

Teilflächenspezifische Düngung

Autorinnen und Autoren: Thomas Anken, Annett Latsch, Michael Simmler, Lilia Levy, Juan Manuel Herrera, Nathalie Wuyts, Francesco Argento, Benedikt Kramer, Florian Bachmann, Frank Liebisch

Version: 1 / März 2025

Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung hat das Potenzial, Pflanzen bedarfsgerecht zu ernähren sowie Über- oder Unterversorgungen zu vermeiden. Ziel ist es, optimale Erträge und Qualitäten zu erzielen, kosteneffizient zu arbeiten und negative Auswirkungen auf die Umwelt, wie zum Beispiel in Form von Nitrat- oder Lachgasverlusten zu reduzieren. Die Nutzung von mathematischen Modellen, Satelliten- und Sensordaten ermöglicht bedeutende Fortschritte. Auch wenn die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, finden diese Systeme bereits Anwendung in der Schweizer Landwirtschaftspraxis.

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

Anwendungsgebiet	Ackerbau
Umsetzungsebene	Landwirtinnen und Landwirte
Wirkungsebene	Feld
Wirtschaftlichkeit	Mit Gratistools und händischer Steuerung des Düngerstreuers fallen kaum Kosten an. Bei einer Vollausrüstung der Düngerstreuer mit ISO-Bus lohnt sich dies nur beim Einsatz auf grösseren Flächen. Das Ressourceneffizienzprogramm des Bundes erlaubt die wirtschaftliche Umsetzung.
Wirkungsziel	Stickstoff (N); Phosphor (P) und andere Hilfsstoffe möglich
Unterkategorie Wirkungsziel	Nitrat (NO ₃ ⁻), Ammoniak (NH ₃) und Lachgas (N ₂ O)
Wirkungszeitraum	Ist kurzfristig umsetzbar und wirkt langfristig
Wirkung/Reduktionspotenzial	Reduktionspotenzial (Gesamtschweiz): hoch (> 1000 t N) in Kombination mit anderen Massnahmen wie z.B. Düngebedarfsermittlung nach korrigierten Normen

Wirkungsprinzip: Pflanze bedarfsgerecht düngen

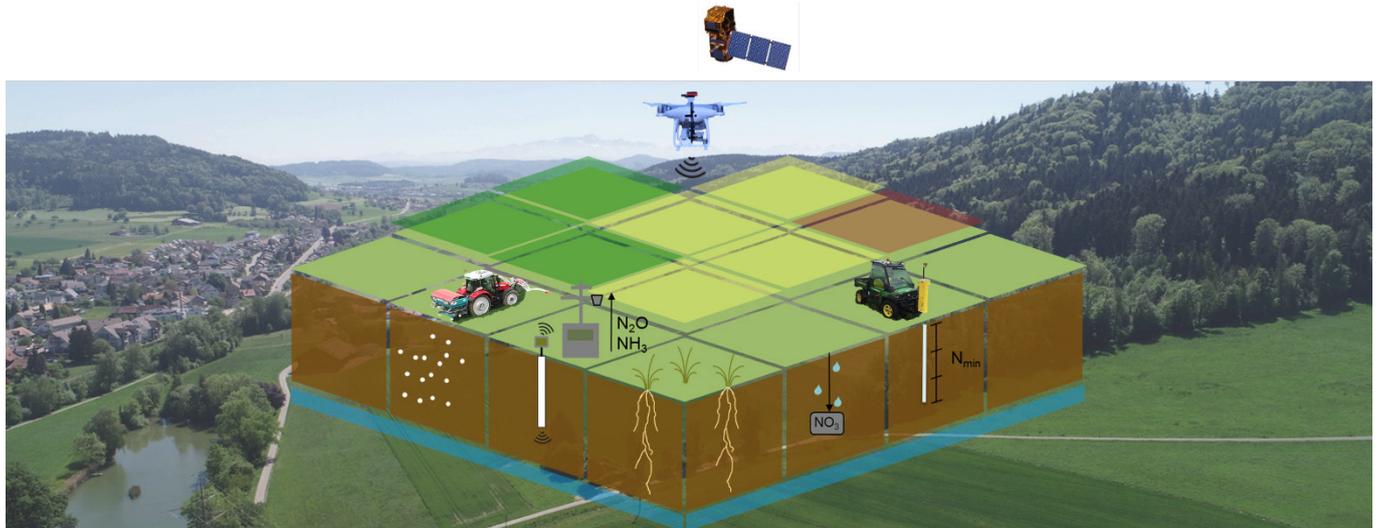
Die bedarfsgerechte Düngung der Kulturpflanzen ist eine anspruchsvolle Aufgabe, da viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden müssen: Bodenstruktur, natürliche Stickstoffmineralisierung, Saatbedingungen, aktueller Zustand des Pflanzenbestandes, klimatische Faktoren und Pflanzenkrankheiten sind Faktoren, die das Ertragspotenzial und den Stickstoffbedarf beeinflussen. Ziel ist es, diesen Bedarf abzudecken, ohne eine Über- oder Unterversorgung zu erhalten. Unterversorgung bedeutet Einbussen bei Ertrag und Qualität, eine Überversorgung äussert sich in Form von Verlusten, wie stärkerer Nitratauswaschung ins Grundwasser oder Lachgasemissionen in die Atmosphäre. Weiter gilt es zu bedenken, dass die Herstellung mineralischer Stickstoffdünger über das Haber-Bosch-Verfahren energieintensiv ist und diese auch deshalb sparsam eingesetzt werden sollten.

