

## Vergleich der Leistung von Soja und Erbse in Süddeutschland

Peer Urbatzka<sup>1</sup>, Benedikt Paeßens<sup>2</sup>, Georg Salzeder<sup>3</sup>, Johannes Uhl<sup>3</sup>, Andreas F. Butz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

<sup>2</sup>Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Referat 11 - Pflanzenbau

<sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

### Zusammenfassung

Die N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von Soja kann in Süddeutschland bisher nicht eingeschätzt werden. Ziel eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Projektes war die Bestimmung dieser Einflussgrößen auf die Fruchtfolge im ökologischen Landbau. Hierzu wurden Feldversuche an zwei Standorten mit je zwei Sorten von Soja und Erbsen in 2015 bis 2017 angelegt. Zur Einstufung der Vorfruchtwirkung wurde Winterweizen als Nachfrucht angebaut. Die N<sub>2</sub>-Fixierung (eine Ausnahme) und die N-Abfuhr über die Körner fielen bei Soja höher als für Erbsen aus. Hieraus errechnete sich eine für beide Kulturen vergleichbare N-Bilanz, die leicht bis deutlich negativ ausfiel. Der Ertrag des Weizens lag in drei der sechs Umwelten nach Erbse höher als nach Soja. Trotz der geringeren Vorfruchtwirkung erzielte Soja in vier der sechs Umwelten im Fruchtfolgeausschnitt Körnerleguminose-Winterweizen einen höheren Deckungsbeitrag als Erbse. Im Mittel lag dieser für Soja um etwa ein Drittel höher.

### Abstract

The N<sub>2</sub>-fixation capacity and preceding crop effect of soybeans cannot be estimated for South Germany so far. The aim of the study was to determine the effect of these influence factors on crop rotation in organic farming. Field trials were conducted at two experimental sites with two varieties of soybean and pea each in 2015 through to 2017. Winter wheat was sown after grain legumes to estimate the preceding crop effect. N<sub>2</sub>-fixation (one exception) and N-yield in grain were higher for soybeans than for peas. The N-balance for both crops was comparable and slightly to distinctly negative. Wheat yielded higher after peas than after soybeans in three of the six environments. Despite the lower preceding crop effect, the gross margin of soybeans was higher for the grain legumes – winter wheat crop rotation section in four of the six environments, with soybeans achieving an average gross margin approx. one third higher than peas.

## 1 Einleitung

Die Anbaufläche von Soja stieg in den letzten Jahren vor allem in Süddeutschland an. Durch die biologische N<sub>2</sub>-Fixierung ist gerade bei Leguminosen neben dem Ertrag die Vorfruchtwirkung von erheblicher Bedeutung. Im Gegensatz zur etablierten Körnererbse können diese für Soja unter den Anbaubedingungen Süddeutschlands noch nicht eingeschätzt werden. Daher wurde in einem Gemeinschaftsprojekt des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft diese Frage beantwortet.

## 2 Material und Methoden

Die Feldversuche wurden auf den zwei Standorten Forchheim am Kaiserstuhl (Baden-Württemberg; langjährige Mittel 11,2 °C u. 630 mm; L) und Hohenkammer (Bayern; langjährige Mittel 7,8 °C und 816 mm; sL) in den drei Vegetationsperioden 2015/16 bis 2017/18 durchgeführt. Es wurden auf beiden Orten zwei Sojasorten (*ES Mentor* (00) und *Merlin* (000)) und zwei Erbsensorten (*Alvesta* und *Salamanca*) verglichen. Für die Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierung wurde die erweiterte Differenzmethode nach Stülpnagel (1982) mit Erweiterung III um den Blattfall nach Hauser (1987) nach folgender Gleichung verwendet:

N<sub>2</sub>-Fixierung

$$= (N_{\text{Korn}} + N_{\text{Blatt}} + N_{\text{Spross}} + N_{\text{min}})_{\text{Leguminose}} - (N_{\text{Korn}} + N_{\text{Blatt}} + N_{\text{Spross}} + N_{\text{min}})_{\text{Referenz}}$$

Als Referenzfrüchte für die Sojabohnen wurden die Silomaissorten *Ronaldinio* (S240) und *Saludo* (S210), für die Erbsen in Baden-Württemberg eine Sommergerste (*Grace*) und in Bayern ein Hafer (*Max*) gewählt. Für die N-Bilanz wurde die N-Abfuhr der Körner von der N<sub>2</sub>-Fixierung subtrahiert. Zur Bestimmung des Vorfruchtwertes der Leguminosen wurde Winterweizen (*Florian*) als Nachfrucht gesät. Zur ökonomischen Bewertung wurden aus den Versuchsergebnissen die Deckungsbeitragssumme für den Fruchtfolgeauschnitt Körnerleguminose und Winterweizen mit dem Programm *Kalkulationsdaten Marktfrüchte* der Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg berechnet.

