

## **N<sub>2</sub>-Fixierung und Vorfruchtwirkung vom Klee gras in Abhängigkeit der Standdauer und Nutzungsart in einem Dauerfeldversuch**

Urbatzka P<sup>1</sup>, Heiles E<sup>1</sup>, Mikolajewski S<sup>1</sup> & Castell A<sup>1</sup>

*Keywords: Differenzmethode, N-Bilanz, Kartoffel, Weizen, Backqualität.*

### **Abstract**

*N<sub>2</sub>-fixation and preceding crop effect of grass clover leys were examined in a long-term trial in the 13<sup>th</sup> until 15<sup>th</sup> year of duration for three crop rotations. The three- and five-year crop rotations differed in the utilization of grass clover swards (cutting and fertilizing of the subsequent crops or mulching without fertilizing) and in the growing duration of grass clover swards (two or one year; only cutting). Subsequent crops for all crop rotations were potato and winter wheat.*

*N<sub>2</sub>-fixation measured with the total difference method showed mostly higher amounts for cutting than for mulching. These amounts were obviously underestimated, because the nitrogen yield of the succeeding crop could not be explained. Thus, the nitrogen balance of the crop rotations was always negative. Growing two-years grass clover leys resulting in higher yields of both subsequent crops. The utilization differed only in the second subsequent crop with higher yields after cutting.*

### **Einleitung und Zielsetzung**

Die N<sub>2</sub>-Fixierung und Vorfruchtwirkung vom Klee gras im ökologischen Landbau wurde bisher in kurzzeitigen Feldversuchen im deutschsprachigen Raum untersucht (z. B. Loges et al. 2001). Ziel dieser Arbeit war die Erhebung dieser Parameter in einem Dauerfeldversuch nach langjähriger Laufzeit. Zudem wurde die geschätzte N<sub>2</sub>-Fixierung mit den im Versuch erzielten N-Erträgen der Nachfrüchte rechnerisch nötigen N<sub>2</sub>-Fixierung verglichen.

### **Methoden**

Der Dauerfeldversuch wurde im Herbst 1997 auf der Versuchsstation Puch angelegt (Landkreis Fürstenfeldbruck, sL, Bodenzahl 64, langjährige Mittel 882 mm und 8,8 °C). Der Feldversuch besteht aus insgesamt fünf Fruchtfolgen (FF1-FF6) mit Landwechsel, angelegt als Blockanlage (N=3). Die Brutto parzellengröße beträgt 150 m<sup>2</sup>. Dabei simulieren FF1 und FF2 ein viehhaltendes Betriebssystem, in dem Klee gras geschnitten und abgefahren wird. Zu den Marktfrüchten erfolgt eine organische Düngung in Form von Rindergülle. FF4 bis FF6 werden wie viehlose Betriebe geführt, d.h. das Klee gras wird gemulcht und es erfolgt keine organische Düngung (Details siehe Castell et al. 2016). Jede Kultur wird jedes Jahr angebaut.

In diesem Beitrag wurden als 1. Faktor Fruchtfolge (Standdauer, Nutzung) die FF1, FF2 und FF4 einbezogen (siehe Tab. 1). Als Nachfrüchte nach zweijährigem (FF1) und einjährigem (Klee-)Gras (FF2, FF4) wurden Kartoffeln (cv. *Agría*) in den Jahren 2012

---

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising, Deutschland, [peer.urbatzka@lfl.bayern.de](mailto:peer.urbatzka@lfl.bayern.de), [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de)

bis 2014 und Winterweizen (cv. *Achat*) in den Jahren 2013 bis 2015 angebaut. Das Getreidestroh wurde abgefahren. Als 2. Faktor (Vorfrucht) wurde Klee gras mit Luzerne, Rot- und Weißklee sowie Gras (Klee grasmischung ohne Leguminosen) gesät. Es handelte sich um ein dreischüriges System mit Ernten etwa Ende Mai, Mitte Juni und Mitte bis Ende September.

