

## Einfluss der Wasserversorgung auf den Proteinertrag verschiedener Körnerleguminosen

Schmidt, H.<sup>1</sup> & Langanky, L.<sup>1</sup>

*Keywords: grain legumes, protein yield, precipitation, soil water.*

### Abstract

*Data of 371 organic and conventional soy, blue lupine, pea and faba bean fields across Germany were analysed regarding water supply and protein yield between 2015 and 2019. The average protein yield was highest in soy and lowest in blue lupine. Significant differences between organic and conventional management were found only in peas and faba beans. The sum of precipitation and irrigation 2 weeks after sowing until 2 weeks before harvesting was most closely related to protein yield in all tested species. Usually the statistical evaluation resulted in data ranges with yields increasing linearly up to an upper limit. The integration of the soil water before sowing provided additional information on the influence of the water supply. The data obtained allow a quantitative assessment of the influence of water on the success of the grain legumes examined.*

### Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der Körnerleguminosen-Netzwerke der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung wurden in Deutschland eine Vielzahl von Betrieben evaluiert. Mit einem Forschungsprojekt, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie (2814EPS035), erfolgte durch die Kombination der in den Netzwerken ermittelten Daten mit ergänzenden Datenerhebungen die Bearbeitung ackerbaulicher Fragestellungen. Wichtigste Ziele waren die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Körnerleguminosenanbaus in der Praxis und die Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien (Abschlussbericht: Schmidt & Langanky 2022).

Ziel der hier vorgestellten weiteren Auswertung des Datenmaterials ist die vergleichende Quantifizierung des Zusammenhangs von Wasserversorgung und Proteinertrag bei Sojabohne, Blauer Lupine, Sommerkörnererbse und Sommerackerbohne sowie die Prüfung auf Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Anbau.

### Methoden

Von den im Projekt 2015 bis 2019 bundesweit untersuchten Schlägen wurden 107 mit Sojabohne, 73 mit Blauer Lupine, 90 mit Sommerkörnererbse und 101 mit Sommerackerbohne in die Auswertung einbezogen. 41 % dieser Schläge wurden ökologisch bewirtschaftet. Die Untersuchungen erfolgten in jeweils zwei Messbereichen (MB, ca. 10 m<sup>2</sup>) in ungestörten Bereichen des Schlages. Von der Vielzahl erfasster Parameter wurden folgende hier verwendet: Bodenwasservorrat vor Saat, berechnet aus Boden-TM bei der N<sub>min</sub>-Probenahme auf 90 cm, korrigiert um die mittlere

---

<sup>1</sup> Stiftung Ökologie & Landbau, Bereich Praxisforschung,  
Harald Schmidt, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler, [schmidt@soel.de](mailto:schmidt@soel.de), <http://www.soel.de/>  
Lucas Langanky, Hof Aischland 2, 97990 Weikersheim, Deutschland, [langanky@soel.de](mailto:langanky@soel.de),

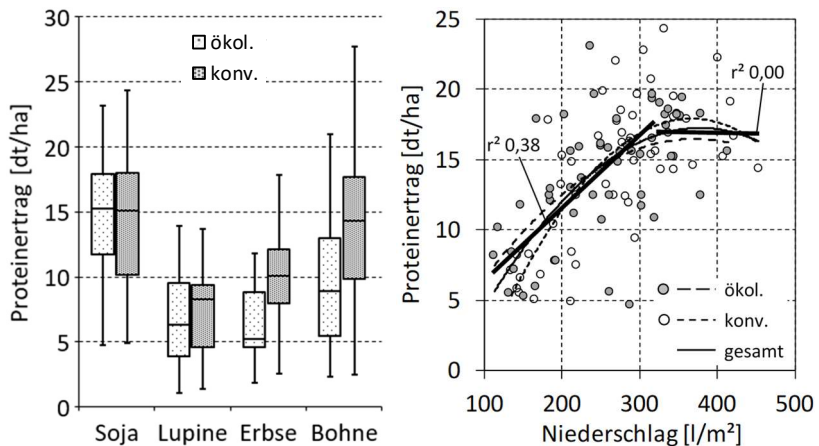
Eindringtiefe einer 80 cm-Bodensonde (Berücksichtigung von Tiefgründigkeit & Steinanteil); MB-Ertrag, per Hand je MB 5 x 0,5 m<sup>2</sup> geerntet; TM (105 °C); Proteingehalt des Erntegutes, N nach Kjeldahl x 6,25; tägliche Niederschlagssummen der nächstgelegenen Wetterstationen, bzw. bei Erbse und Ackerbohne vom bundesweiten 1x1-km-Raster der DWD-Radarklimatologie, ggf. jeweils inklusive der Berechnungsmengen je Schlag, Bildung von Summen für verschiedene Zeiträume.

