



Während vier Jahren, von 2022 bis 2025, wurden auf insgesamt acht Betrieben mit total 40 Parzellen (rund 125 ha) die teilflächenspezifischen Düngungsversuche im Rahmen des «Smart-N»-Projekts durchgeführt. Bild: Rauch

# Gute fachliche Praxis als Voraussetzung

Im Projekt «Smart-N» wurde die teilflächenspezifische Stickstoff-Düngung im Winterweizen auf Praxisbetrieben in Schaffhausen und Thurgau mit der betriebsüblichen Düngung verglichen mit dem Resultat, dass Smart Farming ein Erfolgsfaktor sein kann.

**Benedikt Kramer, Annet Latsch und Florian Bachmann\***

Als Voraussetzung zur teilflächenspezifischen Düngung wird in der Praxis oft der Einsatz von Sensoren am Traktor, Drohnenbildern oder Ertragsdaten angesehen. Dabei ist der Einstieg bereits mit Satellitendaten sehr günstig möglich. Über die kostenlos verfügbaren «Sentinel-2»-Daten lässt sich der Vegetationsindex «NDVI» (Normalized Difference Vegetation Index) für jede Parzelle im

10×10-m-Raster errechnen. Besser versorgte und vitalere Pflanzen reflektieren Licht anders als gestresste Pflanzen, weshalb man aus diesem Index auf die Nährstoffversorgung und Vitalität des Bestandes schliessen kann.

Auf dieser Grundlage kann die Nährstoffapplikation im Feld auf Teilflächen variiert werden. Entweder ausgleichend, wonach schwächere Bereiche stärker gedüngt werden. Oder verstärkend, durch eine höhere Düngegabe auf stärker entwickelten Bereichen. So wie beispielsweise auch im Stall Tiere mit höherer Leistung besser gefüttert werden.

## Technische Voraussetzungen

Die Applikationskarte gibt vor, an welcher Position welche Menge gedüngt werden soll. Dazu sind Positionsdaten und eine Regelung notwendig. Eine simple Lösung ist die Nutzung des GPS-Signals vom Handy und die händische Regelung. So kann in Apps wie beispielsweise «EasyMaps» (von Kuhn), «NutriZones», oder «TerraZo» an der aktuellen Position die Sollmenge angezeigt werden. Die Mengenregelung erfolgt dann von Hand am Terminal oder über die Fahrgeschwindigkeit.

Komfortabler und sicherer ist dagegen die automatische Regelung. Zwar gibt es

\*Benedikt Kramer (Agridea, Lindau), Annet Latsch (Agroscope Tänikon), Florian Bachmann (Swiss Future Farm/Arenenberg).

die Möglichkeit der Nachrüstung einer automatischen Regelung, am bedeutendsten ist jedoch die Regelung über Isobus. Die Applikationskarte wird im Terminal des Traktors oder des Düngerstreuers hinterlegt. Die Ausbringmenge übernimmt das Terminal mit Hilfe des GPS-Signals vom Traktor-Lenksystem oder einer separaten Antenne. Je nach Konfiguration ist ein Lenksystem nicht zwingend vorausgesetzt. Zu beachten ist aber, dass eventuell weitere kostenpflichtige Isobus-Freischaltungen notwendig sind.

