

## Versuchsbericht

# Einfluss einer Bor- und Molybdändüngung auf Ertrag und Eiweißgehalt von Körnerleguminosen

Versuchszeitraum: 2012 bis 2014



Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Fachbereich Ökologischer Landbau



Finanziell unterstützt aus Mitteln des  
Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Mars-la-Tour-Str. 1 – 13  
26121 Oldenburg

Fachbereich 3.10, Ökologischer Landbau  
Johannsenstr. 10  
30159 Hannover

Markus Mücke  
Tel.: 0511/3665-4378  
E-Mail: [Markus.Muecke@lwk-niedersachsen.de](mailto:Markus.Muecke@lwk-niedersachsen.de)

Dr. Kirsten Seidel  
E-Mail: [Kirsten.Seidel@lwk-niedersachsen.de](mailto:Kirsten.Seidel@lwk-niedersachsen.de)

**[www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de)**

## Inhaltsverzeichnis

	<b><u>Seite</u></b>
1 Einleitung und Zielsetzung.....	1
2 Grundlagen - Nährstoffbeschreibung.....	1
2.1 Mikronährstoff Bor.....	1
2.2 Mikronährstoff Molybdän.....	2
3 Düngungsversuch.....	3
3.1 Versuchsbeschreibung.....	3
3.2 Standortdaten.....	4
4 Ergebnisse.....	5
4.1 Erträge.....	5
4.2 Rohprotein.....	6
4.3 Pflanzenbauliche Parameter.....	6
4.4 Pflanzenanalyse.....	6
5 Zusammenfassung.....	11
6 Literaturverzeichnis.....	12
7 Anhang.....	13

## **1. Einleitung und Zielsetzung**

Da im Ökolandbau die Leguminosen einen wichtigen Stellenwert einnehmen, ist auch – oder gerade – auf eine ausreichende Nährstoffversorgung zu achten. Im Zuge der viel diskutierten „Leguminosenmüdigkeit“ im Ökolandbau ist das Thema Mikronährstoff-Versorgung bislang nicht untersucht worden. Möglicherweise könnten Mikronährstoffe ein wichtiger Baustein zur Problemlösung sein. Auch von Seiten der Praxis kommen zunehmend Anfragen zum Thema Mikronährstoffdüngung.

Mikronährstoffe sind vor allem am Aufbau und der Aktivierung vieler Enzyme des Protein-, Fett- und Kohlenhydrat-Stoffwechsels sowie an energieübertragenden Prozessen beteiligt. Daneben spielen sie beim Aufbau der Zellwandstruktur und im Wuchsstoffhaushalt der Pflanze eine wichtige Rolle. Bei Körnerleguminosen weist die Literatur besonders auf die Nährstoffe Bor und Molybdän hin, ohne daraus konkrete Düngeempfehlungen ableiten zu können. Dies gilt für den konventionellen Landbau in gleicher Weise. Zwar liegen aus Thüringen Ergebnisse von z.B. Molybdän-Düngungsversuchen zu den bedürftigsten Kulturen Luzerne und Kohl vor, die auch eine Ertragswirksamkeit der Düngung erkennen lassen. Eine ähnliche Wirkung für Körnerleguminosen lässt sich daraus aber nicht ableiten.

Ziel des vorliegenden Vorhabens war es, zu untersuchen, inwieweit im Ökolandbau zugelassenen Bor- und Molybdän-Dünger den Ertrag und die Qualität von Ackerbohnen, Körnererbsen und Blaue Lupinen absichern bzw. steigern können.

Der Versuch wurde vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziell unterstützt.

## **2. Grundlagen - Nährstoffbeschreibung**

### **2.1 Mikronährstoff Bor**

Die einzelnen Kulturarten stellen unterschiedliche Ansprüche an die Versorgung mit essentiellen Mikronährstoffen. Ölfrüchte, Leguminosen und Hackfrüchte weisen einen vergleichsweise hohen Bedarf an Bor auf. Die Entzüge liegen bei Körnerleguminosen bei ca. 1,5 g/dt Korn (BAD 2007). Da Bor in der Pflanze ausschließlich in den wasserleitenden Gefäßen transportiert und mit nachlassender Transpiration nur noch relativ schwach zu den Zielorganen verlagert wird, kann bei Bedarf eine Ergänzung über das Blatt sinnvoll sein. Darüber hinaus nimmt mit fortschreitender Austrocknung des Oberbodens die Beweglichkeit von Mikronährstoffen ab. Insbesondere Bor, das über den Massenfluss zur Wurzel transportiert werden muss, ist davon stärker betroffen als die übrigen Mikronährstoffe, die überwiegend per Diffusion zur Wurzel gelangen.

Unter den Mikronährstoffen gewinnt derzeit im Wesentlichen die Versorgung mit Bor an Bedeutung. Bei regelmäßigem Anbau von u.a. Leguminosen scheint eine gezielte Zufuhr notwendig zu sein. Bor ist in der Pflanze neben Calcium und Kalium für den Aufbau der Zellwände und für die Zellteilung notwendig. Daneben ist Bor für verschiedene Stoffwechselprozesse (z. B. Kohlenhydratstoffwechsel, Eiweißhaushalt, Hormonstoffwechsel) und die Zuckerbildung, sowie insbesondere für die Ausbildung wachsender grüner Zellen von Bedeutung (Hege 2003). Neben der Strukturbildung und Stabilität der Zellwand unterstützt Bor insbesondere die Ausbildung der Pollenschläuche während der Blüte, so dass es bei Bor-Mangel häufig zu einer gehemmten generativen Entwicklung mit vermindertem Samenertrag kommt (BAD 2007).