Die Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierung erfolgte über die einfache Differenzmethode (Haystead 1981). Die N-Bilanz wurde unter Berücksichtigung der Zufuhr (N<sub>2</sub>-Fixierung, Gülle) und Abfuhr (Klee gras, Marktfrüchte, Stroh) für die gesamte Fruchtfolge berechnet. Die für die gemessene Ertragshöhe der Rotation rechnerisch nötige N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen wurde aus der Summe der N-Erträge, der Veränderung im Bodenpool nach Castell et al. (2016) und einer jährlichen N-Deposition von 11 kg N/ha abzüglich der organischen Düngung kalkuliert. Rohproteingehalt, Sedimentationswert und Feuchtklebergehalt wurden nach den Standard-Methoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie (ICC 2014) festgestellt. Das Backvolumen wurde nach einem Rapid-Mixed-Test nach Doose (1982) bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Prozedur mixed in SAS 9.4.

**Tabelle 1: Überblick über die Fruchtfolgen im Dauerfeldversuch Puch**

Fruchtfolge	FF1	FF2	FF4
kg N/ha pro FF <sup>1)</sup>	267	185	-
1. Jahr	(Klee-)Gras <sup>2)</sup> (Schnitt)	(Klee-)Gras <sup>2)</sup> (Schnitt)	(Klee-)Gras <sup>2)</sup> (Mulch)
2. Jahr	(Klee-)Gras (Schnitt)	Kartoffel <sup>3)</sup> 25 m <sup>3</sup> Gülle	Kartoffel
3. Jahr	Kartoffel 25 m <sup>3</sup> Gülle <sup>3)</sup>	Winterweizen 20 m <sup>3</sup> Gülle <sup>4)</sup>	Winterweizen
4. Jahr	Winterweizen 20 m <sup>3</sup> Gülle <sup>4)</sup>	1) Gesamt-N via Düngung (Ø 2005-2013) 2) Untersaat in das vorhergehende Getreide 3) Güllegabe kurz vor Pflanzung 4) Güllegabe Ende Bestockung	
5. Jahr	Winterroggen 20 m <sup>3</sup> Gülle <sup>4)</sup>		

## Ergebnisse

Zwischen den beiden Faktoren Fruchtfolge und Vorfrucht gab es bei keinem Prüfparameter eine signifikante Wechselwirkung. Der TM-Ertrag (nicht dargestellt) und N-Ertrag (Tab. 2) zwischen den Fruchtfolgen unterschied sich bei Betrachtung der Einzeljahre des zweijährigen Klee grases weder im Gesamtertrag noch bei einem einzelnen Schnitt. Der nachlassende Ertrag im zweiten Hauptnutzungsjahr ist v.a. auf geringere Anteile von Rotklee zurückzuführen (Daten nicht dargestellt). In der Variante Gras wurde im Vergleich zum Klee gras ein geringerer Ertrag festgestellt (N-Ertrag in Tab. 2). Beim ersten Schnitt lag der N-Ertrag beim Klee gras etwa doppelt so hoch. Der Ertragsunterschied stieg im weiteren Wachstumsverlauf an.

Die mit der Differenzmethode geschätzte N<sub>2</sub>-Fixierung lag bei Abfuhr des Klee grases in FF1 im ersten Nutzungsjahr und in FF2 höher als bei Mulchnutzung in FF4 (Tab. 2). Die Unterschiede sind hierbei insbesondere auf den zweiten Schnitt zurückzuführen, welcher beim Klee gras auch der ertragreichste war. Die N-Bilanz des Klee grases unterschied sich zwischen allen Fruchtfolgen signifikant und fiel jeweils deutlich negativ aus: FF1 -245, FF2 -123, FF4 -59 kg N/ha. Die nötige N<sub>2</sub>-Fixierung war etwa doppelt so hoch wie die mit der einfachen Differenzmethode kalkulierte N<sub>2</sub>-Fixierung (97 bis 103 %, Tab. 2).

**Tabelle 2: N-Ertrag und N<sub>2</sub>-Fixierung in Abhängigkeit der Fruchtfolge (oben; Mittel Klee gras und Gras) und der Vorrucht (unten; Mittel der Fruchtfolgen)**