Die Auswertung erfolgte mit SPSS: Varianz- und Regressionsanalyse sowie Kurvenanpassung. Zusammenhänge wurden getrennt nach Art und – bei gravierenden Unterschieden im Proteinertrag und/oder im Zusammenhang zur Wasserversorgung – auch getrennt nach Bewirtschaftungssystem analysiert. Die verschiedenen Zeiträume und die Funktionen der Zusammenhänge von Niederschlag und Proteinertrag wurden geprüft. Bei nichtlinearem Zusammenhang wurde die Kurve in einen Bereich mit annähernd linearer Steigung und Bereiche ohne deutlichen Zusammenhang aufgeteilt und der Grenzniederschlag bestimmt (Beispiel in Abb. 1).

In einem weiteren Auswertungsschritt wurden drei Möglichkeiten zur Einbeziehung des Bodenwassers geprüft: a) Addition zum Niederschlag und Regressionsanalyse, b) multiple Regression mit Niederschlag (nur Bereich mit linearer Abhängigkeit) und Bodenwasser, inkl. Test auf Wechselwirkung, c) Teilung der Fälle in zwei Gruppen nach Bodenwassermenge (< und > Mittelwert) und Prüfung des Zusammenhangs von Niederschlag und Proteinertrag für jede Gruppe.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Unterschiede im Proteinertragsniveau zwischen den Arten (Boxplots in Abb. 1) waren signifikant (nicht dargestellt). Im Mittel erreichte die Sojabohne die höchsten Proteinerträge, gefolgt von Ackerbohne, Erbse und Blauer Lupine. Allerdings wurden die Arten auf unterschiedlichen Standortspektren angebaut – z.B. Soja meist auf besseren und Blaue Lupine auf schlechteren Böden. Aber auch bei Einbeziehung mehrerer Boden- und Witterungsparameter als Kovariaten ergab die Varianzanalyse signifikante Unterschiede zwischen den geprüften Arten.



**Abbildung 1:** links, Boxplots der Proteinerträge; rechts, Zusammenhang von Niederschlagssumme 2 Wochen nach Saat bis 2 Wochen vor Ernte und Soja-Proteinertrag (Details siehe Text)

Zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung unterschieden sich die Proteinerträge nur bei Erbse und Ackerbohne signifikant (nicht dargestellt, Boxplots in Abb. 1). Das deutlich geringere Niveau der Öko-Schläge war vor allem auf geringere TM-Erträge zurückzuführen (Schmidt & Langanky 2022). Nur bei Erbse und Ackerbohne erfolgte die weitere Auswertung getrennt nach Bewirtschaftungssystem.

