

Überbetrieblicher Einsatz eines Sensorsystems zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung

Eine Fallstudie aus einer kleinstrukturierten Agrarregion

Beat Vincent¹, Maria Maidl², Stefanie Münster², Markus Gandorfer¹

Abstract: Für eine einzelbetriebliche Investition sind Stickstoffsensoren für kleinere Betriebe aufgrund des hohen Investitionsbedarfs wirtschaftlich nur schwer darzustellen. Als Lösung für dieses Problem wurden eine gemeinschaftliche Nutzung der Technik und ihre Auswirkungen auf verschiedene Aspekte wie die Arbeitsorganisation und das Düngemanagement untersucht. Dabei wurden in mehreren Stufen leitfadengestützte Interviews zur Betriebsorganisation sowie der Management- und Umwelteinstellung der teilnehmenden Landwirte durchgeführt, um die Potenziale der gemeinschaftlichen Nutzung dieses Precision-Farming-Ansatzes identifizieren zu können. Die Ergebnisse zeigten eine hohe Bereitschaft aller Beteiligten für die kooperative Maschinennutzung. Der Sensor eignet sich außerdem sehr gut zum Einsatz im Rahmen einer Maschinengemeinschaft, da das Konfliktpotenzial (übermäßige Nutzung, Verschleiß, Bruch) niedrig und der Aufwand für den Tausch zwischen den Betrieben gering waren. Die statt des Kalibrierens auf die Pflanzenentwicklung notwendige Parametrisierung von agronomischen Variablen (erwartetes Ertragsniveau, N-Nachlieferung aus dem Boden) zur richtigen Bemessung der teilflächenspezifischen N-Gaben im absoluten Düngesystem bei Weizen führte bei den Landwirten teils zu großen Anwendungsunsicherheiten, denen durch professionelle Beratung begegnet werden muss.

Keywords: N-Düngung, Precision Farming, Teilflächenspezifische Düngung, Fernerkundung, Anwenderfreundlichkeit, Akzeptanzhemmnisse

1 Einleitung

Die teilflächenspezifische N-Düngung wird als ein Instrument zur Erhöhung der N-Effizienz in der Landwirtschaft gesehen [Hü07; MSH04]. Für eine einzelbetriebliche Investition in die Technik sind besonders Stickstoffsensoren für kleinere Betriebe jedoch aufgrund des hohen Investitionsbedarfs wirtschaftlich oft nur schwer darzustellen [LNT17]. Als Lösung für dieses Problem sollen eine gemeinschaftliche Nutzung der Technik sowie ihre Auswirkungen auf verschiedene Aspekte wie beispielsweise auf das Düngemanagement von Landwirten untersucht werden. Ein gemeinschaftlicher (überbetrieblicher) Einsatz der Technologie kann sich allerdings insbesondere bei der

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, beat.vincent@lfl.bayern.de

² Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Alte Akademie 1, 85354 Freising

Düngung z. B. aufgrund verschiedener Spurweiten, aber auch aufgrund enger Zeitfenster aus organisatorischer Sicht als besonders herausfordernd in der Umsetzung gestalten.

Schließlich wird angenommen, dass sich die Anwender durch die neue Technologie intensiver mit der Düngung in ihren Betrieben auseinandersetzen (edukativer Effekt). Zudem wird erwartet, dass sich aus dem Kooperationsverbund eventuell Landwirte herauskristallisieren, die die Düngung zukünftig überbetrieblich für andere Mitglieder ausführen. Dadurch könnte es zu einer Steigerung der Anwendungssicherheit durch ein höheres Know-how und zu weiteren N-Einsparungen kommen.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Praxisbetriebe

Zur Überprüfung der Forschungsfragen wurde auf fünf benachbarten Marktfruchtbetrieben unter süddeutschen Standortbedingungen ein Stickstoffsensor erstmalig im Jahr 2018 eingesetzt. Alle Betriebe werden als Familienbetriebe mit einer Flächenausstattung zwischen 60 und 140 ha im Haupterwerb und ein bis zwei Arbeitskräften geführt (Alter der Betriebsleiter 25-55 Jahre). Das Untersuchungsgebiet mit überwiegend flachgründigen Böden im Übergangsbereich des Tertiären Hügellandes (Schlaggröße ca. 3-5 ha) ist dabei als intensiv bewirtschaftet anzusehen. Als Folge daraus befinden sich die Untersuchungsbetriebe in einem ökologischen Spannungsfeld mit zunehmender Gefahr von N-Austrägen aus dem Oberboden.

