

# Teilflächenspezifische Düngung im Getreide unter den Anforderungen der neuen Düngeverordnung – Wirtschaftliche Potenziale in Verbindung mit Farmmanagementansätzen

Guido Recke<sup>1</sup>, Tobias Jorissen<sup>1</sup>, Martin Schnare<sup>1</sup> und Silke Becker<sup>1</sup>

**Abstract:** Aufgrund der neuen Düngeverordnung steigt für landwirtschaftliche Betriebe die Notwendigkeit des effizienten Einsatzes auch von Stickstoffdünger (N) beim Anbau von Getreide. Unter Nutzung aktueller Ansätze der Digitalisierung bei der teilflächenspezifischen Düngung können ökonomische Vorteile genutzt werden. Analysen mit der Linearen Optimierung zeigen, dass bei heterogenen Bodenverhältnissen in einem Schlag höhere Deckungsbeiträge erzielt werden können. Die Analysen zeigen, dass der gezielte Einsatz von Digitalisierung in der praktischen Umsetzung für viele Betriebe eine neue Herausforderung bedeutet, die aber auch wirtschaftliche Chancen bietet.

**Keywords:** Teilflächenspezifische Düngung, Farmmanagement, Digitalisierung, Düngeverordnung, Lineare Optimierung

## 1 Problemstellung

Mit der neuen Düngeverordnung [Dü20] und den damit verbundenen Anforderungen zur reduzierten N-Düngung entstehen neue Herausforderungen für die landwirtschaftlichen Betriebe. Durch die neuen Verordnungen bei zum Teil heterogenen Bodeneigenschaften ergeben sich besondere Herausforderungen für das Flächenmanagement. Unter diesen Bedingungen nehmen die Managementanforderungen erheblich zu und verlangen nach innovativen digitalen Ansätzen in Kombination mit Farmmanagementansätzen, um eine gezielte Düngeplanung umsetzen zu können [Su20].

## 2 Ausgangssituation

Zum 01. Mai 2020 trat in Deutschland die Novellierung der Düngeverordnung, mit dem Ziel, Nitrateinträge aus der Landwirtschaft in die Umwelt zu reduzieren oder zu vermeiden, in Kraft [Dü20]. Anthropogener N zur Erhöhung des Pflanzenwachstums kann bei nicht standortgerechter Ausbringung negative Umweltwirkungen (z. B.

---

<sup>1</sup> Hochschule Osnabrück, Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück, g.recke@hs-osnabrueck.de, t.jorissen@hs-osnabrueck.de, m.schnare@hs-osnabrueck.de, s.becker1@hs-osnabrueck.de

Grundwasserbelastung) haben [Su20]. In diesem Zusammenhang sind v. a. Betriebe mit Flächen innerhalb sogenannter „Roter Zonen“ sowie jene mit hohem Viehbesatz betroffen [AG20; Ta14]. Rote Zonen, hoher Viehbesatz und heterogene Bodenverhältnisse sind für Betriebe im Nordwesten Deutschlands typische produktionstechnische Rahmenbedingungen [ML10; Ta14]. Die Anforderungen an das Management dieser Betriebe sind hoch und verlangen nach verlässlichen und kostengünstigen digitalen Ansätzen, um ein zielgerichtetes und ökonomisch sinnvolles Nährstoffmanagement umzusetzen [Sa19; Wa17]. Auf der Grundlage von Literaturrecherchen und Feldversuchen im Rahmen des vom BMEL und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanzierten Projektes „Agro-Nordwest“ werden ökonomische Effekte digitaler Ansätze umweltgerechter teilflächenspezifischer N-Düngemethoden unter den Anforderungen der novellierten DüV untersucht. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse zur teilflächenspezifischen Applikation mineralischer N-Düngemittel bei Winterroggen vorgestellt. Die spezifischere Düngung des Bestandes und die Investition in geeignete Technik ist mit Mehraufwand verbunden. Die potentielle Kosteneinsparung durch geringeren N-Einsatz ist marginal, weshalb der Mehraufwand durch Pflanzenwachstum und höhere Qualität (z. B. Proteingehalt) vergütet werden muss [KM20].

