

Ökonomik der teilflächenspezifischen N-Düngung von Weizen unter Berücksichtigung von Qualität, Risiko und N-Düngerrestriktionen

Yusuf Nadi Karatay¹, Andreas Meyer-Aurich¹ und Markus Gandorfer²

Abstract: Die Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischen N-Düngung wird oft in Frage gestellt. Im Falle von Restriktionen hinsichtlich der N-Intensität könnten Technologien zur teilflächenspezifischen Düngung ggf. einen Mehrwert darstellen. Das Ziel dieser Arbeit ist zu prüfen, ob sich bei solchen Restriktionen die Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischen N-Düngung im Vergleich zur einheitlichen N-Düngung verbessert. Zu diesem Zweck wurde ein Modellschlag mit zwei Teilschlägen unterschiedlicher Ertragspotenziale entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Begrenzung des N-Einsatzes der ökonomische Vorteil der teilflächenspezifischen N-Düngung leicht zunimmt. Dieser Vorteil ergibt sich in erster Linie aus der Auswirkung der N-Düngung auf die Produktqualität.

Keywords: Precision Farming, Wirtschaftlichkeit, Monte Carlo Simulation

1 Einleitung

Stickstoff (N) in seiner reaktiven Form ist essentiell für die landwirtschaftliche Produktion, aber gleichzeitig aufgrund mehrerer Verlustpfade verantwortlich für negative Umweltwirkungen. Die große Herausforderung des Stickstoffmanagements besteht darin, den Stickstoff so auszubringen, dass seine Verfügbarkeit für die Pflanze für einen ökonomisch optimalen Ertrag gegeben ist, und der Verlust durch Auswaschung und Emissionen minimiert wird. Teilflächenspezifische N-Düngung könnte dazu einen Beitrag leisten [Ra02]. Allerdings wird die Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischen N-Düngung oft in Frage gestellt [GM17]. Es stellt sich die Frage, ob Technologien zur teilflächenspezifischen N-Düngung bei Restriktionen hinsichtlich der N-Intensität, etwa durch gesetzliche Vorschriften, ggf. einen Mehrwert generieren. Das Ziel dieser Arbeit ist die Wirtschaftlichkeit der teilflächenspezifischen N-Düngung von Winterweizen im Vergleich zur einheitlichen N-Düngung zu analysieren, wenn die N-Intensität z.B. durch gesetzliche Vorgaben begrenzt ist. Ein besonderer Schwerpunkt der Analyse liegt auf der Auswirkung der N-Düngung auf die Produktqualitäten.

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam, ykaratay@atb-potsdam.de (Y.N. Karatay), ameyer-aurich@atb-potsdam.de (A. Meyer-Aurich)

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising, markus.gandorfer@lfl.bayern.de

2 Material und Methoden

2.1 Teilflächenspezifische Ertrags- und Proteinfunktionen

Ertragsfunktionen wurden anhand eines Normierungsansatzes für einen Modellschlag mit zwei Teilschlägen unterschiedlicher Ertragspotenziale in Anlehnung an [Kr93] geschätzt (siehe auch [Ka99] und [KD02]). Die Modellierung basierte auf Ertragsdaten aus langjährigen N-Steigerungsversuchen zu Winterweizen (1986-1999) am Standort Berlin-Dahlem [Kö00]. Die Zusammenhänge von Ertrag und N-Düngung wurden mit Hilfe des Normierungsansatzes auf zwei Modellteilschläge übertragen, die die empfohlenen N-Düngereinsätze und jeweilige Erträge der Brandenburger Landbaugebiete mit einem hohen bzw. niedrigen Ertragspotenzial haben [HL16]. Die Beziehung zwischen N-Intensität und Rohproteingehalt wurde auf Basis von Versuchen geschätzt [Er05], die ebenfalls in Dahlem durchgeführt wurden.

2.2 Wirtschaftlichkeit

Die N-kostenfreie Leistung wurde als Marktleistung durch den erzielten Ertrag abzüglich der N-Düngekosten berechnet. Die zusätzlichen Kosten für teilflächenspezifische N-Düngung wurden mit 11 € ha⁻¹ a⁻¹ (bei einer Auslastung auf 500 ha) [OECD16] berücksichtigt. Die ökonomisch optimale N-Düngung wurde auf der Basis der Produktionsfunktionen unter Berücksichtigung von Qualität bestimmt. Hierzu wurden Unsicherheiten bezüglich der N-Nachlieferung durch Mineralisierung von Stickstoff aus dem Boden, der Preise für N-Dünger, der Erzeugerpreise für Weizen, sowie der Preisdifferenz zwischen Back- und Futterqualität mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen (5000 Iterationen) berechnet. Alle Unsicherheitsparameter wurden mit Dreiecksverteilungen in @Risk (Palisade Corporation Software, Ithaca NY USA) modelliert. Die Erwartungswerte der Verteilungen lieferten die Grundlagen für die Berechnungen. Preise für Backweizen und Stickstoffdünger wurden aus [HL16] entnommen. Die Backqualität wurde vereinfacht aus dem Rohproteingehalt abgeleitet, wobei nur zwei Qualitäten unterschieden wurden: Backqualität und Futterqualität am Schwellenwert von 13% Rohproteingehalt.

