

## **Silomaisanbau in einer Fruchtfolge mit Ackergras (mit und ohne Rotklee) – Möglichkeiten zur Minderung des Nitrataustrags im Maisanbau**

T. Kalmlage<sup>1)</sup>, M. Kayser<sup>1)</sup> und J. Isselstein<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Universität Göttingen -Außenstelle Vechta-, Driverstr. 22, 49377 Vechta;  
Email: Tanja.Kalmlage@agr.uni-goettingen.de

<sup>2)</sup> Universität Göttingen -Department für Nutzpflanzenwissenschaften- Göttingen

### **Einleitung und Problemstellung**

Der Silomaisanbau hat vor allem in Nordwestdeutschland durch die steigende Energieerzeugung aus Biomasse einen enormen Aufschwung erfahren. Allein auf Stilllegungsflächen in Deutschland hat sich der Anbau von Mais zur Biogasnutzung zwischen 2005 (21341 ha) und 2007 (54410 ha) mehr als verdoppelt. Ein vergleichbares Bild zeigen die Maisanbauflächen mit Energiepflanzenprämie, die bundesweit vervierfacht wurden mit 45429 ha in 2005 und 179144 ha in 2007 (DEUTSCHES MAISKOMITEE, 2007 und 2008).

Den aus betriebswirtschaftlicher Sicht produktionsökonomischen Vorteilen von Mais stehen verschiedene negative Einflüsse auf die Umwelt gegenüber. Mais hinterlässt häufig hohe Restnitratmengen im Boden (SCHIERMANN, 2005), die v.a. in den sandigen Böden NW-Deutschlands durch Auswaschung eine hohe Nitratanreicherung im Grundwasser verursachen können.

Nach der neuen EU-Grundwasserrichtlinie vom 12.12.2006 (EUROPÄISCHEN UNION, 2006) soll bis zum Jahr 2015 flächendeckend ein Grenzwert von 50 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  (=11,3 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$ ) nicht mehr überschritten werden. Das stellt besondere Anforderungen an die Landwirtschaft, da selbst bei „Guter fachlicher Praxis“ unter landwirtschaftlichen Kulturen oftmals Nitratgehalte von 100 mg/l und mehr gemessen werden (HELMER und FRAHM, 2003).

Die Stickstoffernährung des Mais spielt im Hinblick auf das Nitrataustragsrisiko eine wichtige Rolle. Über die Gestaltung der Fruchtfolge und die N-Düngung kann der Stickstoffhaushalt beim Maisanbau beeinflusst werden. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, ob durch die Fruchtfolgestellung des Maises nach Rotkleeergras und unterlassene N-Düngung das Austragsrisiko beim Maisanbau gegenüber dem Anbau nach Ackergras und mit praxisüblicher Stickstoffdüngung reduziert werden kann

### **Material und Methoden**

Im Rahmen eines Feldversuchs wurden zwei Ackergrasmischungen auf zwei Standorten in dreifacher Wiederholung in einer Fruchtfolge mit Silomais geprüft. Bei der ersten Variante handelt es sich um Rotkleeergras gefolgt von Silomais ohne Stickstoffdüngung ( $\text{RM}_{\text{N}_0}$ ). Die zweite Variante ist Ackergras gefolgt von Silomais mit konventioneller Stickstoffdüngung ( $\text{AM}_{\text{Nent}}$ ). Die Ansaat von

Rotkleeackergras bzw. Ackergras (Tab. 1) erfolgte mit einer Saatstärke von 45 kg/ha an beiden Standorten im Herbst 2005. Variante RM<sub>N0</sub> erhielt 0 kg N/ha und AM<sub>Nent</sub> 360 kg N/ha (120/100/80/60) im Hauptnutzungsjahr (2006).

**Tab. 1:** Zusammensetzung der Saatmischungen.

Fruchtfolgevariante Saatmischung	RM <sub>N0</sub> A3 plus S	AM <sub>Nent</sub> A1
Artenzusammensetzung	[%]	
Welsches Weidelgras	21	100
Deutsches Weidelgras	30	-
Bastardweidelgras	20	-
Rotklee	29	-

Die Parzellen (96 m<sup>2</sup>) wurden im Jahr 2006 viermal beerntet. Zur Bestimmung der Nährstoffentzüge durch den Aufwuchs wurden die Biomasserträge der Parzellen erhoben und der N-Gehalt bestimmt. Im Frühjahr 2007 erfolgte der Umbruch der Parzellen und es wurde Mais in zwei Düngungsstufen nachgebaut. Dabei erhielt der Mais auf den ehemaligen Rotkleeackergrasparzellen (RM<sub>N0</sub>) keine mineralische N-Gabe und auf den ehemaligen Ackergrasparzellen ohne Rotklee (AM<sub>Nent</sub>) und mit mineralischer N-Düngung erhielt der Mais 180 kg N/ha in Form von zwei Gaben Kalkammonsalpeter.