Die teilflächenspezifische Düngung, bei der die Düngergaben innerhalb eines Feldes variiert werden, um unterschiedliche Boden- und Pflanzeigenschaften zu berücksichtigen, hat sich in den vergangenen Jahren stark entwickelt und stellt seit Jahrzehnten einen der wichtigsten Fortschritte bei der Stickstoffdüngung dar (Lorenz und Münchhoff, 2018).



Sensoren erfassen Pflanzenentwicklung

Traktor-, drohnen- oder satellitenbasierte Sensoren liefern Informationen zur aktuellen Stickstoffversorgung der Pflanzen auf dem Feld. Sie zeigen, wo die Pflanzenbestände stärker und wo sie schwächer entwickelt sind. Durch die darauf basierende Unterteilung der Felder in verschiedene Teilflächen, sogenannte Managementzonen, lassen sich die Düngergaben innerhalb des Feldes optimieren. Die Düngerverteilung wird in Applikationskarten dargestellt, die bei der Düngung auf den Traktor übertragen und abgearbeitet werden. Häufig werden bei günstigen Wachstumsbedingungen schlecht entwickelte Stellen etwas mehr gedüngt und gut entwickelte etwas schwächer. Bei schlechten Bedingungen wie zum Beispiel vernässten Stellen sollte die Düngergabe hingegen eher reduziert werden, da zusätzlicher Stickstoff von den Pflanzen hier nicht verwertet werden kann. Für die Bemessung der durchschnittlichen Höhe einer Stickstoffgabe werden derzeit noch herkömmliche Methoden der Düngedarfbsbemessung wie die korrigierte Düngennorm oder N_{\min} (www.grud.ch) genutzt. An neuen, modellbasierten Lösungen wird jedoch intensiv gearbeitet.



Die teilflächenspezifische Düngung ermöglicht beides: optimale Erträge und verminderte Nitratauswaschung und Lachgasemissionen.

