

Fred Eickmeyer

Alte und neue Herausforderungen in der Züchtung von Leguminosen

Old and new challenges
in legume breeding

352

Zusammenfassung

Der Leguminosenanbau in Europa steckt in einer Krise. In fast allen europäischen Ländern, insbesondere auch in Deutschland, ist ein drastischer Rückgang der Leguminosenanbau-Flächen zu verzeichnen. Gründe dafür liegen an relativ niedrigen Preisen für Mineralstickstoff, einer weitgehenden Deckung des Futterproteinbedarfes aus importiertem Sojaextraktionsschrot sowie einer einseitigen Bevorzugung weniger Kulturarten mit hohen Deckungsbeiträgen in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen.

Nicht nur die Rahmenbedingungen für den Anbau von Leguminosen sind ungünstig. Auch viele Leguminosenarten selbst besitzen noch diverse Nachteile gegenüber anderen Kulturarten, die selbst bei günstigeren Rahmenbedingungen ihren Einsatz limitieren.

Am Beispiel der Blauen Süßlupine als Vertreter der Körnerleguminosen und in einigen Fällen des Rotklee als Vertreter der kleinkörnigen Leguminosen sollen einige Nachteile der Leguminosen im Anbau und in der Züchtung aufgezeigt werden. Notwendige Forschungsaktivitäten zur Erreichung der daraus abgeleiteten Zuchtziele sollen anhand von Beispielen skizziert werden.

Stichwörter: Leguminosen, *Lupinus angustifolius*, *Trifolium pratense*, Züchtung, Zuchtziele, Ertragspotenzial, Ertragsstabilität, Inhaltsstoffanalytik, Mutanten, Resistenzen

Abstract

Legume production in Europe is decreasing due to low mineral nitrogen fertilizer prizes, import of soybean con-

centrates, and crop rotations which favour crops having better profit margins. Additionally, legumes have several disadvantages that limit their use, compared to other crops. With narrow-leafed lupin as a representative of grain legumes and red clover as a representative of leafy forage legumes some disadvantages in cropping and breeding are demonstrated. Breeding goals and necessary research activities are derived and demonstrated by examples.

Key words: Legumes, *Lupinus angustifolius*, *Trifolium pratense*, breeding, breeding goals, yield potential, yield stability, quality analysis, mutants, disease resistance

Einleitung

Als Begründungen für die niedrige Akzeptanz von Körnerleguminosen bei den Landwirten werden häufig genannt, dass die Erträge zu gering und zu wenig stabil, die Qualitäten zu unsicher und die Preise zu niedrig seien und dass sich der Zuchtfortschritt zu gering und zu langsam gestalte.

Die Herausforderung der Leguminosenzüchtung besteht somit darin, einen maßgeblichen Beitrag zur Erreichung folgender Ziele zu leisten:

- 1 Hohe Erträge
- 2 Stabile Erträge
- 3 Sichere Qualitäten
- 4 Hohe Auszahlungspreise (Deckungsbeiträge)
- 5 Hoher Zuchtfortschritt
- 6 Schneller Zuchtfortschritt

Institut

Saatzucht Steinach GmbH, Steinach

Kontaktanschrift

Dr. Fred Eickmeyer, Saatzucht Steinach GmbH, Wittelsbacher Str. 15, 94377 Steinach, Tel.:(09428-94190);
E-Mail: eickmeyer.fred@saatzucht.de

Zur Veröffentlichung angenommen

Juli 2009

Diese Ziele sind nicht kurzfristig erreichbar. Erfolgreiche Züchtung erfordert Kontinuität und Zeit. Welche Erfolge über die Zeit bei kontinuierlicher Züchtungsarbeit erzielt werden können, veranschaulicht die Entwicklung der mittleren Kornerträge australischer Lupinensorten (Abb. 1). Erzielten die ersten, in den 60er und 70er Jahren in Australien zugelassenen Sorten noch Erträge um die 5 dt/ha, so liegen die Erträge heutiger Sorten bei 17 dt/ha. Dies entspricht einem Zuchtfortschritt von 0,3 dt Kornertrag pro Jahr.

1 Hohe Erträge

Auf einem einzelnen Praxisschlag der Blauen Süßlupinensorte 'Boregine' konnte im Jahr 2005 ein Kornertrag von 54 dt/ha bei einer Ackerzahl von 35 erzielt werden (gute Durchschnittskornerträge auf solchen Standorten liegen bei 30-35 dt/ha). Ähnlich ist die Situation beim Rotklee, wo in einem Vermehrungsvorhaben der Sorte 'Taifun' im Jahre 2008 ein Spitzensaatgutertrag von mehr als 11 dt/ha erzielt werden konnte (KNON, persönliche Mitteilung; gute Samenerträge liegen gewöhnlich bei ca. 6 dt/ha). Diese Ergebnisse zeigen, welche Ertragspotenziale in den beiden Arten stecken und dass diese grundsätzlich bereits recht hoch sind. Sicher kann dieses Potenzial durch kontinuierliche Selektion im Zuchtmaterial allmählich noch erhöht werden. Für den praktischen Zuchtbetrieb bedeutet dies, durch Kreuzungen neue Kombinationen positiver Allele zu erzeugen und etwa ab der F4-Generation in Parzellenprüfungen die ertragreichsten Linien zu identifizieren. Allerdings sind hier keine deutlichen Ertragsprünge innerhalb kurzer Zeit zu erwarten. Dies liegt daran, dass die genetische Basis bei der Blauen Süßlupine recht eng ist, da das gesamte Zuchtmaterial der Süßlupinen im Wesentlichen auf die von VON SENGBUSCH (1942) gefundenen alkaloidarmen Mutanten zurück geht und nur selten und in geringem Umfang andere Formen eingekreuzt wurden.