Die Versuche wurden jeweils als Split-plot-Anlage mit vier Wiederholungen angelegt. Für die Berechnung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung wurde für alle Sorten der Kornertrag, der Blatt- und Sprossertrag inkl. Blattfall sowie der N<sub>min</sub> zur Ernte bestimmt. In allen Pflanzenfraktionen wurde der N-Gehalt zur Berechnung der N-Menge erhoben. Die Auswertung erfolgte über ein gemischtes, hierarchisches Modell mit SAS proc mixed.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Die geschätzte N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung fiel mit Ausnahme einer Sojasorte in Hohenkammer 2017 für die Sojabohnen höher als für die Erbsen aus (Tab. 1). Im Mittel der Sorten lag diese für Soja mit über 200 kg N<sub>2</sub>/ha um knapp 100 kg N<sub>2</sub>/ha höher. Unsere errechneten N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen lagen im Bereich der Literaturangaben für den deutschsprachigen Raum (z. B. Jost 2003, Oberson *et al.* 2007).

Die N-Abfuhr über die Körner war für Soja immer höher als für die Erbsen (Tab. 1) und fiel im Schnitt etwa 60 % höher aus. Auch die N-Menge der Ernterückstände lag im Schnitt für die Sojabohnen um 80 % höher als für die Erbsen. Dieser Unterschied war allerdings nur in zwei der drei Jahre auf den Standort Forchheim a. K. und ebenfalls in zwei der drei Jahre für die Sorte ES Mentor in Hohenkammer signifikant (Tab. 1). Die höheren N-Erträge im Korn als auch die größeren N-Mengen der Ernteresiduen dürften wahrscheinlich einen Gutteil der höheren N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der Sojabohnen erklären, wobei alle Angaben in Abhängigkeit des Standortes und der Witterung erheblich schwankten (Tab. 1).

Die N-Bilanz fiel wie schon bei Mayer und Heß (1997) zu beiden Kulturen leicht bis deutlich negativ aus. Einmal war die N-Bilanz von Soja und einmal die von Erbse weniger negativ, in den anderen vier Umwelten lag kein signifikanter Unterschied vor (Tab. 1). Beide Kulturarten fixieren zwar relativ hohe N-Mengen, gleichzeitig werden aber über die Körner erhebliche Mengen an Stickstoff aus dem System genommen. Allerdings wurde bei der gewählten Methode zur Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung die Wurzel- und Stoppelmasse

nicht berücksichtigt. Daher liegt vermutlich die tatsächliche N<sub>2</sub>-Fixierleistung höher und die N-Bilanz fällt weniger negativ aus.

Tab. 1: N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung, N-Bilanz, N-Abfuhr und N-Ernteresiduen von Soja und Erbse