Der Vorteil satellitenbasierter Systeme ist der tiefe Preis für die Applikationskarten, die entweder gratis erstellt werden können oder durch kommerzielle Anbieter in Preisen pro Hektar angeboten werden. Traktorbasierte Sensorsysteme wie von Yara oder Isaria kosten je nach Ausführung bis zu mehreren zehntausend Franken, was für deren Amortisation bei den kleinen Feldgrößen der Schweiz herausfordernd ist. Ihr Vorteil liegt darin, dass sie während der Überfahrt messen und nicht wie die Satelliten durch Wolken gestört werden. Drohnen sind kostengünstig zu haben, liefern detaillierte Daten und werden im Gegensatz zu Satelliten von hohen Wolken nicht gestört. Nachteilig ist der zusätzliche Arbeitsaufwand zur Durchführung der Flüge. Für die Stickstoffdüngung liefern verschiedene Sensorsysteme bei korrekter Kalibrierung und Anwendung jedoch oft qualitativ ähnliche Empfehlungen (Argento et al., 2025).

Vorteile

- Räumliche Unterschiede in der Pflanzenentwicklung werden bei der Düngung berücksichtigt.
- Ein höherer Anteil des eingesetzten Stickstoffdüngers wird durch die Pflanzen aufgenommen.
- Negative Auswirkungen auf die Umwelt wie Nitratauswaschung und Lachgasemissionen werden vermindert, ebenso der Energiebedarf für die Düngerherstellung.
- Negative Auswirkungen von Überdüngung wie Lagergetreide, Qualitätseinbussen oder erhöhter Krankheitsbefall werden reduziert
- Kosteneinsparungen beim Dünger sind in vielen Fällen möglich und erlauben das Erreichen hoher Düngereffizienzen ohne Ertrags- und Qualitätseinbussen.
- Wertvolle Daten für die Optimierung der ackerbaulichen Produktion stehen den Betrieben zur Verfügung und ermöglichen Vergleiche über die Jahre hinweg.

Nachteile

- Zusätzlicher Zeitaufwand für die Umsetzung z.B. für das Erstellen und Übertragen der Applikationskarte auf den Traktor
- Technische Hürden und Probleme können bei der Etablierung auftreten und bedingen entsprechendes Know-how.
- Je nach Ausrüstung können teilweise hohe Kosten anfallen, die es entsprechend zu amortisieren gilt. Zur Verbesserung der Auslastung ist in vielen Fällen der überbetriebliche Einsatz (Maschinengemeinschaft, Lohnunternehmer) sinnvoll.
- Die Bemessung der durchschnittlichen Höhe der Stickstoffgabe bedingt meist noch eigene Erfahrung und Anwendung der Düngedarfbsbemessung; eine automatisierte Lösung fehlt bisher.

Tabelle 2. Übersicht wichtiger Systeme für die Teilflächenspezifische Düngung (unvollständige Auswahl), weitere Beispiele und ein funktioneller Vergleich anhand der Stickstoffdüngung findet sich in Argento et al. (2025)

System	Beispiele Produkte und Anbieter	Funktionalität
Satellitenbilder	www.talkingfields.de (Vista); www.barto.ch (Cropview); onesoil.ai ; www.terrazo.at (gratis); earthdailyagro.com ; www.spacenus.com , nutriguide.com , terensis.io , cropsat.com , www.solorrow.com , www.koralabs.ch	Die meisten Tools ermöglichen das Definieren von Managementzonen und unterstützen beim Erstellen von Applikationskarten. Kostenpflichtige Dienste geben ausserdem Empfehlungen zu den Düngermengen in den verschiedenen Zonen, die der Landwirt bei Bedarf noch anpassen kann.
Traktorgestützte Sensoren	www.agricon.de (YaraN-Sensor), www.farmoffice.ch/index.php/produkte/next-greenseeker (NEXT Greenseeker), www.isaria-digitalfarming.com (Isaria Crop Sensor)	Anpassung der Düngermenge während der Ausbringung basierend auf optischen Daten von den Pflanzenbeständen.
Drohnen	Drohnen wie www.wingtra.com , ageagle.com , www.dji.com , www.parrot.com , www.xa.com ausgerüstet mit Multispektralkameras	Erstellen von Multispektralbildern und Generieren von Applikationskarten mit Softwarepaketen wie www.pix4d.com , www.applikationskarte.de

Interaktionen

Die zur Verfügung stehenden Informationen können auch zur Bestandesführung (Wachstumsregulatoren) und im Pflanzenschutz verwendet werden. Neben Stickstoff können auch andere Nährstoffe wie Phosphor und Bodenverbesserer wie Kalk teilflächenspezifisch ausgebracht werden.

Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit

Von Gratisapps bis hin zu kommerziellen Angeboten oder gar zu einer High-End-Sensordlösung öffnet sich ein weites Feld. Die Nutzung der Apps bietet grundsätzlich keine grossen Hürden. Auch eine unabhängige Erstellung von Applikationskarten mit GIS-Software ist möglich, erfordert aber Kenntnisse im Umgang mit räumlichen Daten und entsprechender Software. Im Rahmen des Projekts Smart-N ([Link](#)) wurde auf sieben Praxisbetrieben Winterweizen teilflächenspezifisch gedüngt, dabei wurde mit verschiedenen Technologien in der Praxis Erfahrungen gesammelt.

Voraussetzungen/Bedingungen

- Eine vollautomatische teilflächenspezifische Düngung, bei welcher der Düngerstreuer laufend seine Einstellungen anpasst ([DLG-Merkblatt 410](#)), bedingt eine entsprechende technische Ausrüstung und kann Zusatzkosten von über fünftausend Franken verursachen. Nachrüstlösungen der einzelnen Hersteller oder von unabhängigen Anbietern wie www.tellnet-ag.ch können eine kostengünstige Alternative darstellen. Bei einer Neuanschaffung kann bereits auf die technischen Möglichkeiten geachtet werden, was oft günstiger ist als eine Nachrüstung.
- Eine manuelle Regulierung der Düngemenge während der Ausbringung ist beispielsweise mit einem Tablet und der Gratissoftware [Terrazo](#) möglich. Sie ist aber deutlich weniger präzise und je nach Situation sehr umständlich. Dafür kann sie fast ohne zusätzliche Kosten umgesetzt werden.
- Entsprechendes Know-how für die Umsetzung der Systeme ist auf dem Betrieb verfügbar.

Bewertungen

Wirtschaftlichkeit

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) entrichtet für den Ackerbau einen Produktionssystembeitrag für einen effizienten Stickstoffeinsatz von Fr. 100.-/ha (BLW, 2024). Mit diesem Beitrag lässt sich der Mehraufwand für die teilflächenspezifische Düngung kompensieren, was wegen der vergleichsweise tiefen Düngerpreise ansonsten nur schwer möglich ist (Argento et al., 2022). Das geforderte Ziel von max. 90 % der Stickstoffmenge, die gemäss Suisse-Bilanz ausgebracht werden darf, lässt sich mit der teilflächenspezifischen Düngung in den meisten Fällen ohne Ertragsverluste erreichen. Die besser kontrollierte Bestandesführung und Vermeidung von Überdüngung ermöglichen es zudem, die Düngung effizienter und standortangepasster durchzuführen und negative Effekte wie Lagergetreide zu vermindern. Die Kosten für die Umsetzung sind je nach Niveau sehr unterschiedlich. Mit einem Computer-Tablet oder Smartphone auf dem Traktor und manueller Regelung der Düngermenge während der Ausbringung sind die Kosten sehr gering. Ein voll elektronisch ausgerüsteter Düngerstreuer führt aber schnell zu Mehrkosten von mehreren tausend Franken, die es über die Jahre zu amortisieren gilt.

Reduktionspotenzial

In den von der Versuchsstation «Smarte Technologien» während sechs Jahren durchgeführten Praxisversuchen in Winterweizen mit der Applikation Vista in Kombination mit N_{\min} konnten die Stickstoffüberschüsse ohne Ertrags- und Qualitätseinbussen um gut 20 % gesenkt werden, was das grosse Reduktionspotenzial dieser Massnahme aufzeigt (Latsch und Kramer, 2023).