Bei allen Arten wies die Niederschlagssumme 2 Wochen nach Saat bis 2 Wochen vor Ernte den engsten Zusammenhang zum Proteinertrag auf. Es wurden mehr oder weniger starke Zusammenhänge von Niederschlagssumme und Proteinertrag gefunden – selten linear, meist mit quadratischen Funktionen (Tab. 1, Soja in Abb. 1). Der annähernd lineare Bereich begann in den meisten Fällen bei den niedrigsten gefundenen Niederschlagssummen. Nur bei den konventionellen Erbsen und Ackerbohnen begann er erst ab 100 l/m<sup>2</sup>. Im linearen Bereich lag der engste Zusammenhang bei Soja, gefolgt von Öko-Erbse, ökologischer und konventioneller Ackerbohne, Blauer Lupine und konventioneller Erbse. Der Proteinertragseffekt je 50 l/m<sup>2</sup> Niederschlag reichte von ca. 1,2 dt/ha bei Öko-Erbsen bis zu ca. 2,6 dt/ha bei Sojabohnen. Die positive Niederschlagswirkung reichte bei Blauer Lupine und Erbse bis zur Obergrenze von 210-244 l/m<sup>2</sup>, bei Soja und Ackerbohnen bis 300-320 l/m<sup>2</sup>.

**Tabelle 1: Niederschlag (ND, inkl. Beregnung), Bodenwasser (BW) und einzelne Ergebnisse der Analyse von Zusammenhängen mit dem Proteinertrag (Details zur Auswertung siehe Text)**

	Soja	Lupine	Erbse		Ackerbohne	
	gesamt	gesamt	öko.	konv.	öko.	konv.
<b>Niederschlagssumme (2 Wochen nach Saat bis 2 Wochen vor Ernte)</b>						
ND-Spanne [l/m <sup>2</sup> ]	114-453	29-413	39-244	26-421	44-492	57-403
ND-Spanne <sup>1</sup> [l/m <sup>2</sup> *d]	0,9-3,7	0,4-4,4	0,7-3,4	0,4-4,2	0,5-4,3	0,7-3,6
<b>Alle Daten</b>						
r <sup>2</sup> (n)	Q <sup>2</sup> 0,44 (107)	Q 0,15 (73)	L <sup>3</sup> 0,32 (17)	Q 0,07 (73)	Q 0,26 (44)	Q 0,20 (57)
<b>Linear ansteigender Bereich</b>						
r <sup>2</sup> (n)	0,38 (79)	0,16 (73)	0,32 (17)	0,23 (48)	0,24 (33)	0,16 (44)
ND-Grenze <sup>4</sup> [l/m <sup>2</sup> ]	320	210	244*	230 <sup>#</sup>	300	320 <sup>#</sup>
Steigung [dt/50l/m <sup>2</sup> ]	2,55	1,50	1,23	2,11	1,50	1,99
Steigung [dt/l/m <sup>2</sup> *d]	5,53	3,10	2,22	2,65	3,17	2,47
<b>2 Bodenwassergruppen (BW vor Saat, 0-90 cm): A &lt; Median, B &gt; Median</b>						
BW-Spanne [l/m <sup>2</sup> ]	60-417	47-215	73-301	71-350	105-370	99-387
BW-Median [l/m <sup>2</sup> ]	258	94	185	194	247	251
A r <sup>2</sup> (n)	0,33 (44)	0,37 (27)	0,33 (9)	0,36 (25)	0,19 (18)	0,40 (20)
A ND-Grenze <sup>4</sup> [l/m <sup>2</sup> ]	350	250	244*	230 <sup>#</sup>	300	290 <sup>#</sup>
A Steigung [dt/50l/m <sup>2</sup> ]	2,30	2,33	1,24	2,42	1,16	3,55
B r <sup>2</sup> (n)	0,52 (23)	0,19 (27)	0,18 (8)	0,11 (27)	0,34 (15)	0,28 (28)
B ND-Grenze <sup>4</sup> [l/m <sup>2</sup> ]	260	180	220*	260 <sup>#</sup>	300	400*
B Steigung [dt/50l/m <sup>2</sup> ]	3,61	1,71	0,67	1,20	2,06	1,83

\* Höchste aufgetretene Niederschlagssumme; <sup>#</sup> erst über 100 l/m<sup>2</sup>; <sup>1</sup> ∅ Niederschlag pro Tag; <sup>2</sup> quadratische Funktion; <sup>3</sup> lineare Funktion; <sup>4</sup>Obergrenze einer positiven Wirkung

Nur bei der Blauen Lupine wurde ab einer Niederschlagssumme von ca. 300 l/m<sup>2</sup> wieder ein Rückgang der Proteinerträge festgelegt.

