen als auch innerhalb einer Einzelpflanze eine erhebliche Streuung der Proteinwerte einzelner Körner vorhanden ist. Ob es signifikante Unterschiede in den Hülsen einer Einzelpflanze gibt und diese dann züchterisch nutzbar gemacht werden kann, wird demnächst überprüft.

Ideal wäre eine Differenzierung in hohe und niedrige Proteingehalte mittels einfacher morphologischer und physikalischer Merkmale, wie das Korngewicht oder die Korndichte.

Zwischen dem Proteingehalt und dem Korngewicht sowie der Korndichte zeichnete sich weder eine signifikante Korrelation, noch eine einheitliche Tendenz für eine Beziehung zwischen beiden Parametern innerhalb einer Sorte ab.

Eine zerstörungsfreie und kostengünstige Bestimmung des Proteingehaltes in frühen Zuchtgenerationen ist bei Lupinen notwendig. Bisher konnten wegen eines geringen Vermehrungskoeffizienten in den jungen Generationen keine Proteingehalte bestimmt werden. Die systematische Analyse von Umwelt- und Positionseffekten auf den Proteingehalt erlaubt die Ableitung von konstant zu haltenden Parametern, um die genetische Komponente identifizieren und züchterisch nutzen zu können.



Danksagung:

Gefördert mit Mitteln des BMELV, BÖL-Projekt, FKZ: 03OE355.

Für die sorgfältige Durchführung der Laboruntersuchungen danken wir Frau Margrit Jugert.

Literatur:

Jansen G., Jürgens H.-U., Flamme W. (2005): Einfluss von Standort und Sorte auf ausgewählte Qualitätsparameter ökologisch erzeugter Lupinen für die Nutztierfütterung. Landbauforsch Völknerode SH 290:1-9.

Jansen G., Jürgens H.-U., Flamme W. (2006): Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau – Qualitätsuntersuchungen im Hinblick auf Futtermittel. Abschlussbericht BAZ-3358, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen Groß Lüsewitz.

Tajuddin T., Watanabe S., Masuda R., Harada K., Kawano S. (2002): Application of near infrared transmittance spectroscopy to the estimation of protein and lipid contents in single seeds of soybean recombinant inbred lines for quantitative trait loci analysis. Journal of Near Infrared Spectroscopy 10:315-325.

Saatgut und Forschung für den Ökologischen Landbau**Seed and research for organic farming**R. Tilcher¹, W. Schmidt² und A. Altenweger³**Keywords:** crop farming, seed, breeding, seed treatment**Schlagwörter:** Pflanzenbau, Saatgut**Abstract:**

KWS SAAT AG offers seed of corn, cereals, potato, oil seed rape and sugar beet to organic farmers. The company is orientated towards the needs of its customers and is technically and logistically able to provide organic agriculture with high quality seed produced in accordance with the official organic rules.

Besides the supply of seed, the company is conducting research in the areas of breeding, seed treatment and plant production methods focusing on the needs of organic farming. Since 2002, KWS is operating its own organic farm, the KWS Klostergut Wiebrechtshausen GmbH, in form of a wholly owned subsidiary.

Saatgut

Das derzeitige Volumen des Saatgut-Marktes für den Ökolandbau erlaubt es nicht, alle in der KWS-Gruppe vertriebenen Sorten aus ökologischer Vermehrung anbieten zu können. Die wichtigsten und relevanten Sorten der Kulturen Mais, Getreide, Kartoffeln und Zuckerrübe werden jedoch den offiziellen Richtlinien entsprechend ökologisch vermehrt. Anforderungen nach ungebeiztem Saatgut aus konventioneller Erzeugung können von der KWS-Gruppe ohne Probleme für alle aktuellen Sorten erfüllt werden.

Forschung für den Ökolandbau**Züchtung**

Bodendeckungsgrad (Beikrautunterdrückung), Krankheitsresistenz, optimale Nährstoff-Ausnutzung, Standfestigkeit und Saatgutqualität sind Züchtungsziele, die der Ökolandbau in besonderem Maße fordert, die jedoch den konventionellen Züchtungszielen nicht widersprechen bzw. diesen sogar entsprechen.