2.2 Etablierter Ansatz zur überbetrieblichen sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung auf den Praxisbetrieben

Das auf den Praxisbetrieben etablierte Verfahren zur überbetrieblichen sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung wurde nach dem Ansatz „online + map overlay“ durchgeführt, wobei das historische Ertragspotenzial der Teilflächen berücksichtigt wurde. Die Basis für den Mapping-Ansatz lieferten durch Fernerkundung gewonnene, mehrjährige Biomassekarten, die die relativen Unterschiede der Biomasseaufwüchse innerhalb eines Feldes widerspiegeln. Dieses teilflächenspezifische Wachstumspotenzial wurde im Fall von Winterweizen mit einem Düngealgorithmus in ein absolutes Ertragspotenzial überführt und mit den aktuellen Sensormesswerten der N-Versorgung des Pflanzenbestandes verrechnet, woraus sich letztlich die Höhe der zu applizierenden N-Menge ableitete. Die Ertragserwartung sowie die Höhe des aus dem Boden mineralisierten Stickstoffs stellten dabei wichtige Parameter dar, die vor der Düngung vom Landwirt selbst festzulegen waren.

Da einer der Landwirte keinen Winterweizen anbaute, wurde der Sensor hier ohne Absolutdüngesystem bei Dinkel eingesetzt. Die zu applizierende N-Gabe wurde dabei

ebenso schlagspezifisch selbst bestimmt und an der durchschnittlichen Bestandesentwicklung mithilfe einer kurzen Messtrecke im Schlag kalibriert.

2.3 Betriebsleiterbefragungen

Vor Beginn der Vegetationsperiode wurden durch einen Fragebogen einzelbetriebliche Daten gesammelt, um aufbauend auf den bestehenden Strukturen und Einstellungen der Landwirte mögliche Organisationsformen für die angestrebte Maschinenkooperation zu entwickeln. Nach der ersten sensorgestützten Düngung (zweite N-Gabe bei Winterweizen) wurde durch ein zusätzliches leitfadengestütztes Betriebsleiterinterview (Interviewdauer ca. 2 Stunden pro Betrieb) erfasst, welche Einstellung die Betriebsleiter zum N-Management und zur gemeinschaftlichen Maschinennutzung haben. Es wurden auch Fragen zur Arbeits- sowie zur Umwelteinstellung der Landwirte gestellt, um diesbezüglich mögliche Effekte durch die Anwendung des Precision-Farming-Ansatzes besser einordnen zu können. Ein weiterer Betriebsbesuch wurde zur zweiten sensorgestützten N-Düngung (dritte N-Gabe bei Winterweizen) durchgeführt. Hierbei stand ein Monitoring zur Anwenderfreundlichkeit der Technologie im Fokus. Die Befragungen der Landwirte wurden mittels eines teilstandardisierten Fragebogens durchgeführt [Ma09]. Der Großteil der Fragen wurde offen gestellt, um den Landwirten die Möglichkeit zu geben, ihre Meinungen und Erfahrungen ausführlich zu kommunizieren. Die übrigen Fragen wurden mithilfe von fünfstufigen Likert-Skalen gestellt, um Einschätzungen besser darstellen und vergleichen zu können [RB10].

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Triebfedern für den Einsatz der sensorgestützten N-Düngung

Die Analyse der leitfadengestützten Betriebsleiterinterviews zeigte eine hohe Akzeptanz der Betriebsleiter gegenüber der modernen Technik und macht eine hohe Motivation zur Prozessoptimierung im Pflanzenbau deutlich. Allerdings waren klassische ökonomische (z. B. Reduzierung der Stickstoffkosten) und ökologische Aspekte nur untergeordnet Triebfedern für den Sensoreinsatz. Vielmehr waren es agronomische Überlegungen für ein bestmögliches Arbeitsergebnis – auch in Bezug auf zukünftige Anwendungsgebiete abseits der N-Düngung, die für die Erprobung der sensorgestützten N-Düngung sprachen. Bestehende Maschinenkooperationen – ob erfolgreich oder nicht – spielten dabei keine Rolle zugunsten der getroffenen Entscheidungen. Die Gründe für diese Entscheidungsprozesse sind demnach in der starken Produktionsorientierung der Pilotbetriebe zu suchen, um abseits nicht zu beeinflussender Faktoren wie Standort und Witterung Ertrags- und Qualitätsrisiken zu minimieren.

