

Was steckt in der Zwischenfrucht?

Optimierung der Stickstoffdüngung von Silomais

Schon seit einigen Jahren ist die Grundwasserbelastung mit Nitrat als Folge intensiver Landwirtschaft in der öffentlichen Diskussion. Deshalb wurde im Juni vergangenen Jahres eine neue Düngeverordnung verabschiedet. Damit soll der Pflanzenbau so ausgerichtet werden, dass Ertragspotenzial und Umweltschutz weitestgehend in Einklang gebracht werden. In diesem Zusammenhang und im Zuge des Greenings erfreut sich der Zwischenfruchtanbau wieder wachsender Beliebtheit. Diese ist auf zahlreiche nicht zu vernachlässigende agronomische Vorteile des Zwischenfruchtanbaus zurückzuführen.

Mit Einführung der neuen Düngeverordnung kommt vor allem dem Nährstoffaufnahmevermögen der Zwischenfrüchte für gedüngte und durch Mineralisation freigesetzte Nährstoffe eine besondere Bedeutung zu, da Zwischenfrüchte durch ihre Stickstoffaufnahme Auswaschungsverluste reduzieren können. Damit stellt sich die drängende Frage, welchen Einfluss der Zwischenfruchtbestand auf die Stickstoffversorgung der flächenstarken Sommerkultur Silomais hat und welche Stickstoff-Mengen gedüngt werden müssen, um das Ertragspotenzial auszuschöpfen und gleichzeitig das Grundwasser nicht zu belasten.

Praxisversuche im Wasserschutzgebiet

Dieser Fragestellung widmeten sich in den vergangenen Jahren Praxisversuche der Arbeitsgemeinschaft Land- und Wasserwirtschaft (AGLW), einem

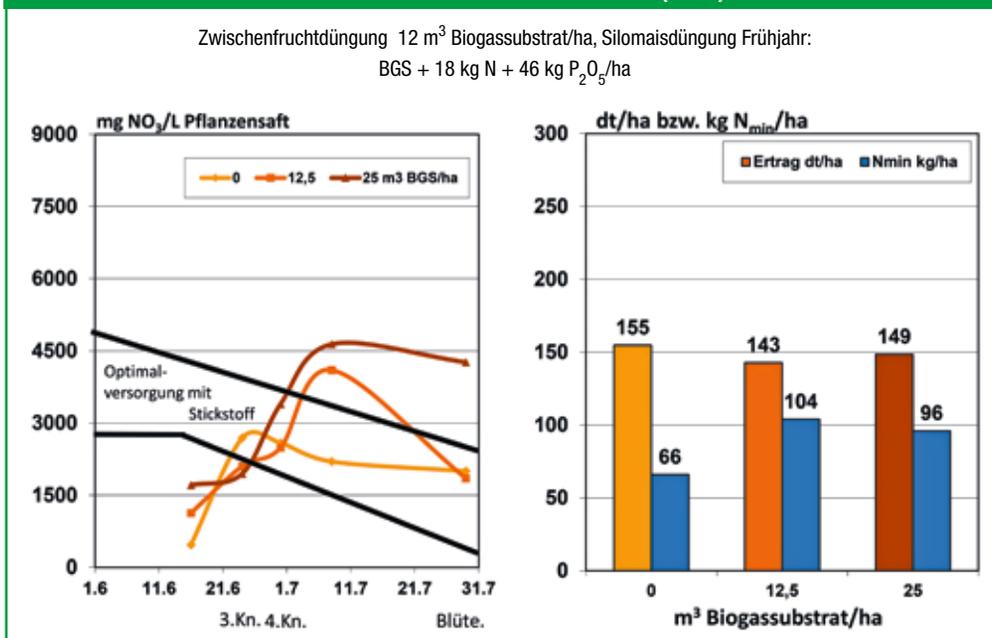
Zusammenschluss 16 kommunaler Wasserversorger aus den ostthessischen Landkreisen Hersfeld-Rotenburg, Werra-Meißner sowie Fulda. Ziel der hier etablierten regionalen, grundwasserschutzorientierten landwirtschaftlichen Beratung ist es, die Qualität der lokalen Trinkwasservorkommen, insbesondere im Hinblick auf den Nitratgehalt zu erhalten und zu verbessern.

