

## Züchtungsforschung bei der Ackerbohne: Fakten und Potentiale

Breeding research in faba bean:  
Facts and potentials

### Zusammenfassung

Der agronomische Wert moderner Ackerbohnen Sorten ist höher als es die aktuellen Anbauflächen widerspiegeln. Hybrid-Ackerbohnen sind mangels geeigneter CMS-Systeme nicht in Sicht, allerdings erweist sich die Züchtung synthetischer Sorten als erfolgreiches Konzept. Der Samenproteingehalt könnte genetisch gesteigert werden, hier fehlt ein ökonomischer Anreiz. Aktuell werden die Grundlagen zu einer markergestützten Verbesserung der Resistenz gegen Brennflecken (*Ascochyta*) und Rost (*Uromyces*) gelegt, außerdem wurden Genitore für weitere Krankheitsresistenzen und für höhere Frosttoleranz (Winterbohnen) und DNS-Marker für Tanninfreiheit und Vicinarmut identifiziert.

**Stichwörter:** *Vicia faba* L., Ackerbohne, Fababohne, Züchtung, Status Quo, Perspektiven

### Abstract

The agronomic value of modern faba bean cultivars is higher than indicated by their current acreage. Hybrid breeding is not feasible, because the CSM systems are not applicable. Yet, breeding of synthetic cultivars turned out to be a successful concept. The seed protein content could be genetically increased, alas, economic incentives to do so are missing. Presently the path is going to be paved for a marker-assisted improvement of resistance against *Ascochyta* and *Uromyces*. Furthermore, DNA markers for absence of tannins and low levels of vicine were identified, and donors for further disease resistances and for an increased frost tolerance (winter beans) were identified.

**Key words:** *Vicia faba* L., field bean, faba bean, breeding, Status Quo, perspectives

### Einleitung

Die Ackerbohne, *Vicia faba* L. (Fababohne, Pferdebohne, *faba bean*, *field bean*, *féverole*), ist eine Garten- und Ackerfrucht der Alten Welt und entstand vor über zehntausend Jahren an den Ufern des Euphrat (TANNO und WILLCOX, 2006). Nördlich der Alpen und Pyrenäen und bei guter Wasserversorgung werden hohe Kornerträge (> 5 t/ha) mit ca. 30% Proteingehalt im Korn und hohen Stickstoffhinterlassenschaften im Boden (> 125 kg/ha) registriert (METAYER, 2004; KÖPKE, 1997). Die Bohne zeichnet sich durch gute Standfestigkeit und Platzfestigkeit der Hülsen aus und ist sehr gut an den Mähdrusch angepasst.

*Vicia faba* ist diploid, mit nur sechs Chromosomenpaaren und einem sehr großen Genom von etwa 13 000 Mb (TORRES et al., 2009), etwa dem Hundertfachen des Genoms der Ackerschmalwand, oder dem Zehnfachen der Sojabohne. Honigbienen und Hummeln als Bestäuber bewirken (mit großer Variation) etwa 50% Fremdbefruchtung (LINK, 1990), so dass die Ackerbohne ein idealtypisches Beispiel für partielle Allogamie ist. Die Ackerbohnenzüchtung trägt dem Rechnung – kontrollierte Vermehrung von Saatgut findet in so genannten Isolierhäusern statt. Die Bestäuber werden ausgeschlossen, wodurch die eingeschlossenen Pflanzen voneinander sexuell isoliert sind und Selbstbefruchtung garantiert wird. Allerdings neigt die Ackerbohne bei Ausschluss ihrer Bestäuberinsekten dazu, mit Autosterilität zu reagieren: Sie setzt keine Samen an. Diese Reaktion kann durch das so

### Institut

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

### Kontaktanschrift

Prof. Dr. Wolfgang Link, Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, E-Mail: wlink@gwdg.de

### Zur Veröffentlichung angenommen

Juli 2009

genannte Trippen überwunden werden. Dazu bewegt man von Hand die Blütenblätter in ähnlicher Weise wie es beim Bestäuberbesuch geschieht. Der entsprechende mechanische Reiz führt dann zur Selbstbefruchtung und zum Ansatz von samentragenden Hülsen. Das Ausmaß, indem das Trippen notwendig ist, ist genetisch bedingt variabel und zeigt hohe Heterosis zugunsten des spontanen Selbstungsansatzes (LINK, 1990). Die Notwendigkeit, Isolierhäuser und Tripping einzusetzen, verteuert die Ackerbohnenzüchtung im Vergleich zur Züchtung der anderen (selbstbefruchtenden) Körnerleguminosen (Soja, Erbse, Busch- und Stangenbohne, Kichererbse, Linse, Platterbse, Augenbohne, Erdnuss usw.).

Auffallend sind die großen Samen der Ackerbohne; das TKG schwankt bei den Sorten für den Mähdrusch zwischen 300 g und etwa 700 g. Noch weit größere, flache Körner (bis über 2000 g TKG) kommen bei Gemüseformen vor.