FF	N-Ertrag (kg/ha)				N <sub>2</sub> -Fixierung (kg/ha)				
	Sch. 1-3	1. Sch.	2. Sch.	3. Sch.	Sch. 1-3 <sup>#</sup>	1. Sch. <sup>#</sup>	2. Sch. <sup>#</sup>	3. Sch. <sup>#</sup>	Sch. 1-3 <sup>*</sup>
1 (1. J)	126 <sup>A</sup>	40,2 <sup>A</sup>	48,0 <sup>A</sup>	38,0 <sup>A</sup>	119 <sup>AB</sup>	25,7 <sup>A</sup>	57,1 <sup>AB</sup>	35,8 <sup>A</sup>	458 °
1 (2. J)	117 <sup>A</sup>	45,2 <sup>A</sup>	44,8 <sup>A</sup>	26,6 <sup>A</sup>	103 <sup>BC</sup>	36,3 <sup>A</sup>	47,8 <sup>B</sup>	18,6 <sup>B</sup>	
2	137 <sup>A</sup>	44,9 <sup>A</sup>	53,7 <sup>A</sup>	38,4 <sup>A</sup>	136 <sup>A</sup>	31,7 <sup>A</sup>	66,1 <sup>A</sup>	38,6 <sup>A</sup>	266
4	126 <sup>A</sup>	46,9 <sup>A</sup>	41,3 <sup>A</sup>	38,1 <sup>A</sup>	91 <sup>C</sup>	27,5 <sup>A</sup>	32,8 <sup>C</sup>	31,0 <sup>AB</sup>	176
KG	183 <sup>a</sup>	59,4 <sup>a</sup>	72,4 <sup>a</sup>	50,8 <sup>a</sup>					
Gras	70 <sup>b</sup>	29,1 <sup>b</sup>	21,5 <sup>b</sup>	19,8 <sup>b</sup>					

Sch.: Schnitt, FF: Fruchtfolge, J: Jahr, KG: Klee gras, <sup>#</sup> Differenzmethode, <sup>\*</sup> nötige N<sub>2</sub>-Fixierung, ° 1. + 2. Jahr; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (Tukey, p < 0,05)

Bei der Kartoffel als erste Nachfrucht fiel der Ertrag in FF1 mit zweijährigem Klee gras höher aus als in FF2 und FF4 (Tab. 3). Bei der Sortierung erreichte FF1 einen geringeren Anteil Untergrößen und im mittleren Segment sowie einen höheren Anteil Übergrößen. Bei Gras als Vorrucht wurden ein geringerer Ertrag und ein höherer Anteil Untergrößen im Vergleich zum Klee gras festgestellt. Auch beim Winterweizen als zweite Nachfrucht lag der Ertrag in FF1 am höchsten (Tab. 3). Beim Weizen unterschieden sich im Ertrag auch die FF2 und FF4. In der Backqualität lagen nur beim Volumen Unterschiede vor: FF4 erzielte das Größte. Nach der Vorrucht Klee gras war im Vergleich zum Gras der Ertrag, aber nicht die Backqualität erhöht.

**Tabelle 3: Ertrag und Qualität der Nachfrüchte in Abhängigkeit der Fruchtfolge (oben; Mittel Klee gras und Gras) und der Vorrucht (unten; Mittel der Fruchtfolgen)**

FF	Kartoffel				Winterweizen				
	Ertrag (dt/ha)	Sortierung			Ertrag (dt/ha)	Volumen (ml)	Feuchtkleber (%)	Sedimentationswert	Rohprotein (%)
		<35 mm (%) *	35-55 mm (%) *	>55 mm (%)					
1	297,1 <sup>A</sup>	4,6 <sup>B</sup>	53,9 <sup>B</sup>	41,6 <sup>A</sup>	50,1 <sup>A</sup>	503 <sup>B</sup>	16,0 <sup>A</sup>	20,7 <sup>A</sup>	9,4 <sup>A</sup>
2	209,4 <sup>B</sup>	10,0 <sup>A</sup>	65,3 <sup>A</sup>	24,5 <sup>B</sup>	44,9 <sup>B</sup>	502 <sup>B</sup>	15,9 <sup>A#</sup>	20,8 <sup>A</sup>	9,5 <sup>A</sup>
4	187,1 <sup>B</sup>	15,4 <sup>A</sup>	65,2 <sup>A</sup>	19,4 <sup>B</sup>	38,3 <sup>C</sup>	521 <sup>A</sup>	16,9 <sup>A#</sup>	21,3 <sup>A</sup>	9,5 <sup>A</sup>
KG	269,1 <sup>a</sup>	8,2 <sup>b</sup>	63,6 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>	509 <sup>a</sup>	16,5 <sup>a</sup>	21,2 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>
Gras	193,4 <sup>b</sup>	11,8 <sup>a</sup>	59,3 <sup>a</sup>	29,0 <sup>a</sup>	42,3 <sup>b</sup>	508 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	20,6 <sup>a</sup>	9,4 <sup>a</sup>

