

Genotyp-Umwelt-Wechselwirkung bei der Blauen Süßlupine am Beispiel ausgewählter Ertragsparameter

Genotype-environment interaction in narrow-leaved lupin for selected yield parameters

Anne-Kathrin Klamroth^{1*} und Regine Dieterich¹

Abstract

Genotype-environment interaction in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) has been investigated in field trials. The experiments were at six sites in Mecklenburg-Western Pomerania and Bavaria with eight restricted branching varieties. The trials demonstrate, that sites have a greater influence on yield parameters than genotypes. Within sites significant differences were found in yield, crude protein yield and crude protein content. Yield and crude protein yield were more influenced than the crude protein content, because crude protein content is mainly affected by temperature and maturation. The differences in crude protein yield reflect the differences in yield. The new breeding material is comparable or even better than registered varieties. Across all sites the breeding line 09VM0857 performed better than the other varieties.

Key words

Breeding, genotype by environment interaction, *Lupinus angustifolius*, quality, yield trials

Einleitung

Körnerleguminosen spielen im ökologischen und konventionellen Anbau, in der Tierernährung als auch in der Humanernährung eine wichtige Rolle, zum Beispiel durch ihren Einsatz als Stickstoff- und Eiweißlieferant. Eine besondere Stellung nimmt die blaue Süßlupine (*Lupinus angustifolius* L.) unter den Körnerleguminosen durch ihre ideale Proteinzusammensetzung (RÖMER 2007) ein. Durch das Fütterungsverbot für Tiermehle, das Verbot von Einsatz genetisch veränderter Futtermittel im ökologischen Landbau und die Forderung nach weitgehend importunabhängiger Futterproduktion werten die Körnerleguminosen als Proteinfuttermittel für Wiederkäuer und Monogaster auf. Durch die Züchtung von bitterstoffarmen Sorten (VON SENGBUSCH 1939) und die hohen Rohproteinerträge stellt die Lupine unter den Körnerleguminosen eine besondere Rolle dar. Nicht nur in der Tierernährung kann die Blaue Lupine eingesetzt werden, sondern auch in der Humanernährung. Durch ihren niedrigen glykämischen Index und ihre Proteinzusammensetzung ist sie für Menschen mit Laktoseintoleranz, Zöliakie, Gichtkrankung, Diabetiker,

Rheumaerkrankungen und Empfindlichkeit gegenüber Gliadeneiweiße bedeutsam. Des Weiteren stellt sie durch ihr hohes Wasserbindungsvermögen und als Emulgator einen wichtigen Bestandteil für die vegetarische Ernährung dar. Voraussetzung ist eine stabile Qualität für eine breite Nutzung. Eine umfassende Charakterisierung des Zuchtmaterials ist daher notwendig geworden.

Die Lupinen werden in Weiße (*L. albus* L.), Gelbe (*L. luteus* L.) und Blaue Lupine unterschieden, wobei die Blaue Süßlupine eine geringere Anthraknoseanfälligkeit (FRICK et al. 2002) besitzt. Des Weiteren zeichnet sich die Blaue Lupine durch geringere Standortansprüche aus, ist aber mit circa 30 dt ha⁻¹ ertragsschwächer als Weiße Lupinensorten, aber auf Grund der Anthraknosetoleranz wird die Blaue Lupine für den Anbau empfohlen. Prüfungen von Sortenmaterial verschiedener Lupinenarten bestätigten die allgemeine gute Disposition der Blauen Lupine (FEILER und NIRENBERG 2004). Hingegen weist die Gelbe Lupine einen höheren Rohproteingehalt (ca. 40%) im Vergleich zur Blauen Lupine (ca. 35%) auf, welcher im Zuchtmaterial bearbeitet und verbessert werden soll. Bei Untersuchungen an Blauen Lupinen wurde von einem Standorteinfluss auf den Proteintrag ausgegangen (BHARDWAJ et al. 1998). Ob Standortunterschiede Einfluss auf die Ertragsparameter haben, wurde in mehrortigen Versuchen an Zuchtmaterial des determinierten Wuchstypen untersucht.