In Europa gibt es wenige Arbeitsgruppen, die sich intensiv und nachhaltig der Züchtung bzw. Züchtungsforschung der Ackerbohne widmen. Es sind dies die Gruppe um José CUBERO, Ana TORRES und Diego RUBIALES in Córdoba, die Gruppe um Gerard DUC in Dijon sowie die Gruppe um den Autor für die Züchtungsforschung; dazu die Züchterhäuser NPZ Lembke KG (Olaf SASS) in Hohenlieth, Limagrain/Cebeco (Abel Jan BOUWMAN) in Lelystad, Gleisdorfer Saatzucht (Johanna WINKLER) in Gleisdorf, Agri Obtentions (Matthieu FLORIOT) in Bretenieres und Wherry & Sons (Peter SMITH) in Lincolnshire (cf. www.grainlegumes.com). Als Genbank ist u.a. das IPK Gatersleben zu nennen, an welchem seit vielen Jahrzehnten cytologische und molekulargenetische Forschung mit *Vicia faba* betrieben wird (www.ipk-gatersleben.de). Auf internationaler Ebene muss das ICARDA genannt wer-

den, welches das globale Mandat für die Ackerbohne hält und neben einer großen Genbank auch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bei der Ackerbohne betreibt (www.icarda.org).

### Themen und Merkmale ohne nachhaltige Wirkung in der praktischen Züchtung

Die nationale und internationale Züchtungsforschung erlebte eine Reihe von Projekten und Themen bei der Ackerbohne, die nicht zu den erhofften Ergebnissen in der Sortenzüchtung geführt haben. Beispiele sind in Tab. 1 aufgeführt.

Der monogen-rezessive ‚Stabil-Typ‘ (FRAUEN und SASS, 1989; SASS und STELLING, 1989) ist etwas kleiner, dunkler grün, mit kleineren Blättern, dünnerem und härterem Stängel und geringer Neigung zur Bestockung. Die Standfestigkeit ist hervorragend. Durch die Fortschritte in der Standfestigkeit im ‚konventionellen‘ Wuchstyp (www.bundessortenamt.de) wurde der Stabil-Typ obsolet; die letzte Sorte dieses Typs, ‚Mythos‘, wurde 1998 aus der deutschen Beschreibenden Sortenliste gestrichen. Die monogen-rezessive Merkmalsausprägung ‚Topless‘ (oder ‚ti‘) entspricht einem Wuchstyp, der frühestens nach dem sechsten Blütenstand einen terminalen Blütenstand zeigt, wodurch, ähnlich wie bei der Getreideähre, das vegetative Längenwachstum beendet wird. Das Ziel war ebenfalls verbesserte Standfestigkeit und auch ein verbesserter Harvest-Index und eine stärker synchrone Reife von Korn und Stroh. Dieser Typ war stärker im Osten Deutschlands (STEUCKARDT, 2008) vertreten. Seit 1997 weist die deutsche Beschreibende Sortenliste keine Sorten dieses Typs mehr aus. Bei anderen Körnerlegumi-

**Tab. 1. Themen und Merkmale bei der Ackerbohne, die bislang (noch) nicht zu einem Erfolg oder Durchbruch in der praktischen Züchtung oder im Pflanzenbau geführt haben (subjektive Aufzählung des Autors); s. Text**

Thema bzw. Merkmal	Beispiels-Sorte, Kommentar
Stabil-Typ	Boss, Mythos, keine aktuelle Sorte
Topless (terminale Infloreszenz)	Tinova, Tifabo, keine aktuelle Sorte
Zwerg-Typ	The Sutton, keine aktuelle Sorte
Independent Vascular Supply	Konzept ist zweifelhaft
Vielsamige Hülsen (longpod)	Hylon, Panther, keine aktuelle Sorte
Behandlung mit Pflanzenhormonen	Ohne Relevanz für Pflanzenbau
Hoher Hülsenansatz pro Blütenzahl	Konzept ist zweifelhaft
Hohe Autofertilität	Deiniol, keine aktuelle Sorte
Verbesserung der Symbiose	Ohne Relevanz für Pflanzenbau
Verbesserung der Proteinqualität	Kein Durchbruch
‚closed flower‘-Typ	CGN7751, keine aktuelle Sorte
CMS-Systeme (447, 350, 297, 199)	F1(349 x S45), kein Durchbruch
Genetische Transformation (GMO)	Schwierig und geringe Akzeptanz
Interspezifische Kreuzungen	Kein Durchbruch
Erzeugung von doppelt-haploiden Linien	Aktuelle, neue Entwicklungen

nosen, z. B. Sojabohne und Lupine, haben solche monogenen Varianten der Morphologie allerdings eine hohe Bedeutung.

Das Konzept ‚Independent Vascular Supply, IVS‘ folgte der Idee, dass eine unabhängige Versorgung jeder einzelnen Blüte mit einem eigenen Leitbündelstrang die „Dominanz“ der älteren Blüten und Hülsen über die Jüngeren innerhalb des Blütenstandes (AUFHAMMER und GÖTZ-LEE, 1989) abschwächen und somit den Abwurf der jüngeren Organe verringern sollte (anstatt einer Versorgung aus einem Netz von Strängen mit engem Kontakt zwischen den Einzelblüten). Die Konsequenz wäre ein höherer Ertrag und ein stärker konzentrierter, synchron abreifender Pool von Hülsen. Die postulierte einfache Vererbung und die deutlichen Unterschiede zwischen IVS-Typen und Typen mit verzweigtem Leitbündelsystem wurde angezweifelt, das Konzept ist ohne entsprechende Wirkung für die Praxis (RUCKENBAUER und MOLLENKOPF, 1986). Das Thema allerdings wird von dem ICARDA weiter verfolgt ([www.icarda.org](http://www.icarda.org)).