Bei den Böden im Beratungsgebiet handelt es sich vornehmlich um Braunerden auf Buntsandstein und Rendzinen auf carbonathaltigem Untergrund. Der mittlere Jahresniederschlag be-



Die hier vorgestellten Praxisversuche zeigen, dass nach einer gut entwickelten Zwischenfrucht und auf Böden, die ein großes Nährstoffnachlieferungsvermögen besitzen, die Stickstoffdüngung zu Silomais weiter angepasst werden muss. Foto: agrar-press

Grafik 1: Silomaisertrag nach Zwischenfrucht in Abhängigkeit von der N-Düngung, Nitratkonzentration im Pflanzensaft (2015)



trägt 733 mm bei 9,1 °C Durchschnittstemperatur. Die Flächen zeichnen sich durch hohe Gesamt-N-Gehalte (4 000 bis 10 000 kg N/ha in 0-30 cm) und enge C : N-Verhältnisse um 8 : 1 aus.

2015 ging Düngung in N_{min} über

Im Jahr 2015 wurde nach einer sehr gut entwickelten Zwischenfrucht ein Praxisversuch zur Düngung von Silomais mit Biogassubstrat angelegt (siehe Grafik 1). Um mögliche N-Verluste zu minimieren, wurde das Substrat auf der Demonstrationsfläche im Gülle-Strip-Till-Verfahren ausgebracht. Dabei wurde in je einem Streifen kein Substrat, 12,5 m³ Substrat/ha (49 kg Gesamt-N/ha) oder 25 m³ Substrat/ha (98 kg Gesamt-N/ha) appliziert. Mineralisch gedüngt wurde der Mais auf der gesamten Fläche mit 1,0 dt/ha Diammonphosphat (18/46) als Unterfußdüngung.

N-Aufnahme verschiedener Zwischenfruchtmischungen 2016



21,8 kg N/ha
24.10.2016 mit Kruziferen, mit Leguminosen, Saat: 04.09.2016
Ertrag: 6,8 dt TM/ha
N-Konzentration: 3,22 %



60,9 kg N/ha
26.10.2016 ohne Kruziferen, mit Leguminosen, Saat: 10.08.2016
Ertrag: 24,6 dtTM/ha
N-Konzentration: 2,47 %



113,3 kg N/ha
26.10.2016 ohne Kruziferen mit Leguminosen, Saat: 18.08.2016
Ertrag: 35,3 dtTM/ha
N-Konzentration: 3,21 %

Die Messungen der Nitratkonzentration im Pflanzensaft (Nitracheck) wiesen, bedingt durch unterdurchschnittliche Niederschläge, zunächst bei allen Düngervarianten Konzentrationen unterhalb des Optimums auf. Ab EC 34 lagen die Werte jedoch bei allen drei unterschiedlich gedüngten Teilflächen im Zielbereich. Acht Tage später waren die Wurzeln voll in das Gülleband hineingewachsen. Nun zeigten die Maispflanzen in den beiden mit Substrat gedüngten Teilflächen eine deutliche N-Überversorgung, während der Mais in der Teilfläche ohne Substrat eine ausreichend hohe Stickstoffversorgung aufwies. Die Überversorgung hielt insbesondere bei der hoch gedüngten Teilfläche bis nach der Blüte weiter an.

Bei der Ernte wurde der Silomais aller Teilflächen auf der Fuhrwerkswaage mit einer Wiederholung gewogen. Wie zu sehen ist, wurde der höchste Silomaisertrag in der Variante mit 18 kg N/ha, die als Unterfußdüngung in Form von DAP gedüngt wurde, erzielt. Eine zusätzliche N-Düngung in Form von 12,5 m³/ha beziehungsweise mit 25 m³/ha Substrat bewirkte keinen Mehrertrag, so dass das Ertragspotenzial in der Variante mit 18 kg N/ha ausgeschöpft wurde.

Dieses Ergebnis zeigt, dass der Standort über ein hohes Stickstoffnachlieferungspotenzial aus den Pflanzenresten der Zwischenfrucht und aus dem Bodenvorrat verfügt. Die unterschiedlichen Düngermengen wirkten sich deshalb nicht auf die Silomaiserträge, sondern auf die N_{min}-Restmengen nach der Ernte aus. In der Variante ohne Gär-

substrat lag die N_{min}-Restmenge bei 66 kg N/ha, in der Variante mit 12,5 m³/ha bei 104 und in der Variante mit 25 m³/ha bei 96 kg N/ha (s. Grafik 1).

Auch 2016 Düngung durch Nachlieferung fast unnötig

Ein entsprechendes Ergebnis zeigten auch neun Praxisversuche, die 2016 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzenernährung der Justus-Liebig-Universität Gießen im Rahmen einer Masterarbeit durchgeführt wurden. Dabei wurde erneut untersucht, welche Stickstoffdüngung im Beratungsgebiet erforderlich ist, um nach unterschiedlich entwickelten Zwischenfruchtbeständen, einen angestrebten Silomaisertrag von rund 160 dt TM/ha zu erzielen.