3.2 Wahl der Organisationsform

Die in Abb. 1 dargestellte Break-Even-Analyse illustriert, dass es für keinen der fünf Pilotbetriebe möglich wäre, die Gewinnschwelle bei der sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung zu erreichen. Der Break-Even-Analyse liegt dabei vereinfacht ein Investitionsbedarf von 30.000 € für die Sensortechnologie sowie ein Zinssatz von 4 % bei einer Nutzungsdauer von acht Jahren zugrunde. Der Vorteil durch teilflächenspezifische N-Düngung wird mit 16 € ha⁻¹ angenommen [SW08]. Selbst wenn dieser auf 32 € ha⁻¹ verdoppelt wird, so wird aus Abb. 1 deutlich, dass noch immer die drei größten Pilotbetriebe kooperieren müssten, um die Gewinnschwelle zu überschreiten. Die gemeinschaftliche Nutzung der Technologie ist damit aus ökonomischen Überlegungen zentral. Es stellt sich dabei jedoch die Frage nach der Organisationsform.

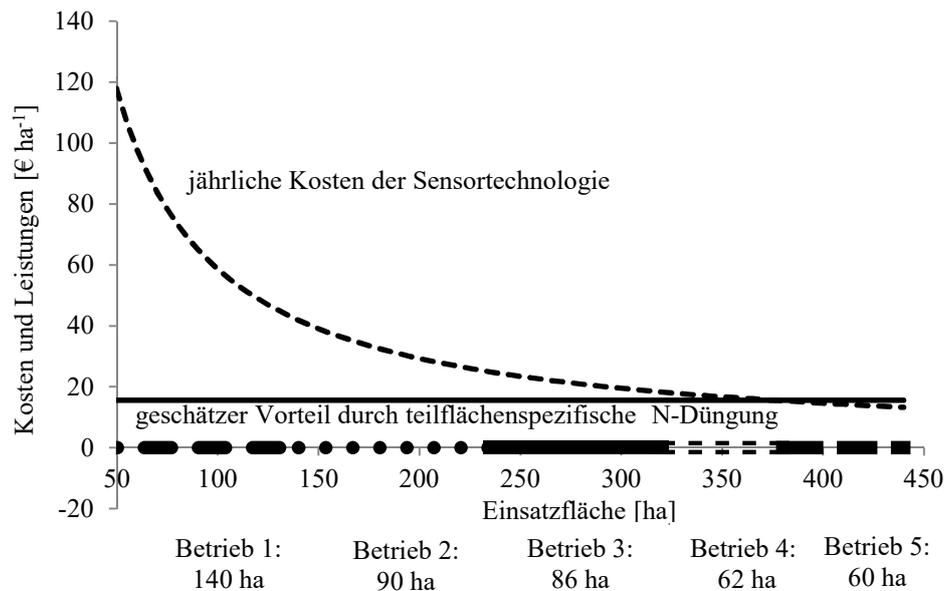


Abb. 1: Break-Even-Analyse

Die genaue Art der Organisationsstruktur für die gemeinschaftliche Sensornutzung wurde zu Beginn des Pilotprojekts bewusst nicht festgelegt. Würde die Düngung von einem Landwirt für andere durchgeführt, so hätte dies den Vorteil, dass es durch Spezialisierung zu einem hohen Know-how bei diesem Landwirt kommen würde, von dem alle Pilotbetriebe profitieren könnten. Allerdings wäre aufgrund unterschiedlicher Spurweiten teilweise mit Ertragsverlusten bei anderen Pilotbetrieben zu rechnen. Zu Projektbeginn kristallisierte sich bezüglich der Organisationsformen schnell die Variante heraus, bei der jeder Landwirt selbst die Sensortechnologie nutzt, obwohl sie nach

Schätzung der Betriebsleiter zu einer zunehmenden Komplexität der N-Düngung und einem zeitlichen Mehraufwand von 5-15 % führte. Begründet wurde die Wahl dieser Organisationsform von den Teilnehmern selbst wiederum mit ihrer hohen Technikaffinität als auch der starken Motivation für ein bestmögliches Arbeitsergebnis. Eine zukünftige Veränderung der Organisationsform kann aber nicht ausgeschlossen werden, wenn die Anwender Vertrauen in die Technik bzw. die Arbeitserledigung durch andere Pilotbetriebe gewinnen, oder wenn es zu einer weiteren Ausdehnung von Use Cases (z. B. Pflanzenschutzmittelapplikation) für das Sensorsystem kommt. Dann müssen allerdings die Auslastung der Technologie und damit verbundene zeitliche Restriktionen für die gemeinschaftliche Nutzung neu bewertet werden. Entgegen der ursprünglichen Erwartungen gestaltete sich die gemeinschaftliche Nutzung der Sensortechnologie folglich als eine gut zu lösende Aufgabe. Dies kann neben anderen Motivationsgründen ökonomischer oder ökologischer Art [KMG18] ebenso positiv für eine weitere Verbreitung der Technologie gewertet werden.

