

# Vergleich der Fruchtfolgewirkung von Klee gras mit Mulchnutzung und Soja - Ergebnisse zweier Dauerversuche

Adelheid Castell<sup>1</sup>, Eberhard Heiles<sup>2</sup>, Georg Salzeder<sup>3</sup>, Martin Schmidt<sup>2</sup>, Robert Beck<sup>1</sup>, Robert Schätzl<sup>4</sup>, Regina Schneider<sup>1</sup> & Peer Urbatzka<sup>1</sup>

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

<sup>1</sup>Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

<sup>2</sup>Abteilung Versuchsbetriebe

<sup>3</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

<sup>4</sup>Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

## Zusammenfassung

Gerade im viehlosen ökologischen Landbau ist die Fruchtfolge eine der wichtigsten Einflussgrößen, die den pflanzenbaulichen Erfolg bestimmen. Als Stickstoffquelle stehen neben Klee gras auch vermarktungsfähige Leguminosen wie Soja zur Verfügung. Zwei der Fruchtfolgen des Dauerfruchtfolgeversuchs an zwei Standorten der Landesanstalt für Landwirtschaft lassen einen Vergleich zwischen Soja und einjährigem Klee gras in ihrer Wirkung auf die Nachfrüchte Winterweizen und Sommergerste zu. Die Erträge und auch die Qualitäten sind nach Soja signifikant niedriger als nach Klee gras, was die geringere Vorfruchtwirkung von Soja bestätigt. Betrachtet man dagegen die durchschnittlichen Fruchtfolgeerträge in Getreideeinheiten pro Jahr, liegen diese in beiden Fruchtfolgen auf gleichem Niveau. Die Humusgehalte entwickelten sich seit Versuchsbeginn erwartungsgemäß: sie stiegen in der Fruchtfolge mit Klee gras an und verringerten sich in der Fruchtfolge mit Soja. Die Deckungsbeiträge sind sehr stark durch den Sojaertrag wegen seines hohen Erlöses beeinflusst. Am Versuchsstandort Viehhausen ist der durchschnittliche Fruchtfolgedeckungsbeitrag der Fruchtfolge mit Soja höher als in der Fruchtfolge mit Klee gras. Gegenteiliges ist am zweiten Standort Puch zu beobachten. Vor allem die Unkrautproblematik verursachte einen im Mittel um 20 dt/ha niedrigeren Sojaertrag in Puch. Der Sojaanbau in Viehhausen zeigt, dass diese Leguminose in Abhängigkeit der Umwelt ökonomisch betrachtet Klee gras ersetzen kann. Ob das dauerhaft in die Praxis umgesetzt werden kann, wird bezweifelt.

## Abstract

Crop rotation is one of the most important factors which determines the success of crop cultivation in stockless organic farming. Grass-clover ley and marketable grain legumes, such as soybean, are available for nitrogen sources. Two crop rotation schemes in a long-term experiment at locations of the Bavarian State Research Center of Agriculture in Viehhausen and Puch allow for the estimation of the effect of soybean and annually grown grass-clover leys on winter wheat and spring barley cash crops. Compared to grass-clover leys, grain yield and quality of the cereals were generally lower after soybean cultivation. However, average crop rotation yields, presented in grain units per year, were similar. As expected, the organic carbon content in the top soil layer of the crop rotation including soybean decreased, while the grass-clover ley crop rotation pointed to increasing values. In contrast to the experiment in

Puch, the average contribution margin of the soybean crop rotation in Viehhausen was higher than that of grass-clover ley. This indicates that soybean cultivation can compensate for its negative effects on yield and quality of the cereals.

## Einleitung und Zielsetzung

Die Fruchtfolge ist eine der wichtigsten Einflußgrößen auf den pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Erfolg, die der Landwirt selbst in der Hand hat. Gerade im viehlosen ökologischen Landbau werden besonders hohe Anforderungen an die Fruchtfolgegestaltung gestellt. Hier sind die Betriebe auf eine Nährstoffzufuhr aus Körnerleguminosen oder Klee gras sowie Untersaaten und Zwischenfrüchten angewiesen. Da der Klee grasanbau in den meisten Fällen ein Jahr ohne Erlös bedeutet, ist der Anbau einer marktfähigen Körnerleguminose wie Soja eine wirtschaftlich interessante Alternative. Jedoch muss geprüft werden, inwieweit die unkrautunterdrückende Wirkung und die Stickstofffixierung von Klee gras durch Soja ersetzt werden kann. Zwei der Fruchtfolgen des Dauerfruchtfolgeversuchs der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) lassen einen Vergleich zwischen Soja und Klee gras zu hinsichtlich:

