

Schnittgutabfuhr oder Gründüngung? Auswirkung der Klee gras-Nutzung auf Nitrat im Sickerwasser und Folgefrüchte

Cutting or Mulching? Impact of grass-clover management on nitrate in the leachate and succeeding crops

S. Drey mann¹, R. Loges¹, F. Taube¹

Key words: Organic Farming, Grass-Clover, Green Manure, Nitrate-Leaching, Wheat
Schlüsselwörter: Ökologischer Landbau, Klee gras, Nitrat-Auswaschung, Weizen

Abstract: *A field experiment was conducted to evaluate the impact of different management systems of grass-clover (various cutting and/or mulching combinations) and date of ploughing (autumn or spring) on the fate of nitrogen (N) and the yield of succeeding wheat. The 3-cut system resulted in nitrate losses below the limit of the EC Nitrate Directive (91/676/EEC), even with ploughing in autumn. When ploughed in spring, treatments with frequent cutting and/or mulching induced nitrate leaching below the critical value. In contrast, losses from swards mulched only once were considerably above the threshold value, independently of ploughing time. With swards mulched and ploughed in autumn, nitrate concentrations exceed the EC-limit. The management of grass-clover swards did not affect the yield of wheat, whereas ploughing in autumn increased the yield. It is concluded, that appropriate grass-clover management and date of ploughing can reduce N-leaching, even in stockless farms.*

Einleitung und Zielsetzung:

Der Anbau von Klee gras hat in Fruchtfolgen des Ökologischen Landbaus eine hohe Bedeutung, da die Luftstickstoffbindung des Klees den wesentlichen Beitrag zum Betriebs-Stickstoff-(N)-Input leistet und ohne mineralisch-synthetischen Betriebsmitteleinsatz qualitativ hochwertiges Raufutter produziert werden kann. Je nach Betriebstyp werden die Bestände als Ackerfutter (Schnittgutabfuhr) bzw. Gründüngung (Mulchen) genutzt. Ein zunehmender Teil ökologischer Betriebe wirtschaftet viehlos und belässt den gemulchten Klee gras-Aufwuchs auf der Fläche. Seit dem Wirtschaftsjahr 2001/2002 ist aber auch die Abfuhr von Klee gras-Aufwüchsen von ökologischen Stilllegungsflächen möglich. Bekannt ist, dass durch den Umbruch von Klee gras-Beständen im Herbst erhebliche N-Mengen mineralisiert werden und der Auswaschung mit dem Sickerwasser unterliegen können (HEß, 1989). Im Vergleich zur Schnittgutabfuhr können durch Mulchen zusätzlich umweltrelevante N-Verluste durch Ausgasung bzw. Auswaschung (RUHE et al., 2003) entstehen und in Verbindung mit niedrigeren N₂-Fixierungsleistungen den N-Input des Betriebes erheblich verringern.

Im Hinblick auf das Leitbild des Ökologischen Landbaus als eine ressourcenschonende Landnutzungsform und der hohen Anbaubedeutung von Winterweizen besteht die Notwendigkeit, verschieden bewirtschaftete Klee gras-Bestände nach Herbstumbruch auf einem N-austragsgefährdeten Standort auf wesentliche Kenngrößen des Stickstoff-(N)-Haushaltes wissenschaftlich zu überprüfen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden vier unterschiedlich bewirtschaftete Klee gras-Bestände sowohl nach Herbst- als auch nach Frühjahrsumbruch hinsichtlich Klee gras-Ernterückstände, Boden-N_{min}-Gehalt, Nitrat im Sickerwasser und Folgefruchtertrag untersucht. Das Ziel war, eine Klee gras-Bewirtschaftungsform mit optimaler Folgefruchtertragsleistung bei gleichzeitig minimalem Nitrat-(NO₃⁻)-Austrag für marktfruchtorientierte Betriebe zu ermitteln.