Material und Methoden

Es wurden 8 eingetragene Sorten und Zuchtmaterial der Blauen Lupine vom determinierten Wuchstyp (Boruta, Haags Blaue, 09VM0853, 09VM0855, 09VM0857, 09EX0574, 09EX0577, 09EX0578) geprüft. Der Anbau erfolgte in vierfacher Wiederholung an Standorten in Mecklenburg-Vorpommern und Bayern. Angelegt wurden die Versuche in einer randomisierten Blockanlage mit einer Parzellengröße von 10,5 m². Die klimatischen und edaphischen Merkmale der Standorte sind in *Tabelle 1* aufgeführt.

Die Erträge wurden in dt ha⁻¹ berechnet. Die Bestimmung des Rohproteingehaltes erfolgte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIR) mit einem Corona 45VISNIR (Carl Zeiss Jena GmbH, Jena). Aus dem Rohproteingehalt und dem Ertrag wurde der Rohproteinertag (dt ha⁻¹) berechnet. Die

¹ Saat-zucht Steinach GmbH & Co KG, Klockower Straße 11, D-17219 BOCKSEE

* Ansprechpartner: Anne-Kathrin KLAMROTH, anne-kathrin.klamroth@saatzucht.de

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsstandorte

Table 1: Characteristics of experimental sites

State	Mecklenburg - Western Pomerania				Bavaria	
	Groß Lüsewitz	Gülzow	Groß Dratow	Bornhof	Steinach	Gründl
Land value number	47	29	30	20	55-80	65
Soil type ¹	IS	sL	sL	S	L, sL	sL
pH number	5.8	5.8	6.0	5.3	5.3-7.5	6.7
Long-term rainfall (mm)	688	559	558	558	897	822
Mean annual temperature (°C)	8.3	8.5	8.2	8.2	7.7	8.6

¹ IS, loamy sand; sL, sandy clay; S, sand; L, clay

statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Statistics 15 (IBM Corp., Somers, NY).

Ergebnisse

Der Ertrag der Blauen Lupine (Abbildung 1) über alle 6 Standorte schwankt im Mittel zwischen 10,89 und 40,26 dt ha⁻¹. Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Standortunterschiede im Ertrag wesentlich größer sind als die Genotyp-Ort-Interaktion (Tabelle 2).

Auf dem leichten Standorten Bornhof und Dratow sind Erträge mit 10,89 und 19,21 dt ha⁻¹ zu finden. Auf den besseren Standorten in Steinach, Gülzow Gründl und Groß Lüsewitz liegt der Ertrag mit 24,94 bis 40,26 dt ha⁻¹ deutlich höher, wobei die Ertragsentwicklung durch die höheren Niederschläge positiv beeinflusst wurde. Die in Mecklenburg-Vorpommern liegenden Standorte zeichnen sich durch leichte Böden und saure pH-Werte aus und sind für den Anbau der Blauen