Perspektiven für deutliche Ertragsfortschritte bieten kürzlich im Rahmen des Groß Lüsewitzer Mutagenese-Programms über EMS-Behandlung erzeugte Mutationslinien (RUDLOFF et al., 2008). Diese zeigen sehr interessante Merkmale, wie z. B. Mehrfachblüten oder verzweigte Haupttriebe, stark erhöhte Tausendkornmasse, Veränderungen im Reifezeitpunkt und andere viel versprechende Eigenschaften, welche als Ertragskomponenten eine wichtige Rolle spielen könnten (Abb. 2). Eine Erzeugung weiterer Mutanten wird aktuell durchgeführt.

Die Bearbeitung der Mutationslinien bis zur Prüfung auf Inhaltsstoffzusammensetzung und auf die Anpassungsfähigkeit an verschiedene Umwelten wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Die auffälligsten Eigenschaften wurden bereits in Elite-Zuchtmaterial eingekreuzt. Vererbungsstudien sollen folgen. Zusammen mit Wildakzessionen aus Genbanken können diese Mutanten die genetische und phänotypische Breite des aktuellen Zuchtmaterials im Hinblick auf das Ertragspotenzial erheblich erweitern.

Während bei den Körnerleguminosen der Saatgutertrag der interessierende Ertragsparameter ist und die Selektion sich auf dieses Merkmal konzentrieren kann, steht bei den kleinkörnigen Leguminosen die Nutzung der vegetativen Masse für Futterzwecke im Vordergrund. Hier müssen hinsichtlich des Samenertrages meist Kompromisse geschlossen werden.

2 Stabile Erträge

Beim Rotklee ist meist unzureichender Insektenflug (fehlende Bestäubung) durch ungünstige Witterung zur Blütezeit, Auftreten des Kleespitzmäuschens (Fress der Larven in den Blüten und Hülsen) sowie zu lange Blütenröhren (besonders bei tetraploidem Rotklee) für geringe Saatguterträge verantwortlich. Gegen zu lange Blütenröhren kann über Ermittlung von Einzelpflanzen-Saatguterträgen selektiert werden. Gegenüber dem Kleespitz-

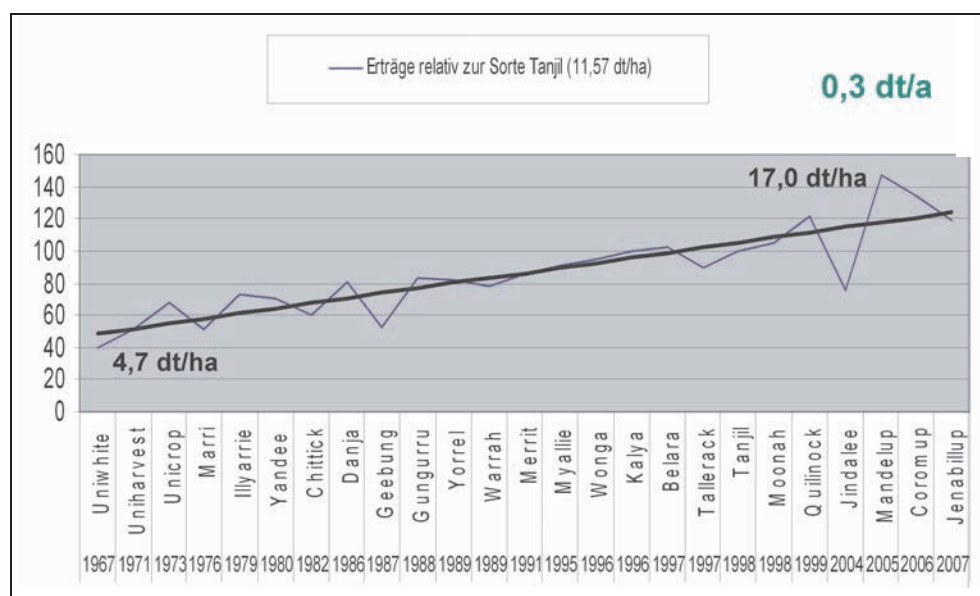


Abb. 1. Entwicklung der mittleren Kornerträge australischer Lupinensorten der Zulassungsjahre 1967-2007 (modifiziert nach BUIRCHILL, 2008).