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lehrstuhl Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau; Universität Kiel, Hermann-Rodewald Str. 9, 24118 Kiel. Email sondrey@email.uni-kiel.de

Methoden:

Die Untersuchungen wurden auf dem Versuchsgut Lindhof der Universität Kiel (Bodenart IS-sL, Bodenwertzahl 40-45, mittlerer Jahresniederschlag: 774mm, Jahresmitteltemperatur: 8,7°C) im Rahmen einer zweifaktoriellen Streifenanlage in dreifacher Wiederholung durchgeführt. Die Klee gras-Ernterückstände (Gesamt-Residuen) setzen sich aus der oberirdischen Biomasse, die je nach Nutzung auch Mulchmaterial vorheriger Aufwüchse enthielt, und den Wurzeln zusammen. Weiterhin wurde der Boden-N_{min}-Gehalt (Oktober), Nitrat im Sickerwasser (November bis März) sowie der Ertrag der Folgefrucht bestimmt. Die Versuchsfaktoren sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Saatmischung des Klee gras-Bestandes setzte sich aus Rotklee (*Trifolium pratense* L. cv. Pirat; 8 kg ha⁻¹) und Dt. Weidelgras (*Lolium perenne* L. cv. Fennema; 10 kg ha⁻¹) zusammen. Die Klee gras-Nutzungen wurden jeweils in den Jahren 2001 und 2002 Ende Mai, Mitte Juli und Ende August (S, S+GD, GD_{int.}) bzw. Mitte Juli (GD_{ext.}) durchgeführt. Der nach der letzten Nutzung gewachsene Aufwuchs wurde beim Umbruch (Pflug) im Herbst (Oktober) bzw. im Frühjahr eingearbeitet. Im direkten Anschluss erfolgte die Aussaat von Weizen (Erntejahre 2002 bzw. 2003). Sickerwasserproben wurden mit Hilfe einer Saugkerzenanlage gewonnen und die Sickerwassermenge auf Basis der klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung der täglichen Bodenwasservorratsänderung berechnet (KETELSEN & WIDMOSER, 1998). Die mittlere NO₃⁻-Konzentration wurde als arithmetisches Mittel aus den Konzentrationen der einzelnen Beprobungstermine bestimmt. Die Varianzanalysen erfolgten mit SAS (Prozedur Mixed). Wechselwirkungen wurden mit der Option „slice“ betrachtet.

Tabelle 1: Faktoren und Faktorstufen der Versuchsanlage

Faktor	Faktorstufe		
1. Klee gras-Nutzung	1.1	Schnittgutabfuhr	3 Schnitte (S)
	1.2	Mischsystem	2 Schnitte + 1x Mulchen (S+GD)
	1.3	Gründüngung (intensiv)	3x Mulchen (GD _{int.})
	1.4	Gründüngung (extensiv)	1x Mulchen (GD _{ext.})
2. Umbruchzeitpunkt	2.1	Herbst (HU)	Folgefrucht Winterweizen
	2.2	Frühjahr (FU)	Folgefrucht Sommerweizen
3. Untersuchungsperiode	3.1	2001 / 2002	Klee gras 1. HNJ* / Erntejahr Weizen
	3.2	2002 / 2003	Klee gras 1. HNJ* / Erntejahr Weizen

* 1. HNJ: 1. Hauptnutzungsjahr

Ergebnisse und Diskussion:

Die 3-mal gemulchte Gründüngung (GD_{int.}) zeigte keinen Unterschied zu den Varianten mit Schnittgutabfuhr (S, S+GD) hinsichtlich der OM- bzw. N-Menge zum Herbstumbruch (HU) (Tab. 2). Die Boden-N_{min}-Gehalte (Oktober) belegten indessen eine N-Akkumulation der ausschließlich gemulchten Varianten (GD_{int.}, GD_{ext.}) gegenüber denen mit Schnittgutabfuhr (ohne Abbildung). Für die 1-mal gemulchte Gründüngung (GD_{ext.}) wurde zum HU im Vergleich zu den anderen geprüften Nutzungen eine höhere OM bzw. N-Menge der Gesamt-Ernterückstände nachgewiesen (Tab. 2). Da das einmalige Mulchen von GD_{ext.} zum zweiten Bewirtschaftungstermin der Varianten S, S+GD und GD_{int.} erfolgte, wurde eine vergleichsweise hohe Biomasseakkumulation mit gleichzeitig niedriger N-Konzentration in der oberirdischen Biomasse erzeugt (Tab. 2). Die Anzahl der Mulchvorgänge beeinflusste nicht nur das Alter des oberirdischen Pflanzenmaterials und demzufolge die Substratverfügbarkeit für den mikrobiellen Abbau (WIVSTAD, 1999), sondern führte in der Bestandesentwicklung auch zu einer Verdrängung des Gemengepartners Gras. So kam es in der Variante GD_{ext.} zu einer außerordentlich hohen Akkumulation von Rotklee-Biomasse, und freiwerdender N konnte nicht vom Gemengepartner abgeschöpft und konserviert werden.