### 3 Methodischer Ansatz

Neben den experimentellen Versuchen werden ergänzende Modellrechnungen mit der Linearen Optimierung durchgeführt. Die Versuche fanden auf praxisüblichen landwirtschaftlichen Schlägen statt. Erstellt wurden Ertragszonenkarten, welche die ertragsstärkenbezogene Heterogenität des Schlages beschreiben [Hi18]. Der Schlag wurde bezugnehmend auf die Fahrgassen in einen „Referenzbereich (RB)“ und einen „Teilflächenspezifischen Bereich (TB)“ eingeteilt, welche nach Möglichkeit jeweils eine ähnliche Verteilung der Ertragszonen aufwiesen. Im Zuge der Versuche wurde unter Verwendung der im Rahmen der Düngeplanung erstellten Applikationskarten ein Schleuderstreuer für die Mineraldüngerausbringung verwendet. Während auf den TB die teilflächenspezifische Düngerapplikation durchgeführt wurde, fand auf den RB eine herkömmliche Düngung (ohne teilflächenbezogene Steuerung der Ausbringtechnik) statt.

Um Ertragswirkungen der teilflächenspezifischen N-Düngung auf die produktionstechnischen Outputs zu untersuchen, sind neben den Erträgen auch die Qualitäten des Erntegutes ein relevanter Teil der nachfolgenden Auswertungen. Die dahingehende Analyse des Proteingehaltes bei teilflächenspezifischer Düngung erfolgt durch einen Großparzellenversuch am Beispiel eines Winterroggenschlages eines Veredlungsbetriebes in Nordwestdeutschland. Der Boden ist heterogen von sandig bis lehmig, steinig, in leichter Hanglage, und die Bodenpunkte betragen 35-50. Der Winterroggenschlag hat eine Größe von 6,03 ha. Der angelegte Großparzellenversuch ist in annähernd gleich großen Teilen in einen RB und in einen TB parzelliert. Die Düngemittelauswahl und Applikationsmenge erfolgte betriebsbezogen. Im RB soll

homogen Mineraldünger gestreut werden. Im TB wird die Düngestrategie in Absprache mit dem Betriebsleiter und einem regionalen Pflanzenbauberater besprochen. Das angebaute Getreide wird ausschließlich für die eigene Schweinemast verwendet. Die Preiswürdigkeit von Winterroggen wird nach der Austauschmethode von Löhr kalkuliert [WPG18]. Abgeleitet wird die Preiswürdigkeit von Winterroggen durch Vergleich dessen Protein- und Energiegehalte mit denen von Winterweizen und Sojaschrot. Die Energie- und Proteingehalte von Winterweizen und Sojaschrot sind der DLG-Futterwerttabelle entnommen [SP14]. Die Proteingehalte von Winterroggen entstammen dem Großparzellenversuch zur teilflächenspezifischen Mineraldüngung.