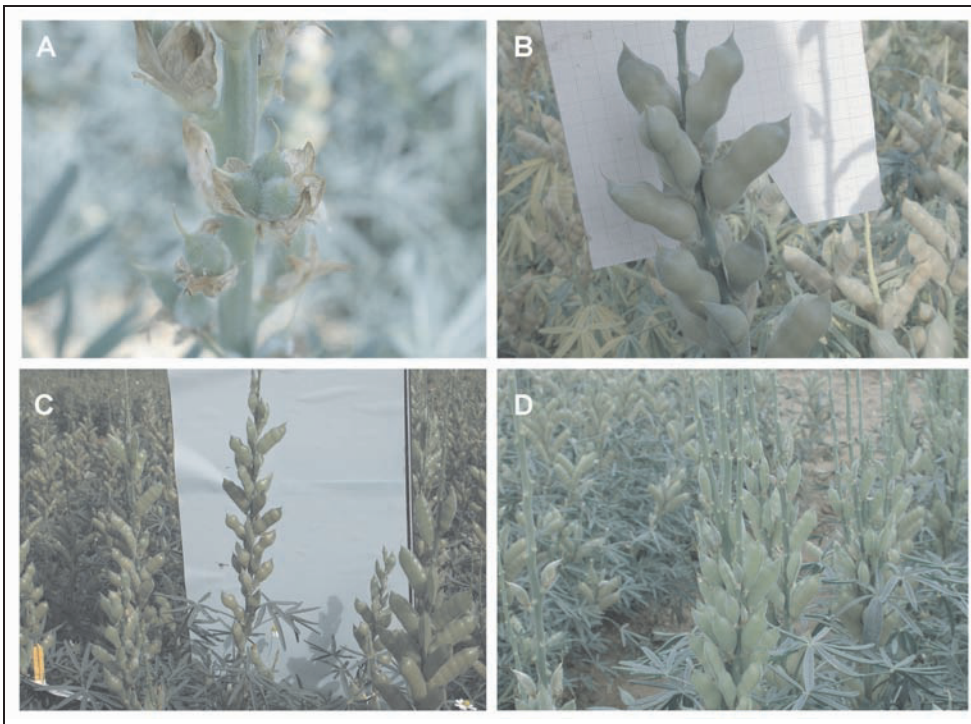


Abb. 2. Neuartige Wuchstypen in Mutationslinien. A, mehrere Hülsen je Blüte; B, größere Körner (TKM, Proteingehalt); C, mehr Hülsen je Samenstand; D, mehrere Haupttriebe je Pflanze (Fotos: Eicke RUDLOFF, JKI).

mäuschen sind derzeit keine Resistenzen bekannt. Insbesondere bei der Rotklee-Saatgutproduktion im ökologischen Landbau kann das Kleespitzmäuschen erhebliche Schäden verursachen. Hier sind bisher noch keine Bekämpfungsstrategien entwickelt worden.

Zur besseren Erschließung und Sicherung des vorhandenen Ertragspotenzials müssen bei der Blauen Süßlupine Wildpflanzenmerkmale züchterisch verbessert werden. Insbesondere sind dies die mangelnde Platzfestigkeit der Hülsen, der vorzeitige Blüten- und Hülsenabwurf, die empfindliche Reaktion auf ungünstige Bodenverhältnisse (pH-Toleranz/Mikronährstoffverfügbarkeit) und die ungleichmäßige Abreife (Abb. 3).

Bei der Blauen Süßlupine gibt es graduelle Unterschiede in der Ausfallfestigkeit. Auch wird von einigen australischen Sorten behauptet, dass sie ausfallfest seien. Allerdings konnte dies unter unseren klimatischen Bedingungen nicht bestätigt werden. Bei Erbse und Ackerbohne sind ausfallfeste Mutanten identifiziert und erfolgreich züchterisch genutzt worden. Bei den Blauen Süßlupinen muss nach diesen Mutanten noch gesucht werden. Sie sollten jedoch bei intensiver Suche auffindbar sein. Das Merkmal Ausfallfestigkeit könnte die Erträge deutlich stabilisieren und die Ernte sicherer machen, da ein Großteil der Ernteverluste durch Platzen der Hülsen bei Erschütterung der Pflanzen während des Erntevorganges verursacht wird.

Vorzeitiger Blüten- und Hülsenabwurf tritt insbesondere bei den determiniert blühenden Typen auf. Ein großer Teil des Stängels bleibt hier ohne Hülsenansatz. Die Blaue Lupine reagiert mit dem Hülsenansatz auf Umweltbedingungen. Sie setzt offensichtlich nur so viele Hülsen an, wie sie unter den gegebenen Bedingungen auch versorgen kann. Auch hier gibt es graduelle Unter-

schiede. In der Art *Lupinus polyphyllus*, die allerdings als Staude mehrjährig ist, kann beobachtet werden, dass eine erheblich größere Anzahl an Hülsen angesetzt wird und der Stängel bis oben voll mit Hülsen besetzt ist. In den Mutanten konnten ebenfalls Typen mit verbessertem Hülsenansatz entlang des Stängels beobachtet werden. Allerdings zeigen diese Pflanzen entweder einen lockeren Hülsenansatz entlang des Stängels oder verminderte Kornzahlen pro Hülse (KUHLMANN et al., 2004).

Auf ungünstige Bodeneigenschaften (Schlechte Mikronährstoffverfügbarkeit durch zu hohe pH-Werte) reagiert die Blaue Süßlupine mit starken Ertrageinbußen bis zum Totalausfall. Innerhalb des Zuchtmaterials der Blauen Süßlupine konnten graduelle Unterschiede in der pH-Toleranz gefunden werden, die sich durch geringere Eisenmangelsymptome (Kalkchlorosen) in den günstigeren Prüfgliedern manifestieren (EICKMEYER und HANHART, 2003). Allerdings reichen diese Unterschiede nicht aus, um für neutrale und alkalische Böden Sorten züchten zu können. Weite Hybridisierungen über Artgrenzen hinweg, z. B. mit den pH-toleranteren Arten *L. pilosus* oder *L. subcarneus*, könnten hier ein Lösungsweg sein, um die Anpassungsfähigkeit der Blauen Süßlupine an solche Standorte zu verbessern.