Eine ausschließlich für den ökologischen Landbau abzielende Züchtung wird derzeit für Mais betrieben:

- > „Entwicklung von Maissorten für den Ökologischen Landbau“
Kooperationsprojekt mit Universität Hohenheim, 2004 -2006
- > „Entwicklung von Maissorten für den Ökologischen Landbau mit positiver Reaktion auf eine Saatgutinkrustierung mit Mykorrhiza“
Kooperationsprojekt mit Universität Hohenheim, Firma Amykor, in Planung
- > „Entwicklung von Energiemaissorten für den Ökologischen Landbau“
Kooperationsprojekt mit Universität Hohenheim, in Planung

¹ KWS SAAT AG, Grimsehlstrasse 31, 37555 Einbeck, Deutschland, r.tilcher@kws.com

² KWS SAAT AG, Grimsehlstrasse 31, 37555 Einbeck, Deutschland, w.schmidt@kws.com

³ KWS Klostergut Wiebrechtshausen GmbH, Wiebrechtshausen, 37154 Northeim, Deutschland, a.altenweger@kws.com

Saatgutbehandlung

In Zusammenarbeit mit Naturland, Instituten der BBA (Münster, Kleinmachnow, Darmstadt), FiBL und Demeter sowie diversen Anbietern von alternativen Methoden und Präparaten werden seit 2001 Versuche zur Saatgutbehandlung angelegt. Schwerpunkte dabei sind:

- > Wintergetreide (Kontrolle von Steinbrand u.a.)
- > Sommergetreide (Kontrolle von Fusarium, Netzfleckenkrankheit u.a.)
- > Erbse (Kontrolle von Ascochyta, Vogelfraß)
- > Mais (Verhinderung von Vogelfraß)
- > Zuckerrübe (Verhinderung von Wurzelbrand, Förderung der Pflanzenstärkung)

Anbauversuch Öko-Zuckerrüben

In 2003 und 2004 wurden am Standort Wiebrechtshausen vom IfZ Göttingen produktions-technische Versuche zu Zuckerrüben im Ökolandbau realisiert. Die Ergebnisse sind in einen Leitfaden des IfZ zum ZR-Anbau im Ökolandbau eingegangen.

Sortenversuche und Sortendemos

Seit 2002 führen Lochow-Petkus und KWS auf dem Klostergut Wiebrechtshausen Versuche zur Prüfung der Sorteneignung von Getreide und Körnerleguminosen für den Ökologischen Landbau durch. Neben einem im Öko-Landbau bewährten Vergleichssortiment werden Sorten und Stämme von LP unter den Bedingungen des Öko-Landbaus angesät.

Ein ähnliches, reduziertes Sortiment wird am KWS-Standort Seligenstadt auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen ausgesät. Dieser zweite, sehr trockene Standort soll die Ergebnisse, die unter den guten agronomischen Bedingungen des Klostergutes Wiebrechtshausen erreicht werden, absichern.

Um das bestehende bzw. in Prüfung befindliche Öko-Sortiment zu präsentieren, werden Demonstrationsversuche zu Mais, Kartoffel und Raps angelegt.

KWS Klostergut Wiebrechtshausen

Das Klostergut Wiebrechtshausen wurde im Juli 2002 von der Klosterkammer angepachtet. Die Bewirtschaftung erfolgt durch die KWS Klostergut Wiebrechtshausen GmbH, einem Tochterunternehmen der KWS SAAT AG. Der Betrieb wirtschaftet nach den Richtlinien der EG-Verordnung 2091/92 zum Ökologischen Landbau sowie nach den darauf aufbauenden Richtlinien von NATURLAND. Die Überwachung erfolgt durch die unabhängige Kontrollstelle LACON.

Ziel des Betriebes ist neben der Erzeugung von Saat- und Pflanzgut die Prüfung von Sorten und Stämmen der KWS-Gruppe auf ihre Eignung für den ökologischen Landbau.

Seit 2003 ist Wiebrechtshausen Standort der offiziellen Öko-Landessorten-Versuche der Landwirtschaftskammer Hannover.

