

Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung

KTBL-Heft 75



#

Bundesministerium für Bildung und Forschung

GEFÖRDERT VOM

Autoren

Prof. Dr. Yves Reckleben | Fachhochschule Kiel – Fachbereich Landbau, Professur für Landtechnik/ Außenwirtschaft | Am Kamp 11 | 24783 Osterrönfeld

Martin Schneider | Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg | Luisenstr. 12 | 06099 Halle

Prof. Dr. Peter Wagner | Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre | Luisenstr. 12 | 06099 Halle

Dr. Jürgen Schwarz | Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie | Eberswalder Str. 84 | 15374 Müncheberg

Joachim Hüter | Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) | Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Unter Mitarbeit von

Dr. Heike Bach | Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München | Gabelsbergerstr. 51 | 80333 München

Silke Begiebing | Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München | Gabelsbergerstr. 51 | 80333 München

Dr. Franz-Xaver Maidl | Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Alte Akademie 12 | 85350 Freising-Weihenstephan

Dr. Ulrike Klöble | Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

© 2007

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt Telefon 06151 7001-0 | Fax 06151 7001-123 E-Mail ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn, Berlin und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) | Berlin, Bonn im Rahmen des Forschungsverbundes *preagro* Laufzeit 01/2005-12/2007, Förderkennzeichen 0339740/2. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt be den Autoren.

Redaktion

Dr. Ulrike Klöble, Joachim Hüter, Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto

© Foto Heinrich Thöle, Leibniz-Institut für Agrartechnik | Potsdam-Bornim

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-939371-51-9

Vorwort

Die Stickstoffdüngung stellt einen wichtigen Baustein der Bestandsführung besonders im Getreidebau dar. Das Pflanzenwachstum und damit der Nährstoffbedarf sind jedoch innerhalb eines Schlages nicht homogen. Mit der teilflächenspezifischen Düngung lässt sich der Stickstoffbedarf räumlich exakter befriedigen als mit der schlageinheitlichen Düngung. Dabei werden positive Kosten- und Umwelteffekte erreicht. Bei steigenden Düngemittelpreisen und Erlösen für Getreide gewinnt diese Technik zunehmend an Bedeutung.

Zur Durchführung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung sind mehrere Techniken auf dem Markt verfügbar, die sich in ihren Möglichkeiten und Anwendungsgebieten unterscheiden. Das vorliegende Heft informiert über die Voraussetzungen der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung, über ihre technische Umsetzung sowie über Kosten und Nutzen. Praxisbeispiele zeigen auf, dass die teilflächenspezifische Düngung in die Landwirtschaft Eingang gefunden hat.

Entstanden ist dieses Heft aus der Arbeit des Teilprojekts "Transfer von Precision Farming" im Forschungsverbund *pre agro*, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird (Förderkennzeichen 0339740/2). Das Teilprojekt "Transfer" wird im KTBL von 2005 bis 2007 bearbeitet. Ziel des Projekts ist, den Transfer von Precision Farming in die Praxis zu fördern und den Dialog zwischen Praxis und Forschung innerhalb des Forschungsverbunds *pre agro* zu unterstützen.

Allen, die an der Erstellung dieses Heftes beteiligt waren, sei herzlich gedankt. Mein Dank geht an die Autoren, die Partner im Forschungsprojekt *pre agro* und die Landwirte, die durch ihre Anregungen und Erfahrungen einen wichtigen Beitrag zu diesem Heft geleistet haben. Den Landmaschinenherstellern danken wir für ihre Informationsbereitschaft und für ihre Unterstützung bei der Illustration des Heftes.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Dr. Heinrich de Baey-Ernsten Hauptgeschäftsführer KTBL

Inhalt

1	Ziele	der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung5
2	Stick	dlagen der teilflächenspezifischen stoffdüngung6
	2.1	Pflanzenbauliche Aspekte
	2.2	Informationen über Boden- und
		Bestandsunterschiede
	2.2.1	Informationen über den Boden 10
	2.2.2	Informationen über den Pflanzenbestand
	2.3	Technische Grundlagen
		Bausteine der Offline- und Online-Systeme
	2.3.2	Erstellung von Applikationskarten bei
		Offline-Systemen17
	2.3.3	Kalibrierung der Online-Systeme
3	Systeme für die teilflächenspezifische	
	Stick	stoffdüngung
	3.1	Offline-Systeme am Markt20
	3.1.1	Agro-Sat
	3.1.2	Kemira Loris Maps22
	3.1.3	Vista
	3.1.4	Crop Circle Sensor25
	3.2	Online-Systeme am Markt26
	3.2.1	CROP-Meter
	3.2.2	Yara N-Sensor27
	3.2.3	MiniVeg N
	3.3	Kombinierte Systeme31
	3.4	Weitere Anwendungsmöglichkeiten33
4	Kosten und Nutzen der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung im Getreidebau33	
5	Praxiserfahrungen mit der teilflächenspezifischen	
,		stoffdüngung39
6	Ausblick	
7	Anbieter von Systemen für die teilflächenspezifische	
	Düng	ung
Lite	eratur	47
KT	BL-Ve	röffentlichungen zum Thema 49