Das Merkmal „gleichmäßige Abreife“ ist züchterisch ebenfalls noch nicht befriedigend bearbeitet worden. Verzweigte Wuchstypen besitzen zwar ein erheblich höheres Kornertragspotenzial als endständige Wuchstypen; allerdings neigen die verzweigten Typen sehr stark dazu, bei ausreichender Wasserverfügbarkeit kurz vor der Abreife nochmals neue Seitentriebe zu bilden. Die Ernte wird dadurch erheblich erschwert (Sikkationsmittel sind erforderlich), und das Erntegut zeigt erheblich schlechtere Qualitäten. Endständige Typen zeigen diese Eigen-

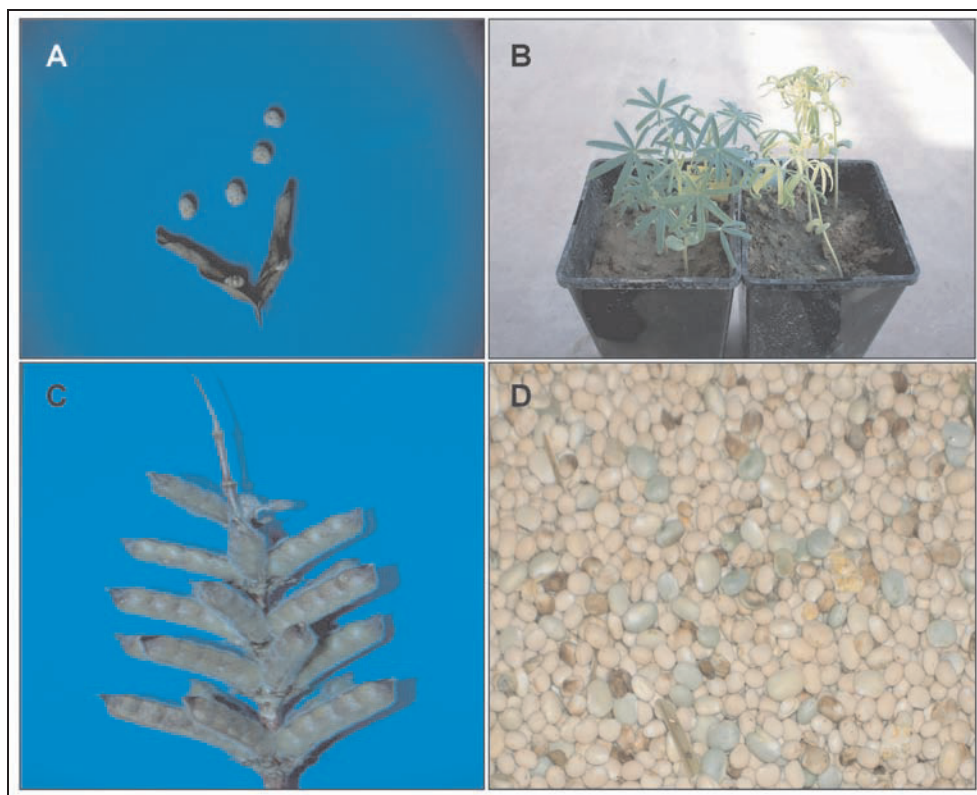


Abb. 3. Wildpflanzenmerkmale bei Blauen Süßlupinen. A, Hülsenplätzen; B, Kalkchlorosen; C, vorzeitiger Blüten- bzw. Hülsenabwurf; D, ungleichmäßige Abreife.

schaft nicht. Mit der Sorte 'Boruta' schien dieses Problem zunächst gelöst zu sein. Auf besseren Standorten zeigt sie eine Neigung zur Verzweigung und bietet damit ein höheres Ertragspotenzial, während sie auf leichtesten Sandstandorten eher determiniert wächst. Bei späterem Aussaattermin auf wärmeren Böden neigt 'Boruta' jedoch zu starker Seitentriebbildung. Vernalisationsbedürftigkeit könnte dafür die Ursache sein (Jens BERGER, CSIRO, Australien, persönliche Mitteilung). Aktuell wird der Einfluss der Vernalisation auf das Verzweigungsverhalten der Sorte 'Boruta' im Rahmen eines Drittmittelprojektes im Innovationsprogramm Pflanzenzüchtung überprüft (THIELE et al., 2008).

Ein weiteres wesentliches Zuchtziel zur Sicherung der Ertragsstabilität ist eine rasche Jungendentwicklung wegen der unbefriedigenden Herbizid-Zulassungssituation bei den Blauen Süßlupinen. Außerdem sind Verbesserungen in den Resistenzen/Toleranzen gegenüber Schadorganismen und gegenüber Trockenheit und Frost anzustreben.

3 Sichere Qualitäten

Bei den kleinkörnigen Leguminosen wird das gewonnene Saatgut lediglich für Wiederaussaat verwendet. Die Qualität des Saatgutes wird hier durch Keimfähigkeit, Triebkraft und Gesundheit definiert. Hinsichtlich der Qualitäten der zur Verfütterung eingesetzten Grünaufwüchse gibt es kaum Erkenntnisse. Beim Rotklee wird zwar im Rahmen der Wertprüfung auch der Proteingehalt ermittelt, in der Züchtung wird dieses Merkmal jedoch in der Regel nicht routinemäßig erfasst. Ein kürzlich begonne-

nes GFP-Projekt zur Rotklee-Futterqualität hat zum Inhalt, die Polyphenoloxydase-Aktivität zu bestimmen. Dieses Enzym spielt eine wichtige Rolle in der Stabilisierung der Proteine und macht die Proteine dadurch dünn-darmverfügbar.

Bei den Blauen Süßlupinen sind aktuell der Rohproteingehalt und der Alkaloidgehalt maßgeblich für die Körnerqualität. Für den Alkaloidgehalt gibt es einfache Testverfahren (Jodjodkalium-Anfärbung), um bittere von süßen Lupinen zu unterscheiden. Im niedrigen Konzentrationsbereich ist dieser Test jedoch zu ungenau. Die nasschemische Analytik ist sehr teuer und wird nur von wenigen Instituten beherrscht. Bisher konnte auch noch keine geeignete NIRS-Kalibration für dieses Merkmal entwickelt werden. Eine kostengünstige und schlagkräftige Analytik wäre hier wünschenswert.