Bor ist in der Pflanze nicht verlagerbar, daher wird Bormangel zuerst an jüngeren Blättern und dem Vegetationspunkt von Spross und Wurzeln sichtbar. Ein Mangel äußert sich daher in gestauchtem Wachstum zwischen den Vegetationsknoten (Internodien), unregelmäßigen Stängelquerschnitten, Blatt- und Stängelverdickungen unterhalb des Vegetationspunktes sowie Aufplatzen des Stängels (Zorn 2013). Es kann zum Absterben des Vegetationspunktes kommen (BAD 2007). Bei Bormangel ist immer eine Verbräunung festzustellen (Hege 2003). Auch kommt es zu einer gehemmten Entwicklung der Knöllchenbakterien (BAD 2007), so dass die N-Fixierung erheblich eingeschränkt ist.

## **2.2 Mikronährstoff Molybdän**

Die grundsätzliche Bedeutung von Molybdän für den Stoffwechsel der Pflanze besteht im Enzymstoffwechsel. Molybdän ist Bestandteil einer Reihe von Enzymen, u. a. der Nitrogenase (N-Bindung der Knöllchenbakterien) und wohl am Bekanntesten, der Nitratreduktase. Letztere besitzt essenzielle Bedeutung für die Pflanze bei der N-Ernährung und somit im Eiweißstoffwechsel. Ackerbohnen und Erbsen haben einen mittleren Molybdän-Bedarf, höher ist der Bedarf der Futterleguminosen (Zorn 2013). Die Entzüge liegen bei Körnerleguminosen bei ca. 0,1 g/dt Korn (BAD 2007).

Allgemein treten Schadsymptome infolge Mo-Mangels im Pflanzenbau äußerst selten und in Abhängigkeit von den begleitenden Wachstumsbedingungen in sehr unterschiedlicher Ausprägung auf, was die visuelle Diagnose erschwert.

Bei Mo-Mangel kommt es als Folge gestörter Eiweißsynthese (Nitratanreicherung) zur Anhäufung von Zucker und Stärke, da aufgenommenes Nitrat nicht zu  $\text{NH}_3$  reduziert werden kann, das für die Bildung von Aminosäuren Voraussetzung ist. Schließlich ist bei gestörtem Eiweißstoffwechsel auch die Chlorophyllsynthese beeinträchtigt. Durch Assimilatstau verursacht kommt es also auch bei Mo-Mangel zur Bildung von Anthocyan mit anormaler Rotverfärbung der Pflanzen. Außerdem äußert sich Mo-Mangel bei Leguminosen durch Aufhellung der älteren Blätter, verursacht durch direkten N-Mangel, da die  $\text{N}_2$ -Fixierung (symbiotische N-Bindung) durch die Rhizobien gehemmt wird (Bergmann 1988, TLL 2005). Entsprechende Symptome werden verschiedentlich aus der Praxis berichtet.

### 3. Düngungsversuch

#### 3.1 Versuchsbeschreibung

Der Versuch war als Blockanlage mit 4-facher Wiederholung je Variante angelegt. Zur Aussaat kam bei den Ackerbohnen die Sorte Espresso, bei den Erbsen die Sorte Alvesta und bei den Lupinen die endständige Sorte Boruta. Hier erfolgte auch eine Impfung mit HiStick-Lupine, da diese Knöllchenbakterien im Boden in der Regel nicht vorkommen und Lupinen hier lange Zeit nicht angebaut wurden.

Alle Kulturen wurden mit hackfähigen Reihenabständen von 25 cm ausgesät. Zur mechanischen Unkrautregulierung kam in der Regel zweimal der Striegel und zweimal die Hacke zum Einsatz. Als Dünger wurden im Ökolandbau zugelassenen Bor- und Molybdän-Dünger ausgewählt.

Es wurden folgende Varianten bzw. Dünger verglichen:

1. ohne Düngung
2. Bor-Düngung flüssig (Lebosol Bor, 1. Termin: Aufwandmenge 1 l/ha (Ab BBCH 33 oder 30 – 40 cm Wuchshöhe), 2. Termin: Aufwandmenge 1 l/ha (BBCH 51 - kurz vor der Blüte – Blütenknospen sichtbar)
3. Bor-Düngung fest (Fertibagra 15G, 15 % Bor, Aufwandmenge 20 kg/ha nach der Saat) (erst ab 2014)
4. Molybdän-Düngung flüssig (Folicin-Mo, Aufwandmenge 300 g/ha 0,1 % (100 g Folicin Mo pro 100 l Wasser), einmalige Düngung ab BBCH 33 oder 30 – 40 cm Wuchshöhe)

Bei Lebosol Bor handelt es sich um Borethanolamin. Es enthält 11 % wasserlösliches Bor, das entspricht 150 g/l Bor.

Fertibagra 15G enthält Bor in Form von Boroxid ( $B_2O_3$ ) (mindestens 47,0 %, i.d.R. 48,0 %), das entspricht einem Borgehalt von 14,59 bis 14,90 %. Es handelt sich um einen granulierten Bordünger (2-4 mm), welcher aufgrund der langsamen Freisetzung als Langzeit-Bodendünger wirkt. Neben einem hohen Borgehalt sind nur in sehr geringen Mengen die weiteren Nährstoffen Ca, Mg, K, Fe und S enthalten.

Bei Folicin-Mo handelt es sich um Natriummolybdat 39 mit 39,6% wasserlöslichem Molybdän. Es hat eine gute Löslichkeit sowie eine starke Wirkung bei geringer Aufwandmenge. Die Pflanzenverträglichkeit wird als gut beschrieben.

Folgende vegetationsbegleitende Untersuchungen und Bonituren wurden vorgenommen:

- Smin, Nmin und Grundnährstoffe plus Spurennährstoffe incl. Molybdän
- Pflanzenanalyse vor Beginn der Blüte
- Bonituren: Pflanzenentwicklung nach der Düngung, Lager
- Ertrag, TKM, Rohprotein

## 3.2 Standortdaten

Der Versuch wurde in den Jahren 2012 und 2013 auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Praxisflächen in Bissendorf im Landkreis Osnabrück durchgeführt. In 2014 wurde der Versuch nach Belm (auch Landkreis Osnabrück) verlegt.

Im ersten Versuchsjahr sind die Lupinen aufgrund von Fraßschäden durch Rehwild und starker Verkräutung leider ausgefallen.