- Erträge der Nachfrüchte
- Qualitäten der Nachfrüchte
- Fruchtfolgeertrag
- Fruchtfolge-Deckungsbeitrag
- Entwicklung der  $C_{org}$ -Gehalte des Oberbodens

## Material und Methoden

Der Versuch wurde 1998 an zwei Standorten angelegt: zum einen an der Versuchsstation Viehhausen (Landkreis Freising) der Technischen Universität München (TUM), die seit 1995 ökologisch bewirtschaftet wird, zum anderen an der Versuchsstation Puch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) im Landkreis Fürstentfeldbruck, die diesen Versuch nach den Richtlinien der EU-Öko-Verordnung bewirtschaftet. Tabelle 1 stellt die wichtigsten Kennzahlen beider Versuchsstandorte dar.

**Tab. 1:** Kennzahlen der Versuchsstandorte Puch und Viehhausen

	Versuchsstation Puch (LfL)	Versuchsstation Viehhausen (TUM)
Höhenlage	550 m NN	490 m NN
Mittlere Jahrestemperatur	8,5 °C	7,8 °C
Mittlerer Jahresniederschlag	877 mm	786 mm
Bodenart	Sandiger Lehm	Sandiger Lehm
Ackerzahl	64	61

Der Versuch besteht aus sechs (Viehhausen), bzw. aus fünf (Puch) Fruchtfolgen (FF) in einer vollständig randomisierten Blockanlage mit drei Wiederholungen. Die Bruttoparzellengröße beträgt 150 m<sup>2</sup> (Viehhausen), bzw. 135 m<sup>2</sup> (Puch). Jedes Fruchtfolgefeld wird jedes Jahr angebaut. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in diesem Beitrag vorgestellten dreifeldrigen Fruchtfolgen an beiden Standorten, bezeichnet als FF-Klee gras und FF-Soja. Die beiden Fruchtfolgen FF-Klee gras und FF-Soja simulieren einen viehlosen Betrieb, d.h. das Klee gras wird gemulcht und es erfolgt keinerlei Nährstoffzufuhr über organische Düngung. In den Jahren 1998, 2004, 2010 und 2013 wurden aus der Tiefe 0-10 cm Bodenproben gezogen (40 Einstiche pro Parzelle) und die C<sub>org</sub>-Gehalte mittels Elementaranalyser bestimmt. Statt Soja wurden in den Jahren 1998 bis 2001 Ackerbohne, bzw. Futtererbse 2002 und 2003 angebaut.

**Tab. 2:** Übersicht über die Abfolge der Fruchtfolge mit Soja und der Fruchtfolge mit Klee gras an beiden Versuchsstandorten

	Viehhausen <sup>1)</sup>		Puch <sup>2)</sup>	
	FF-Klee gras	FF-Soja	FF-Klee gras	FF-Soja
<b>1. Jahr</b>	Klee gras <i>Blanksaat</i> <i>4 x Mulchen</i>	Soja	Klee gras <i>als Untersaat</i> <i>3 x Mulchen</i>	Soja
<b>2. Jahr</b>	Winterweizen <i>Untersaat</i> <i>Weißklee</i>	Winterweizen <i>Untersaat</i> <i>Weißklee</i>	Winterweizen <i>ZF:</i> <i>Alexandrinerklee</i>	Winterweizen <i>ZF:</i> <i>Alexandrinerklee</i>
<b>3. Jahr</b>	Sommergerste	Sommergerste <i>ZF:</i> <i>Alexandrinerklee/</i> <i>Weidelgras</i>	Sommergerste <i>Untersaat</i> <i>Klee gras</i>	Sommergerste <i>ZF:</i> <i>Alexandrinerklee</i>

<sup>1)</sup>Stroh wird belassen, <sup>2)</sup>Stroh wird abgefahren

Um gesamte Fruchtfolgen, bestehend aus unterschiedlichen Fruchtarten, miteinander vergleichen zu können, werden die Erträge mit bestimmten Faktoren gewichtet (Tabelle 3). So kann der durchschnittliche Fruchtfolgeertrag in Getreideeinheiten a<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> errechnet werden.

