




Beiträge zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

Mitteilungen der Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Heft 55

Mecklenburg Vorpommern

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Impressum

Herausgeber:
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Dorfplatz 1/OT Gülzow
18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 03843 789-0
Fax: 03843 789-111
Internet: http://www.lfamv.de
E-Mail: poststelle@lfa.mvnet.de

Redaktionskollegium: Dr. H. Heilmann, Dr. A. Römer, C. Kühn, Dr. K.-U. Katroschan

Die Verantwortung für die Beiträge liegt bei den Autoren.

Titelfotos: Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft

Herstellung: Landesamt für Innere Verwaltung MV, Schwerin

Gülzow, November 2015

ISSN 1618-7938

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin /dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Die Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei sind über die Internetseite http://www.lfamv.de erhältlich.

Danksagung

Die Mitarbeiter des Institutes für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern danken den Betriebsleitern und Mitarbeitern der beteiligten Betriebe für die Bereitstellung der Betriebsdaten und für ihre konstruktive Mitarbeit. Weiterhin gilt der Dank den Mitarbeitern der Firma „Hetterich Fieldwork“ für die Durchführung der Feldversuche.

Abkürzungsverzeichnis

AHL	Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung
ASS	Ammonsulfatsalpeter
ATS	Ammoniumthiosulfat
DSV	Deutsche Saatveredelung AG
dt/ha	Dezitonne pro Hektar
DWD	Deutscher Wetterdienst
EG WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
GR	Gärrest
HAS	Harnstoff-Ammonsulfat
HELCOM	Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission)
HWR	Hauptwurzelraum
ISIP	Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion
KAS	Kalkammonsalpeter
LFA	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V
LFB	Zuständige Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
LUNG	Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V
MDÄ	Mineraldüngeräquivalent
Min	Mineralisch
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MSRL	Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
N	Stickstoff
NH4	Ammonium
NO3	Nitrat
N_{min}	mineralischer Stickstoff
N_t	Gesamtgehalt an Stickstoff
NTS	Gemisch aus AHL und ATS
OSPAR	Oslo and Paris Conventions
P	Phosphor

RP	Rohprotein
S	Schwefel
SBA	Stickstoff-Bedarfs-Analyse
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
UFD	Unterfußdüngung
UFOP	Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.

Inhaltsverzeichnis

Forschungsvorhaben zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie an der LFA 1
Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Nutzung modellgestützter Verfahren in M-V zur Simulation des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden 20
Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Einsatz flüssiger und stabilisierter N-Dünger im Wintergetreide 24
Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Qualitätsdüngung zu Winterweizen 39
Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner, Liane Kureck, Jana Peters

Düngung von Raps nach der N-Herbstaufnahme 46
Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner, Liane Kureck

Herbsteinsatz von Gärresten zu Zwischenfrüchten 51
Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Frühjahrsgabe von Gärresten im Winterweizen 54
Carolina Wegner, Liane Kureck, Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Depotablage von Gärresten im Mais 61
Carolina Wegner, Liane Kureck, Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Stickstoffkonservierung durch Zwischenfrüchte über Winter in Abhängigkeit von der Pflanzenart und dem Aussaattermin 67
Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Konservierende Bodenbearbeitung zu Mais am Standort Alt Gaarz (Hohen Wangelin) 74
Dr. Ines Bull, Tobias Thiel, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Untersaaten im Silomaisanbau 78
Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Lysimeteruntersuchungen in Groß Lüsewitz 82
Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Forschungsvorhaben zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie an der LFA

Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Abstract: Several field experiments were carried out aiming to reduce nitrogen losses from croplands to ground water aquifers. The experimental results provide the basis for support and consultancy to farmers as well as to politics and administration. Several relevant findings are available, which have to be transformed to local agricultural practice by evaluating them under different conditions within Mecklenburg-Western Pomerania.

Einleitung und Zielstellung

Mit der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) haben sich die Mitgliedsstaaten weitreichende Umweltziele für die Entwicklung der Gewässer gestellt. Diese müssen bis 2015 bzw. 2027 erreicht werden.

Als eine bedeutende Quelle der Nährstoffbelastung der Gewässer wurden die diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträge von landwirtschaftlich genutzten Flächen identifiziert (UBA 2009).

Aus diesem Grund ist die Aufgabe der LFA innerhalb der Kooperation (Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft) des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV (LUNG), der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV (LFA) und der Zuständigen Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung (LFB) die Erarbeitung von kosteneffizienten ackerbaulichen Maßnahmen zur Reduktion von Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Austräger aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und deren Überleitung in die Praxis.

Gemäß EG-WRRL sollen die getroffenen Maßnahmen zur Zielerreichung bis 2015 evaluiert werden. Für die wissenschaftliche Themenstellung bedeutet dies, dass bereits erarbeitete Grundlagen zunächst vorrangig in den besonders betroffenen Regionen erprobt, an die regionalen Besonderheiten angepasst und in die Praxis übergeleitet werden sollten. Daraus folgt, dass ein wesentlicher Teil des Vorhabens darin besteht, geeignete ackerbauliche Verfahren durch Praxisdemonstrationen einer breiten landwirtschaftlichen Öffentlichkeit vorzustellen. Dabei ist es besonders wichtig, Landwirte, Berater und andere Akteure für das Thema EG-WRRL zu sensibilisieren und Möglichkeiten aufzuzeigen, auf freiwilliger Basis - ohne staatliche Restriktionen - an der Verbesserung der Wasserqualität mitzuwirken.

Methodisches Vorgehen

Zu Beginn dieses Projektes wurden von der LFA erfolgversprechende Ansatzpunkte für ackerbauliche Maßnahmen zur Reduktion von Nährstoffausträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen identifiziert. Aus diesen Arbeitsthesen wurden letztlich drei Themenschwerpunkte entwickelt, in denen jeweils verschiedene neue ackerbauliche Verfahren auf ihre Eignung zur Reduktion von Nährstoffausträgen und ihre praktische Umsetzbarkeit untersucht werden:

- Einführung neuer Düngungsstrategien in der Mähdruschfruchtproduktion zur Verbesserung der N-Effizienz und N-Bilanz
    a) Verringerung des N-Austrags durch modellgestützte Verfahren zur Simulation des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden (N-Simulationsmodell)
    b) Düngung mit flüssigen und stabilisierten N-Düngern
    c) Düngung Raps nach Herbstaufnahme
    d) Qualitätsdüngung Weizen
- Effizienter Einsatz von Biogasgärresten als Dünger unter besonderer Berücksichtigung der Vermeidung von Nährstoffeinträgen in das Grund- und Oberflächenwasser
- Verringerung diffuser Stoffeinträge und Erosionen durch Winterbegrünung und Mulchsaatverfahren

In Mecklenburg-Vorpommern wurden durch das LUNG 19 Einzugsgebiete als Belastungsschwerpunkte identifiziert und vier Großgebieten zugeordnet. In diesen Gebieten wurden 2010/11 erstmalig zu den verschiedenen Themenbereichen Praxisversuche und Demonstrationsflächen in landwirtschaftlichen Betrieben angelegt (Abbildung 1).

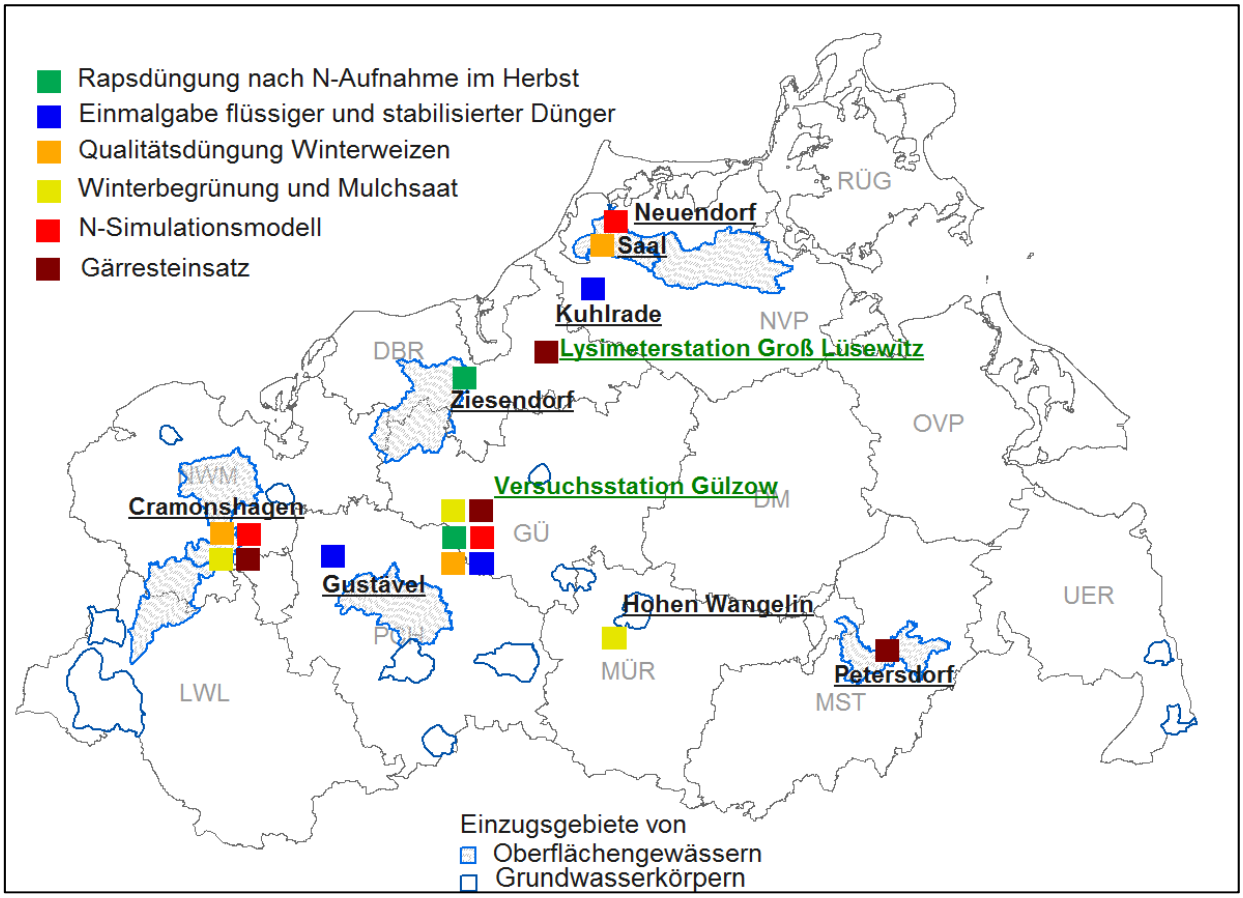


Abbildung 1: Übersicht über Versuche und deren Versuchsfragen in MV

Grundlage für den Aufbau und die Anlage der Praxisversuche bildeten Ergebnisse von bestehenden Parzellenversuchen auf den Versuchsflächen der LFA und wissenschaftliche Erkenntnisse anderer Forschungseinrichtungen. Zu- Themengebieten, in denen noch erhebliche Wissensdefizite bestehen, wurden ergänzende Parzellenversuche auf dem Versuchsfeld der LFA in Gülzow angelegt.

Die Produktionsversuche in den Betrieben dienen der Überprüfung und Anpassung der bereits gewonnenen Ergebnisse an die regional unterschiedlichen Witterungs- und Standortbedingungen in den Belastungsgebieten und gleichzeitig der Überleitung geeigneter Maßnahmen in die Praxis.

Die konkrete Auswahl der einzelnen Prüfglieder erfolgte in Abstimmung mit den Betrieben nach den jeweiligen produktionstechnischen Voraussetzungen und den Interessen der Betriebsleiter.

Umgang mit N-Salden

Bei der Einschätzung der N-Salden im vorliegenden Bericht ist zu beachten, dass die Ergebnisse überwiegend auf Parzellenerträgen beruhen, welche in der Regel im Vergleich zu Erträgen, die in der Praxis erzielt werden, um 10 - 15 % höher liegen. Dementsprechend würde sich unter Praxisbedingungen der berechnete N-Saldo höher darstellen. Aufgrund der unterschiedlichen Versuchsanlagen ist es jedoch schwer möglich, den relativen Ertragsunterschied zwischen den Parzellen und dem übrigen Schlag richtig einzuschätzen und einen Vergleich zwischen den Jahren und den verschiedenen Standorten zu ziehen (siehe Versuchsentwicklung). Um den Auswertungsfehler dennoch möglichst gering zu halten, wurden keine Anpassungen der Erträge vorgenommen. Bei der Bewertung der Absolutwerte muss diese Voraussetzung beachtet werden. Eine Vergleichbarkeit zwischen den untersuchten Anwendungsvarianten ist gegeben.

Bei der Abschätzung der Wirkung der untersuchten Maßnahmen sollte bedacht werden, dass Lysimeterversuche in Mecklenburg-Vorpommern (und auch in anderen Bundesländern) zeigten, dass die N-Salden bei Betrachtung eines Versuchsjahres nicht in Korrelation zu N-Austrägen und NO_3-Konzentrationen im Sickerwasser stehen (Lorenz et al. 2013). Diese Parameter werden stark von der Fruchtart, der Anbauintensität und den vorherrschenden Jahresbedingungen beeinflusst. In einem Zeitraum von über 10 Jahre konnte allerdings ein Zusammenhang zwischen der N-Bilanz und dem Austrag nachgewiesen werden. Daher ist es möglich, bei Anwendung von Maßnahmen, die den N-Saldo verringern, langfristig auch den N-Austrag zu mindern.

Versuchsentwicklung von 2010 bis 2015

Zu Beginn des Vorhabens wurden neben den Kleinparzellenversuchen auf dem Versuchsfeld in Gülzow die Versuche in den Praxisbetrieben als Großparzellenanlagen angelegt, welche mit Betriebstechnik bearbeitet wurden.

Im Verlauf der Versuchsjahre wurde die Versuchsdurchführung an einigen Standorten eingeschränkt bzw. abgebrochen. Zu Beginn des Projektes 2011 wurden überwiegend Demonstrationsversuche angelegt. Es zeigte sich schnell, dass aufgrund dieser Methodik der Informationsgewinn und dadurch das Interesse der Zielgruppe, hauptsächlich Landwirte, sehr gering waren. Durch das Anlegen von Parzellenversuchen verringerte sich die Anzahl der Standorte, aber es brachte die Möglichkeit erhobene Daten auszuwerten und somit konkrete Ergebnisse auf Veranstaltungen und in Veröffentlichungen darzustellen und Empfehlungen abzuleiten.

In den Versuchen mit Mähdruschfrüchten konnte im ersten Erntejahr 2011 an verschiedenen Standorten wegen der starken Regenereignisse und der daraus folgenden Überschwemmung nicht geerntet werden. Ebenso fand an anderen Standorten keine Ernte statt, da durch die Trockenheit im Sommer der Bestand ebenfalls nicht repräsentativ war. Daher liegen aus dem Jahr 2011 nur wenige Ernteergebnisse vor. Außerdem ließen sich die erhobenen Daten der Großparzellen wegen der Heterogenität der Bodenflächen in Mecklenburg-Vorpommern nicht einwandfrei statistisch auswerten. Aus dieser Erfahrung heraus wurde entschieden, ab dem Erntejahr 2012 möglichst viele Praxisversuche in Kleinparzellen anzulegen und diese mit Versuchstechnik bearbeiten zu lassen, wodurch statistisch auswertbare Daten erhoben werden konnten. Die Versuchsfläche wurde zu Vegetationsbeginn auf den bereits vorhandenen Bestand gelegt. Aufgrund der Bodenunterschiede zeigten sich noch immer einige Fehlstellen und Lücken im Versuch, so dass für das Erntejahr 2014 die Aussaat der Versuchsfläche auch mit Parzellentechnik durchgeführt wird. Mit dieser Entwicklung ist es nun auch möglich, an allen Standorten die gleiche Getreidesorte zu verwenden, wodurch eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse erzielt wird.

Die Maisversuche wurden im Jahr 2011 in Großparzellen mit einer geringen Anzahl Wiederholungen angelegt und mit Betriebstechnik bearbeitet, was zu unverwertbaren Ergebnissen führte. Daher wurde auch hier im Folgejahr 2012 die Anzahl der Wiederholungen erhöht und die Parzellengröße verringert. 2013 wurden die Versuche in den Praxisbetrieben schließlich auch in Kleinparzellen mit Versuchstechnik durchgeführt.

Projektergebnisse und Empfehlungen

Die in Parzellenversuchen auf dem Versuchsfeld in Gülzow sowie auf der Lysimeterstation Groß Lüsewitz gewonnenen Forschungsergebnisse der LFA bilden die Voraussetzung für wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zu austragsreduzierenden landwirtschaftlichen Maßnahmen in MV. Aus den bisherigen Ergebnissen lassen sich folgende Erkenntnisse und Empfehlungen ableiten:

Änderungen in der Bewirtschaftung wirken zeitlich verzögert auf die Nährstoffgehalte im Sickerwasser. Übertragbare Ergebnisse können erst nach einem Zeitraum von ca. zehn Jahren erwartet werden.

N-Düngungsstrategien

Für eine optimale bedarfsgerechte Düngung können **Modelle** genutzt werden, die aus den spezifischen Schlagdaten, Witterungsdaten sowie modellierten Referenzwerten eine Düngeempfehlung ausgeben. Die mehrjährigen Versuche zur Düngung nach ISIP-Empfehlung zeigen jedoch, dass eine alleinige Düngung nach diesem Modellierungsprogramm in Mecklenburg-Vorpommern nicht empfehlenswert ist und im Vergleich zur betriebsspezifischen Düngung keine Vorteile für den N-Saldo bringt. Dennoch können die Prognosedaten und die zur Verfügung gestellten Informationen des Systems (u.a. Mineralisationsrate, prognostizierte N-Abfuhr etc.) hilfreich für die betriebliche Düngeplanung sein.

In Versuchen zu unterschiedlichen N-Düngungsstrategien bei Wintergetreide sollte geprüft werden, ob eine ammoniumbetonte, flüssige und stabilisierte Düngung mit **Gabenzusammenlegung**, insbesondere auf trockenen leichten Standorten, Vorteile in der N-Effizienz gegenüber einer Gabenteilung mit KAS aufweist. Die dreijährige Versuchsauswertung zeigte an unterschiedlichen Standorten, dass eine Gabenteilung mit KAS in der Regel den geringsten N-Saldo bewirkt. Standortübergreifend wirkte sich insbesondere eine Andüngung im Frühjahr mit KAS positiv auf den Ertrag und den Proteingehalt aus.

Weiterhin zeigten einzelne Ergebnisses, dass eine **späte Flüssigdüngung** in der Zeit der Blüte im Winterweizen positive Auswirkungen auf den Rohproteingehalt haben kann. Für eine seriöse Einschätzung des Verfahrens sind jedoch weitere Ergebnisse zur Wirksamkeit, dem optimalen Zeitpunkt und der optimalen Düngerform für solch eine Spätdüngung notwendig.

Im Rapsanbau wird die Anwendung des **Biomassemodells** empfohlen. Unter Berücksichtigung der Messung der Biomasse und daraus abgeleitet der N-Aufnahme der Pflanzen im Herbst wird die Höhe der Frühjahrsdüngung berechnet. Dadurch wird der Raps dem tatsächlichen Bedarf entsprechend gedüngt und so gegebenenfalls Dünger eingespart.

In MV ist zur Sicherung der Qualitätsweizenproduktion eine N-Düngung zum 3. Düngungstermin notwendig. Um einen ausreichenden Rohproteingehalt zu erzielen, sind für mittlere Standorte ca. 60 kg N/ha zum **Spätdüngungstermin** (3. N-Gabe) ausreichend. In der Praxis werden die Effekte häufig durch Jahreseinflüsse und das betriebliche Düngungsniveau überlagert.

Gärrestanwendung

Eine konzentrierte Ablage von Gärresten in einem **Depot** fördert bei Mais im Vergleich zu einer breitflächigen Ausbringung mit anschließender Einarbeitung die Jugendentwicklung und steigert die Maiserträge. Dabei werden die Gärreste vor der Aussaat in den Boden injiziert und die Maissaat darüber abgelegt (Abbildung 2). Es ist darauf zu achten, einen optimalen Abstand von ca. 6 - 10 cm zum Korn einzuhalten, was aufgrund des absätzigen Verfahrens eine Herausforderung darstellt.

Eine **Ansäuerung** von Gärresten vermindert Ammoniakemissionen, da durch die Absenkung des pH-Wertes die Umwandlung von Ammonium zu Ammoniak verringert wird. Dementsprechend werden die gasförmigen N-Verluste bei der Lagerung reduziert und bei der Ausbringung unterbunden.

Weiterhin führt auch eine Ausbringung mit **Schlitztechnik** im Vergleich zu einer Schleppschlauchausbringung zu einer Reduzierung der Ausbringungsverluste. Beide Verfahren sind geeignet, bei oberflächiger Ausbringung in wachsende Bestände zu geringeren N-Verlusten und einer demzufolge effizienteren N-Verwertung beizutragen.

Die **Düngewirkung** einer Gärrestgabe im Frühjahr zu Vegetationsbeginn im Winterweizen verläuft aufgrund der verzögerten Verfügbarkeit des organisch gebundenen Stickstoffs langsamer als die von Mineraldünger. Eine Wirksamkeit auf die Proteinbildung im Korn wurde nachgewiesen. Deshalb werden für die Düngeplanung eine Aufteilung der Anrechnung auf alle folgenden N-Gaben, insbesondere auch der Qualitätsgabe, sowie eine mineralische Ergänzungsdüngung zu Vegetationsbeginn empfohlen.



Abbildung 2: Gärrest-Depotablage unter Mais

Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat

Der Anbau von **Zwischenfrüchten** im Herbst ist eine Möglichkeit, unvermeidbare N-Überhänge aus dem Hauptfruchtanbau aufzufangen bzw. anfallende organische Dünger fachgerecht einzusetzen. Gut entwickelte Zwischenfruchtbestände schaffen gleichzeitig positive Voraussetzungen für eine Mulchsaat und schützen vor Erosion.

Zwischenfrüchte sind neben dem Winterraps die einzigen Kulturen, die in der Lage sind, im Herbst hohe Nährstofffrachten nach der Ernte aufzunehmen und in der Biomasse zu speichern. Voraussetzungen sind eine ausreichende Wachstumsperiode und eine angepasste Pflanzenauswahl.

Unter Zwischenfruchtbeständen, die bis Mitte September ausgesät werden, wurden um 30-50 kg N/ha geringere Mengen an auswaschungsgefährdetem Stickstoff im Vergleich zu unbewachsenen Flächen im Boden gemessen. Das Auswaschungsrisiko über Winter wird durch Zwischenfrüchte gesenkt.

Bei flüssiger organischer Düngung mit einer praxisüblichen Gesamtstickstoffmenge von ca. 70 kg N/ha werden durch Zwischenfrüchte unter den Bedingungen in MV im Mittel ca. 30 kg N/ha mehr als von ungedüngten Beständen aufgenommen. Dies entspricht in etwa dem pflanzenverfügbaren Stickstoff des Düngers.

Das Verfahren der **Streifenbodenbearbeitung** (Strip Till) kann auch in MV im Maisanbau zur Reduzierung der Bearbeitungsintensität angewendet werden. Für Selbstfolgemaisflächen und für stark hängige und steinreiche Schläge bestehen Einschränkungen.

Gras-Untersaaten können eine Alternative für Erosionsschutz und Nährstoffkonservierung nach der Maisernte sein. Das in der Literatur beschriebene Verfahren ist erprobt und ist auch in Mecklenburg-Vorpommern nutzbar. Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung wurden beschrieben. Für dauerhafte Selbstfolgemaisflächen sind Untersaaten nicht geeignet.

Detaillierte Versuchsbeschreibungen und Auswertungen sowie weitere Informationen zu Veranstaltungen und Arbeiten der „Arbeitsgruppe WRRL und Landwirtschaft“ können in den einzelnen Kapiteln dieser Broschüre und auf der Seite www.wrrl-mv-landwirtschaft.de eingesehen werden.

Projektbudget und personelle Kapazitäten

Durch die Verwaltungsvereinbarung zwischen dem LUNG und der LFA konnten für die Bearbeitung der genannten Forschungsschwerpunkte von 2011 bis 2015 jährlich 120.000 € (insgesamt für 1,5 Stellen und Sachmittel) zusätzlich zu dem Arbeitsvolumen von ca. 2 × 0,5 Stellen aus dem Kernbereich der LFA eingesetzt werden. Für 2016 und 2017 ist eine Reduzierung der Ergänzungsmittel auf lediglich eine Stelle geplant. Deshalb müssen die geplanten Arbeiten entsprechend reduziert werden.

Überleitung der Ergebnisse in die Praxis

Eine wesentliche Aufgabe besteht darin, geeignete ackerbauliche Verfahren durch Praxisdemonstrationen, Feldbegehungen und andere Veranstaltungen einer breiten landwirtschaftlichen Öffentlichkeit vorzustellen. Von 2011 bis 2014 wurden von der LFA 41 Veröffentlichungen vorgelegt, 71 Vorträge gehalten und an insgesamt 93 Veranstaltungen mitgewirkt (siehe Anhang ab S. 10). Es gelang sowohl bei großen Fachveranstaltungen (z. B. Fachtagung und Maschinenvorführung zur Gärrestausbringung 2012) als auch bei regionalen Versuchsbesichtigungen mit einer großen Anzahl an Besuchern ins Gespräch zu kommen. Dabei war es besonders wichtig, Landwirte, Berater und andere Akteure für die Umsetzung der EG-WRRL zu sensibilisieren und Möglichkeiten aufzuzeigen, auf freiwilliger Basis an der Verbesserung der Wasserqualität mitzuwirken. Die gewählte Strategie aus Demonstrations- und Parzellenversuchen in Kombination mit umfangreicher Öffentlichkeitsarbeit sowie die Resonanz vor Ort wird als sehr positiv eingeschätzt.

Zukünftige Erfordernisse

Mit der neuen Bestandsaufnahme und Zustandsbewertung der Wasserkörper wurde entsprechend den Erwartungen die Mehrzahl aller Gewässer in MV wiederholt nicht dem „guten ökologischen Zustand“ bzw. nicht dem „guten chemischen Zustand“ zugeordnet. Gleichermaßen erfordern die Umsetzung der Meeresschutzstrategierichtlinie (MSRL) sowie die Ostsee (HELCOM)- und Nordsee (OSPAR)-Ziele eine Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Gewässer. Die Anforderungen zur Verringerung der diffusen Nährstoffausträge aus landwirtschaftlichen Flächen bleiben damit bestehen (Koch und Lemke 2015).

Auch unter der Voraussetzung, dass wie mit der Novellierung der Düngeverordnung vorgesehen, zukünftige N-Überhänge aus der Landwirtschaft flächendeckend auf 50 kg N/ha begrenzt bleiben, können die o. g. Ziele voraussichtlich nicht erreicht werden (Wendland et al. 2015). Aus diesem Grund bleibt es für das Land Mecklenburg-Vorpommern notwendig, den eingeschlagenen Weg mit ergänzenden Maßnahmen zur Minderung der Stoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer auf freiwilliger Basis fortzusetzen. Die fachgebietsübergreifende Bearbeitung der Umsetzung der Wasserschutzziele im Rahmen der AG „Wasserrahmenrichtlinie & Landwirtschaft hat sich bewährt und ist zum Vorzeigemodell für andere Bundesländer geworden.

Die freiwillige Mitarbeit von Landwirten wird nur auf der Grundlage fachlich fundierter Empfehlungen möglich sein. Deshalb bedarf eine glaubwürdige Beratung der Landwirte zu Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie regionaler standortbezogener und aktueller Versuchsergebnisse.

Die parallele Überleitung erarbeiteter Forschungsergebnisse in die Praxis hat sich bewährt und soll im Sinne einer schnellen Umsetzung von Erkenntnisgewinnen entsprechend fortgeführt werden.

Unter der Voraussetzung der Anwendung Guter Fachlicher Praxis ist die Gefahr diffuser Nährstoffverluste aus landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern vor allem folgenden Ursachen zuzuordnen:

- dem Anbau von Winterraps und Winterweizen mit dem landesweit üblichen sehr hohen Düngeniveau;
- dem Anbau auf leichteren Standorten aufgrund der natürlich gegebenen geringeren Nährstoffeffizienz;

- dem hohe Anteil gedränter Flächen in MV und dem damit verkürzten Sickerwasserweg;
- Unsicherheiten bezüglich der Düngewirkung und des optimalen Einsatzes organischer Dünger;
- einer aus der Bewirtschaftungshistorie resultierenden möglichen Nährstoffanreicherung.

Offene Fragen und Planung für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum

Aus den Ergebnissen des ersten Projektzeitraumes werden zu den einzelnen bearbeiteten Themen nachfolgende Schlussfolgerungen gezogen sowie Einschätzungen zum weiteren Forschungsbedarf abgeleitet.

Die **Qualität von Winterweizen** bleibt ein wesentliches Düngungsziel in Mecklenburg-Vorpommern. Aufgrund der extremen Witterungsabhängigkeit unterliegen die darauf ausgerichteten Düngungsmaßnahmen einer besonders hohen Gefahr zur Erhöhung des N-Überhangs. Außerdem nimmt der Weizenanbau einen hohen Flächenanteil in MV ein. Strategien zur Minderung von Nährstoffausträgen sollten deshalb die Weizenqualitätsdüngung einschließen. Das Interesse der Landwirte und die Motivation fachlich seriöse Ergebnisse anzuwenden ist bei diesem Thema sehr hoch.

Aufgrund der derzeitigen Einschätzung eines vergleichsweise geringen Minderungspotenzials von **Düngemodellierungen** in MV sollte diese Strategie nur mit sehr geringem Aufwand weiter verfolgt werden.

Die Ergebnisse des ersten Projektzeitraumes zeigen, dass der gewünschte Effekt einer **Zusammenlegung von Düngergaben** für das gesamte Land MV betrachtet, vergleichsweise gering ausfällt. Deswegen sollte diese Düngungsstrategie im Projekt Wasserrahmenrichtlinie nicht weiter verfolgt werden. An der LFA wird unabhängig davon die Effizienz einzelner N-Düngerformen weiter untersucht.

Die Bestimmung eines standortabhängigen optimalen **Düngeniveau**s unter der Berücksichtigung von sowohl ökonomischen Parametern als auch von Zielen des Gewässerschutzes ist eine wichtige Grundlage für alle weiteren Düngungsempfehlungen, die in anderen Versuchen erarbeitet werden. Mit den Versuchsergebnissen kann das von der landwirtschaftlichen Fachbehörde (LFB) geplante neue Düngebedarfsmodell für MV validiert und an die regionalen Bedingungen angepasst werden. Aktuelle und regionalspezifische Ergebnisse sind für die Akzeptanz und damit die Umsetzung der Empfehlungen absolut notwendig. Dieses Thema soll deshalb ab 2015 ein neuer Schwerpunkt der Untersuchungen sein.

Die Versuche zur Düngung von Raps nach der N-Herbstaufnahme werden mit den benannten Ergebnissen abgeschlossen. Mit der Umsetzung in die Praxis können größere Effekte für den Wasserschutz erwartet werden. Die weitere Anpassung des **Biomassemodells** wird unabhängig vom Projekt Wasserrahmenrichtlinie in der LFA betreut.

Aus den bisherigen Versuchen zur Düngung mit **Gärreste**n können keine Aussagen zu langfristigen Auswirkungen auf den Boden und unvermeidbaren N-Verlusten bei organischer Düngung getroffen werden. Für eine Untersetzung der Handlungsempfehlungen zum Einsatz von flüssigen organischen Düngern sollte die weitere Prüfung in einem statischen Versuch zum Gülle- bzw. Gärrest-Einsatz zu verschiedenen Fruchtarten, Terminen und Applikationsverfahren durchgeführt werden, um langjährige Düngewirkungen zu erfassen und langfristige Mineraldüngeräquivalente zu berechnen.

Aus dem Nachweis der **N-Verwertung** aus organischer Herbstdüngung der Zwischenfrüchte durch die Nachfrucht **Mais** im Folgejahr sollte eine Empfehlung für eine angepasste Verringerung der Düngung zu Mais abgeleitet werden. Durch die Begrenzung der Arbeitskapazität der LFA im Projekt kann diese Fragestellung nicht weiter bearbeitet werden.

Zum Anbau von **Zwischenfrüchten** werden aus der Praxis Handlungsempfehlungen zu den folgenden Themen nachgefragt, für die standortbezogene Untersuchungen leider nicht mehr umgesetzt werden können.

Empfehlungen zur optimalen **Bestandesetablierung von Zwischenfrüchten** bedürfen der Prüfung verschiedener Aussaatverfahren, um unter evtl. schwierigen Standortbedingungen (trockener Boden nach der Ernte) und in kurzer Zeit (begrenzte Zeit bis zum Frost, enge arbeitswirtschaftliche Situation) einen bestmöglichen Bestand zu etablieren. Aufgrund begrenzter Arbeitskapazitäten kann dieser Ansatzpunkt nicht weiter in der LFA bearbeitet werden.

Die differenzierten Ergebnisse zeigen, dass zu verschiedenen **Mulchsaat**-Verfahren noch weitere Untersuchungen notwendig sind. Aufgrund der begrenzten Arbeitskapazität im Projekt Wasserrahmenrichtlinie soll dieses Teilthema projektunabhängig in der LFA weiterbearbeitet werden.

Nur mittels direkten Untersuchungen des **Sickerwassers** lassen sich tatsächliche Aussagen über Nährstoffausträge gewinnen. Da sich die Standortbedingungen in MV stark von denen anderer Bundesländer unterscheiden, ist eine einfache Übertragung von Ergebnissen z. B. aus Thüringen aus fachlicher Sicht abzulehnen. Der bisherige vierjährige Bewirtschaftungszeitraum der Lysimeteranlage ist für die Lieferung von Ableitungen zu Zusammenhängen zwischen N-Düngung, N-Saldo und N-Austrag im Sickerwasser zu kurz. Für aussagekräftige Ergebnisse sollten langfristige Versuchsreihen mit konstanter Fragestellung angestrebt werden.

Der Versuch „Düngewirkung und Auswaschungsverluste von Stickstoff bei Gärrest- und Mineraldüngung“ auf der **Lysimeteranlage** Groß Lüsewitz zur Untersuchung von Langzeitwirkungen sollte unbedingt längerfristig fortgeführt werden, da mit einer voraussichtlichen Wirkungsverzögerung von 5 - 10 Jahren zu rechnen ist.

Aktuelle Untersuchungen verdeutlichen die Bedeutung der **Dränsysteme** für den Stickstoffeintrag in die Oberflächengewässer (Wendland et al. 2015). Über ihren tatsächlichen Anteil an den Nährstoffeinträgen, die Veränderung von Nährstoffkonzentrationen mit der Verlagerung des **Sickerwassers** in die Tiefe und ein mögliches Minderungspotenzial über Drängräben oder Dränwassereinstau bestehen noch sehr große Unsicherheiten. Es wird ein gesondertes Vorhaben nur zu diesem Themenkomplex im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft angestrebt. Die Operationelle Gruppe „DRÄNFIT“ stellt sich das Ziel, die Einsetzbarkeit und Wirksamkeit von Strategien zur Minderung der Nährstoffeinträge für dränierte Flächen zu prüfen.

Fazit

Mit Hilfe von Feldversuchen sollten Handlungsempfehlungen für pflanzenbauliche Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffverlusten aus landwirtschaftlichen Flächen erarbeitet sowie die jeweilige Maßnahmewirksamkeit eingeschätzt werden.

Aus den Auswertungen des ersten Projektzeitraumes von 2010 – 2014 können die nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse abgeleitet werden. Die daraus abgeleiteten Anforderungen an die angewandte Forschung zur Unterstützung der Landwirte bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern wurde in den letzten beiden Abschnitt zusammenfassend dargestellt (s. S. 6).

Ergebnisübersicht

<u>Allgemein</u>

- Wirkungsverzögerung von positiven Effekten auf das Sickerwasser von ca. 10 Jahren

<u>N-Düngungsstrategien</u>

- Düngung ausschließlich nach ISIP-Empfehlung ist in MV nicht empfehlenswert.
- KAS-Düngung in Wintergetreide ermöglicht geringere N-Salden im Vergleich zu ammoniumbetonten Düngern.
- Durch Anwendung des Biomassemodells im Raps ist Düngereinsparung möglich.

- Der Rohproteingehalt im Winterweizenkorn wird durch jeweils 40 kg N/ha zum 3. Düngungstermin um einen Prozentpunkt erhöht.
- Späte Flüssigdüngung kann den RP-Gehalt von Winterweizen positiv beeinflussen.

Gärrestanwendung

- Im Vergleich zur breitflächigen Ausbringung fördert die Depotablage von Gärresten bei Mais die Jugendentwicklung und steigert Erträge.
- Bei oberflächigen Ausbringungsverfahren unterbindet die Ansäuerung von Gärresten verfahrensbedingte Ammoniakemissionen.
- Die Düngewirkung von Gärrestgaben zu Vegetationsbeginn in Wintergetreide reicht bis in die Kornfüllungsphase hinein.

Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat

- Aussaat möglichst früh und bis Mitte September ist für N-Auswaschungssenkung sinnvoll.
- Winterzwischenfrüchte senken Auswaschungsrisiko im Winter um durchschnittlich 40 kg N/ha.
- Zwischenfrüchte können im Herbst aus 70 kg N_t/ha flüssiger organischer Düngung den pflanzenverfügbaren Anteil des Stickstoffs (ca. 30 kg N/ha) aufnehmen.
- Strip-Till-Verfahren mit Depot-Düngung zu Silomais werden für relativ ebene Standorte und bei Kulturwechsel (nach Zwischenfrucht) empfohlen.
- Untersaaten bieten unter der Voraussetzung einer Integration von Mais in eine Fruchtfolge (auch 1× Mais nach Mais) eine Möglichkeit der Winterbegrünung.