Tabelle 2: Bedeutung der Interaktion Klee gras-Nutzung*Umbruchtermin für die N-Konzentration der oberirdischen Residuenfraktion sowie die organische Masse (OM) und N-Menge der Gesamt-Ernterückstände (oberirdische Biomasse + Wurzeln) im Mittel der Untersuchungsjahre

Residuenfraktion	Parameter	Zeitpunkt	Klee gras-Nutzungssystem				¹⁾ Pr>F
			S	S+GD	GD _{int.}	GD _{ext.}	
Oberirdische Biomasse	N-Konzentration [%]	HU	3,45 ^a	3,12 ^a	3,12 ^a	2,67 ^b	***
		FU	3,32 ^a	3,25 ^a	3,40 ^a	2,63 ^b	***
		²⁾ Pr>F	ns	ns	ns	ns	
Gesamt-Residuen	OM [g m ⁻²]	HU	533,0 ^b	521,7 ^b	626,3 ^b	810,5 ^a	***
		FU	577,5	560,4	598,3	478,1	ns
		²⁾ Pr>F	ns	ns	ns	***	
	N-Menge [g m ⁻²]	HU	15,11 ^b	14,53 ^b	16,70 ^b	21,76 ^a	***
		FU	16,23	15,57	17,21	13,34	ns
		²⁾ Pr>F	ns	ns	ns	***	

HU= Herbstumbruch, FU= Frühjahrsumbruch; Signifikanzniveaus aus dem Test of Effect Slices: ns= nicht signifikant ($p \geq 5\%$); * = signifikant ($5\% > p \geq 1\%$); ** hoch signifikant ($1\% > p \geq 0,1$); *** höchst signifikant ($p < 0,1\%$); Multipler Mittelwertvergleich entsprechend dem T-Test mit Korrektur der Überschreitungswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm: ¹⁾Vergleich der Nutzungssysteme innerhalb eines Umbruchtermins (slice= Umbruchtermin), Werte mit gleichem Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich ($P \geq 0,05$) und ²⁾Vergleich HU vs. FU innerhalb einer Nutzungsform (slice= Nutzungssystem) ohne Buchstaben

Die varianzanalytische Auswertung ergab für die Prüffaktoren Nutzungssystem und Umbruchtermin einen signifikanten Effekt auf die mittlere NO₃⁻-Konzentration im Sickerwasser (Tab. 3). Die Darstellung der mittleren NO₃⁻-Konzentration erfolgt als Interaktion zwischen Nutzungssystem und Umbruchtermin im Mittel beider Sickerwasserperioden (Abb. 1).

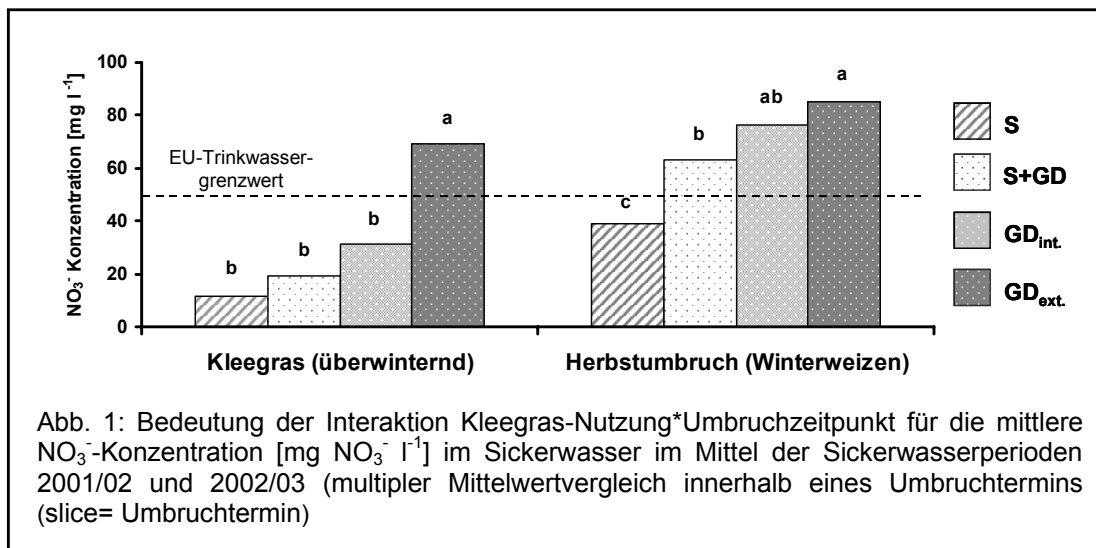
Tabelle 3: Ergebnisse der Varianzanalyse für die mittlere NO₃⁻-Konzentration [mg NO₃⁻ l⁻¹]