Aus dem Genpool der großsamigen Gemüsebohnen (*Vicia faba major*) gibt es Typen (aus dem Vereinigten Königreich und aus den Mittelmeeranrainer-Ländern) mit phantastisch anmutenden, sehr voluminösen, langen Hülsen, die sieben und mehr sehr große, flache Samen (TKG > 2000 g) enthalten. Durch Einkreuzung, Rekombination und Auslese konnte z. B. in der Sorte ‚Panther‘ eine erhöhte (> 6) Samenzahl pro Hülse in einer kleinkörnigen Mähdruschsorte realisiert werden (BOND, 1987). In der nachfolgenden Sortenzüchtung hat sich allerdings dadurch seither die Samenzahl pro Hülse nicht merklich erhöht. Der Grund liegt wohl mindestens teilweise in der negativen Korrelation der Ertragskomponenten untereinander (LINK und STÜTZEL, 1995). Diese Einschränkung dürfte beim Thema ‚Hülsenansatz pro Blütenzahl‘ in ähnlicher Weise für die beiden Ertragskomponenten ‚Hülsenansatz pro Blüte‘ und ‚Blüten pro Blütenstand‘ gelten.

Da, wie oben ausgeführt, das Trippen durch die Bestäuber ein ertragssichernder Vorgang ist, wäre eine Unabhängigkeit durch maximale Autofertilität eine Absicherung gegen umweltbedingte Schwankungen des Bestäuberbesuches (BOND, 1987; LAWES, 1981). Entsprechende Arbeiten führten nicht dazu, dass dieses Konzept sich durchgesetzt hätte. Die Tatsache, dass hohe Autofertilität mit niedriger Fremdbefruchtung und also mit weniger Heterosis in einer Populationssorte korreliert ist (LINK, 1990), dürfte hier ein wichtiger Faktor gewesen sein. Das monogen-rezessive Merkmal der geschlossenen Blüte (‚closed flower‘, die Fahne hebt sich nicht, der Bestäuberbesuch wird erschwert) würde eine Konversion der Ackerbohne zum Selbstbefruchter ermöglichen (POULSEN, 1977), mit all den Vereinfachungen, die dieser Ansatz für die Züchtung brächte. Bisher fehlen Genotypen mit der notwendigen Kombination von maximaler Autofertilität und Geschlossenheit der Blüte. Möglicherweise ist mit dem ‚cf‘-Allel pleiotrop ein autosteriler Phänotyp verbunden (MARTSCH und LINK 2008, unveröffentlicht); der Bericht von BOZZINI und CHIARETTI (1999) besagt allerdings das Gegenteil.

Das vergleichbar sehr hohe Potential für Proteinерtrag und das sehr hohe Potential für Nitratversorgung der Nachfrucht lenken die Aufmerksamkeit auf eine mögliche weitere Verbesserung der Symbioseleistung der Ackerbohne (ESSER-MÖNNING et al., 1995; MYTTON et al., 1977). Dennoch gibt es hier wie auch bei anderen Körnerleguminosen bisher kaum ein praktikables Konzept. Mindestens eine Kardinalschwierigkeit ist die Konkurrenz zwischen lokal bestens angepassten, autochthonen Rhizobien und solchen Rhizobien-Stämmen, die ein Züchter oder Anbauer per Impfung oder Beizung (zugunsten einer optimierten Symbiose) anbietet. An dieser Stelle muss gesagt werden, dass über Mykorrhiza bei der Ackerbohne sehr wenig gearbeitet wurde, und dass in der Züchtung dieses Thema nicht vorkommt (DUC et al., 1989).

Eine merkliche Erhöhung des Proteingehaltes, obwohl für die Tierernährung sehr wünschenswert (HANCOCK et al., 2003) und genetisch auch durchaus möglich und viel versprechend, wurde in der Züchtung bislang nicht realisiert (Ausnahme: der Effekt der genetischen Entfernung der kondensierten Tanninen aus der Samenschale; s. u.). Ein Problem ist die negative genetische Korrelation zwischen hohem Proteingehalt im Samen und niedrigem Schwefelgehalt (Methionin, Cystein) im Protein der Samen. Da das Haupt-Speicherprotein, das Legumin, aus einer Vielzahl von Fraktionen und Unterfraktionen besteht, die je einzeln mendelisch vererbt werden und sich im Schwefelgehalt deutlich unterscheiden (SHEWRY und CASEY, 1999; TUCCI et al., 1991), ist die züchterische Herangehensweise hier eigentlich deutlich vorgegeben. Entsprechende Aktivitäten sind aber nicht bekannt. Eine signifikante Erhöhung des Schwefelgehaltes im Samenprotein konnte durch genetische Transformation bei *Vicia narbonensis* zwar erreicht werden, dasselbe Konzept führte allerdings bei *Vicia faba* nicht zum gewünschten Erfolg (PICKARDT et al., 2004).