Der Rohproteingehalt wird neben dem Alkaloidgehalt im Zuchtprozess regelmäßig erfasst. Allerdings erfolgt die Bezahlung des Erntegutes nach Kornertrag und nicht nach Proteinertrag. Hier fehlt ein „Qualitätszuschlag“ für höhere Proteingehalte. Auch dazu ist eine schnelle und aussagekräftige Analytik erforderlich. Am Julius Kühn-Institut (JKI) in Groß Lüsewitz wurde von JANSEN und KUHLMANN (2007) eine Einzelkornanalytik über NIT entwickelt, die sehr zuverlässige Messergebnisse liefert ($r^2=0,907$) und zudem noch zerstörungsfrei misst. Für die Züchtung problematisch sind allerdings die umwelt- und jahresbedingten Schwankungen sowohl im Proteingehalt (JANSEN, 2008) als auch in der Alkaloidkonzentration (Abb. 4).

Die Sorte 'Vitabor' zeigt unter den untersuchten Sorten die niedrigsten und stabilsten Alkaloidgehalte über die

Jahre. Die Sorten 'Boruta' und 'Boregine' liegen in ungünstigen Jahren über dem für die Verfütterung zulässigen Grenzwert für Alkaloide von 0,05% (bzw. 0,02% für die menschliche Ernährung). Zunehmende Sommertemperaturen werden diese Problematik noch verschärfen.

Eine Trennung der Umweltvarianz von der genetischen Varianz ist hier erforderlich, um die vorhandene Messmethodik züchterisch gezielt nutzen zu können und stabilere Genotypen zu finden. Als Alternative zu den bisher vorhandenen oder in Entwicklung befindlichen NIR- und NIT-Kalibrationen bietet sich die Kern-Magnet-Resonanz-Spektrometrie (NMR) an. Diese Technik besitzt das Potenzial, in einem einzigen Messvorgang eine große Breite an Inhaltsstoffen in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen zu quantifizieren. Mit Hilfe der NMR könnten weitere Qualitätsparameter – nicht nur bei den Körnerleguminosen – in der Züchtung berücksichtigt werden. Dies wird in dem Moment stark an Bedeutung gewinnen, in dem die Blaue Süßlupine im Food-Bereich eine breitere Verwendung findet. Ein Durchbruch der Blauen Süßlupinen für den Food-Bereich könnte mit Hilfe einer Förderung im Rahmen eines Innovativen Wachstumskerns (BMBF-Ausschreibung; Projektträger ist der PTJ) erzielt werden. Das noch zu beantragende Projekt zielt auf die Verknüpfung der einzelnen Glieder der Wertschöpfungskette von Züchtungsforschung, Züchtung und Anbau über die Gewinnung von Isolaten aus Lupinenprotein bis hin zur Verwertung der Isolate als Lebensmittelzusatzstoff oder Ersatz für einzelne Lebensmittelkomponenten (Soja, Ei). Eine Realisierung dieses Projektes wäre eine weltweit einmalige Zusammenfassung aller an der Wertschöpfung aus Lupinen beteiligten Partner und könnte eine Signalwirkung auch für andere Körnerleguminosen haben.

4 Hohe Auszahlungspreise

Hohe Auszahlungspreise sind natürlich kein Zuchtziel. Für einen umfangreicheren Anbau von Leguminosen sind sie aber unverzichtbar. Zwar besitzen die Leguminosen viele positive Eigenschaften in der Fruchtfolge (N-Bindung; hohes Phosphat-Aufschlussvermögen; Unterbrechen von Pathogen-Entwicklungszyklen in einseitigen Fruchtfolgen; positive Humusbilanz; intensive Bodengarebildung), jedoch steht im Zentrum der betriebswirtschaftlichen Betrachtung heute leider der isoliert für einzelne Kulturarten kalkulierte Deckungsbeitrag. Bei dieser isolierenden Betrachtungsweise schneiden die Leguminosen bei vielen Berechnungen schlecht ab. Dies liegt sicherlich im Wesentlichen daran, dass die Leguminosen als Futterkomponente mit „Abfallprodukten“ aus der pflanzlichen Ölherstellung (Sojaextraktionsschrot; Rapspresskuchen) konkurrieren müssen.

Es muss für die Leguminosen gelingen darzustellen, dass sie keine Alternative zu den oben genannten Abfallprodukten sind, sondern ein eigenes, spezielles Produkt mit ausgewiesenen und distinkten Werteigenschaften. Weitere Inhaltsstoffparameter wie z. B. Fettgehalte, Fett-

säuremuster (JANSEN und JÜRGENS, 2008; SUCHÝ et al., 2008) und Carotinoide (WANG et al., 2008) können dabei eine wichtige Rolle spielen. Für die Blaue Süßlupine können insbesondere auch die jüngsten klinischen Studien zur blutzucker- und cholesterinsenkenden Wirkung (SIRTORI et al., 2004; BETTZIECHE et al., 2008a,b,c) wichtige Informationen und Impulse für die zukünftige Vermarktung liefern.

Die Züchtung kann und muss hier den Beitrag leisten, dass die Erträge und Qualitäten der Leguminosensorten hoch und sicher sind.

Spezifische Beihilfen für Leguminosen, wie sie kürzlich vom Planungsausschuss für Agrarstruktur und Küstenschutz (PLANAK) beschlossen wurden und von den Ländern umgesetzt werden können, stellen aktuell eine wirksame Unterstützung des Körnerleguminosenanbaus dar. Langfristig sollte sich der Körnerleguminosenanbau jedoch wieder selber tragen. Das Potenzial dazu ist vorhanden.