**Tab. 3:** Getreideeinheitenschlüssel (SCHULZE MÖNKING & KLAPP, 2010)

	Getreideeinheitenschlüssel GE/dt Ertrag	Ertrag bezogen auf 1 dt
Weizen	1,04	Kornertrag 86% TS
Gerste	1,00	Kornertrag 86% TS
Sojabohnen	1,15	Kornertrag 91% TS
Klee gras gemulcht	0,00	

Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.2. Zum Vergleich der Mittelwerte wurde der Student-Newman-Keuls-Test verwendet. Die  $C_{org}$ -Gehalte wurden mittels Regressionsanalyse verrechnet.

Die folgenden Ergebnisse mit Ausnahme der  $C_{org}$ -Gehalte des Bodens beziehen sich auf die Jahre nach Beginn des Sojaanbaus: Soja 2004-2010, Weizen 2005-2010 und Gerste 2006-2010. Die Orte wurden einzeln verrechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Erträge der Nachfrüchte Winterweizen und Sommergerste im Vergleich nach Klee gras und nach Soja. An beiden Standorten waren die durchschnittlichen Marktwarenerträge von Winterweizen und Sommergerste in der FF-Soja um 20 % bis 37 % geringer als in der FF-Klee gras. Das Ertragsniveau der Getreide in Puch war insgesamt höher als in Viehhausen. Auch SCHMIDT und LEITHOLD (2005) stellen im langjährigen Fruchtfolgeversuch am Gladbacherhof fest, dass nach großkörnigen Leguminosen im Gegensatz zu Klee gras die Getreideerträge sinken. Als Ursache werden die zunehmende Unkrautproblematik sowie die abnehmende Stickstoffversorgung genannt.

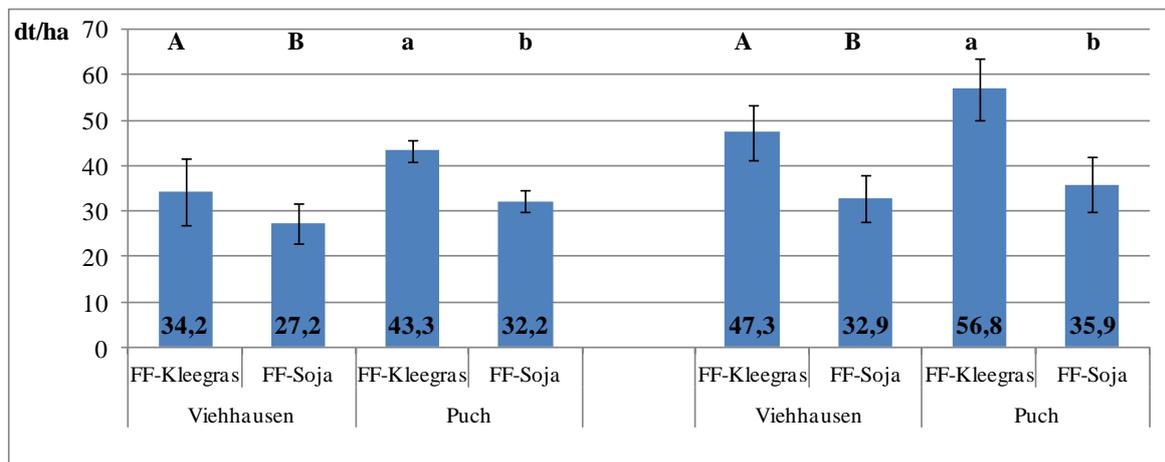


Abb. 1: Mittlerer Sommergerstenertrag (dt/ha) in Viehhausen und Puch 2006-2010 (linke Diagrammhälfte); Mittlerer Winterweizenertrag (dt/ha) in Viehhausen und Puch 2005-2010 (rechte Diagrammhälfte)

Unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,05$ ), Fehlerbalken zeigen Standardabweichung

Der Weizen erzielte in der FF-Klee gras um 1,6 (Puch) und 1,3 (Viehhausen) Prozentpunkte höhere durchschnittliche Rohproteingehalte als in der FF-Soja (Tabelle 4). Die Rohproteingehalte der Sommergerste lagen in der FF-Klee gras um 0,7 (Viehhausen) und 1,2 (Puch) Prozentpunkte höher als in der FF-Soja. Vergleichbare Unterschiede wurden für die Qualitätsmerkmale Feuchtklebergehalt und Backvolumen festgestellt, ebenfalls in Tabelle 4 dargestellt. Klee gras zeigte wie erwartet eine bessere Vorfruchtwirkung als Soja bezüglich dieser Merkmale. Die wichtigsten Ursachen hierfür sind zum einen die geringere Fixierleistung von Sojabohnen im Vergleich zu Klee gras. Der Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland (WENDLAND et al., 2012) gibt als Faustzahlen in Abhängigkeit des Ertrags eine N-Fixierung von 135 kg/ha durch Soja und 221 kg/ha durch Klee gras an, wobei diese Zahlen für konventionelle Betriebe gelten und im ökologischen Bereich wahrscheinlich höher angesetzt werden können.