Im zweiten Versuchsjahr 2013 mussten die Ackerbohnen- und Erbsenversuche aufgrund mangelhafter Saatgutqualität und daraus resultierender viel zu dünner Bestände mit entsprechender Verkräutung leider abgebrochen werden.

Im Jahr 2014 konnten die Lupinen aufgrund von Blattrandkäferbefall und starker Verkräutung durch Hederich nicht beerntet werden. Die Erträge der Erbsen wiesen in dem Jahr eine extreme Streuung auf, so dass sie nicht auswertbar waren. Die Standortdaten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1: Standortdaten**

Versuchsort / Landkreis	Bissendorf / OS			Bissendorf / OS			Belm / OS		
Jahr	2012			2013			2014		
Kultur	Acker- bohnen	Erbsen	Lupinen	Acker- bohnen	Erbsen	Lupinen	Acker- bohnen	Erbsen	Lupinen
Höhe NN	98			98			95		
NS (JM in mm)	769			769			780		
T (JM in °C)	9,1			9,1			9,1		
Bodenart	lehmiger Sand			lehmiger Sand			lehmiger Sand		
Ackerzahl	38			42			50		
Vorfrucht	Winterweizen			Winterweizen			Kartoffeln		
Vor-Vorfrucht	Winterroggen			Dinkel			Dinkel		
org. Düngung	keine			keine			keine		
Saatstärke (K/m <sup>2</sup> )	50	95	130	55	90		55	90	130
Saattermin	25.03.2012			03.04.2013			27.03.2014		
Erntetermin	19.08.2012	12.08.2012	keine Ernte	keine Ernte	keine Ernte	15.08.2013	22.08.2014	keine Ernte	keine Ernte
Nmin (kg/ha) 0-60 cm	83			46			38		
Smin (kg/ha) 0-60 cm	25			8			13		
pH-Wert	6,4			5,2			5,7		
P (mg/100 g)	2 (A)			3 (B)			2 (A)		
K (mg/100 g)	10 (B)			6 (B)			5 (B)		
Mg (mg/100 g)	6 (C)			3 (B)			3 (B)		
Bor (mg/kg)	0,36 (C)			0,23 (C)			0,29 (C)		
Molybdän (mg/kg)	-			0,002			< 0,01 (A)		

## 4. Ergebnisse

Wie eingangs beschrieben sind in den drei Versuchsjahren leider nicht alle Versuche auswertbar gewesen, so dass von den Ackerbohnen Ergebnisse von insgesamt zwei Jahren vorliegen. Von Erbsen und Lupinen liegen jeweils nur von einem Jahr Resultate vor. In allen drei Versuchsjahren lag der Borgehalt im Boden in der Gehaltsklasse C und somit für die Versorgung der Kulturen in einem ausreichen hohen Bereich. Der Molybdän-Gehalt im Boden wurde im ersten Versuchsjahr 2012 nicht ermittelt. In 2013 und 2014 lagen die Molybdän-Gehalte mit jeweils unter 0,01 mg/kg in Gehaltsklasse A, so dass hier eher von einer unzureichenden Versorgung ausgegangen werden kann.

### 4.1 Erträge

Bei den Ackerbohnen zeigte sich im ersten Versuchsjahr 2012 ein tendenzieller Mehrertrag (+10 %) bei der Variante mit dem flüssigen Bordünger (Tabelle 2). Statistisch absicherbar war das allerdings nicht. In 2014 erzielte die Variante mit dem festen Bor-Dünger einen statistisch absicherbaren Mehrertrag von 20 %. Auch die Molybdän-Düngung führte in diesem Jahr tendenziell zu einem höheren Ertrag. Bei den Erbsen konnten in dem Jahr keine Ertragssteigerungen durch die Düngung erzielt werden. Bei den Lupinen führte die Bor-Düngung tendenziell zu einem Mehrertrag.

**Tabelle 2: Spurenelementdüngung Körnerleguminosen – Erträge**

Variante	Ertrag dt/ha (rel)								
	Ackerbohnen			Erbsen			Lupinen		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
ohne Düngung	100	keine Daten	100	100	keine Daten	keine Daten	keine Daten	100	keine Daten
Bor-Düngung flüssig, Lebosol Bor	110	keine Daten	100	92	keine Daten	keine Daten	keine Daten	106	keine Daten
Bor-Düngung fest, Fertibagra 15G (nur 2014)	-	keine Daten	120	-	keine Daten	keine Daten	keine Daten	-	keine Daten
Molybdän-Düngung flüssig, Folicin-Mo	97	keine Daten	107	95	keine Daten	keine Daten	keine Daten	102	keine Daten
<b>Versuchsmittel (abs)</b>	<b>43,0</b>		<b>31,3</b>	<b>30,9</b>		<b>34,1</b>			
<b>Standardmittel (abs)</b>	<b>42,0</b>		<b>29,3</b>	<b>32,3</b>		<b>33,2</b>			
<b>GD 5% Sorte (relativ)</b>	15,3		16,8	22,3		9,8			

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Ökologischer Landbau

## 4.2 Rohprotein

Die Wirkung der Bor- bzw. Molybdändüngung auf die Rohproteingehalte der Leguminosen war sehr uneinheitlich (Tabelle 3). Bei den Ackerbohnen wiesen im ersten Versuchsjahr die gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle nur leicht höhere Rohproteingehalte auf, wohingegen in 2014 die nicht gedüngte Variante den höchsten Rohproteingehalt erzielt hat. Bei den Erbsen fiel die Molybdän-Variante in 2012 sogar deutlich ab. Hingegen konnte die flüssige Bor-Düngung bei den Lupinen in 2013 eine auffällige Steigerung des Rohproteingehalts erreichen.

