

Online optimieren

Wie viel Stickstoff soll der Weizen wirklich bekommen? Das hängt von Ort und Jahr ab. Kieler Wissenschaftler haben dafür ein webbasiertes Düngemodell entwickelt, und niedersächsische Berater haben es in der Praxis getestet – mit Erfolg.

Mit Blick auf die Novellierung der Düngeverordnung ist die Frage der optimalen N-Düngeintensität insbesondere bei der Backweizenproduktion aktueller denn je. Nach wie vor wird nach Rohproteingehalt abgerechnet. Auf der anderen Seite nehmen die gesetzlichen Restriktionen bei der Düngung zu. Die Ausschöpfung des standortspezifischen Potentials und die Reduktion der N-Bilanzüberhänge scheinen nur schwer miteinander vereinbar zu sein. Durch eine dem aktuellen Bedarf der Pflanze angepasste Düngung kann dieser Spagat jedoch gelingen. Hierzu müssen die vorhandenen Schlag-, Management- und Standortinformationen genutzt werden. Dazu gehören auch das Klima und die Jahreswitterung.

Hilfe aus dem Netz. Eine auf der Beratungsplattform ISIP (www.isip.de) implementierte Online-Entscheidungshilfe, die im Rahmen eines von der DBU geförderten Forschungsprojektes an der Universität Kiel entwickelt wurde, verknüpft verschiedene Informationsquellen. Damit soll die N-Düngung von Winterweizen optimiert werden. Ziel ist eine jahresspezifische Korrektur der schlagspezifisch errechneten N-Sollwerte zur Qualitätsgabe (Zu-/

Abschläge), um eine bedarfsorientierte N-Düngung zu gewährleisten und gleichzeitig die in der Praxis üblichen Sicherheitszuschläge aufgrund ungewisser Witterungsverhältnisse zu reduzieren. Durch Anbindung an den Kartenserver des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) können für die Modellberechnung wichtige Bodenparameter automatisiert abgerufen werden. Auch beinhaltet das Modell ein Modul zur Simulation der N-Mineralisation.

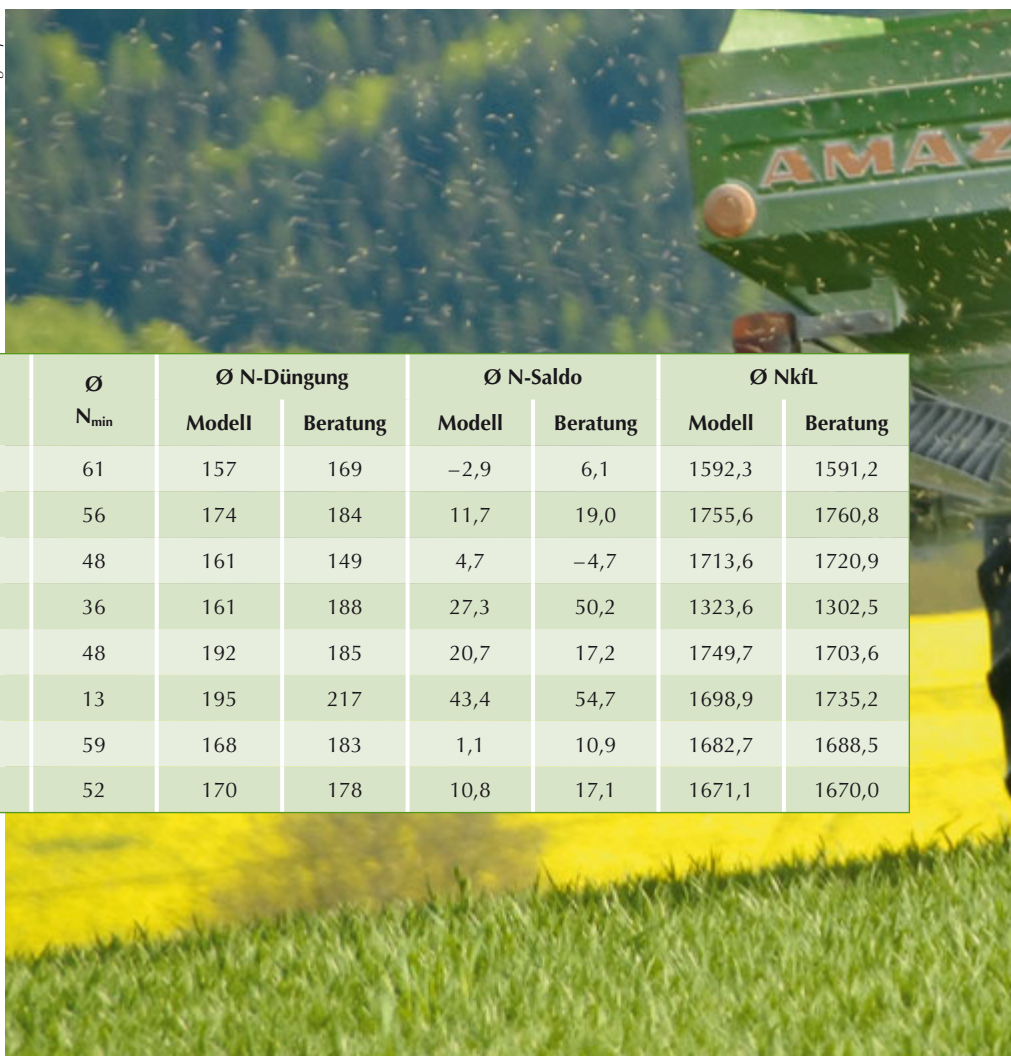
Fünf Jahre lang hat die Landwirtschaftskammer Niedersachsen das Modell gemeinsam mit Praxisbetrieben intensiv erprobt. Zudem findet seit 2013/14 ein Test auf bundesweit angelegten Versuchsfeldern der Landesdienststellen statt. Es hat sich gezeigt, dass mit dem Tool eine deutlich verbesserte Düngebedarfsprognose möglich ist. Das Modell ist für alle Nutzer der ISIP-Beratungsplattform der Länder freigeschaltet.