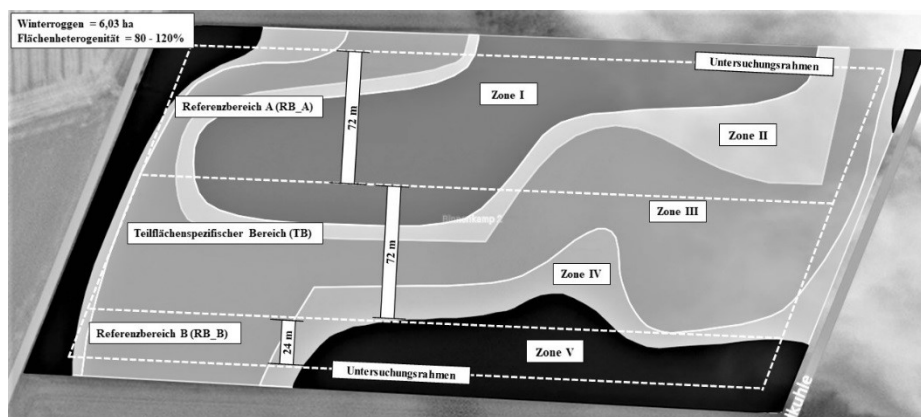


Abb. 1: Eigene Darstellung auf Basis von AGRAVIS NetFarming GmbH

Zur Einschätzung der Ertragskraft des Schlags und Ableitung der Düngestrategie wurde der Service von AGRAVIS NetFarming GmbH gewählt. Auf Basis von Satellitenbildern der Wirtschaftsjahre 2013-2019 wurden fünf Ertragszonen ausgewiesen (vgl. Abb. 1). Die Größen der Zonen betragen bei I = 23 %, bei II = 10 %, bei III = 38 %, bei IV = 11 % und bei V = 18 %. Bei Erstellung des Versuchsdesigns wurde das Vorgewende zur Vermeidung möglicher Randeffekte nicht mit aufgenommen. Die Größen von RB und TB wurden an die Arbeitsbreite (24 m) des Mineraldüngerstreuers angepasst. Für die zwei Mineraldüngegaben im TB wurde eine Flächenheterogenität von 80 % (Zone V) bis 120 % (Zone I) bestimmt. Die Düngegaben erfolgten ertragsorientiert, der Flächenheterogenität angepasst. In einer ersten Mineraldüngergabe wurde durchschnittlich 60 kg N (Ammonsulfatsalpeter) pro Hektar und in einer zweiten Gabe wurde durchschnittlich 35 kg N (Kalkammonsalpeter) appliziert. Zwischen den Mineraldüngergaben erfolgte eine Ausbringung von 85 kg N durch Mastschweinegülle (25 m<sup>3</sup>/ha; 3,4 kg N/m<sup>3</sup>) aus Flüssigfütterung. Die Probennahme zur Proteinbestimmung erfolgte kurz vor dem Mähdrusch in RB und TB, jeweils in jeder Zone, in vierfacher Wiederholung. Gemessen wurde der Wasser- und der Rohproteingehalt. Der Mähdrusch erfolgte mit einem Drescher der Firma Claas, mit einer Schnittbreite von 7,70 m. Die Ertragskartierung erfolgte mittels Claas Telematics. Die Resultate ökonomischer Untersuchungen aus den Versuchen dienen, neben themenrelevanten Kennzahlen aus der Literatur, als Grundlage für

weiterführende Modellierungen. Unter Anwendung der „Linearen Optimierung“ wurden dazu modellmäßig die ökonomischen Effekte der effizienten N-Düngung für einen 5-Zonen 6-ha-Schlag anhand der Richtwertdeckungsbeiträge der Landwirtschaftskammer Niedersachsen [Sc20] untersucht, um die wirtschaftlichen Potenziale bei teilflächenspezifischer mineralischer N-Düngung herauszufinden.

#### 4 Ergebnisse und Diskussion

Bei den Analysen zur Preiswürdigkeit von Winterroggen nach Löhr ergaben sich folgende Ergebnisse: Im Durchschnitt beträgt die Preiswürdigkeit bei RB in Zone 1 = 166 €/t FM, in Zone 2 = 166 €/t FM, in Zone 3 = 169 €/t FM, in Zone 4 = 166 €/t FM und in Zone 5 = 168 €/t FM. Hierbei ist ein Trend in Abhängigkeit der Zonen, die mit gleichen N-Gaben gedüngt worden sind, nicht erkennbar. Bei TB beträgt die Preiswürdigkeit im Durchschnitt in Zone 1 = 163 €/t FM, in Zone 2 = 166 €/t FM, in Zone 3 = 167 €/t FM, in Zone 4 = 166 €/t FM und in Zone 5 = 173 €/t FM. Im Gegensatz zu RB ist bei TB ein Trend bei der Preiswürdigkeit von Winterroggen in Abhängigkeit von Zone und N-Gabe erkennbar. In Bezug auf den gesamten Schlag von 6,03 ha beträgt die mittlere Preiswürdigkeit in RB 168 €/t FM und in TB 1.678 €/t FM. Die Mittelwerte der Preiswürdigkeit zeigen einen marginalen Erfolg der teilflächenspezifischen Düngung. Erste Auswertungen der Ertragskartierung beim Mähdrusch zeigen einen durchschnittlichen Ertrag von 9,4 t/FM (RB +TB).