Außer der Verbesserung einzelner Merkmale gab es auch eine Reihe von Ansätzen zur Züchtungsmethodik. Eine Realisierung der Hybridzüchtung bei der Ackerbohne würde allgemein als Durchbruch gesehen, aufgrund der höheren Kornerträge der Hybriden, der höheren Ertragsstabilität der Hybriden und der besseren Rentabilität der Hybridzüchtung im Vergleich zur Linien- oder Populationszüchtung (Nachbauproblematik). Es wurden seit 1958 vier CMS-Systeme bearbeitet (LINK et al., 1997; LINK, 1998). Der praktische Einsatz für die Hybridzüchtung scheiterte stets an der mangelnden Stabilität der Pollensterilität, d. h. am Trend zur spontanen Reversion zur Fertilität in den CMS-Linien. Schritte zur Überwindung des Problems wären einmal eine systematische Analyse der mtDNA-Diversität in der Spezies mit einer kritischen Studie der möglichen mtDNA-Übertragung durch Pollen, und zweitens ein Durchbruch bei der Erzeugung interspezifischer Hybriden mit nachfolgender Suche nach neuen CMS-Systemen auf dieser dann neuen, mehr versprechenden Basis.

Vor kurzem erschienen neue Ergebnisse und Ansätze zur Erzeugung von DH-Linien aus Mikrosporen bei *Medi-*

ago, *Lathyrus*, *Cicer* und *Pisum* (OCHATT, 2009). Schon aus den allgemeinen Gründen, wie sie z. B. bei Raps, Gerste und Mais gelten, und darüber hinaus wegen der teuren Phase der konventionellen Erzeugung von Linien (Isolierhäuser, Tripping) ist dieses Thema (auch) für die Ackerbohnenzüchtung von Relevanz.

### Themen und Merkmale mit nachhaltiger Wirkung in der praktischen Züchtung

Die praktische Ackerbohnen-Züchtung blickt auf eine ganze Reihe wichtiger Verbesserungen und Durchbrüche zurück (Tab. 2). So wird in der aktuellen deutschen Beschreibenden Sortenliste ([www.bundessortenamt.de](http://www.bundessortenamt.de)) eine Sorte aufgeführt („Fuego“), deren Korn- und Proteintrag mit der Note 8 (auf einer Skala von 1-9) bewertet wird, ein Beweis für Züchterfolg. Die Standfestigkeit der modernen Sorten ist ebenso sehr hoch, was der Ackerbohne im Vergleich zur Erbse einen deutlichen agronomischen Vorteil verschafft. Zwar kann mangels interspezifischer Hybriden nur ein begrenzter Genpool genutzt werden, aber durch die verstärkte Einkreuzung von Gemüsebohnen in der Folge der Arbeiten über die Sorte Minica (DANTUMA et al., 1983) wurde die genetische Variation in Richtung Halbzweig-Typ, synchrone Reife von Hülsen und Stroh, Frühzeitigkeit der Blüte und Reife, hohem Ertrag und die Variation wichtiger Ertragskomponenten stark verbreitert. Als Auswirkung von Arbeiten über die Ertragsstabilität und über das Konzept der synthetischen Sorte bei partieller Allopolyploidie (STELLING et al., 1994a, 1994b; LINK und EDERER, 1993; Abb. 1) werden mittlerweile Synthetiks gezüchtet, die in hohem Maße Heterosis und Heterogenität nutzen und hohe und stabile Erträge aufweisen.

Im Unterschied zu anderen Pilzkrankheiten (s. u.) sind keine verifizierten, monogenen Resistenzen gegen *Botrytis* und *Peronospora* bekannt, dennoch hat die konventionelle Züchtung ein brauchbares Maß an Feldresistenz in den modernen Sorten realisiert.

Monogene Resistenzen gibt es gegen *Ascochyta* und *Uromyces* (TORRES et al., 2009; Tab. 3), die aus bekannten Genotypen und aus Sorten für die Weiterzüchtung zur Verfügung stehen. In ähnlicher Weise gibt es Genitore für *Orobanche*-Resistenz, was in Südeuropa und Nordafrika von hoher Bedeutung ist. Diese Resistenz ist allerdings nicht monogen verursacht, sondern quantitativ variierend (ROMÁN et al., 2002).

Die von zwei alternativ einsetzbaren Genen rezessiv verursachte Tanninfreiheit (*zt1*, *zt2*), die mit rein weißer Blüte (und Abwesenheit des schwarzen Flecks unterseits der Nebenblätter und Abwesenheit des nachdunkelnden Brauntones in den Samenschalen) pleiotrop verbunden ist, stammt von Gemüsebohnen wie „Triple White“. Tanninfreiheit ist eine einfache Möglichkeit, den Futterwert von Ackerbohnen für Geflügel und Schweine zu verbessern (ABEL et al., 2004), was insbesondere bei der betriebsinternen Verwertung interessant sein kann. Der Schalenanteil (Samenschalendicke) von tanninfreien Samen ist verringert, wodurch der Protein- und Stärkeanteil leicht erhöht ist. Tanninfreiheit der Samenschalen erhöht allerdings die Anfälligkeit gegen bodenbürtige Pilze in der Keimungs- und Auflaufphase (METAYER, 2004), was insbesondere im ökologischen Landbau von Bedeutung ist.