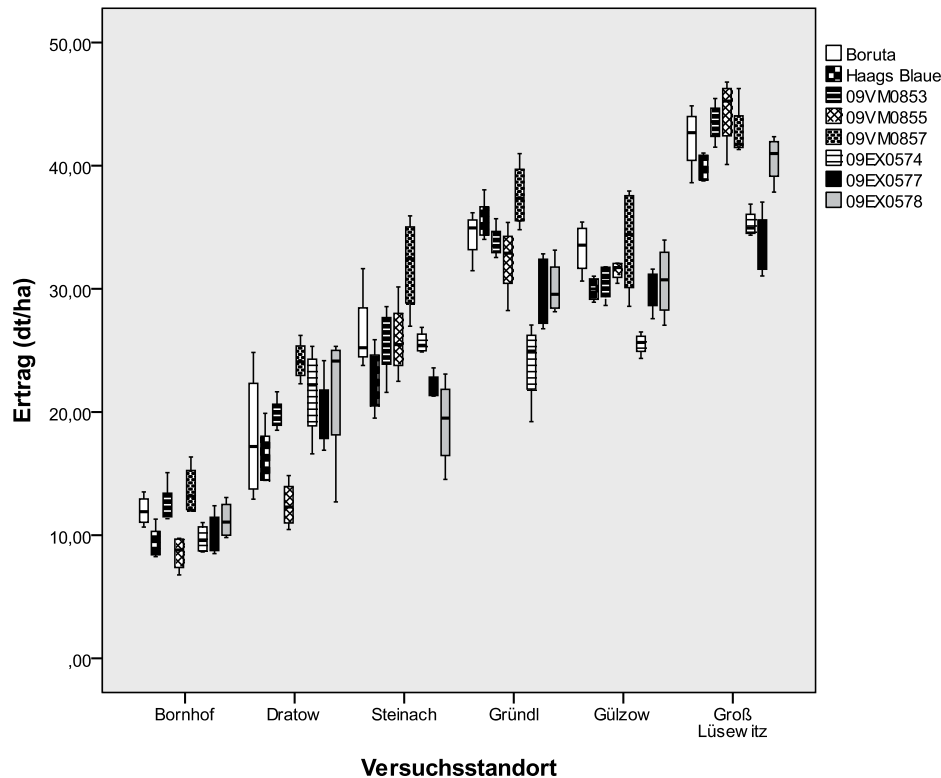


Abbildung 1: Variabilität der Blauen Lupine Genotypen im Kornertrag

Figure 1: Variability in grain yield of narrow-leaved lupine genotypes tested on six German locations

Tabelle 2: Varianzkomponenten für Kornertrag (dt ha⁻¹), Rohproteingehalt (%) und Rohproteintrag (dt ha⁻¹)Table 2: Variance components for grain yield (dt ha⁻¹), crude protein content (%) and crude protein yield (dt ha⁻¹)

Component	Grain yield	Crude protein content	Crude protein yield
Site	106.748	2.417	9.724
SiteXVariety	6.235	0.101	0.612
Error	6.685	0.812	0.660

Lupine besser geeignet als Standorte mit einem hohen pH-Wert. Über alle Standorte zeigt sich, dass der Stamm 09VM0857 im Vergleich zu den eingetragenen Sorten Boruta und Haags Blaue einen Mehrertrag im Mittel von 3 dt ha⁻¹ aufweist. Hingegen zeigt der Stamm 09EX0574 im Mittel einen Minderertrag von 3 dt ha⁻¹. Im Weiteren wurden die Rohproteingehalte untersucht. Der Rohproteingehalt ist nicht von der Bodenqualität abhängig, sondern vielmehr von Temperatur und Abreifeverhalten. Die Spanne zwischen Gülzow mit 24,9% und Bornhof mit 34,7% kommt durch die Standort- und Jahresunterschiede zustande (Abbildung 2). Die mittleren Rohproteinträge (Abbildung 3) stellen ein Spiegelbild der Kornerträge dar. Unterschiede konnten bei den Korn- und Rohproteinträgen nicht gefunden werden. Die geringen Rohproteinträge in Bornhof und Dratow von 3,76 dt ha⁻¹ und 5,97 dt ha⁻¹ sind der geringen Wasserversorgung und Bodengüte geschuldet.

Von allen geprüften Sorten und Stämmen weist der Stamm 09VM0857, wie auch beim Ertrag, die besten Werte auf (Abbildung 2). Mit einem mittleren Rohproteingehalt von 31,06% liegt der Stamm 09EX0577 auf dem gleichen Niveau wie der vorherige Stamm (09VM0857). Haags Blaue und 09EX0574 weisen mit einem mittleren Rohproteingehalt von 29,77% bzw. 30,27% die geringsten Rohproteingehalte auf.

Die Varianzkomponentenschätzung ergab bei dem Rohproteingehalt ebenfalls, dass die Versuchsstandorte mit ihren unterschiedlichen Charakteristika einen höheren Einfluss als die Genotyp-Standort-Wechselwirkungen haben (Tabelle 2).