Erfolgs-/Qualitätskriterien

- Stickstoffüberschüsse werden bei gleichbleibendem Ertrag und ohne Qualitätsverlust reduziert und die Nährstoffnutzungseffizienz erhöht.
- Die grossen räumlichen Unterschiede der Pflanzenbestände werden adäquat bewirtschaftet.

Stakeholder-Perspektiven

Die Versuche auf der digitalen Versuchsstation «Smarte Technologien» und Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass Landwirtinnen und Landwirte einfach zu bedienende Werkzeuge verlangen. Die Technik muss funktionieren, mit wenigen «Klicks» sollten die wichtigsten Informationen verfügbar sein und die Applikationskarten vom PC oder Smartphone auf den Traktor übertragen werden. Eine hohe Zuverlässigkeit wird erwartet, denn gegenüber eventuellen Ertragseinbussen besteht in der Praxis nur wenig Toleranz, weil die wirtschaftlichen Einbussen schnell hoch sind. Im internationalen Kontext ist die Technologie etabliert. Für die Schweiz fehlen jedoch detaillierte Empfehlungen, wie sie in Kombination mit der durch die GRUD gegebenen Düngebedarfsbemessung situationsbezogen umgesetzt werden kann.

Fazit

Die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung ist eine sehr effiziente Massnahme, um Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft zu senken. Sie ermöglicht nicht nur den Spezialisten, sondern auch den einzelnen Betrieben, die Düngergaben genauer auf den Bedarf der Pflanzen abzustimmen. Sie ist ein wertvoller Schlüssel zu einem professionellen Ackerbau, der Erträge optimiert und negative Auswirkungen auf die Umwelt reduziert.

Weitere Informationen

Enthalten in...

themes.agripedia.ch/teilflaechenspezifische-bewirtschaftung

www.smartfarming.agroscope.ch

www.swissfuturefarm.ch

www.swissgranum.ch

www.dlg-verlag.de/shop/teilflachen-bewirtschaften.html

Literatur

- Argento F., Liebisch F., Anken T., Walter A., & El Benni N. (2022). Investigating two solutions to balance revenues and N surplus in Swiss winter wheat. *Agricultural systems*, 201, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103451>
- Argento F., Merz Q., Perich G., Anken T., Walter A., Liebisch F. (2025) A comparison of proximal and remote optical sensor platforms for N status estimation in winter wheat. *Computers and Electronics in Agriculture* 232 (2025) 110110. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110110>
- BLW (2024). Produktionssystembeitrag für einen effizienten Stickstoffeinsatz im Ackerbau (Fr. 100.-/ha). Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern. <https://backend.blw.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-blwch-files/files/2024/09/17/49c6dc02-e174-41a7-8253-dd5ceff3d24.pdf> (21.01.2025)
- DLG-Ausschuss für Technik in der Pflanzenproduktion, Scheufler B., Uppenkamp N. (2017). Technik zur Ausbringung fester Mineraldünger. DLG-Merkblatt 410. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_410.pdf
- Latsch A. und Kramer B. (2023). Ortsspezifische Düngung – etwas für die Praxis?, *UFA Revue* 12, <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/ortsspezifische-duengung-etwas-fuer-die-praxis>
- Lorenz F. und Münchhoff K. (2018). Teilflächenspezifische Bodenprobenahme und Düngung, DLG-Merkblatt 407, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_407.pdf
- Petter G., Greiner L., Liebisch F., Schorro A. (2025). Mehrwert von Bodeninformationen für die Landwirtschaft: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung anhand von Bodenkarten. KOBOMerkblatt. BFH-HAFL, Zollikofen-Bern. <https://ccsols.ch/de/downloads/teilflaechenspezifische-stickstoffduengung-anhand-von-bodenkarten-merkblattreihe-mehrwert-von-bodeninformationen-fuer-die-landwirtschaft/>

Impressum

Herausgeber	Agroscope Tänikon 1 8356 Ettenhausen www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Download	www.agroscope.ch/naehrstoffverluste
Copyright	© Agroscope 2025

Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.