**Tabelle 3: Spurenelementdüngung Körnerleguminosen – Rohproteingehalte**

Variante	Rohprotein (%)								
	Ackerbohnen			Erbsen			Lupinen		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
ohne Düngung	30,0	keine Daten	32,1	15,7	keine Daten	keine Daten	keine Daten	26,9	keine Daten
Bor-Düngung flüssig, Lebosol Bor	30,9	keine Daten	31,0	15,9	keine Daten	keine Daten	keine Daten	32,0	keine Daten
Bor-Düngung fest, Fertibagra 15G (nur 2014)	-	keine Daten	31,8	-	keine Daten	keine Daten	keine Daten	-	keine Daten
Molybdän-Düngung flüssig, Folcin-Mo	30,7		31,7	12,5				25,5	
<b>Versuchsmittel (abs)</b>	30,5		31,7	14,7				28,1	

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Ökologischer Landbau

## 4.3 Pflanzenbauliche Parameter

Zusätzlich zu den Ertrags- und Qualitätsparametern wurden während der Vegetationszeit verschiedene Bonituren zum Wachstumsverlauf erhoben. Bei der Beurteilung der Massenbildung sowie der Mängel vor der Ernte ergaben sich zwischen den Varianten kaum Unterschiede. Tendenziell wiesen in 2012 die mit Bor gedüngten Ackerbohnen eine bessere Wüchsigkeit auf als die anderen Varianten. Hier liegen aber zu wenige Ergebnisse vor, um die Aussage zu bestätigen.

## 4.4 Pflanzenanalyse

Neben Ertrag und Rohproteingehalt wurde anhand einer vor Beginn der Blüte gezogenen Pflanzenprobe eine Analyse auf sämtliche Inhaltsstoffe vorgenommen. Die folgenden Abbildungen zeigen neben dem Ertrag und dem Rohproteingehalt die Molybdän- und Bor-Gehalte in oberirdischen Aufwuchs in den verschiedenen Düngungsvarianten. Für Ackerbohnen und Erbsen wird ein ausreichender Molybdän-Gehalt von 0,4 bis 1,0 mg/kg TM zum Zeitpunkt des Blühbeginns angegeben (Bergmann 1988, TLL 2005). Bei Bor werden für Ackerbohnen Gehalte von 40 bis 80 mg/kg und für Erbsen 30 bis 70 mg/kg für eine ausreichende Versorgung angegeben (Bergmann 1988). Richtwerte für ausreichende Molybdän-Gehalte in Lupinen liegen nicht vor, werden aber wahrscheinlich in einer ähnlichen Größenordnung liegen.

**Tabelle 4: Ausreichende Bor- und Molybdängehalte in der Trockenmasse**

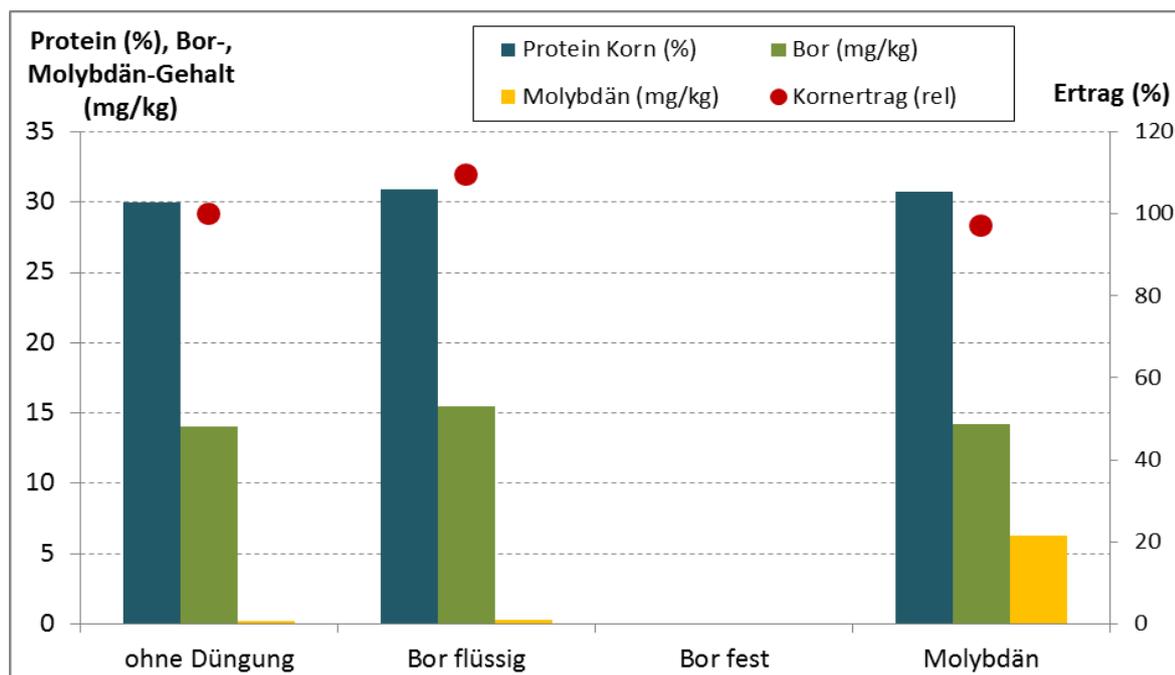
	Ackerbohne mg/kg	Körnererbse mg/kg	Süßlupine
<b>Molybdän</b>	<b>0,40 – 1,0</b>	<b>0,4 – 1,0</b>	keine Angaben
<b>Bor</b>	<b>40 - 80</b>	<b>30 - 70</b>	keine Angaben

Quelle: (Bergmann 1988, TLL 2005)

## Ergebnisse Ackerbohnen

Bei den Ackerbohnen führte die Molybdän-Düngung im ersten Versuchsjahr zu einem deutlichen Anstieg des Mo-Gehalts in der Pflanze um das fast 30-fache im Vergleich zur ungedüngten Variante (Abbildung 1). Mit 0,22 bzw. 0,26 mg Molybdän je kg TM in den nicht mit Molybdän gedüngten Varianten ist hier auch von einer suboptimalen Versorgung auszugehen. Einen Einfluss auf Ertrag oder Rohproteingehalt hatte dies allerdings nicht.