Literatur

KOCH, F.; LEMKE, G. (2015): Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer und das Grundwasser. Modellierungsergebnisse, Handlungsbedarf und Szenarien. Fachinformation „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“. http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/Fachinfo-WRRL-Modellierungsergebnisse_2015-Endversion_0.pdf

LORENZ, J.; LEHMANN, E.; ZACHOW, B. (2013): Die Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Groß Lüsewitz. Kooperation Lysimeter. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 192-218

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MECKLENBURG-VORPOMMERN (2011, 2012, 2013, 2014): Umsetzungsbericht zum Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer und das Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern. AG WRRL und Landwirtschaft. http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de

UBA (2009): Hintergrundpapier zu einer multimedialen Sickstoffemissionsstrategie. Dessau

WENDLAND, F.; KELLER, L.; KUHR, P. KUNKEL, R., TETZLAFF, B. (2015): Regional differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer Mecklenburg-Vorpommerns unter Anwendung der Modellkombination GROWA-DENUZ-WEKU-MEPhos. Endbericht. Forschungszentrum Jülich. http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund/modellierung_naehrstoffeintraege_mv.pdf

Veröffentlichungen

2015

Bull, I.: Hohe Weizenqualität und geringe N-Salden – ein realistisches Ziel? Auswertung von Versuchen zur N-Spätdüngung im Winterweizen. Getreidemagazin, (2015)2, 55-58

Bull, I.; Ramp, C.; Rutzen, C.; Amels, L.: Zwischenbericht zur Umsetzung der WRRL 2014. http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/JB%202014.pdf, 2015, 41-61

Ziesemer, A.; Bull, I.: Je leichter, desto unsicherer. Bauernzeitung, 56(2015)2015, 26-27

Ziesemer, A.; Bull, I.: N-Saldo mortale auf dem Acker. Bauernzeitung, 56(2015)19, 28-29

2014

Bull, I.; Kureck, L.; Ramp, C.: Abschlussbericht zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in MV

Ramp, C.: Internetbericht über den 4. Dialog WRRL & Landwirtschaft in Güstrow, 04.11.2014

Bull, I.; Kureck, L.; Ramp, C.: Zwischenbericht 2013 zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in MV

2013

Ramp, C.: Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft - Flyer, 23.10.2013

Kooperation Lysimeter: Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel-und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N-Befrachtung der Gewässer; Broschüre, September 2013

Lehmann, E.; Bull, I.: Aufwandsgeminderte Bodenbearbeitungsverfahren in Mecklenburg-Vorpommern, Poster für Exkursion der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Gülzow, 12.09.2013

Poster

Ramp, C.: Übersicht über Versuche und Standorte zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

2012

Bartel, H., Wichmann, A., **Bull, I.:** Zwischenfruchtanbau in Mecklenburg-Vorpommern, Radiobeitrag auf NDR 1 am 15.10.2012

Bull, I., Lehmann, L.: Zwischenfruchtanbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. Fachinformation "Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“, (12-09-01), http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/09-WRRL-ZWF-2012-09-01.pdf

Bull, I.: Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer. In: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow, (2012) 45–47

Kahle, P**., Lehmann, E**., Korn, G., Pach, F.: Auch ohne Pflug gute Erträge, LOP 6(2012), 18. Jahrgang, 35-41

Lehmann, E., I. Bull: Gärrestdüngung in Winterweizen – Versuchsergebnisse der LFA und Empfehlungen für die Praxis. Fachinformation „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“, (12-09-01), http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/08-WRRL-Gärrest-2012-09-01.pdf

Lehmann, E.: Grundlagen schaffen. Düngestrategie beim Weizen? Bauernzeitung 32(2012),26 27

Lehmann, E.: Mit Gärresten effizient Düngen. Verbandsnachrichten Bauernverband Mecklenburg-Vorpommern e.V. 05/2012

Lehmann, E.: Stickstoffdüngung zu Winterweizen unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns – Ergebnisse aus Versuchen der LFA. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Heft 47(2012), 58-65

Lehmann, E.: Was ist in MV ohne Pflug los? Das Blatt, 2(2012), 1. Jahrgang, S. 17-19

LU (2012): Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer und das Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern, Umsetzungsbericht 2011

Schulz, R.: Stickstoffdüngung zu Raps im Herbst - Versuchsergebnisse und Empfehlungen. Fachinformation "Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“, (12-09-01), http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/05-WRRL-Raps-2012-09-01.pdf

Poster

Lehmann, E., Amels, L.: Effizienter Einsatz von Biogasgärresten - Aktuelle Forschungsarbeiten der LFA, Fachtagung Erhöhung der Nährstoffeffizienz vom Gülle und Gärresten in Dummerstorf 09.05.2012, Weizentag Köchelstorf 20.06.2012 und WRRL-Feldführungen

2011

Lehmann, E., Lorenz, J., Amels, L.; Bull, I. (2011): Aktuelles zur Flüssigdüngung. Bauernzeitung, 52(2011)16., 22-23

Bull, I. (2011): “Man muss es wollen, dann schafft man es!“. Zwischenfruchtanbau. Bauernzeitung, 52(2011)42., 8

Lehmann, E., Amels, L. (2011): Fachinformation: Angewandte Forschung mit Praxisüberleitung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in der Landwirtschaft von MV. Informationsheft des Saatgutverbandes M/V e.V., (2011), 102-103

Schulz, R. (2011): Was bringt eine Stickstoffdüngung zu Raps im Herbst? Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“ http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/5

Bull, I. (2011): Zwischenfruchtanbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“ http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/5

Lehmann, E. (2011): Wirkung einer Stickstoffspätdüngung auf den Ertrag und die Qualität von WW. Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“ http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/5

Lehmann, E., Lorenz, J., Amels, L.; Bull, I. (2011): Angewandte Forschung mit Praxisüberleitung und Demonstrationsvorhaben zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“, http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/5

Lorenz, J. (2011): N-Flüssigdüngeverfahren - Versuchsergebnisse und Anwendung in Mecklenburg-Vorpommern. Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“ http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/5

Amels, L.; Bull, I.; Lorenz, J. (2011): Projektbeschreibung Demonstrationsvorhaben der LFA http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Wasserrahmenrichtlinie/Fachbeitraege/Projektbeschreibung__Demonstrationsvorhaben_der_LFA/Projektbeschreibung_WRRL.pdf

Lorenz, J; Lehmann, E.; Zachow, B.: Die Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Groß Lüsewitz. Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N-Befrachtung der Gewässer, (2012) im Druck

Poster

Bull, I.: Winterbegrünung und Mulchsaat unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns, Gülzow, 22.09.2011 und 11.10.2011

Lehmann, E.: Die Wirkung einer Stickstoffspätdüngung auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen, Gülzow, 15.06.2011

Amels, L.: N-Effizienz und Düngewirkung von Gärresten, Gülzow, 15.06.2011

Boelke, B., **Amels, L.**: Effekte ammoniumbetonter N-Flüssigdüngung im Raps- und Getreideanbau, Gülzow, 27.05.2011

Lehmann, E., Lorenz, J.; Amels, L.; Bull, I.: Beitrag der LFA zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in MV, Gülzow, 10.03.2011

2010

Lehmann, E.: Gemeinsame Anstrengung. LFA und Partner im Land konzipieren angewandte Forschung zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Bauernzeitung, 51(2010)4, 9

Lehmann, E.: Angewandte Forschung zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Verbandsnachrichten, (2010)1, 11

Schulz, R.-R.: Gezielte, standortangepasste Stickstoffdüngung vermindert N-Überhänge beim Raps. http://www.lfamv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/?&artikel=2103

Vorträge

2015

Bull, Ines; Ramp, Constanze; Rutzen, Carolina

29.01.2015 Düngung von Winterweizen – Ergebnisse aus Versuchen, Brandenburger Düngungstag, Prenzlau

24.02.2015 N-Düngung für Winterweizen – Empfehlungen auf der Grundlage von Versuchsergebnissen, Saatgutverband, Güstrow

02.06.2015 Forschungsergebnisse zum Zwischenfruchtanbau, Feldtag Syngenta, Ziesendorf

16.06.2015 organische Düngung – Ertrag – N-Bilanz, Mähdruschtag, Gülzow

02.07.2015 Aufgaben und Forschungsergebnisse zur Verringerung diffuser Nährstoffausträge aus der Landwirtschaft, Schulung UWB, Güstrow

15.10.2015 Sicherung hoher Rohproteingehalte im Weizen unter dem Aspekt des Wasserschutzes. 5. Dialog WRRL & Landwirtschaft, Güstrow

Ramp, Constanze; Bull, Ines; Rutzen, Carolina

25./26./27.02.2015 Möglichkeiten zur Senkung der N-Salden. Einsparung von Stickstoff. Regionalveranstaltung DüV/ WRRL, Tollenseheim, Leyerhof, Lützow

27.04.2015 P-, K-, Mg- & S-Auswaschungen aus landwirtschaftlich genutzten Böden auf der Lysimeterstation Groß Lüsewitz, Arbeitstreffen Kooperation Lysimeter, Weimar

12.05.2015 Gewässerschutz und Getreideanbau – N-Düngungsstrategien im Vergleich, Feldtag Integrierter Pflanzenschutz + Wasserrahmenrichtlinie, Brüel/ Gustävel

19.05.2015 Gewässerschutz und Zwischenfruchtanbau zur Senkung der N-Auswaschung über Winter, Feldtag Integrierter Pflanzenschutz + Wasserrahmenrichtlinie, Kuhlrade

19.05.2015 Gewässerschutz und Getreideanbau – N-Düngungsstrategien im Vergleich, Feldtag Integrierter Pflanzenschutz + Wasserrahmenrichtlinie, Kuhlrade

16.06.2015 Qualitätsdüngung im Winterweizen, Mähdruschtag, Gülzow

09.09.2015 Späte Flüssigdüngung im Winterweizen – eine Möglichkeit zur Steigerung der N-Effizienz?, K&S-Agrargespräche, Güstrow

2014

Bull, Ines; Ramp, Constanze; Kureck Liane

05.03.2014 Zwischenfruchtanbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. GKB-Seminar, Gägelow

30.10.2014 Ansäuern und Schlitzen - Was bringen neue Applikationstechniken für Gülle und Gärreste?, 4. Dialog WRRL & Landwirtschaft, Güstrow

02.12.2014 Zwischenfruchtanbau - eine pflanzenbauliche oder politische Entscheidung? KWS-Seminar, Linstow

11.12.2014 Unterstützung der Landwirte bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, AG Diffuse Nährstoffe, Schwerin

Bull, Ines; Peters, Jana, Ramp, Constanze; Kureck Liane

16.12.2014 Aktuelle Ergebnisse der LFA und neue Ansätze für die Forschung, Arbeitskreis Düngung, Lübeck

Kureck, Liane

22.01.2014 Gärresteinsatz im Winterweizen u. Silomais; Qualitätsdüngung im Winterweizen, Betriebsauswertung 2013, Gülzow

03.03.2014 Neuausrichtung der Forschungsthemen WRRL Gärresteinsatz, Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

03.09.2014 Gärreste im Silomais, Energiepflanzentag, Gülzow

03.09.2014 Ansäuern und Schlitzen - Was bringen neue Applikationstechniken für Gülle und Gärreste?, Energiepflanzentag, Gülzow

Ramp, Constanze

14.01.2014 Umsetzung der EG-WRRL in MV, Winterschulung Kreisbauernverband Mecklenburg Strelitz, Burg Stargard

05.02.2014 Stand der Umsetzung der EG- WRRL in MV, Tellower Vortragsveranstaltung, Tellow

03.03.2014 Neuausrichtung der Forschungsthemen WRRL N-Düngungsstrategien, Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

31.03.2014 Neuausrichtung der Forschungsthemen WRRL Zwischenfruchtanbau, Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

07.04.2014 Lysimeterergebnisse, Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

15.04.2014 Auswertung der Ergebnisse 2012/13 am Standort Gustävel, Feldtag, Gustävel

09.05.2014 Stabilisierte und flüssige Düngung im Winterweizen/-roggen Versuch 2014, Feldtag, Gustävel

13.05.2014 Stabilisierte und flüssige Düngung im Winterweizen/-roggen, Feldtag, Brüel

20.05.2014 Stabilisierte und flüssige Düngung im Winterweizen/-roggen, Feldtag, Bartelshagen

03.06.2014 Ergebnisse zum Zwischenfruchtanbau, Syngenta-Feldtag, Ziesendorf

19.06.2014 Ergebnisse des ISIP-N-Düngemodells, Feldtag, Neuendorf

26.06.2014 Stabilisierte und flüssige Düngung im Winterweizen/-roggen Versuch 2014, Feldtag, Gustävel

03.09.2014 Zwischenfruchtanbau über Winter - N-Konservierung und Senkung der N-Austräge als Beitrag zum Gewässerschutz, Energiepflanzentag, Gülzow

14.10.2014 Datenübersicht und Auswertung zu P, K, S, Mg im Lysimeter, Treffen „AG Kooperation Lysimeter/Bodenwassermessstellen“, Freising

2013

Bull, Ines

25.02.2013 Zwischenfruchtanbau - wenn, dann richtig, Tag der Marktfrucht und Betriebswirtschaft. LMS, Güstrow

14.03.2013 Angewandte Forschung mit Praxisüberleitung und Demonstrationsvorhaben zur Findung und Umsetzung kosteneffizienter Maßnahmen. Ergebnisse aus der Arbeitsgruppe "Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft", Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

27.09.2013 Zwischenfrüchte - Wieso, weshalb, warum? , Modellprojekt-Naturschutzberatung für Landnutzer in Mecklenburg-Vorpommern, Trams

Kureck, Liane

12.06.2013 Gärresteinsatz im Winterweizen u. Silomais; Qualitätsdüngung im Winterweizen, ISIP-Simulationsmodell, Feldtag, Cramonshagen

18.06.2013 Gärresteinsatz im Winterweizen, Mähdruschtag, Gülzow

24.06.2013 Depotablage von Gärresten im Silomais, Feldtag, Petersdorf

04.09.2013 Depotablage von Gärresten im Silomais, Energiepflanzentag, Gülzow

25.10.2013 Effizienter Einsatz organischer Dünger , Modellprojekt-Naturschutzberatung für Landnutzer in Mecklenburg-Vorpommern, Zahrensdorf

20.11.2013 Aktivitäten der Landwirtschaftsforschung zur Minderung diffuser Nährstoffausträge in M-V, 18. Gewässersymposium des LUNG, Güstrow

Lehmann, Eckhard

26.03.2013 Forschungsschwerpunkte im Acker- und Pflanzenbau aus Sicht der angewandten Agrarforschung, Fachausschusssitzung Pflanzenproduktion des Bauernverbandes MV in Neubrandenburg, Neubrandenburg

07.05.2013 Bodenbearbeitung und Düngung zu Mais - Versuche in Mecklenburg-Vorpommern, Fachtagung Umweltschonende Maiserzeugung, Dummerstorf

08.05.2013 Streifen-Bodenbearbeitung - Versuche in Mecklenburg-Vorpommern, Workshop AF Bodenbearbeitung Arbeitsgruppe der Landesanstalten, Gülzow

19.06.2013 Erfolgreich Winterweizen anbauen – Stellschrauben in der Produktionstechnik, 38. Weizentag, Köchelstorf

Ramp, Constanze

25/26.06.2013 Qualitätsdüngung im Winterweizen und ISIP-Simulationsmodell, Qualitätsdüngung Winterweizen und N-Modell Feldtag, Neuendorf und Saal

10.10.2013 Umsetzung der WRRL in der Landwirtschaft in MV, Arbeitsgruppe Kooperation Lysimeter/Bodenwasser Messstellen, Tagung in Gülzow, Gülzow

24.10.2013 Einsatz stabilisierter und flüssiger ammoniumbetonter Dünger im Getreide – Ergebnisse der LFA. 3. Dialog Wasserrahmenrichtlinie MV, Güstrow

2012

Lehmann, Eckhard

02.03.2012 Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern. Mitgliederversammlung Bauernverband OVP, Neetzow

04.05.2012 Ergebnisse und Konzept der Lysimeternutzung. AG WRRL und LW, Gülzow

25.09.2012 Gärrestdüngung in Winterweizen – Ergebnisse der LFA. 2. Dialog Wasserrahmenrichtlinie MV, Güstrow

Lehmann, Eckhard; Amels, Liane

31.03.2012 Aspekte der Düngung mit Biogasgärresten aus Sicht einer hohen Nährstoffausnutzung und einer Reduzierung von Stoffausträgen. Informationsveranstaltung zur Gärrestdüngung, Zinzow

06./ 09. 03.2012 Feldversuche und Praxisdemonstrationen zur Reduktion diffuser Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog WRRL, Grundwasserkörper, Crivitz und Werder

09.05.2012 Düngewirkung von Gärresten – Versuche aus Mecklenburg-Vorpommern. Fachtagung Gülle- und Gärrestdüngung, Dummerstorf

Bull, Ines; Koch, Franka; Hoppe, Andreas

11.12.2012 Vorstellung des Umsetzungsberichtes 2012 der AG "Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft", Schwerin

2011

Lehmann, Eckhard

26.01.2011 Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern; Informationsveranstaltung „Quaterna-Konzept“, Priborn

16.03.2011 Reduktion diffuser Einträge – Beitrag der Landwirtschaft zur Verbesserung der Gewässerqualität; Informationsveranstaltung WRRL, Einzugsgebiet Beke, Jürgenshagen

28.03.2011 Gute fachliche Praxis beim Zwischenfrucht- und Ackerfutteranbau; Seminar InVeKoS 2011, Dümmer

06.07.2011 Strategien zur Umsetzung der WRRL - Reduzierung diffuser Nährstoffeinträge, Gülzow

22.09.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion diffuser Nährstoffausträge aus der Landwirtschaft, Güstrow

Amels, Liane

16.03.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog Wasserrahmenrichtlinie „Einzugsgebiet Beke“, Jürgenshagen

06.04.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog Wasserrahmenrichtlinie „Einzugsgebiet Stepenitz“, Rütling

18.04.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog Wasserrahmenrichtlinie „Einzugsgebiet Schilde“, Lützow

Bull, Ines

28.01.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog Wasserrahmenrichtlinie „Einzugsgebiete Barthe/ Saaler Bach“, Triebsees

01.03.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Dialog Wasserrahmenrichtlinie „Einzugsgebiet Warnow/ Oberlauf“, Kladrum

06.06.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Landesarbeitsgemeinschaft Düngung, Gülzow

Amels, Liane; Bull, Ines; Lorenz, Jana

07.03.2011 Beitrag der Landesforschungsanstalt zur Unterstützung der Landwirte bei der Reduktion der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Kolloquium der LFA, Gülzow

Veranstaltungen

Auf den nachfolgend aufgeführten Veranstaltungen wurden die Ergebnisse der LFA zur Umsetzung des „Konzeptes zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer und in das Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern“ vorgestellt. Dafür wurden sowohl projektübergreifende Veranstaltungen genutzt als auch gemeinsam durch die AG „Wasserrahmenrichtlinie & Landwirtschaft“ Veranstaltungen organisiert.

2015

Datum	Ort/Betrieb	Veranstaltung	Teilnehmer
04.02.2015	Gülzow	Auswertung Praxisbetriebe Versuchsjahr 2014	7
25.02.2015	Tollenseheim	Regionalveranstaltung DüV/WRRL	85
26.02.2015	Leyerhof	Regionalveranstaltung DüV/WRRL	65
27.02.2015	Lützow	Regionalveranstaltung DüV/WRRL	70
24.04.2015	Dummerstorf	Technikveranstaltung Sensormessung I	40
12.05.2015	Brüel	Feldtag mit LALLF	
19.05.2015	Bartelshagen	Feldtag mit LALLF	
22.05.2015	Dummerstorf	Technikveranstaltung Sensormessung II	40
02.06.2015	Ziesendorf	Feldtag mit Syngenta	100
16.06.2015	Gülzow	Mähdruschtag	
22.07.2015	Dummerstorf, Hohen Wangelin	Feldbesichtigung Praxisversuche Strip-Till	10
15.10.2015	Güstrow	5. Dialog WRRL & Landwirtschaft	100

2014

Datum	Ort/Betrieb	Veranstaltung	Teilnehmer
14.01.2014	Burg Stargard	Winterschulung Kreisbauernverband Mecklenburg Strelitz	21
22.01.2014	Gülzow	Auswertung Versuchsjahr 2013	12
05.02.2014	Tellow	Tellower Vortragsveranstaltung 2014	47
15.04.2014	Gustävel	Felderkiek mit Bayer und DSV	12
09.05.2014	Gustävel	Felderkiek mit Bayer und DSV	14
13.05.2014	Brüel	Feldtag mit LALLF	50
20.05.2014	Bartelshagen	Feldtag mit LALLF	22
03.06.2014	Ziesendorf	Feldtag mit Syngenta	100
19.06.2014	Neuendorf	Feldtag mit HaGe	17
26.06.2014	Gustävel	Felderkiek mit Bayer und DSV	14
03.09.2014	Gülzow	Energiepflanzentag	80
30.10.2014	Güstrow	4. Dialog WRRL & Landwirtschaft	160

2013

Datum	Ort/Betrieb	Veranstaltung	Teilnehmer
25.01.2013	Güstrow	LMS-Marktfruchttag	
21.02.2013	Güstrow	Boden- und Düngungstag 2013	
22.03.2013	Rostock	Vortrag Uni Forschung zur Gärrestausbringung	
06.05.2013	Gustävel	1. Feldrundgang Gustävel	
07.05.2013	Dummerstorf	Veranstaltung "Erosionsschonende Maisbestellung"	
22.05.2013	Kuhlrade	Feldtag	
23.05.2013	Jürgenshagen	Eröffnungsveranstaltung Dränteich	
31.05.2013	Gustävel	Feldtag	11
04.06.2013	Ziesendorf	Feldtag Syngenta	120
12.06.2013	Cramonshagen	Feldtag	10
18.06.2013	Gülzow	Mähdruschtag, Vorstellung WRRL-Versuche	50
21.06.2013	Gülzow	Vorstellung WRRL-Versuche Betriebe in Naturschutzgebieten	6
24.06.2013	Petersdorf	Feldtag	20
25.06.2013	Neuendorf	Feldtag mit HaGe	18
26.06.2013	Neuendorf	Feldtag mit HaGe	20
02.07.2013	Gülzow	Vorstellung WRRL_Versuche im AK Düngung	8
03.07.2013	Cramonshagen/ Gustävel	Vorstellung WRRL-Versuche im LAD Nord	14
04.07.2013	Gustävel	Feldführung	12
04.09.2013	Gülzow	Energiepflanzentag Gülzow	
27.09.2013	Trams	Zwischenfruchtanbau (LMS)	
24.10.2013	Güstrow	3. Dialog WRRL & Landwirtschaft	180
25.10.2013	Zahrensdorf	Landschaftspflegeverband Sternberger Endmoränengebiet	
29.10.2013	Gülzow	Zwischenfruchttag	70
20.11.2013	Güstrow	Gewässersymposium	160

2012

Datum	Ort/Betrieb	Veranstaltung	Teilnehmer
08.02.2012	Güstrow	Informationsaustausch Düngung	
23.02.2012	Güstrow	Boden- und Düngungstag	290
06.03.2012	Crivitz	Grundwasserveranstaltung	15
09.03.2012	Werder	Grundwasserveranstaltung	28
20.03.2012	Trinwillershagen	Dünge-/Bodenschutzrecht und WRRL (AG WRRL & LW, STALU VP-NVP)	200
21.03.2012	Wolgast	Dünge-/Bodenschutzrecht und WRRL (AG WRRL & LW, STALU VP-UER)	125
27.03.2012	Wolgast	Dünge-/Bodenschutzrecht und WRRL (AG WRRL & LW, STALU VP-OVP)	150
28.03.2012	Gingst	Dünge-/Bodenschutzrecht und WRRL (AG WRRL & LW, STALU VP-RÜG	150
03.04.2012	Parchim	Dünge-/Bodenschutzrecht und WRRL (AG WRRL & LW, BVB PCH)	175
24.04.2012	Gustävel	Feldbegehung	16
09.05.2012	Dummerstorf	Anwendertag Gärrestausbringung	450
21.05.2012	Gustävel	Feldbegehung	12
23.05.2012	Kuhlrade	Feldbegehung	26
05.06.2012	Ziesendorf	Feldtag	120
06.06.2012	Veelböken	Rapstag, Demonstrationsparzellen zur WRRL	25
19.06.2012	Gülzow	Mähdruschtag	35
20.06.2012	Köchelstorf	Weizentag MV	160
20.06.2012	Neuendorf	Feldführung	12
21.06.2012	Neuendorf	Feldführung	12
25.06.2012	Petersdorf	Feldführung	60
26.06.2012	Cramonshagen	Feldführung	16
10.07.2012	Gustävel	Feldbegehung	50
04.09.2012	Gülzow	Energiepflanzentag	75
11.09.2012	Petersdorf	Feldbegehung	18
13.09.2012	Güstrow	17. Gewässersymposium des LUNG	100
25.09.2012	Güstrow	2. Dialog WRRL & Landwirtschaft	180
12.10.2012	Selow	Feldtag Zwischenfrüchte	62
16.10.2012	Cramonshagen	Feldtag Zwischenfrüchte	
21.11.2012	Rhena	Mähdruschauswertung	
29.11.2012	Gülzow	Projektauswertung mit Praxispartnern	6

2011

Datum	Ort/Betrieb	Veranstaltung	Teilnehmer
24.02.2011	Güstrow	Boden- und Düngungstag MV	290
20.05.2011	Güstrow	Feldführung	30
23.05.2011	Güstrow	Feldführung	7
23.05.2011	Kuhlrade	Feldführung	12
15.06.2011	Cramonshagen	Feldführung	10
20.06.2011	Gülzow	Feldführung	6
21.06.2011	Gülzow	Mähdruschtag	60
23.06.2011	Neuendorf	Feldführung	25
29.06.2011	Neuendorf	Feldführung	20
05.07.2011	Gustävel	Feldführung	13
06.07.2011	Gülzow	Sommertagung und Feldführung mit LAD-Nord	12
01.09.2011	Gülzow	Energiepflanzentag	60
22.09.2011	Güstrow	Beratertag WRRL	70
11.10.2011	Gülzow	Zwischenfruchtfeldtag	50
08.11.2011	Cramonshagen	Zwischenfrucht- und Pflanzenschutzfeldtag	50

Nutzung modellgestützter Verfahren in M-V zur Simulation des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden

Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Abstract: The aim of this research was to evaluate the ISIP-model, which recommends a time of application and an amount of nitrogen fertilizer. By using the ISIP-model the nitrogen-balances were higher than following present farmers´ practice. Therefore this model cannot be recommended for unrestricted usage. But it is estimated that the utilization of ISIP method can give some advantages by using actual weather prognoses and mobilization of nitrogen.

Zusammenfassung

Um die Prognosegenauigkeit und Praxistauglichkeit des Simulationsmodells ISIP zur Düngebedarfsermittlung zu bewerten, wurden Versuche im Winterweizen an den Standorten Cramonshagen, Neuendorf und Gülzow durchgeführt. Hierbei wurden die Daten der nach Modellempfehlung gedüngten Parzellen denen der betriebsüblich gedüngten Parzellen gegenübergestellt. Die Ergebnisse der drei Standorte, insbesondere der Vergleich der N-Salden zeigen, dass eine Düngung nach der ISIP-Modellempfehlung bislang keine Vorteile in Bezug auf die Minderung der N-Austräge bringt und somit eine alleinige Düngung nach ISIP-Berechnung nicht empfohlen wird. Dennoch wird es als eine geeignete Methode eingeschätzt, um die jeweilige betriebliche Düngung abzugleichen. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass neben aktuellen Wetterprognosen auch viele andere Einflussfaktoren (z. B. N-Nachlieferung aus Boden) bei der Düngeberechnung berücksichtigt werden.

Einleitung

Das Ziel ist eine Optimierung der Düngung im Zusammenspiel mit Standortfaktoren und Witterungseinflüssen zum Zweck der Reduzierung des Stickstoffaustrags bei gleichzeitig ausreichender Versorgung der Kulturpflanzen. Dazu erfolgt eine Prüfung und Anpassung prozessorientierter Simulationsmodelle zur Ermittlung optimaler N-Düngergaben im Weizen hinsichtlich der Prognosegenauigkeit und Anwendbarkeit in der landwirtschaftlichen Praxis. Daraus soll eine Ableitung landesweiter und gebietsbezogener Empfehlungen zur modellgestützten N-Düngeberatung für die Fruchtart Winterweizen und deren Überleitung in die Praxis erfolgen.

Entsprechend der Düngeverordnung ist vor jeder Ausbringung von Stickstoff der Düngebedarf des Schlages zu ermitteln, um den Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden möglichst genau an den Bedarf der Kulturpflanzen anzupassen. Hierfür wurde eine Reihe von statischen Verfahren entwickelt. Entscheidende Verbesserungen der N-Bedarfsprognose können erreicht werden, wenn die statischen Empfehlungen durch dynamische Instrumente ergänzt werden, die die engen Verknüpfungen zwischen Witterung, Wasser- und Stickstoffhaushalt des Bodens sowie Wachstum und N-Aufnahme der Pflanze in stärkerem Maße und zeitlich aktuell miteinander verbinden. Auf Basis der regionalen Bedingungen wurden zu diesem Zweck verschiedene Simulationsmodelle entwickelt, die jeweils aus einzelnen, aber miteinander eng verknüpften Teilmodellen z. B. für die Simulation der Mineralisation im Boden bzw. des Wachstums des Pflanzenbestandes bestehen. Durch die möglichst genaue Abbildung dieser sehr komplexen Vorgänge entstehen durch die Simulation dynamische, d. h. an die aktuellen Bedingungen angepasste Empfehlungen über Termin und Höhe der N-Gabe.

Die Anforderungen, die sich bei der Umsetzung der EG-WRRL ergeben, machen es auch in Mecklenburg-Vorpommern notwendig, vorhandene Prognosemodelle und Beratungsinstrumente für die regionalen Bedingungen zu testen und anzupassen. Durch die sich zunehmend verschärfenden ökonomischen Rahmenbedingungen in allen Bereichen der landwirtschaftlichen Primärproduktion ergibt sich darüber hinaus seitens der Landwirte ein wachsendes Interesse an einer Düngungsoptimierung.

Als Gemeinschaftsprojekt der Universitäten Kiel und Hannover, der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie

(LBEG) wurde ein neues N-Düngungsmodell für Winterweizen entwickelt. Es steht Landwirten und Beratern in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt seit 2011 auf der Internetplattform ISIP (Informationssystem für Integrierte Pflanzenproduktion) zur Verfügung. Dieses Modell gibt eine Düngeempfehlung anhand eingegebener Daten (u. a. Fruchtart, Aussaatdatum, Bodenart, N_{min}-Gehalt, Ertragserwartung) und vom System bereitgestellter Daten (z. B. Wetter, Bodendaten). Aus diesen Daten wird auf Grundlage des langjährigen Durchschnittsertrages ein ökonomisch optimaler Ertrag simuliert und dementsprechend die notwendige Düngemenge berechnet. Die Einschätzung des Modells ändert sich im Vegetationsverlauf, da stetig aktuelle Wetterdaten und die Bestandesentwicklung berücksichtigt werden. Eine Anpassung an die regionalen Bedingungen und die Nutzung des Modells wird auch in MV angestrebt.

Versuchsaufbau

Um die Prognosegenauigkeit und Praxistauglichkeit des Simulationsmodells ISIP zur Düngebedarfsermittlung zu bewerten, wurden Versuche im Winterweizen an den Standorten Cramonshagen, Neuendorf und Gülzow durchgeführt. Hierbei wurden die Daten der nach Modellempfehlung gedüngten Parzellen denen der betriebsüblich gedüngten Parzellen gegenübergestellt. Die Düngungsmaßnahmen wurden in der Regel mit Kalkammonsalpeter (KAS) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die ISIP-Empfehlung im Jahr 2012 am Standort Cramonshagen betrug 205 kg N/ha und somit 5 kg N weniger als die betriebsübliche Düngungsmenge (210 kg N/ha). 2013 überschritt die Modellempfehlung (242 kg N/ha) diese Menge deutlich und auch 2014 lag die Düngeempfehlung über der betrieblichen Düngemenge (Tabelle 1). Daraus ergab sich im Mittel der drei Versuchsjahre ein um 13 kg/ha höherer N-Saldo bei der nach ISIP gedüngten Variante im Vergleich zur betriebsüblichen Düngung (Tabelle 2). Im Ertrag und Proteingehalt wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Varianten festgestellt. Dieser Umstand kann teilweise auch auf den guten N-Vorrat im Boden durch langjährige organische Düngung zurückgeführt werden.

Die Auswertung der drei Versuchsjahre 2012 bis 2014 am Standort Neuendorf ergab, dass die Modellanwendung (Tabelle 1) im Vergleich zur orts- bzw. betriebsüblichen Düngung (230 kg N/ha) weder einen nachteiligen noch einen vorteiligen Einfluss auf den Ertrag (ortsüblich: 111 dt/ha, ISIP: 108 dt/ha) und den Proteingehalt (beide Varianten 13,3 %) des Bestandes hatte. Im Mittel der Versuchsjahre zeigte die ISIP-Düngungsvariante allerdings ein um 20 kg/ha höheren N-Saldo (Tabelle 2). Dies ist überwiegend auf das Jahr 2014 zurückzuführen, da das ISIP-Modell zur dritten Düngergabe den Bedarf an Stickstoff deutlich überschätzt hat und so zu einem um 50 kg/ha höheren N-Saldo gegenüber der ortsüblichen Variante geführt hat.

Tabelle 1: Höhe der N-Menge [kg/ha] der Düngeempfehlung des ISIP-Modells in Cramonshagen, Neuendorf und Gülzow

ISIP - Düngeempfehlung	Cramonshagen (betriebsüblich: 210 kg/ha)				Neuendorf (betriebsüblich: 230 kg/ha)				Gülzow (betriebsüblich: 200-240 kg/ha)		
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2012	2013	2014
1.Gabe	70	73	78	77	70	80	80	83	80	75	81
2.Gabe	93	71	109	81	96	107	110	111	80	100	89
3.Gabe	34	61	55	66	65	61	37	86	61	52	69
Gesamt	**197**	**205**	**242**	**224**	**231**	**248**	**227**	**280**	**241**	**227**	**239**

In Gülzow unterschied sich im Mittel der Jahre 2012 und 2013 der Kornertrag der nach ISIP-gedüngten Variante (83 dt/ha) nicht signifikant von den Varianten mit dreimaliger KAS-Düngung ($200N_{ges}$ = 84 dt/ha). Der Rohproteingehalt (13,5 %) lag zwischen den beiden anderen Ver-

gleichsvarianten (200 N_{ges} = 12,7 %, 240 N_{ges} = 13,9 %). Dennoch zeigte sich bei der ISIP-gedüngten Variante aufgrund der tendenziell geringeren Erträge ein höherer N-Saldo als bei den anderen Varianten (Tabelle 2). Für das Jahr 2014 änderten sich durch die Versuchsumstellung die Vergleichsvarianten gegenüber den Vorjahren.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der mittleren N-Salden von 2011 - 2014 der ISIP-gedüngten Variante und der betriebsüblichen Düngevariante an den Standorten Cramonshagen, Neuendorf und Gülzow

Cramonshagen		Neuendorf		Gülzow	
ISIP	Betrieb (Mittel der Vergleichsvarianten)	ISIP	Betrieb	ISIP	Betrieb (Mittel der Vergleichsvarianten)
30	17	43	23	60	50

Von den Ergebnissen aller drei Standorte lässt sich ableiten, dass die orts- bzw. betriebsüblich angewandte Düngermenge in einem sehr guten Bereich liegt. Es wird nicht empfohlen, sich als Landwirt ausschließlich auf die Düngeempfehlungen des Modells zu verlassen. Allerdings stellt das System nützliche Daten bereit, die für die betriebliche Düngeplanung durchaus berücksichtigt werden können. Neben den Witterungsdaten wird auch dargestellt, wie hoch das Modell die N-Aufnahme des Bestandes schätzt (Abbildung 1) bzw. wie hoch die N-Mineralisierung des Bodens ist.

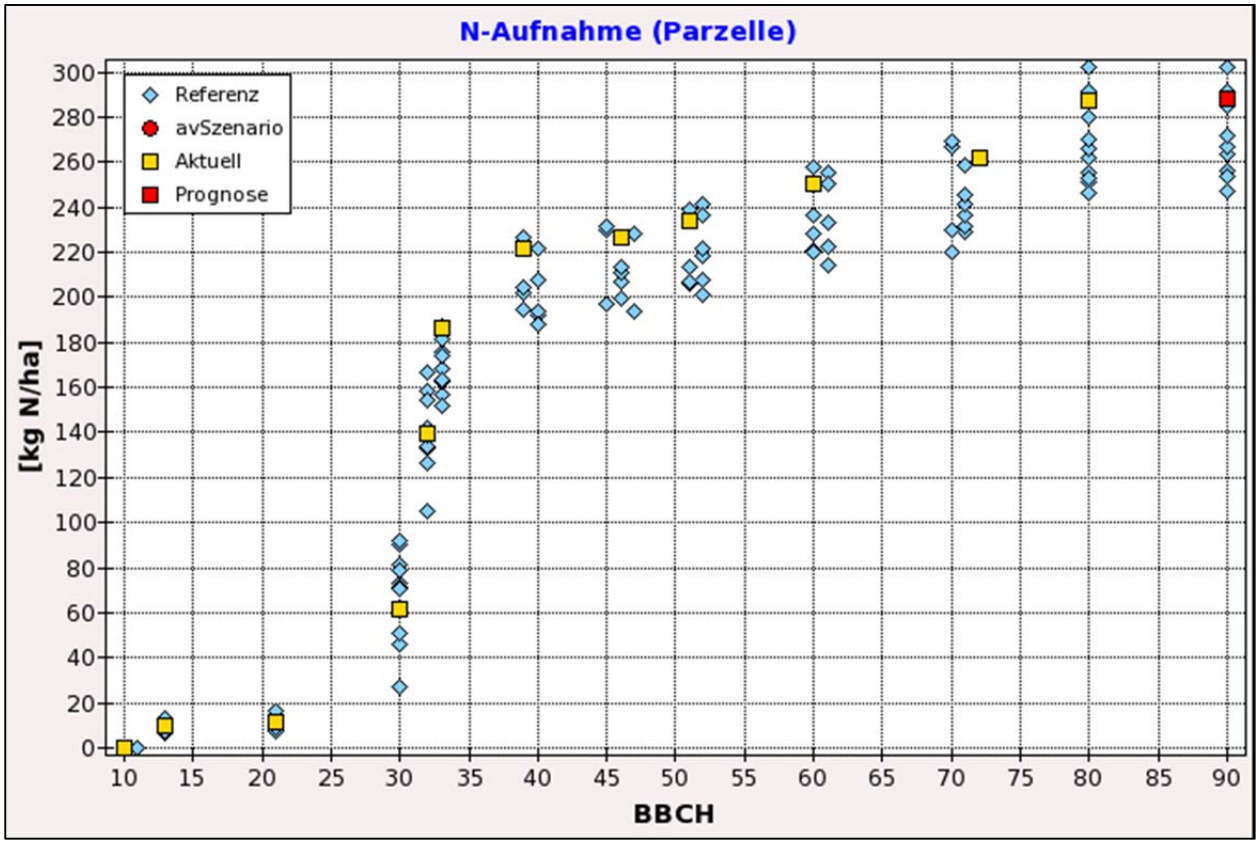


Abbildung 1: Prognosebeispiel des ISIP-Modells von der N-Aufnahme am Standort Neuendorf 2014

Fazit

Die Ergebnisse der drei Standorte, insbesondere der Vergleich der N-Salden zeigen, dass eine Düngung nach der ISIP-Modellempfehlung bislang keine Vorteile in Bezug auf die Minderung der N-Austräge bringt. Dennoch wird es als eine geeignete Methode eingeschätzt, um die jeweilige betriebliche Düngung abzugleichen. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass neben aktuellen Wetterprognosen auch viele andere Einflussfaktoren (z. B. N-Nachlieferung aus Boden) bei der Düngeberechnung berücksichtigt werden.

Der Erfolg der Anwendung dieses Modells unterliegt großen Schwankungen zwischen den Versuchsjahren. Voraussetzung für zuverlässige Empfehlungen ist eine genaue und gewissenhafte Einpflege der Daten in das ISIP-Programm. Weiterhin ist es notwendig, regelmäßig die Empfehlungen zu aktualisieren und hinsichtlich des Düngezeitpunktes flexibel zu agieren, da dieser von dem Modell angegeben wird. Das Modell befindet sich noch in der Testphase und ist bisher nicht an die regionalen Versuchsdaten aus Mecklenburg-Vorpommern angepasst. Es findet ein Erfahrungsaustausch zwischen dem Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft und den Entwicklern statt. Für statistisch abgesicherte Aussagen werden allerdings noch weitere Versuchsjahre benötigt.

In Anlehnung an den Maßnahmenkatalog der Fachberatung „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“ (Fachinformationen 2012) ist die Nutzung des ISIP-Modells dem Düngemanagement und der schlag- und fruchtartenbezogenen Düngeplanung mit anerkannten Planungsmodellen und verbindlichen Richtwerten zuzuordnen. Die dort zugewiesene Minderung des N-Saldos durch die Maßnahme ist mit 40 kg N/ha angegeben. Im Mittel aller Versuchsjahre und Standorte der vorliegenden Ergebnisse beträgt der Saldenunterschied zwischen der betriebsüblichen Düngung und der Düngung nach ISIP-Empfehlung 14 kg N/ha. Das heißt, der Saldo wird bei Anwendung der Maßnahme im Durchschnitt um 14 kg erhöht und nicht, wie beabsichtigt gesenkt. Somit kann das N-Verlustpotential dieser Maßnahme durch die hier vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Einsatz flüssiger und stabilisierter N-Dünger im Wintergetreide

Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Abstract: It was the purpose of this experiment to improve the fertilization in winter grain by different nitrogen-fertilizers and different times of application. Several forms of nitrogen fertilizers were compared in this experiment. Highest fertilizer N efficiency was found for calcium ammonium nitrate, especially at the first application in spring. A recommendation can be made for a splitted application with this fertilizer in wheat, rye and barley. Fertilizer treatments with the lowest N balance were not necessary the economically favourable ones.

Zusammenfassung

Untersucht wird die Auswirkung verschiedener Düngerformen (fest, flüssig, stabilisiert) und des Düngungszeitpunktes auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen, Winterroggen bzw. Wintergerste an den Standorten Kuhlrade, Gustävel und Gülzow. Weiterhin wird geprüft, ob und wie sich unterschiedliche Arten des ausgebrachten Düngers bzw. Stickstoffs (Nitrat-N, Ammonium-N, Carbamid-N, Harnstoff-N) auf die Pflanze auswirken und inwieweit es möglich ist, die N-Salden durch die Düngungsvarianten zu verringern.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der Jahreseinfluss größer ist als der Einfluss einer Düngungsstrategie. An allen drei untersuchten Standorten wurde demnach ein Einfluss der Witterung, aber kein statistisch signifikanter Einfluss der Düngung nachgewiesen.

Anhand der abgeleiteten N-Salden lässt sich zeigen, dass der Stickstoff in Form von KAS die tendenziell höchste N-Effizienz aufweist. Allerdings zeigten sich im Winterweizen unter trockenen Bedingungen vergleichbar gute Ergebnisse auch mit anderen Düngerformen, wenn die zweite und dritte Gabe zusammengelegt wurde und die erste Gabe mit KAS erfolgte. Dieser Effekt war unabhängig von der Düngerform der zusammengelegten zweiten Gabe, sodass ein Vorteil durch eine KAS-Düngung, das heißt durch schnell verfügbaren Stickstoff, im Frühjahr zu vermuten ist. Eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe war nur mit KAS-Düngern vorteilhaft. Insgesamt kann insbesondere auf trockenen Standorten eine Zusammenlegung von Teilgaben im Anschluss an eine erste KAS-Düngung empfohlen werden.

Auf allen drei Standorten konnte in den untersuchten Fruchtarten der geringste N-Saldo durch eine Standarddüngung (3 Gaben) mit KAS erzielt werden. Das ökonomische Optimum entspricht nicht immer der Variante mit dem geringsten N-Saldo.

Aufgabe und Ziel

Gegenstand der Untersuchungen sind Düngestrategien mit der Zusammenfassung von Düngergaben durch Einsatz flüssiger und stabilisierter Dünger mit hohem Ammoniumanteil. Es soll geprüft werden, ob mit solchen Maßnahmen insbesondere auf leichten Standorten und bei Vorsommertrockenheit die N-Ausnutzung im Wintergetreide verbessert wird und somit die N-Überschüsse auf den Flächen verringert werden können.

Sachstand

Ziel von Verfahren zur Depotdüngung ist es, durch konzentrierte Ein- bzw. Aufbringung vorrangig ammoniumhaltiger Düngemittel ein Nährstoffdepot im Boden zu schaffen, aus dem Stickstoff über einen längeren Zeitraum langsam und entsprechend dem Pflanzenbedarf freigesetzt wird. Wegen seiner Konzentration kann dieser Ammoniumvorrat von Mikroorganismen nur langsam in Nitrat umgewandelt werden und ist damit vor Auswaschung besser geschützt.

Seit 1998 werden in verschiedenen Gebieten Deutschlands landwirtschaftliche Hauptkulturen und Grünland mit Injektionsgeräten und Feldspritzen, die mit Schleppschläuchen bzw. speziellen Düsen ausgestattet sind, gedüngt. Ausschlaggebend für die Einführung des Verfahrens war in erster Linie die Möglichkeit der Arbeitszeitersparnis. Exaktversuche haben gezeigt, dass

durch die Anwendung von Ammoniumdüngern im Depotverfahren eine Reduzierung der N-Düngung auf nur eine Gabe im Frühjahr möglich ist. Besondere Vorteile wurden darüber hinaus im Getreidebau auf den leichteren Standorten mit Vorsommertrockenheit bezüglich Ertrag und Nährstoffeffizienz im Vergleich zur herkömmlichen Gabenteilung erreicht. In Versuchen der LFA reagierten Roggen und Gerste mit ausgeglichenen Beständen, Mehrerträgen und höherer Ertragssicherheit (Boelcke 2004 und 2007). Die N-Salden und damit auch die Nährstoffbelastungen für das Grund- und Sickerwasser verringerten sich (Boelcke, Zachow 2010).

Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf die verschiedenen regionalen Bedingungen in MV ist zu prüfen. Gerade auf auswaschungsgefährdeten Sandböden in Gebieten mit Vorsommertrockenheit soll die Depotdüngung Möglichkeiten erschließen, bei ausreichender Pflanzenversorgung die Gefahr von Nährstoffverlagerungen zu verringern.