Die Daten aus den Richtwertdeckungsbeiträgen für Winterroggen bei Ertragsniveaus von 80 bis 100 dt/ha der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für das Jahr 2019 waren die Grundlage für eine 5-Zonen Lineare Optimierungsrechnung. Mit den Daten konnten heterogene Strukturen bei den Böden in modellhaften Wirtschaftlichkeitsberechnungen abgebildet werden. Die Optimierungsrechnungen wurden zunächst für einen 6-ha-Schlag mit prozentual gleich großen Ertragszonen durchgeführt. Zum Vergleich wurde eine Referenzsituation gerechnet, bei der eine einheitliche Bewirtschaftung ohne Berücksichtigung von unterschiedlichen Zonen angenommen wurde, die in der Praxis oft vorzufinden ist. Dabei wurde von einem durchschnittlichen Ertragsniveau von 90 dt/ha für den ganzen Schlag ausgegangen. Hierbei ergab sich ein Deckungsbeitrag auf der Gesamtfläche von 3.951 €. Ein differenziertes Bewirtschaften mit teilflächenspezifischer Düngung mit 5 Zonen und maximal 1.020 kg N-Einsatz (170 kg/ha) auf dem gesamten Schlag ergibt in der Optimierungsrechnung einen Deckungsbeitrag von 4.005 €. Eine Steigerung der N-Gaben auf 180 kg N/ha in der ertragsstärksten Zone mit einer zu erwartenden Ertragssteigerung in der höchsten Ertragszone um 5 % liefert insgesamt einen Deckungsbeitrag von 4.105 €. Weitere Berechnungen mit einer 5 %-igen Ausweitung der ertragsstärkeren Zonen, mit 95 oder 100 dt/ha, aufgrund von ertragssteigernden pflanzenbaulichen Maßnahmen, ergeben wie zu erwarten auch steigende Deckungsbeiträge gegenüber der Referenzsituation. In den Varianten 3 und 4 sind damit Deckungsbeiträge auf dem 6 ha großen Schlag von 4.029 € bzw. 4.129 € zu erzielen.

Variante	N-Einsatz gesamt kg	Deckungs- beitrag gesamt
Referenz (90 dt/ha, 170 kg N/ha)	1.020	3.951 €
1. Variante (80 – 100 dt/ha, 160-170 kg N/ha)	1.006	4.005 €
2. Variante (80 – 105 dt/ha, 160-180 kg N/ha)	1.020	4.105 €
3. Variante (80 – 100 dt/ha, 160-170 kg N/ha, Zone 4 und 5 +5 % Flächenanteil )	1.007	4.029 €
4. Variante (80 – 105 dt/ha, 160-180 kg N/ha, Zone 4 und 5 +5 % Flächenanteil )	1.020	4.129 €

Tab. 1: N-Einsatz und Deckungsbeiträge bei Winterroggen für einen 6-ha-Schlag bei teilflächenspezifischer Düngung und Referenzdüngung