In ähnlicher Weise monogen und rezessiv vererbt ist die sehr starke Verringerung (auf max. 10% des ursprünglichen Wertes) von Vicin und Convicin. Die Verringerung dieser Pyrimidin-Glukose-Verbindung (Glukoside) in den Kotyledonen und in der Samenschale verbessert die Verdaulichkeit der Ackerbohnen bei Geflügel und verringert das Potential der Ackerbohne, Favismus auszulösen. Favismus ist eine genetische Unverträglichkeit (Anämie) bestimmter Menschen gegen Vicin und Convicin, die z. B. in Deutschland extrem selten, aber in ehemaligen und früheren Gebieten mit Malaria häufig ist und wegen ihrer X-chromosomalen Lokalisierung vor allem männliche Vertreter unserer Spezies betrifft. Bestimmte mutante Allele des hier betroffenen Gens für Glukose-6-Phosphat-Dehydrogenase verleihen (außer

**Tab. 2. Themen und Merkmale bei der Ackerbohne, die zu einem Erfolg oder Durchbruch in der praktischen Züchtung geführt haben (subjektive Aufzählung des Autors); s. Text**

Thema bzw. Merkmal	Beispiels-Sorte
Hoher Kornertrag	Fuego (Boniturnote 8)
Standfestigkeit, Platzfestigkeit	Alle modernen Sorten
Nutzung des major-Genpools („Minica“)	Alfred, Victor, Nachfolge-Sorten
Nutzung von Heterosis und Heterogenität	Quattro, Fuego
Feldresistenz gegen <i>Botrytis</i> , <i>Peronospora</i>	Alle modernen Sorten
Resistenz gegen <i>Ascochyta</i>	Clipper; H29
Resistenz gegen Rost	Icarus, ILB 3025, ILB 3107
Resistenz gegen <i>Orobanche</i>	Giza402, Giza 843
Tannin-Freiheit	Gloria, Tangenta
Vicin- und Convicin-Armut	Divine, Mélodie

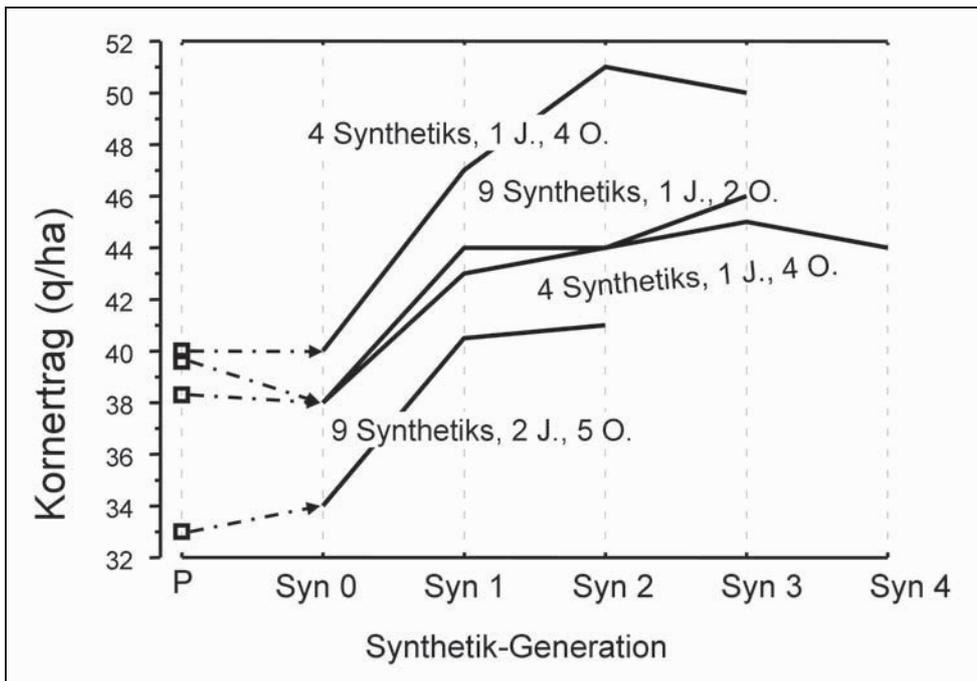


Abb. 1. Mittlere Überlegenheit von synthetischen Experimental-Sorten über ihre homozygoten Komponenten (P), in Abhängigkeit der Generation (STELLING et al., 1994b) in mehrjährigen (J.) und mehrortigen (O.) Feldversuchen.

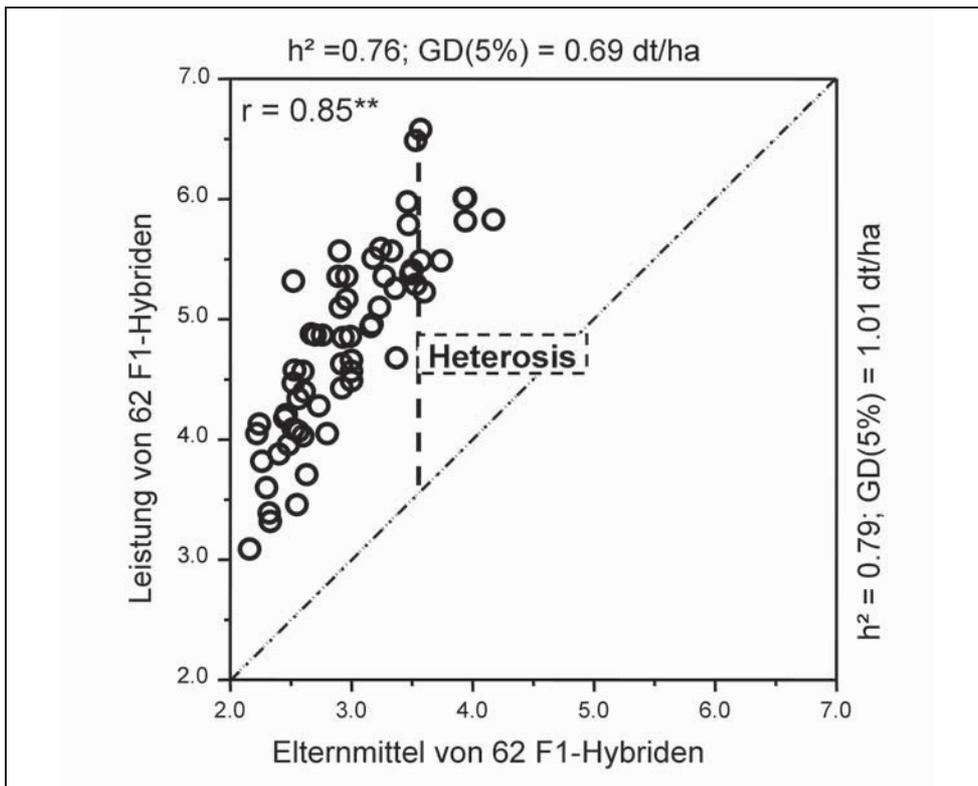
Favismus) einen gewissen Schutz gegen tropische Malaria (*Plasmodium falciparum*), der durch gleichzeitigen Verzehr von (insbesondere jungen, frischen) Ackerbohnen (mit Vicin und Convicin) noch verstärkt wird. Dieser