Dabei zeigte sich, dass Silomaiserträge zwischen 111 und 191 dt TM/ha (im Mittel 153 dt TM/ha) bereits ohne jegliche organische oder mineralische N-Düngung realisiert werden konnten. Eine weitere Aufdüngung der Silomaisbestände brachte keinen signifikanten Mehrertrag, sondern ließ ledig-

lich die N_{min}-Gehalte nach der Ernte deutlich ansteigen.

Exemplarisch für die neun Standorte wird dies an einem Beispiel in Grafik 2 verdeutlicht. Zusätzlich zur Zwischenfrucht, die rund 95 kg N/ha in der oberirdischen Biomasse gespeichert hatte, wurde entweder kein zusätzlicher Stickstoff oder 40, 80 beziehungsweise 120 kg Minereraldünger-N/ha zum Mais gedüngt. Mit der Ernte konnte dann eindeutig nachgewiesen werden, dass ein zusätzlicher Stickstoffeinsatz nicht zu signifikant höheren Trockenmasseerträgen führte, da der Ertragsunterschied zwischen den Varianten kleiner als 42,14 dt TM/ha war (Grenzdifferenz 5 %).

Der Stickstoffaufwand pro dt TM stieg also an, ohne dass das Mehrangebot an Stickstoff in Ertrag umgewandelt werden konnte. Die nicht von den Maispflanzen aufgenommene N-Menge blieb damit im Boden zurück. Da der, in aller Regel, nachfolgende Winterweizen diese N-Mengen im Herbst nicht verwerten kann, steigt die Gefährdung des Grundwassers über die Sickerwasserperiode im Winter deutlich an.

Auch über die während der Hauptwachstumsperiode regelmäßig durchgeführten Messungen der Nitratkonzentration im Pflanzensaft der Maispflanzen (Nitracheck) ließ sich eindrucksvoll belegen, dass selbst ohne jegliche N-Düngung im Frühjahr die Pflanzenbestände durchweg über dem Optimum mit Stickstoff versorgt waren (s. Grafik 2). Auch dieses Ergebnis konnte in den Maispflanzen auf den anderen acht Versuchsfeldern gezeigt werden.

Gestaltung der Silomais-Düngung

In Grafik 3 sind die optimalen Varianten und die Ergebnisse von Ertragsermittlungen verschiedener Praxis schläge aus den Jahren 2010 bis 2016 in Abhängigkeit von der N-Düngung dargestellt. Ergänzt wurden die Ergebnisse mit N_{min}-Untersuchungen zum Ende der Vegetationsperiode. Wie zu sehen ist, variierten die Erträge, bedingt durch die Witterung, in den einzelnen Jahren beachtlich. Ein Vergleich der Jahre 2012 und 2013 zeigt, dass die geringeren Erträge nicht auf einer zu gering bemessenen N-Düngung beruhen. Bei einer etwa gleich hohen N-Düngung wurden 2012 nur 0,74 kg N/dt TM aufgewendet, während dem Silomais 2013 ein um 66 Prozent höheres N-Angebot je dt TM (1,23 kg N/dt) zuzurechnen war.

Im Jahr 2011 (sechs Standorte) wurde mit einer mittleren N-Düngung von 0,77 kg N/dt ein Ertrag von 172 dt TM/ha erzielt. Diese Düngung war jedoch mit einem höheren N_{min}-Gehalt nach der Ernte verbunden als 2012. Damit wird deutlich, dass hohe Silomaiserträge und geringe Rest-N-Mengen nach der Ernte im Herbst mit etwa 0,75 kg N/dt Silomais-TM zu erreichen sind.