Auf beiden Versuchsstandorten wurde zur Beprobung des Bodenwassers eine stationäre, vakuumgeregelte Saugkerzenanlage eingesetzt. Jeweils vier Saugkerzen pro Parzelle sind in einer Tiefe von 75 cm im Boden installiert worden. Während der Sickerwasserperiode von November bis April wurde das von den Saugkerzen kontinuierlich gewonnene Sickerwasser für jede Kerze getrennt gesammelt und je nach Menge des anfallenden Sickerwassers wöchentlich bzw. 14-tägig entnommen und beprobt. Die Nitratkonzentrationen wurden photometrisch bestimmt.

Zusätzlich wurde auf beiden Standorten im Herbst eine N<sub>min</sub>-Untersuchung in einer Tiefe von 0-90 cm durchgeführt. Dazu erfolgte die Extraktion in 12,5 mmol CaCl<sub>2</sub>-Lösung. Die Nitrat- und Ammoniumgehalte der Extrakte wurden ebenfalls photometrisch bestimmt.

Alle Werte, wenn nicht anders gekennzeichnet, sind Mittelwerte der Wiederholungen und Standorte für die jeweilige Fruchtfolgevariante.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Biomasserträge der beiden Ackergrasvarianten zeigen einen Minderertrag im Rotkleeackergras (RM<sub>N0</sub>) (Tab. 2). Die Kleeanteile des Rotkleeackergrases betragen während der Vegetationsperiode an beiden Standorten im Mittel 25 %, wobei der Kleeanteil während der Vegetationsperiode anstieg. Insgesamt sind die N-Erträge im Ackergras ohne Klee mit mineralischer N-Düngung (AM<sub>Nent</sub>) deutlich höher als im Rotkleeackergras (Tab. 2).

**Tab. 2:** Stickstoff- und Trockenmasseerträge der Fruchtfolgen.

	RM <sub>NO</sub>		AM <sub>Nent</sub>	
	TM [dt/ha]	N [kg/ha]	TM [dt/ha]	N [kg/ha]
2006 (AG)	87	153	131	263
2007 (Mais)	189	171	185	186

AG = Rotkleeackergras bzw. Ackergras; TM = Trockenmasse bei 60 °C; N = Stickstoff

Im Versuchsjahr 2006/2007 wurde im Mittel der Standorte in beiden Ackergrasvarianten ein geringerer Ertrag erzielt als es für die gewählten Mischungen A1 und A3 plus S zu erwarten gewesen wäre, was v.a. auf die extrem trockenen Witterungsbedingungen im Sommer 2006 zurückzuführen ist. Der Trockenstress führte besonders auf dem etwas sandigeren Standort zu Ertragsverlusten. Aufgrund des niedrigeren Ertragspotentials des Rotkleeackergrases ergibt sich durch den Düngermiteinsatz ein Vorteil des Rotkleeackergrases gegenüber dem reinen Ackergras.

Die Trockenmasseerträge der beiden Maisvarianten im Versuchsjahr 2007/08 unterscheiden sich nur um 4 dt/ha mit einem leichten Vorteil für Mais ohne mineralische N-Gabe, wohingegen sich bei den Stickstofferträgen ein leichter Vorteil für die gedüngte Variante ergibt. Das Rotkleeackergras als Vorfrucht liefert so viel Stickstoff, dass die Erträge des ungedüngten Silomaises der gedüngten Fruchtfolge entsprechen.

Die N<sub>min</sub>-Gehalte der beiden Ackergrasvarianten (Tab. 2), mit Rotklee ohne mineralische N-Düngung (RM<sub>NO</sub>) und ohne Rotklee mit mineralischer N-Düngung (AM<sub>Nent</sub>), zeigen nur geringe Unterschiede. Der N<sub>min</sub>-Gehalt im Herbst 2007 nach der Ernte des gedüngten Silomaises (AM<sub>Nent</sub>) ist viermal höher als der des ungedüngten (RM<sub>NO</sub>).

In beiden Sickerwasserperioden konnten an den Standorten eine erhöhte Nitratkonzentration im Sickerwasser in der gedüngten Fruchtfolge ohne Klee nachgewiesen werden. Die durchschnittliche Nitratkonzentration in der Sickerwasserperiode nach Ackergras war in der gedüngten Variante, u.a. bedingt durch die nicht optimale Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs aufgrund der Ertragseinbußen (s.o.), knapp zehnmal höher und nach Silomais in der gedüngten Variante mehr als verdoppelt (Tab. 2).

**Tab. 3:** Mittlere N<sub>min</sub>-Gehalte im Herbst und mittlere NO<sub>3</sub>-N-Konzentrationen während der darauffolgenden Sickerwasserperioden.