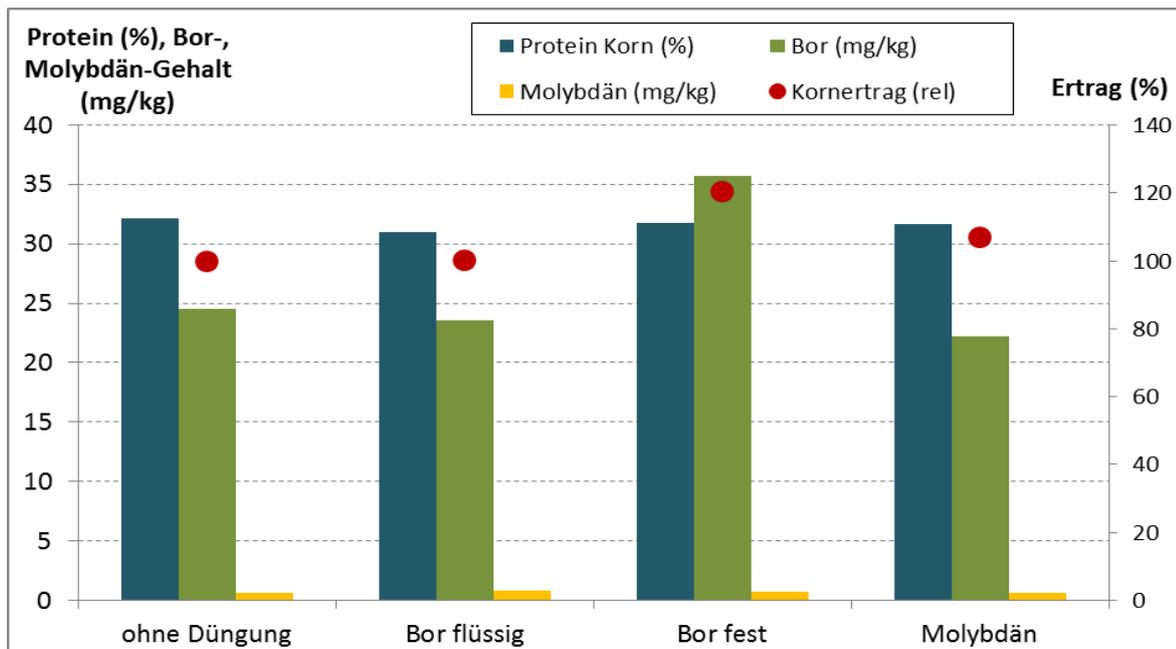
Vor allem im ersten Versuchsjahr 2012 lagen die Bor-Gehalte sowohl bei den Ackerbohnen als auch bei den Erbsen mit durchschnittlich 15 bzw. 16 mg/kg deutlich unter diesen Richtwerten. Die flüssige Bor-Düngung hatte kaum einen Einfluss auf den Bor-Gehalt in der Pflanze. Allerdings konnte bei den Ackerbohnen eine Ertragssteigerung von 10 % verzeichnet werden.



**Abbildung 1: Ergebnisse Erträge, Qualitäten und Blattanalysen der Spurenelementdüngung in Ackerbohnen 2012**

Im letzten Versuchsjahr 2014 zeigten sich bei den Ackerbohnen keine Wirkungen der Molybdän-Düngung auf die Gehalte im oberirdischen Aufwuchs (Abbildung 2). Mit über 0,6 mg/kg sind die Gehalte in 2014 auch bei den ungedüngten Varianten als ausreichend zu beurteilen. Der Ertrag konnte hier allerdings um 7 % gesteigert werden.

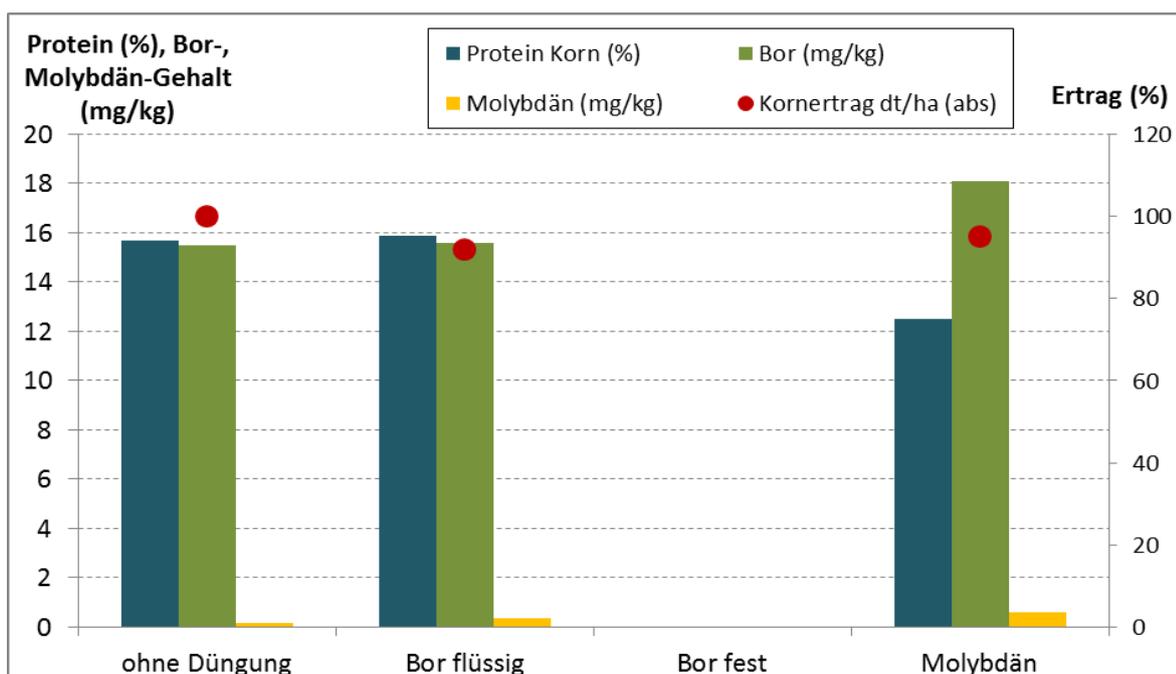
Mit dem flüssigen Bordünger wurden in 2014 keine Mehrerträge oder höhere Rohproteingehalte erreicht. Mit dem erstmalig eingesetzten festen Bordünger Fertibagra konnte aber auf Anhieb ein beachtlicher Mehrertrag von 20 % erzielt werden. Statistisch ist dieses Ergebnis auch absicherbar. Auch der Borgehalt war bei dieser Variante deutlich erhöht und verfehlte mit gut 35 mg/kg den ausreichenden Gehalt nur knapp, wohingegen bei den anderen Varianten der Bor-Gehalt mit 22 bis 25 mg/kg deutlich unter dem optimalen Bereich lag.