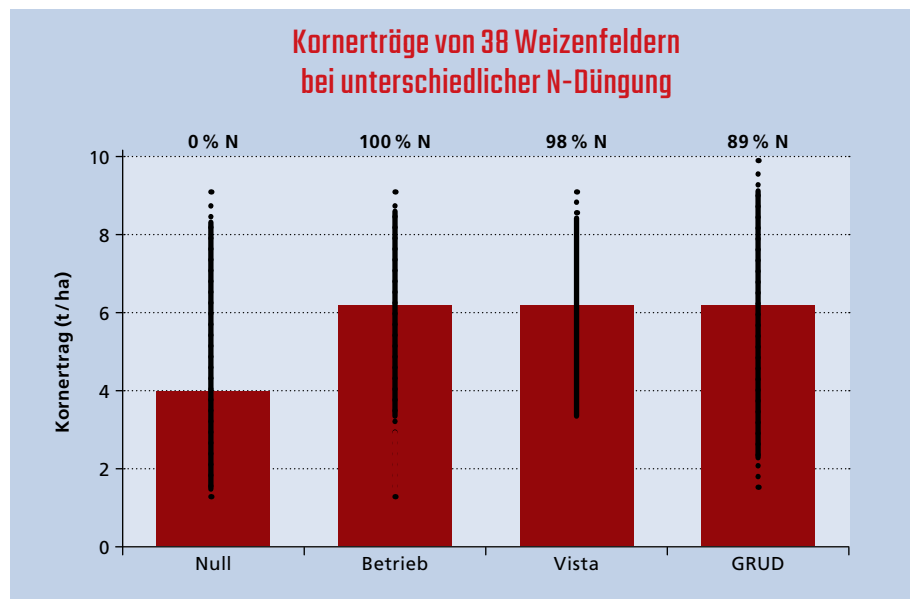
### Das Projekt

«Smart-N» ist ein Projekt der Versuchstation «Smarte Technologien», die in Kooperation der Kantone Thurgau und Schaffhausen zusammen mit Agroscope und Agridea das Ziel verfolgt, smarte Technologien zu testen und zur Verbreitung dieser beizutragen, wenn sie einen positiven Effekt auf Landwirtschaft oder Umwelt mit sich bringen. Ausgangslage des Projekts waren Versuche von Agroscope, die bei teilflächenspezifischer Düngung eine um 13% bessere Stickstoff-(N)-Effizienz und um 32% verringerte N-Überschüsse gezeigt haben im Vergleich zur gleichmässigen Düngung. Das warf die Frage auf: Bestätigen sich diese Ergebnisse auch in der Praxis?

Insgesamt beteiligten sich während 4 Jahren 8 Betriebe mit 40 Parzellen, was einer Fläche von rund 125 ha entspricht. Die Parzellen wurden unterteilt in eine teilflächenspezifisch und eine betriebsüblich gedüngte Hälfte. Für die teilflächenspezifische Variante wurden Karten der Firma Vista verwendet. Die Betriebsvariante wurde homogen ausgebracht. Ein Betrieb verwendete jedoch ab 2024 in der Betriebsvariante 5-stufige Applikationskarten der Firma OneSoil.

Über die Anlage von Nullparzellen war es möglich, die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden zu messen und die GRUD-Parzelle lieferte eine Aussage zur Performance der Düngung nach Systematik der GRUD. Zur Düngung wurden beide Varianten abgedeckt bzw. die GRUD-Parzelle von Hand nachgestreut. Hier wurde für die Berechnung der Düngehöhe der Nmin-Wert vom Frühjahr berücksichtigt.

Für die Auswertung wurden kurz vor der Ernte Handproben aus Nullparzelle, GRUD-Parzelle und im direkten Umfeld dieser aus der jeweiligen Variante entnommen. Zudem kam ein Mähdrescher mit Ertragserfassung zum Einsatz. Aus



**Mittelwerte der Kornerträge mit Schwankungsbreite über alle Versuchsparzellen. Von links nach rechts: Nullparzelle ohne Düngung, betriebstypische Variante, teilflächenspezifische Variante (Vista) und Düngung nach GRUD mit Korrektur für Nmin-Wert.**

Quelle: Annett Latsch, Agroscope.

den Proben wurden dann Mengen und N-Gehalt von Korn und Stroh bestimmt.

Durch die Nullparzelle war die N-Aufnahme aus dem Boden bekannt und somit konnte der N-Überschuss und auch die N-Verwertung durch die Pflanzen berechnet werden.

### Ergebnisse

Das Projekt hat gezeigt, dass die Technik funktioniert. Am besten jedoch, wenn Traktor und Düngerstreuer bereits getestet sind und die Kommunikation über Isobus gut funktioniert. Beides kam im Projekt vor: Reibungsloses Aufspielen und Abarbeiten der Applikationskarte als auch längeres Troubleshooting, bis Traktor, Terminal und Düngerstreuer wirklich miteinander gesprochen haben. Es hat sich auch gezeigt, dass die günstige Lösung per App gut funktioniert, das gleichzeitige Fahren und Regeln aber anspruchsvoll ist. Nachrüstlösungen könnten zudem künftig eine interessante Option sein, konnten aber im Projekt nicht tiefergehend getestet werden.

Trotz aller Begeisterung für die Technik muss man festhalten, dass diese kein Allheilmittel ist und nur funktionieren kann, wenn die Basis stimmt. Hier besteht mit der GRUD bereits ein gutes Grundgerüst, das auf Versuchen in der Schweiz basiert und damit auch diese Realität gut abbildet.

Die teilflächenspezifische Düngerverteilung (VRA) kann Überschüsse weiter reduzieren und die Effizienz steigern –

vorausgesetzt, die Grundmenge ist korrekt bemessen. Eine fehlerhafte Basis-Düngermenge lässt sich durch VRA jedoch nicht ausgleichen. Die Basis bildet eine präzise berechnete Düngermenge durch die Berücksichtigung von Nmin-Werten oder der Anwendung der korrigierten Norm. Hier werden statt Nmin-Werte relevante Faktoren wie Bodenstruktur, Vorfrucht, Hofdünger und weitere Parameter berücksichtigt, wodurch sich anhand der GRUD Zu- oder Abschläge ergeben. Selbst auf den kleinen, aber heterogenen Schweizer Parzellen kann eine angepasste Verteilung die Ergebnisse optimieren.