**Untersuchungen zur Genetik und Übertragung von Flugbrandresistenz in
Nackthaferarten
Genetics of loose smut resistance and transfer into naked oat varieties**

B. Leithold¹, A. Bruchmüller¹ und E. Weber¹

Keywords: development of organic agriculture, biodiversity, plant protection, oat loose smut resistance

Schlagwörter: Entwicklung Ökolandbau, Biodiversität, Pflanzenschutz, Haferflugbrandresistenz

Abstract: *The naked oat accession AVE378 and the hulled oat variety Flämingsstip both resistant to loose smut were crossed with susceptible naked oat varieties. A dominant oligogenic inheritance of resistance was found for AVE378. Resistant F₄-lines were selected.*

Einleitung und Zielstellung:

Der Haferflugbrand (*Ustilago avenae* Pers.) ist eine samenbürtige Pilzkrankheit, die vor der Einführung von quecksilberhaltigen Beizmitteln zu den wichtigsten Haferkrankheiten im gemäßigten Klima gehörte (HOFFMANN & SCHMUTTERER 1999). Gegenwärtig stellt der Haferflugbrand eine besondere Gefahr für den ökologischen Landbau sowie für landwirtschaftliche Betriebe dar, in denen auf Beizung verzichtet wird. Bei der Saatguterzeugung führen schon wenige mit Flugbrand befallene Pflanzen zur Aberkennung der Vermehrung. Ein umfangreiches Hafersortiment hinsichtlich ihrer Befallsreaktion gegenüber verschiedenen Flugbrandherkünften werden von HERRMANN & LEITHOLD (2005) und HERRMANN (2004) beschrieben.

Wesentliches Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, über ein Kreuzungsprogramm flugbrandresistente Nackthaferstämme zu entwickeln und gleichzeitig die Vererbung der Resistenz zu untersuchen.

Material und Methoden:

Für die Untersuchungen standen F₂-Nachkommenschaften aus Kreuzungen der resistenten Genbank-Akzession AVE378 mit den beiden anfälligen Nackthaferarten Isak und Bullion zur Verfügung (ARIP 2004). AVE378, eine amerikanische nacktkörnige Herkunft, erwies sich gegenüber den beiden Flugbrandherkünften (Inokulate „Kanada“ und „Deutschland“) als resistent, besitzt aber neben einer sehr geringen Standfestigkeit nur einen geringen Ertrag. Um das Ertragspotenzial der Spelzhaferarten zu nutzen, wurden im Jahr 2004 Kreuzungen zwischen der resistenten Spelzhaferart Flämingsstip und den anfälligen Nackthaferarten Sallust und Mozart sowie zwischen der anfälligen Spelzhaferart Neklan und AVE378 durchgeführt. Der Resistenztest im Gewächshaus umfasste je 10 F₃-Pflanzen aus 201 F₂-Einzelpflanzen von Bullion x AVE378 und 213 F₂-Einzelpflanzen von AVE378 x Isak. Für die Untersuchungen im Jahr 2006 an den Spelz- x Nackthaferkombinationen standen je 10 F₃-Pflanzen von 182 F₂-Einzelpflanzen der Kreuzung Neklan x AVE378, 181 F₂-Einzelpflanzen der Kreuzung Flämingsstip x Sallust sowie 179 F₂-Einzelpflanzen der Kreuzung Flämingsstip x Mozart zur Verfügung.

¹Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz, Landwirtschaftliche Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ludwig-Wucherer-Strasse 2, 06108 Halle (Saale), Deutschland, barbaraleithold@landw.uni-halle.de

Die Inokulation des nackten und entspelzten Saatgutes erfolgte in der BAZ Groß Lüsewitz mit der Herkunft „Kanada“, einer Inokulumdichte von 1g/l und einem Unterdruck von 800 mbar. Nach einer zwölfwöchigen Anzucht im Gewächshaus der Professur für Pflanzenzüchtung in Halle konnte die Befallsbonitur an den F₃-Pflanzen durchgeführt werden. Die Befallsbonitur auf befallene oder nicht befallene Rispen ist eindeutig. Nicht aufgegangene Samen sind in der Analyse nicht enthalten.