Der Stamm 09VM0857 zeigt auch bei den Rohproteinerträgen einen Mehrertrag (1-2 dt ha^{-1}) im Vergleich zu Haags Blaue und Boruta (Abbildung 3). Dieser Mehrertrag ist über alle Standorte gleichbleibend hoch und ausgeglichen. Einen höheren Ertrag als die Sorten weisen auch 09VM0853 und 09EX0578 auf. Daher ist mit Verbesserung des Zuchtmaterials zu rechnen. Des Weiteren zeigt sich eine erhebliche Schwankung des Rohproteinertrages zwischen 3,75 und 12,71 dt ha^{-1} über die Orte. Daraus ist zu schließen, dass wie beim Ertrag, die Standortunterschiede einen größeren Einfluss besitzen, als die Sortenunterschiede. Die Varianzkomponentenschätzungen ergaben beim Rohproteinertrag die gleiche Tendenz wie zuvor. Die Standortunterschiede haben einen größeren Einfluss als die Sortenunterschiede (Tabelle 2).

Diskussion

Alle untersuchten Sorten und Zuchtstämme des determinierten Wuchstypes zeigen einen höheren Standorteinfluss als Sorteneinfluss auf Ertrag, Rohproteingehalt und Rohproteinertrag, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß. Bei Untersuchungen von Blauen Lupinen für den ökologischen Landbau wurde diese Tendenz ebenfalls bestätigt (JANSEN und KUHLMANN 2007). Während der Ertrag stärker von der Umwelt beeinflusst wird, reagiert der Rohproteingehalt weniger stark auf die Umwelt. Grund dafür kann die Abhängigkeit des Rohproteingehalts vom Abreifeverhalten und Temperatur sein.

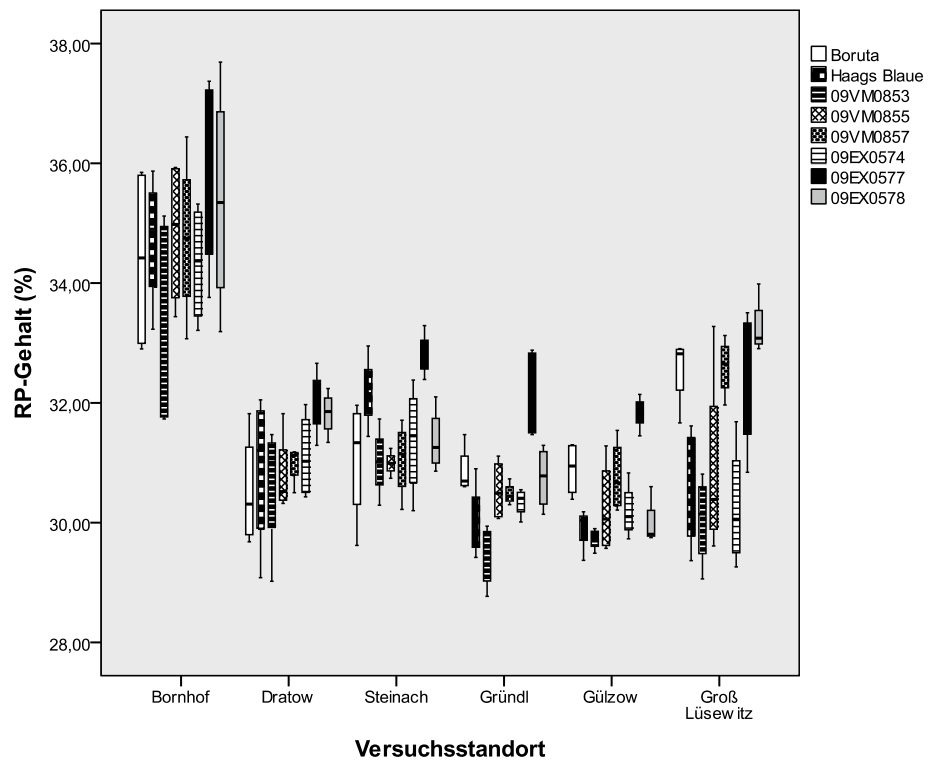


Abbildung 2: Variabilität der Blauen Lupine Genotypen im Rohproteingehalt
Figure 2: Variability in crude protein content of narrow-leafed lupin genotypes tested on six German locations