**Abbildung 2: Ergebnisse Erträge, Qualitäten und Blattanalysen der Spurenelementdüngung in Ackerbohnen 2014**

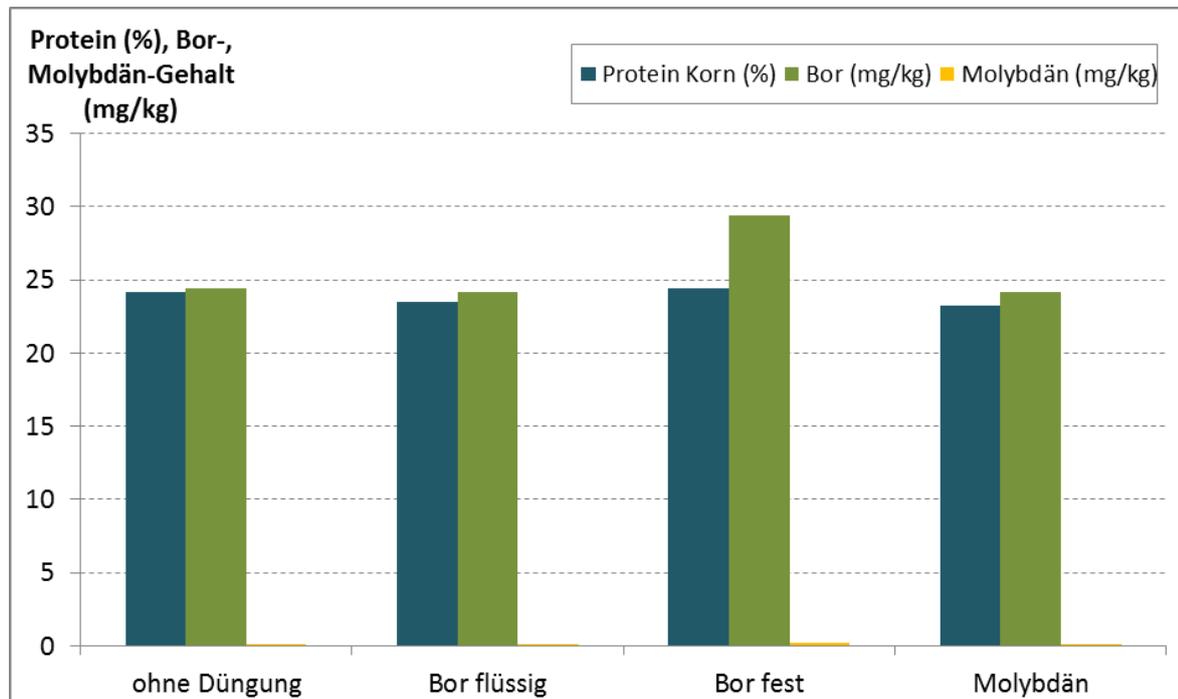
### Ergebnisse Körnererbsen

Bei den Erbsen liegen leider nur vom ersten Versuchsjahr Ertrags-Ergebnisse vor. Ertraglich lagen hier die gedüngten Varianten und die Kontrolle auf einem Niveau und auch der Rohproteingehalt konnte nicht erhöht werden, sondern lag bei der Molybdän-Variante sogar deutlich niedriger (Abbildung 3). Mit 16 bis 18 mg/kg lagen die Bor-Gehalte bei allen Varianten im suboptimalen Bereich. Auch der Molybdän-Gehalt zeigte bei den nicht mit Molybdän gedüngten Varianten eine nicht ausreichende Versorgung an, konnte aber durch die Molybdän-Düngung deutlich auf über 0,6 mg/kg erhöht werden und lag damit im ausreichenden Bereich.