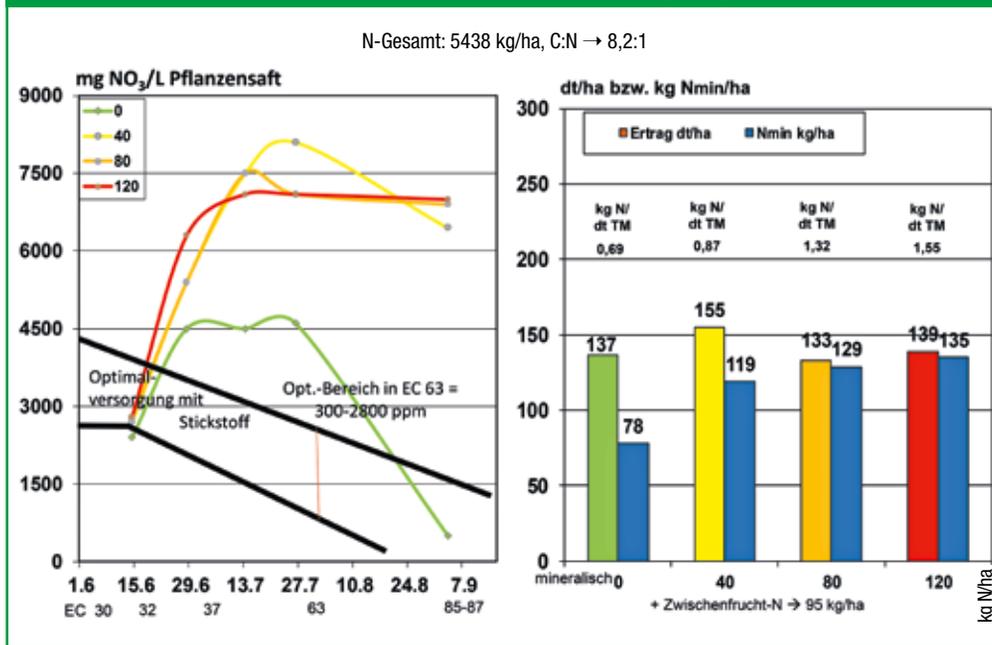
Im Mittel aller Düngervarianten wurde 2016 eine Gesamt-N-Konzentration von 1,04 kg N/dt TM in der Erntemasse von Silomais gemessen. Wie eingangs beschrieben, verfügen die Flächen im Beratungsgebiet über hohe Stickstoffvorräte in der Ackerkrume sowie enge C : N-Verhältnisse (s. „Gesamtstickstoff im Boden verdient stärkere Beachtung“, LW 41/2017). Die

Tabelle: Organische und Mineralische N-Düngung zu Silomais unter Berücksichtigung des TM-Ertrages

Ertragsziel	dt/ha TM		
	160	180	200
	kg N/ha		
N-Bedarf 0,75kg N/dt TM	120	135	150
N-Düngung (18/46 bzw. ASS)	36	36	36
Saldo I	84	99	114
N-Aufnahme Zwischenfrucht 2017	26-60-100*	26-60-100*	26-60-100*
Saldo II	24	39	54

* N-Aufnahme Zwischenfrucht 2017 (47 Schläge): unteres Viertel-Mittel-oberes Viertel

Grafik 2: Silomaissertrag nach Zwischenfrucht in Abhängigkeit von der N-Düngung, Nitratkonzentration im Pflanzensaft (2016)



Differenz von rund 0,25 kg N/dt TM wird demnach über die Mineralisierung aus dem Stickstoff-Pool im Boden gedeckt. Diese wird auch über die N-Aufnahme aller ungedüngten Varianten sichtbar. Deren N-Aufnahme betrug im Mittel 142 kg N/ha (153 dt/ha x 0,93 kg N/dt).

Zur Stickstoffernährung der untersuchten Silomaisbestände muss also rechnerisch der gesamte von den zuvor angebauten Zwischenfrüchten aufgenommene Stickstoff (104 kg N/ha) und darüber hinaus noch 38 kg N/ha aus der Bodenmineralisation beigetragen haben.

Nachlieferung aus Zwischenfrüchten unterschätzt

Daneben zeigt Grafik 3 von 2010 bis 2014 einen deutlich positiven Effekt der reduzierten N-Düngung auf die Herbst-N_{min}-Gehalte. Trotz erneut reduzierter N-Düngung wurden 2015 jedoch wieder erhöhte N_{min}-Gehalte gemessen. Wie der N-Aufwand (> 0,75 kg N/dt TM) und die N_{min}-Gehalte zeigen, ist dies auf die nicht ausreichende Berücksichtigung der N-Mengen zurückzuführen, die in den Zwischenfrüchten gespeichert wurden (durchschnittlich 40 kg N/ha).

Das heißt, die zusätzliche Düngung im Frühjahr hätte noch weiter zurückgefahren werden können. Dies wird auch deutlich, wenn man erneut die Versuchsfelder des Jahres 2016 betrachtet. Nach sehr guten Zwischenfruchtbeständen, die im Mittel 104 kg N/ha im Aufwuchs gespeichert hatten,

war keine zusätzliche Stickstoffdüngung im Frühjahr notwendig, um einen mittleren Ertrag von 153 dt TM/ha zu realisieren (s.o.). Dies entspricht nahezu dem durchschnittlichen Silomaissertrag (158 dt/ha) in der Beratungsregion der Jahre 2010 bis 2015.