3.3 Anwenderfreundlichkeit: Parametrisieren versus Kalibrieren

Die Analyse der Anwenderfreundlichkeit der eingesetzten Sensortechnologie offenbarte, dass die Landwirte im Rahmen der teilflächenspezifischen Düngung vor neue Herausforderungen gestellt werden. Obwohl das im Sensorsystem implementierte N-Düngesystem bei Winterweizen nicht kalibriert werden musste, waren eine Parametrisierung der Einflussgrößen Ertragspotenzial und N-Nachlieferung aus dem Boden gefordert. Dies führte bei vier Pilotbetrieben, welche die Technologie bei Winterweizen einsetzten, teils zu großen Unsicherheiten, da die Sensitivität beider Parameter das Niveau einer N-Gabe um bis zu 30-50 kg ha⁻¹ beeinflussen kann. Einer der Pilotbetriebe setzte den Sensor im Dinkel ein. Da für Dinkel keine absoluten Düngealgorithmen verfügbar sind, muss das Sensorsystem hier vor der Düngung klassisch kalibriert werden. Die Fallstudie zeigt hier, dass entgegen der ursprünglichen Annahme der Kalibriervorgang in der Durchführung nicht aufwendiger ist als die Anwendung des Absolutdüngesystems und zudem weniger Unsicherheiten beim Anwender verursacht als die zuvor beschriebene Parametrisierung. Das erforderliche Parametrisieren des richtigen Ertragspotenzials und der N-Nachlieferung im Boden ist damit eine Herausforderung, die neu erlernt werden muss. Falsche Annahmen an dieser Stelle können die positiven Umwelteffekte der Technologie stark reduzieren, aber auch die Akzeptanz gegenüber der Technologie auf der Seite der Anwender verringern [SG18].

4 Fazit

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die teilflächenspezifische sensorgestützte N-Düngung nach dem „online + map overlay“-Verfahren im Rahmen einer gemeinschaftlichen Nutzung auch in kleinstrukturierten Gebieten einen erfolgreichen Ansatz für Precision Farming bieten kann. Im vorliegenden Fall lag dies einerseits daran,

dass sich die Pilotbetriebe sehr offen für die innovative Technik zeigten. Darüber hinaus eignet sich das Sensorsystem gut für eine gemeinschaftliche Nutzung, da klassische Reibungspunkte einer Maschinengemeinschaft hier keine Rolle spielen. Trotzdem erfordert die Technologie für eine erfolgreiche Implementierung eine intensive Begleitung der Anwender, um möglichen Akzeptanzhemmnissen zu begegnen und negative Umwelteffekte zu vermeiden. Speziell das Parametrisieren des absoluten Düngesystems erfordert umfangreiche agronomische Erfahrung, die zum Teil erst erlernt werden muss.

Literaturverzeichnis

- [Hü07] Hüter, J.; Reckleben, Y.; Schneider, M.; Schwarz, J.; Wagner, P.: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung. KTBL-Heft 75, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2007.
- [KMG18] Karatay, Y.N.; Meyer-Aurich, A.; Gandorfer, M.: Ökonomik der teilflächenspezifischen N-Düngung von Weizen unter Berücksichtigung von Qualität, Risiko und N-Düngerrestriktionen. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 135-138, 2018.
- [LNT17] Langenberg, J.; Nordhaus, F.B.; Theuvsen, L.: Navigations- und N-Sensor gestützte Anwendungen in der Landwirtschaft – eine Rentabilitätsanalyse. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Transformation – Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 97-100, 2017.
- [Ma09] Mayer, H.O.: Interview und schriftliche Befragung. Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung. 5. überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-486-71762-4, Wissenschaftsverlag Oldenbourg, München, 2009.
- [MSH04] Maidl, F.X.; Schächtl, J.; Huber, G.: Strategies for site-specific nitrogen fertilization on winter wheat. In: Mulla, D.J. (Hrsg.): Proc. of the 7th Int. Conf. on Precision Agriculture, Minneapolis, S. 1938-1948, 2004.
- [RB10] Raab-Steiner, E.; Benesch, M.: Der Fragebogen – von der Forschungsidee zur SPSS/PASW-Auswertung. 2. aktualisierte Auflage, ISBN 978-3-825-28727-6, Facultas-Verlag, Wien, 2010.
- [SW08] Schneider, M.; Wagner, P.: Ökonomische Effekte der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auf betrieblicher Ebene. In: Werner, A. et al. (Hrsg.): pre agro Abschlussbericht, Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg S. 401-436, 2008.
- [SG18] Schleicher, S.; Gandorfer, M.: Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 203-206, 2018.