Voraussetzung für die einmalige N-Applikation sind Flüssigdünger mit einem hohen Anteil Ammonium- bzw. Carbamidstickstoff. Es werden gegenwärtig verschiedene Düngerlösungen zur Injektion oder oberflächigen Depotdüngung angeboten. Die Wirkung dieser Produkte auf die Nährstoffeffizienz, die Dynamik im Boden, den Ertrag und die Qualität der verschiedenen Fruchtarten ist zu klären.

Versuchsaufbau

Untersucht wurde die Auswirkung verschiedener Düngerformen (fest, flüssig, stabilisiert) und des Düngungszeitpunktes auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste an den Standorten Kuhlrade, Gustävel und Gülzow. Weiterhin wurde geprüft, ob und wie sich unterschiedliche Arten des ausgebrachten Düngers bzw. Stickstoffs (Nitrat-N, Ammonium-N, Carbamid-N, Harnstoff-N) auf die Pflanze auswirken und inwieweit es möglich ist, die N-Salden durch die Düngungsvarianten zu verringern.

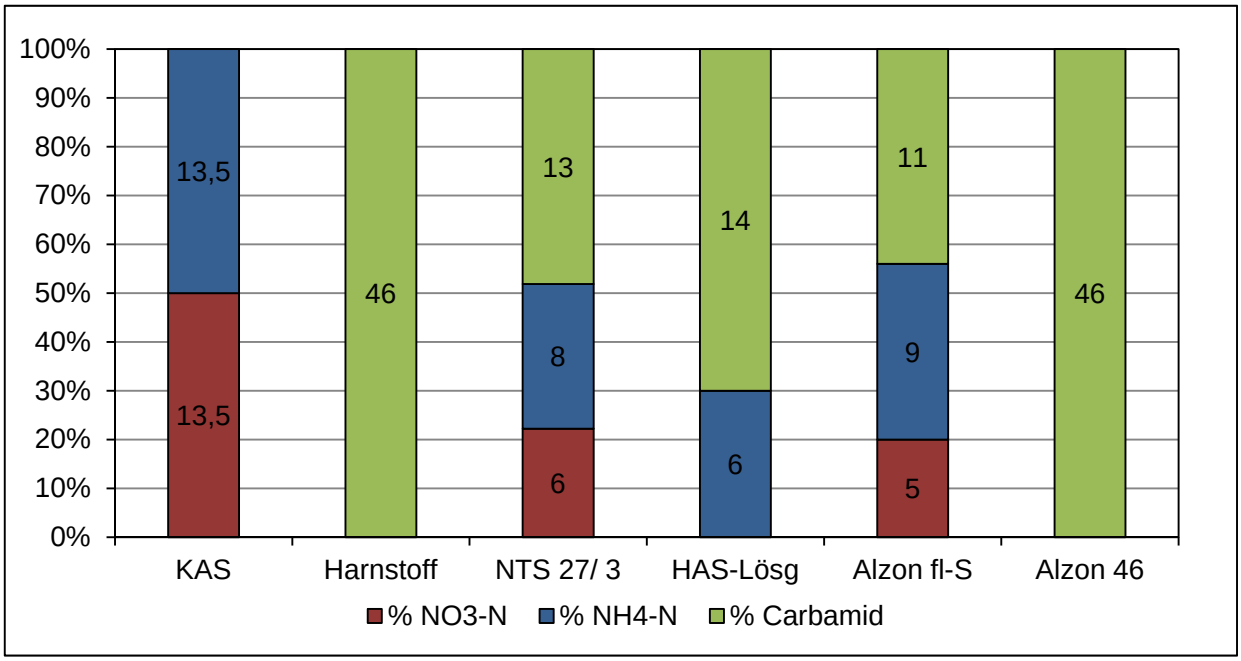


Abbildung 1: Anteil der N-Form der verwendeten Dünger

Im **Weizen** wurden folgende Varianten untersucht:

Zum einen sollte eine **frühjahrsbetonte Düngung** getestet werden. Dabei wurden die N-Mengen der regulären ersten und zweiten Gabe zusammengelegt (140 kg N/ha) und zu Vegetationsbeginn ausgebracht. Für diese Düngung zu Vegetationsbeginn wurden unterschiedliche N-Düngerformen genutzt: KAS-Dünger (Kalkammonsalpeter) als Standarddüngerform, weiterhin HAS-Lösung (Harnstoff-Ammonsulfat) sowie ein fester (Alzon 46) und ein flüssiger (Alzon fl S) stabilisierter Dünger (Abbildung 2). Die stabilisierten Dünger sind mit Nitrifikationshemmstoffen versetzt, um die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat zu verlangsamen. Zur üblichen dritten Gabe wurde in der frühjahrsbetonten Variante eine abschließende KAS-Düngung (40 kg

N/ha) gegeben. Alle Prüfvarianten haben, um die Effekte nicht durch ein hohes Düngungsniveau zu überlagern, eine vergleichsweise geringe Gesamtdüngermenge von 180 kg N/ha bekommen.

Demgegenüber wurde eine **schossbetonte Variante** geprüft. Bei dieser wurde zu Vegetationsbeginn mit KAS (70 kg N/ha) angedüngt und die restliche N-Menge (110 kg N/ha) mit den genannten unterschiedlichen Düngern zum Schossen ausgebracht. Als Vergleichsvariante im Winterweizen diente eine dreimalige Gabenteilung zu den üblichen Zeitpunkten mit KAS-Dünger: Vegetationsbeginn (70 kg N/ha), Schossen (70 kg N/ha) und als Qualitätsgabe (40 kg N/ha). Die Versuche wurden von 2012 - 2014 an einem trockenen Standort (Gustävel) und an einem Standort mit maritimem Einfluss und somit ausreichender Wasserverfügbarkeit (Kuhlrade) angelegt. Am Standort Gülzow wurde zusätzlich die Düngerform NTS 27/3 (Gemisch aus Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung und Ammoniumthiosulfat) eingesetzt, sowie eine dreimalige Gabe mit Harnstoff (HST) zur ersten und zweiten Gabe mit abschließender KAS-Qualitätsgabe untersucht. Die Weizenversuche wurden in einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit sechsfacher Wiederholung angelegt.

Im **Roggen** wurde neben den üblichen zwei Gaben mit KAS (je 60 kg N/ha) eine Einmalgabe von 120 kg N/ha zu Vegetationsbeginn mit KAS, HAS-Lösung, Alzon 46 und Alzon flüssig geprüft. Die Roggenversuche wurden in Gustävel und Kuhlrade in sechsfacher Wiederholung in einer einfaktoriellen Spaltanlage durchgeführt.

Ein in Gülzow angelegter Versuch im Winterweizen (zweifaktorielle Spaltanlage, vierfache Wiederholung) untersuchte eine KAS-Gabenteilung und eine Gabenteilung mit Harnstoff (je 70 und 60 kg N/ha), sowie eine Einmalgabe von 130 kg N/ha mit NTS 27/3, HAS-Lösung, Alzon 46 und Alzon flüssig. Weiterhin werden Ergebnisse von einem Versuch dargestellt, bei dem unter anderem eine KAS-Düngung im Frühjahr einer Einmaldüngung mit Alzon 46 gegenübergestellt wird.

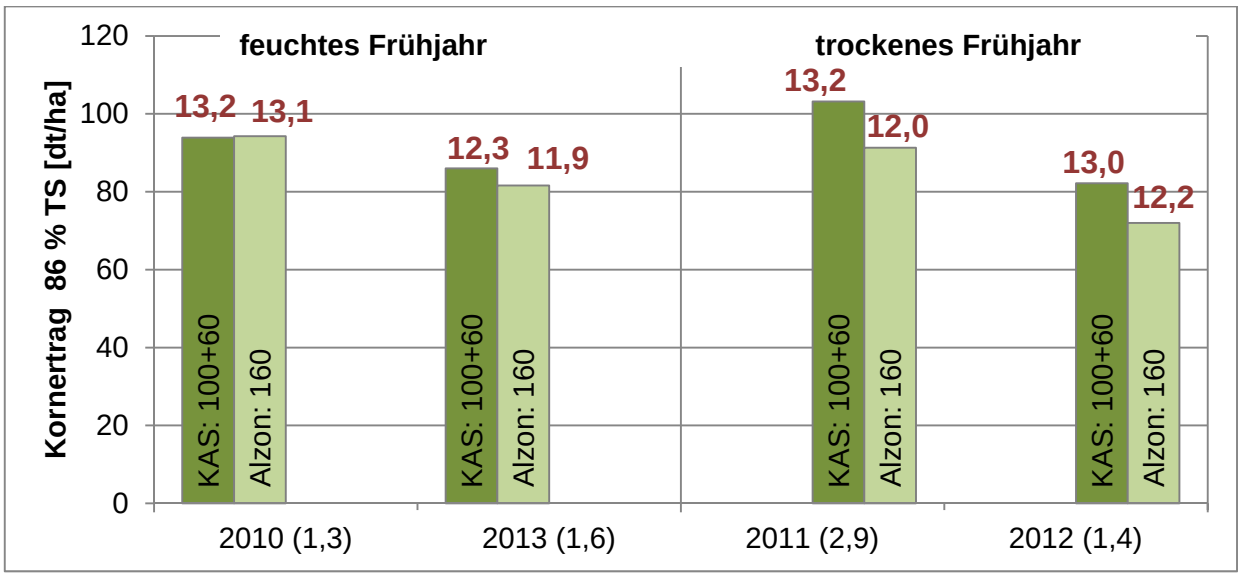
Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Fruchtarten getrennt voneinander betrachtet und ausgewertet, um eventuelle Artenunterschiede herauszustellen und eine möglichst übersichtliche Darstellung zu gewährleisten.

Winterweizen

In Gülzow zeigten sich beim Winterweizen im Kornertrag sowohl 2012 als auch 2013 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten. Auch auf den Rohproteinertrag wurde kein Einfluss durch die Düngung festgestellt. Im Mittel der beiden Versuchsjahre waren die N-Salden bei einer schossbetonten Düngung (Zusammenlegung zweite und dritte Gabe) auf gleichem Niveau wie eine Standarddüngung (3×KAS), wohingegen eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe einen im Mittel um 5 kg/ha höheren N-Saldo ergab.

Unter den gegebenen Standortbedingungen zeigte sich in einem weiteren Versuch, dass gerade in Jahren mit ausgeprägt trockenen Frühjahrsbedingungen die geteilte Gabenstrategie mit KAS eine höhere N-Effizienz aufwies als die einmalige Düngung mit Alzon. Bei spätem Vegetationsbeginn, kühlen Temperaturen und vor allem feuchter Witterung wirkten beide Düngerformen dagegen gleichwertig. Diese Effekte wurden auch in anderen Düngungsversuchen beobachtet. Für die beschriebenen Standortbedingungen wird deshalb eine Andüngung im Frühjahr mit schnellwirksamen N-Formen empfohlen. Für anschließende Düngungsmaßnahmen können alle anderen Dünger erfolgreich eingesetzt werden (Abbildung 2). Auf die Wirkung der N-Spätdüngung hatte die N-Form der 1./2.-Gabe keinen Einfluss.

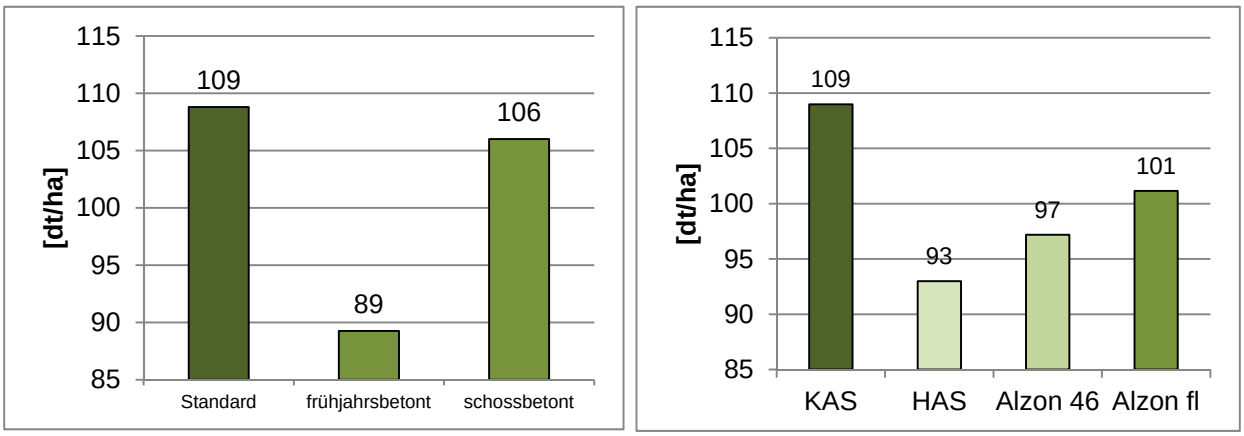


(Zahlen in Klammern: Standardfehler zu den Ertragswerten; rote Ziffern: Rohprotein in % TS)

Abbildung 2: Kornertrag und Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der N-Form und der Jahreswitterung bei jeweils gleicher 3. N-Gabe (40 kg N/ha als KAS), Gülzow 2010 - 2013, Mittel zweier Sorten

Auswertung Winterweizen am Standort Gustävel

Im Versuchsjahr 2012 zeigte sich auf dem Standort Gustävel (trocken) im Winterweizen ein höherer Ertrag bei einer schossbetonten (106 dt/ha) als bei einer frühjahrsbetonten (89 dt/ha) Düngung (Abbildung 3). Das heißt durch die Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe bei einer vorangegangenen ersten Gabe (KAS) konnten höhere Erträge erzielt werden als bei einer Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe. Dies ist möglicherweise auf eine zeitlich bessere Verfügbarkeit des Stickstoffs in Form von KAS zu Vegetationsbeginn zurückzuführen. Das bestätigt die Vermutung einer besseren N-Effizienz durch flüssige bzw. stabilisierte Dünger insbesondere bei Trockenheit nicht (2012 lagen Niederschlagsmengen 87 mm unter langjährigem Mittel).

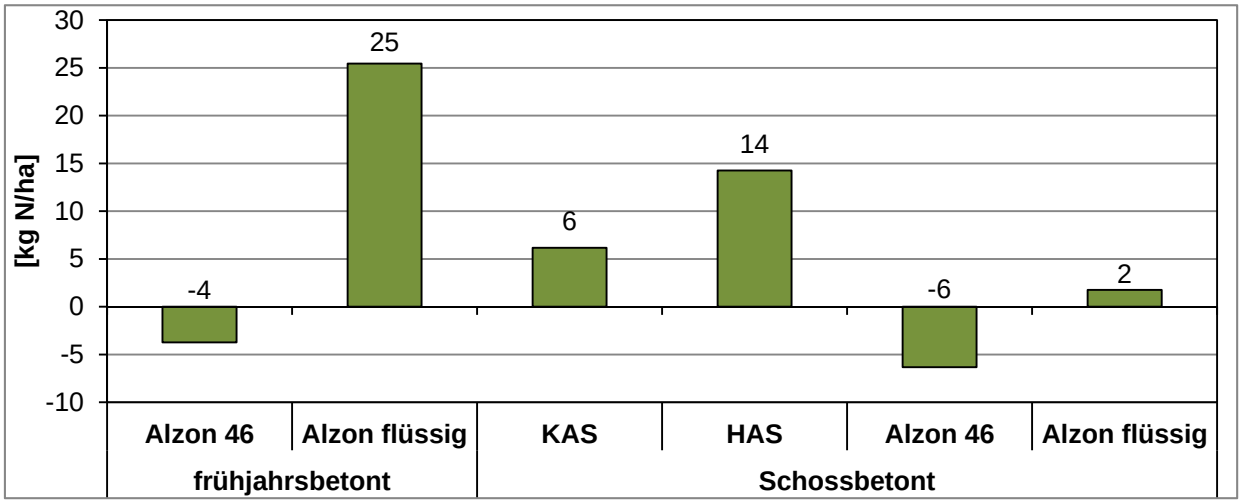


(unterschiedliche Grüntöne stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar)

Abbildung 3: Kornertrag der einzelnen Düngungsvarianten (links, GD = 3,5) und der Düngerformen (rechts, GD = 2,5) von dem Standort Gustävel 2012

Auf eine bessere N-Verfügbarkeit durch eine KAS-Düngung deuten auch die Ergebnisse der Düngerformen hin. Bei der Gabenzusammenlegung wurden jeweils unterschiedliche Düngerformen (HAS, Alzon fest, Alzon flüssig) verwendet, die in diesem Jahr ebenfalls einen Einfluss zeigten. Die flüssige Düngung (HAS = Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung) brachte die geringsten Erträge (93 dt/ha) und die Düngung mit KAS die höchsten (109 dt/ha). Im Variantenvergleich brachte die Standarddüngung (3×KAS) die höchsten Erträge (109 dt/ha). Die aus den Ertragsergebnissen abgeleiteten N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten waren dement-

sprechend bei der Standard- und der schossbetonten Variante geringer als bei der frühjahrsbetonten. Im Versuchsjahr 2013 zeigten sich die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten nicht ganz so deutlich wie 2012. Die höchsten Erträge wurden wie im Vorjahr mit einer Standard- (3×KAS) und einer schossbetonten Düngung (109 dt/ha) erzielt. Der Vergleich der Düngerformen zeigte die höchsten Erträge bei einer Gabe mit Alzon flüssig (111 dt/ha), ein stabilisierter Flüssigdünger, wohingegen der stabilisierte Festdünger die geringsten Erträge (104 dt/ha) brachte. Interessanterweise wurden mit beiden Flüssigdüngern (HAS, Alzon flüssig) in diesem Jahr die geringsten Erträge erzielt. Durch den höchsten Ertrag der Variante bei dem Einsatz von stabilisiertem Festdünger kamen die niedrigsten N-Salden zustande (Abbildung 4). Die Darstellung zeigt die Relation der N-Salden zueinander, wobei der Saldo der Standarddüngung als Basis genommen wurde. In diesem Jahr war die Düngung mit Alzon 46 die effizienteste Variante der N-Verwertung.



(Variante mit HAS-Lösung zur ersten Gabe ist nicht dargestellt, da 2013 nicht auswertbar)

Abbildung 4: Relation der N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten zu der Standarddüngung (3×KAS) 2013 am Standort Gustävel im Winterweizen

Im Gegensatz zu den Vorjahren konnte 2014 im Ertrag kein signifikanter Unterschied zwischen der Standarddüngung (79 dt/ha) und den frühjahrs- (79 dt/ha) und schossbetonten (78 dt/ha) Varianten festgestellt werden. Auch im Rohproteingehalt zeigten sich keine Differenzen. Die Gabenteilung hatte keinen Einfluss auf die Ertragsmerkmale. Allerdings brachte die Düngung mit HAS-Lösung (81 dt/ha) den höchsten Ertrag (Abbildung 5).

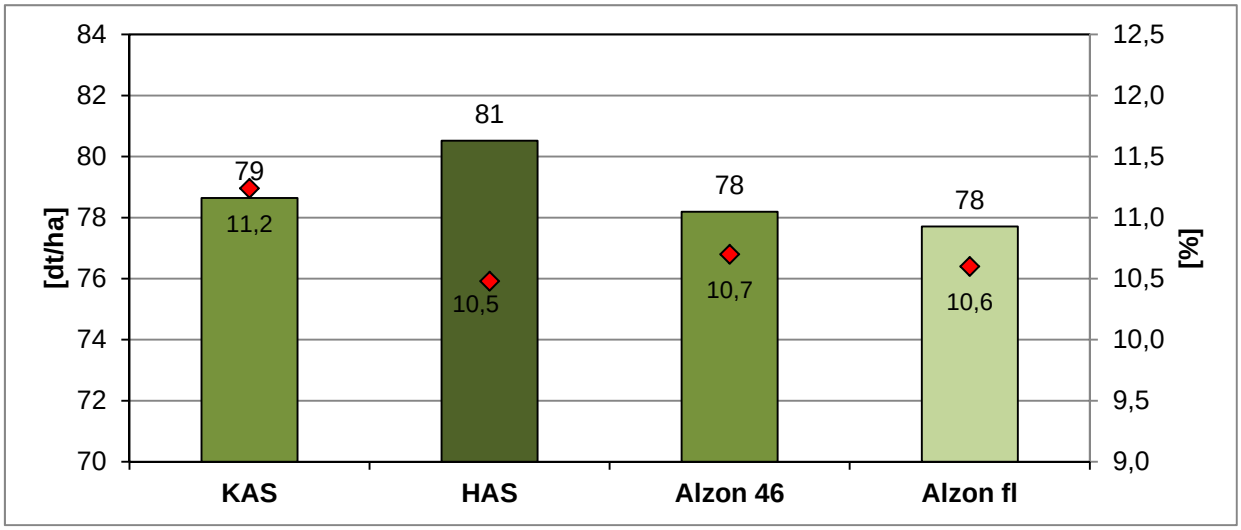


Abbildung 5: Kornertrag (GD = 1) und Rohproteingehalt (GD = 0,4) der unterschiedlichen Düngerformen im Winterweizen in Gustävel 2014

Der Vergleich der Rohproteingehalte zwischen den Düngerformen zeigt, dass die KAS-Form (11,2 %) die höchsten Qualitäten bringt. Da es im Mai zu höheren Niederschlägen kam, ist es zum einen womöglich auf die gute Verfügbarkeit des Stickstoffs der dritten Gabe zurückzuführen, aber da die anderen Varianten keine gleichwertigen Rohproteingehalte aufweisen, scheint zum anderen auch die Verfügbarkeit der vorigen Gaben eine Rolle zu spielen. Dementsprechend sind die RP-Erträge mit der KAS-Form am höchsten. Die anderen Formen unterscheiden sich nicht. Im Hinblick auf die N-Salden schneiden die KAS-Varianten dementsprechend auch am günstigsten ab.

Die statistische Auswertung aller drei Versuchsjahre brachte weder im Ertrag noch im Rohproteingehalt signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. Allerdings zeigte sich bei allen Merkmalen ein hochsignifikanter Jahreseinfluss. Im Vergleich der Jahre brachten jeweils unterschiedliche Düngungsvarianten die höchsten Erträge und Proteingehalte. Dennoch zeigt sich bei der Darstellung der Ergebnisse im Mittel der Jahre, dass die Standarddüngung (3×KAS) die geringsten N-Salden hat (Abbildung 11). Dabei ist die frühjahrsbetonte Düngung im Saldo 8 kg N/ha höher, wohingegen die schossbetonte nur 2 kg N/ha höher ist.

Für die Darstellung der ökonomischen Auswertung wird auf die N-Kostenfreie Leistung zurückgegriffen, da der Deckungsbeitrag aufgrund der gleichen Rahmenbedingungen (Maschineneinsatz, Pflanzenschutz, Grunddüngung etc.) keine anderen Relationen zeigt. Der resultierende Unterschied der N-kostenfreien Leistung der Düngungsvarianten ist auf die Kosten der unterschiedlichen Düngerformen und die unterschiedlichen Erträge zurückzuführen. Die höchsten Düngerkosten haben die Varianten mit reiner KAS-Düngung (178 €/ha). Die Flüssigdüngungen der frühjahrsbetonten Variante haben die niedrigsten Kosten (HAS-Düngung: 151 €/ha, Alzon flüssig: 152 €/ha). Die anderen Varianten liegen mit den Düngerkosten dazwischen. Der Ertrag ist wie bereits oben beschrieben, bei den Varianten am höchsten, die im Frühjahr eine KAS-Gabe erhalten haben, das schließt die Standarddüngung, die schossbetonte Düngung sowie die frühjahrbetonte KAS-Variante ein. Dementsprechend sind die N-kostenfreien Leistungen hier am höchsten (Abbildung 6: 1.513 bis 1.596 €/ha). Die Standardvariante mit dem geringsten N-Saldo hat eine N-kostenfreie Leistung von 1.571 €/ha und liegt somit nur 25 €/ha unter der ökonomisch besten Variante, der schossbetonten Düngung mit festem Alzon.

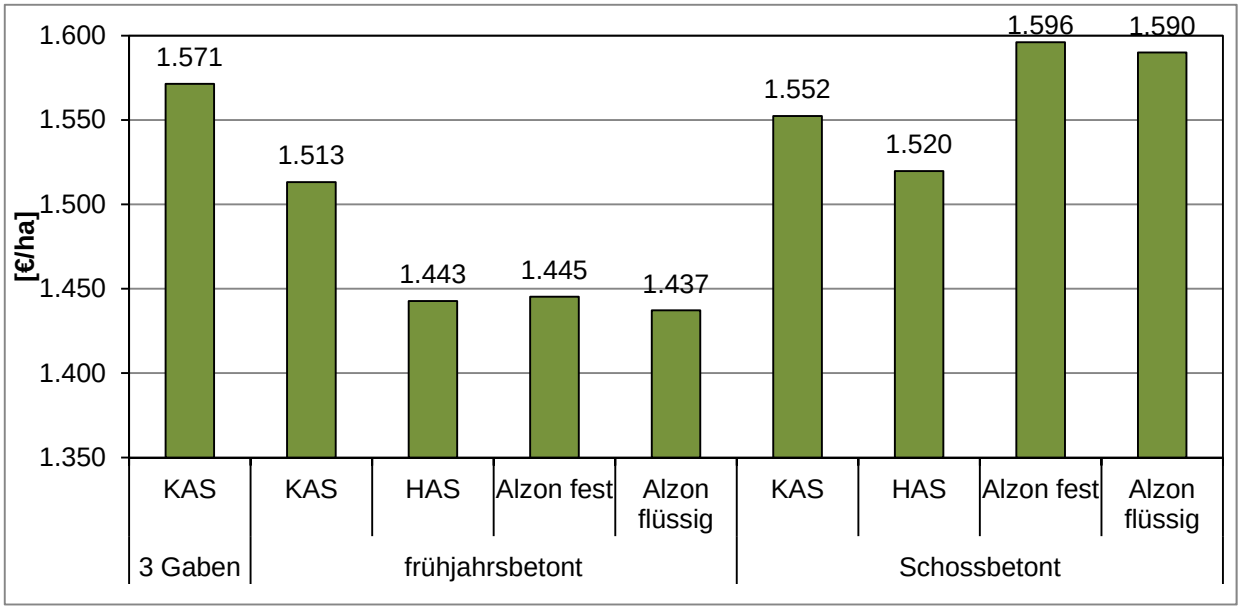


Abbildung 6: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterweizen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Gustävel

Auswertung Winterweizen am Standort Kuhlrade

In Kuhlrade, ein Standort mit eher maritimer Witterung und dementsprechend hoher Wasserverfügbarkeit, zeigten sich beim Winterweizen im Versuchsjahr 2012 bei der Standardvariante (3×KAS) sowohl der höchste Korn- (100 dt/ha) als auch der höchste Rohproteinertrag

(10,9 dt/ha). Die Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe (97 dt/ha) unterschied sich nicht von dem Ertrag bei einer Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe (96 dt/ha) (Abbildung 7).

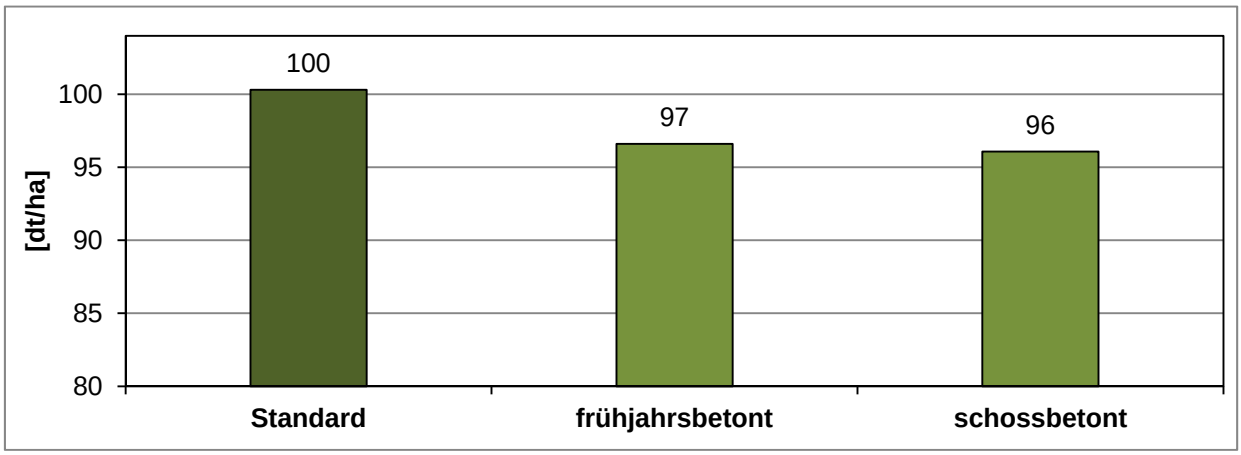


Abbildung 7: Kornertrag der Düngungsvarianten (GD = 2,7) im Winterweizen in Kuhlrade 2012

Da der Rohproteinertrag dennoch bei der frühjahrsbetonten Düngung (9,7 dt/ha) höher war als bei der schossbetonten (9,3 dt/ha) lässt sich folgern, dass eine Qualitätsdüngung mit KAS eine positive Wirkung auf den Rohproteingehalt hatte. Durch die ausreichende Wasserverfügbarkeit des Standortes konnten bei der Standarddüngung alle drei KAS-Gaben von den Pflanzen aufgenommen und verwertet werden. Der Vergleich der Düngerformen (HAS, Alzon fest, Alzon flüssig) für die zusammengelegten Gaben zeigte keinen Unterschied im Kornertrag. Im Rohproteinertrag zeigten sich bei einer KAS-Düngung Vorteile gegenüber den anderen Formen. Die N-Salden in diesem Jahr konnten durch keine Düngungsvariante im Vergleich zur Standarddüngung (3×KAS) verbessert werden. Im Jahresmittel brachten die anderen Varianten einen um 21 kg/ha höheren N-Saldo. Im Jahr 2013 zeigten sich keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Düngungsvarianten und den Düngerformen. Der höchste Rohproteingehalt wurde mit der Standarddüngung (3×KAS=12,5 %) erzielt (Abbildung 8).

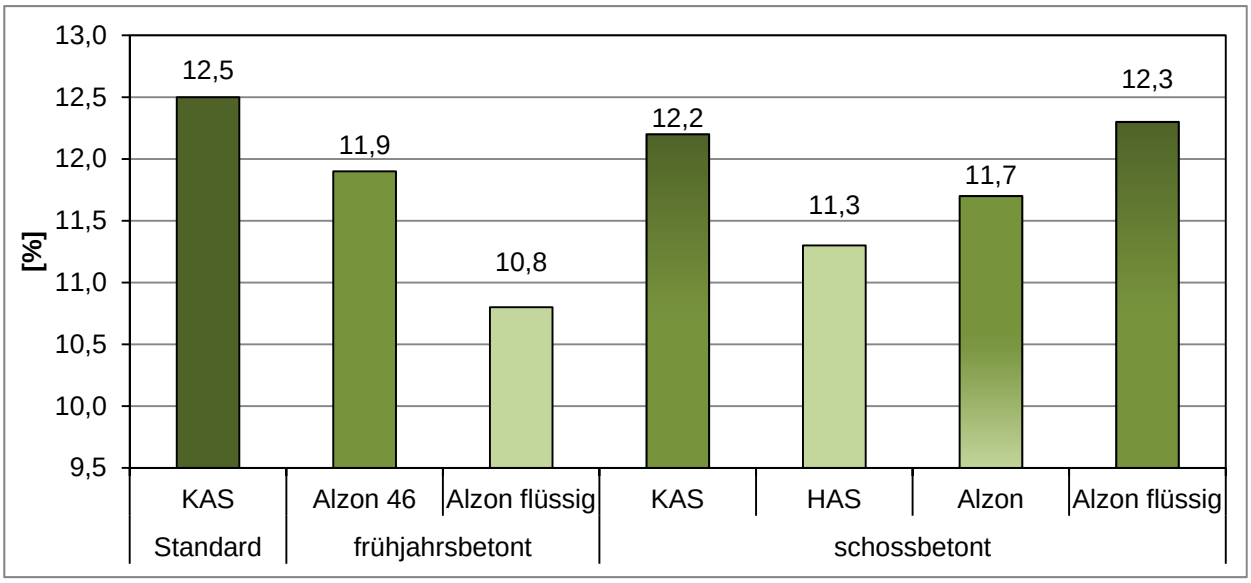


Abbildung 8: Rohproteingehalt der Düngungsvarianten (GD = 0,6) im Winterweizen in Kuhlrade 2013

Die Standarddüngungsvariante zeigte analog zum Vorjahr den geringsten N-Saldo. Durch die ausreichende Wasserverfügbarkeit konnte KAS gut aufgenommen werden. In diesem Jahr waren aber die schossbetonte Düngung mit KAS und Alzon flüssig ebenso gut wie die Vergleichsvariante. Die anderen Varianten brachten im Mittel einen 22 kg/ha höheren N-Saldo. Im Korner-

trag wurde 2014 kein Unterschied zwischen den Düngungsvarianten erwirkt. Lediglich bei den Düngerformen schnitt die stabilisierte Festdüngung mit dem geringsten Ertrag (89 dt/ha) ab (Abbildung 9), was hauptsächlich auf die frühjahrsbetonte Düngung mit Alzon 46 zurückzuführen ist.

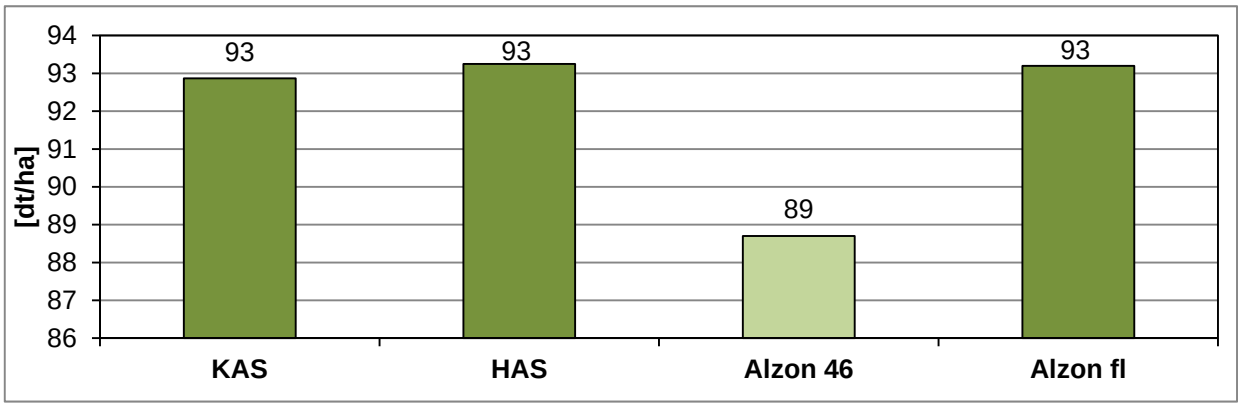


Abbildung 9: Kornertrag der einzelnen Düngerformen (GD = 1,8) unabhängig von der Gabenteilung im Winterweizen am Standort Kuhlrade 2014

Die Rohproteingehalte zeigten ebenfalls keine Unterschiede. Bei den N-Salden schnitt insbesondere die Düngung mit stabilisiertem Flüssigdünger (Alzon fl S) mit um 5 kg/ha geringeren Salden ab als die Standardvariante. Auch eine frühjahrsbetonte Düngung mit KAS zeigte geringere N-Salden. Der höchste Unterschied lag bei der frühjahrbetonten stabilisierten Festdüngung mit 9 kg N/ha mehr als bei der Standarddüngung. Generell sind die Unterschiede aber gering, sodass keine der Varianten in diesem Jahr als die beste einzustufen war.

Im Mittel der Versuchsjahre fand sich in Kuhlrade kein Einfluss der Düngung auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt. Das heißt, dass die Düngerart und die Varianten (schoss- bzw. frühjahrsbetont) keinen Einfluss auf die Merkmale haben. Allerdings ist auch hier, so wie in Gustävel der Einfluss des Jahres signifikant. Im Vergleich der Jahre sind die unterschiedlichen Auswirkungen der Düngung auf die Merkmale zu erkennen, beispielsweise zeigte sich ein Unterschied im Kornertrag nur 2012. Im Vergleich der Düngerformen schnitt 2012 und 2013 die KAS-Düngung am besten ab und 2014 die stabilisierte Flüssigdüngung.

Die N-kostenfreie Leistung der Düngungsvarianten ist abhängig von den Kosten der eingesetzten Düngerformen und den erzielten Erträgen. Die Differenzen zwischen den einzelnen Varianten liegt zwischen 3 und 75 €/ha, wobei der Einsatz von Alzon fest sowohl im Frühjahr als auch in der Schossphase die geringsten Erträge und somit die geringste N-kostenfreie Leistung erzielt (Abbildung 10). Die übrigen Varianten unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Die Standarddüngung mit der dreimaligen KAS-Gabe liegt nur 30 €/ha unter der ökonomisch besten Variante einer frühjahrsbetonten Düngung mit HAS-Lösung (u.a. aufgrund der geringen N-Preise) und ist somit aus ökologischer und ökonomischer Sicht empfehlenswert.

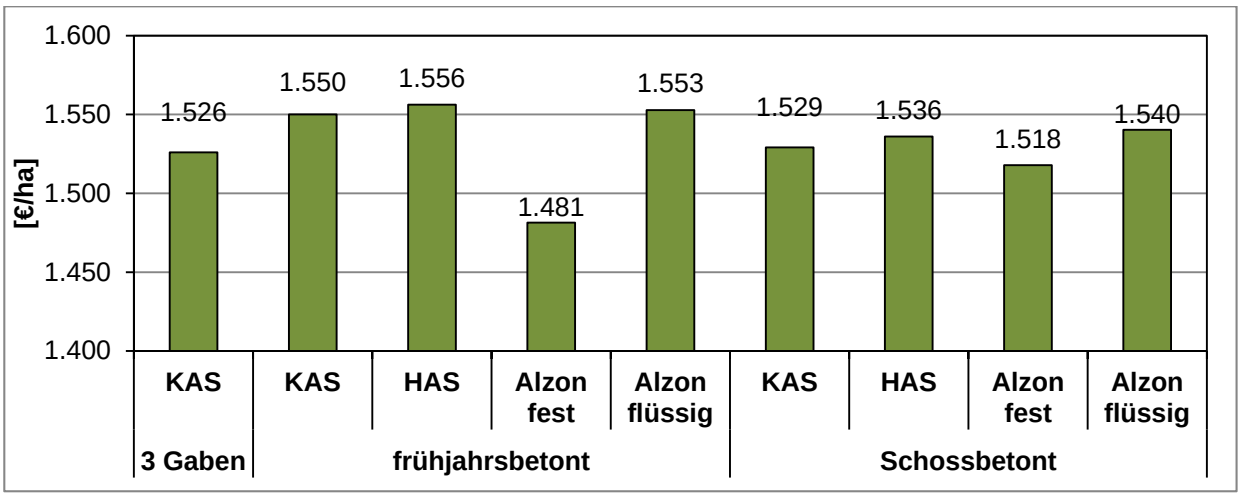


Abbildung 10: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterweizen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Kuhlrade

N-Salden Winterweizen im Standortvergleich Gustävel und Kuhlrade

Im Hinblick auf die N-Salden, wobei die Standarddüngung immer als Basis angenommen wird, zeigt der Standortvergleich im Mittel der Versuchsjahre Unterschiede auf (Abbildung 11). Kuhlrade ist stellvertretend für einen Standort mit guter Wasserverfügbarkeit (Niederschlag 2012 = 578 mm) gewählt worden und Gustävel gilt als trockener Standort (Niederschlag 2012 = 502 mm). An dem günstigeren Standort waren alle N-Salden der geprüften Düngungsvarianten höher als die Standarddüngung. Daher ist die dreimalige KAS-Gabe am besten zu bewerten und den anderen Varianten vorzuziehen. Auch am trockenen Standort ist die Standarddüngung als vorteilhaft einzustufen. Allerdings brachte auch hier die Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe keine höheren N-Salden. Einzige Ausnahme bildet die Düngung der zusammengelegten Gabe mit HAS-Lösung. Die stabilisierten Dünger sowie die KAS-Form sind durchaus als eine Alternative auf diesem Standort anzusehen. Wird allerdings die erste und zweite Gabe zusammengelegt, sind die N-Salden deutlich höher mit Ausnahme der KAS-Form.

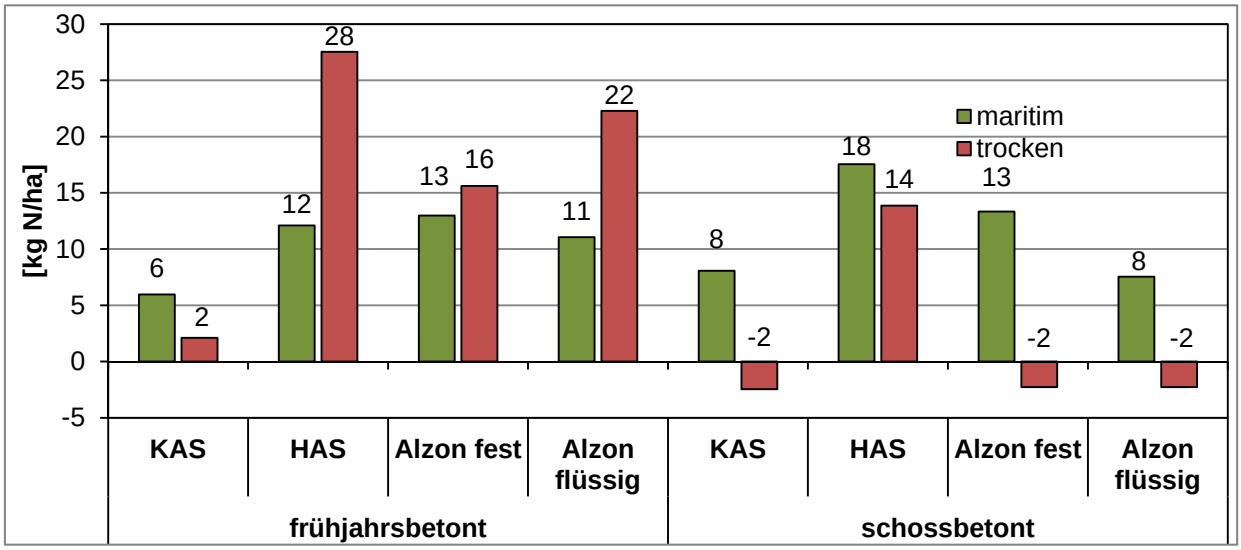


Abbildung 11: Relation der N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten über die Versuchsjahre am Standort Kuhlrade (grün) und Gustävel (rot) im Winterweizen

Winterroggen

Auswertung Winterroggen am Standort Gustävel

In Gustävel zeigte sich im Jahr 2012 hinsichtlich des Kornertrags bei einer Einmalgabe von HAS (44 dt/ha), Alzon flüssig (46 dt/ha) und Alzon fest (44 dt/ha) ein Vorteil gegenüber der Standardvariante (2×KAS = 42 dt/ha) (Abbildung 12). Allerdings war der Rohproteingehalt bei der Standard- (12,5 %) und der flüssigen Alzon-Variante (11,6 %) am höchsten. Daher zeigte die Standardvariante den geringsten N-Saldo und die Einmaldüngung mit HAS-Lösung in Relation dazu den höchsten (+12 kg N/ha).