5 Hoher Zuchtfortschritt

Ein hoher Zuchtfortschritt kann nur von einer intensiven und kontinuierlichen Züchtung erwartet werden. Diese muss von einer aktiven und innovativen Züchtungsforschung unterstützt und mitgetragen werden. In den letzten Jahren konnten einige Wissenschaftler für Züchtungsforschung an der Blauen Süßlupine begeistert werden. Erfolgreiche Kooperationen zwischen der Züchtung und den beteiligten Instituten haben dazu geführt, dass beispielsweise Resistenzen gegenüber der Anthraknose (*Colletotrichum lupini*) aus australischen Sorten markergestützt in angepasstes Zuchtmaterial eingelagert werden (RUGE et al., 2005) sowie neue Resistenzquellen gegenüber der Anthraknose identifiziert werden konnten (RUGE-WEHLING et al., 2008). Sowohl für Blaue Süßlupine als auch für Rotklee stehen Anthraknose-Infektionstests zur Verfügung.

Der Erregerkomplex an bodenbürtigen Krankheiten konnte in einzelne Pathogene aufgeschlüsselt werden (KAUFMANN et al., 2009). Im Zuchtmaterial konnten Toleranzunterschiede gegenüber einzelnen Pathogenen identifiziert werden (THALMANN et al., 2008). Aktuell werden spaltende Populationen für Resistenzen gegenüber bodenbürtigen Pilzkrankheiten aufgebaut, die die Grundlagen für eine zukünftige Resistenzselektion legen sollen. Außerdem gibt es Fortschritte in der Aufklärung der Signalfunktion von volatilen Substanzen, die ein Attraktans für Lupinen-Blattrandkäfer darstellen (KAUFMANN, 2009).

Hinsichtlich der Entwicklung von molekularen Markern als Selektionswerkzeug für die Züchtung musste festgestellt werden, dass mit den aktuell verfügbaren Markern zu wenig Polymorphismen gefunden werden können (B. RUGE-WEHLING, B. BUIRCHILL, persönliche Mitteilungen). EST- und DArT-Marker sollen entwickelt und genutzt werden, um diesem Problem im Markereinsatz zu begegnen.

Die bereits weiter oben beschriebene Groß Lüsewitzer Mutantensammlung verspricht hinsichtlich der Verbesse-

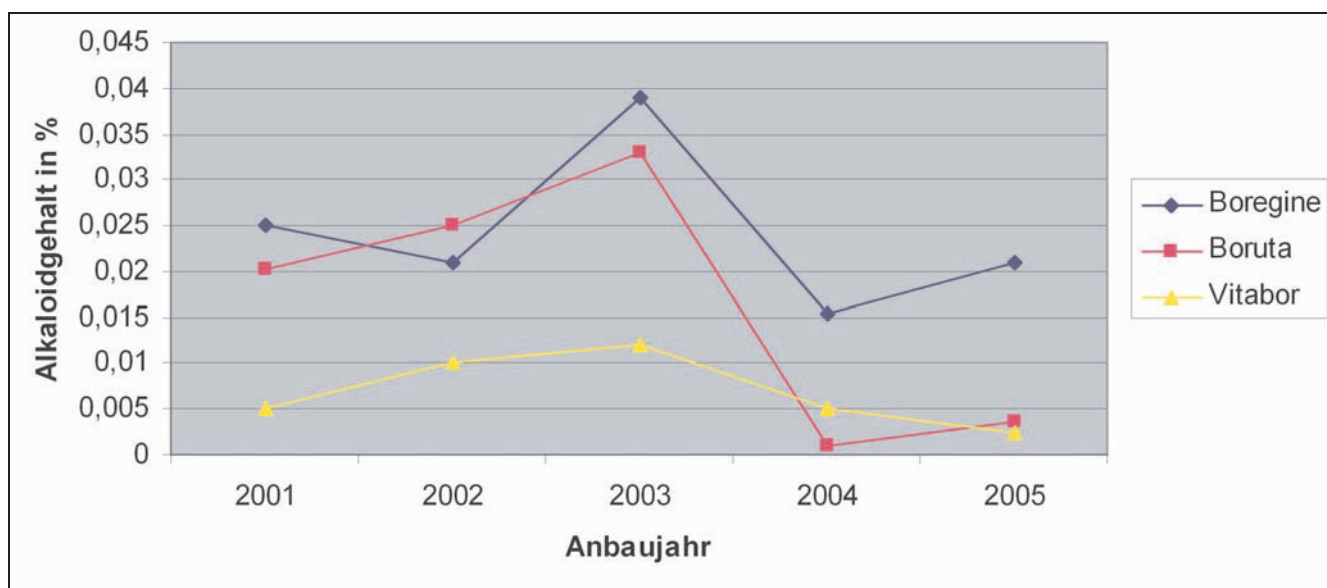


Abb. 4. Wechselwirkung zwischen Sorte (Genotyp) und Umwelt im Alkaloidgehalt von Blauen Süßlupinen.

rung des Ertragspotenzials einen deutlichen Fortschritt. Die Weiterbearbeitung dieses Mutantenmaterials muss die genetische Analyse und die Kombination positiver Ertragskomponenten sowie das Einkreuzen in Elite-Zuchtmaterial beinhalten.

Eine Erweiterung der Anbaufläche der Blauen Süßlupine könnte durch eine verbesserte „pH-Verträglichkeit“ erreicht werden. Nach dem aktuellen Kenntnisstand setzt dieses jedoch voraus, dass weite Hybridisierungen mit anderen Lupinenarten gelingen, die pH-toleranter sind. Erfolgreiche sexuelle Arthybridisierungen konnten von OCHATT et al., (2004) für *Pisum sativum* x *Pisum fulvum*, von ABBERTON et al. (1998) für *Trifolium repens* x *Tr. ambiguum* berichtet werden. Für die Blauen Süßlupinen wurde jüngst die erfolgreiche Kombination von *Lupinus angustifolius* (+) *Lupinus subcarneus* aus Protoplastenfusion (SONNTAG et al., 2009) beschrieben. Das Hybridprodukt konnte allerdings noch nicht bewurzelt werden.