Schutz kann bei Malariabefall den Nachteil durch Favismus überkompensieren kann (ARESE et al., 2006).

Inzwischen werden unter dem Begriff „Fevita®“ tanninfreie, vicinarme Sorten gezüchtet (METAYER, 2004).

Tab. 3. Ergebnisse über QTL agronomisch wichtiger Merkmale (Stand 2009; zitiert nach TORRES et al., 2009)

Merkmal	Genotyp mit erwünschter bzw. günstiger Merkmalsausprägung	Ergebnisse
Orobanche-Resistenz (Sommerwurz)	Giza402; Baraka; Vf136	Oc2 (OPAC06 <sub>342</sub> / OPN07 <sub>849</sub> ) Oc3 (OPW15 <sub>533</sub> OPAA07 <sub>807</sub> )
Botrytis-Resistenz (Schokoladen-fleckigkeit)	BPL710, B261	Quantitative Variation, keine QTL bekannt
Rost-Resistenz	2N52 B261	Monogene Hypersensitivität <i>Uvf-1</i> (OPI20 <sub>900</sub> / OPL18 <sub>1032</sub> ) 'Slow rusting', quantitative Resistenz, QTL-Suche in Arbeit
Ascochyta-Resistenz (Brennflecken, Anthraknose)	Vf6 29H	Af1(OPA11 <sub>1045</sub> / OPAB07 <sub>1026</sub> ) Af2(OPE17 <sub>1272</sub> / OPJ18 <sub>626</sub> ) Af3(OPD16 <sub>1732</sub> / OPG04 <sub>1131</sub> ) Af4(OPJ18 <sub>655</sub> / OPG11 <sub>1118</sub> )
Trocken-Toleranz	ILB938/2	Quantitative Variation mit Heterosis, keine QTL bekannt
Frost-Toleranz	Côte d'Or/1	Quantitative Variation mit Heterosis, mehrere QTL z.B. I10 <sub>661</sub> / I06 <sub>425</sub>
Niedrig Vicin & Convicin	vc-, Mélodie	Monogen rezessives Merkmal SCH01 <sub>620</sub> / SCAB12 <sub>850</sub> Weiße Nabelfarbe in < 10cM Distanz
Null Tannin	zt1, Gloria zt2, Disco/2390	Zwei epistatische (komplementäre) Loci zt1, SCC5 <sub>551</sub> / SCG11 <sub>1171</sub> zt2, SCAD16-B <sub>565</sub> / SCAD16-H <sub>385</sub> Weiße Blüte in 0,0cM Distanz



**Abb. 2.** Vergleich von Kornerträgen von F1-Hybriden und dem Mittel ihrer homozygoten Eltern. Feldversuche über vier Umwelten mit 2 bis 4 Wiederholungen in 6m<sup>2</sup>-Parzellen (ZEID et al., 2004).

### Themen und Merkmale mit Potential für zukünftige Züchterfolge

Ein sehr attraktives Moment und ein Versprechen zukünftiger Züchterfolge sind die hohen und stabilen Kornerträge von Experimentalhybriden (Heterosis von im Mittel 70% und im Maximum bis über 100%; Überlegenheit gegenüber besten Sorten von über 40%; ZEID et al., 2004; Abb. 2). Diese hohen Leistungen sind ja nicht durch ein Mehr an Wasser, Nährstoffen, Licht, Bodenvolumen, Zeit etc. erzielt, sondern bei sonst gleichen Umweltbedingungen allein durch genetische Faktoren (Heterozygotie). Dass solche Sorten der Landwirtschaft nicht angeboten werden können, liegt an der fehlenden Möglichkeit, Kreuzungen in großem Umfang kontrolliert durchzuführen (sprich, an der mangelnden Stabilität der CMS-Systeme). Etwa die Hälfte dieses Potentials wird allerdings gegenwärtig in synthetischen Sorten realisiert (diese Sorten erleiden bei einem Nachbau keine genetisch bedingte Leistungseinbuße). Zum Thema ‚Zuchtmethodik‘ gehören auch die neuerdings wieder besseren Aussichten, ein allgemein funktionierendes Protokoll zur Entwicklung von doppelt haploiden Linien zu entwickeln (OCHATT et al., 2009).