1 Ziele der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung ist ein wichtiger und entscheidender Baustein der Bestandsführung, besonders im Getreidebau, da sich mit der Stickstoffdüngung die Pflanzenbestände in ihrer Entwicklung und Ertragsausbildung genau führen lassen. Je höher das Ertragsniveau, desto wichtiger wird die bedarfsgerechte Versorgung des Pflanzenbestandes mit Stickstoff. Gleichzeitig soll eine umweltgefährdende Überversorgung vermieden werden.

Je größer die Schläge, desto deutlicher werden kleinräumige Unterschiede im Pflanzenwachstum und damit im Stickstoffbedarf der Pflanzen. Wird die Stickstoffdüngung schlageinheitlich ausgeführt, werden einzelne Teilflächen überoder unterversorgt.

Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung hat zum Ziel, die schlagspezifische Heterogenität zu berücksichtigen, so dass jede Teilfläche zum richtigen Zeitpunkt mit der optimalen Stickstoffmenge versorgt und der Stickstoff effizient genutzt wird.

Durch die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung sollen homogenere Bestände mit gleichmäßiger Abreife und einer geringeren Lagerneigung erreicht werden, was darüber hinaus den Mähdrusch erleichtern kann. Je nach gewählter Düngestrategie kann aber auch das Ziel sein, Bereiche mit einer guten Stickstoffversorgung intensiver zu düngen, da hier ein unausgeschöpftes Ertragspotenzial vermutet wird.

Sollen die Pflanzenbestände kleinräumig und in kurzen Zeitabständen genau geführt werden, ist eine hohe Datendichte und damit eine mehrfache Erfassung der Stickstoffversorgung erforderlich. Diese Informationen müssen zeitnah in Düngerapplikationskarten überführt werden, die die Ausbringung des Stickstoffdüngers regeln.

Es sind etliche Indikatoren für die Heterogenität bekannt, die mit vielfältigen Messmethoden erfasst werden können (Hufnagel et al. 2004). Es ist schwierig, diese Indikatoren in einen eindeutigen Zusammenhang zum Ertragspotenzial und zu einer Stickstoffdüngungsempfehlung zu bringen, da sie von vielen Faktoren überlagert werden, insbesondere von der Witterung und dem Kompensationsvermögen des Pflanzenbestandes. Auch die Entwicklung von Entscheidungsregeln und Algorithmen, mit denen aus den gemessenen Daten Entscheidungen über

KTBL-Heft 75

die Düngemenge abgeleitet werden, gestaltet sich schwierig, da die Stickstoffdüngung nur ein Baustein in der Bestandsführung ist. Entsprechend sind keine einfachen Empfehlungen möglich, nach denen die Angaben zur Heterogenität mit Angaben zu Aufwand und Nutzen in Beziehung gesetzt werden können. Standortspezifische Feldversuche und die Berücksichtigung möglichst vieler Faktoren können dazu dienen, zutreffende Ertragspotenzialabschätzungen zu erstellen.

2 Grundlagen der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung

Um teilflächenspezifisch, termingerecht und genau dosiert Stickstoffdünger auszubringen, sind die Grundlagen der Stickstoffdüngung sowie die technischen und pflanzenbaulichen Voraussetzungen zu beachten. Insbesondere sind Informationen über den Boden und den Pflanzenbestand erforderlich, die als Entscheidungsgrundlage für die teilflächenspezifische Düngung dienen. Die Stickstoffdüngung erfolgt in den Schritten Bestandserfassung, Festlegung der Intensität und Ausbringung des Düngers. Um zu messen, zu berechnen und zu regeln, stehen verschiedene Techniken und Methoden zur Verfügung, die im folgenden dargestellt werden.

2.1 Pflanzenbauliche Aspekte

Für die Stickstoffdüngung können mineralische oder organische, feste oder flüssige, schnell oder langsam wirkende Stickstoffdüngemittel genutzt werden. Für die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung wird meist ein schnell wirkender mineralischer Dünger eingesetzt, da er genau applizierbar ist und somit eine präzise Bestandsführung ermöglicht.