NO ₃ ⁻ -Konzentration [mg NO ₃ ⁻ l ⁻¹] im Sickerwasser							
Varianzursache	j	sys	j*sys	umb	j*umb	umb*sys	j*umb*sys
F-Wert / Pr> F	0,25 ns	23,34 ***	4,29 *	92,79 ***	4,02 ns	4,23 *	1,45 ns

j= Jahr; sys= Nutzungssystem; umb= Umbruchtermin; Signifikanzniveaus aus dem F-Test (siehe Tab. 2)

Für die überwinterten Klee gras-Bestände, die mehrfach bewirtschaftet wurden (S, S+GD, GD_{int.}), betrug die mittlere NO₃⁻-Konzentration im Sickerwasser 12 bis 31 mg NO₃⁻ l⁻¹ (Abb. 1). Damit lagen diese Varianten unterhalb des EU-Grenzwertes von 50 mg NO₃⁻ l⁻¹, während nach Herbstumbruch alle Klee gras-Nutzungssysteme mit Mulchvorgängen NO₃⁻-Konzentrationen verursachten, die den Grenzwert überschritten (Abb. 1). Nach Herbstumbruch wurde lediglich die mittlere NO₃⁻-Konzentration der reinen Schnittnutzung (S) unterhalb des Grenzwertes der Nitrat-Richtlinie (91/676/EWG) bestimmt. Die mittlere NO₃⁻-Konzentration im Sickerwasser nach 1-mal gemulchter Gründüngung (GD_{ext.}) lag unabhängig vom Umbruchtermin deutlich oberhalb des Trinkwassergrenzwertes. Durch Umbruch der Bestände im Herbst erhöhte sich die NO₃⁻-Konzentration der Varianten mit Schnittgutabfuhr (S, S+GD) um das 3-fache. Dennoch war die NO₃⁻-Konzentration von GD_{ext.} signifikant höher.

Der Prüffaktor Klee gras-Nutzung zeigte in der varianzanalytischen Auswertung keinen Effekt auf den Korn-Ertrag der Folgefrucht Weizen und im zweijährigen Mittel wurden 35,8 dt ha⁻¹ (100% TM) geerntet. Dagegen übte der Versuchsfaktor Umbruchtermin einen Einfluss auf den Kornertrag aus und im Mittel der Nutzungsvarianten und Jahre wurden für Winterweizen 37,6 dt ha⁻¹ und für Sommerweizen 34,0 dt ha⁻¹ geerntet (ohne Abbildung).



Schlussfolgerungen:

Im Mittel der zweijährigen Untersuchung zeigten sowohl die Kleegras-Nutzung als auch der Umbruchtermin einen deutlichen Effekt auf das Nitrat-Vorkommen im Sickerwasser. Dagegen wurde der Ertrag der Folgekultur Weizen vornehmlich vom Umbruchtermin und damit von der Wahl der Kulturform (Winterweizen vs. Sommerweizen) beeinflusst. Bei Herbstumbruch war eine Reduzierung der Nitrat-Auswaschung über Winter möglich, wenn in der Kleegras-Bewirtschaftung auf Mulchen verzichtet und der Kleegras-Aufwuchs der Fläche entzogen wurde. Für viehlos wirtschaftende Betriebe ist von Bedeutung, dass auch gemulchte überwinternde Kleegras-Bestände eine geringe Nitrat-Auswaschung hervorrufen können, wenn es nicht zu einer außerordentlichen Rotklee-Biomasseakkumulation auf der Fläche kommt und angemessene Grasanteile im Bestand gesichert sind.

Literatur:

Heß J (1989) Kleegrasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Kleegras – Kleegras – Weizen – Roggen. Dissertation Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

Ketelsen H, Widmoser P (1998) Die Grundwasserneubildung auf der Föhrer Geest. In: Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 42 [3]: 102-113

Ruhe I, Loges R, Taube F (2003) Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. In: Freyer, B (Hrsg.) Ökologischer Landbau der Zukunft; Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Wien, Universität für Bodenkultur, pp 97-100, ISBN 3-900962-43-X

Wivstad M (1999) Nitrogen mineralization and crop uptake of N from decomposing ¹⁵N labelled red clover and yellow sweetclover plant fractions of different age. Plant and Soil 208, 21-31