Wie funktioniert das Modell? Zielgröße ist die auszubringende N-Menge sowie deren zeitliche Verteilung. Zunächst wird ein Sollwert basierend auf Benutzereingaben zum Standort (Ertragsniveau, Ackerzahl, Frühjahrs-N_{min}-Gehalt in 0–90 cm) und Anbaumanagement (Vorfrucht, orga-

Übersicht 1: So wurde das Modell validiert*

Land	n	AZ Ø	Ertrag Ø	Ø N _{min}	Ø N-Düngung		Ø N-Saldo		Ø Nkfl	
					Modell	Beratung	Modell	Beratung	Modell	Beratung
HE	4	69	90	61	157	169	-2,9	6,1	1592,3	1591,2
NI	28	69	100	56	174	184	11,7	19,0	1755,6	1760,8
NRW	12	60	95	48	161	149	4,7	-4,7	1713,6	1720,9
RP	9	59	70	36	161	188	27,3	50,2	1323,6	1302,5
S-H	5	54	100	48	192	185	20,7	17,2	1749,7	1703,6
ST	1	91	100	13	195	217	43,4	54,7	1698,9	1735,2
TH	13	63	90	59	168	183	1,1	10,9	1682,7	1688,5
Mittel	72	66	92	52	170	178	10,8	17,1	1671,1	1670,0

* Validation anhand von quadratischen Ertragsfunktionen; Parameter: Ackerzahl (AZ), Kornertag, N-Bilanzüberhang ertragskorrigiert (N-Saldo) und N-Kosten freie Leistung (NKfL, siehe Preisannahmen Übersicht 2). Die Ergebnisse sind als Mittelwerte über die Aufwüchse (n) dargestellt.



nische Düngung, angestrebter Rohproteingehalt) errechnet. Schlüsselgrößen sind der zu erwartende N-Entzug, der Vorrat an mineralischem Bodenstickstoff zu Vegetationsbeginn (N_{\min}), sowie die zu erwartende N-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz. Die Schätzung der effektiven N-Nachlieferung erfolgt unter Berücksichtigung von Vorfrucht, Zufuhr organischer Dünger, Klima, Bodenwertzahl, Ertragsniveau und N_{\min} -Gehalt. Um diese Einflüsse quantifizieren zu können, hat die LWK Niedersachsen bundesweite Versuchsdaten aus N-Steigerungsversuchen der Landesdienststellen zusammengetragen. Um das ökonomische Risiko für den Landwirt zu minimieren, gibt es neben diesen pflanzenbaulichen Aspekten auch eine Preisadjustierung auf Grundlage der erwarteten Preise für Weizen und Stickstoff. Zusätzlich zum Bilanzansatz wurden Regeln für die Sollwertbegrenzung eingefügt. Diese ergeben sich aus langjährigen Versuchsergebnissen, Erfahrungen aus der Beratung und/oder gesetzlichen Vorgaben (z. B. N-Saldo).