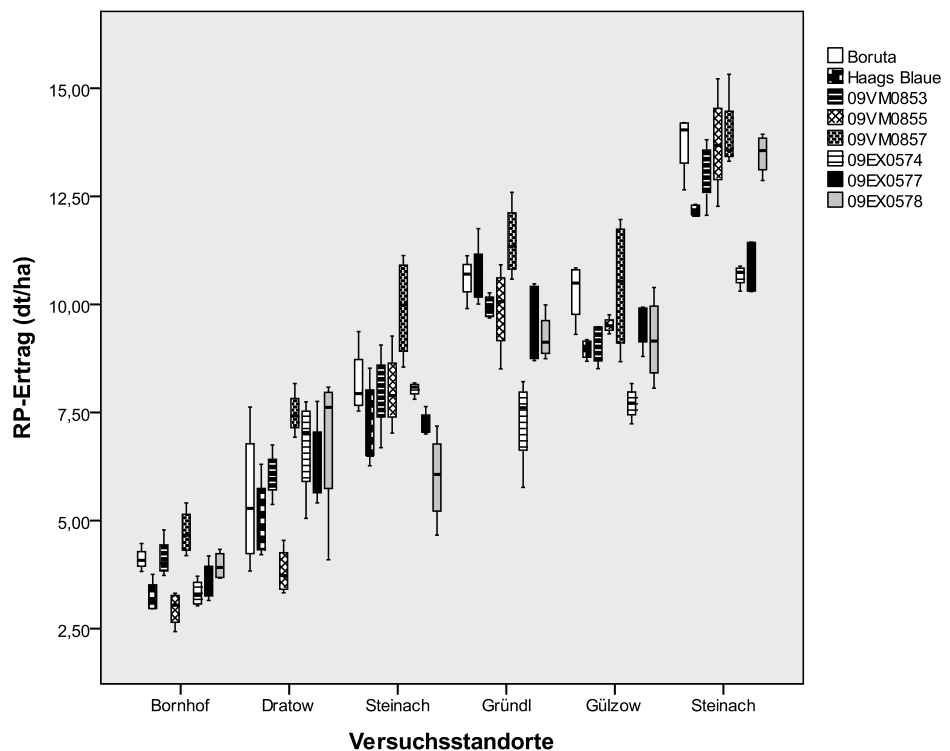


Abbildung 3: Variabilität der Blauen Lupine Genotypen im Rohproteinertrag
Figure 3: Variability in crude protein yield of narrow-leafed lupin genotypes tested on six German locations

Der Standort Bornhof weist einen höheren Rohproteingehalt im Vergleich zu den anderen Standorten trotz schlechterer Bodenverhältnisse auf. Dieses könnte an der negativen Korrelation zwischen Ertrag und Rohproteingehalt liegen. Eine Überprüfung der Tausendkornmasse bestätigt dies, da am Standort Bornhof die Tausendkornmasse im Vergleich zu den anderen Standorten am geringsten war. Die wenigen Körner bzw. kleinen Körner bekommen durch die Source-Sink-Umlagerung daher mehr Stickstoff aus den Blättern und weisen somit einen höheren Rohproteingehalt auf. Auf den Standorten in Mecklenburg-Vorpommern und Bayern traten Unterschiede in den Ertragsparametern auf, welche den Bodenverhältnissen, insbesondere den pH-Wert geschuldet sein könnten. Im Forschungsvorhaben *Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau - Qualitätsuntersuchungen in Hinblick auf Futtereignung* (FZK03OE355) wurde ein geringer Rohproteingehalt auf den Standorten in Bayern im Vergleich zu den Standorten in Mecklenburg-Vorpommern festgestellt. Dies konnte nicht bestätigt werden. Die Rohproteingehalte auf den Standorten, außer Bornhof, waren vergleichbar bzw. annähernd gleich. Ebenfalls konnte nicht bestätigt werden, dass die Erträge auf den Standorten in Bayern geringer waren als in Mecklenburg Vorpommern. Dieses ist den unterschiedlichen pH-Werten geschuldet. In dem vorherigen Projekt wurde eine Versuchsfläche mit einem wesentlich höheren pH-Wert genutzt als in dem zuletzt geprüften Versuch. Es konnte festgestellt werden, dass mit zunehmender Bodenqualität der Ertrag und der Rohproteintrag stieg. Signifikante Unterschiede sind aber bei beiden Ertragsparametern über die Orte zu finden. Die höchsten Erträge sind im Mittel auf dem Standort Groß Lüsewitz mit circa 40 dt ha⁻¹ zu finden, die geringsten Erträge auf dem Standort Bornhof mit 10,89 dt ha⁻¹. Über alle Orte lässt sich weiterhin feststellen, dass fortgeschrittenes Zuchtmaterial vergleichbar bzw. teilweise besser war als die aktuelle eingetragenen Sorten. Besonders der Stamm 09VM0857 weist in allen Parametern die besten Gehalte und Erträge auf.