Durch eine grundlegende Veränderung der Medienzusammensetzung konnte bei Blauen Süßlupinen die Kalusbildung aus Antheren angeregt werden (Ruge-Wehling, persönliche Mitteilung), ein wichtiger Schritt in der Erzeugung von Haploiden bzw. Doppelhaploiden. Insgesamt verhalten sich Leguminosen in der Zell- und Gewebekulturtauglichkeit äußerst schwierig. Lediglich bei Erbsen ist kürzlich die Erzeugung von ersten Doppelhaploiden berichtet worden (OCHATT et al., 2009). Hier ist noch Grundlagenarbeit zu leisten, die international koordiniert werden sollte.

Schließlich seien noch die Erfolge in der Lupinenanalytik genannt. JANSEN et al. (2006) konnten nachweisen, dass in Blauen Süßlupinen keine Stärke vorhanden ist, wie dies von einigen Autoren (u. a. der DLG-Futterwert-Tabelle) berichtet wird. Außerdem wurde in dieser Arbeitsgruppe die bisher zuverlässigste Einzelkornkalibration für Proteingehalte weltweit entwickelt (JANSEN und KUHLMANN, 2007). Diese Technik erlaubt jetzt umfas-

sende Analysen der Proteingehalte von Lupinen als Antwort auf abiotischen Stress und zur Selektion auf höhere Proteingehalte. Die Weiterentwicklung vorhandener Analysetechniken und Nutzung neuer Techniken werden das Spektrum der Selektion auf Inhaltsstoffe (z. B. essentieller Aminosäuren) zukünftig erweitern.

Leider ist die Forschung an Lupinen in Deutschland und in Europa über Jahrzehnte vernachlässigt worden. Die oben dargestellten jüngsten Erfolge in der Züchtungsforschung machen aber Mut und dürften sich bei einer konsequenten Umsetzung in Zuchtprogrammen mittel- bis langfristig in einer spürbaren Erhöhung des Zuchtfortschrittes in Form von deutlich verbesserten Sorten manifestieren.

6 Schneller Zuchtfortschritt

Eine Beschleunigung der Züchtung kann erreicht werden durch Anbau einer zweiten Generation pro Jahr in Winterzuchtgärten auf der Südhalbkugel. Alternativ und ergänzend dazu können biotechnologische Verfahren und physikalische sowie chemische Analytik die Züchtung unterstützen und beschleunigen. Genannt seien hier Markertechnologien, Zell- und Gewebekulturtechniken, Inhaltsstoffanalytik über NIRS, NIT, NMR. Interessante Ansätze zur Beschleunigung der Generationenfolge konnten in vitro erreicht werden. So konnten bei *Arabidopsis* durch In-vitro-Generationsbeschleunigung bis zu 19 Generationen im Jahr erzielt werden. Bei Erbse waren es immerhin 4 bis 5 Generationen (OCHATT, persönliche Mitteilung). Diese Zahlen zeigen, dass bei Bedarf einer sehr schnellen Materialentwicklung punktuell eine erhebliche Beschleunigung der Generationenfolge erreicht werden kann und damit auch technische Mittel zur Verfügung stehen, um den Zuchtfortschritt zu beschleunigen. Allgemein werden die rasant zunehmenden Infor-

mationen zu Genom, Transcriptom, Proteom, Metabolom an Leguminosen-Modellpflanzen wie *Medicago truncatula* und *Lotus japonicus* dazu beitragen, dass die Züchtung der Leguminosen zielgerichteter und effizienter erfolgen kann. Dazu ist eine intensive Verzahnung von Grundlagenforschung, angewandter Züchtungsforschung und praktischer Pflanzenzüchtung notwendig. Für die Blauen Süßlupinen ist in den letzten Jahren ein solches Netzwerk entstanden (EICKMEYER, 2008), das es zu erhalten und auszubauen gilt.