Ort	Kultur/ Sorte	N <sub>2</sub> -Fixierungsleistung (kg ha <sup>-1</sup> )			N-Bilanz (kg ha <sup>-1</sup> )			N-Abfuhr über Kornertrag (kg ha <sup>-1</sup> )			N-Ernteresiduen (kg ha <sup>-1</sup> )		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Forchheim	Soja	193 <sup>BC</sup>	245 <sup>AB</sup>	299 <sup>A</sup>	-38 <sup>AB</sup>	-15 <sup>A</sup>	-16 <sup>A</sup>	228 <sup>BC</sup>	260 <sup>B</sup>	315 <sup>A</sup>	58 <sup>B</sup>	73 <sup>AB</sup>	89 <sup>A</sup>
	Erbse	120 <sup>D</sup>	176 <sup>CD</sup>	157 <sup>CD</sup>	-47 <sup>B</sup>	-9 <sup>A</sup>	-62 <sup>B</sup>	167 <sup>D</sup>	185 <sup>CD</sup>	219 <sup>BC</sup>	21 <sup>C</sup>	62 <sup>B</sup>	24 <sup>C</sup>
Hohenkammer	Merlin	194 <sup>a</sup>	198 <sup>a</sup>	98 <sup>b</sup>	-10 <sup>ab</sup>	-49 <sup>b</sup>	-153 <sup>d</sup>	206 <sup>c</sup>	247 <sup>b</sup>	251 <sup>b</sup>	67 <sup>bcd</sup>	71 <sup>bc</sup>	56 <sup>cd</sup>
	ES Mentor	165 <sup>a</sup>	269 <sup>a</sup>	209 <sup>a</sup>	-31 <sup>ab</sup>	-30 <sup>ab</sup>	-100 <sup>c</sup>	196 <sup>cd</sup>	300 <sup>a</sup>	309 <sup>a</sup>	82 <sup>ab</sup>	108 <sup>a</sup>	62 <sup>cd</sup>
	Alvesta	97 <sup>b</sup>	132 <sup>b</sup>	91 <sup>b</sup>	-32 <sup>ab</sup>	-33 <sup>ab</sup>	-15 <sup>ab</sup>	126 <sup>f</sup>	165 <sup>e</sup>	106 <sup>fg</sup>	43 <sup>cd</sup>	63 <sup>bcd</sup>	35 <sup>d</sup>
	Salamanca	80 <sup>b</sup>	133 <sup>b</sup>	95 <sup>b</sup>	-39 <sup>ab</sup>	-44 <sup>ab</sup>	-2 <sup>a</sup>	103 <sup>fg</sup>	177 <sup>de</sup>	97 <sup>g</sup>	40 <sup>cd</sup>	55 <sup>cd</sup>	54 <sup>cd</sup>

Buchstaben geben signifikante Unterschiede je Standort an (Tukey-Test  $p < 0,05$ ); keine signifikante Wechselwirkung bei Kultur\*Sorte in Forchheim

Der Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen im ökologischen Anbau fiel nach Soja zwar in fünf der sechs Umwelten numerisch höher aus als nach Erbsen, signifikant war dieser Unterschied aber nur in Forchheim a. K. 2017 und Hohenkammer 2017 und 2018 (Tab. 2). Im Durchschnitt erzielte Weizen nach Erbsen mit 49 dt/ha einen um etwa 10 % höheren Kornertrag als nach Soja (44 dt/ha). Die Vorfruchtwirkung von Erbsen ist demnach höher als von Soja einzuschätzen. Auch Zimmer *et al.* (2015) stellten nach Sommererbsen einen höheren Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen im Vergleich zu Soja in einem von zwei Jahren fest. Der Rohproteingehalt des Weizens unterschied sich mit Ausnahme der Umwelt Hohenkammer 2017 zwischen Soja und Erbse nicht (Tab. 2).

Tab. 2: N<sub>min</sub>-Gehalt, Ertrag u. Rohproteingehalt des Weizens in Abhängigkeit der Vorfrucht

Ort	Kultur-art	N <sub>min</sub> -Gehalt Vegetationsende (kg ha <sup>-1</sup> )			N <sub>min</sub> -Gehalt Vegetationsbeginn (kg ha <sup>-1</sup> )			Kornertrag (dt ha <sup>-1</sup> )			Rohproteingehalt (%)		
		2015	2016	2017	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Forchheim a.K.	Soja	69 <sup>bc</sup>	93 <sup>ab</sup>	61 <sup>cd</sup>	29	85	63	32,2 <sup>e</sup>	51,6 <sup>b</sup>	38,9 <sup>cd</sup>	10,8 <sup>ab</sup>	9,2 <sup>c</sup>	10,1 <sup>b</sup>
	Erbse	112 <sup>a</sup>	103 <sup>a</sup>	42 <sup>d</sup>	44	112	66	34,3 <sup>de</sup>	59,0 <sup>a</sup>	44,6 <sup>c</sup>	10,9 <sup>a</sup>	9,8 <sup>bc</sup>	10,2 <sup>ab</sup>
Hohenkam- mer	Soja	82 <sup>B</sup>	72 <sup>BC</sup>	54 <sup>C</sup>	34 <sup>C</sup>	57 <sup>B</sup>	25 <sup>C</sup>	37 <sup>c,2D</sup>	60,8 <sup>B</sup>	44,7 <sup>DE</sup>	10,4 <sup>A</sup>	9,2 <sup>B</sup>	10,4 <sup>A</sup>
	Erbse	92 <sup>B</sup>	134 <sup>A</sup>	72 <sup>BC</sup>	31 <sup>C</sup>	95 <sup>A</sup>	22 <sup>C</sup>	35 <sup>E,4E</sup>	73,2 <sup>A</sup>	49,3 <sup>CD</sup>	10,4 <sup>A</sup>	10,0 <sup>A</sup>	10,4 <sup>A</sup>