Zum anderen besitzt die Sojabohne eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkraut. Mehrere Arbeitsgänge Striegeln und Hacken müssen eingeplant werden. Spätverunkrautung ist oft nur noch per Handhacke in den Griff zu bekommen (Regierungspräsidium Freiburg, 2013), wie es an beiden Versuchsstandorten in unterschiedlicher Intensität praktiziert wurde.

Die Fruchtfolgeerträge der jeweiligen Fruchtfolge, die mit Hilfe der mittleren jährlichen Getreideeinheiten bewertet wurden, unterschieden sich an beiden Standorten nicht signifikant (Tabelle 4). Ursache dafür ist die stärkere Gewichtung der Leguminosen (siehe Tabelle 3) im Vergleich zu Getreide. Der mittlere Sojaertrag in Puch lag mit 16,3 dt/ha um 20 dt/ha unter dem Ertrag in Viehhausen.

Einen vergleichbaren Effekt übte der Sojaertrag auf den Fruchtfolgedeckungsbeitrag aus (Tabelle 4). Dieser fiel in Viehhausen in der FF-Soja um 303 €/ha höher aus als in der FF-Klee gras. In Puch war dagegen die FF-Klee gras der FF-Soja um 203 €/ha überlegen. Der mit 34,6 dt/ha um 20 dt/ha höhere Sojabohnenertrag in Viehhausen im Vergleich zu Puch konnte die geringeren Erträge und Qualitäten der Nachfrüchte durch seinen Deckungsbeitrag kompensieren. In Puch wäre ökonomisch betrachtet, die FF-Klee gras vorzuziehen.

Im Deckungsbeitrag berücksichtigt, sind für Handhacken im Sojabestand in Viehhausen durchschnittlich 69 AKh, in Puch 9,9 AKh.

**Tab. 4:** *Qualitäten von Winterweizen und Sommergerste in der FF-Klee gras und FF-Soja an beiden Standorten*

	Viehhausen		Puch	
	FF-Klee gras	FF-Soja	FF-Klee gras	FF-Soja
<b>RP-Gehalt Weizen (%)</b>	11,8	10,5	11,7	10,1
<b>Feuchtkleber Weizen (%)</b>	24,8	19,9	25,7	19,5
<b>Backvolumen Weizen (ml)</b>	665	586	616	539
<b>RP-Gehalt Gerste (%)</b>	11,1	10,5	10,5	9,5
<b>Fruchtfolge-Deckungsbeitrag (€/Jahr)</b>	519	822	790	587
<b>Fruchtfolgeertrag (GE/Jahr)</b>	29,1	35,6	33,4	30,3

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der  $C_{org}$ -Gehalte des Oberbodens von 1998, dem Jahr der Versuchsanlage, bis 2013. An beiden Standorten ist ein klarer Trend erkennbar: die  $C_{org}$ -Gehalte in der Fruchtfolge Klee gras stiegen an, wobei das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) hoch signifikant war. Die Humusmehrung im Vergleich zu 1998 war in Puch im Jahr 2013 signifikant, in Viehhausen jedoch nicht (Daten nicht dargestellt).

Dagegen verringerten sich die  $C_{org}$ -Gehalte in der Fruchtfolge mit Soja/Körnerleguminose (1998-2004 Ackerbohne bzw. Erbse), wie die Regressionsanalyse in Abbildung 2 zeigt. Diese Ergebnisse entsprechen bei Betrachtung der jeweiligen Humus-C-Gewinne den Erwartungen (KÖRSCHENS et al., 2004).