FF: Fruchtfolge, KG: Klee gras; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (Tukey, p < 0,05), bei \* mit Box-Cox-Powertransformation, # = Tendenz (0,05 < p < 0,1)

## Diskussion

Eine geringere N<sub>2</sub>-Fixierung bei Mulchnutzung im Vergleich zur Schnittnutzung deckt sich mit der Literatur (z. B. Loges et al. 2001). Die negativen N-Bilanzen aller drei Fruchtfolgen weisen auf eine deutliche Unterschätzung der N<sub>2</sub>-Fixierung in Übereinstimmung z. B. zu Loges et al. (2001) hin, da wesentliche Größen (Wurzeln, Stoppeln, Rhizodeposition und N-Transfer ins Gras) nicht erfasst worden sind. Zudem konnte der N-Gehalt im Boden in allen drei Fruchtfolgen seit Versuchsbeginn gesteigert werden (Castell et al. 2016). Interessanterweise lag bei allen Fruchtfolgen die kalkulierte

nötige N<sub>2</sub>-Fixierung etwa doppelt so hoch wie die mit der Differenzmethode geschätzte N<sub>2</sub>-Fixierung.

Bei der Vorruchtwirkung zeigte sich wahrscheinlich aufgrund einer längeren Standdauer eine Überlegenheit vom zweijährigen Klee gras mit Schnittnutzung. Beim Vergleich der Nutzungsart konnte anscheinend zur ersten Nachfrucht Kartoffel die höhere auf dem Feld verbliebene Menge bei Mulchen des Klee grasses in Übereinstimmung zu Loges et al. (1999) die organische Düngungsmöglichkeit bei Schnittnutzung ausgleichen. Zur zweiten Nachfrucht war der flexible einzusetzende Dünger bei Schnittnutzung einer Mulchnutzung überlegen.

## Schlussfolgerungen

Gemulchtes Klee gras fixiert weniger N<sub>2</sub> als bei Schnittnutzung. Die mit der einfachen Differenzmethode erhobene N<sub>2</sub>-Fixierung unterschätzt die tatsächlich nötige N<sub>2</sub>-Fixierung erheblich, da die N-Abfuhr der Nachfrüchte nicht erklärt werden kann. Damit ist die einfache Differenzmethode zur Bestimmung von Unterschieden, aber nicht zur Erhebung der fixierten Menge im Klee gras ausreichend. Knackpunkt ist der nicht erhobene unterirdische Eintrag und die Stoppeln.

Eine höhere Vorruchtwirkung in den ersten beiden Nachfrüchten liegt beim Anbau eines zweijährigen Klee grasses im Vergleich zu einem einjährigen Klee gras vor. Der Ertrag nach einjährigem Klee gras differiert bzgl. der Nutzungsart erst in der zweiten Nachfrucht.

## Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei allen Kollegen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die zu dem Forschungsvorhaben beigetragen haben, und beim Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens.

## Literatur

- Castell A, Eckl T, Schmidt M, Beck R, Heiles E, Salzeder G & Urbatzka P (2016): Fruchtfolgen im ökologischen Landbau – Pflanzenbaulicher Systemvergleich in Viehhausen und Puch. Zwischenbericht über die Jahre 2005-2013. LfL-Schriftenreihe 9, 90 Seiten
- Doose O (1982) Verfahrenstechnik Bäckerei. Gildebuchverlag, Alfeld, 6. Auflage
- Haystead A (1981) Nitrogen Fixation and Transfer. In: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davis, A.; Laidlaw, S.; Leaver, J.D. Hrsg.
- ICC (Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und Getreidetechnologie) (2014): [https://www.icc.or.at/standard\\_methods](https://www.icc.or.at/standard_methods), Abruf 1.9.2014
- Loges R, Kaske A & Taube F (1999): Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. DARCOF Report 1, 181-190
- Loges R, Ingwersen K & Taube F (2001): Methodische Aspekte zur Bestimmung der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Leguminosen. 45. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, 29-32