Der Stickstoffbedarf wird üblicherweise zur ersten Stickstoffgabe mithilfe der N_{min} - oder N_{org} -Methode und zu den späteren Düngegaben mit dem Nitrat-Test bzw. dem N-Tester erfasst. Die N_{min} - und N_{org} -Methoden werden in der Praxis meist nur einmal jährlich angewendet, während die Schnelltester zur Bestimmung des optimalen Düngezeitpunkts häufig eingesetzt werden. Auf Basis dieser Messergebnisse zur Stickstoffversorgung wird der Stickstoffbedarf berechnet und auf mehrere Düngegaben aufgeteilt, die zu den verschiedenen Wachstumsphasen ausgebracht werden.

Die Ausbringung erfolgt in mehreren Gaben zu den pflanzenphysiologisch wichtigen Entwicklungsstadien wie Bestockung, Schossen, Ährenschieben und je nach Produktionsziel auch zu Blühbeginn. Besonders kornertragswirksam sind Stickstoffgaben bis zum Ende der Schossphase (BBCH 39). Spätere Gaben sind kaum mehr ertragswirksam, sondern beeinflussen in erster Linie den Proteingehalt. In Abbildung 1 wird die Stickstoffdüngung entsprechend den Entwicklungsstadien dargestellt. Ob eine vierte Gabe zum Blühbeginn ökonomisch sinnvoll ist, wird kontrovers diskutiert.

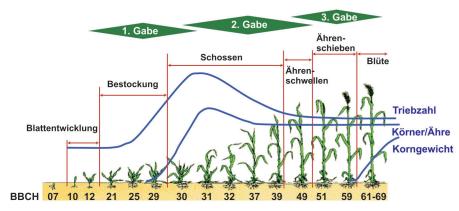


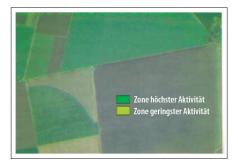
Abb.1: Entwicklungsstadien von Weizen (BBCH) und Zeitspannen für die Stickstoffgaben bei Getreide (BROZIO 2004, verändert)

Die wichtigsten Ertragsstrukturparameter sind die Zahl der ährentragenden Halme, die Kornzahl je Ähre und das Tausendkorngewicht. Das Maximum der Triebzahl wird Ende Bestockung (BBCH 30) erreicht. Die Triebzahl wird bis Ende der Schossphase (BBCH 39) in einem Reduktionsprozess wieder gemindert. Zu Schossbeginn werden die Spindelstufen je Ähre und damit ein wichtiger Parameter für die Kornzahl pro Ähre angelegt. Ähnlich wie bei der Triebbildung schließt sich diesem Prozess der Anlage wieder ein entsprechender Prozess der Reduktion der Kornzahl pro Ähre an. Durch die Stickstoffdüngung lassen sich diese Reduktionsprozesse teilweise vermeiden.

Nicht nur der über die Düngung zugeführte Stickstoff ist ertragswirksam. An der Stickstoffversorgung der Pflanzen ist in großem Maße der aus dem Bodenvorrat freigesetzte Stickstoff beteiligt. Diese Freisetzung ist nur schwierig messbar.

3.1.1 Agro-Sat

Das Agro-Sat-System wurde für das mitteldeutsche Trockengebiet der neuen Bundesländer entwickelt. Die Daten werden vor dem Applikationstermin bei klarer Sicht mit Digitalkameras aus dem Flugzeug in ca. 3 300 m Höhe aufgenommen und zu Biomassekarten verrechnet (Abb. 14).



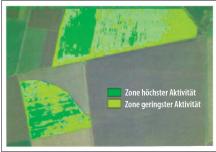


Abb. 14: Agro-Sat-Luftbild (links) und errechnete Aktivitätskarte des Bestands (rechts) (Werkbild Agro-Sat Consulting)

Voraussetzungen auf der Hardwareseite sind ein mobiler Kleincomputer, ein persönlicher digitaler Assistent (PDA) mit integriertem GPS und Bluetooth sowie ein Bordcomputer zur Variation der Ausbringmengen (Abb. 15). Im KTBL-Heft 69: "Einsatz von PDA's in der Außenwirtschaft" werden die Möglichkeiten der

mobilen Kleincomputer dargestellt. Auf Basis von Applikationskarten wird die Ausbringung über die Software AGRO-SenseSmart gesteuert (Abb. 16). Während der Überfahrt sendet der PDA über Bluetooth positionsbezogen seine Funksignale an den Bordcomputer und regelt die Höhe der Düngermenge auf der jeweiligen Teilfläche. Die Applikationskarten können von Agro-Sat Consulting als Dienstleistung erstellt werden. Dabei greift Agro-Sat Consulting auf Satelliten- oder Luftbilder zurück, um die Entwicklung der Pflanzen auf