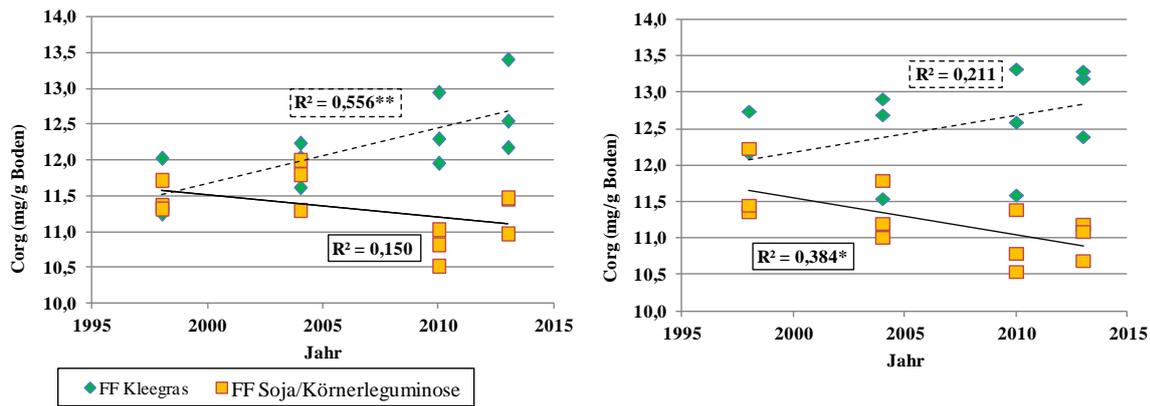


Abb. 2:  $C_{org}$ -Gehalte (mg/g Boden) in Viehhausen (links) und Puch (rechts) mit zugehöriger Regressionsgerade über den Versuchszeitraum 1998 bis 2013 in Abhängigkeit der Fruchtfolge; Regressionsgerade gestrichelt: FF-Klee gras, durchgehend: FF-Soja

\* = signifikant, \*\* = hoch signifikant, KL = Körnerleguminose

## Schlussfolgerung

Die beiden Fruchtfolgen am Standort Viehhausen zeigen, dass die Sojabohne die geringeren Erträge und Qualitäten ihrer Nachfrüchte wegen ihres hohen Deckungsbeitrags kompensieren kann. Ob die intensive Unkrautregulierung per Hand und die hohen Erträge in Viehhausen in die Praxis übertragbar sind, ist jedoch zu bezweifeln.

Ein entscheidender Faktor für die niedrigen Sojaerträge in Puch war das unterschiedliche Maß der Unkrautregulierung. Der ökonomische Erfolg hängt in Puch folglich stark von den Nachfrüchten ab, sodass in diesem Fall Klee gras als Vorfrucht besser geeignet ist. Zudem zeigten die Bodenuntersuchungen erwartungsgemäß eine stärkere Humusmehrung in der FF-Klee gras als in der FF-Soja.

Insgesamt kann daher der Praxis nicht empfohlen werden, Klee gras dauerhaft durch Soja zu ersetzen.

## Danksagung

Wir möchten uns bei allen Kollegen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der TU München, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben, bedanken.

## Literaturverzeichnis

KÖRSCHENS, M., EBERTSEDER, T., GUTSER, R., HEYN, J., SAUERBECK, D., 2004: VDLUFA-Standpunkt; Humusbilanzierung-Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf> (Stand: Februar 2014)

Regierungspräsidium Freiburg, 2013: Anbauanleitung für Sojabohnen 2013 [http://www.sojafoerderrung.de/media/dokumente/Anbauanleitung\\_fuer\\_Sojabohnen\\_2013\\_lan\\_g.pdf](http://www.sojafoerderrung.de/media/dokumente/Anbauanleitung_fuer_Sojabohnen_2013_lan_g.pdf) (Stand Februar 2014)

SCHMIDT H., LEITHOLD G., 2005: Ökologischer Ackerbauversuch Gladbacherhof – Effekte von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung in der ersten Rotation. In: Heß J., Rahmann G.

(Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, kassel university press gmbh, Kassel, 255-258.

SCHULZE MÖNKING, S., KLAPP, C., 2010: Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels <http://download.ble.de/06HS030.pdf> (Stand: November 2013)

WENDLAND, M., DIEPOLDER, M., CAPRIEL, P., 2012: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising

Zitiervorschlag: Castell A, Heiles E, Salzeder G, Schmidt M, Beck R, Schätzl R, Schneider R & Urbatzka P (2014): Vergleich der Fruchtfolgewirkung von Klee gras mit Mulchnutzung und Soja - Ergebnisse zweier Dauerversuche. In: Wiesinger K, Cais K & Obermaier S (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2014, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 2/2014, 144-150