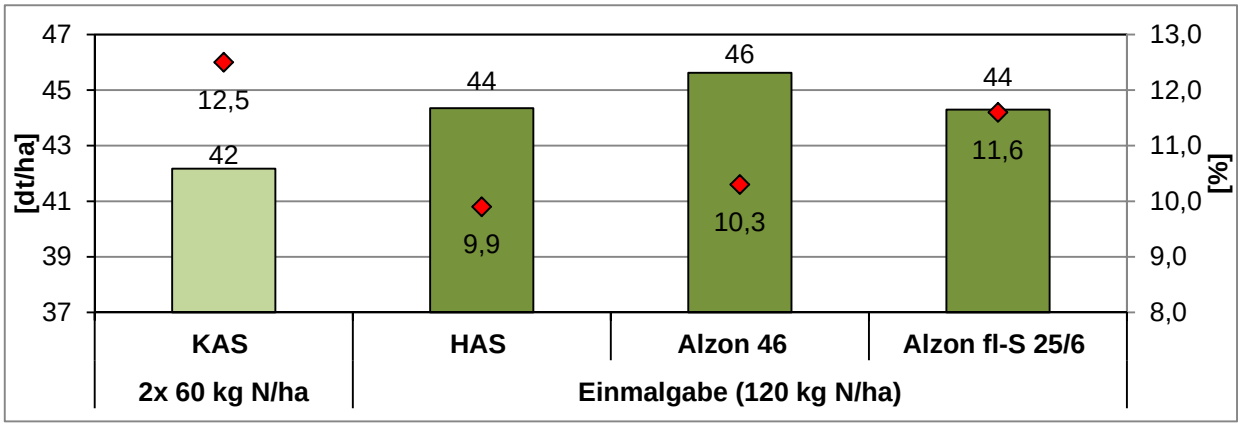


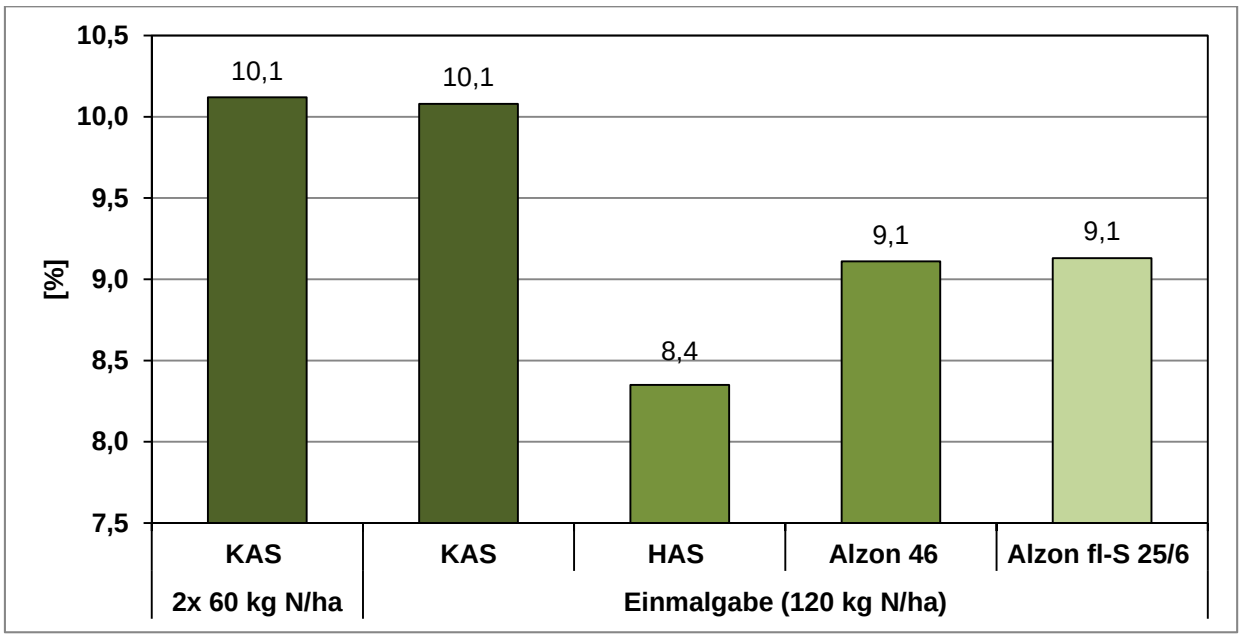
Abbildung 12: Kornertrag (GD = 1,9) und Rohproteingehalt (nicht verrechnet) der Düngungsvarianten im Winterrogen in Gustävel 2012

Für das Jahr 2013 liegen aus betrieblichen Gründen keine Ernteergebnisse aus Gustävel vor. Die Untersuchung der Pflanzen im Vegetationsverlauf zeigte im N-Gehalt keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten. Andere untersuchte Nährstoffe der Pflanzen wiesen ebenfalls keine Auffälligkeiten auf. Die Nährstoffgehalte lagen alle im Sollbereich.



Abbildung 13: Deutlich sichtbare Wirkung der unterschiedlichen N-Düngungsstrategien 2013 nach der ersten N-Gabe im Winterroggen auf einem trockenen Sandboden

Die Düngungsvarianten brachten 2014 am Standort Gustävel keine Unterschiede im Kornertrag, allerdings zeigte der Rohproteingehalt bei einer Standarddüngung (2×KAS = 10,1 %) sowie einer Einmalgabe mit KAS (10,1 %) höhere Werte als bei einer stabilisierten Einmaldüngung (fest/flüssig = 9,1 %) (Abbildung 14). Schlusslicht bildete die einmalige HAS-Düngung (8,4 %). Der N-Saldo war bei der Standardvariante am geringsten. Die KAS-Form zeigte demnach die höchste N-Effizienz.



unterschiedliche Farben zeigen signifikante Unterschiede

Abbildung 14: Rohproteingehalt (GD = 0,5) der Düngungsvarianten im Winterroggen am Standort Gustävel 2014

Im Mittel der beiden verwertbaren Versuchsjahre zeigt sich kein Einfluss der Düngungsvarianten auf den Kornertrag. Allerdings ist wie in den Weizenversuchen der Jahreseinfluss entscheidend. Auf den Rohproteinertrag konnte ein Einfluss durch die Düngung festgestellt werden. Die Standarddüngung brachte die höchsten Erträge (4,4 dt). Eine Einmalgabe mit Flüssigdünger (HAS = 3,6 dt/ha) die niedrigsten. Die anderen Varianten lagen dazwischen.

Trotzdem unterscheiden sich die Erträge im Mittel der beiden Jahre 2012 und 2014 kaum. Die höchste Marktleistung mit 711 €/ha wird bei einer Einmalgabe mit festem Alzon und die geringste bei einer zweimaligen KAS-Gabe (677 €/ha) erreicht. Hinzu kommen die höchsten N-Düngerkosten bei den KAS-Varianten, sodass diese mit 558 €/ha (2×KAS) und 567 €/ha (1×KAS) die niedrigsten N-Kostenfreien Leistungen erzielen (Abbildung 15). Das ökologische Optimum (KAS-Düngung) stimmt nicht mit dem ökonomischen Optimum (Einmalgabe Alzon fest) überein. Der Unterschied beträgt zwischen 34 und 25 €/ha.

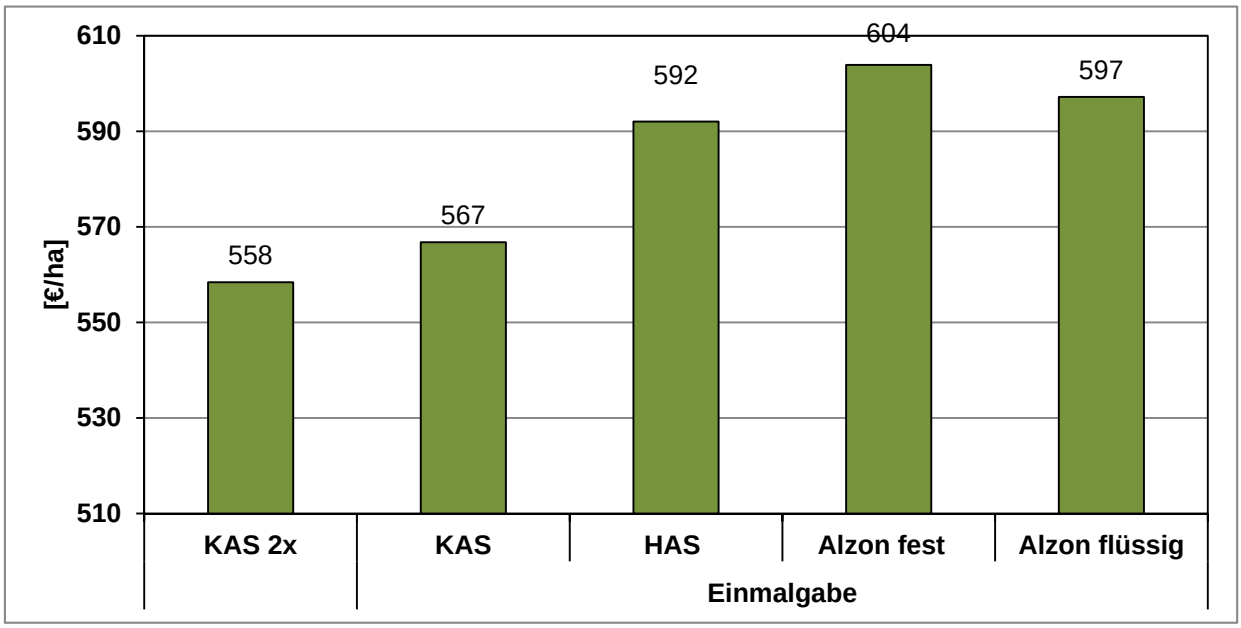


Abbildung 15: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterroggen im Mittel der Jahre 2012 und 2014, Gustävel

Auswertung Winterroggen am Standort Kuhlrade

Im Winterroggenversuch in Kuhlrade zeigte sich 2012 ein signifikanter Ertragsunterschied von der Standard- (82 dt/ha) und der Einmaldüngung mit Alzon 46 (85 dt/ha) gegenüber der Einmalgabe von HAS-Lösung (78 dt/ha) und Alzon flüssig (69 dt/ha) (Abbildung 16). Der Rohproteingehalt und dementsprechend auch der Rohproteinertrag waren bei der Standarddüngung am höchsten (8,3 %; 5,8 dt/ha). Daraus leiten sich auch die günstigeren N-Salden ab. Im Mittel der Düngerformen brachte die Einmaldüngung ein um 18 kg/ha höheren N-Saldo.

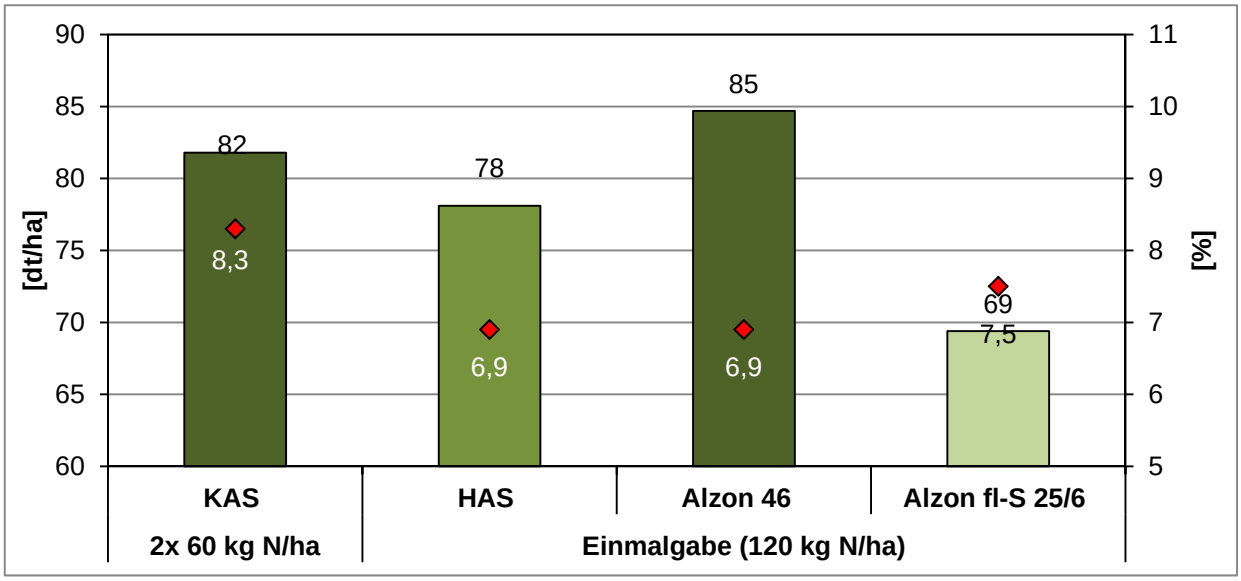


Abbildung 16: Kornertrag (GD = 3,1) und Rohproteingehalt (nicht verrechnet) im Winterroggen in Kuhlrade 2012

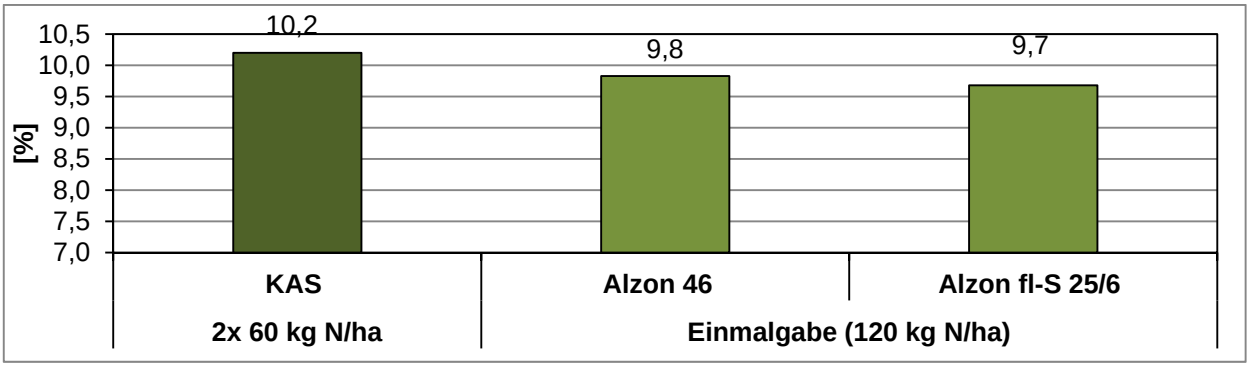


Abbildung 17: Rohproteingehalt (GD = 0,3) der einzelnen Düngungsvarianten im Winterroggen in Kuhlrade 2013

Im Jahr 2013 gab es in Kuhlrade keine Ertragsunterschiede aufgrund der unterschiedlichen Düngung. Der höchste Rohproteingehalt (10,2 %) wurde mit der Standarddüngung erreicht (Abbildung 17), diese wies somit die höchste N-Effizienz auf. Im Gegensatz zu den Jahren 2012 und 2013 wurde 2014 mit der Standarddüngung der geringste Kornertrag (85 dt/ha) erzielt. Den höchsten Ertrag brachte eine einmalige Düngung mit HAS-Lösung (90 dt/ha). Im Rohproteingehalt wurden keine signifikanten Unterschiede erzielt. In diesem Jahr hatte die Standarddüngung zwar die höchsten N-Salden zur Folge, aber die übrigen Varianten unterschieden sich im Mittel dennoch nur um 3 kg N/ha. Zum Düngungszeitpunkt im März war es 2014 (16 mm) im Vergleich zu 2013 (41 mm) relativ trocken, sodass angenommen werden kann, dass der KAS-Dünger nicht aufgenommen werden konnte. Allerdings spricht dagegen, dass im Jahr 2012 die Niederschlagssumme im März bei nur 4 mm lag. Aber der April wies dafür die doppelte Menge Niederschlag als in den anderen beiden Versuchsjahren auf, sodass die Wasserverfügbarkeit eventuell auch eine Rolle gespielt hat.

Auswertung Winterroggen am Standort Gustävel

Bei der Betrachtung aller vorliegenden Versuchsjahre wurde der in Kuhlrade erzielte Kornertrag nicht durch die Düngungsvarianten beeinflusst. Allerdings zeigt sich auch hier wieder ein Einfluss der unterschiedlichen Jahre. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass weder die Düngungsform noch die Düngungsstrategie einen Einfluss auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterroggen hat.

Die geringste N-kostenfreie Leistung wurde mit einer Einmalgabe von flüssigem Alzon erzielt und ist hauptsächlich auf den geringeren Ertrag gegenüber den anderen Varianten zurückzuführen. Die höchsten N-Kostenfreien Leistungen wurden mit einer Einmalgabe von KAS und HAS-Lösung (1.218 €/ha) und von festem Alzon (1.221 €/ha) erreicht. Aus den N-Salden und der ökonomischen Auswertung ergibt sich eine Empfehlung der einmaligen KAS-Düngung für die jeweils beste Variante.

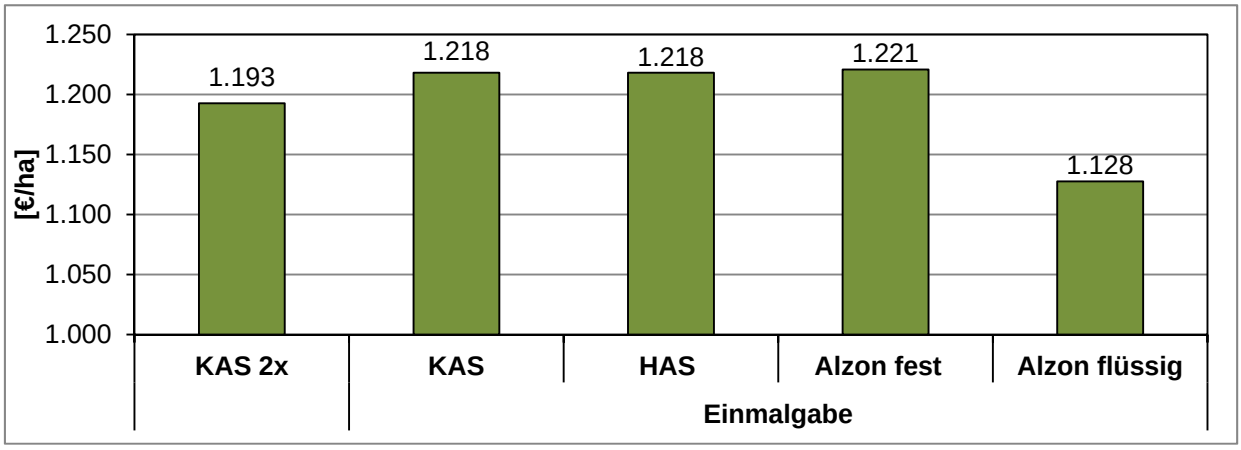


Abbildung 18: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterroggen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Kuhlrade

Auswertung Winterroggen im Standortvergleich Gustävel und Kuhlrade

Da im Jahr 2014 auf beiden Standorten die gleiche Sorte (SU Mephisto) gedrillt wurde, zeigt ein Vergleich der Erträge den Standortunterschied schon sehr deutlich. So erzielte der durch die höhere Wasserverfügbarkeit gekennzeichnete Standort Kuhlrade einen um 38 dt/ha höheren Ertrag als der Standort Gustävel.

Im Hinblick auf den N-Saldo über die Jahre der beiden Standorte zeigt sich ein vergleichbares Bild mit den Ergebnissen aus den Weizenversuchen. Die Standarddüngung brachte den geringsten N-Saldo. Eine KAS-Düngung ist ebenfalls empfehlenswert, unabhängig ob sie in zwei Gaben oder einer Gabe erfolgt. Im Mittel war der N-Saldo bei der Standarddüngung in Kuhlrade um 7 und in Gustävel um 6 kg/ha geringer (Abbildung 19).

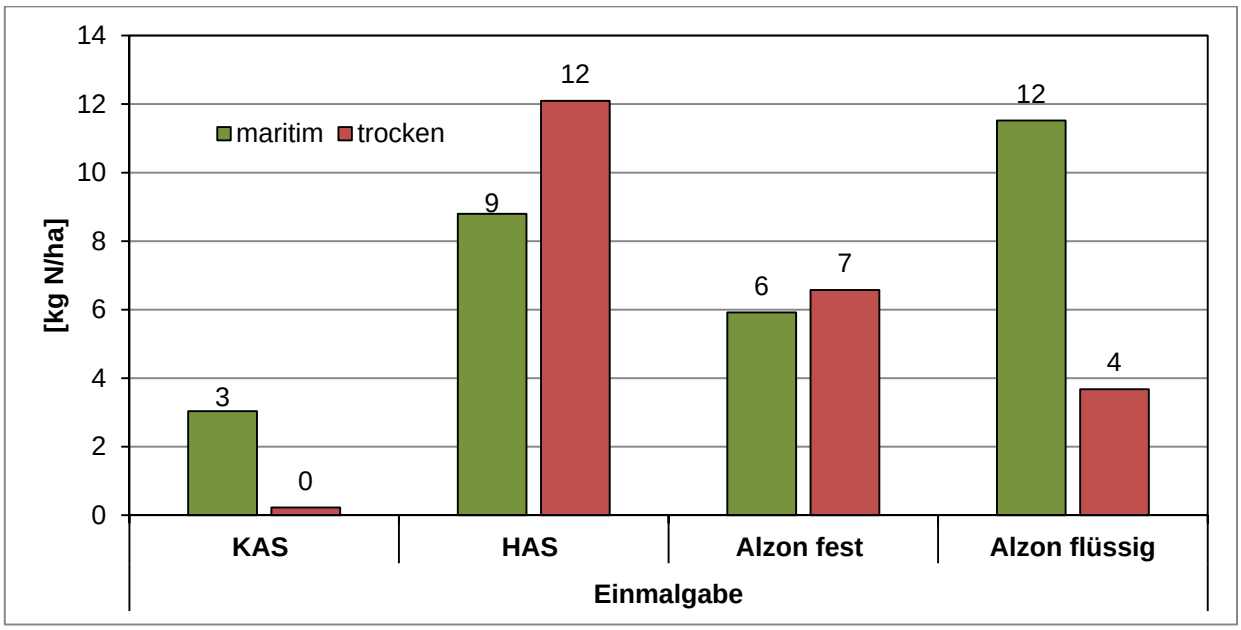


Abbildung 19: Relation der N-Salden im Vergleich zur Standarddüngung (2×KAS) der einzelnen Düngungsvarianten über die Versuchsjahre 2012 - 2014 am Standort Kuhlrade (grün) und Gustävel (rot) im Winterroggen

Wintergerste

Die Düngungsvarianten in der Wintergerste in Gülzow zeigten 2012 keinen Einfluss auf den Kornertrag. Mit der Standarddüngungsvariante wurde der höchste Rohproteinertrag (8,1 dt/ha) aufgrund des Rohproteingehaltes (12,6 %) erreicht. Die niedrigsten Rohproteinerträge zeigten sich bei der Einmaldüngung mit HAS-Lösung (6,1 dt/ha, Rohproteingehalt = 9,7 %) und der einmaligen Festdüngung mit Alzon 46 (6,0 dt/ha, Rohproteingehalt = 9,8 %). Im Mittel zeigten die anderen Düngungsvarianten einen um 24 kg/ha höheren N-Saldo. 2013 unterschieden sich weder die Kornerträge noch die Rohproteinerträge zwischen den einzelnen Düngungsvarianten. Die von den Rohproteinerträgen abgeleiteten N-Salden zeigten dementsprechend im Jahr 2013 geringere Unterschiede als 2012. Eine Standard-KAS-Düngung brachte im Vergleich der Mittel der anderen Varianten einen um 5 kg/ha geringeren N-Saldo. Auch 2014 wurden keine Unterschiede im Kornertrag zwischen den Varianten ermittelt. Der Rohproteinertrag war wiederum bei der Standardvariante am höchsten (8,1 dt/ha).

Über die Jahre konnte kein Einfluss der Düngungsstrategien auf den Ertrag festgestellt werden. Im Mittel brachte die Standarddüngung auch hier die geringsten N-Salden (Abbildung 20). Im Durchschnitt erzielten die anderen Varianten einen um 19 kg/ha höheren N-Saldo.

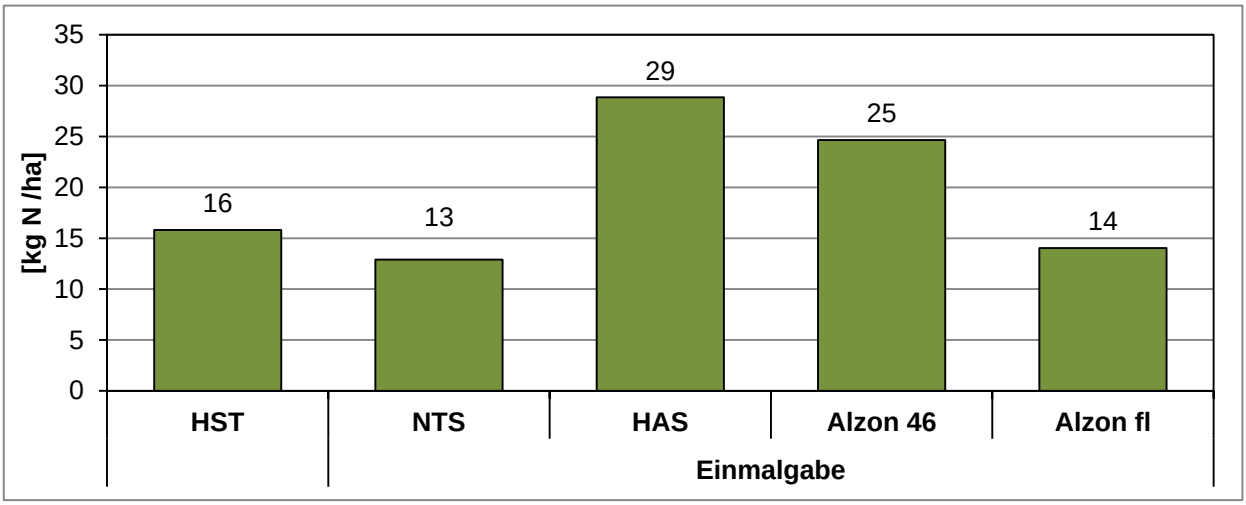


Abbildung 20: N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten in Relation zur Standarddüngung bei Wintergerste in Gülzow

Fazit

Aus diesen Versuchsergebnissen lässt sich ableiten, dass der Jahreseinfluss größer als der Einfluss einer Düngungsstrategie ist. In der mehrjährigen Auswertung wurde an allen drei untersuchten Standorten demnach bei insgesamt gleicher Düngermenge ein Einfluss der Witterung, aber kein statistisch signifikanter Einfluss der Düngungsstrategie nachgewiesen.

Dennoch lässt sich anhand der abgeleiteten N-Salden zeigen, dass der Stickstoff in Form von KAS tendenziell die höchste N-Effizienz aufweist. Es sollte im vorliegenden Versuch geprüft werden, ob stabilisierte Dünger und flüssige Dünger einen Vorteil gegenüber einer KAS-Düngung insbesondere auf trockenen Standorten bringt. Diese Annahme konnte durch den vorliegenden Versuch nicht bestätigt werden. Allerdings zeigten sich auf einem trockenen Standort mit einer Standarddüngung vergleichbar gute Ergebnisse, wenn die zweite und dritte Gabe zusammengelegt wurde und die erste Gabe mit KAS erfolgte. Dieser Effekt war unabhängig von der Düngerform der zusammengelegten zweiten Gabe, sodass ein Vorteil durch eine KAS-Düngung, das heißt durch schnell verfügbaren Stickstoff, im Frühjahr zu vermuten ist. Eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe brachte diese Vorteile auch nur bei Verwendung von KAS-Dünger, sodass eine schossbetonte Düngung auf trockenen Standorten einer frühjahrsbetonten Düngung vorzuziehen ist.

Auf allen drei Standorten konnte in den untersuchten Fruchtarten der geringste N-Saldo durch eine Standarddüngung (3 Gaben) mit KAS erzielt werden.

Unter dem Aspekt der gewässerschonenden, austragsreduzierenden Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen ist eine Standarddüngung mit KAS zu empfehlen, die jedoch nicht immer dem ökonomischen Optimum entspricht. Hinsichtlich des N-Reduzierungspotenzials lässt sich keine Faustzahl ableiten, da die N-Salden der untersuchten Düngungsvarianten an den einzelnen Standorten stark variieren.

Literatur

BOELCKE, B. (2004): Effekte ammoniumbetonter N-Flüssigdüngung im Raps- und Getreideanbau. http://lfamv.de/index.php?/content/view/full/931

BOELCKE, B. (2007): Zur Düngung im Rapsanbau. http://www.agrarnet-mv.de

BOELCKE, B.; ZACHOW, B. (2010): Nitratkonzentrationen im Boden in Abhängigkeit vom Düngeverfahren – Ergebnisse aus Lysimeterversuchen. http://www.agrarnet-mv.de

Qualitätsdüngung zu Winterweizen

Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner, Liane Kureck, Jana Peters

Abstract: The production of high baking quality winter wheat with high protein content is of considerable economic importance in Mecklenburg Western-Pomerania. The crude protein content in wheat is primarily determined by the third nitrogen application, which, however, often leads to high nitrogen balances. Therefore, research is necessary to increase nitrogen efficiency of high quality winter wheat production.

Zusammenfassung

In MV ist ein überwiegender Anteil der Weizenproduktion auf die Vermarktung von Qualitätsweizen ausgerichtet. Die Unterschreitung der vom Handel vorgegebenen Untergrenzen für den Rohproteingehalt führt zu deutlichen Preisabschlägen im Verkauf.

Die wichtigste Maßnahme zur Beeinflussung des Rohproteingehaltes ist die N-Düngung zum 3. Düngungstermin. Allerdings ist die N-Effizienz zu diesem Termin relativ gering. Deswegen wird die N-Bilanz des Weizenanbaus vor allem durch die Höhe der 3. N-Gabe negativ beeinflusst. Um die Lücke zwischen Ökonomie und Ökologie der Weizenproduktion zu verringern, ist eine Optimierung der auf die Qualität (Rohproteingehalt) ausgerichteten Düngung notwendig.

In Versuchen zur Spätdüngung nach unterschiedlicher Frühjahrsdüngung bestätigte sich die Notwendigkeit einer qualitätsbeeinflussenden späten Düngung. Die Auswertung erlaubt Rückschlüsse über Höhe sowie ergänzende Düngungsmaßnahmen.

Aufgabe und Ziel

Die Forschungsarbeiten dieses Themenbereichs zielen auf die Verbesserung der Effizienz einer späten Stickstoffdüngung. Dabei sollen der Wasserschutz durch die Verringerung von N-Überhängen und die Absicherung einer hohen Weizenqualität gleichwertig beachtet werden.

Sachstand

Schlagkarteiauswertungen von Referenzbetrieben der LFA zufolge kann mit der Erzeugung von Eliteweizen in MV die höchste relative Vorzüglichkeit erzielt werden (Ziesemer, Lehmann 2009). Voraussetzung ist zurzeit immer noch die Sicherung eines ausreichenden Eiweißgehaltes im Erntegut. Die hohen Kornerträge des Weizens waren in den vergangenen Jahren nicht immer mit ausreichenden Rohproteingehalten verbunden. Eine mögliche Gegenstrategie, die Steigerung der Düngungsmenge zum späten Düngungstermin, führt jedoch naturgemäß zu erhöhten N-Überhängen und steht deshalb stark in der Kritik.

Die möglichst genaue Einschätzung des Düngebedarfs zur Proteinbildung und die Verbesserung der Nährstoffeffizienz der Stickstoffdüngung sind zwei verschiedene Strategien, die o.g. Ziele zu vereinbaren. Dabei geht es neben der Höhe der notwendigen Qualitätsdüngung um Möglichkeiten der verbesserten N-Ausnutzung. Hier sollen die zusätzliche Verfügbarkeit von Schwefel, Splittingverfahren bei der dritten Stickstoffgabe auf Hochertragsstandorten sowie Mikronährstoffapplikationen während der Kornanlagephase geprüft werden.

Während in den vergangenen Jahren die Bedeutung einer regelmäßigen Schwefeldüngung von 20 - 25 kg S/ha zu Vegetationsbeginn für den Weizen klar nachgewiesen wurde, blieb die Frage nach dem Effekt einer zusätzlichen späten S-Düngung auf die Qualität offen. Schwefel hat eine hohe Bedeutung für die Proteinsynthese. Eine Schwefelspätdüngung zur Blüte des Weizens stellt eine interessante Variante zur Förderung der Proteineinlagerung ins Korn dar.

Seit einigen Jahren werden verschiedenste Blattdünger zur ergänzenden Versorgung angeboten. Einige der enthaltenen Nährstoffe haben eine hohe Bedeutung für die Eiweißsynthese. Eine Erhöhung des Rohproteingehaltes durch die Vermeidung latenter Mangelsituationen könnte deshalb Relevanz besitzen. Ein Effekt auf Standorten, in denen kein Nährstoffmangel zu erwar-

ten ist und die Ertragsbildung vorrangig durch den Faktor Wasser begrenzt wird, war bisher nicht sicher einschätzbar.

In bisherigen Versuchen wurde deutlich, dass zur Produktion von Qualitätsweizen auch bei der ammoniumbetonten Düngung eine späte N-Gabe notwendig ist, um sicher ausreichende Proteingehalte zu erreichen. Über Zeitpunkt und Höhe der Gabe bestehen jedoch noch Wissensdefizite.

Methode

Ein auf dem Versuchsfeld der LFA seit 2010 angelegter Versuch zur Qualitätsdüngung im Winterweizen wird im Rahmen des Projekts genutzt und ausgewertet. Die N-Düngungshöhen zum Bestandesaufbau betrugen 160 bzw. 200 kg N/ha in ein bis zwei Gaben mit den Handelsdüngern KAS oder ALZON 46. Zur Spätdüngung wurde ausschließlich KAS in der Abstufung 0, 40 oder 80 kg N/ha eingesetzt. Mit der Verwendung von stabilisiertem Harnstoff (Alzon 46) ist die Erwartung verbunden, dass durch die frühe Ausbringung einer hohen Düngermenge während günstiger Bodenfeuchteverhältnisse Vorteile für die Nährstoffaufnahme durch die Pflanze entstehen. Die Stabilisierung (Hemmung der Nitrifikation) soll unproduktive N-Verluste verringern (Tabelle 1). Die zur Bewertung berechnete N-Effizienz ergibt sich für die 3. N-Gabe aus dem Verhältnis von zusätzlicher N-Aufnahme zur zusätzlich ausgebrachten N-Menge.

In diesem Versuch wurden zu Vegetationsbeginn für eine einheitliche Versorgung aller Prüfvarianten jeweils 25 kg S/ha als Kieserit ausgebracht. Dadurch kann die Wirkung einer späten zusätzlichen S-Düngung beim Vergleich von Parzellen mit gleicher N-Menge eingeschätzt werden (Tabelle 1, Varianten 2, 3 und 7, 8).

Die Prüfung einer ergänzenden Blattdüngung erfolgte in einem gesonderten Parzellenversuch am Standort Gülzow. Hier wurden verschiedene Blattdünger entsprechend der Anwendungsempfehlungen der Hersteller und mit einer einheitlichen N-Menge getestet. Eine Grundversorgung mit Schwefel erfolgte jeweils zu Vegetationsbeginn durch den Einsatz von Ammonsulfatsalpeter (Tabelle 2).

Weiterhin wurden an den Praxisstandorten Cramonshagen, Saal und Neuendorf die Ertrags- und Qualitätswirkung verschiedener N-Düngestrategien auf Winterweizen in den Jahren 2011 bis 2014 untersucht. Dabei wurden unterschiedlich hohe N-Gaben sowie zusammengelegte Gaben bzw. stickstoffreduzierte Düngungsstrategien im Vergleich zur betriebsüblichen Düngung geprüft.

Tabelle 1: Versuchsplan, Gülzow, 2010 - 2013

Düngungs-variante	N_{ges} [kg/ha]	1.Gabe [kg N/ha]		2.Gabe [kg N/ha]		3.Gabe [kg N/ha]	
1	160	KAS	100	KAS	60		
2	200	KAS	100	KAS	60	KAS	40
3	200	KAS	100	KAS	60	ASS	40
4	240	KAS	100	KAS	60	KAS	80
5	200	KAS	60	KAS	100	KAS	40
6	240	KAS	60	KAS	100	KAS	80
7	200	Alzon	160			KAS	40
8	200	Alzon	160			ASS	40
9	240	Alzon	160			KAS	80
10	200	KAS	100	KAS	100		
11	200	Alzon	200				
12	240	Alzon	200			KAS	40

Tabelle 2: Versuchsplan, Gülzow, 2009 – 2014 (nicht alle Varianten jedes Jahr)

Bez.	Mittel	Menge	Applikationstermine
0	unbehandelt	-	-
a	Manganchelat	3+3 l/ha	BBCH 29/30 + 32-39
b	Yara Vita Thiotrac	5 l/ha	BBCH 51/59
c	Lebosol-Schwefel 800	3 l/ha	BBCH 51/59
d	Yara Vita Getreide	2 l/ha	BBCH 29/30
e	Yara Vita Kombi Phos + Yara Vita Getreide + Yara Vita Thiotrac	3+2+5 l/ha	Vegetationsbeginn + BBCH 29/30 + 51/59
f	Nutri-Phite Magnum S	0,35+0,35 l/ha	BBCH 30/31 + 39/51
g	zusätzlich AHL	3 x 30 l/ha	ab Blühbeginn
h	Nutrimix flüssig	1+1 l/ha	BBCH 27-29 + 32-39
i	TOP FARM Garant	3 l/ha	BBCH 32-47
j	TOP FARM MnCu	2,5 l/ha	BBCH 27-29
k	AKRA Plus9	0,5+0,5 l/ha	BBCH 30/31 + 61

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuchsergebnisse zur N-Spätdüngung zeigen eine starke Abhängigkeit vom konkreten Standort und der jeweiligen Witterung.

Ungünstige Witterungsbedingungen können zu unbeeinflussbaren Ertragsdepressionen führen. Diese treten häufig erst nach dem 2. Düngungstermin auf, wenn ein Großteil der Düngungsmenge bereits ausgebracht wurde. An einem Praxisstandort ereignete sich dies an drei Jahren in Folge. Die so entstehenden N-Überhänge sind nicht dem Landwirt anzulasten und in der Gesamthöhe kaum begrenzbar.

Ausdauernde Trockenphasen beeinträchtigen die Wirksamkeit von Düngungsmaßnahmen. Dadurch treten in Einzeljahren Vorteile bei bestimmten Düngungsstrategien auf, die sich aber bei einer mehrjährigen Betrachtung relativieren (Tabelle 3, Bsp. Standort Saal, 2012, Variante „Schossbetont“). Auch zwischenzeitlich beobachtete Unterschiede in der Färbung des Bestandes oder der Ährendichte führten nicht zu signifikanten Ertragseffekten (Abbildung 1).

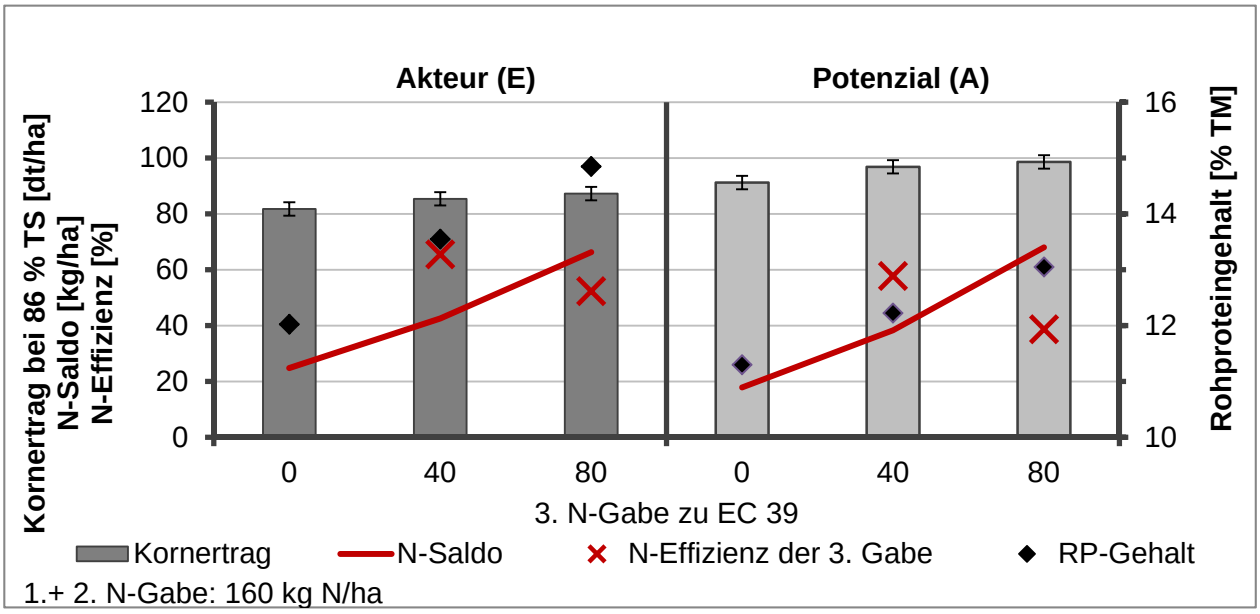


Abbildung 1: Unterschiede in der Färbung des Bestandes nach verschiedenen Düngungsstrategien

Steigerung der Qualitätsgabe

Unter den Bedingungen des Standortes Gülzow liegt die optimale N-Düngemenge für Winterweizen bei insgesamt 180 - 220 kg N/ha. Die Versuchsergebnisse belegen die Wirkung einer späten N-Düngung auf den Rohproteingehalt. Zur Sicherung der vom Handel geforderten Qualitäten ist zurzeit eine späte Stickstoffdüngung von mehr als 40 kg N/ha notwendig. Durch eine Gabe von jeweils 40 kg N/ha erhöhte sich der Rohproteingehalt im Steigerungsversuch am Standort Gülzow um ca. einen Prozentpunkt. Da aber mit hohen N-Gaben auch die N-Salden stark ansteigen (im Versuch um 30 kg N/ha bei einer 3. Gabe von 80 im Vergleich zu 40 kg N/ha), besteht die Herausforderung der Düngebemessung darin, den Grundsatz „so viel wie nötig und so wenig wie möglich“ umzusetzen (Abbildung 2).