Ergebnisse und Diskussion:

Tab. 1 enthält die Ergebnisse der Befallsbonitur der F₂-Nachkommenschaften in F₃ und der Kreuzungseltern.

Tab. 1: Aufspaltung in nicht befallene, spaltende und befallene F₂-Nachkommenschaften nach künstlicher Inokulation mit Haferflugbrand sowie die Reaktion der Eltern.

Kreuzung	F ₂ -Nachkommenschaften			
	gesamt	nicht befallen	spaltend	befallen
Neklan x AVE378	182	80	99	3
Bullion x AVE378	201	144	55	2
AVE378 x Isak	213	161	52	0
Flämingstip x Sallust	181	41	113	27
Flämingstip x Mozart	179	16	127	36
Eltern	gesamt	nicht befallen	spaltend	befallen
AVE378	340	61	0	0
Neklan	70	20	0	39
Bullion	150	4	0	39
Isak	200	0	0	59
Flämingstip	150	129	0	1
Sallust	80	0	0	20
Mozart	80	0	0	30

Aus der Abb. 1 lässt sich die dominante Wirkung von mehr als einem Resistenzgen in der Gaterslebener nacktkörnigen Akzession AVE378 gegenüber anfälligen Sorten herleiten. In Anlehnung an NICOLAISEN (1931) wurde eine digene Vererbung nach Inokulation mit dem Isolat „Kanada“ mit dem tatsächlichen Aufspaltungsverhältnis überprüft, wobei die Klassengrenze bei 50% lag. Es waren bei Bullion x AVE378 insgesamt 193 F_{2,3}-Familien resistent und 8 F_{2,3}-Familien anfällig, bei AVE378 x Isak waren 208 resistent und 5 anfällig, bei Neklan x AVE378 waren 164 resistent und 18 anfällig.

Die Annahme eines Spaltungsverhältnisses von 15:1 führte bei Bullion x AVE378 zu einem $\chi^2 = 1,77$ und bei AVE378 x Isak von $\chi^2 = 5,54$. Daher kann in beiden Kreuzungen von zwei dominanten Resistenzgenen in der Gaterslebener-Akzession AVE378 ausgegangen werden, ebenso in der Kreuzung Neklan x AVE378 ($\chi^2 = 4,12$).

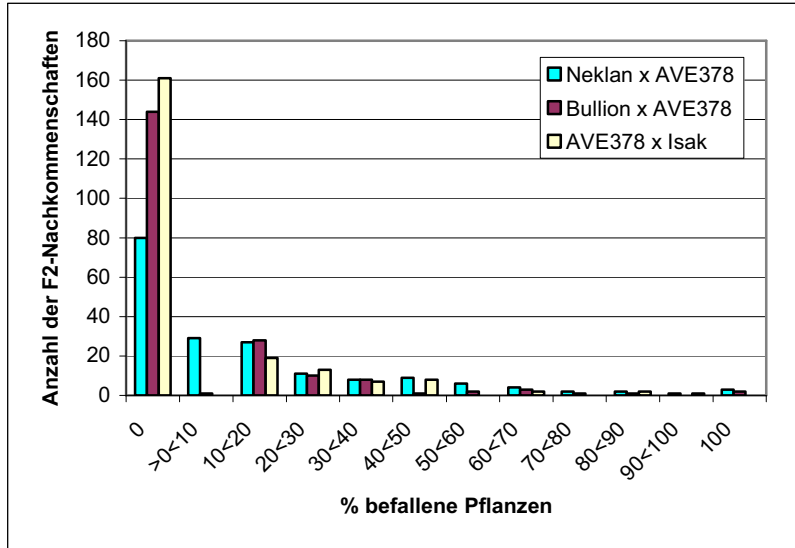


Abb. 1: Prozentualer Anteil an befallenen F₃-Pflanzen gegenüber Flugbrand in den F₂-Nachkommenschaften von Kreuzungen mit dem Resistenzdonor AVE378.