Buchstaben geben signifikante Unterschiede je Standort an (Tukey-Test  $p < 0,05$ ); N<sub>min</sub> Vegetationsbeginn keine signifikante Wechselwirkung: Erbse > Soja

Die höhere N-Menge der oberirdischen Ernterückstände von Soja im Vergleich zu den Erbsen führte in unseren Feldversuchen demnach nicht zu höheren Kornerträgen der Nachfrucht. Ursache sind nach einer multiplen Regressionsanalyse ( $R^2 = 0,60$ ;  $p < 0,0001$ ) höhere N<sub>min</sub>-Werte nach Erbsen vor und nach Winter (Tab. 2), da hier vermutlich ein Teil der Ernterückstände aufgrund der früheren Ernte bereits mineralisiert wurden. Allerdings waren die N<sub>min</sub>-Gehalte vor Winter nur in zwei der sechs und nach Winter in vier der sechs Umwelten höher. Die N-Bilanz und die N-Menge in den ober- und unterirdischen Ernterückständen hatten in der multiplen Regressionsanalyse einen vergleichsweise geringen Einfluss.

Soja ist trotz der einjährig im Versuch erhobenen, geringeren Vorfruchtwirkung im Vergleich zur Erbse die ökonomisch attraktivere Frucht. Beim Vergleich über den zwei-jährigen Fruchtfolgeausschnitt (Körnerleguminose-Winterweizen) erzielte Soja aufgrund ihrer hohen Marktpreise in vier von sechs Umwelten einen höheren Deckungsbeitrag (Tab. 3). Im Durchschnitt war dieser beim Anbau von Soja mit etwa 3.900 €/ha um etwa ein Drittel höher als für Erbse.

Tab. 3: Summe des Deckungsbeitrages des Fruchtfolgeausschnittes Körnerleguminose – Winterweizen in Abhängigkeit der Vorfrucht (€/ha)

	Forchheim a. K.		Hohenkammer			
	Erbse	Soja	Alvesta	Salamanca	ES Mentor	Merlin
<b>2015-2016</b>	2389 <sup>d</sup>	2790 <sup>cd</sup>	2028 <sup>f</sup>	1906 <sup>f</sup>	2914 <sup>e</sup>	3057 <sup>e</sup>
<b>2016-2017</b>	3578 <sup>ab</sup>	3964 <sup>ab</sup>	4225 <sup>cd</sup>	4204 <sup>cd</sup>	5284 <sup>a</sup>	4809 <sup>b</sup>
<b>2017-2018</b>	3370 <sup>bc</sup>	4078 <sup>a</sup>	2541 <sup>e</sup>	2239 <sup>ef</sup>	4684 <sup>bc</sup>	4153 <sup>d</sup>

Buchstaben geben signifikante Unterschiede je Standort an (Tukey-Test  $p < 0,05$ ); in Forchheim keine signifikante Wechselwirkung Kultur\*Sorte

## Danksagung

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der Eiweißpflanzen-strategie gefördert. Wir bedanken uns herzlich bei den Betriebsleitern Otmar Binder (Forchheim a. K.) und Helmut Steber (Hohenkammer) und bei allen Kolleginnen und Kollegen des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben.

## 4 Literaturverzeichnis

- Hauser S (1987) Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation Universität Göttingen
- Jost B (2003) Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation Universität Göttingen
- Mayer J & Heß J (1997) Welchen Beitrag zur Stickstoffversorgung leisten Körnerleguminosen. *Ökologie & Landbau* (3): 18-22
- Oberson A, Nanzer S, Bosshard C, Dubois D, Mäder P & Frossard E (2007) Symbiotic N<sub>2</sub> fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by 15N dilution and 15N natural abundance. *Plant Soil* (290): 69-83
- Stülpnagel R (1982) Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Journal of Agronomy and Crop Science* (1514): 446-458
- Zimmer S, Haase T, Stoll E, Heidt H & Heß J (2015) Korn- und Proteinertträge verschiedener Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemengeanbau sowie deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Eberswalde: 190-193

Zitiervorschlag: Urbatzka P, Paeßens B, Salzeder G, Uhl J, Butz A (2020): Vergleich der Leistung von Soja und Erbse in Süddeutschland. In: Wiesinger K, Reichert E, Saller J, Pflanz W (Hrsg.): Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbautag 2020, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 4/2020, 135-138