Der Anstieg der Funktion zum Rohproteingehalt ist sortenabhängig und verläuft beispielsweise bei A-Weizen flacher als bei E-Weizen. Eine Erhöhung der Spätdüngung verbessert den Eiweißgehalt bei der Sorte Potenzial (A) weniger stark als bei Akteur (E). Die gezielte Wahl qualitätsbetonter Sorten kann eine Strategie für eine größere Sicherheit zum Erreichen der Qualitätsziele sein. Der Sorteneinfluss ist bei einer direkten Gegenüberstellung der Ertragsergebnisse von Akteur und Potenzial sehr deutlich zu sehen. Bei gleichem Düngungsniveau unterscheiden sich die aufgenommene N-Menge und damit der Bilanzsaldo kaum, jedoch wird der aufgenommene Stickstoff entweder in mehr Eiweiß oder mehr Kornertrag umgewandelt. Die N-Effizienz der 3. N-Gabe verhält sich deshalb umgekehrt proportional zum Rohproteinertrag. Aus den Versuchsergebnissen lassen sich zwar Unterschiede zwischen den beiden verwendeten Sorten erkennen. Für eine verallgemeinernde Einschätzung müsste die Untersuchung jedoch um weitere Sorten ergänzt werden (Abbildung 2).



Die Fehlerbalken bezeichnen den Signifikanzbereich (GDt zum Kornertrag 0,05 = 3,5 dt/ha)

Abbildung 2: Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen in Abhängigkeit von N-Düngung und Sorte, Gülzow 2010 - 2013

Düngungsstrategien im Qualitätsweizenanbau

Eine Variation der Gabenteilung zwischen erster und zweiter N-Gabe bei insgesamt gleicher N-Menge erbrachte keine signifikanten Ertrags- oder Qualitätsunterschiede.

In der Praxis werden die Unterschiede in der Düngungsstrategie häufig durch ein insgesamt hohes Düngungsniveau verwischt. Außerdem kommt es bei langjährig guter Versorgung mit organischen Düngern durch die N-Nachlieferung aus dem Bodenpool zu einer Überlagerung der Düngungseffekte (Tabelle 3, Bsp. Cramonshagen). Beides deutet darauf hin, dass in der genaueren Bestimmung des Gesamtdüngungsbedarfes noch Reserven zur Verringerung der N-Überhänge bestehen.

In Versuchen mit sehr hohen Erträgen konnte meist mit keiner der geprüften Düngungsstrategien ein Rohproteingehalt von >13 % TS erreicht werden. Dieser Verdünnungseffekt trat auch auf Standorten mit hoher Stickstoffnachlieferung aus dem Boden auf (Tabelle 3, Bsp. Standort Cramonshagen 2014).

Tabelle 3: Ertrag und Qualität nach unterschiedlichen Düngungsstrategien an Praxisstandorten

Standort	**Saal[1)]**							
Jahr	**2011**		**2012**		**2013**		**2014**	
Düngungsvariante (kg N/ha der Teil-Gaben)	Ertrag (dt/ha)	RP (% TS)	Ertrag (dt/ha)	RP (% TS)	Ertrag (dt/ha)	RP (% TS)	Ertrag (dt/ha)	RP (% TS)
3-Gaben (90/90/60)	keine Auswertung aufgrund Überschwemmung		61	15,3	96	12,2	-	-
Qualitätsbetont (150/0/90)			61	15,1	95	11,6	-	-
Schossbetont (90/150/0)			72	14,7	95	11,7	-	-
N-reduziert (80/80/50)			59	14,8	93	11,7	-	-
N-reduziert & AHL spät (80/80/50/10)			60	14,8	85	11,9	-	-
GD			6	-	11	0,5	-	-
Standort	**Cramonshagen**							
Schossbetont (70/100/40)	66	13,0	102	11,2	97	13,1	115	12,4
Qualitätsbetont (70/60/80)	69	12,9	97	11,6	96	13,3	118	12,5
AHL spät (70/100/40/10)	-	-	102	11,5	97	14,4	117	12,5
GD	-	-	5	-	2	-	4	0,4

[1)] 1. und 2. N-Gabe mit NTS; 3. und 4. N-Gabe mit AHL
[2)] 1. - 3. N-Gabe mit NTS; 4. N-Gabe mit AHL

Blattdüngung

Die Strategie, mit einer N-Blattdüngung zur Phase der Proteineinlagerung den Eiweißgehalt zu erhöhen (Variante AHL spät), war in vier von sieben auswertbaren Versuchen erfolgreich (Tabelle 3; Abbildung 5 Variante „g“). An den Praxisstandorten wurde eine sichere Wirkung jedoch nicht erreicht. In Gülzow können aufgrund der Versuchsanlage Effekte durch eine Erhöhung der N-Menge um 30 kg N/ha nicht ausgeschlossen werden. Für diese sehr aussichtsreiche Strategie bestehen jedoch noch Wissensdefizite über den optimalen Termin und die N-Form der späten Blattdüngung. Um Ertragsverluste zu vermeiden, muss insbesondere bei der Verwendung von AHL die Gefahr von Ätzschäden beachtet werden (Abbildung 3).

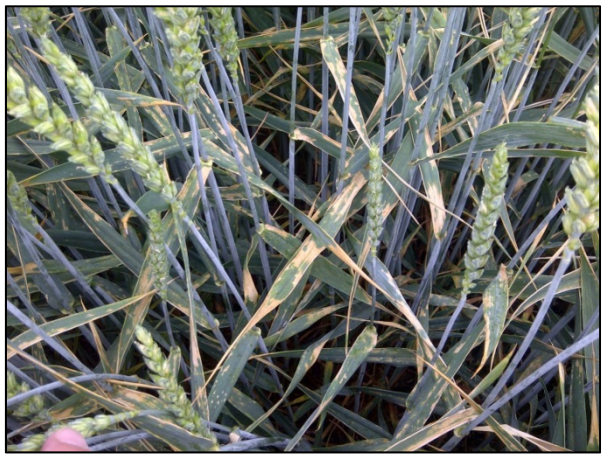
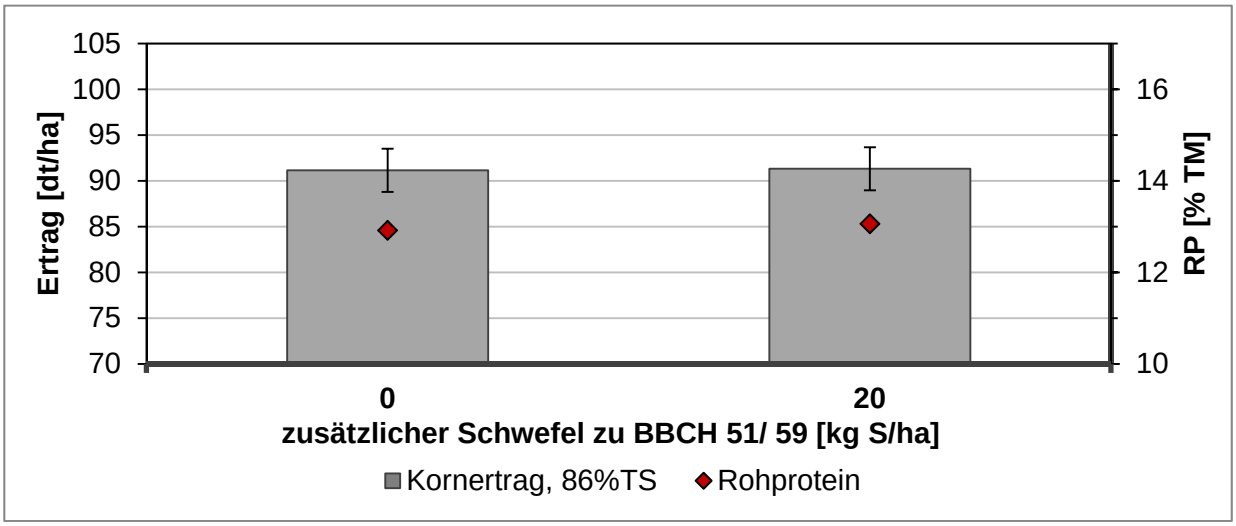


Abbildung 3: Ätzschäden durch Blattdüngung mit AHL nach der Blüte

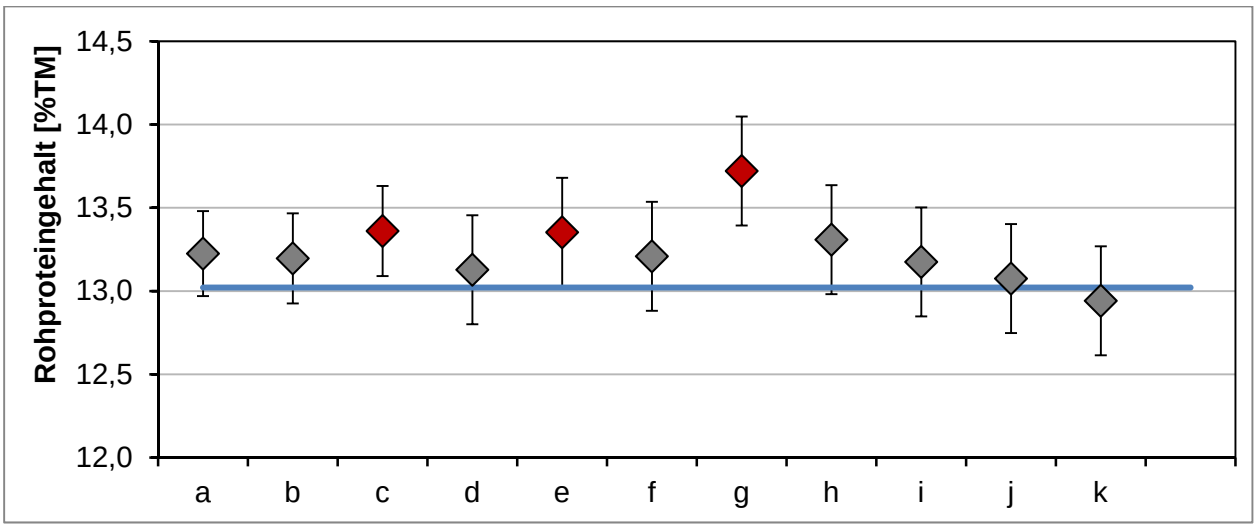
Ein Einfluss einer zusätzlichen Schwefelspätdüngung zur Blüte des Weizens auf Ertrag oder Qualität konnte im Parzellenversuch sowohl bei einer klassischen KAS-Düngung als auch bei Varianten mit Alzon-Düngung in keinem Versuchsjahr festgestellt werden. Ein Praxisversuch im Jahr 2011 führte zum gleichen Ergebnis. Deshalb ist davon auszugehen, dass eine einmalige Schwefelversorgung im Frühjahr in der Regel ausreicht und eine zusätzliche Gabe keine Verbesserung bewirkt (Abbildung 4).



Die Fehlerbalken bezeichnen den Signifikanzbereich (GDt 0,05 = 3,5).

Abbildung 4: Wirkung einer späten Schwefeldüngung mit ASS auf Ertrag und Rohprotein im Winterweizen (Gülzow 2010 – 2013, Mittel zweier Sorten, Gesamtdüngermenge = 200 kg N/ha)

Ähnlich sind die Ergebnisse der Prüfung von verschiedenen Blattdüngern auf den Ertrag und den Rohproteingehalt im Korn des Weizens ausgefallen. Im Versuchszeitraum konnte nur für die Varianten c und e ein geringer positiver Effekt nachgewiesen werden. Die Jahresunterschiede übertreffen die gemessenen Unterschiede zwischen den Prüfvarianten enorm. So schwankte der Rohproteingehalt in den Versuchsjahren um über 2 Prozentpunkte, eine Blattdüngung erhöhte ihn im günstigsten Fall aber nur um 0,4 Punkte. Der Kornertrag wurde durch die Prüfmaßnahmen nicht beeinflusst. Ein wirtschaftlich positives Ergebnis kann deshalb unter den gegebenen Standortbedingungen für keine der geprüften Varianten angenommen werden (Abbildung 5, außer Variante g).



Die Fehlerbalken bezeichnen den Signifikanzbereich (GDt 0,05) zur unbehandelten Kontrolle = blauer Balken. Beschreibung der Varianten siehe Tabelle 2.

Abbildung 5: Einfluss einer Blattdüngung auf den Rohproteingehalt im Winterweizen (Gülzow 2009 – 2014)

Fazit

In der Praxis werden die Auswirkungen der Düngestrategie auf die Weizenqualität häufig durch Standort- und Jahreseinflüsse überlagert.

Zur Sicherung der vom Handel geforderten Qualität ist eine späte Stickstoffdüngung von mehr als 40 kg N/ha notwendig. Die N-Spätdüngung führt dabei trotz der Steigerung des RP-Gehaltes zu höheren N-Salden (Abbildung 2) und fördert somit die Gefahr der Stickstoffauswaschung.

Die Andüngung mit schnellverfügbaren N-Formen wirkt günstig auf den Gesamtertrag und die Qualität und fördert so die N-Effizienz.

Um einen ausreichenden Rohproteingehalt zu erzielen, ist (am Standort Gülzow) eine Menge von ca. 60 kg N/ ha zum Spätdüngungstermin (3. N-Gabe) ausreichend. Eine Begrenzung der N-Spätdüngung von 80 auf 60 kg N/ha kann zu einer Verringerung der N-Salden um 20 kg N/ha beitragen.

Zusätzliche Düngungsmaßnahmen mit Blattdüngern oder Schwefel sind auf Standorten ohne ausgewiesene Mangelsituationen in der Regel nicht wirtschaftlich.

Literatur

ZIESEMER, A.; LEHMANN, E. (2009): Rentabler Weizenanbau in Mecklenburg-Vorpommern– Entwicklungen und Perspektiven. Neue Landwirtschaft 9(2009), 22-25

Düngung von Raps nach der N-Herbstaufnahme

Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner, Liane Kureck

Abstract: The biomass model is based on an assessment of the nitrogen uptake by rape in autumn. In the meantime it is an approved procedure to estimate the nitrogen requirement in spring, but for correct use certain conditions must be fulfilled. Several field experiments were varied out to evaluate the quality of the biomass model.

Zusammenfassung

Das Biomassemodell basiert auf der Schätzung des durch die Pflanzen aufgenommenen Stickstoffs im Herbst. Davon wird eine Anpassung der Stickstoffdüngung im Frühjahr abgeleitet. In Praxisversuchen wurden die Voraussetzungen für eine optimale Nutzung dieses Verfahrens sowie die Kombination mit teilflächenspezifischer Düngung geprüft.

Aufgabe und Ziel

Der vorliegende Versuch dient der Prüfung und Überleitung eines neuen Verfahrens der N-Düngung zur Verringerung von N-Salden und Verbesserung der N-Effizienz. Es wird ein Praxistest der N-Düngung zu Raps unter Berücksichtigung der Biomasse bzw. N-Herbstaufnahme durchgeführt und dieses Verfahren beurteilt.

Sachstand

Frühere Untersuchungen zur N-Düngung im Winterraps konnten einen engen Zusammenhang zwischen der N-Aufnahme des Bestandes zu Vegetationsende und der Höhe der optimalen N-Düngung im Frühjahr nachweisen. Ein daraus entwickeltes Konzept sieht vor, auf der Grundlage der im Herbst gebildeten oberirdischen Biomasse eines Schlages Zu- bzw. Abschläge zur standortüblichen N-Düngung im Frühjahr vorzunehmen. Der Gesamt-N-Bedarf hängt dabei vom Ertragspotential ab.

In einem von der UFOP geförderten Projekt unter Beteiligung der LFA wurde dieser Ansatz in vierjährigen Parzellenversuchen unter deutschen Standortbedingungen überprüft. Die bisherigen Ergebnisse weisen eine negative Korrelation zwischen der im Herbst vom Bestand aufgenommenen N-Menge und der optimalen N-Düngermenge im Frühjahr aus. Ausgehend von der N-Aufnahme eines „Normalbestandes“ von 50 kg N/ha sind bei Über- und Unterschreitung jeweils Korrekturen vom ortsüblichen N-Sollwert vorzunehmen (Sieling et al. 2010).

Der von der LFA ab 2006 durchgeführte Parzellenversuch zur Optimierung der N-Düngung von Winterraps unter Berücksichtigung der N-Aufnahme der Rapsbestände bis Vegetationsende im Herbst bzw. zu Vegetationsbeginn im Frühjahr wurde im Jahr 2009 erfolgreich abgeschlossen und bildet die Grundlage für die Anlage der Praxisdemonstrationen.

Die Stickstoff-Bedarfs-Analyse (SBA) gilt z. Z. fachlich als Standardmethode zur Festlegung des Sollwertes. Allerdings gab es große Unterschiede hinsichtlich der absoluten Höhe des N-Optimums zwischen den Standorten. Es wird weiter Forschungsbedarf darin gesehen, wie die absolute Höhe der optimalen N-Düngung standortspezifisch verlässlich bestimmt werden kann.

Die Methode N-Düngung nach Biomasse kann gut für eine teilflächenspezifische N-Applikation zu Raps unter Anwendung sensorgestützter Technik genutzt werden. Hierzu liegen erste Versuchsergebnisse vor, die jedoch einer weiteren Absicherung bedürfen (Schulz, Lehmann 2010; Schliephake 2011).

Methode

Das Modell der Optimierung der N-Düngung von Winterraps unter Berücksichtigung der N-Aufnahme bis Vegetationsende im Herbst wurde 2011 an drei Standorten untersucht. Aufgrund versuchstechnischer Probleme konnte allerdings der Versuch nur in Ziesendorf weitergeführt werden.

Es wurden die Düngevarianten Düngung nach SBA, Düngung nach Biomasse (N-Herbstaufnahme, nicht teilflächenspezifisch), Düngung nach Biomasse (N-Herbstaufnahme, teilflächenspezifisch mit N-Sensor) und Düngung nach Steuerungskurve des Yara-N-Sensors (online-Messung im Frühjahr) angelegt. Diese Varianten erfolgten nach einer einheitlichen Düngung mit 100 kg N/ha zur Bemessung der 2. N-Gabe im Frühjahr. Als N-Sollwert diente die mittels SBA festgelegte Düngungsmenge. Für die Online-Düngung wurde als mittlerer Wert die Höhe der Variante „Düngung nach Biomasse, nicht teilflächenspezifisch“ festgelegt.

Die Versuche wurden als einfaktorielle Blockanlagen mit 3-4-facher Wiederholung angelegt. Düngung, Ernte und Ertragserfassung erfolgte jeweils mit der Praxistechnik des Betriebes. Vorgewende sowie Sölle und Masten im Schlag wurden nicht in die Versuchsflächen einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

In dem hier genannten Praxisversuch konnte das Verfahren aufgrund der örtlichen Witterungsbedingungen nur in einem von drei Versuchsjahren messbaren Erfolg nachweisen. Neben nicht kalkulierbaren Witterungsextremen (Auswinterung, Überschwemmung 2011) begrenzten die mangelnde Befahrbarkeit, die Bedeckung der Pflanzen mit Schnee, ein früher Blattverlust durch Frostereignisse im November den Sensoreinsatz im Herbst. Im Frühjahr 2013 erforderte die durch die Witterung verzögerte Vegetationsentwicklung einen Abschluss der Düngungsmaßnahmen, bevor der Bestand die für eine Onlinedüngung notwendige Differenzierung ausbilden konnte (Tabelle 1). Außerdem wurde bestätigt, dass für das Verfahren eine ausreichende Biomasseentwicklung im Herbst notwendig ist. Für gut entwickelte Bestände wurden N-Einsparungen von ca. 25 kg/ha, auf Teilflächen bis 40 kg/ha, berechnet (Tabelle 1, Abbildung 3). Entsprechende Rapsbestände werden jedoch aufgrund unterschiedlicher Jahreswitterung nicht in allen Jahren und aufgrund der betrieblichen Saatzeitdifferenzierung in der Regel nicht auf allen Schlägen eines Betriebes vorhanden sein.

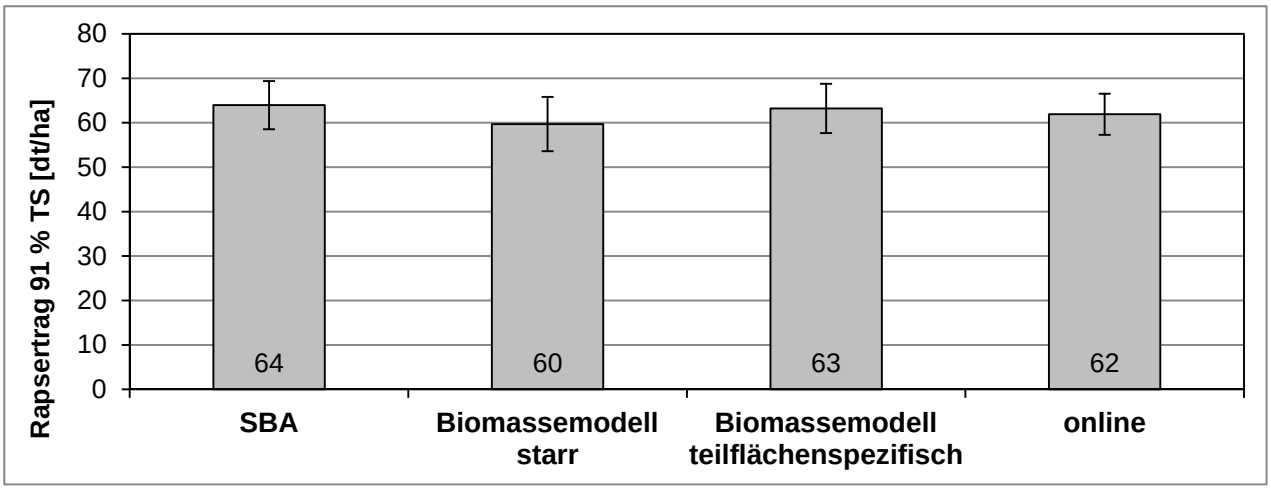
Tabelle 1: Anwendung des Biomassemodells zur Düngungsbemessung für Winterraps

Ort/ Jahr	**N-Aufnahme zu Vegetationsende** (manuell ermittelt)	**mögliche Düngereinsparung nach Biomassemodell**	**Bemerkungen**
	von – bis; mittel [kg N/ha]	von – bis; mittel [kg N/ha]	
Wolfshagen, 2011	50 – 78; 70	0 – 20; 14	Versuchsabbruch aufgrund Hagelschaden
Cramonshagen, 2011	61 – 140; 92	7 – 36; 29	-
Ziesendorf, 2011	41 – 77; 55	0 – 19; 0	nicht auswertbar aufgrund Überschwemmung vor der Ernte
Ziesendorf, 2012	65 – 104; 86	10 – 38; 25	Abbildung 1, Abbildung 2
Ziesendorf, 2013	63 – 113; 82	10 – 44; 22	Versuchsabbruch aufgrund plötzlichem Wintereinbruch und langer Schneebedeckung im Frühjahr

Ein hoher Kornertrag ist generell die Grundlage für eine hohe N-Effizienz. Zur Ernte 2012 wurde bei einem hohen Rapsertrag ein Vorteil der teilflächenspezifischen N-Düngung sowohl gegenüber einer unkorrigierten N-Düngung als auch des flächeneinheitlich angewandten Biomassemodells festgestellt. Bei unterschiedlicher Gesamtdüngungsmenge konnte in allen Varianten der gleiche Rapsertrag erzielt werden (Abbildung 1, Abbildung 2). Damit werden die Ergebnisse von Schulz und Lehmann (2010) bestätigt. Da bekanntermaßen der Ölgehalt, welcher hier nicht

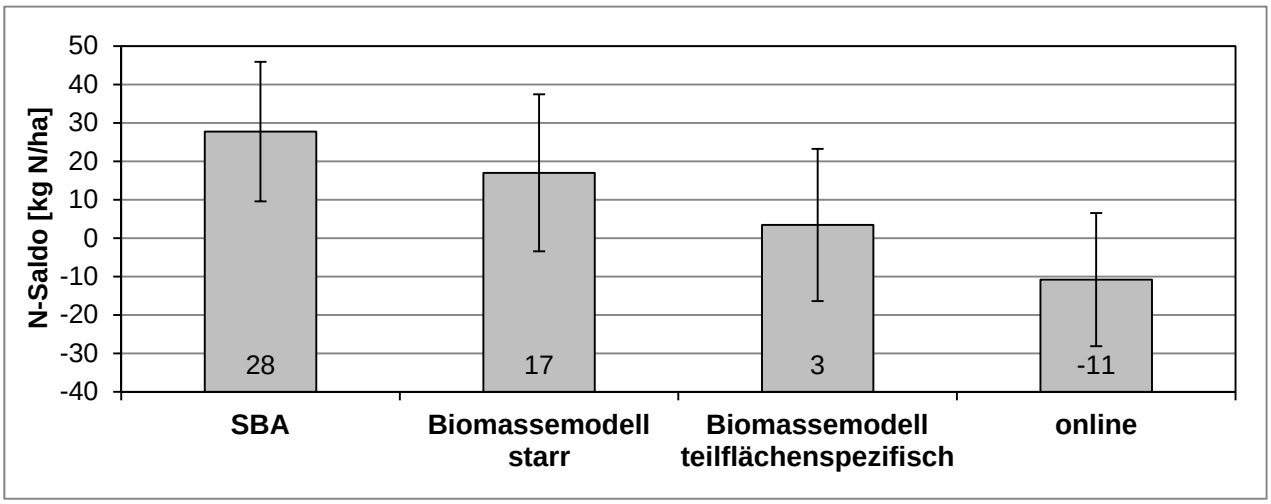
untersucht wurde, positiv auf eine geringe N-Verfügbarkeit reagiert, sind weitere Vorteile zu erwarten.

Sensoraufnahmen im Herbst durch den Yara-N-Sensor und eine Befliegung mit einem Oktokopter durch die CiS-GmbH lieferten vergleichbare Biomassekarten.



Die Fehlerbalken bezeichnen die Standardabweichung der Einzelmessungen.

Abbildung 1: Rapsertrag in Abhängigkeit von der Düngungsstrategie, Ziesendorf 2012



Die Fehlerbalken bezeichnen die Standardabweichung der Einzelwerte.

Abbildung 2: N-Saldo nach Winterrapsanbau in Abhängigkeit von der Düngungsstrategie, Ziesendorf 2012



Abbildung 3: Gut entwickelter Rapsbestand auf der Versuchsfläche zu Vegetationsende 2012, mittlere N-Aufnahme 86 kg/ha

Fazit

Das Biomassemodell, das auf einer Abschätzung des im Herbst durch die Rapspflanzen aufgenommenen Stickstoffs beruht, ist inzwischen ein anerkanntes Verfahren, den Düngebedarf für die Frühjahrsanwendung zu korrigieren.

Die Schwierigkeit bei einer Anwendung in Praxisbetrieben besteht in der vergleichsweise aufwendigen Probenahme und den Unterschieden innerhalb eines Schlages. Für das erste Problem bietet die App der Firma Yara eine praktikable Lösung, die aber im vorgestellten Versuch nicht getestet wurde.

Obwohl schon eine einheitliche Korrektur für einen gesamten Schlag zu Düngermengeneinsparungen führen kann, bietet eine teilflächenspezifische Berechnung weiteres Einsparpotential. Praktikabel sind Biomassemessungen, bei denen der Bestand mit N-Sensoren entweder als Überfahrt oder Überfliegung gescannt wird. Beide Systeme sind gleichermaßen geeignet, bedürfen aber einer „Eichung“, für die ein manueller Biomasseschnitt oder die Yara-App genutzt werden muss.

Voraussetzungen für die teilflächenspezifische Anwendung des Biomassemodells sind:

– gut entwickelte Rapsbestände, die mehr als 50 kg N/ha vor Winter aufgenommen haben
– die Befahrbarkeit der Flächen zu Vegetationsende bei Überfahrten
– geringe Windstärken für Überfliegungen
– Schneefreiheit
– trockene Blätter
– keine scharfen oder wechselnden Schatten (keine Wolkenlücken)
– ausreichend Licht bei der Nutzung von Passivsensoren

Da diese Voraussetzungen gerade zu Vegetationsende im November oder Dezember nicht immer erfüllt sein werden, wirken sich diese Punkte in der Summe dahingehend aus, dass das Biomassemodell immer nur für einen Teil der Schläge angewandt werden wird.

Eine Differenzierung der N-Düngung nach der Biomasseentwicklung im Frühjahr als Online-Verfahren ist ebenfalls möglich. Dadurch wird die zusätzliche Überfahrt vor Winter eingespart. Die Anforderungen der Sensornutzung bleiben jedoch bestehen (trocken, kein Wechselschat-

ten). Außerdem ist der biologische Zusammenhang zwischen Biomassemenge und Ertrag - anders als im dargestellten einjährigen Versuchsergebnis - im Frühjahr in der Regel schwächer ausgeprägt als zu Vegetationsende (Henke et al. 2009). Nach starker Auswinterung ist dieses Verfahren überhaupt nicht mehr nutzbar. Aus diesen Gründen wird es nur für den Fall empfohlen, in denen der Biomassescan aufgrund nicht erfüllter Voraussetzungen zu Vegetationsende nicht durchgeführt werden konnte.

Literatur

HENKE, J. SIELING, K.; SAUERMANN, W.; KAGE, H. (2009): Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 147, 1-8

SCHLIEPHAKE, W. (2011): Anforderungen an eine teilschlagspezifische N-Düngung unter besonderer Berücksichtigung einer umweltorientierten Nährstoffversorgung auf trockenen Standorten. DBU-Projekt AZ 25389-34

SCHULZ, R.-R.; LEHMANN, E. (2010): Teilflächenspezifische N-Düngung von Winterraps durch Nutzung des N-Sensors. Abschlussbericht LFA MV 10/06

SIELING, K.; SAUERMANN, W.; KAGE, H.; SCHULZ, R.-R. (2010): Optimierung der Stickstoffdüngung zu Winterraps durch schlagspezifische Berücksichtigung von Bestandesparametern und Ertragspotenzial. In: Beiträge zur Winterrapsproduktion. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei. Heft 44. 21-22

Herbsteinsatz von Gärresten zu Zwischenfrüchten

Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Abstract: Biogas fermentation residues can be applied as nutrient source not only to rapeseed but also to catch crops in autumn. In field experiments, it was shown that N being applied with fermentation residues before sowing of different catch crops is partly taken up the crops. In case of non-leguminous catch crops, the additional N uptake corresponded to up to approximately the amount of ammonium-N in residues.

Zusammenfassung

Neben Raps können Gärreste im Herbst auch zu Zwischenfrüchten ausgebracht werden. Der Versuch mit Gärrestdüngung zur Aussaat verschiedener Zwischenfrüchte zeigt, dass diese einen Teil von dem zusätzlich zur Verfügung gestellten Stickstoff aus dem organischen Substrat aufnehmen. Der Stickstoff kann somit über die Wintermonate im Pflanzenmaterial konserviert werden und durch Mineralisation im Frühjahr der folgenden Hauptfrucht bereitgestellt werden.

Aufgabe und Ziel

Um die bei der Biogaserzeugung anfallenden Gärreste als hochwertiges Düngemittel möglichst effektiv zu verwenden, ist zu untersuchen, ob zusätzlich zum Einsatz in den Hauptkulturen weitere Nutzungsmöglichkeiten zu erschließen sind. Es soll untersucht werden, ob eine im Herbst geplante Gärrestgabe neben Raps auch sinnvoll zu Zwischenfrüchten eingesetzt werden. Hierzu wurden Untersuchungen in einem Praxisbetrieb vorgenommen.

Methode

Am Standort Cramonshagen wurde der Einfluss einer Gärrestdüngung auf das Wachstum verschiedener Zwischenfrüchte zum Aussaattermin nach der Getreideernte in drei Jahren geprüft. Untersucht wurden fünf Zwischenfruchtarten (Lupinen, Wickroggen, Hafer) bzw. -mischungen (Perserklee/Phacelia, Hafer/Peluschke). Nach der Getreideernte wurde vor der Zwischenfruchtaussaat je ein Streifen mit Gärresten gedüngt, während der zweite Streifen mit den gleichen Zwischenfruchtarten keine organische Düngung erhielt. Die ausgebrachte Gärrestmenge betrug 15 m³/ha, dies entspricht ca. 70 kg N/ha, davon sind ca. 40 kg Ammonium-N. Zu Vegetationsende ist der Ertrag und der N-Gehalt in den Pflanzen (ohne Wurzeln) bestimmt worden, um eine Aussage über eine mögliche zusätzliche N-Aufnahme durch eine organische Düngung treffen zu können.

Ergebnisse

Zwischenfrüchte können Stickstoff aus einer Herbstdüngung in erhöhtes Biomassewachstum umsetzen. Dabei sind ein früher Aussaattermin und eine geeignete Pflanzenauswahl besonders wichtig. Die Versuchsjahre 2011 und 2012 unterschieden sich in dieser Hinsicht wesentlich. Die sehr guten Wachstums- und Mineralisationsbedingungen des Herbstes 2011 führten zu insgesamt höherer Biomassebildung und N-Konservierung. Trotzdem lag die durchschnittliche zusätzliche N-Aufnahme der geeigneten Arten nach Düngung in allen drei Versuchsjahren bei 20 - 30 kg N/ha im Vergleich zu den ungedüngten Beständen (Abbildung 1). Hierbei erreichte der Haferbestand die höchste zusätzliche N-Aufnahme. Da in dem Versuch nur die oberirdische Pflanzenmasse bestimmt wurde, liegt die tatsächliche N-Konservierung etwas über den ermittelten Werten.

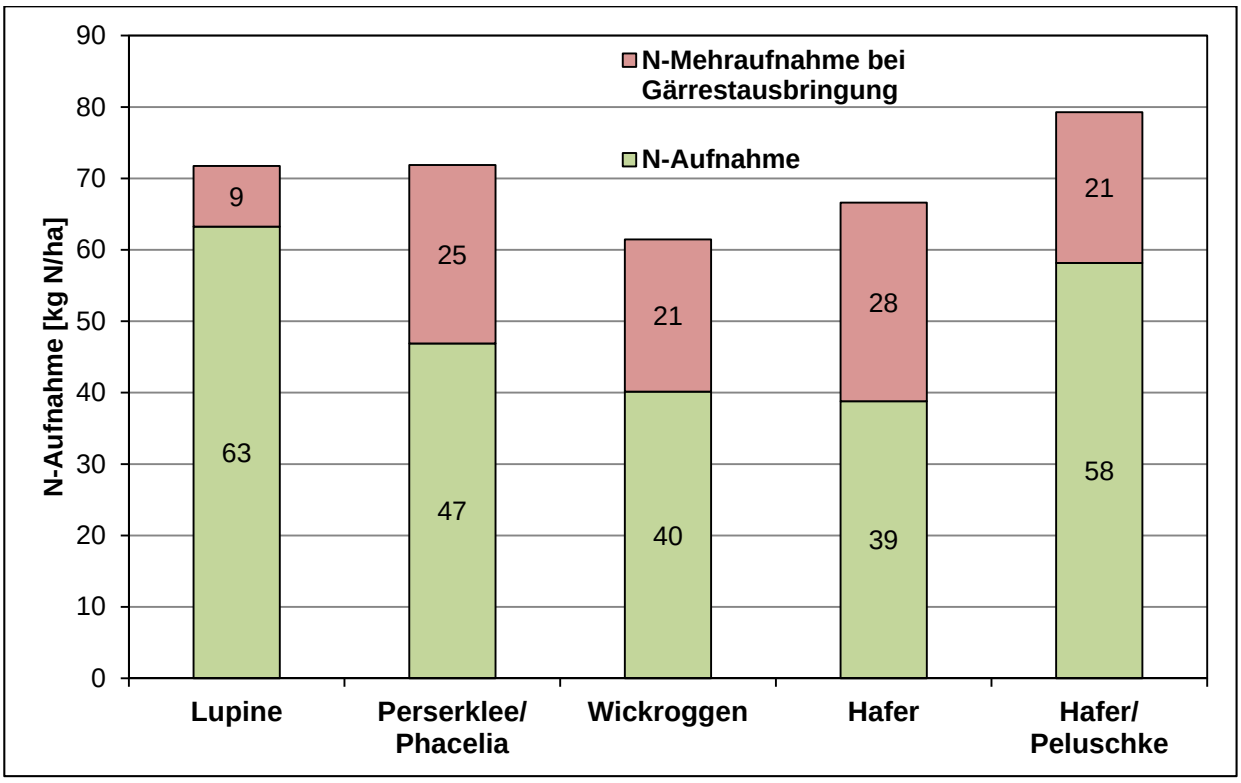


Abbildung 1: N-Aufnahme und N-Mehraufnahme nach Gärrestausbringung in Abhängigkeit von der Zwischenfruchtart am Standort Cramonshagen 2011 - 2013

Die zusätzliche N-Speicherung durch Lupinen blieb gering. Obwohl auch Leguminosen bei Vorhandensein von pflanzenverfügbarem Stickstoff diesen aufnehmen und die eigene N-Fixierung eingeschränkt wird, sind sie doch weniger geeignet, zusätzlichen N-Dünger sinnvoll zu verwerten. Ein N-Düngebedarf besteht hier ohnehin nicht. Für die Verwertung von Gülle oder Gärresten sollten auch in Mischungen keine oder nur wenig Leguminosen enthalten sein.

Prozentual wurden von dem gesamten Stickstoff aus dem Gärrest abhängig von der Fruchtart 13 - 40 % in den Pflanzen fixiert. Der pflanzenverfügbare NH_4-N betrug 43 % des Gesamtstickstoffs (Abbildung 2), sodass unter der Berücksichtigung des zusätzlich in den Wurzeln gebundenen Stickstoffs von den Zwischenfrüchten 30 – 100 % des Ammoniumstickstoffs aufgenommen worden. Der Nicht-Ammonium-N im Gärrest ist größtenteils organisch gebunden und dementsprechend nur gering auswaschungsgefährdet.

Durch die höhere N-Aufnahme der Zwischenfrüchte kommt es im folgenden Frühjahr zu einer höheren Mineralisation im Boden und somit höherer N-Verfügbarkeit für die Nachfrucht. Eine daraus resultierende Reduzierung der Düngungsmenge zur Hauptfrucht wird als mögliche Maßnahme gesehen, zum Gewässerschutz beizutragen.

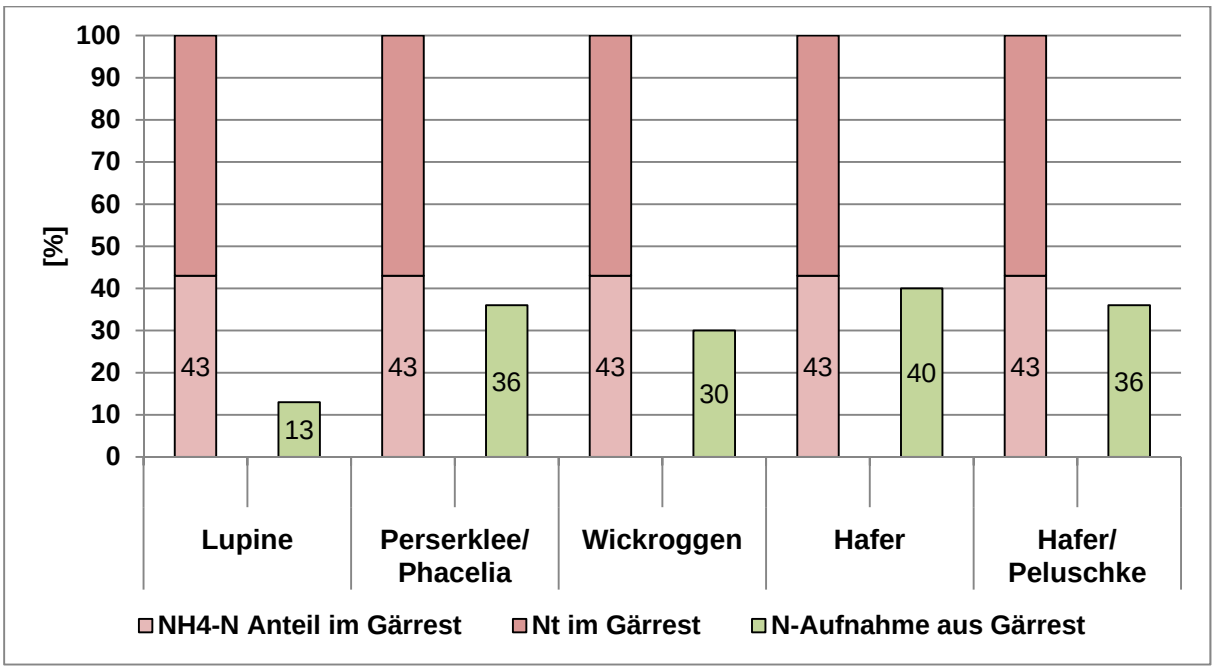


Abbildung 2: NH4-N- Anteil im Gesamt-N aus dem Gärrest und Anteil der N-Aufnahme aus den Gärresten in Abhängigkeit von der Zwischenfruchtart am Standort Cramonshagen 2011 - 2013

Fazit

Eine Gärrestgabe im Herbst ist nur zur Deckung des Düngebedarfes einer Kultur zulässig. Dazu eignen sich neben Raps auch Zwischenfrüchte, die einen Teil des ausgebrachten Stickstoffs konservieren und der Nachfrucht im Folgejahr zur Verfügung stellen. Bei flüssiger organischer Düngung mit einer praxisüblichen Gesamtstickstoffmenge von ca. 70 kg N_t/ha können durch geeignete Zwischenfrüchte unter den Bedingungen in MV ca. 30 kg N/ha mehr als von ungedüngten Beständen aufgenommen werden. Dies entspricht in etwa dem Ammoniumgehalt des Düngers, der so vor Auswaschung geschützt wird. Es sollte in weiteren Versuchen geklärt werden, in welcher Höhe und unter welchen Voraussetzungen die N-Düngung der Nachfrucht reduziert werden kann.