Ein weiteres interessantes Potential ist die Aussicht, den Sameneiweißgehalt genetisch über 35% zu steigern. Es fehlt jedoch ein Durchbruch zugunsten eines höheren Methioningehaltes in den Samen. Aktuelle Ergebnisse zu QTL (quantitative trait loci) für Resistenz gegen Pilzkrankheiten sind ebenfalls ein sehr interessantes Potential für die praktische Züchtung, insbesondere vor dem Hintergrund der

zunehmenden Zahl und abnehmenden Kosten für molekulare Marker und der zunehmenden Möglichkeiten, Informationen aus verwandten Arten zu nutzen (TORRES et al., 2009). Aufgrund der laufenden Anstrengungen zu genetischen Verbesserungen der Winterhärte werden auch in Deutschland anbauwürdige Wintersorten erwartet (LINK et al., 2009). Winterbohnen zeigen in ihren schon seit einem Jahrhundert etablierten Anbaugebieten (UK) einen deutlichen Mehrertrag (im Jahr 2004 war der Mehrertrag gegenüber Sommerbohnen > 40% im Mittel von drei Umwelten, Bramham, Poringland, Thronaugh; www.niab.com). Eine interessante Strategie wäre selbstverständlich die Hybridzüchtung bei Winter-Ackerbohnen.

Die Ackerbohne ist eine heimische Körnerleguminose, die an die mechanisierte Landwirtschaft sehr gut angepasst ist und in Lagen mit guter Wasserversorgung ein sehr hohes Ertragspotential hat. Der Proteingehalt von etwa 30%, ihre Wirkung als ‚break crop‘ in getreidereichen Fruchtfolgen, ihre günstige Wirkung auf die Bodenfruchtbarkeit und ihre Symbioseleistung sind wichtige Argumente zu ihren Gunsten. Für die ökologischen Verbände ist die globale Abwesenheit von gentechnisch veränderten Ackerbohnenarten ein weiteres wichtiges Faktum. Die nachhaltig stabilen Anbauflächen im Vereinigten Königreich von über 150 000 ha sind eine ökonomische Basis, die ein Minimum an Züchtung und Züchtungsforschung für das Europa nördlich der Pyrenäen und Alpen absichert. Das enorme Importvolumen von Sojabohnen aus Übersee in die EU (www.ovid-verband.de; www.ufop.de/3111.php) ist eine politische, ökologische und ökonomische Herausforderung und Auf-

forderung, Züchtung und Forschung an den heimischen Körnerleguminosen zu intensivieren.