Das Angebot an Applikationskartenanbietern ist und bleibt dynamisch. So können neue Anbieter auf den Markt kommen, aber auch verschwinden. Im Projekt wurden Karten eines Anbieters verwendet, denen eine eher komplexe Berechnung zugrunde liegt. Allerdings konnte kein Mehrwert gegenüber einfacheren Karten festgestellt werden. Die Preise schwanken zwischen kostenlos (TerraZo) und einigen Franken/ha (z. B. OneSoil). Für einen ersten Versuch muss also nicht unbedingt viel Geld investiert werden.

Bei den Ergebnissen (*Grafik*) zeigte sich über die gesamte Projektlaufzeit eine grosse Schwankungsbreite. Der mittlere Kornertrag lag bei rund 6 t/ha in allen Varianten, die Unterschiede zwischen den Parzellen waren jedoch teilweise gross. Neben den Parzelleneffekten gab es witterungsbedingt auch ausgeprägte Jahres-

effekte. Während das Erntejahr 2022 relativ normal war, war es 2023 sehr trocken und 2024 sehr nass. Im Jahr 2024 lagen die Erträge, wie auch schweizweit, rund ein Drittel unter den üblichen Erträgen. Das Jahr 2025 war wieder etwas durchschnittlicher.

Während die N-Menge bei der teilflächenspezifischen Variante leicht unter der Betriebsvariante lag, war bei der Düngung nach GRUD die N-Menge weiter reduziert. Die N-Menge ist die applizierte Menge an mineralischem Stickstoff.

Ein deutlicherer Effekt für die teilflächenspezifische Düngung war bei der Reduktion der Überschüsse zu verzeichnen. Diese konnten gut untersucht werden, da über die Nullparzelle ohne Düngung die Nachlieferung über den Boden gemessen werden konnte.

Der Überschuss ergibt sich aus der Differenz des Stickstoffs, welcher der Pflanze durch Boden und Düngung zur Verfügung gestanden hat und den sie dann tatsächlich aufgenommen hat. Fast die Hälfte des N-Angebotes kam im Durchschnitt aus dem Boden. Das verdeutlicht,

warum dieser Faktor berücksichtigt werden sollte. Die N-Überschüsse verringerten sich über die gesamte Projektlaufzeit im Mittel um 18% in der teilflächenspezifischen Variante und um 38% in der GRUD-Variante.

In der teilflächenspezifischen Variante wurde die Gesamt-Düngermenge nicht über die GRUD-Systematik ermittelt. Das verspricht ein Potenzial, wenn diese beiden Vorgehensweisen miteinander kombiniert werden.

### Empfehlungen für die Praxis

Bestehende Werkzeuge und Grundlagen für eine effiziente und umweltschonende Düngung sind bereits vorhanden. Erster wichtiger Schritt ist dabei die parzellscharfe Düngebedarfsermittlung auf Grundlage der GRUD. Besonders wichtig ist die Berücksichtigung der Mineralisierung. Dies kann entweder direkt durch die Korrektur um N<sub>min</sub>-Werte oder die Anwendung der korrigierten Norm erfolgen.

Wer sich näher mit der teilflächenspezifischen Düngung beschäftigen möchte, kann dies bereits ohne Kosten tun. So las-

sen sich zum Beispiel mit dem kostenlosen Tool «TerraZo» aus Österreich gratis Applikationskarten für die N-Düngung in Winterweizen erstellen. Diese können über Gratis-Apps im Feld angezeigt und mit der eigenen Einschätzung des Bestandes verglichen werden.

Die Digitalisierung bietet die Möglichkeit, verschiedenste Daten (Boden, Wetter, Hofdüngereinsatz oder Satellitenkarten) automatisch miteinander zu verknüpfen und die Düngemenge teilflächenspezifisch zu bestimmen. Die Resultate zeigen deutlich, dass mit der Kombination der «Grundlagen der Düngung im Ackerbau» und der teilflächenspezifischen Düngung ein klarer Mehrwert geschaffen werden kann. Dies bedingt aber den Einsatz entsprechender Feldkalender, damit die Daten nicht mehrfach eingegeben werden müssen. Dieser Schritt in die Zukunft kann wirklich lohnend sein, da die Daten ebenso der Berechnung der Nährstoffbilanzen dienen. Ein gewisser initialer Mehraufwand ermöglicht eine effiziente Düngung und verschlankt die Nachweispflichten. ■