**Abbildung 3: Ergebnisse Erträge, Qualitäten und Blattanalysen der Spurenelementdüngung in Erbsen 2012**

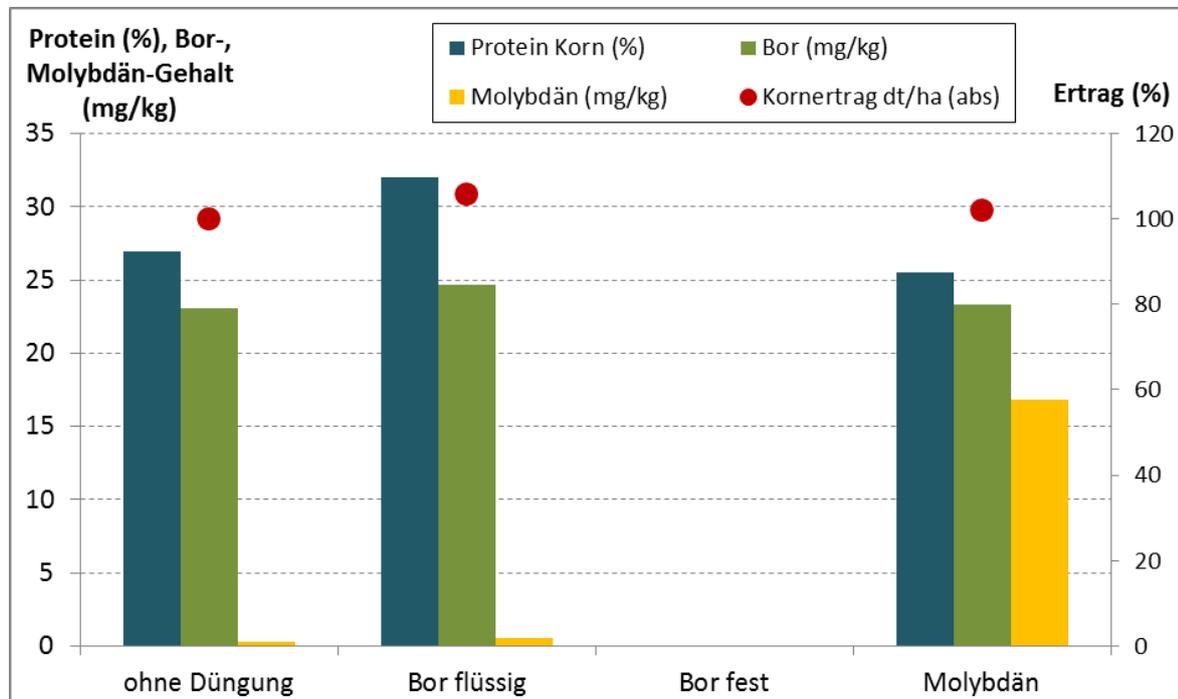
Im Jahr 2014 konnten die Erträge bei den Erbsen aufgrund der großen Streuung leider nicht ausgewertet werden. Es erfolgte aber eine Analyse des Rohproteingehaltes sowie der Gehalte an Bor und Molybdän im Blatt. Hierbei ergab sich ein deutlicher Anstieg des Borgehaltes in den Blättern nach Einsatz des festen Bordüngers knapp in den ausreichenden Bereich, ähnlich wie es auch bei der Ackerbohne der Fall war. Aber auch hier zeigten sich beim Rohproteingehalt keine Unterschiede. Die Gehalte an Molybdän lagen allerdings bei allen Varianten auf einem sehr niedrigen Niveau, der als nicht ausreichend eingestuft wird.



**Abbildung 4: Ergebnisse Qualitäten und Blattanalysen der Spurenelementdüngung in Erbsen 2014**

## Ergebnisse Blaue Lupinen

In 2013 war nur der Lupinenversuch auswertbar. Hier brachte die Bor-Düngung einen Mehrertrag von 6 % (Abbildung 5). Die Rohproteingehalte stiegen durch die Bordüngung von 27 auf 32 %. Durch die Molybdän-Düngung ließen sich weder Ertrag noch Qualität verbessern. Der Mo-Gehalt in der Pflanze war allerdings im Vergleich zur Kontrolle über 60-mal höher.



**Abbildung 5: Ergebnisse Erträge, Qualitäten und Blattanalysen der Spurenelementdüngung in Lupinen 2013**

## **5. Zusammenfassung**

Drei Versuchsjahre zur Düngung mit Spurenelementen in Körnerleguminosen zeigten keine einheitlichen Ergebnisse. Leider waren ein Teil der Versuche nicht auswertbar, da sie aufgrund von starker Verunkrautung, mangelhaften Saatguts oder Wildfraß nicht beerntet bzw. nicht ausgewertet werden konnten.

### **Ergebnisse Bordüngungsversuche**

Die Ergebnisse 2012 zeigten besonders bei der Bordüngung in Ackerbohnen einen Mehrertrag von 10%. Bei Erbsen dagegen war bisher keine Ertragswirkung festzustellen. Beim Rohproteingehalt gab es über alle Kulturen keine Effekte.

In 2013 konnte nur der Lupinenversuch ausgewertet werden. Die Bordüngung brachte einen Mehrertrag von 6 % und die Rohproteingehalte stiegen durch von 27 auf 32 %.

Im letzten Versuchsjahr 2014 konnten bei Ackerbohnen mit dem flüssigen Bordünger keine Mehrerträge oder höhere Rohproteingehalte erreicht werden. Mit dem erstmalig eingesetzten festen Bordünger Fertibagra konnte auf Anhieb ein beachtlicher Mehrertrag von 20 % erzielt werden. Statistisch ist dieses Ergebnis auch absicherbar.

### **Ergebnisse Molybdändüngungsversuch**

In den Jahren 2012 und 2013 konnte durch eine Molybdändüngung in allen Kulturen keine nennenswerten Effekte beim Ertrag und Rohprotein erzielt werden. Nur im Jahr 2014 wurde durch die Molybdändüngung in Ackerbohnen ein Mehrertrag von 7 % erzielt. Das Ergebnis ist aber statistisch nicht absicherbar.

### **Ausblick**

Aufgrund der geringen Anzahl an vorliegenden Versuchsergebnissen können noch keine Empfehlungen für die Praxis abgeleitet werden. Weitere Versuche zur Düngung mit Bor und Molybdän und ggf. auch weiteren Mikronährstoffen sind im Ökolandbau auf jeden Fall sinnvoll, um die erzielten Ergebnisse abzusichern und Düngeempfehlungen erarbeiten zu können.

## **6. Literaturverzeichnis**

BAD (2007): Mikronährstoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Hrsg.: Bundesarbeitskreis Düngung. Frankfurt

Bergmann, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Hege, U. (2003): Hinweise für die Düngung mit Bor (B). LfL Agrarökologie.

TLL (2005): Merkblatt zur Molybdändüngung in der Pflanzenproduktion. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena.

Zorn, W. (2013): Mikronährstoffe im Ackerbau. LOP 04/2013, 29-35.