Frühjahrsgabe von Gärresten im Winterweizen

Carolina Wegner, Liane Kureck, Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Abstract: The aim of this study was to identify possibilities of improving the utilization of biogas digestate as N source for winter wheat. For this purpose, different types of digestate as well as new application methods were examined aiming to increase N use efficiency, yield and protein content. In addition, a field trial was carried out to quantify short-term yield effects and mineral fertilizer equivalents of applied digestates.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen in diesem Themenkomplex zielen zum einen auf technische Möglichkeiten zur Verbesserung der Stickstoffwirkung des Gärrestes. Zum anderen wird die Düngewirkung des Stickstoffs verschiedener Gärreste geprüft.

Unterschiedliche Gärrestzusammensetzungen sowie neuere Applikationsverfahren für Gärrest (Ansäuerung, Schlitzen) wurden untersucht. Hierbei ging es neben den Auswirkungen auf Ertrag und Rohproteingehalt auch um eine Reduktion der Ammoniakverluste.

Zusätzlich wurde ein Steigerungsversuch zur Ermittlung des kurzfristig wirksamen MDÄs für den Standort Gülzow angelegt.

Sachstand und Aufgabenstellung

Die Substratgrundlage für die Biogaserzeugung ist in der Praxis sehr vielfältig. Neben Anlagen auf der Basis von Rinder- oder Schweinegülle mit relativ geringem Anteil an nachwachsenden Rohstoffen gibt es verschiedene Zwischenstufen bis hin zu Anlagen, die ausschließlich mit pflanzlicher Biomasse betrieben werden.

Deutschlandweite Erkenntnisse zur Gärrestdüngung sind nicht auf alle Bedingungen und Standortverhältnisse in MV übertragbar. Darüber hinaus führen unterschiedliche Substratzusammensetzungen bei der Beschickung der Biogasanlage, differenzierte Ausnutzungsgrade der organischen Trockensubstanz bei der Vergärung und physikalische Nachbehandlung (Separierung) des Gärrestes (GR) zu sehr differenzierten Nährstoffkonzentrationen im Düngemittel.

Im Zuge sich verschärfender Anforderungen der Düngeverordnung sind in den letzten Jahren einige neue Konzepte zur Ausbringtechnologie von organischen Flüssigdüngern entwickelt worden (z. B. Schlitztechnik). Hier sind die Anwendbarkeit dieser Verfahren und ihr Einfluss auf die Stickstoffausnutzung unter den Standortbedingungen in MV zu untersuchen und Empfehlungen abzuleiten. Auch die Wirkung des Zusatzes von Stickstoffstabilisatoren im Weizen ist in diesem Zusammenhang zu prüfen.

Die Untersuchungen in diesem Themenkomplex zielen zum einen auf technische Möglichkeiten zur Verbesserung der Stickstoffwirkung des Gärrestes. Hierbei steht v. a. die Reduktion der Ammoniakverluste bei der oberflächigen Ausbringung in den Bestand im Mittelpunkt. Zum anderen wird die Düngewirkung des Stickstoffes verschiedener Gärreste bei Ausbringung zu Vegetationsbeginn geprüft. Dabei wird die Einbettung der Gärrestgabe in die Mineraldüngerstrategie ebenso mit einbezogen wie der Einfluss der Sorte. Darüber hinaus sollen Aussagen zum optimalen Ausbringtermin gewonnen werden.

Methode

Die Versuche zu diesem Themenbereich wurden in Gülzow und Cramonshagen in einer Parzellenanlage (1,5 × 9 m) mit vier Wiederholungen randomisiert angelegt.

Im Versuch **„*Applikationsverfahren*“** am Standort Gülzow wurden der Verwendung von Schleppschläuchen als Standardverfahren für die Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger zwei verlustmindernde Technologien gegenüber gestellt. Zum einen wurde der Gärrest mit Schlitzscharen in den Boden eingebracht (Abbildung 1), zum anderen erfolgt eine Absenkung des pH-

Werts der Gülle vor der Ausbringung durch Zugabe einer Säure. In der Praxis wird hierfür preisgünstige Schwefelsäure verwendet. Im Versuch wurde aus Gründen des Arbeitsschutzes auf Milchsäure zurückgegriffen. Bei pH-Werten um ca. 6 ist das chemische Dissoziationsgleichgewicht nahezu vollständig vom Ammoniak zum Ammonium verschoben, so dass gasförmige Verluste weitgehend unterbunden werden sollen.

In den Versuchen **„*Gärrestarten*“** und „***MDÄ***“ (Gülzow und Cramonshagen) wurde die Düngewirkung von Gärresten bei Ausbringung zu Vegetationsbeginn untersucht. Der ausschließlichen Gärrest-Düngung zur ersten Gabe wurde eine Variante mit mineralischer Ergänzungsdüngung gegenüber gestellt.

Zur Einordnung der Gärrestvarianten wurde eine mineralische Stickstoffsteigerung der ersten Gabe angelegt. Daraus wurde ein MDÄ errechnet:

$$Y = (MINDüngung - ZUSDüngung) * 100/GRDüngung$$

Y: MDÄ
MINDüngung: Düngermenge, mit der bei ausschließlich mineralischer N-Düngung, der gleiche Kornertrag wie in zu der berechnenden GR-Variante erreicht wird (in kg N/ha)
ZUSDüngung: zusätzlich zum Gärrest gedüngte mineralische N-Mineraldüngermenge (in kg N/ha)
GRDüngung: gesamte Menge des mit Gärresten zugeführten Stickstoffs (in kg N/ha)

Um die Wirkung der Gärrestdüngung auf den Qualitätsparameter Rohprotein mit zu berücksichtigen, wurde zusätzlich ein MDÄ auf Basis des Rohproteinertrags errechnet.

Alle späteren Stickstoffgaben erfolgten über den gesamten Versuch in einheitlicher Höhe mit Mineraldünger. Die Gärrestapplikation wurde mit Schlitztechnik durchgeführt. Am Standort Gülzow wurden darüber hinaus mehrere Gärreste mit unterschiedlichen NH_4-N-Gehalten in die Betrachtung einbezogen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verwendete GR mit ihren unterschiedlichen NH_4-N-Gehalten Laborwerte und Substratzusammensetzungen

Gärrestarten	NH_4-N [% Nt]	Substrat Biogasanlage
GR I	40	NawaRo
GR II	60	Rindergülle + NawaRo
GR III	75-80	Schweinegülle + NawaRo

Zur Prüfung des Einflusses verschiedener **„*Applikationstermine*“** auf Ertrag und Qualität des Weizens am Standort Gülzow wurde der Gärrest entweder zu Vegetationsbeginn oder zur zweiten Stickstoffgabe (EC 30) ausgebracht. In der Vergleichsvariante erfolgte die Stickstoffdüngung zu den jeweiligen Terminen mineralisch. Auch in diesem Versuch wurde Schlitztechnik verwendet.

2013 wurden beim Vergleich der Applikationsverfahren einmalig Ammoniakemissionsmessungen durchgeführt. Dabei wurde eine vereinfachte Methode mit geschlossenen Hauben verwendet, unter die Schalen mit verdünnter Schwefelsäure platziert wurden (Abbildung 1). Durch Titration wurde anschließend die in der Säure als Ammonium gelöste Ammoniakmenge ermittelt. Die so gewonnenen Werte (in mg N/h) können zum relativen Vergleich der Prüfglieder untereinander genutzt werden, erlauben jedoch keinen Flächenbezug.



Abbildung 1: Ammoniakemissionsmessung mit geschlossener Kammermethode und Schwefelsäure, (Gülzow, 2013 - 2014)

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund von Problemen bei der Gärrestausbringung musste der Versuch „Applikationstermin“ (Gülzow) in 2013 und 2014 abgebrochen werden, so dass nur von 2012 Ergebnisse zur Verfügung stehen.

Applikationsverfahren

Der Verlauf der Ammoniakemissionen über einen Zeitraum von 6 Tagen nach der Gärrestausbringung zeigte im Vergleich zur Standardvariante (Schleppschlauch) ein signifikantes Verlustminderungspotential der geprüften Alternativverfahren.

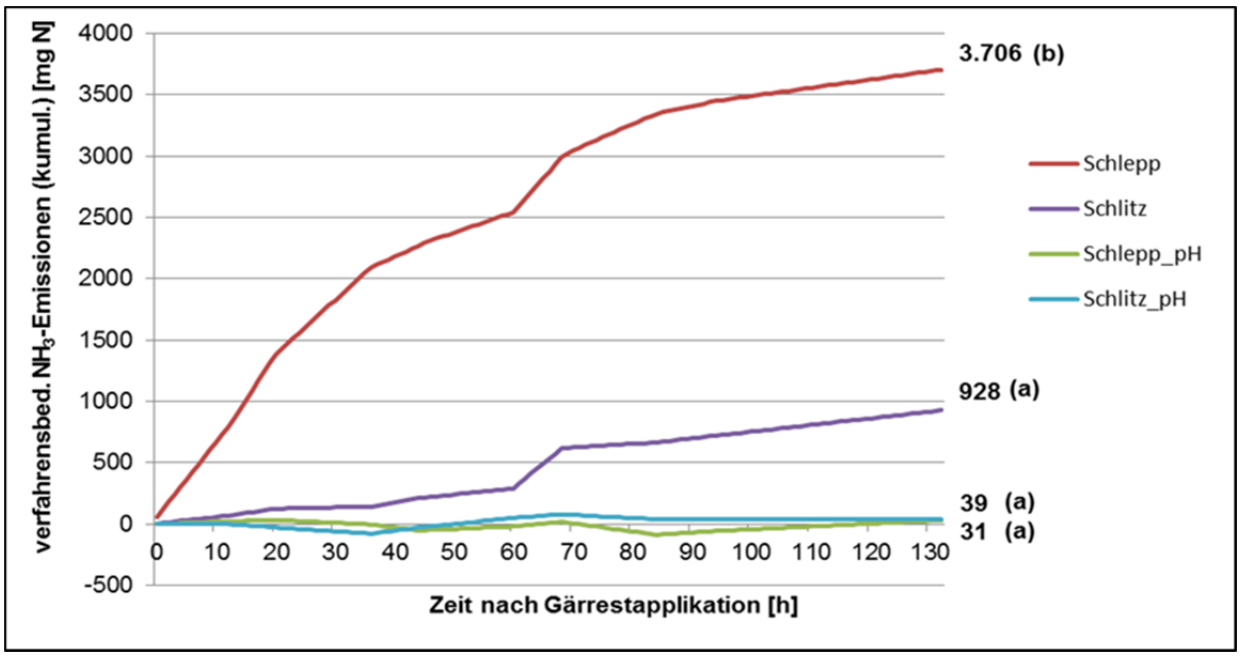
Der Einsatz von **Schlitztechnik** reduzierte die verfahrensbedingten Emissionen (NH_3-Verluste, die über den Wert der unbehandelten Kontrolle hinausgehen) um 75 %.

Durch **Ansäuerung** konnten die Emissionen unabhängig von der Ausbringtechnik sogar auf das Niveau der Kontrolle abgesenkt werden, d. h. verfahrensbedingte NH_3-Verluste wurden vollständig unterbunden (Abbildung 2).

Im Hinblick auf die Kornerträge gab es zwischen den verlustmindernden Verfahren keine statistisch gesicherten Unterschiede. Die Schleppschlauchvariante dagegen schnitt um 4,1 dt/ha signifikant schlechter ab (Abbildung 3).

Aufgrund technischer Schwierigkeiten wurde der pH-Wert der Gärreste im ersten Versuchsjahr auf Werte um 4,5 abgesenkt. Die ungünstigen Erträge dieser Varianten im Jahr 2012 sind vermutlich auf Pflanzenschäden durch Verätzungen, insbesondere bei der Schleppschlauchausbringung (große Kontaktoberfläche der Pflanze mit dem sauren Gärrest), zurückzuführen. Diese Ergebnisse wurden deshalb von der Bewertung ausgenommen.

Auch in Bezug auf den Rohproteingehalt ergab sich bei der mehrjährigen Auswertung ein Vorteil für das Verfahren der Ansäuerung. Hier wurden signifikant um 0,3 % höhere Werte als beim Schleppschlauchverfahren erzielt (Abbildung 3).



Werte bereinigt um Kontrolle

unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Abbildung 2: Verlustbedingte Ammoniakemissionen in Abhängigkeit von der Applikation (Gülzow, 2013 - 2014)

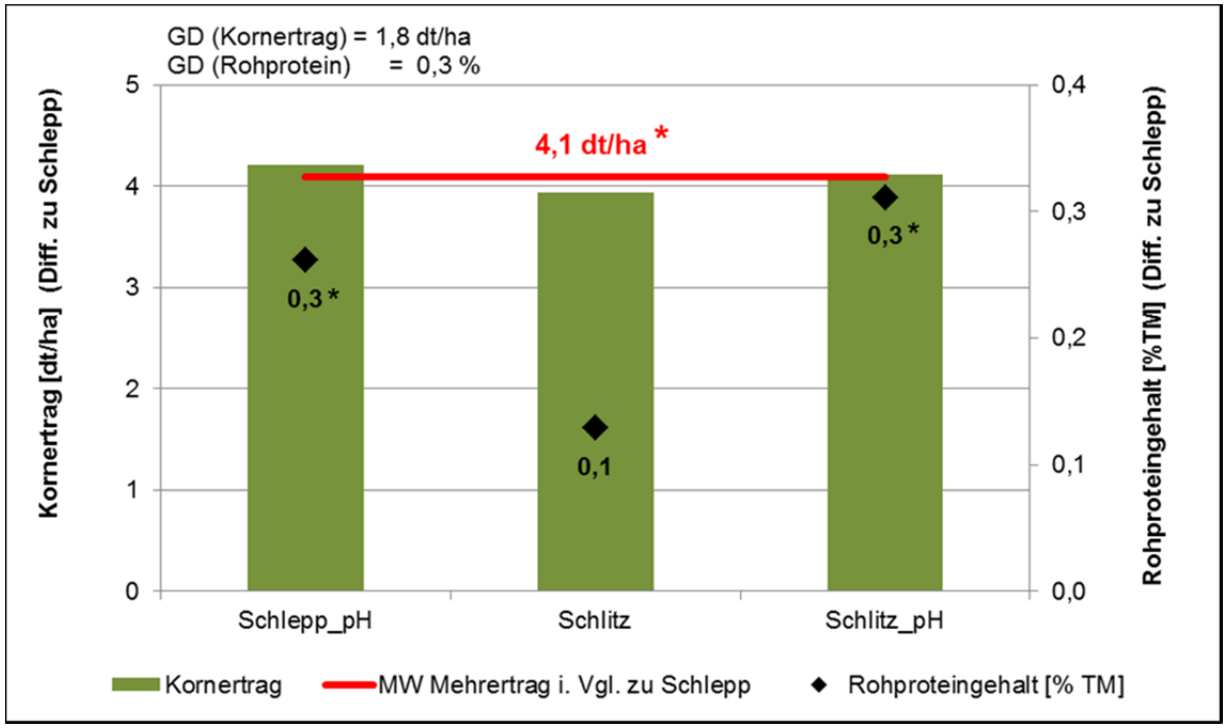


Abbildung 3: Einfluss des Gärrestapplikationsverfahrens auf den Kornertrag und Rohproteingehalt als Differenz der verlustmindernden Varianten zum Standardverfahren (Gülzow, 2012 - 2014)

Für eine ökonomische Bewertung der Ansäuerung müssen den N-Effizienzgewinnen die zusätzlichen Verfahrenskosten gegenübergestellt werden. Der Kalkulation wurde das Ansäuerungsverfahren SyreN der Firma BioCover aus Dänemark zugrunde gelegt. In diesem Verfahren wird die Schwefelsäure in einem Tank mitgeführt und während der Düngung mit den Gärresten/der Gülle vermischt. Für das Verfahren der Ansäuerung entstehen laut Herstellerangaben zusätzlich zur Gärrestausbringung Kosten in Höhe von 0,5 €/m³. Dazu ist die verwendete Schwefelsäure mit einem Preis von 0,33 €/l anzusetzen. Der Bedarf an Schwefelsäure liegt in

Abhängigkeit vom Ausgangs-pH-Wert des organischen Düngers und seiner Pufferwirkung zwischen 0,5 und 3 l/m³ Flüssigdünger.

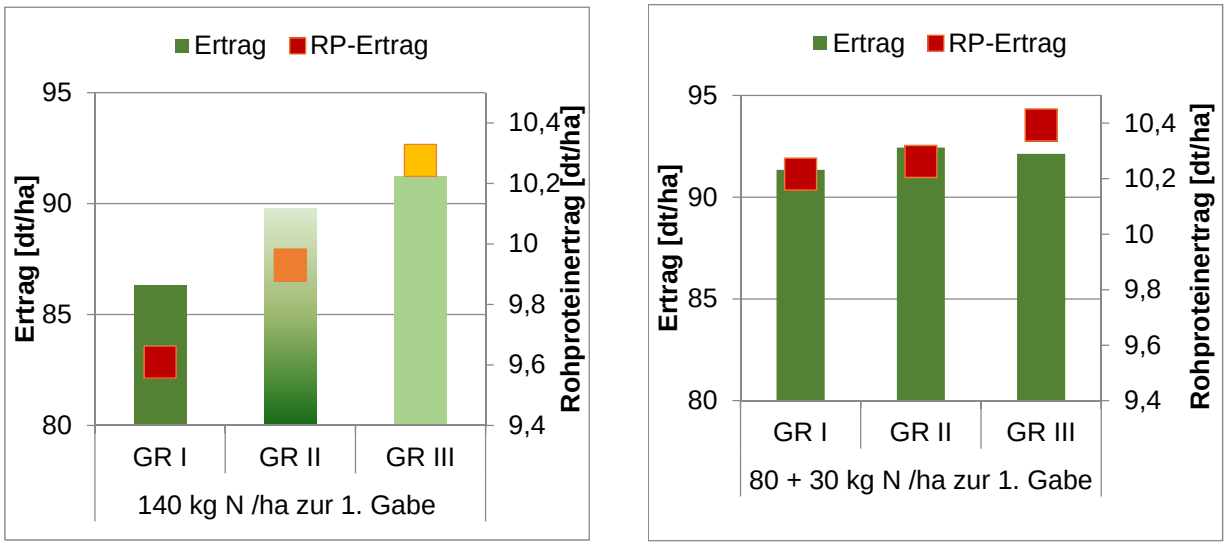
Die im Versuch ermittelte Steigerung des Rohproteinertrages von ca. 0,7 dt/ha entspricht einem um 20 % höheren MDÄ des Gärrestes bzw. einer Erhöhung der N-Effizienz der Gärrestdüngung um 12 kg/ha. Für die nachfolgende Kalkulation wird der Nährstoffwert dieser Stickstoffmenge angesetzt, da beim Verfahren der Ansäuerung die mineralische Ergänzungsdüngung entsprechend reduziert werden kann. Die eingesetzte Schwefelsäure enthält 0,58 kg S/l. Da dieser vollständig als leicht pflanzenverfügbares Sulfat vorliegt, kann zusätzlich der Nährstoffpreis für Schwefel als positiver Wert in die Berechnung eingehen.

Bei einer Kalkulation mit 0,65 €/ kg Stickstoff; 0,25 €/ kg Schwefel (abgeleitet von mittleren Preisen für HAST und SSA im August 2014); 30 m³ Ausbringungsmenge des Flüssigdüngers und einem mittleren Säureeinsatz von 2 l/m³ Gärrest stehen demnach Kosten von 35 €/ha einem Nährstoffwert von insgesamt 29 €/ha gegenüber. Zusammengerechnet liegen die Kosten für das Verfahren mit Ansäuerung um 6 €/ha über denen der reinen Schleppschlauchausbringung. Die Vorteile der verbesserten Umweltleistung (geringe Stickstoffemmissionen) sowie ein reduzierter N-Saldo für den Landwirtschaftsbetrieb müssen bei diesem Vergleich mitbetrachtet werden, lassen sich monetär jedoch nicht bewerten.

Gärrestarten

Der Ertrag und Rohproteinertrag des Weizens war in der Variante mit mineralischer Ergänzungsdüngung von 30 kg N/ha am höchsten, unterschied sich jedoch nicht zwischen den Gärrestarten. Einen Einfluss unterschiedlicher Substratzusammensetzungen der Gärreste auf den Ertrag und Rohproteinertrag konnte nur bei alleiniger Gärrestdüngung zur ersten Gabe nachgewiesen werden.

Ein hoher NH_4-N-Gehalt des Gärrestes wirkt sich positiv auf die Ertragsbildung aus. Der höchste NH_4-N-Anteil im Gärrest (GR III: 75 - 80 % N_t) führte auch zu signifikant höheren Weizenerträgen als bei einer Düngung mit GR I (geringster NH_4-N-Gehalt von 40 % N_t). Die Rohproteinerträge der Gärrestvarianten nahmen ebenfalls mit steigendem NH_4-N-Anteil der Gärreste zu.



140 kg N/ha aus Gärrest, 80 kg N/ha aus Gärrest + 30 kg N/ha aus mineralischem Dünger; unterschiedliche Farbtöne stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Abbildung 4: Einfluss unterschiedlicher Substratzusammensetzungen von Gärresten und unterschiedlicher Düngungsgaben zur 1. Gabe auf den Ertrag und den Rohproteinertrag in Winterweizen (Gülzow, 2011 - 2014)

Die Sortenwahl hatte keinen Einfluss auf die Düngewirkung der Gärreste.

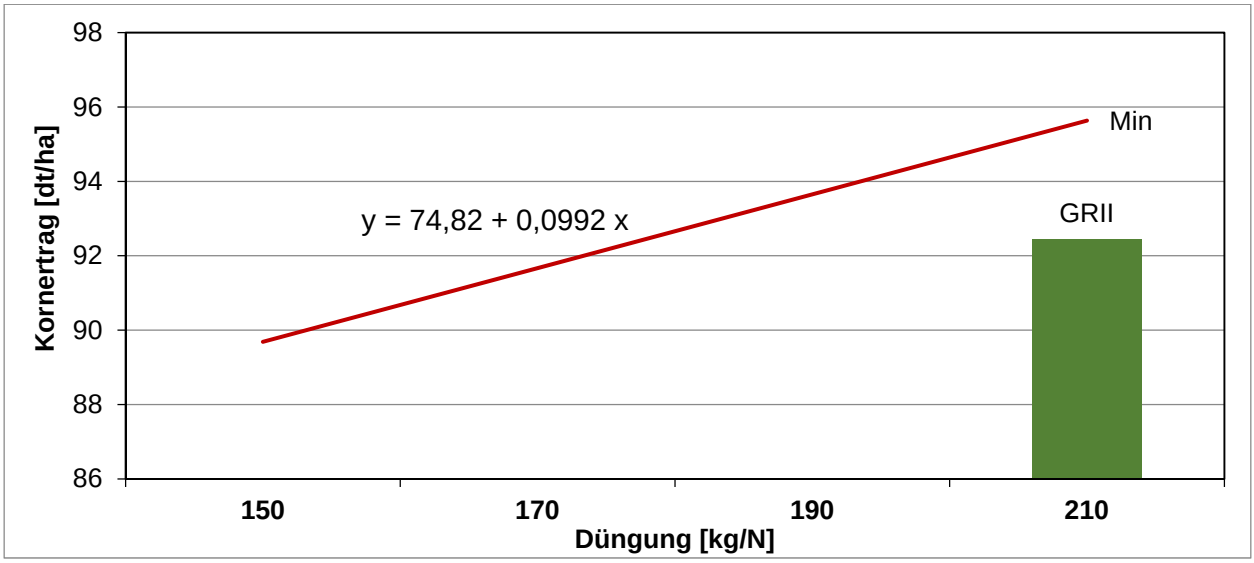
In der Folgefrucht (Winterweizen) konnten im Jahr nach der Anwendung keine Unterschiede im Kornertrag und damit keine Stickstoffnachlieferung aus der vorjährigen Gärrestgabe festgestellt werden.

Mineraldüngeräquivalent

Das Mineraldüngeäquivalent (MDÄ) gibt an, welcher Anteil des in organischen Düngern enthaltenen Stickstoffs eine dem Mineraldünger vergleichbare Ertragswirkung hat. Das hier berechnete MDÄ gilt nur für diesen Standort und für die eingesetzten Gärreste, jedoch können aus den Ergebnissen Rückschlüsse für ähnliche Standortbedingungen und vergleichbare Gärreste abgeleitet werden.

In der Novellierung der Düngeverordnung werden erstmalig auch Werte für Gärrest zur Anrechnung auf den Düngedarf vorgeschrieben, danach sollen im Jahr der Ausbringung 50 % des im Gärrest enthaltenen Stickstoffs berücksichtigt werden und 95 % für die Nährstoffbilanz.

In Gülzow konnte über alle drei Gärreste ein MDÄ von 54 % errechnet werden, wobei der GR II mit knapp 60 % das höchste MDÄ aufwies. Hierbei wurde die Düngevariante mit 80 kg N/ha aus Gärrest + 30 kg N/ha aus mineralischem Dünger zur ersten Gabe betrachtet. Somit werden die Richtwerte der Düngeverordnung erfüllt.



Ausbringung der Gärreste zur ersten Gabe mit mineralischer Zusatzdüngung

Abbildung 5: MDÄ-Berechnung auf Grundlage eines Vergleiches mit ausschließlich mineralischer Düngung (Gülzow, 2011 - 2013)

Trotz des großen zeitlichen Abstands zwischen Gärrestapplikationstermin und Kornfüllungsphase des Weizens konnte in einzelnen Gärresten ein positiver Einfluss der Gärrestgabe auf den Rohproteingehalt festgestellt werden. So zeigen die Rohproteinerträge der Gärrestvarianten GR I und III im Vergleich zur mineralischen Steigerung eine bessere Verwertung des Stickstoffes im Gärrest (ca.14 % in Relation).

Da der Rohproteingehalt beim Weizen ein Qualitätsmerkmal ist und in der Praxis durch gezielte Mineraldüngergaben gefördert wird, sollte der Einfluss des im Gärrest enthaltenen Stickstoffs auf diesen Parameter auch in die Beurteilung der Stickstoffdüngewirkung einbezogen werden. Bisherige Angaben zum MDÄ bezogen sich i. d. R. nur auf die Ertrags-, nicht auf die Qualitätswirkung organischer Dünger.

Fazit

Im Vergleich der GR-Applikationsverfahren können die NH_3-Emissionen bei der Ausbringung insbesondere durch Ansäuerung wirkungsvoll reduziert werden. Im Hinblick auf Ertrag sind die geprüften verlustmindernden Verfahren Ansäuern und Einschlitzen gleichwertig. Jedoch schneiden die Verfahren mit angesäuertem Gärrest im Hinblick auf Qualität und damit auch der

N-Effizienz besser ab. Damit dürfte die Kombination von Schleppschlauchtechnik und Ansäuerungsverfahren hinsichtlich der Praxistauglichkeit eindeutig im Vorteil liegen – Schleppschlauchtechnik ist größtenteils vorhanden und kann in größeren Arbeitsbreiten eingesetzt werden als Schlitzgeräte. Für den Säurezusatz werden bereits praxistaugliche Lösungen angeboten (z. B. SyreN, Infarm). Durch die Verwendung von preisgünstiger Schwefelsäure kann gleichzeitig die Schwefelversorgung abgesichert und somit Mineraldüngerkosten eingespart werden.

Eine Ansäuerung auf pH 6 ist zielführend und sollte im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und mögliche Ätzschäden insbesondere bei Ausbringung mit Schleppschläuchen nicht wesentlich unterschritten werden.

Unterschiedliche Substratzusammensetzungen der Gärreste hatten nur bei einer ersten Düngegabe mit ausschließlich Gärresten einen Einfluss auf Ertrag und Rohproteingehalt des Weizens.

Bei einer Gärrestdüngung von 80 kg N/ha mit zusätzlicher mineralischer Düngung von 30 kg N/ha war der Ertrag höher als bei alleiniger Gärrestdüngung und ohne Unterschiede zwischen den Gärrestarten. Somit ist eine Ergänzung mit mineralischem Dünger zu empfehlen, um Unterschiede in den Gärresten abzufangen und den Weizenertrag zu verbessern.

Nach der Berechnung des MDÄ für Gülzow kann man ableiten, dass ähnliche Standorte die Vorgaben der neuen Düngeverordnung erfüllen. Unter ähnlichen Standortbedingungen, wie sie in Gülzow vorliegen, ist eine Anrechnung der über Gärreste ausgebrachten Stickstoffgesamtmenge bei der Düngung von Winterweizen zu Vegetationsbeginn von ca. 53 % im Jahr der Düngung realistisch.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass die Gärrestausbringung in den bisherigen Versuchen nur in einem Jahr erfolgte. Eine Stickstoffnachlieferung aus dem organischen Material des Gärrestes konnte im Folgejahr nicht nachgewiesen werden. Es ist jedoch bekannt, dass organische Dünger bei langjähriger Anwendung über den Humusaufbau zu beträchtlicher Stickstoffnachlieferung aus dem Boden beitragen können. Vor diesem Hintergrund kann erwartet werden, dass bei mehrjähriger Anwendung ein langfristig wirkendes MDÄ höher ausfallen würde als das in den vorliegenden Versuchen ermittelte einjährige MDÄ.

Weiterführende Informationen

http://infarm.dk/

http://www.biocover.dk/

Depotablage von Gärresten im Mais

Carolina Wegner, Liane Kureck, Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Abstract: The aim of this research was an effective use of N in biogas digestate in maize. Therefore, depot fertilization as new application method was compared to broadcasting as standard application technique. In order to quantify the N fertilization effect of the digestate, treatments included different mineral N fertilizer levels.

Zusammenfassung

Die hohen Maiskonzentrationen in manchen Fruchtfolgen sowie der große Anfall von Gärresten aus Biogasanlagen erfordern einen effizienten Düngeeinsatz des Gärrestes im Mais. Ziel der Untersuchungen sind die Reduktion der gasförmigen Verluste bei der Gärrestausbringung, die Schaffung eines für die Pflanze leicht erreichbaren Nährstoffdepots und eine bessere Ausnutzung der Bodenfeuchte. Der Depotvariante wird die konventionelle Breitverteilung mit Schleppschläuchen und anschließender Einarbeitung des Gärrestes als Standardverfahren gegenübergestellt. Zur Einordnung der N-Wirkung des Gärrestes gegenüber der Mineraldüngung wurden zusätzlich verschiedene, ausschließlich mineralisch gedüngte Varianten angelegt.

Bei einem Abstand des Gärrestdepots von 6 - 10 cm unter dem Korn war die Wirkung auf die Jugendentwicklung des Maises vergleichbar mit einer Breitverteilung und zusätzlicher mineralischen Unterfußdüngung. Im Ertrag war die Depot-Variante, unabhängig der mineralischen Unterfußdüngung, signifikant höher als die Breitverteilung.

Sachstand

Mais ist derzeit das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Kosubstrat in Biogasanlagen. Hohe Biomasseerträge, technologisch durchgängig etablierte Anbau-, Ernte- und Konservierungsverfahren, sehr gutes Gasbildungsverhalten und nicht zuletzt seine ökonomische Vorzüglichkeit prädestinieren diese Fruchtart. Hohe Maiskonzentrationen in der Fruchtfolge ziehen aber auch ackerbauliche und phytosanitäre Probleme nach sich.

Zudem fallen bei der Biogaserzeugung große Mengen an Gärrückständen an, die bei unsachgemäßem Einsatz zu erheblichen Nährstoffeinträgen in Gewässer führen können. Vor allem dem Mais werden aufgrund überhöhter bzw. zu gering angerechneter Nährstoffapplikation aus organischer Düngung deutliche Stickstoffüberhänge angelastet.

Ziele des Verfahrens sind u. a. die Reduktion der gasförmigen Verluste bei der Gärrestausbringung, die Schaffung eines für die Pflanzen leicht erreichbaren Nährstoffdepots und eine bessere Ausnutzung der Bodenfeuchte.

Untersucht wird, inwiefern sich diese Bedingungen positiv auf die Nährstoffverfügbarkeit und damit auf Ertrag, Qualität und N-Bilanz auswirken. Weitere Fragestellungen betreffen die N-Düngewirkung von Gärresten mit differenziertem NH_4-Gehalt und die Wirkung eines Gärrestdepots im Hinblick auf die Jugendentwicklung des Maises.

Methode

Versuche zu diesem Themenbereich wurden in Gülzow, Cramonshagen und Petersdorf in einer Parzellenanlage (1,5 × 9 m) mit vier Wiederholungen randomisiert angelegt. Beim angewandten Depotverfahren der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei wird der Gärrest mit einem „Güllegrubber“ bandförmig auf den Reihenabstand des Maises (75 cm) in den bereits bearbeiteten Boden abgelegt. Die Einzelkornsaat des Maises erfolgt dann direkt über dem „Gärrestband“.

Der Depotvariante wird die konventionelle Breitverteilung mit Schleppschläuchen und anschließender Einarbeitung der Gärreste als Standardverfahren gegenübergestellt.

Zur Einordnung der Stickstoffwirkung des Gärrestes gegenüber der Mineraldüngung wurden zusätzlich verschiedene ausschließlich mineralisch gedüngte Varianten angelegt. Darüber hinaus wird die mineralische Unterfußdüngung variiert, um die Wirkung des Gärrestdepots im Hinblick auf die Jugendentwicklung zu beurteilen.

Von 2011 bis 2013 wurde am Standort Gülzow die Wirkung unterschiedlicher Gärreste mit einer Unterfußapplikation auf die Nährstoffverfügbarkeit und -effizienz sowie die Jugendentwicklung von Silomais untersucht. Die drei Gärreste unterschieden sich durch ihre Substratzusammensetzung und somit auch durch ihre NH_4-N-Gehalte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verwendete Gärreste mit ihren unterschiedlichen NH_4-N-Gehalten (Laborwerte) und Substratzusammensetzungen

Gärrestarten	NH_4-N [% Nt]	Substrat Biogasanlage
GR I	40	NawaRo
GR II	60	Rindergülle + NawaRo
GR III	75-80	Schweinegülle + NawaRo

Um die Wirkung des Stickstoffs aus dem Gärrest bewerten zu können, wurde ein MDÄ errechnet:

$$Y = MINDüngung * 100/GRDüngung$$

Y: MDÄ
MINDüngung: Düngermenge, mit der bei ausschließlich mineralischer N-Düngung, der gleiche TM-Ertrag wie in zu der berechnenden GR-Variante erreicht wird (in kg N/ha)
GRDüngung: gesamte Menge des mit Gärresten zugeführten Stickstoffs (in kg N/ha)

Da die Ergebnisse bis 2013 zeigten, dass die Ablagetiefe des Gärrestbandes beim Depotverfahren eine sehr hohe Bedeutung für alle wichtigen Ertrags- und Qualitätsparameter hat, werden seit 2014 unterschiedliche Depottiefen getestet.

Um auch die langfristigere Wirkung des Gärrestes mit zu erfassen, wurde bei den Versuchen in Gülzow zusätzlich ein Nachfruchtjahr untersucht. Die Prüfung erfolgte mit der Kultur Sommergerste auf einem insgesamt niedrigen Düngungsniveau.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse aus den Versuchsjahren 2012 (Standort Gülzow) und 2013 (Standort Petersdorf) wurden aufgrund einer witterungsbedingt sehr hohen Streuung bzw. krankheitsbedingter Pflanzenausfälle von der Betrachtung ausgeschlossen.

Jugendentwicklung

Mit Ausnahme des Versuchsjahres 2013 am Standort Cramonshagen wirkte sich der Verzicht auf die mineralische Unterfußdüngung in allen Versuchsjahren negativ auf die Entwicklung des Maises im 6-8-Blattstadium aus. Der Einfluss des Gärrestdepots auf die Jugendentwicklung hängt, wie bei der mineralischen Unterfußdüngung auch, entscheidend von der Ablagetiefe ab. Bei einem Abstand von 6 - 10 cm unter dem Korn war die Wirkung auf die Jugendentwicklung des Maises vergleichbar mit einer mineralischen Unterfußdüngung (Abbildung 1).

Jedoch lässt sich die optimale Ablagetiefe selbst mit Versuchstechnik nicht immer durchgängig einhalten. Die Wirkung des Gärrestdepots kann an diesen Stellen eingeschränkt sein.

Bei der Ablagetiefe muss beachtet werden, dass die Injektionstiefe nicht der Depotoberkante entspricht, da sich der Gärrest bei der Ausbringung im Boden auch nach oben hin ausbreitet. Eine Kontrolle der Lage des Gülledepots ist deshalb anzuraten.

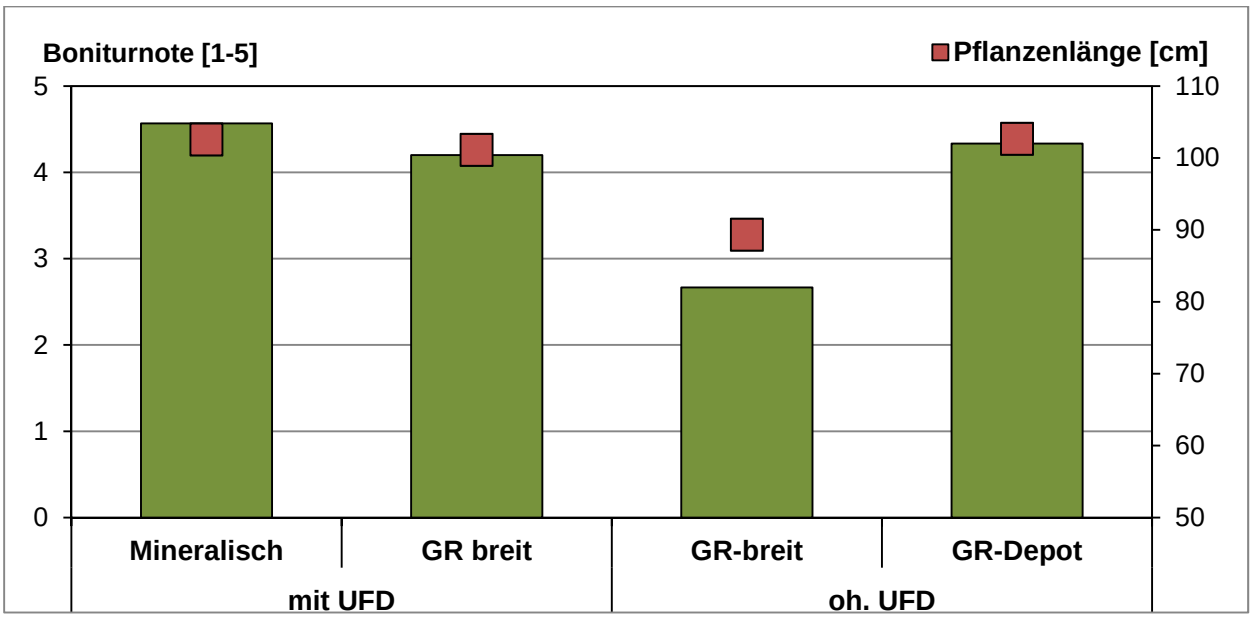


Abbildung 1: Beispiel für die Pflanzenentwicklung im 8-Blattstadium (Optische Bonitur bzw. Pflanzenlänge) in Abhängigkeit vom Düngeverfahren, GR_II (60 % NH_4-N), Gülzow 2013

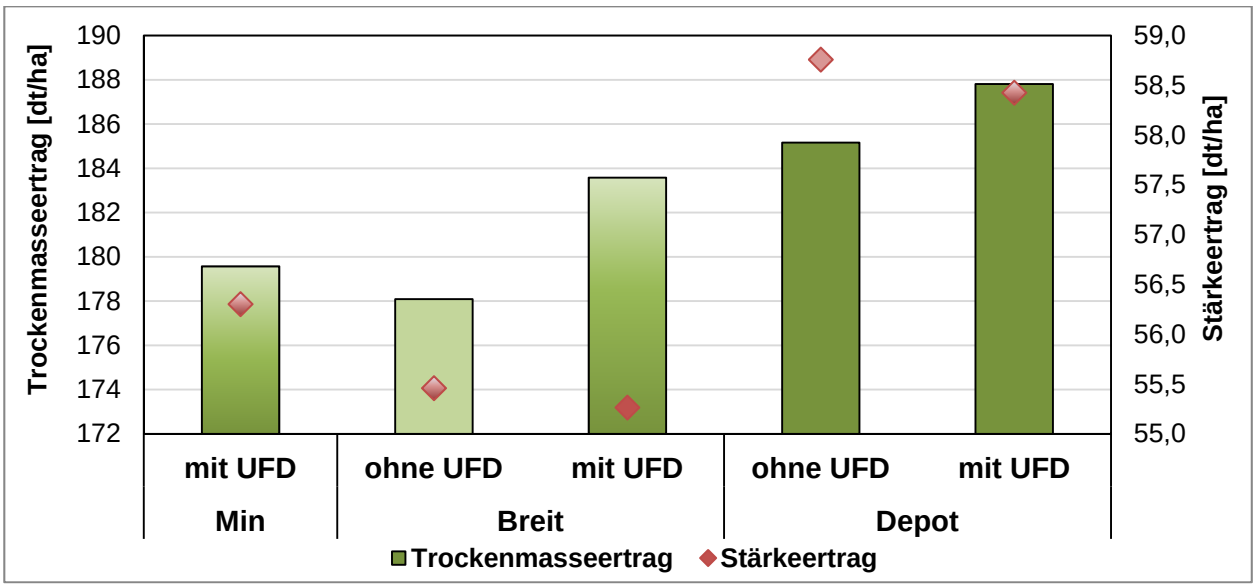
An während der Vegetationszeit freigelegten Wurzeln konnten typische, dichte Wurzelgeflechte im Depotbereich beobachtet werden (Abbildung 2), die durch die höhere Nährstoffkonzentration im Depot entstehen.