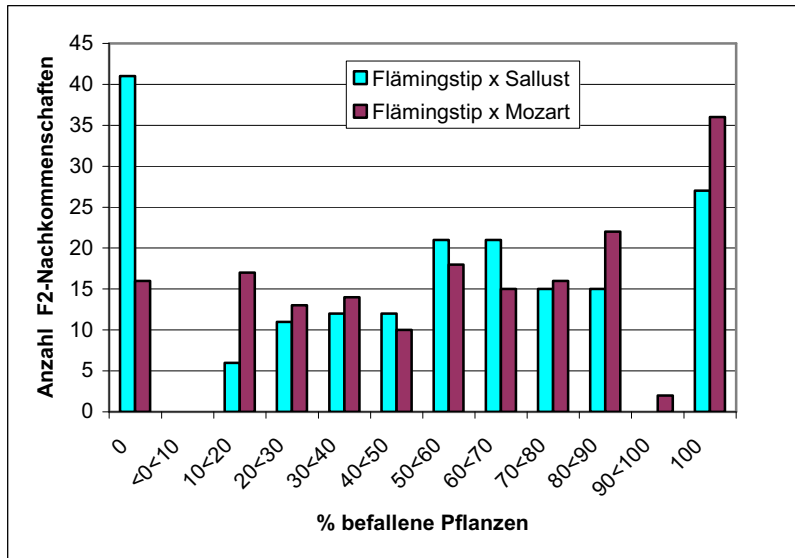


Abb. 2: Prozentualer Anteil an befallenen F₃-Pflanzen gegenüber Flugbrand in den F₂-Nachkommenschaften von Kreuzungen mit dem Resistenzdonor Flämingstip.

Damit steht mit AVE378 eine wirksame Resistenzquelle für die Flugbrandresistenz bei Nackthafer zur Verfügung, wobei allerdings mehrere Kreuzungsschritte für die Nutzbarmachung notwendig sind, da AVE378 weit von einer Kultursorte entfernt ist. Die resistente Spelzhafer-sorten Flämingsstip als Donor in Kreuzungen mit anfälligen Nackthafer-sorten zeigte ein Aufspaltungs-verhältnis in den F₂-Nachkommens-chaften, das wahrscheinlich auch auf mehr als einem Resistenzgen beruht (Tab.1).

Aus der Abb. 2 ist die Ähnlichkeit der Aufspaltung zwischen den beiden untersuchten Kreuzungen zu erkennen und zeigt eindeutig resistente und hochanfällige F₂-Nachkommens-chaften, aber auch sehr viele spaltende. Ein theoretisches Aufspaltungs-verhältnis abzuleiten ist problematisch. Da vollresistente F₂-Einzel-pflanzennachkommens-chaften vorkommen, gelang es, resistente Linien zu selektieren.

Schlussfolgerungen:

Mit der Gaterslebener Genbank-Akzession AVE378 steht ein Resistenzdonor für Flugbrandresistenz für die Nackthaferzüchtung zur Verfügung. Im Projekt konnten F₄-Linien aus Kreuzungen mit dem Donor entwickelt werden. Es handelt sich wahrscheinlich um zwei dominante Gene in AVE378. Die verwendete Spelzhafer-sorten Flämingsstip vererbt ebenfalls Flugbrandresistenz, und es ließen sich auch hier resistente Linien selektieren, die sich jetzt in der F₃-Generation befinden.

Danksagung:

Das Material wurde im Rahmen des Projektes „Züchtung von Hafer für den Ökologischen Landbau“ entwickelt und durch das Bundesprogramm „Ökologischer Landbau“ gefördert.

Literatur:

Arip A. G. (2004): Nackthafer mit verbesserten Eigenschaften aus Kreuzungen von Spelz- und Nackthafer. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Hoffmann G. M., Schmutterer H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Ulmer, Stuttgart, 657 S.

Herrmann M. (2004): Untersuchungen europäischer und genetischer Ressourcen des Hafers gegen Haferflugbrand. Statusseminar: Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, am 05.03.2004 in Braunschweig, Tagungsreader, S. 11-12.

Herrmann M., Leithold B. (2005): Aktuelle Ergebnisse zur Flugbrandresistenz von Nackthafer. In: J. Heß und G. Rahmann (Hrsg): Ende der Nische - Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1. - 4. März 2005, S. 113 -114.