2.3 Szenarioanalyse

Die Modellierung erfolgte für einen Modellschlag mit zwei Teilschlägen unterschiedlicher Standorteigenschaften, in denen verschiedene N-Düngungsszenarien unter Berücksichtigung von Restriktionen durchgeführt wurden (prozentuale N-Düngerreduktion ausgehend vom ökonomischen Optimum). In Abhängigkeit der teilflächenspezifischen Ertrags- und Proteinfunktionen wurden ökonomisch optimale N-

Düngermengen jeweils teilflächenspezifisch und flächeneinheitlich im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die teilflächenspezifische N-Düngung zeigte im Durchschnitt der Simulationsergebnisse höhere Erträge, eine geringere Wahrscheinlichkeit für Proteingehalte unter 13% und in Folge höhere Erwartungswerte der N-kostenfreien Leistung als bei flächeneinheitlicher N-Düngung (Tab. 1). Der ökonomische Vorteil teilflächenspezifischer N-Düngung war hierbei in ähnlicher Größenordnung wie bei anderen Studien, die die Wahrscheinlichkeit des Erreichens von Backqualität nicht simulierten [GM17]. Bei N-Düngerrestriktionen ist bei teilflächenspezifischer N-Düngung im Vergleich zur flächeneinheitlichen N-Düngung ein höherer Erwartungswert festzustellen, wenn mit der teilflächenspezifischen N-Düngung eine höhere Produktqualität sichergestellt werden kann. Der Vorteil teilflächenspezifischer N-Düngung wird mit zunehmender N-Düngerrestriktion stärker.

	N-Düngung %	\bar{x} Ertrag Mg ha ⁻¹	Wahrscheinlichkeit Rohproteingehalt <13 %	Erwartungswert (N-kostenfreie Leistung) € ha ⁻¹
Uni	100	6.23	11%	897
PF	100	6.32	4%	906
Uni	90	6.14	41%	877
PF	90	6.21	26%	888
Uni	80	6.00	82%	844
PF	80	6.03	54%	855

Tab. 1: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationen hinsichtlich der Reduzierung der N-Düngung
 Uni: einheitliche N-Düngung; PF: teilflächenspezifische N-Düngung; \bar{x} : Mittelwert

4 Fazit und Ausblick

Unter Einbeziehung der Stochastik der Mineralisation von Stickstoff aus dem Boden lässt sich der Erwartungswert der N-kostenfreien Leistung der Weizenproduktion in Abhängigkeit von der Qualität des Produktes simulieren und bewerten. Auf Basis der Simulationsrechnungen zeigt sich, dass der Erwartungswert des ökonomischen Vorteils der teilflächenspezifischen N-Düngung bei reduzierter N-Düngung erhalten bleibt und sogar leicht steigt, da die Wahrscheinlichkeit für geringere Produktqualitäten mit der Technik geringer ist.

Es muss allerdings untersucht werden, inwieweit Standorteigenschaften auf den Rohproteingehalt Einfluss haben, bzw. Heterogenität der Teilschläge einen Einfluss auf die

Ergebnisse dieser Arbeit hat. Außerdem könnte der Vorteil teilflächenspezifischer N-Düngung bei solchen Restriktionen sogar höher sein, wenn weitere positive Umwelteffekte (z.B. N-Auswaschung, Lachgasemissionen) berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

- [Er05] Erekul, O., Ellmer, F., Köhn, W., Öncan, F.: Einfluss differenzierter Stickstoffdüngung auf Korntrag und Backqualität von Winterweizen. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51:5, S. 523-540, 2005.
- [GM17] Gandorfer, M., Meyer-Aurich, A.: Economic Potential of Site-Specific Fertiliser Application and Harvest Management. In *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*, Springer, Cham., S. 79-92, 2017.
- [HL16] Hanff, H., Lau, H.: Datensammlung für die Betriebsplanung und die Betriebswirtschaftliche Bewertung Landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg, 7', Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MIL), Potsdam, 2016.
- [Ka99] Kazenwadel, G.: Ökonomisch/ökologische Beurteilung von regionalen Agrar- und Umweltprogrammen in der Europäischen Union', Frankfurt: Agrimedia, 1999. - VIII, Agrarwirtschaft : Sonderh. 162, 1999.
- [KD02] Kilian, B., Dabbert, S.: Ökonomie (TP IV-1). In: *Precision Agriculture - Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis*. Tagungsband Precision Agriculture Tage 13.-15. März in Bonn. KTBL-Sonderveröffentlichung 038. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 2002.
- [Kö00] Köhn, W., Ellmer, F., Peschke, H., Chmielewski, F., Erekul, O.: Dauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem Deutschland. In Körschens M.: *UFZ-Bericht 15/2000 - IOSDV Internationale organische Stickstoffdauerdüngungsversuche, Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS)*, Verlag: UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, S. 25-35, 2000.
- [Kr93] Krayl, E.: Strategien zur Vermeidung der Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft. *Landwirtschaft und Umwelt, Schriften der Umweltökonomik, Band 8*, Kiel, 1993.
- [OECD16] OECD: *Farm Management Practices to Foster Green Growth*. OECD Publishing, Paris, 2016.
- [Ra02] Raun, W. R., Solie, J. B., Johnson, G. V., Stone, M. L., Mullen, R. W., Freeman, K. W., Thomason, W. E., Lukina, E. V.: Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Grain Production with Optical Sensing and Variable Rate Application Contribution from the Oklahoma Agric. Exp. Stn. *Agronomy Journal*, 94(4), S. 815-820, 2002.