Abbildung 2: Durchwurzelung des Gärrestdepots durch die Maiswurzeln

Ausbringungsverfahren

Der Mais wies bei Depotdüngung die höchsten Trockenmasse- (TM) und Stärkeerträge auf. Die Ertragsverbesserung durch eine mineralische Unterfußdüngung zeigen sowohl die Breit- als auch die Depotvariante, jedoch wird der Unterschied besonders in der Breitverteilung sichtbar. Signifikant unterscheiden sich die Depotvarianten nur mit der Breitverteilung ohne mineralische Unterfußdüngung (Abbildung 3). Eine breite Gärrestausbringung mit mineralischer Unterfuß-düngung unterscheidet sich somit nicht von einer Depotdüngung. Auf den Stärkeertrag hatte die mineralische Unterfußdüngung einen negativen Einfluss, was mit dem Verdünnungseffekt durch einen höheren TM-Ertrag zu erklären ist.



unterschiedliche Farbtöne stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Abbildung 3: Trockenmasse- und Stärkeertrag von Silomais in Abhängigkeit der Düngergabe (Gülzow, Cramonshagen, Petersdorf; 2011 - 2014)

Ein Einfluss der verschiedenen Düngungsverfahren im Mais auf die Nachfrucht Sommergerste konnte nicht festgestellt werden.

Das Breitverteilungsverfahren zeigt eine positive Stickstoffbilanz im Vergleich zur mineralischen Düngung, unabhängig der mineralischen Unterfußdüngung. Wohingegen die Depotvarianten einen negativen Stickstoffsaldo in Relation zur mineralischen Düngung aufweisen. Dies ist auf die schlechtere NH_4-Ausnutzung des Verfahrens der Breitverteilung und der daraus folgenden geringeren Erträge zurückzuführen. Die Depotvarianten haben den Vorteil den Gärrest direkt in den Boden einzubringen und so NH_4-Verluste während der Ausbringung zu verringern und der Pflanze besser zugänglich zu machen (Abbildung 4).

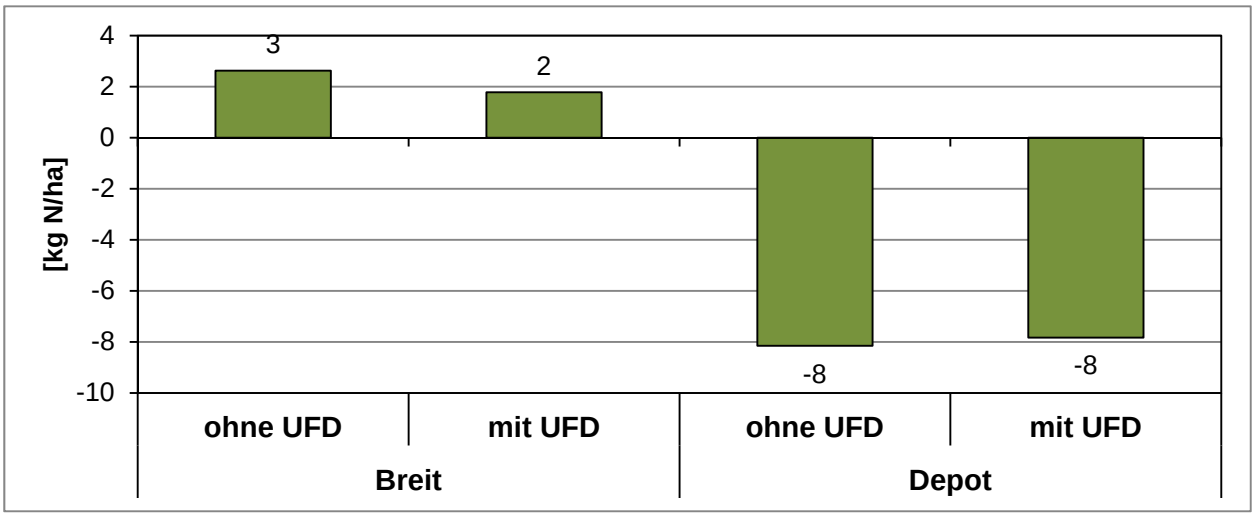


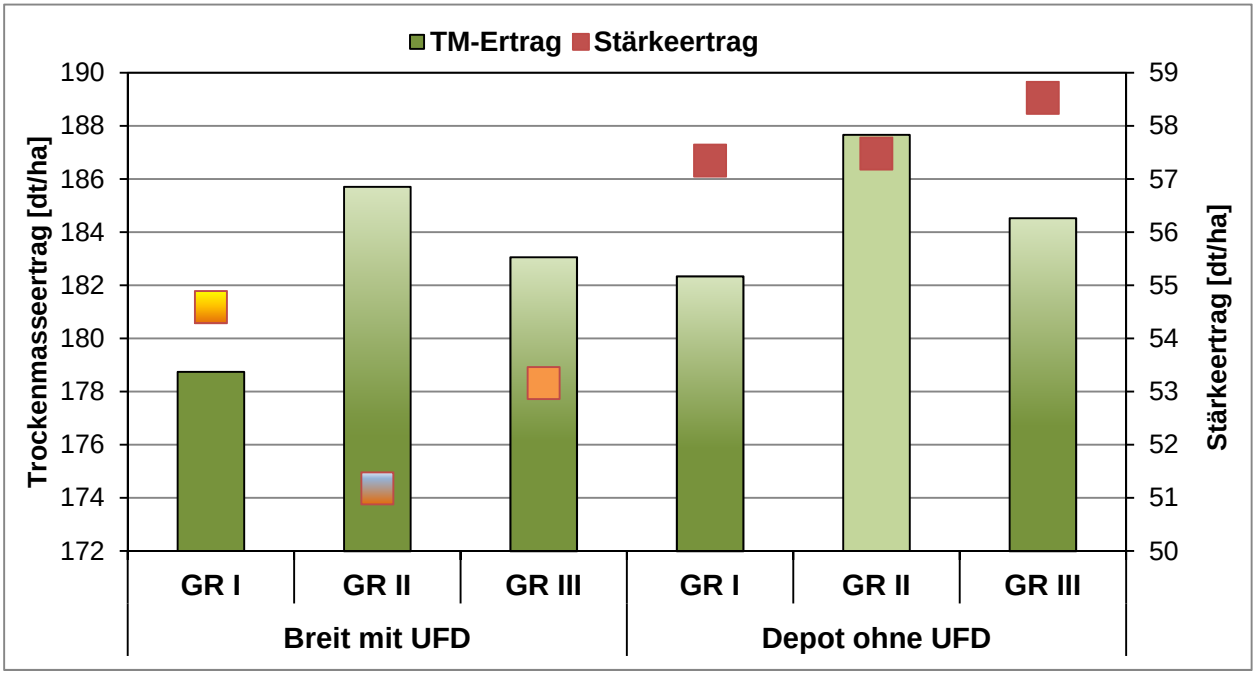
Abbildung 4: Stickstoffsaldo der Gärrestdüngevarianten in Relation zur mineralischen Düngung

Gärrestarten

Von 2011 - 2013 wurden unterschiedliche Gärrestarten hinsichtlich ihrer Düngewirkung untersucht.

Der TM-Ertrag der Variante GR I breit mit mineralischer Unterfußdüngung war signifikant geringer als die Variante GR II, wenn der Gärrest als Depot abgelegt wurde. Tendenziell zeigten die

als Depot ausgebrachten Gärreste höhere TM-Ertragswirkung als die der breitverteilten Gärreste. Der mit dem GR II geprüfte Mais zeigte die höchsten TM-Erträge unabhängig der Ausbringungsweise (Abbildung 5).



unterschiedliche Farbtöne stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Abbildung 5: Trockenmasse- und Stärkeertrag in Abhängigkeit von unterschiedlichen Gärrest- und Ausbringungsvarianten (Gülzow, 2011 - 2013)

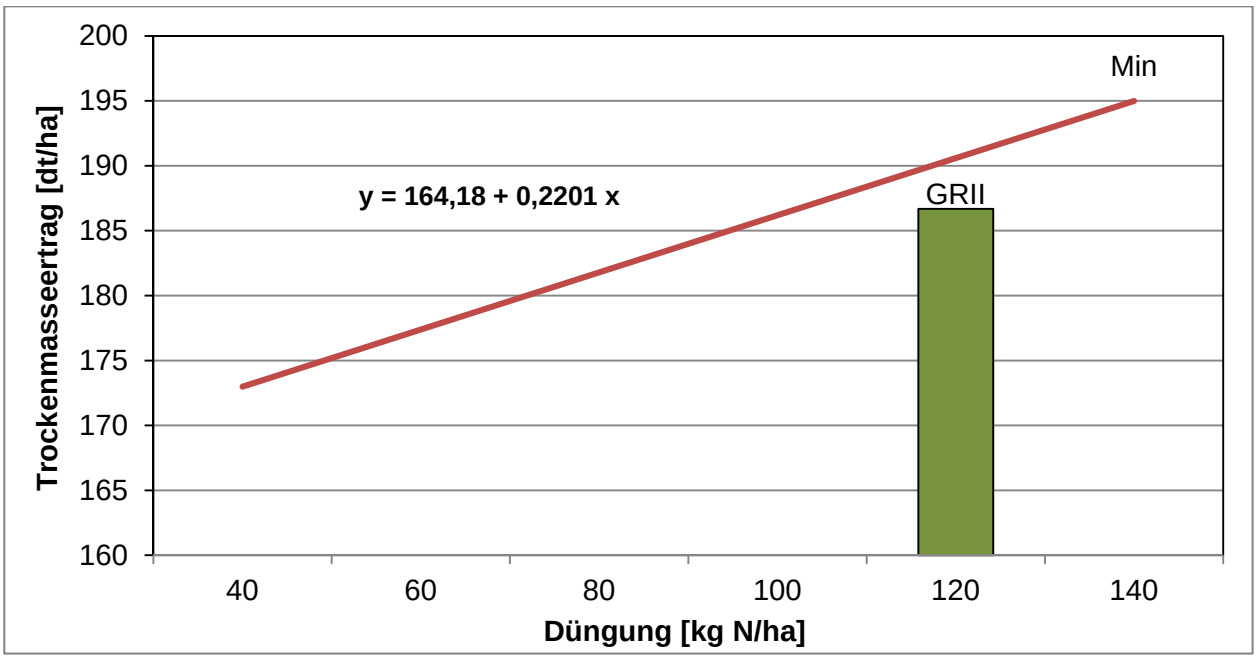
Es wurden signifikant höhere Stärkeerträge durch die Ausbringung des Gärrestes als Depot erreicht.

Mineraldüngeräquivalent

Das Mineraldüngeäquivalent (MDÄ) gibt an, welcher Anteil des in organischen Düngern enthaltenen Stickstoffs eine dem Mineraldünger vergleichbare Ertragswirkung hat. Zur Berechnung ist eine Produktionsfunktion auf Basis gestaffelter N-Mineraldüngergaben notwendig. Eine solche Stickstoffsteigerung in der Versuchsanlage war in Gülzow enthalten. Deswegen gelten die ermittelten MDÄ für diesen Standort und für die eingesetzten Gärreste, jedoch können aus den Ergebnissen Rückschlüsse für ähnliche Standortbedingungen und vergleichbare Gärreste abgeleitet werden.

In der Novellierung der Düngeverordnung werden erstmalig auch Werte für Gärreste zur Anrechnung auf den Düngedarf vorgeschrieben. Danach sollen im Jahr der Ausbringung 50 % des im Gärrest enthaltenen Stickstoffs berücksichtigt werden, zusätzlich 10 % des im Vorjahr ausgebrachten Stickstoffs aus organischer Düngung.

In Gülzow wurde für eine Düngung mit einem Gärrest aus Rindergülle und Nachwachsenden Rohstoffen (GRII) ein MDÄ von 85 % erreicht (Abbildung 6). Dies ist nach den 50 % der Düngeverordnung ein positives Niveau. Durch die Ausbringung des Gärrestes mit Schleppschläuchen und zusätzlicher mineralischer Unterfußdüngung wurde ein etwas schlechterer Wert erreicht (ca. 5 Prozentpunkte).



Ausbringung der Gärreste als Depot ohne mineralische Unterfußdüngung

Abbildung 6: MDÄ-Berechnung auf Grundlage eines Vergleiches mit ausschliesslich mineralischer Düngung, (Gülzow, 2011 - 2013)

Bei Verwendung unterschiedlicher Gärreste veränderte sich auch das MDÄ: So hatte die mit GRI gedüngte Variante ein MDÄ von 62 % und die mit GR III gedüngte Variante ein MDÄ von 74 %. Der vermutete Zusammenhang zwischen dem NH_4-Gehalt und dem MDÄ wurde damit nicht bestätigt.

Fazit

Aus den dargestellten Ergebnissen ist festzuhalten, dass bei einem optimalen Abstand zwischen Korn und Depotoberkante (6 - 10 cm) der Gärrest mit mineralischer Unterfußdüngung gegenüber ohne mineralischer Unterfußdüngung eine vergleichbare Wirkung auf Jugendentwicklung und TM-Ertrag des Maises erreicht. In diesem Falle kann die mineralische Unterfußdüngung reduziert, evtl. sogar vollständig weggelassen werden. Zu Bedenken ist dabei, dass aufgrund des absätzigen Verfahrens (Gärrestausbringung und Maisaussaat in getrennten Arbeitsgängen) das flächendeckend gleichmäßige Einhalten eines optimalen Korn-Depot-Abstands unter wechselnden Bodenbedingungen eine Herausforderung darstellt.

Bei tiefer Injektion der Gärrestbänder (10 - 15 cm unter Maiskorn) kann auf die mineralische Unterfußdüngung nicht verzichtet werden. Da viele Ackerbauflächen in MV eher negative P-Salden aufweisen, wird ein Verzicht auf die mineralische NP-Unterfußdüngung im Mais u.U. nicht angestrebt. Dennoch können in diesem Fall (tiefe) Gärrestdepots in Kombination mit einer mineralischen Unterfußdüngung nach bisherigen Erkenntnissen zur Verbesserung der Ertragswirkung der Gärreste und einer stärkereichen Silage beitragen.

Im direkten Vergleich mit dem Standardverfahren (Breitverteilung mit mineralischen Unterfußdüngung) sind durch eine Gärrestdepotablage Vorteile in Bezug auf TM-Ertrag, Stärkeertrag und Stickstoffsaldo nachweisbar. Besonders der Stärkeertrag kann durch Depotdüngung gesteigert werden, auch im Vergleich zur mineralischen Düngung. In diesem Zusammenhang kann eine verbesserte Nährstoffverfügbarkeit aus dem Depot in Verbindung mit einer intensiven Durchwurzelung im Depotbereich vermutet werden.

Unter ähnlichen Standortbedingungen, wie sie in Gülzow vorliegen, ist eine Anrechnung der über Gärreste ausgebrachten Stickstoffgesamtmenge bei der Düngung von Silomais von ca. 70 % im Jahr der Düngung realistisch.

Stickstoffkonservierung durch Zwischenfrüchte über Winter in Abhängigkeit von der Pflanzenart und dem Aussaattermin

Constanze Ramp, Dr. Ines Bull, Carolina Wegner, Liane Kureck

Abstract: Catch crops can considerably decrease the N leaching potential during the percolation period and prevent soil erosion. A very early sowing date and the choice of a suitable crop type are important requirements.

Zusammenfassung

Der Anbau von Zwischenfrüchten über Winter kann in hohem Maße zur Senkung des Auswaschungsrisikos in der Anbauzeit beitragen. Durch die N-Aufnahme wird die Höhe des potentiell auswaschungsgefährdeten Stickstoffs gesenkt und der Stickstoff in den Pflanzen konserviert. Wichtige Voraussetzungen zur Erfüllung dieser und anderer Funktionen (Erosionsschutz etc.) der Zwischenfrüchte sind ein möglichst früher Saattermin und die Wahl einer geeigneten Fruchtart bzw. Artenmischung, die in die Fruchtfolge und die betriebliche Anbaustrategie passt.

Einleitung

Besonders im intensiven Pflanzenbau bleibt eine ausreichende Versorgung mit Grundnährstoffen und Stickstoff die Basis für sichere Erträge mit hoher Qualität und damit auch Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit der Produktion. Hohe Nährstoffüberhänge nach der Ernte können mit dem Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten aufgefangen und für die nächste Vegetationsperiode konserviert werden.

Gerade die Wirkung ganz unterschiedlicher Fruchtarten oder Gemenge auf die Nährstoffaufnahme im Herbst, die Zusammenhänge zwischen Bestandsetablierung, die Biomasseentwicklung, die Nährstoffaufnahme und die Mineralisierung der in dieser Biomasse gebundenen Nährstoffe für eine Folgefrucht sind aber nicht ausreichend bekannt.

Zwischenfrüchte, die den Boden im Herbst und Winter bedecken sollen, werden üblicherweise nach der Getreideernte ausgesät. In Mecklenburg-Vorpommern liegt dieser Aussaattermin daher Mitte August. Arbeitsorganisatorische und witterungsbedingte Gründe können jedoch spätere Termine bewirken.

Ziel der Untersuchungen sind die Prüfung von Eignung und Anbautechnik verschiedener Fruchtarten als Winterbegrünung und für Mulchsaatverfahren unter den differenzierten Standort- und Klimabedingungen in Mecklenburg-Vorpommern, die Quantifizierung der Stickstoffaufnahme von Winterzwischenfrüchten und der Einfluss der Stickstofffreisetzung auf die Folgekultur.

Methode

In einem Parzellenversuch wurde die Bestandsentwicklung zweier spätsaatverträglicher Pflanzenarten zu verschiedenen Saatterminen verglichen. Für den frühen Aussaatzeitpunkt Mitte August sind verschiedene Pflanzenarten und -gemenge geeignet. Dem Vergleich von Biomasseentwicklung und Einfluss der unterschiedlichen Arten auf die Nährstoffauswaschung und den Erosionsschutz dient ein integrierter Parzellenversuch. Verglichen werden abfrierende Zwischenfrüchte mit winterharten Arten, verschiedene Gemenge und Mischungen mit und ohne Leguminosen. Es wurden Messungen zum N-Aufnahmevermögen der Kultur sowie zum verlagerungsgefährdeten Stickstoff (N_{min}) auf bewachsenen und unbewachsenen Flächen durchgeführt. Die Messungen an Pflanzen beschränkten sich aus Gründen der Durchführbarkeit auf die oberirdischen Pflanzenteile. Zur Beobachtung von Effekten auf die Folgefrucht wurde Silomais im Mulchsaatverfahren angebaut. Die entsprechende Bonitur erfolgte im Jugendstadium der Maispflanzen, da anzunehmen ist, dass eventuell durch eine vorhergehende Zwischenfrucht verursachte Effekte zu diesem Zeitpunkt am stärksten ausgeprägt sind.

Ergebnisse

Eine wichtige Voraussetzung für ein ausreichendes Wachstum ist ein möglichst früher Saattermin. Selbst spätsaatverträgliche Arten wie Gelbsenf und Winterroggen entwickelten im Versuchszeitraum nur nach Aussaaten bis maximal Mitte September genügend Biomasse für die Nährstoffspeicherung und den Erosionsschutz. Auch unter den für Zwischenfrüchte idealen Witterungsbedingungen im Herbst 2011 (hohe Bodenfeuchte und überdurchschnittlich hohe Tagestemperaturen) blieb die Bestandsentwicklung bei späteren Aussaatterminen unzureichend. In Jahren mit eher ungünstiger Witterung muss mit insgesamt geringeren Wachstumsraten und Effekten kalkuliert werden, wie im Jahr 2010 zu beobachten war.

Von abfrierenden Pflanzen sind bei verspäteten Aussaaten nach Mitte September keine positiven Effekte zu erwarten. Winterharte Arten wie Winterroggen, aber auch Triticale und unter Umständen Weidelgräser können bei milder Witterung spätestens im Frühjahr Nährstoffe aufnehmen und zum Bodenschutz beitragen. Diese Vorteile kommen jedoch nur für das folgende Frühjahr zum Tragen. Für die Zeit der Vegetationspause/über Winter können mit keiner der spätausgesäten Arten relevante Schutzziele erreicht werden (Abbildung 1, Tabelle 1, Tabelle 2).

Für alle Arten mit bekanntermaßen langsamer Jugendentwicklung oder höherer Temperaturbedürftigkeit wie Grob- und Feinleguminosen, Phacelia, Buchweizen oder Hafer sind für eine optimale Bestandesentwicklung möglichst frühe Aussaattermine bis Ende August anzustreben.

Die anzubauende Fruchtart sollte daher je nach realisierbarem Aussaattermin ausgewählt werden.

Tabelle 1: N-Aufnahme [kg N/ha] im Spross von Winterroggen zu Vegetationsende nach verschiedenen Aussaatterminen (Versuchsergebnisse Gülzow)

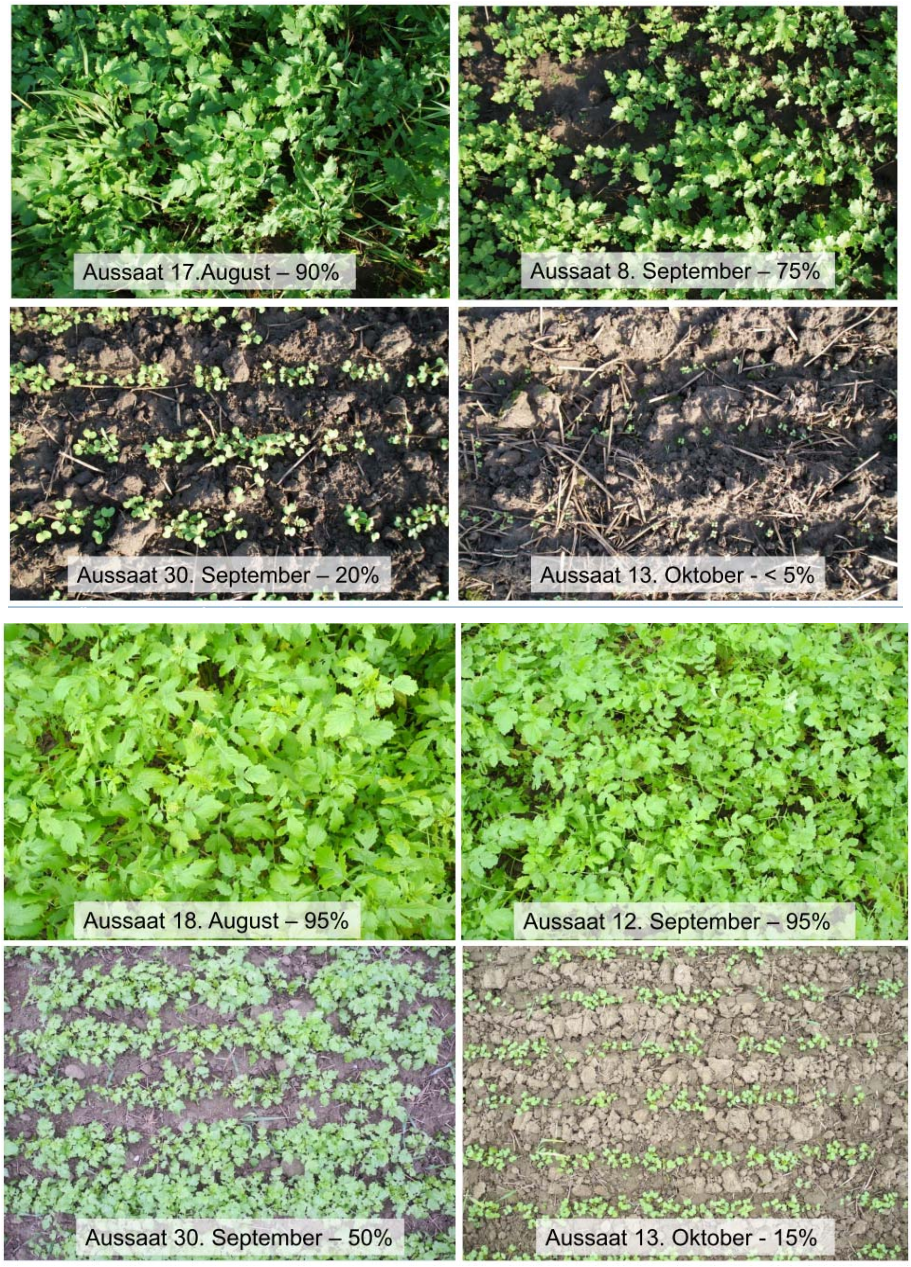
Aussaat	Mitte Aug.	Mitte Sept.	Ende Sept.	Mitte Okt.
2010	41	nicht messbar	nicht messbar	nicht messbar
2011	34	17	8	nicht messbar
2012	27	33	3	nicht messbar

unzureichende Ergebnisse sind rot markiert

Tabelle 2: N-Aufnahme [kg N/ha] im Spross von Senf zu Vegetationsende nach verschiedenen Aussaatterminen (Versuchsergebnisse Gülzow)

Aussaat	Mitte Aug.	Mitte Sept.	Ende Sept.	Mitte Okt.
2010	54	nicht messbar	nicht messbar	nicht messbar
2011	49	38	18	nicht messbar
2012	56	48	3	nicht messbar

unzureichende Ergebnisse sind rot markiert



(2010: oben; 2011: unten)

Abbildung 1: Bodenbedeckungsgrad von Gelbsenf zu Vegetationsende in Abhängigkeit von Aussaattermin und Jahr in Gülzow

Bei der Fruchtartenauswahl ist neben der Anpassung an den Aussaattermin zu beachten, dass die Witterung im Herbst in MV in der Regel mit kühleren Temperaturen verbunden ist als in südlicheren Bundesländern. Einige der vom Handel angebotenen Zwischenfruchtarten sind aus diesen Gründen für eine Aussaat nach der Mähdruschernte hier nicht geeignet (Abbildung 2).

In MV reicht die Auswaschungsperiode, in der mit erhöhter Nährstoffversickerung zu rechnen ist, von November bis März (Lorenz et al. 2013). Für Stickstoff, der in dieser Zeit als Nitrat im Boden vorhanden ist, besteht die Gefahr der Auswaschung. Obwohl auch Leguminosen Nitrat aus der Bodenlösung aufnehmen, wurden unter reinen Leguminosenbeständen regelmäßig höhere N_{min}-Werte als unter anderen Zwischenfrüchten gemessen. N_{min}-Gehalte unter Gemengen waren jedoch selbst mit einem Anteil Leguminosen unauffällig. Zum Schutz vor Nährstoffauswaschungen sollten deshalb vor allem abfrierende Leguminosen nur im Gemenge mit Nichtleguminosen angebaut werden.

Empfehlungen zur Artenwahl in MV bei unterschiedlichen Saatterminen wurden in einer Fachinformation zusammengestellt (Bull 2012).



Aussaat am 22.08.2010, Foto vom 26.10.2010

Abbildung 2: Ungenügende Bestandesentwicklung aufgrund hoher Temperaturansprüche, Beispiel Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica*)

Zur Verringerung von Nährstoffausträgen im Winter ist die Bildung möglichst großer Biomassemengen die Hauptvoraussetzung. Die verfügbare Wachstumszeit und die kühle Witterung im Herbst wirken begrenzend. Die Auswahlkriterien bestehen hier in möglichst hohem Biomassewachstum bei geringen Temperaturansprüchen. Die Versuche belegen, dass in MV bei einer Saat Mitte August im Mittel der Jahre schnellwüchsige Arten um 50 kg N/ha konservieren können (Abbildung 3). Da die Untersuchungen nur an den oberirdischen Pflanzenteilen durchgeführt wurden, ist tatsächlich von leicht höheren Werten auszugehen.

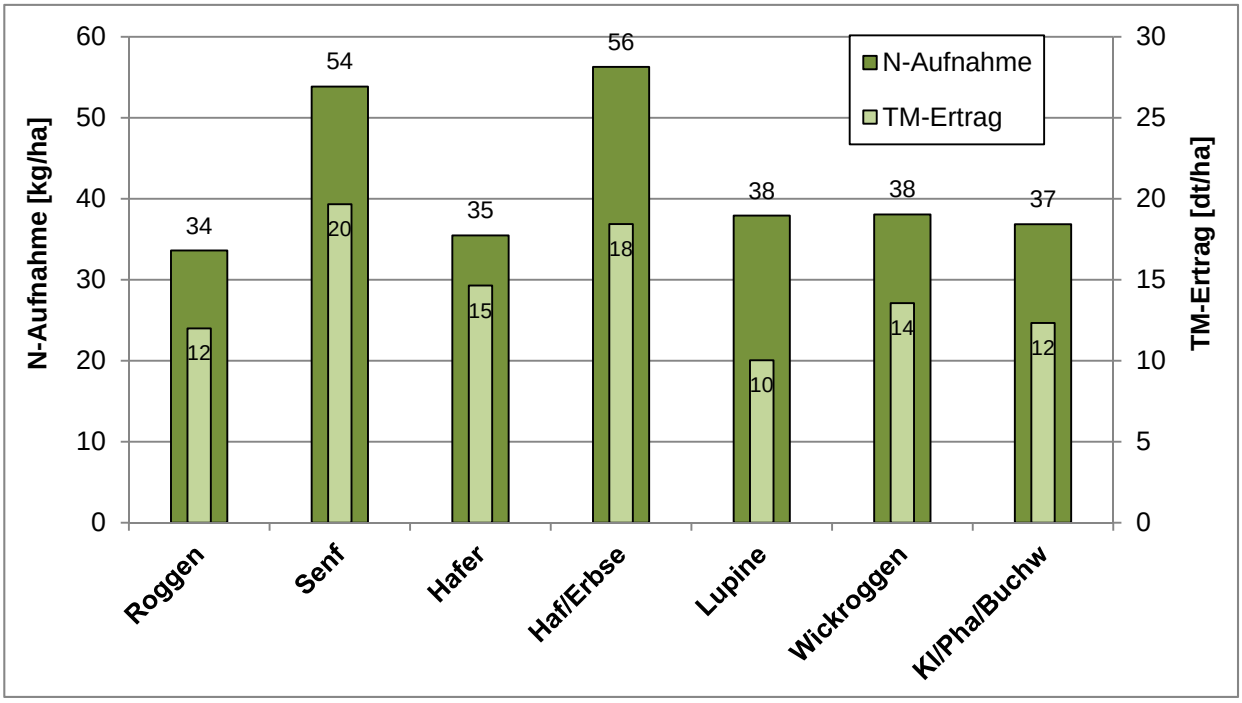


Abbildung 3: N-Aufnahme und Trockenmasseertrag ausgewählter im August gesäter Zwischenfrüchte vor Winter in Gülzow (2010 - 2013)

Stabile und hohe N-Entzüge werden mit Senf erreicht, der allerdings nur für Fruchtfolgen ohne Raps geeignet ist. Aber auch Hafer, Einjähriges Weidelgras und Phacelia können im Herbst

vergleichbare Nährstoffmengen speichern. Mit Gemengen werden standort- und jahresabhängige Unterschiede teilweise ausgeglichen. Außerdem ergänzen sich mehrere Arten in ihren positiven Wirkungen, wie beispielsweise durch unterschiedliche Wurzeltiefen und somit eine intensivere Bodenlockerung.

Aufgrund des Unterschiedes von Parzellenergebnissen und Praxisflächen sollten die Werte für allgemeine Schätzungen leicht nach unten korrigiert werden. Deshalb kann für Praxisbedingungen ein N-Konservierungspotential von 30 - 50 kg N/ha in der genannten Anbausituation angenommen werden.

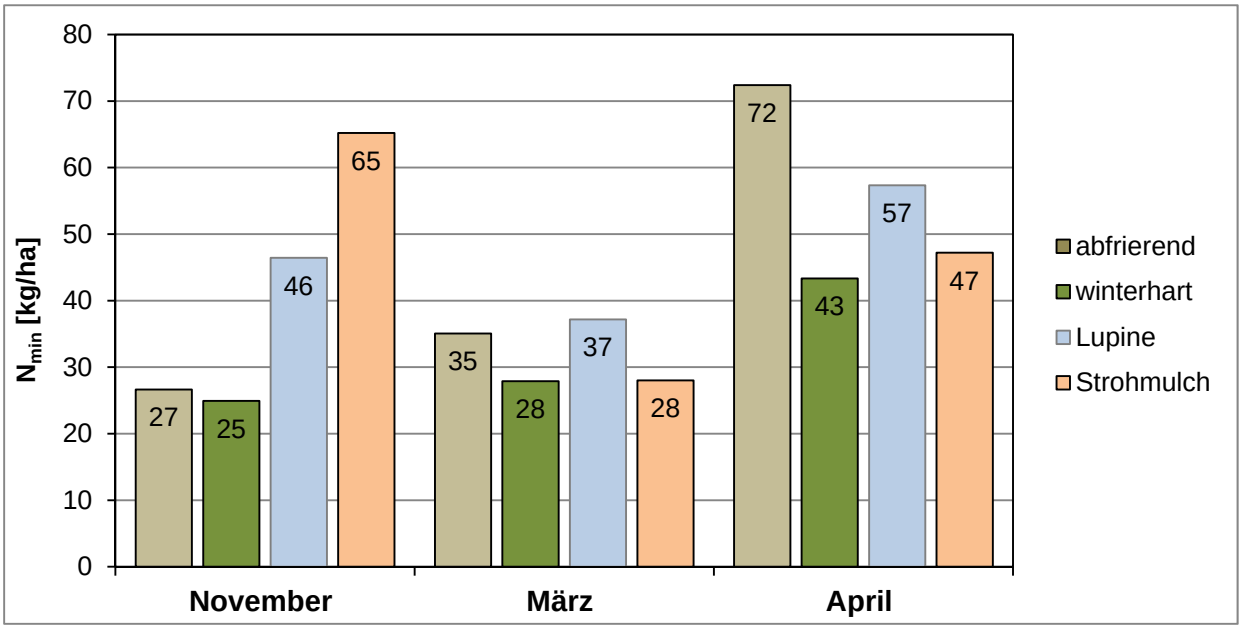
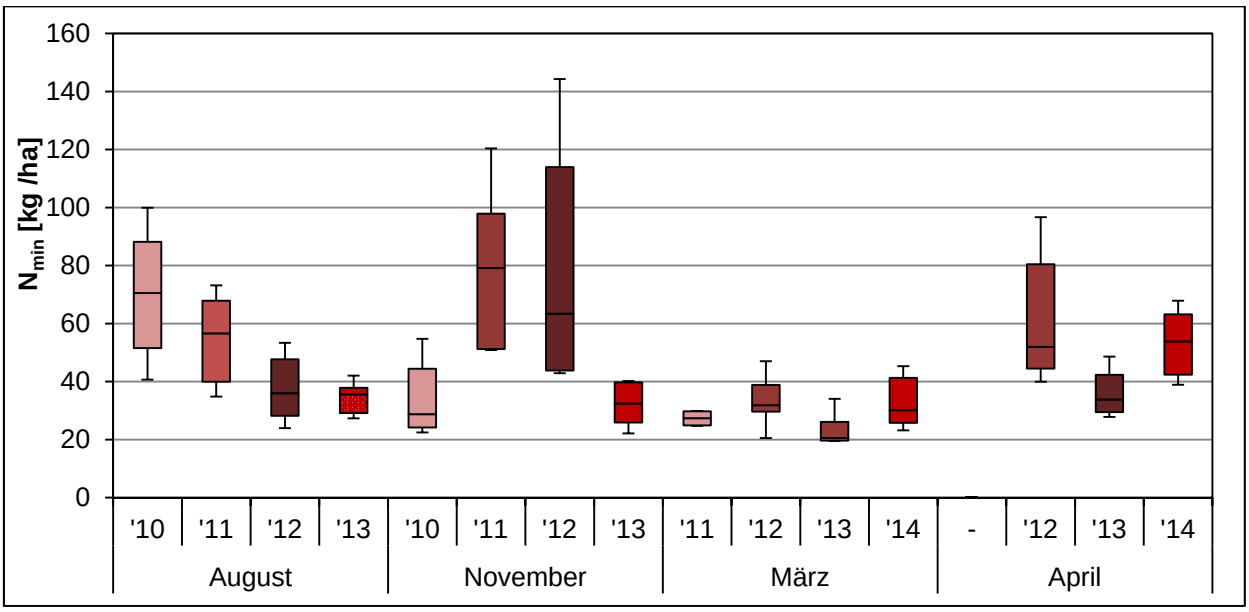


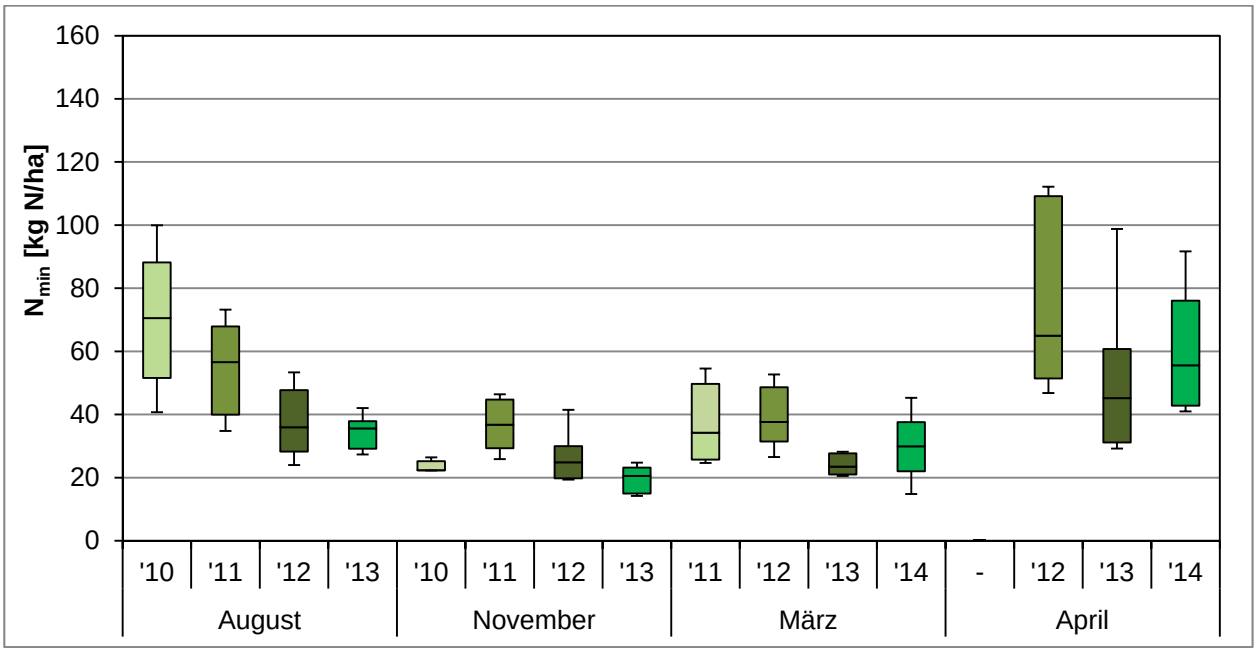
Abbildung 4: N_{min}-Gehalte (0 - 60 cm) im Boden in Abhängigkeit vom Zwischenfruchtbewuchs zu unterschiedlichen Vegetationszeitpunkten in Gülzow, 2010 - 2014

Ein Vergleich der N_{min}-Gehalte in diesem fünfjährigen Versuch stellt deutlich heraus, dass der Anbau von Zwischenfrüchten das Auswaschungsrisiko um ca. 40 kg N/ha senkt (Abbildung 4). Die Versuchsergebnisse zeigen außerdem, dass für den Gewässerschutz nicht unbedingt auf Leguminosen verzichtet werden muss. Sie sollten aber immer in Mischungen mit einem hohen Anteil nicht-legumer Arten angebaut werden, um schneller Mineralisierung bei ungünstigen Witterungsbedingungen vorzubeugen. Unter den geprüften Gemengen ließen sich im Boden zu den verschiedenen Probenahmeterminen vergleichbare N_{min}-Gehalte feststellen wie unter den nicht-legumen Arten. Allein die mit Lupinen bestandenen Parzellen wiesen zu Vegetationsende höhere N_{min}-Werte auf, die aber in der Regel noch unter denen der unbewachsenen Flächen lagen. Der Einfluss der Jahreswitterung auf die Mineralisierung ist stark (Vergleich Abbildung 5, Abbildung 6).



Boxplot = 90 % der gemessenen Werte

Abbildung 5: Boden-N_{min}-Gehalte (0 - 60 cm) nach der Getreideernte bis zum Frühjahr unter Strohmulchbedeckung (Gülzow, 2010 - 2014)



Aussaat der Zwischenfrüchte: Mitte August; Boxplot = 90 % der gemessenen Werte

Abbildung 6: Boden-N_{min}-Gehalte (0 - 60 cm) nach der Getreideernte bis zum Frühjahr unter Zwischenfruchtbeständen ohne Lupinen (Gülzow, 2010 - 2014)

Im Jahr 2010, welches kalt und nass war, zeigte sich eine geringere Mineralisierung im Boden unter Strohmulch als beispielsweise im Jahr 2011. Dieses bot durch die warme feuchte Witterung gute Voraussetzungen für Mineralisierungsprozesse im Boden. Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten ließen sich unter allen Bedingungen die N_{min}-Gehalte im Boden unter 50 kg N/ha zu Beginn der Auswaschungsperiode senken. Damit kann der Zwischenfruchtanbau als geeignete Methode zur Reduzierung der Nährstoffauswaschung auch nach hohen Mineralisierungsschüben eingeschätzt werden (Vergleich der Novemberwerte in Abbildung 5 und Abbildung 6).

Weiterhin ist zu erkennen, dass eine große Streuung des Boden-N_{min}-Gehaltes unter den verschiedenen Zwischenfrüchten auftritt. Bei abfrierenden Zwischenfrüchten können in milden nassen Perioden nach den ersten Frösten Nährstoffauswaschungen nicht ausgeschlossen wer-

den. Diese Gefahr wird durch den Anbau von Pflanzen mit weitem C:N-Verhältnis, die langsamer mineralisieren, oder entsprechenden Gemengen gemindert.

In der Regel sind höhere N_{min}-Gehalte nach abfrierenden Zwischenfrüchten (in MV) erst ab Mitte April, also zum Ende der Auswaschungsperiode, zu finden. Unter winterharten Zwischenfrüchten sind die Boden-N_{min}-Werte im Frühling geringer. Bei einem Ausschluss abfrierender Pflanzenarten reduziert sich aber die mögliche Auswahl fast ausschließlich auf monokotyle Arten. Bei Gräsern können für die Folgekultur aufgrund der sehr dichten und festen Narbe Nachteile entstehen, weshalb sie von der Praxis seltener gewählt werden, so dass auf Winterroggen und Triticale zurückgegriffen wird.