## 5 Fazit und Ausblick

Erste Modellergebnisse zeigen, dass durch teilflächenspezifische Düngung unter den neuen Anforderungen der Düngeverordnung in Betrieben mit heterogenen Bodenverhältnissen bei gleicher oder reduzierter N-Menge auf den Flächen höhere Deckungsbeiträge erzielt werden können. Daneben können aber auch wirtschaftliche Potenziale bei dem erzeugten Getreide genutzt werden. Die können in der innerbetrieblichen Verwertung des Getreides in der Fütterung liegen. Hier ergibt sich weiterer Forschungsbedarf. Insgesamt zeigt sich aber, dass neuere digitale Ansätze in Verbindung mit Farmmanagementansätzen, wie der Linearen Optimierung, Potenziale für ein effizientes Teilflächenmanagement bei der Düngung bieten. In weiteren Berechnungen sollen noch weitere positive Effekte wie z. B. Einsparungen beim Dünger durch Vermeidung von Überlappungen beim Düngerstreuen und die Kosten für Technik und Umsetzung ergänzt werden. Zusätzlich müssen beim experimentellen Versuch im Winterroggen noch auf Basis der Biomassekarte von Claas Telematics die Erträge der fünf Zonen des RB und TB analysiert und in die Berechnungen eingebunden werden. Diese Effekte werden bei einer Bewirtschaftung Roter Zonen voraussichtlich noch höher ausfallen. Hierzu fehlten im Versuch allerdings geeignete Daten, um die Effekte auszurechnen. Dieses soll in Folgeversuchen im Forschungsprojekt Agro-Nordwest weiter untersucht werden. Bei den Analysen wurden die Aufwendungen für die Erstellung der Applikationskarten nicht berücksichtigt. Dies ist insofern bedeutsam, wenn der Vorteil teilflächenspezifischer Düngung marginal ist. Für die landwirtschaftliche Praxis könnte hier zudem die Wahl des Kartenanbieters interessant sein, da unterschiedliche Kostenmodelle für die Erstellung der Applikationskarten und weiteren Services bestehen.

Das Projekt „Agro-Nordwest“ wird durch Mittel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft und des Projektträgers Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert.

## Literaturverzeichnis

- [AG20] AVV Gebietsausweisung: Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten: AVV GeA. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn, 1–41, 2020.
- [Dü20] Düngeverordnung: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis: DüV vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846).
- [Hi18] Hinck, S.; Mentrup, D.; Kerksen, S.; Kümper, D.: Anwendungsorientierte, webbasierte GIS-Lösung: In A. Ruckelshausen et al.: Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn, 103–106, 2018.
- [KM20] Karatay, Y.N.; Meyer-Aurich, A.: Profitability and downside risk implications of site-specific nitrogen management with respect to wheat grain quality. In: Precision Agric 21 (2): 449–472, 2020.
- [ML10] ML: Die Landwirtschaft in Niedersachsen. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung, Hannover, 1–48, 2010.
- [Sa19] Sarker, N.I.; Ali, A.; Salam, A.; Islam, S.; Mahmud, H.: Promoting digital agriculture through big data for sustainable farm management. International Journal of Innovation and Applied Studies 25 (4), 1235–1240, 2019.
- [Sc20] Schindler, M.: Richtwertdeckungsbeiträge 2019. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg, 2020.
- [SP14] Staudacher, W.; Potthast, V.: DLG Futterwerttabellen. Schweine. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG). Frankfurt am Main, 2014.
- [Su20] Sundermann, G.; Waegner, N.; Cullmann, A.; Hirschhausen, C.; von, Kemfert, C.: Nitratbelastung im Grundwasser überschreitet Grenzwert seit Langem: mehr Transparenz und Kontrolle in der Düngepraxis notwendig. Berlin. DIW Wochenbericht (87), 118–130, 2020.
- [Ta14] Tamásy, C.: Intensivierung der Landwirtschaft im Oldenburger Münsterland: Nutztierhaltung im Fokus der Nachhaltigkeit. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 203–207, 2014.
- [Wa17] Walter, A.; Finger, R.; Huber, R.; Buchmann, N.: Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (114), 24, 6148–6150, 2017.
- [WPG18] Weiß, J.; Papst, W.; Granz, S. (2011) Tierproduktion. Stuttgart: Enke Verlag.