Abb. 15: Die Höhe der Düngermengen lässt sich auf dem PDA für jede Teilfläche separat eingeben bzw. verändern (Werkfoto Agro-Sat Consulting)

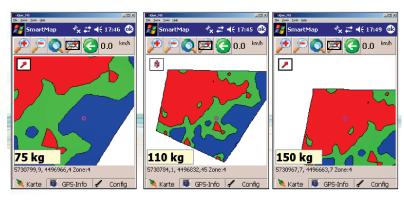


Abb. 16: Von Agro-Sat erstellte Applikationskarten in der PDA-Ansicht (Werkfoto Agro-Sat Consulting)

den Schlägen zu erfassen und auf Basis dieser Informationen die entsprechenden Düngermengen zu ermitteln. Es werden drei Verfahren angewendet:

- Stickstoffdüngung nach potenzialorientierten Ertragszonen auf der Basis mehrjährig verrechneter Daten, z.B. aus Fernerkundung und Ertragskartierung
- optimierte Stickstoffdüngung nach Chlorophyllmonitoring
- Applikationskarten für Grundnährstoffe auf Basis gezielter Bodenbeprobung Seit der Saison 2006 sind bei Agro-Sat aktuelle Satellitenbildauswertungen zugänglich. In maximal 48 Stunden nach dem Überflug können Applikationskarten aus dem Internet heruntergeladen, auf den PDA überspielt und auf dem Acker be-

nutzt werden.



Abb. 17: Loris Maps bei BBCH 25–30; Luftbild links und daraus errechnete Biomasse rechts (Werkbild Kemira)

3.1.2 Kemira Loris Maps

Mit Kemira Loris Maps werden Unterschiede während der Wachstumsphase kartiert. Das Infrarot-Luftbild, klare Sicht voraus gesetzt, aus einer Höhe von 1–7 km, wird in der Wachstumsphase BBCH 23 bis 32 erstellt und dient zur Kalkulation der Biomassekarte (Abb. 17).

Dunkle Farbe = viel Biomasse, helle Farbe = wenig Biomasse Da für die Auswertung nur bestimmte Farbspektren, meist bis zu sechs, genutzt werden, ist der Einfluss der Sorten mit ihren unterschiedlichen Grünfärbungen unerheblich. Auf Basis der Biomassekarten werden Streukarten erstellt, die mit bereits vorhandenen Standortinformationen, z.B. zum Boden, Ertrag oder Ertragspotenzial, kombiniert werden können. Diese Streukarten werden von Kemira-GrowHow je nach Wunsch des Kunden im passenden Dateiformat für den jeweiligen Streuer geliefert. Die Höhe der Düngung muss vor Ort entschieden werden, die Stärke der Variation hängt von der Schwankung der Biomasse ab, ist aber vom Landwirt begrenzbar.

Zusätzlich wird auf Basis dieser Informationen der Schlag in Bereiche aufgeteilt, die annähernd gleiche Biomassen haben. Diese Zonenkarte kann als grober Anhaltspunkt für eine manuelle Variation der Düngung genutzt werden, wenn kein GPS zur Verfügung steht. Außerdem kann sie dazu dienen, Bodenproben zu positionieren.

2007 wurden in Norddeutschland ca. 15000 ha mit Unterstützung von Loris Maps gedüngt. Das System ist auch für Betriebe mit 100 ha Getreidefläche interessant.

3.1.3 Vista

Zur Erstellung von Stickstoffdüngerapplikationskarten ab der zweiten Gabe nutzt Vista Satelliten- oder Befliegungsdaten (Abb. 18 und Abb. 19). Diese Produkte zur Unterstützung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung stehen kurz vor der Markteinführung. Für die erste Gabe, bei der der Bestand noch nicht geschlossen ist, ist ähnlich wie bei den Online-Systemen eine Auswertung noch nicht sinnvoll. Für alle weiteren Gaben kann die Fernerkundung genutzt werden. Im Unterschied zum normalen Luftbild werden dabei digitale Messwerte erstellt, die durch Korrekturprozesse vom Einfluss der Atmosphäre und anderen Störfaktoren befreit werden. Zur Auswertung für die Applikationskarte werden Reflexionswerte des Pflanzenbestandes verwendet, die von der Vitalität der Pflanze und dem Versorgungszustand des Bestands abhängen.

Für die Befliegungen mit dem Flugzeugsensor (Abb. 18) arbeitet Vista mit dem GTCO (Ground Truth Center Oberbayern) zusammen und verwendet deren Sensor, das AVIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer). Die Befliegung kann