Kurzfristige Effekte auf das Wachstum der nachfolgenden Sommerung (Mais) wurden nicht festgestellt. Zwischenfrüchte reduzieren die Evaporation, erhöhen aber die Transpiration. Unter den Bedingungen von MV wird der Bodenwasserspeicher aber in der Regel über Winter wieder aufgefüllt. Ein negativer Effekt auf das Wachstum der Folgekultur aufgrund des Wasserverbrauches durch die Zwischenfrucht ist unter hiesigen Bedingungen bei abfrierenden Zwischenfrüchten und bei bis Mitte April umgebrochenen bzw. abgetöteten Beständen nicht zu erwarten. Untersuchungen des DWD belegen, dass auch im mitteldeutschen Trockengebiet unter den genannten Einschränkungen keine negative Beeinflussung der Bodenwassermenge im Frühjahr auftritt.

Fazit

Zwischenfruchtanbau über Winter reduziert den N_{min}-Gehalt im Boden um circa 40 kg/ha und senkt somit das Auswaschungsrisiko deutlich. Witterungsbedingte hohe Mineralisierungsraten werden aufgefangen. Eine optimale Bestandsentwicklung ist die wichtigste Voraussetzung und abhängig von der Saatstärke und der Fruchtart. Eine hohe N-Aufnahme kann beispielsweise mit Senf oder einem Hafer-Peluschken Gemenge erreicht werden. Ebenfalls wichtig ist der Saattermin, der spätestens Mitte September sein sollte.

Literatur

BULL, I. (2012): Zwischenfruchtanbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. Fachinformation „Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft“. http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/09-WRRL-ZWF-2012-09-01.pdf

BÖTTCHER et al. (2013): Zwischenfrüchte und Wasserhaushalt. Energiepflanzentag. 28.08.2013. Trossin. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Boettcher_DWD_Wasserhaushalt_Zwischenfruechte.pdf

LORENZ, J.; LEHMANN, E.; ZACHOW, B. (2013): Die Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Groß Lüsewitz. Kooperation Lysimeter. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 192-218

Konservierende Bodenbearbeitung zu Mais am Standort Alt Gaarz (Hohen Wangelin)

Dr. Ines Bull, Tobias Thiel, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Abstract: In maize rotations, the use of the strip-till procedure can be expected to reduce the risk of soil erosion by wind and water considerably. However, there may be negative effects on root development and plant growth as well as phytosanitary and technical problems. The strip-till procedure is recommended for plain terrains in crop rotations optimally using catch crops before.

Zusammenfassung

Das innovative Verfahren der Streifenbodenbearbeitung zu Mais mit gleichzeitiger Depotdüngung von Gärresten wird im Praxiseinsatz unter extremen Bedingungen in der Endmoräne geprüft. Daraus ergeben sich Empfehlungen für den Einsatz.

Aufgabe und Ziel

Als Reihenkultur mit relativ später Aussaatzeit und langsamer Jugendentwicklung hat der Mais nachteilige Wirkungen auf die Erosionsgefährdung von Ackerböden. Die Nutzung von Mulchsaatverfahren reduziert das Risiko von Wind- und Wassererosion nach der Maisaussaat deutlich. Inwieweit sich das neue Verfahren der Streifenbodenbearbeitung auf die Bedingungen in den End- oder Grundmoränenlandschaften Mecklenburg-Vorpommerns übertragen lassen, sollen Erfahrungen aus einem Praxisversuch zeigen. Insbesondere soll der Einsatz in der Selbstfolge „Mais nach Mais“ geprüft werden.

Sachstand

Die Streifenbodenbearbeitung mit gleichzeitiger Gülle- oder Gärrestausbringung ist ein interessantes neues Verfahren, zu dem schon vielversprechende Versuchsergebnisse aus anderen Bundesländern vorliegen. Die Verringerung von Ausbringungsverlusten, besonders Ammoniakemissionen, gegenüber einer oberflächigen Ausbringung erscheint plausibel. Die Reduzierung der Bodenbearbeitung auf den unmittelbaren Bereich der Saatreihe vermindert die Erosionsgefahr (Hermann et al. 2012).

In der Diskussion um die Streifenbodenbearbeitung wird ein sogenannter „Blumentopfeffekt“ beschrieben. Es wird befürchtet, dass die Maispflanzen nur in dem bearbeiteten Streifen wurzeln und somit ihr effektiver Wurzelraum eingeschränkt ist. Um die Beschränkung des Wurzelwachstums auf den bearbeiteten Streifen zu vermeiden, soll der Boden im Vorjahr von Zwischenfrüchten intensiv durchwurzelt werden. Bei einer Einordnung des Maisanbaus in eine Fruchtfolge beispielsweise nach Getreide kann eine Zwischenfrucht angebaut werden, um eine Mulchsaat des Maises vorzubereiten. In der Folge Mais nach Mais ist ein solcher Zwischenfruchtanbau jedoch nicht praktikabel. Späte Erntetermine, die auf den meisten Flächen realisiert werden, verhindern eine ausreichend frühe Aussaat der Zwischenfrucht. Da aber in nicht wenigen Betrieben Silomais über einen längeren Zeitraum mehrfach nacheinander angebaut wird, soll der Effekt von pfluglosen Anbauverfahren auf die Verbesserung der Erosionsanfälligkeit und den Maisertrag in dieser Anbausituation geprüft werden.

Methode

Der Bodenbearbeitungsversuch wurde in einem Landwirtschaftsbetrieb in der Endmoränenlandschaft der Mecklenburgischen Schweiz angelegt. Die Standortbesonderheiten bestehen in stark wechselnden Bodenverhältnissen mit einem hohen Steingehalt, in der unterschiedlichen Hangneigung und in häufig auftretenden Trockenphasen während der Frühjahrs- oder Sommermonate. Erste Erfahrungen können aus dem seit 2013 ortsstabil angelegten Bodenbearbeitungsversuch abgeleitet werden.

Der Versuch ist in einer randomisierten Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt. Jegliche Bearbeitung wird mit praxisüblichen Maschinen durchgeführt. Dadurch ergeben sich Parzellengrößen von jeweils 1.800 m², aus denen jeweils ein Kernbereich geerntet wird. Das Erntegut jeder Parzelle wird einzeln auf einer nahe gelegenen Hofwaage gewogen und anschließend beprobt (Tabelle).

Tabelle: Prüfvarianten am Standort Alt Gaarz

Prüfglied	Bearbeitungstiefe	Gülleeinarbeitung
Pflugfurche Herbst	25 cm	breitflächig
Pflugfurche Frühjahr	20 cm	breitflächig
nicht wendend, flach	< 10 cm	breitflächig
nicht wendend, tief	> 15 cm	breitflächig
Streifenbearbeitung	20 cm	im Streifen

Ergebnisse und Diskussion

Der hohe Steinbesatz einer typischen Endmoräne erschwert jede Form der Bodenbearbeitung sehr. Bei den im Versuch eingesetzten Strip-Till-Maschinen, der XTill von der Firma Vogelsang bzw. der VERMAC von Orthman, werden die Aggregate durch die Steinsicherung ausgehoben. Die Bearbeitung und Gärrestausbringung bleibt an diesen Stellen jedoch eingeschränkt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Streifenbodenbearbeitung mit gleichzeitiger Gülleausbringung vor der Maisaussaat in Alt Gaarz zur Verminderung der Erosionsgefährdung

Bei Starkregenereignissen trat Erosion nach jeder Form der Bodenbearbeitung auf. Das Entstehen von Erosionsrinnen und von Verschlämmungen wird vor allem durch die Niederschlagsmenge und die Hangneigung ausgelöst (Abbildung 2).

Außerdem erschwert die typische Hängigkeit des Geländes das spurgenaue Ablegen der Maissaat über den Gärrestbändern. Durch ein Verziehen der Maschinen kam es im Versuch trotz GPS-Nutzung zu einem Versatz.



Abbildung 2: Erosion nach Starkregenereignissen bei ausreichender Hangneigung

Phytosanitäre Probleme der Maisselbstfolge werden durch die reduzierte Bodenbearbeitung verstärkt. Auch ein ganzflächiges Mulchen und Bearbeiten mit der Scheibenegge zerstört die Stoppeln nicht ausreichend, so dass mit abnehmender Bearbeitungsintensität mehr Stoppelreste auch nach der nächsten Maisaussaat an der Oberfläche liegen. Zusätzlich führt die geringere mechanische Unkrautbekämpfung zu einem erheblich höheren Bedarf an chemischer Behandlung.

Die Alternative besteht in der Einordnung des Maisanbaus in eine Fruchtfolge und Anbau nach einer Zwischenfrucht. Der oberflächig liegende Mulch ist in diesem Fall von positiver Wirkung (Abbildung 3).



Abbildung 3: Strip-Till-Bearbeitung in einen abgefrorenen Phaceliabestand

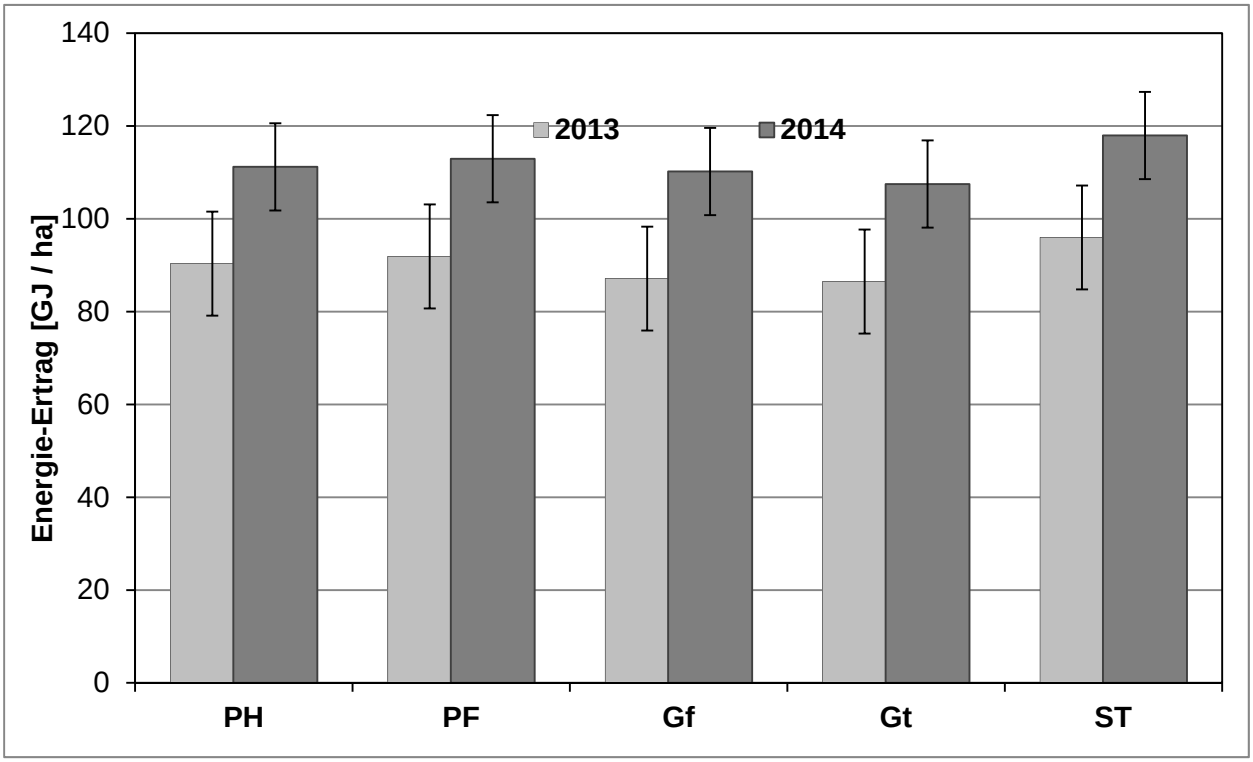
Die Wurzelausbildung der Maispflanzen zeigte in den Versuchsjahren eine deutliche Beeinflussung durch die Bodenbearbeitung. So war im ersten Versuchsjahr die seitliche Wurzelausdehnung in die Strip-Till-Parzellen eingeschränkt. Dieser Effekt war im Folgejahr jedoch vermutlich aufgrund dessen, dass die jeweiligen Parzellen wieder an exakt der gleichen Stelle im Feld angelegt wurden, verringert (Abbildung 4).



2013 links Strip Till – rechts Pflug | **2014 Strip Till** | **2014 Pflug**

Abbildung 4: unterschiedliche Wurzelentwicklung bei Silomais nach der Ernte in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

In den Ernteerträgen konnte bisher kein statistisch gesicherter Vor- oder Nachteil einer Bodenbearbeitungsvariante festgestellt werden (Abbildung 5).



Bezeichnung der Varianten: PH = Pflug Herbst, PF = Pflug Frühjahr, Gf = Grubber flach, Gt = Grubber tief, St = Strip Till. Die Fehlerbalken bezeichnen die Grenzdifferenz GD_t 0,05)

Abbildung 5: Silomaisertrag nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Hohen Wangelin 2013 und 2014

Fazit

Beim Einsatz des Strip-Till-Verfahrens in der Folge Mais nach Mais können Probleme entstehen, welche die Vorteile des Verfahrens überlagern. Eine Empfehlung kann für ebene Standorte bei Kulturwechsel (im Idealfall nach Zwischenfrucht) ausgesprochen werden.

Literatur

HERMANN, W.; BAUER, B.; BISCHOFF, J. (2012): Strip Till. Mit Streifen zum Erfolg. DLG-Verlag

Untersaaten im Silomaisanbau

Dr. Ines Bull, Constanze Ramp

Abstract: The utilization of living mulches is limited in maize cropping systems in Mecklenburg-Western Pomerania. Living mulches are known to prevent soil erosion and reduce the risk of N leaching losses. Even if they are not an appropriate solution for maize monocrops, living mulches established in maize inter-rows may be a useful tool in crop rotations, where maize is followed by another maize crop not more than once.

Zusammenfassung

Verschiedene handelsübliche Untersaatenmischungen für den Anbau unter Silomais wurden in einem Tastversuch auf ihre Anbaueignung untersucht. Unter Beachtung der abgeleiteten Voraussetzungen und Einschränkungen können Untersaaten zur Verringerung der Gefahr von Nährstoffausträgen und Bodenerosion genutzt werden.

Aufgabe und Ziel

Aus Gründen des Erosionsschutzes und der Nährstoffspeicherung ist eine ganzjährige Bodenbedeckung wünschenswert. In Maisbeständen können Untersaaten eine Möglichkeit sein, eine Winterbegrünung trotz späten Erntetermins der Hauptfrucht zu etablieren. In MV wurden bisher keine Versuche mit Untersaaten in Mais durchgeführt. Außerdem besteht seitens der Landwirtschaft Interesse an Untersaaten ohne Gräser. Aus einem Tastversuch sollen erste Einschätzungen zu diesem Verfahren mit und ohne Gräser unter den regionalen Bedingungen gewonnen werden. Zusätzlich soll die Frage geklärt werden, ob Untersaaten eine praktikable Option für Selbstfolgemais darstellen können.

Sachstand

Vor allem aus Niedersachsen ist eine erfolgreiche Nutzung von Untersaaten zum Erosionsschutz und zur Nährstoffspeicherung in Maisbeständen bekannt. Speziell für diese Nutzung werden verschiedene Gräsermischungen von Saatgutfirmen angeboten. Die potentielle N-Speicherung durch die Untersaaten liegt bei etwa 40 kg N/ha, die so vor Auswaschung geschützt werden. Allerdings sind die Klimabedingungen in Mecklenburg-Vorpommern deutlich trockener als im Westen Deutschlands. Unsicherheiten bestehen deshalb vor allem bezüglich der Ansaatsicherheit in Trockenperioden und der Herbizidwahl.

Methode

In einem Tastversuch wurden verschiedene Arten und Mischungen zu zwei Terminen in Silomais ausgesät. Für die Grasuntersaaten kamen exemplarisch die Untersaatmischungen der DSV (Humus Plus Vorsaat, Humus Plus früh, Humus Plus Spät, Humus Plus Energie) zum Einsatz. Die Aussaat-Zeitpunkte „vor der Maissaat“ und „zum 6-8 Blattstadium des Mais“ entsprechen den für die Gräser angegebenen Empfehlungen. Zusätzlich wurden Landsberger Gemenge und verschiedene Leguminosenarten zum zweiten bzw. zu beiden Saatterminen geprüft. Zum ersten Termin konnten die Untersaaten kurz nach der Maissaat mit Drilltechnik ausgebracht werden. Für die späteren Saaten kamen ein Parzellendüngerstreuer und nachfolgend ein Striegel zum Einsatz.

Die Herbizidstrategie erfolgte in Anlehnung an Empfehlungen der DSV und Romundt (2009). Für den Tastversuch stand eine Maismonokulturfläche auf sandigen Substraten auf der Versuchsstation in Gülzow zur Verfügung. Die Untersaaten wurden drei Jahre nacheinander auf der jeweils gleichen Fläche ausgesät. Eine einmalige Glyphosatbehandlung im Frühjahr sollte die folgende Maismulchsaat vorbereiten. Ermittelt wurden der Aussaaterfolg und die Bodenbedeckungsgrade vor der Auswaschungsperiode.

Ergebnisse und Diskussion

Unter günstigen Witterungsbedingungen verlaufen sowohl die Keimung als auch die weitere Pflanzenentwicklung der Untersaaten problemlos. Die nach den Empfehlungen der DSV ausgesäten Gräser stellten bis zur Ernte des Silomais keine Konkurrenz für die Hauptkultur dar. Trotz langen kalten Winters erfüllten alle Grasuntersaaten die Ansprüche an die Bodenbedeckung (Abbildung 1).

Trockenphasen wie im Frühjahr 2012 können jedoch trotz Einstriegeln oder Drillsaat zu ungenügender Keimung und Jungpflanzenentwicklung führen. Da bei Trockenheit ein Misslingen der Aussaat zu erwarten ist, sollten Untersaaten nur bei ausreichender Bodenfeuchte oder vor Niederschlägen ausgebracht werden. Inwieweit eine Aussaat mit einer Gülledüngung zu besseren Ergebnissen führt, wurde hier nicht geprüft.



12.07.11 15.08.11 23.09.11 02.04.12

Abbildung 1: Optimale Bestandesentwicklung, Beispiel Grasuntersaat „Humus Plus früh“, nach Aussaat Mitte Juni 2011

Obwohl 2011 auch die Leguminosen nach der Keimung in genügender Anzahl vorhanden waren, entwickelten sich nach der Maisernte in diesen Parzellen keine ausreichenden Bestände (Abbildung 2). Ursächlich ist wahrscheinlich die zu lange Beschattung während der Vegetationsperiode, da an den Parzellen-Stirnseiten kräftige Einzelpflanzen zu finden waren.



Abbildung 2: Ausreichender Pflanzenbestand der Untersaaten mit Gräsern (grüne Parzellen) im Vergleich zu den Varianten mit ausschließlich Leguminosen, 23.01.2012

Um eine mangelhafte Keimung des Klees unter trockenen Bodenbedingungen zum Saatzeitpunkt zu vermeiden, kann es günstig sein, auch diese Arten gleichzeitig mit dem Mais zu säen. Im Jahr 2012 war diese Variante einem späteren Saattermin vorzuziehen. Eine Herbizidbehandlung bleibt in diesem Fall jedoch stark eingeschränkt, so dass ein geringer Unkrautdruck Voraussetzung für den Erfolg ist (Abbildung 3).



Abbildung 3: Gleichzeitig mit dem Mais ausgesäter Weißklee (Drillsaat), 13.06.2013

Die im Frühjahr vor der nächsten Maisaussaat durchgeführte Glyphosatbehandlung reichte nicht in allen Fällen für eine vollständige Abtötung der Grasnarbe aus. Vor allem bei Trockenheit und bei den Schwingelarten („Humus Plus Vorsaat“) blieben Einzelpflanzen vital.

Nach dreijähriger Nutzung der Untersaaten auf der gleichen Fläche nahm Unkrautbesatz (v. a. Schadhirsen) und der Durchwuchs überjähriger Graspflanzen aufgrund der eingeschränkten Herbizidbehandlung so stark zu, dass eine weitere Aussaat an diesem Standort nicht mehr sinnvoll schien.

Da die Untersaat gerade während der Vegetationspause ihre Vorteile entfalten soll, kann die Pflugfurche nicht zur Bekämpfung des Maiszünslers genutzt werden. Wird nach dem Anbau von Mais mit Untersaaten im Folgejahr wiederholt Mais angebaut, muss auf eine intensive Zerkleinerung der Maisstoppeln (Mulcher, Messerwalzen) geachtet werden.

Fazit

Nach Mais ist es schwierig, noch eine Zwischenfrucht zu etablieren. Meistens reicht die Vegetationszeit nicht, um einen Bestand zu entwickeln, der relevante Nährstoffmengen im Herbst aufnehmen kann. In diesen Fällen sind Gras-Untersaaten eine Alternative für Erosionsschutz und Nährstoffkonservierung. Das in der Literatur beschriebene Verfahren gilt als erprobt und ist auch für den Praxiseinsatz in Mecklenburg-Vorpommern nutzbar.

Für eine langfristige Lösung der Probleme von Selbstfolgemaisflächen sind Untersaaten allein jedoch nicht ausreichend. Eine Empfehlung kann nur unter Beachtung der folgenden Grundsätze ausgesprochen werden.

– kein Einsatz auf Flächen mit bekanntem Schadhirsevorkommen
– keine Dauerstrategie für Monomaisflächen
– Aussaat nur bei Erwartung einer für die Graskeimung ausreichenden Bodenfeuchte
– Beachtung der durch die Saatgutfirmen empfohlenen Aussaattermine, damit die Gräser keine Konkurrenz zum Mais werden
– Beachtung der speziellen Herbizidempfehlungen
– intensive Stoppelbearbeitung nach der Maisernte zur Bekämpfung des Maiszünslers
– sorgfältige Beseitigung der überjährigen Untersaat (Altnarbe)

Damit bleibt der Anbauumfang von Maisuntersaaten in Mecklenburg-Vorpommern begrenzt, kann aber bei Integration von Mais in eine Fruchtfolge (auch 1×Mais nach Mais) Vorteile für Nährstoffspeicherung und Erosionsschutz bieten.

Literatur

DSV (2015): Warum Untersaaten im Mais? https://www.dsv-saaten.de/mais/untersaaten_mais/untersaaten.html

GEHRING, K. (2015): Unkrautkontrolle im Anbauverfahren. Mais & Grasuntersaat. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, April 2015. http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030378/index.php

ROMUNDT, H. (2009): Grasuntersaaten im Mais und angepasste Grasuntersaaten im Mais und angepasste Herbizidstrategien. Erfahrungen aus Niedersachsen. In: Landwirtschaft ohne Pflug (4), 31–33

ROMUNDT, H. (2013): Untersaaten in Mais - so gelingen sie. In: Top agrar (4), 104–109. http://www.topagrar.com/archiv/Untersaaten-in-Mais-so-gelingen-sie-1115442.html

Lysimeteruntersuchungen in Groß Lüsewitz

Dr. Ines Bull, Constanze Ramp, Carolina Wegner

Abstract: Using a lysimeter it is possible to balance the nitrogen in plant-water-soil systems almost completely. Capturing the total amount of leachate and analyzing its N concentration, N leaching losses can precisely be quantified. From these data, fertilization strategies and crop management recommendations can be derived.

Zusammenfassung

Die in Groß Lüsewitz befindliche Lysimeteranlage wird seit 2010 durch die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei bewirtschaftet. Die ersten Versuchsjahre zeigten bei einem Vergleich von einer rein mineralischen Düngung mit einer kombinierten organischen und mineralischen Düngung keinen Einfluss der Düngung auf die Erträge sowie den N-Austrag.

Um eine statistisch fundierte Aussage über mögliche Zusammenhänge zwischen der Bewirtschaftung und dem N-Austrag zu erhalten, werden langjährige Versuchsauswertungen benötigt.

Einleitung

Mithilfe von Lysimetern ist es möglich, den Stickstoff im System Pflanze-Wasser-Boden weitegehend vollständig zu bilanzieren. Die Höhe der N-Auswaschung wird durch die exakte Erfassung der Sickerwassermenge und der N-Konzentration im Sickerwasser bestimmt und mit der durchgeführten Bewirtschaftung in Bezug gesetzt. Diese Kenntnisse können Grundlage für Bewirtschaftungsmaßnahmen unter den im Lysimeter untersuchten standorttypischen Bedingungen sein.

An der Lysimeterstation Groß Lüsewitz werden seit 1972 umfangreiche Messungen zum Wasserhaushalt und seit Beginn der 1990er Jahre außerdem zum Stickstoffhaushalt landwirtschaftlich genutzter Böden durchgeführt. In den Jahren wurden unter Zusammenarbeit von verschiedenen Kooperationspartnern unterschiedliche Forschungsthemen bearbeitet. Seit 2010 erfolgt die anbautechnische Bewirtschaftung durch das Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV. Die Betreuung der hydrologischen Messstation obliegt der Universität Rostock in Kooperation mit dem LUNG. Mit der aktuellen Versuchsanstellung sollen die kurz- und langfristigen Effekte einer langjährigen Düngung mit Gärresten im Vergleich zu einer reinen Mineraldüngung auf den Boden und den Nährstoffaustrag abgeschätzt werden.

Standortbeschreibung

Die Lysimeterstation Groß Lüsewitz befindet sich 13 km östlich von Rostock und 20 km südlich der Ostsee bei 12° 21‘ östlicher Länge und 54° 04‘ nördlicher Breite. Sie liegt auf einer Höhe von rund 35 m über NN in einer flachwelligen Grundmoräne mit Geschiebemergel, teilweise über Feinsand, im Jungmoränengebiet Norddeutschlands (Bodengroßlandschaft). Entsprechend der naturräumlichen Gliederung befindet sich die Station im Flach- und Hügelland um Warnow und Recknitz (LUNG 2005). Die Umgebung der Anlage wird landwirtschaftlich genutzt, so dass der Standort relativ windexponiert ist. Der Grundwasserstand liegt zwischen 1,50 m und 4,20 m unter der Geländeoberkante (Ayana Gebul 2001). Die Lysimeterstation steht unter dem Einfluss eines gemäßigten humiden Klimas. Für den Zeitraum 1973 bis 2007 betragen die Mittelwerte für den in Erdbodennähe gemessenen Jahresniederschlag 686 mm, die in 2 m Höhe gemessene Temperatur 8,3 ºCelsius und die jährliche Grundwasserneubildung 198 mm. Die mittlere reale Verdunstung (über alle 6 Lysimeter) beträgt 500 mm pro Jahr.

Bei den Profilen der Lysimeter handelt es sich um den Bodentyp Pseudogley-Parabraunerde. Die Profile wurden 1969/1970 in Nord-Süd Richtung östlich der Station entlang einer Hangcatena ungestört ausgestochen. Dabei ist anhand von Abbildung 1 die räumliche Variabilität der Horizontierung zu erkennen.

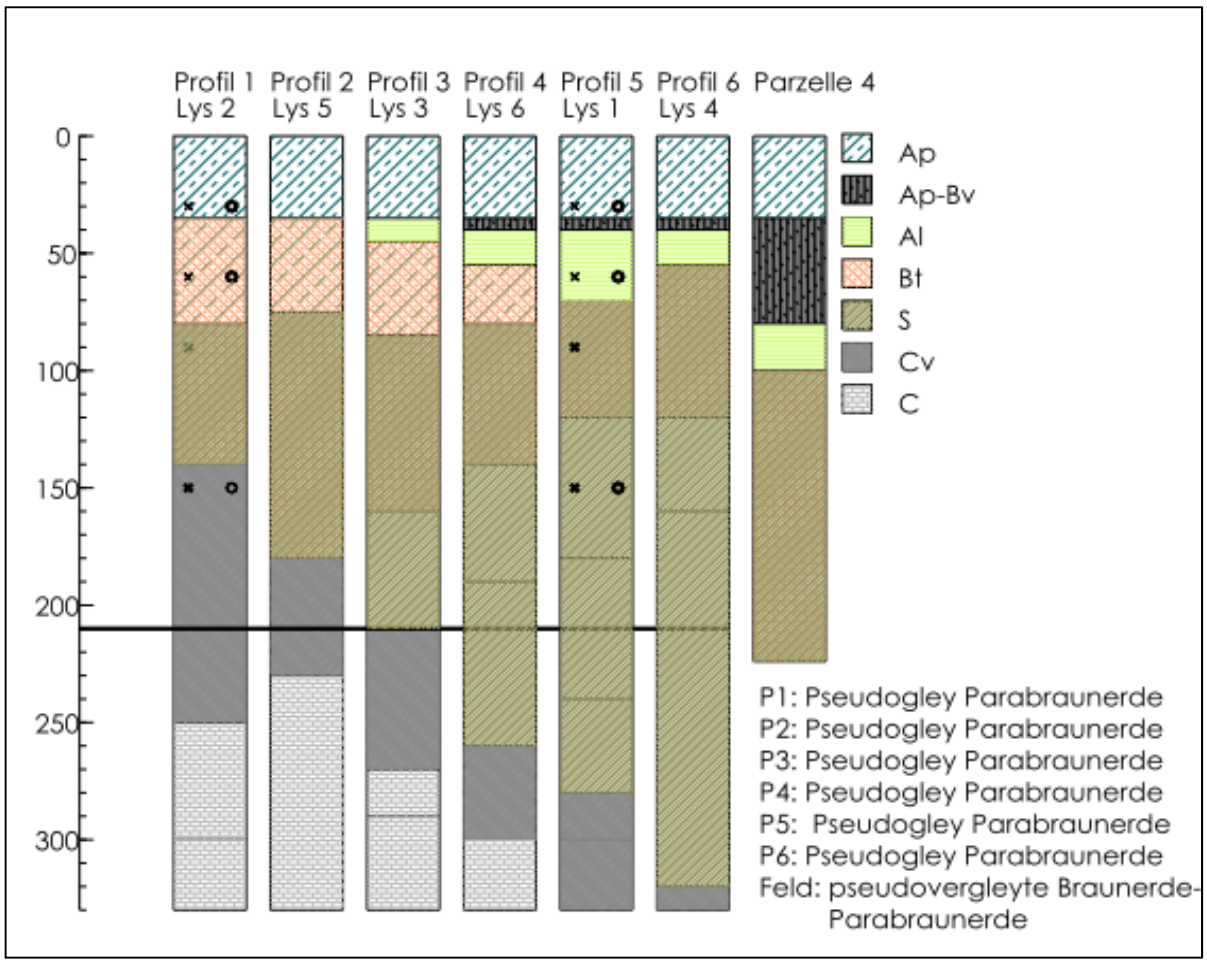


Abbildung 1: Horizonte und Bodentypen der wägbaren Lysimeter sowie eines außerhalb angelegten Profils (Parzelle 4) (Dechow 2007)

Die Bodenarten in den Lysimetern sind vorwiegend schluffige und lehmige Sande (Dechow 2007). Die Lysimeter weisen untereinander keine wirksamen Korngrößendifferenzen auf. Die Korngrößen setzen sich im Durchschnitt der 6 Profile zu 6 % aus Grobsand, zu 20 % aus Mittelsand, zu 40 % aus Feinsand, zu 14,5 % aus Grobschluff, zu 11,5 % aus Mittel- und Feinschluff sowie zu 10 % aus Ton zusammen. Im Mittel der 6 Lysimeter beträgt die Tiefe des Hauptwurzelraumes (HWR) 74 cm und die mittlere nutzbare Wasserkapazität im HWR (nFK HWR) 102 mm (Ayana Gebul 2001). Es wird davon ausgegangen, dass der ermittelte Hauptwurzelraum der effektiven Durchwurzelungstiefe entspricht.

Methode

Die Lysimeter der Station, welche alle wägbar sind, sind zylindrische Gefäße aus Stahlblech, deren Gesamttiefe jeweils 2,5 m beträgt. Sie besitzen einen kreisförmigen Querschnitt mit 1 m^2 Oberfläche (Durchmesser = 1,128 m) und sind mit einem weitgehend ungestörten, 2,1 m tiefen Bodenmonolithen gefüllt. Die Behälterböden sind unterhalb der Monolithen jeweils mit einer 40 cm mächtigen kapillarbrechenden Kiesschicht versehen, um einen ungehinderten Sickerwasserabfluss sicherzustellen.

Auf der Lysimeteranlage wird seit 2012 ein Versuch zum Vergleich der N-Auswaschung bei rein mineralischer Düngung mit einer Kombination von mineralischer und organischer Düngung mit Gärresten etabliert. Die Prüfung erfolgt in einer Marktfruchtfolge mit Energiepflanzenanteil (Winterraps – Winterweizen – Silomais – Winterrogen-GPS). Da insgesamt sechs Lysimeter vorhanden sind, kann der Versuch mit drei Wiederholungen durchgeführt werden. Die Bewirtschaftung der Lysimeter und der umliegenden Parzelle erfolgt in Handarbeit. Vor Einführung dieser Versuchsfrage wurde die Lysimeteranlage vier Jahre ökologisch bewirtschaftet. Nach einem Umstellungsjahr mit Haferanbau erfolgte im Frühjahr 2012 erstmalig eine Düngung mit Gärresten

zu Winterweizen entsprechend des Versuchsplanes (Abbildung 2). Bei der Düngung wird für beide Varianten ein gleiches Niveau der Stickstoffversorgung angestrebt. Dabei werden die Gärreste im Jahr der Ausbringung entsprechend ihres Ammoniumgehaltes bewertet. Die Zufuhr der Grundnährstoffe durch die Gärreste wird mit mineralischem Dünger ausgeglichen.



Abbildung 2: Weizenbestand nach Gärrestausbringung zu Vegetationsbeginn (links: April, rechts: Juli) in der Lysimeteranlage Groß Lüsewitz 2012

Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegenden Ernteergebnisse aus den Jahren 2012 und 2013 von Winterweizen zeigen keine Unterschiede in Korn- und Proteingehalt zwischen den Düngungsvarianten (Abbildung 3). Die hohen Streuungen zwischen den einzelnen Wiederholungen deuten auf hohe, nicht durch die Versuchsanstellung beeinflussbare Umwelteinflüsse hin und belegen die Notwendigkeit von Wiederholungen dieser Messreihen. Hauptsächlich kann eine Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch die Bodeneigenschaften angenommen werden, die durch die unterschiedlichen Bodenprofile der Einzellysimeter beschrieben sind (Abbildung 1). Die hydrologischen Messwerte bestätigen diese Annahme (Zachow 2013). Entsprechende Bodenheterogenitäten sind typisch für die diluvialen Böden der Grundmoräne. Außerdem sind Nachwirkungen der Vor-Vorfrüchte (die sich jedoch mit zunehmender Versuchsdauer ausgleichen) sowie weitere Umwelteinflüsse, die aufgrund der geringen Parzellengröße besonderes Gewicht haben, nicht auszuschließen.

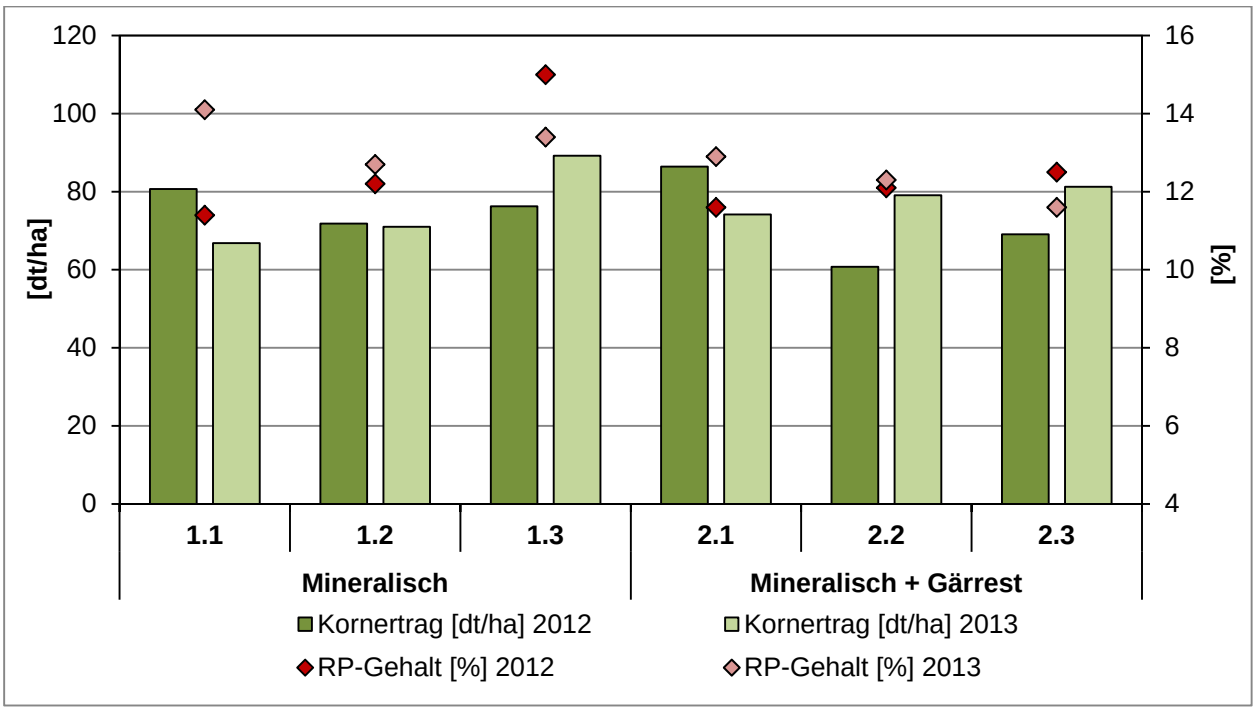


Abbildung 3: Kornertrag und Rohproteingehalt im Winterweizen in den einzelnen Lysimetern in Abhängigkeit von der Düngung 2012 und 2013

Eine Gegenüberstellung der N-Salden jedes einzelnen Lysimeters mit den erfassten N-Austrägen zeigt abermals die hohen Variationen zwischen den Lysimetern. Der N-Saldo steht in keinem Zusammenhang zum N-Austrag desselben Jahres (Abbildung 4). Dieses Ergebnis entspricht der vorhandenen Bodenwasseraustauschrate, die in einem Meter Tiefe in einem Jahr 100 % beträgt. Bei der Lysimetertiefe von 2,1 m benötigt das Wasser (mitsamt Fracht) ca. zwei Jahre, um ausgetragen zu werden. Für zuverlässige Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Bewirtschaftung und dem N-Austrag sind langjährige Versuchsreihen eine Grundvoraussetzung. Auswertungen früherer Daten dieser Lysimeterstation sind weiterführender Literatur zu entnehmen (Lorenz et al. 2013, Ramp et al. 2015).

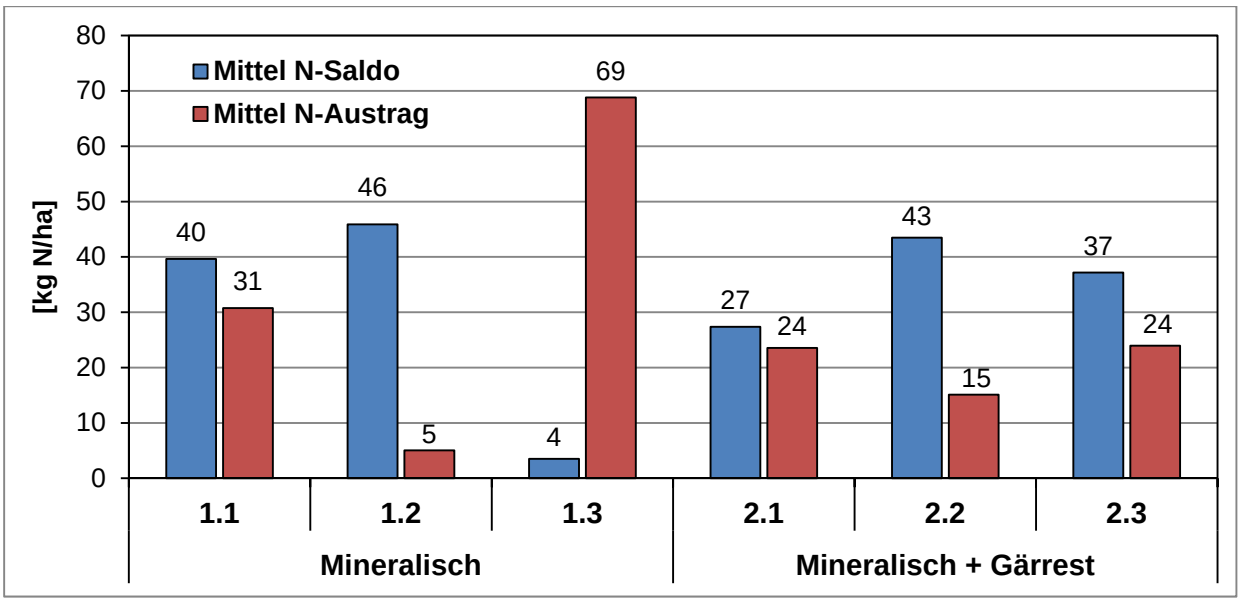


Abbildung 4: Gegenüberstellung von N-Saldo und N-Austrag unter Winterweizen im Mittel der Jahre 2012/2013

Literatur

AYANA GEBUL, M. (2001): Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt in Abhängigkeit von landwirtschaftlicher Nutzung und auf der Grundlage langjähriger Messungen an der Lysimeterstation in Groß Lüsewitz. Dissertation. Veröffentlichung des Institutes für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock

DECHOW, R. (2007): Untersuchungen verschiedener Ansätze der Wasserhaushalts- und Stofftransportmodellierung hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in Stickstoffhaushaltsmodellen. Dissertation. Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen

LORENZ, J.; LEHMANN, E.; ZACHOW, B. (2013): Die Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Groß Lüsewitz. Kooperation Lysimeter. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 192-218

LUNG LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2005): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern: Böden in Mecklenburg-Vorpommern. Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. 2. Auflage

RAMP, C.; ZACHOW, B. (2015/2016, im Druck): P-, K-, Mg- und S-Auswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden in Einzeljahren am Standort Groß Lüsewitz. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

ZACHOW, B.; MIEGEL, K. (2013): Ermittlung von Daten des Wasserhaushaltes an der Lysimeteranlage Groß Lüsewitz. Jahresbericht 2013, Universität Rostock, Fachgebiet Hydrologie und Meteorologie