	N <sub>min</sub> N [kg/ha]		Mittlere Sickerwasserkonz. NO <sub>3</sub> -N [mg/l]	
	RM <sub>NO</sub>	AM <sub>Nent</sub>	RM <sub>NO</sub>	AM <sub>Nent</sub>
2006/07 (AG)	17	23	2,4	21,9
2007/08 (Mais)	35	140	14,5	33,2

Die Nitratkonzentrationen (Abb. 1) sind zu Beginn der Sickerwasserperioden erhöht und nehmen nach und nach ab. Insgesamt sind die Nitratgehalte anfangs in beiden Sickerwasserperioden in der gedüngten Fruchtfolge gegenüber der ungedüngten stark erhöht.

Der Stickstoffeintrag in die ungedüngte Fruchtfolge erfolgt durch die Stickstofffixierung des Klees, was zu einer guten Stickstoffversorgung des Oberbodens auch ohne mineralische N-Düngung führt. Die Ernterückstände des Ackerkleeegrases sind ebenfalls als Stickstoffquelle zu betrachten. Zusätzlich wird durch den Umbruch die Bodenstruktur verändert. Dadurch erhöht sich die Mine-

ralisation und Stickstoff wird pflanzenverfügbar, so dass der Folgefrucht Mais dieses Nährelement auch ohne mineralische N-Düngung in ausreichendem Maße zur Verfügung steht.

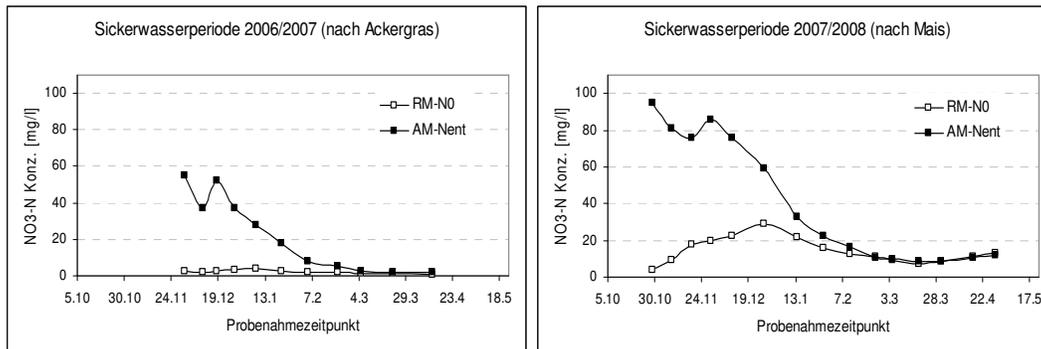


Abb. 1: Darstellung der Verläufe der NO<sub>3</sub>-N-Sickerwasserkonzentration (Mittelwerte der Standorte 1 und 2).

### Schlussfolgerungen

Die Nmin-Gehalte nach Mais und die hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der gedüngten Fruchtfolge sind Indizien für eine Stickstoffübersorgung. Diese Übersorgung wird zum einen durch die Umbrucheffekte und zum anderen durch die Ernterückstände des Ackergrases verstärkt. Nach Umbruch von Ackergras und Rotkleeackergras kann die Stickstoffdüngung deutlich vermindert werden, da beide Mischungen eine gute Vorfruchtwirkung für Silomais haben können.

Durch den Vorbau von Ackerklee und der Auswirkungen des Umbruchs konnte die Nitratbelastung des Grundwassers deutlich vermindert werden, wobei vergleichbare Erträge zu einer konventionell gedüngten Fruchtfolge mit hoher Nitratbelastung erzielt wurden.

### Literatur

- DEUTSCHES MAISKOMITEE (2007): Maisanbaufläche in Deutschland zur Biogasnutzung in ha. [http://www.maiskomitee.de/dmk\\_download/fb\\_fakten/dateien\\_pdf/flaeche\\_biogas\\_05/06.pdf](http://www.maiskomitee.de/dmk_download/fb_fakten/dateien_pdf/flaeche_biogas_05/06.pdf), letzter Zugriff am 08.05.2008.
- DEUTSCHES MAISKOMITEE (2008): Maisanbaufläche in Deutschland zur Biogasnutzung in ha. [http://www.maiskomitee.de/dmk\\_download/fb\\_fakten/dateien\\_pdf/flaeche\\_biogas\\_06/07.pdf](http://www.maiskomitee.de/dmk_download/fb_fakten/dateien_pdf/flaeche_biogas_06/07.pdf), letzter Zugriff am 08.05.2008.
- EUROPÄISCHE UNION (2006): Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 372, S. 19 – 31. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/richtlinie\\_2006\\_118\\_eg.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/richtlinie_2006_118_eg.pdf), letzter Zugriff am 12.06.2008.
- HELMER, H. und FRAHM, J. (2003): Die Wasserrahmenrichtlinie aus landwirtschaftlicher Sicht. In: UVP-Report 17, 3+4.
- SCHIERMANN, T. (2005): Untersuchungen zur Variabilität und Kausalität des potentiellen Nitrataustrages beim Anbau von *Zea mays* in Deutschland (Online Dissertation), <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2005/schiermann/schiermann.pdf>, letzter Zugriff am 03.06.2008.