Literatur

- ABBERTON, M.T., T.P.T. MICHAELSON-YEATES, A.H. MARSHALL, K. HOLD-BROOK-SMITH, I. RHODES, 1998: Morphological characteristics of hybrids between white clover (*Trifolium repens* L.) and Caucasian clover (*Trifolium ambiguum* Bieb.). *Plant Breed.* **117**, 494-496.
- BETTZIECHE, A., C. BRANDSCH, M. SCHMIDT, K. WEISSE, K. EDER, G.I. STANGL, 2008a: Differing effect of protein isolates from different cultivars of blue lupin on plasma lipoproteins of hypercholesterolemic rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **72**(12), 3114-3121.
- BETTZIECHE, A., C. BRANDSCH, F. HIRCHE, K. EDER, G.I. STANGL, 2008b: L-cysteine downregulates SREBP-1c-regulated lipogenic enzymes expression via glutathione in HepG2 cells. *Ann. Nutr. Metab.* **52**(3), 196-203.
- BETTZIECHE, A., C. BRANDSCH, K. WEISSE, F. HIRCHE, K. EDER, G.I. STANGL, 2008c: Lupin protein influences the expression of hepatic genes involved in fatty acid synthesis and triacylglycerol hydrolysis of adult rats. *Br. J. Nutr.* **99**(5), 952-962.
- BUIRCHILL, B., 2008: Lupin breeding - where to from here? In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 226-230.
- EICKMEYER, F., 2008: Narrow leafed lupin breeding in Saatzucht Steinach - a private company integrated in a network of research and development. In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 312-314.
- EICKMEYER, F., N. HANHART, 2003: Züchterische Ansätze zur Verbesserung der Anbaueignung von Blauen Süßlupinen (*L. angustifolius* L.) für neutrale und alkalische Böden. Tagungsband der 44. Fachtagung des DLG-Ausschusses „Gäser, Klee und Zwischenfrüchte“ am 2. und 3. Dezember 2003 in Fulda, 35-41.
- JANSEN, G., S. SEDDIG, H.-U. JÜRGENS, 2006: Untersuchungen zum „Stärkegehalt“ in Blauen Süßlupinen. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* **68**, 73.
- JANSEN, G., J. KUHLMANN, 2007: Proteinuntersuchungen in Einzelsamen von Lupinen zur züchterischen Erhöhung des Eiweißgehaltes. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Stuttgart-Hohenheim, 20.-23.03.2007, 263-266.
- JANSEN, G., 2008: Effects of temperature on the yield and protein content of cultivars of *Lupinus angustifolius*. In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 342-345.
- JANSEN, G., H.-U. JÜRGENS, 2008: Untersuchungen zur Variabilität des Rohfettgehaltes und des Fettsäuremusters in Blauen Süßlupinen. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. und Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e.V., 30.09.-02.10.2008, Göttingen, Poster.
- KAUFMANN, K., 2009: Identifikation der Signalfunktion von Sekundärmetaboliten und Selektion auf ein günstiges Inhaltsstoffspektrum am Beispiel des Wirt/Erreger-Komplexes Lupine/Blattrandkäfer. 1. Zwischenbericht des BLE-Innovationsprogramm Pflanzenzüchtung Projektes 2814300807.
- KAUFMANN, K., B. SCHACHLER, R. THALMANN, C. STRUCK, 2009: Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Süßlupinenarten. Broschüre der UFOP (Union zur Förderung der Öl- und Proteinpflanzen e.V.) (Hrsg.), Berlin.
- KUHLMANN, J., T. ECKARDT, B. RUGE, E. RUDLOFF, K. SONNTAG, P. WEHLING, 2004: Combination of traditional and innovative breeding methods for the development of improved varieties of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). 5th European Conference on Grain Legumes and 2nd International Conference on Legume Genomics and Genetics, 07.-11.06.2004, Dijon, Frankreich und Plant Genome Mapping and Search for Markers Linked to Agricultural Traits, Workshop, 18.-19.10.2004, Poznan, Polen (Poster).
- OCHATT, S.J., A. BENABDELMOUNA, P. MARGET, G. AUBERT, F. MOUSSY, C. PONTÉCALLE, L. JACAS, 2004: Overcoming hybridization barriers between pea and some of its wild relatives. *Euphytica* **137**, 353-359.
- OCHATT, S.J., 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.
- RUDLOFF, E., F. EICKMEYER, P. WEHLING, 2008: Some aberrant variants in M2 lines and the resulting M3 lines of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) originating from EMS application. In: PALTA, J.A., J.D. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 328-331.
- RUGE, B., J. KUHLMANN, F. EICKMEYER, P. WEHLING, 2005: Marker-assisted breeding for anthracnose (*Colletotrichum lupini*) resistance in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). In: VAN SANTEN, E., G.D. HILL (Eds.): *México, where Old and New World Lupins Meet*. Proc. 11th Int. Lupin Conf., Guadalajara, Jalisco, Mexiko, 04.-09.05.2005, 6-9.
- RUGE-WEHLING, B., R. DIETERICH, Ch. THIELE, F. EICKMEYER, P. WEHLING, 2008: Resistance to anthracnose in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.): Sources of resistance and development of molecular markers. In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 259-262.
- SIRTORI, C.R., M.R. LOVATI, C. MANZONI, S. CASTIGLIONI, M. DURANTI, C. MAGNI, S. MORANDI, A. D'AGOSTINA, A. ARNOLDI, 2004: Proteins of white lupin seed, a naturally isoflavone-poor legume, reduce cholesterolemia in rats and increase LDL receptor activity in HepG2 cells. *J. Nutr.* **134**(1), 18-23.
- SONNTAG, K., B. RUGE-WEHLING, P. WEHLING, 2009: Protoplast isolation and culture for somatic hybridisation of *Lupinus angustifolius* and *L. subcarneus*. *Plant Cell, Tissue & Organ Culture* **96**, 297-305.
- SUCHÝ, P., E. STRAKOVÁ, L. KROUPA, V. VECEREK, 2008: The fatty acid content of oil from seeds of some lupin varieties. In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 188-191.
- THALMANN, R., K. KAUFMANN, C. STRUCK, 2008: Schwarze Wurzelfäule bei Blauen Lupinen - frühzeitige und spezifische Detektion des Erregers *Thielaviopsis basicola*. *Gesunde Pflanzen* **60**, 67-75.
- THIELE, C., F. EICKMEYER, B. RUGE-WEHLING, P. WEHLING, 2008: Entwicklung und Einsatz innovativer Züchtungsstrategien zur Sicherung und Erhöhung des Ertrages und der Anbaubedeutung der Blauen Süßlupine (*Lupinus angustifolius*). In: BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (Hrsg.): *Innovationstage 2008 - Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutz*, Bonn, Germany, 15.04.2008, 14-15.
- VON SENGBUSCH, R., 1942: Süßlupinen und Öllupinen. *Landw. Jahrbuch* **91**, 723-880.
- WANG, S.F., S. ERRINGTON, M. SWEETINGHAM, H.H. YAP, L. SMITH, 2008: Studies on carotenoids from lupin seeds. In: PALTA, J.A., J.B. BERGER (Eds.): *Lupins for Health and Wealth*. Proc. 12th Int. Lupin Conf., 14.-18.09.2008, Fremantle, Western Australia, 198-202.