## Literatur

- ABEL, H., W. SOMMER, J. WEISS, 2004: Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformationen, UFOP, Berlin.
- ARESE, P., K. AYI, A. SKOROKHOD, F. TURRINI, 2006: Removal of early parasite forms from circulation as a mechanism of resistance against malaria in widespread red blood cell mutations. In: Dronamraju, K.R., P. Arese (eds.): Emerging infectious diseases of the 21st century. Malaria: Genetic and Evolutionary Aspects. Springer, US.
- AUFHAMMER, W., I. GÖTZ-LEE, 1989: Effects of inflorescence removal on seed yield performance of field beans (*Vicia faba*) under different shading treatments. *J. Agric. Sci.* **113**, 317-323.
- BOND, D.A., 1987: Recent developments in breeding field beans (*Vicia faba* L.). *Plant Breed.* **99**, 1-26.
- BOZZINI, A., D. CHIARETTI, 1999: The genetic improvement of the Mediterranean faba bean (*Vicia faba* L.). III. Development of obligate self fertile lines. *J. Genet. Breed.* **53**, 207-213.
- DANTUMA, G., E. VON KITTLITZ, M. FRAUEN, D.A. BOND, 1983: Yield, yield stability and measurements of morphological and phenological characters of faba bean (*Vicia faba* L.) varieties grown in a wide range of environments in Western Europe. *Z. Pflanzenzüchtg.* **90**, 85-105.
- DUC, G., A. TROUVELOT, V. GIANINAZZI-PEARSON, S. GIANINAZZI, 1989: First report of non-mycorrhizal plant mutants (Myc super(-)) obtained in pea (*Pisum sativum* L.) and fababeen (*Vicia faba* L.). *Plant Sci.* **60**, 215-222.
- ESSER-MÖNNING, K., P. ROSKOTHEN, G. RÖBBELEN, 1995: Two host genes in *Vicia faba* for nodulation deficiency with strain specificity for *Rhizobium leguminosarum*. *Plant Breed.* **114**, 363-365.
- FRAUEN, M., O. SASS, 1989: Inheritance and performance of the stiff-strawed mutant in *Vicia faba* L. *Science for Plant Breeding - XII. EUCARPIA Congress, Göttingen (Germany)*, 27 Feb. - 4 March 1989, Vol **15** (1), 13-8.
- HANCOCK, J., R. WELLER, H. MCCALMAN, 2003: 100% Organic Livestock Feeds - Preparing for 2005. A report prepared for Organic Centre Wales, by Soil Association Producer Services and assisted by IGER. Organic Centre Wales, Institute of Rural Studies, University of Wales Aberystwyth.
- KÖPKE, U., 1997: Symbiotische Stickstoff-Fixierung und Vorfrucht-wirkung von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.), Schriftenreihe des Institutes für Organischen Landbau, Bonn. 113 Seiten.
- LAWES, D.A., 1981: The field bean breeding programme at the Welsh Plant Breeding Station. In: Welsh Plant Breeding Station. *Ann. Rep.* 1980/1981, 175-192.
- LINK, W., 1990: Autofertility and rate of cross-fertilization: Crucial characters for breeding synthetic varieties in faba beans (*Vicia faba* L.). *Theor. Appl. Genet.* **79**, 713-717.
- LINK, W., W. EDERER, 1993: The concept of varietal ability for partially allogamous crops. *Plant Breed.* **110**, 1-8.
- LINK, W.H. Stützel, 1995: Faba bean. Genetics. In: Diepenbrock, W., H.C. Becker, (ed.): Physiological potentials for yield improvement of annual oil and protein crops. *Adv. Plant Breed.* **17**, Blackwell, Berlin, 239-278.
- LINK, W., W. EDERER, R.K. GUMBER, A.E. MELCHINGER, 1997: Detection and characterization of two new CMS systems in faba bean (*Vicia faba*). *Plant Breed.* **116**, 158-162.
- LINK, W., 1998: Neues über CMS bei Ackerbohnen. Bericht über die Arbeitstagung der "Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler" im Rahmen der "Vereinigung Österreichischer Pflanzenzüchter", Gumpenstein, 25. - 27. Nov. 1997, 95-101.
- LINK, W., C. BALKO, F.L. STODDARD, 2009: Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. *Field Crops Res.*, in press, corrected proof, available online 1 October 2008.
- METAYER, N., 2004: *Vicia faba* breeding for sustainable agriculture in Europe: Identification of regional priorities and definition of target genotypes. GIE Fèvevole, Paris. 5 pages and 17 pages complements ([www.uni-goettingen.de/de/48273.html](http://www.uni-goettingen.de/de/48273.html)).
- MYTTON, L.R., M.H. EL-SHERBEENY, D.A. LAWES, 1977: Symbiotic variability in *Vicia faba*. 3. Genetic effects of host plant, rhizobium strain and of host × strain interaction. *Euphytica* **26**, 785-791.
- OCHATT, S., C. PECH, R. GREWAL, C. CONREUX, M. LULSDORF, L. JACAS, 2009: Abiotic stress enhances androgenesis from isolated microspores of some legume species (*Fabaceae*). *J. Plant Physiol.* **166**, 1314-1328.
- PICKARDT, Th., P. BÖTTINGER, A. DE KATHEN, 2004: In vitro regeneration and transformaton of *Vicia faba*. In: Curtis, I.S. (ed.) *Transgenic Crops of the World - Essential Protocols*. Kluwer, The Netherlands. 337-350.
- POULSEN, M.H., 1977: Obligate autogamy in *Vicia faba* L. *J. Agric. Sci.* **98**, 253-256.
- ROMÁN, B., A.M. TORRES, D. RUBIALES, J.I. CUBERO, Z. SATOVIC, 2002: Mapping of quantitative trait loci controlling broomrape (*Orobancha crenata* Forsk.) resistance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Genome* **45**, 1057-1063.
- RUCKENBAUER, P., K. MOLLENKOPF, 1986: Reinvestigation of the architecture of the vascular system within racemes in faba beans. *Plant Breed.* **97**, 264-267.
- SASS, O., D. STELLING, 1989: Influence of different plant types on harvestability and yield of faba beans, *Vicia faba* L. *Science for Plant Breeding - XII. EUCARPIA Congress, Goettingen (Germany)*, 27 Feb - 4 March 1989, Vol. **15**(1), 13-10.
- SHEWRY, P.R., R. CASEY, 1999: Seed proteins. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 35-78.
- STELLING, D., E. EBMAYER, W. LINK, 1994a: Yield stability in faba beans, *Vicia faba* L. 2. Effects of heterozygosity and heterogeneity. *Plant Breed.* **112**, 30-39.
- STELLING, D., W. LINK, E. EBMAYER, 1994b: Factors determining the performance of synthetics in *Vicia faba* L., 2. Syn-generation. *Euphytica* **75**, 85-93.
- STEUCKARDT, R., 2008: Ackerbohne, *Vicia faba* L. Mit neuen Sortentypen oder neuen Pflanzentypen zum Erfolg? In: Röbbelen, G. (Hrsg.): Die Entwicklung der Pflanzenzüchtung in Deutschland (1908-2008). *Vortr. Pflanzenzüchtg.* **75**, 389-394.
- STÜTZEL, H., W. LINK, 1995: Faba bean. Physiology. In: Diepenbrock, W., H.C. Becker (eds.): Physiological Potentials for Yield Improvement of Annual Oil and Protein Crops. *Adv. Plant Breed.* **17**, Berlin, Blackwell, 219-238.
- TANNO, K., G. WILLCOX, 2006: The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L., early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10<sup>th</sup> millennium B.P. *Veget. Hist. Archaeobot.* **15**, 197-204.
- TORRES, A.M., C.M. AVILA, N. GUTIERREZ, C. PALOMINO, M.T. MORENO, J.I. CUBERO, 2009: Marker-assisted selection in faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Res.*, in press, available online 22 January 2009.
- TUCCI, M., R. CAPPARELLI, A. COSTA, R. RAO, 1991: Molecular heterogeneity and genetics of *Vicia faba* seed storage proteins. *Theor. Appl. Genet.* **81**, 50-58.
- ZEID, M., C.-C. SCHÖN, W. LINK, 2004: Hybrid performance and AFLP-based genetic similarity in faba bean. *Euphytica* **139**, 207-216.