Die Zeitspanne 2 Wochen nach Saat bis 2 Wochen vor Ernte variierte stark je Einzelfall. In Tabelle 1 sind für diese Zeiträume deshalb auch die mittleren Niederschlagssummen pro Tag aufgeführt.

Durch die Einbeziehung der Bodenwassermenge vor der Saat (BW) wurde ein engerer Zusammenhang von Wasserversorgung und Proteinertrag erwartet als bei alleiniger Verwendung der Niederschlagssummen (ND). Die Addition von BW und ND erbrachte diesen Effekt nur bei der Blauen Lupine ( $r^2$  ND pur 0,16;  $r^2$  ND+BW 0,33). Bei der multiplen Regression traten häufiger höhere  $r^2$ -Werte auf, allerdings mit signifikanten Wechselwirkungen zwischen BW und ND (nicht dargestellt). Die Aufteilung der Fälle nach BW in 2 Gruppen je Art ergab hingegen oft engere Zusammenhänge von Niederschlag und Proteinertrag (Tab. 1). In den meisten Fällen war der Niederschlagseinfluss – wie erwartet – bei geringer BW stärker ausgeprägt als bei hoher BW. Nur bei Sojabohne und Öko-Ackerbohnen war es umgekehrt. Mögliche Ursachen für diesen Sachverhalt werden noch geprüft – dies gilt besonders für die Unterschiede zwischen konventionellen und Öko-Ackerbohnen.

Bei der Erbse entsprachen die Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung bei der Steigerung des Proteinertrags je 50 l/m<sup>2</sup> ND in beiden BW-Gruppen ca. den mittleren Proteinertragsunterschieden.

Insgesamt muss bei den Ergebnissen berücksichtigt werden, dass weitere proteinertragswirksame Faktoren die Wassereinflüsse überdeckt bzw. verzerrt haben können.

## Schlussfolgerungen

Vor allem die niedrigeren Obergrenzen einer positiven Niederschlagswirkung auf den Proteinertrag belegen die geringere Wasserabhängigkeit von Blauer Lupine und Erbse. Sojabohne und Ackerbohne wiesen hingegen deutlich höhere Obergrenzen und z.T. auch höhere Steigerungen des Proteinertrags pro Niederschlagsmenge auf. Die erarbeiteten Daten erlauben eine überschlägige quantitative Abschätzung des Wassereinflusses auf den Erfolg der untersuchten Körnerleguminosen.

Bei Sojabohne und Blauer Lupine scheinen zwischen ökologischem und konventionellem Anbau keine wesentlichen Unterschiede im Zusammenhang von Wasserversorgung und Proteinertrag vorzuliegen. Bei Erbse und Ackerbohne sind die dort festgestellten Unterschiede mindestens zum Teil auf die Differenzen im Ertragsniveau zurückzuführen. Ob andere systemspezifische Faktoren – z.B. Fußkrankheitsbesatz, Verunkrautung und Insektenbefall (Schmidt & Langanky 2022) – das Verhältnis von Wasserversorgung und Proteinertrag deutlich beeinflussen muss weiter untersucht werden.

## Danksagung

Unser Dank gilt allen beteiligten Betrieben, den Mitarbeiter\*innen der Körnerleguminosen-Netzwerke und der Geschäftsstelle der Eiweißpflanzenstrategie der BLE.

## Literatur

Schmidt H & Langanky L (2022) Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie – Schlussbericht. Online verfügbar unter <https://orprints.org/id/eprint/44030/>.