Nicolaisen W. (1931): Beitrag zur Immunitätszüchtung des Hafers gegen *Ustilago avenae* (Pers.) Jens. Z. Züchtg A Pflanzenzüchtung 16: 256-278.

Auf dem Weg zu flugbrandresistenten Gerstensorten für den Ökolandbau
Towards true Loose smut (*Ustilago nuda*) resistant Barley for Organic Farming

T. Popova¹ und R. Todorova¹

Keywords: plant protection, barley true loose smut

Schlagwörter: Pflanzenschutz, Gerstenflugbrand

Abstract:

*This paper represents a part of the continuing breeding program for resistance to true loose smut in barley in Bulgaria. It is also a continuation of the paper presented on the 8th European Symposium on organic farming in Kassel 2005. Research on seed-borne diseases started in Bulgaria on barley in the 1960's at the Institute for barley Research in Karnobat. Breeding research especially for a later use in organic farming in Bulgaria started 1998 with the present international project managed by Dr. Todorova. 56 dihaploid lines were derived from F1-hybrids of two barley crosses between resistant and susceptible Bulgarian and foreign cultivars bearing the resistant genes *Run*₁₂ and *Run*₁₃. The DH progenies were tested in 5 generations for loose smut resistance on the field and in the lab with the embryotest. 10 resistant DH-progenies with gene *Run*₁₂ and 16 resistant DH-progenies with *Run*₁₃ were selected. In the last years agronomically characterisation of the future cultivars is going on. 7 dihaploid lines with appropriate agronomic traits are selected for future cultivar developing with true loose smut resistance for organic farming.*

Einleitung und Zielsetzung:

Im vorliegenden Beitrag wird die Fortsetzung von dem laufendes Zuchtprojekt Flugbrandresistenz für den Ökolandbau vorgestellt, das Teil eines umfangreichen Forschungsprogramms zu Brandährenkrankheiten in Bulgarien ist. Das Zuchtprojekt wurde auf der 8. Wissenschaftlichen Tagung für Ökolandbau in Kassel 2005 präsentiert. Jetzt stellen wir ein Teil der weitergeführten Zuchtarbeiten wie agronomische Charakterisierung der resistenten dihaploiden Linien vor.

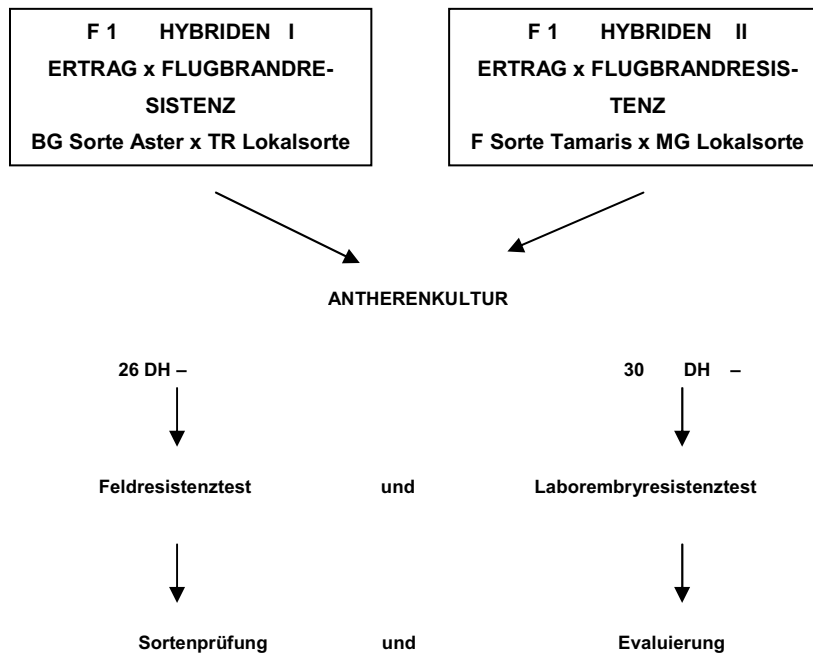
Methoden:

Folgende F₁-Kreuzungen zwischen flugbrandresistenten und -anfälligen Genotypen wurden ausgesucht: bulgarische Winterbraugerste Sorte Aster (anfällig) und lokale türkische Sorte K-6823 (mit *Ustilago nuda* Resistenzgenen *Run*₁₂), französische Winterbraugerste Sorte Tamaris (anfällig) mit der mongolischen primitiven Sorte K-19907 (Resistenzgenen *Run*₁₃). Die Antherenkultur wurde nach dem Protokoll vom Institut für Resistenzgenetik, Grünbach auf festem Medium mit Gerstenstärke und Maltose durchgeführt (FOROUGHJI-WEHR 1993, TODOROVA 1993). Die regenerierten dihaploiden Linien (DH) wurden zur Bonitur der Feldresistenz in einfaktorieller nichtrandomisierter Blockanlage mit 2x2 Wiederholungen ausgesät. Die Anbautechnik wurde für die Region von Südostbulgarien auf den Smolnizaboden optimal vom Institut für Agrarforschung entwickelt (GRAMATIKOV et al. 2004). Der Versuchsanbau ist nur teilweise unter Bedingungen des ökologischen Anbaus durchgeführt worden.

¹Institute of Agriculture, National Center of Agricultural Sciences, Karnobat 8400, Bulgaria

Die Feldinfektion mit Flugbrandsporen wurde unter künstlichen Bedingungen mit eigenentwickeltem Sporenstaubsprüngerät in Anlehnung an KRIVTSCHENKO (1960) vorgenommen. Das verwendete Inokulum stammte von mit Flugbrand infizierten Pflanzen aus verschiedenen Versuchsfeldern Bulgariens und stellt somit ein Isolatengemisch der vier bulgarischen Flugbrandrassen dar. Die infizierten Pflanzen wurden durch Auszählen der erkrankten und teilerkrankten Ähren im nächsten Jahr bonitiert. Zur Bonitur wurde auch der Embryofärbetest nach ISTA-Protokoll mit einer eigens optimierten Methodik angewandt (TODOROVA 1999). Die biometrische Charakteristik wurde nach den üblichen Methoden durchgeführt, dazu wurden die Mittelwerte von 10 gemessenen Pflanzen gebildet. Eine vollständige statistische Auswertung steht noch aus. Die agronomische Charakterisierung wird mit den Methoden zur Sortenprüfung der bulgarischen Saatgutbehörde, die auf die intern. UPOV-Methodik beruht durchgeführt.

Auf der unteren Abb.1 ist das Versuchschema von Anfang des Projektes dargestellt:



Ergebnisse und Diskussion:

In unserem Projekt werden durch F₁-Kreuzung, nachfolgende Antherenkultur und Dihaploidisierung die wenig exploitierten hoch wirksamen und bis jetzt nicht überwundenen Resistenzgene Run₁₂ und Run₁₃ übertragen. Nach einer 5-jährigen Feldprüfung der Flugbrandresistenz sind DH-Linien unter den Anbau – und Klimabedingungen in Südbulgarien stabil resistent geblieben. Sie wurden und werden biometrischen Tests

unterworfen. Von allen resistenten DH-Linien wurden nach der mehrjähriger Feldprüfung 7 Kandidatsorten herausselektiert, die nach den Kriterien morphologische Uniformität, Gesamtzustand der Population und Standfestigkeit für die weitere Sortenprüfung für den Ökolandbau am besten geeignet sind. Das sind die DH Nr 2, 15, 17, 26, 44, 45 und 50. Die DHs 2, 15 und 17 der Kreuzung Tamaris x K 19907 sind Schwarzkorngersten, die erhöhte Anthocyangehalte im Pericarp und/oder in der Aleuronschicht aufweisen und für nutritive Zwecke vom Interesse sein können. Die 7 besten Linien werden weitergeprüft und zu Sorten weitergeführt, während alle anderen als Ausgangsmaterial für weitere Kreuzungen für die ökologische und konventionelle Gerstenzüchtung zur Verfügung gestellt werden. Hinsichtlich der schnelleren Möglichkeit eingekreuzte Flugbrandresistenzgene nach einem Antherenkulturzyklus zur Homozygotie zu bringen erweist sich meiner Meinung nach die Methode der Antherenkultur als anwendungsbereit und zufrieden stellend für die heutige ökologische Pflanzenzüchtung. Ein Teil der Ergebnisse vom Test sind in den folgenden Tab. 1 und 2 dargestellt:

DH-Linie	Ährenlänge cm	Körnerzahl / Ähre	Fertile Halme	Sterile Halme	Grannenlänge cm	TKG
DH 2	9,2	68	55	13	19,6	33
DH15	6,8	64	52	12	15,3	27
DH17	9,8	72	39	33	18,4	36
DH 19	8,7	22	20	2	21,5	60
DH 21	9,0	19	15	4	22,6	40
DH 25	9,4	73	45	28	17,5	35
DH 26	10,4	23	22	1	20,6	59
DH 27	10,5	23	21	2	21,8	48
DH 29	9,7	77	53	24	17,6	34
DH 32	10,3	25	23	2	21,3	60
DH 38	10,5	23	19	4	17,5	42
DH 41	10,1	61	40	21	18,2	40
DH 44	9,2	28	24	4	20,4	54
DH 45	9,8	29	27	2	20,8	63
DH 46	9,1	27	24	3	18,6	58
DH 48	9,0	79	65	14	19,7	42
DH 50	8,9	76	37	39	17,1	38
DH 53	11,0	27	24	3	19,8	62

Tab. 1: Agromomische Charakteristik der flugbrandresistenten DH-Linien gemessen 2005. Die dargestellten Werte sind Mittelwerte von 10 Pflanzen.

Von allen resistenten DH-Linien wurden nach der mehrjähriger Feldprüfung 7 Kandidatsorten herausselektiert, die nach den Kriterien morphologische Uniformität, Gesamtzustand der Population und Standfestigkeit für die weitere Sortenprüfung für den Ökolandbau am besten geeignet sind.

DH №	Kreuzung	Morphologische Uniformität	Gesamtzustand	Standfestigkeit
DH 2	Tamaris x K19907	7-8	8	8
DH 10	Tamaris x K19907	4	4	7-8
DH 12	Tamaris x K19907	6-7	7	7
DH 15	Tamaris x K19907	8	8	5
DH 17	Tamaris x K19907	8	8	8
DH 19	Tamaris x K19907	6	6	8
DH 21	Tamaris x K19907	6	6	8
DH 26	Tamaris x K19907	8	8	8
DH 32	Aster x K 6823	6	6	8
DH 44	Aster x K 6823	6-7	7-8	8
DH 45	Aster x K 6823	7	7-8	8
DH 46	Aster x K 6823	6-7	7	8
DH 48	Aster x K 6823	6	6	6
DH 50	Aster x K 6823	8	8	8

Tab. 2: Evaluierung der ausgeprägten Winterdihaploiden flugbrandresistenten Linien.

Schlussfolgerungen: In diesem Projekt sind mehrere flugbrandresistente Linien mit den zwei nicht überwundenen und nicht vollständig charakterisierten Resistenzgenen Run₁₂ und Run₁₃ neu gezüchtet worden, die als Ausgangsmaterial für flugbrandresistente Sorten und weitere ökologische Züchtungsarbeiten genutzt werden.

Literatur:

Atanassova D., Popova T. und Todorova R. (2005): Neugezüchtete flugbrandresistente Gerste aus Bulgarien. In: J. Heß und G. Rahmann (Hrsg): Ende der Nische - Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1. - 4. März 2005, Kassel, S. 215-219.

Gramatikov B. et al (2004): Anbautechnologie für die Gerste in Bulgarien. PSSE Verl.

Krivtschenko W. I. (1960): Ein Gerät zur Infektion von Gerste und Weizen mit Flugbrandsporen (russ.). Züchtung und Saatgutvermehrung 3:66-67.

Popova T., Atanassova D., Todorova R. und Navoustanov S. (2006): Towards Marker Assisted Selection for *Ustilago nuda* Resistance in Barley. GPZ Tagung Poster, Freising.

Todorova R. (1999): Jahresber. BAS-BAZ Markergestützte Selektion auf Resistenz gegen Flugbrand *Ustilago nuda* bei Gerste. Projektkoord. 7151.