2017 bestätigten sich die Ergebnisse aus den Vorjahren erneut sehr eindrucksvoll. Dies bedeutet, dass bei der Planung der anstehenden Silomaisdüngung mit einem N-Bedarf von rund 0,75 kg N/dt TM gerechnet werden kann. Von der so ermittelten N-Düngungsmenge ist die in der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrüchte gespeicherte Stickstoffmenge abzuziehen (Ertragsziel in dt TM/ha x 0,75 – N-Aufnahme der Zwischenfrucht in kg N/ha).

Für 180 dt TM/ha sind 135 kg N/ha zu düngen

Unter Berücksichtigung dieser Berechnung ergeben sich, abhängig vom Ertragsziel, unterschiedliche Stickstoffgaben je ha (Beispiel siehe Tabelle 1). Ein Silomaisbestand mit einem Ertragsziel von rund 180 dt TM/ha ist demnach mit 135 kg N/ha zu düngen. Eine mineralische Unterfußdüngung zur Maisaussaat von rund 40 kg N/ha sichert zu Beginn des Wachstums die Nährstoffversorgung der jungen Pflanzen bis zum Einsetzen der Mineralisation der Zwischenfrucht-Pflanzenreste im Boden. Wie bereits erwähnt, muss der von den Zwischenfrüchten gebundene Stickstoff bei der weiteren Düngungsplanung einkalkuliert werden.

Wie die Analysen von Ertragschnitten auf 47 Schlägen im Beratungsgebiet der AGLW zeigen, hatten die Zwischenfrüchte bis Ende Oktober vergangenen Jahres im Mittel etwa 60 kg N/ha in der oberirdischen Pflanzenmasse gebunden. Die Spannweite reichte dabei je nach Standort, Zwischenfruchtmischung und insbesondere Saatzeitpunkt von etwa 20 kg N/ha bis über 100 kg N/ha. Um die Fixierungsleistung des eigenen Zwischenfruchtbestandes und damit die in der Düngungsplanung zu berücksichtigende Stickstoffmenge besser einschätzen zu können, sind in Abbildung 1 exemplarisch drei unterschiedliche Pflanzenbestände dargestellt. Nach diesen Abzügen ergibt sich die im Frühjahr noch aufzudüngende Stickstoffmenge (Saldo II, Tabelle 1).

Fazit: Gute Erträge und akzeptable N_{min}-Gehalte

Wie die beschriebenen Praxisversuche der vergangenen Jahre zeigen, sind

Grafik 3: Silomaisserträge in Abhängigkeit von der N-Düngung N-Ausnutzung Gülle= 90%, N-Konzentration 2016: 0,93 %



gute Erträge und akzeptable N_{\min} -Gehalte nach der Ernte durchaus möglich. Die Praxisversuche verdeutlichen zudem, dass nach einer gut entwickelten Zwischenfrucht und auf Böden, die ein großes Nährstoffnachlieferungsvermögen (enges C : N-Verhältnis, regelmäßige organische Düngung) besitzen, die Stickstoffdüngung zu Silomais weiter angepasst werden muss.

Darüber hinaus muss der in einem Zwischenfruchtbestand oberirdisch gebundene Stickstoff sowohl aus Kostengründen als auch vor dem Hintergrund des Grundwasserschutzes, bei der Düngplanung der Folgekultur Silomais voll berücksichtigt werden. Mit der beschriebenen Berechnung der Silomaisdüngung (Tabelle 1) sind die Vorgaben der neuen Düngverordnung sicher einzuhalten, da die nach der Düngbedarfsermittlung berechneten Höchstmengen nicht erreicht werden.

Prof. Dr. Diedrich Steffens,

Prof. Dr. Sven Schubert,

Marcel Phieler, Justus-Liebig-Universität Gießen; Dr. Wolff-

Günther Gebauer, AGLW



TIPP DER WOCHE

Bordüngung zu Winterraps

Raps reagiert sehr empfindlich auf Bormangel. Im Frühjahr deutet ein „Verbüscheln“ und „Hockenbleiben“ der Bestände auf einen Bormangel hin. Um eine sichere Borversorgung im Frühjahr zu gewährleisten, empfiehlt es sich, 300 bis 350 g Bor/ha in zwei Gaben mit den anstehenden Insektizid- und/oder der Wachstumsreglermaßnahmen zu applizieren. Die Bordüngung kann mit Produkten wie beispielsweise Bor flüssig, Yara Vita Raps Pro, Lebosol -AqueBor SC vorgenommen werden und sollte vor der Blüte abgeschlossen sein.

*LLH, Beratungs-Info
Pflanzenproduktion*