## 7. Anhang

### Analyseergebnisse Ackerbohnen und Erbsen 2012

Düngung	Ackerbohnen 2012			Erbsen 2012		
	ohne Düngung	Bor-Düngung flüsig	Molybdän-Düngung	ohne Düngung	Bor-Düngung flüsig	Molybdän-Düngung
Kornertrag dt/ha (abs)	42,0	46,1	40,8	32,3	29,7	30,7
Kornertrag (rel)	100	110	97	100	92	95
TKM (g)	483,3	495,3	445,0	253,6	251,0	264,2
hl-Gewicht (kg)	82,0	82,1	82,5	87,5	82,2	85,2
Protein Korn (%)	30,0	30,9	30,7	15,7	15,9	12,5
Stickstoff (%)	5,72	5,75	5,74	3,08	3,26	3,07
Calcium (%)	1,08	1,04	1,16	0,95	1,02	1,02
Phosphor (%)	0,388	0,389	0,383	0,301	0,295	0,281
Magnesium (%)	0,243	0,230	0,251	0,166	0,160	0,166
Natrium (%)	0,015	0,013	0,017	0,010	0,011	0,012
Kalium (%)	2,24	2,16	2,17	2,17	2,18	2,14
Kupfer (mg/kg)	19,20	18,60	19,00	8,80	9,22	8,91
Mangan (mg/kg)	125,0	122,0	136,0	33,3	34,4	32,5
Zink (mg/kg)	81,0	72,5	84,8	43,0	37,6	39,4
Eisen (mg/kg)	133,0	125,0	133,0	80,7	114,0	90,8
Aluminium (mg/kg)	43,7	25,6	41,4	56,5	67,6	72,6
Schwefel (%)	0,324	0,304	0,328	0,181	0,171	0,172
Bor (mg/kg)	<b>14,0</b>	<b>15,5</b>	<b>14,2</b>	<b>15,5</b>	<b>15,6</b>	<b>18,1</b>
Molybdän (mg/kg)	<b>0,219</b>	<b>0,260</b>	<b>6,250</b>	<b>0,158</b>	<b>0,368</b>	<b>0,621</b>

## Analyseergebnisse Lupinen 2013

Parameter	Lupinen 2013		
	ohne Düngung	Bor-Düngung flüsig	Molybdän-Düngung
Kornertrag dt/ha (abs)	33,2	35,1	33,9
Kornertrag (rel)	100	106	102
hl-Gewicht (kg)	77,6	77,7	78,3
Protein Korn (%)	26,9	32,0	25,5
Stickstoff (%)	5,57	5,39	5,36
Calcium (%)	3,00	2,97	2,87
Phosphor (%)	0,43	0,41	0,42
Magnesium (%)	0,41	0,39	0,39
Natrium (%)	0,00	0,00	0,01
Kalium (%)	1,18	1,07	1,19
Kupfer (mg/kg)	10,60	9,93	10,53
Mangan (mg/kg)	758,39	802,63	781,46
Zink (mg/kg)	100,00	97,37	95,36
Eisen (mg/kg)	134,90	146,05	223,18
Aluminium (mg/kg)	42,95	49,67	110,60
Schwefel (%)	0,23	0,22	0,23
Bor (mg/kg)	23,09	24,67	23,31
Molybdän (mg/kg)	0,27	0,54	16,82

## Analyseergebnisse Ackerbohnen 2014

Parameter	Ackerbohnen 2014			
	ohne Düngung	Bor-Düngung flüssig	Bor-Düngung fest	Molybdän-Düngung
Kornertrag dt/ha (abs)	29,3	29,4	35,2	31,3
Kornertrag (rel)	100	100	120	107
TKM (g)	346,2	377,5	422,9	428,2
Protein Korn (%)	32,1	31,0	31,8	31,7
Stickstoff (%)	5,87	5,91	5,93	5,89
Calcium (%)	0,65	0,64	0,63	0,62
Phosphor (%)	0,573	0,562	0,543	0,549
Magnesium (%)	0,221	0,209	0,207	0,200
Natrium (%)	0,019	0,018	0,022	0,014
Kalium (%)	2,16	2,11	2,20	2,06
Kupfer (mg/kg)	13,90	13,90	13,70	13,20
Mangan (mg/kg)	74,7	75,0	70,6	72,8
Zink (mg/kg)	46,2	43,2	41,8	39,9
Eisen (mg/kg)	150,0	119,0	156,0	153,0
Aluminium (mg/kg)	41,2	26,6	31,2	25,4
Schwefel (%)	0,263	0,244	0,254	0,229
Bor (mg/kg)	<b>24,5</b>	<b>23,6</b>	<b>35,7</b>	<b>22,2</b>
Molybdän (mg/kg)	<b>0,607</b>	<b>0,838</b>	<b>0,676</b>	<b>0,666</b>

## Analyseergebnisse Erbsen 2014 (keine Erträge)

Parameter	Erbsen 2014			
	ohne Düngung	Bor-Düngung flüssig	Bor-Düngung fest	Molybdän-Düngung
Kornertrag dt/ha (abs)	keine Ernte			
Kornertrag (rel)				
TKM (g)				
Protein Korn (%)	24,2	23,5	24,4	23,3
Stickstoff (%)	5,49	5,67	5,85	5,82
Calcium (%)	0,67	0,65	0,62	0,63
Phosphor (%)	0,646	0,681	0,710	0,701
Magnesium (%)	0,242	0,253	0,251	0,254
Natrium (%)	0,006	0,006	0,006	0,006
Kalium (%)	1,99	2,07	2,11	2,06
Kupfer (mg/kg)	9,76	9,82	9,91	10,10
Mangan (mg/kg)	32,1	33,2	30,4	32,2
Zink (mg/kg)	42,0	44,8	44,1	44,7
Eisen (mg/kg)	133,0	111,0	121,0	111,0
Aluminium (mg/kg)	18,1	11,7	9,9	9,7
Schwefel (%)	0,266	0,285	0,285	0,282
Bor (mg/kg)	<b>24,4</b>	<b>24,2</b>	<b>29,4</b>	<b>24,2</b>
Molybdän (mg/kg)	<b>0,160</b>	<b>0,158</b>	<b>0,180</b>	<b>0,126</b>