Zusammenfassung

Auf allen sechs Standorten in Mecklenburg-Vorpommern und Bayern wurden in 4-facher Wiederholung acht Lupinensorten und Zuchtmaterial hinsichtlich Ertrag, Rohproteingehalt, Tausendkornmasse und Rohproteintrag untersucht. Auf den verschiedenen Standorten wurden nicht nur Ertragsunterschiede sondern auch Unterschiede in den

Inhaltsstoffen festgestellt. Die Standortunterschiede in den einzelnen Parametern waren so hoch, dass im Vergleich dazu die Sortenunterschiede vernachlässigbar waren. Die aus den Standorten resultierenden Unterschiede zwischen Mecklenburg-Vorpommern und Bayern gehen wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Bodenverhältnisse, insbesondere dem pH-Wert an den Standorten in Bayern und die geringe Niederschlagsmenge in Bornhof bzw. Dratow zurück. Die hohen Rohproteingehalte am Standort Bornhof gehen auf die geringe Tausendkornmasse zurück, da es sich hier um eine negative Korrelation zwischen Ertrag und Rohproteingehalt handelt. Die mittleren Erträge der neuen Zuchtstämme waren vergleichbar bzw. teilweise besser als die aktuellen Sorten. Der Stamm 09VM0857 zeigte über alle Orte einen höheren Ertrag, Rohproteingehalt und Rohproteintrag als das zugelassene Sortenmaterial.

Danksagung

Die Arbeiten wurden durch das Forschungsvorhaben FZK03OE355 (Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau - Qualitätsuntersuchungen in Hinblick auf Futtereignung) finanziell unterstützt.

Literatur

- BHARDWAJ HL, HAMAMA AA, MERRICK LC, 1998: Genotypic and environmental effects on lupin seed composition. *Plant Food Hum. Nutr.* 53, 1-13.
- FEILER U, NIRENBERG HI, 2004: Anthraknose an Lupine. Teil 2: Befallsverlauf, Erregerausbreitung und Überlebensfähigkeit verschiedener Sorten von *Lupinus albus*, *L. angustifolius* und *L. luteus* bei Infektion mit *Colletotrichum lupini* var. *setosum*. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 57, 273-280.
- FRICK C, MEDIAVILLA V, HEBEISEN T, 2002: Lupinen - eine alternative Eiweißkultur. *Agrar Forschung* 9, 80-83.
- JANSEN G, KUHLMANN J, 2007: Proteinuntersuchungen in Einzelsamen zur züchterischen Erhöhung des Eiweißgehaltes. In: Zikeli S, Claupein W, Dabbert S, Kaufmann B, Müller T, Valle Zárate A (Hrsg.), *Zwischen Tradition und Globalisierung, Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, 20.-23. März, Universität Hohenheim, pp. 263-266. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- RÖMER P, 2007: Lupinen - Verwertung und Anbau. 5. Aufl., Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V., Rastatt. [Available online: http://www.lupinenverein.de/Informationen/5_Auflage-1.pdf; accessed 17 Jan 2011]
- VON SENGBUSCH R, 1939: *Theorie und Praxis der Pflanzenzüchtung*, Societäts-Verlag, Frankfurt/M.