Auch in der Praxis hat sich gezeigt, dass die N-Effizienz der Weizendüngung mithilfe des Prognosemodells verbessert werden kann.

Die Versuchsstandorte der Modellevaluierung weisen überwiegend ein hohes Ertragsniveau ($\bar{\varnothing}$ 92 dt/ha) und hohe Ackerzahlen ($\bar{\varnothing}$ 66) auf (Übersicht 1). Einbezogen wurden Ertragsfunktionen für Kornertrag und Rohprotein auf der Basis von N-Steigerungsversuchen aus Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Bei rund einem Viertel der untersuchten Flächen handelt es sich um A- oder E-Weizen-Standorte. Die N-Form wurde bei den Modellempfehlungen und Referenzvarianten nicht berücksichtigt. Bei den Feldversuchen der Landesdienststellen erfolgte jedoch ausschließlich eine mineralische Düngung.

Um das Modell unter realistischen Bedingungen zu testen, wurden Wetterdaten des jeweiligen Jahres nur bis zum 28. Mai berücksichtigt. Als Vergleichsvariante dienten die jeweils aktuellen Empfehlungen der Officialberatung. Es handelt sich also um eine sehr »harte« Referenz für ein vereinheitlichtes und automatisiertes Düngesystem. Der N_{\min} -Wert (0–90 cm) wurde immer zu 100% angerechnet.

Wirtschaftlichkeit. In den letzten zehn Jahren schwankten die Weizenpreise zum Teil stark. Für die monetäre Bewertung

Übersicht 2: Preisannahmen*

Preis-szenario	Weizenpreis (€/dt)	Proteinsensitivität ¹ (%)
I	10	0
II	10	3
III	20	3
IV	30	3
V	20	10
VI	30	10

* Annahmen für die monetäre Bewertung des Düngemodells; Stickstoffpreis: 1 €/kg N

¹ Preisabschlag bei Nichterreichen des Zielprotein-gehaltes

wurden daher verschiedene Preisszenarien gerechnet, um eine robuste Bewertung durchführen zu können (Übersicht 2). Neben dem Weizenpreis variiert auch die Proteinsensitivität des Weizenpreises. Das Modell berücksichtigt beide Faktoren, um das ökonomische Risiko zu minimieren.

Die Szenarien wurden sowohl für die Modell-Variante, als auch für die Referenz (Beraterempfehlung der Länderdienststellen) gerechnet. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte über die Preisannahmen dargestellt. Um die Ergebnisse aus den Versuchen auf einen Praxisschlag zu übertragen, ging der Parzellenertrag bei der Berechnung der N-Salden nur zu 90% ein.

Das Konzept setzt auf die Erfahrung des Landwirts bzw. Beraters.

Die Güte der Empfehlung ist stark von der Qualität der Benutzereingaben bzw. den Produktionszielen abhängig. Diese sollten realistisch und sinnvoll sein. So darf die Ertrags-erwartung nicht losgelöst von der Verwertungsrichtung (C-, B-, A-, E-Weizen) und den daraus resultierenden Proteingehalten betrachtet werden. Die aus Ertragserwartung und angestrebtem Rohproteingehalt resultierende N-Abfuhr durch das Korn sollte auch der im Mittel der Jahre beobachteten N-Abfuhr der Fläche entsprechen.

Bewertung der Jahreswitterung. Zum Zeitpunkt der Qualitätsgabe (BBCH 39–51) ist schon ein großer Teil der Jahreswitterung bekannt. Um den Einfluss der Witterung auf den N-Entzug, die N-Nachlieferung des Bodens und die N-Auswaschung bewerten zu können, wird ein prozessorientiertes Simulationsmodell eingesetzt. Es berechnet die zeitliche Dynamik von



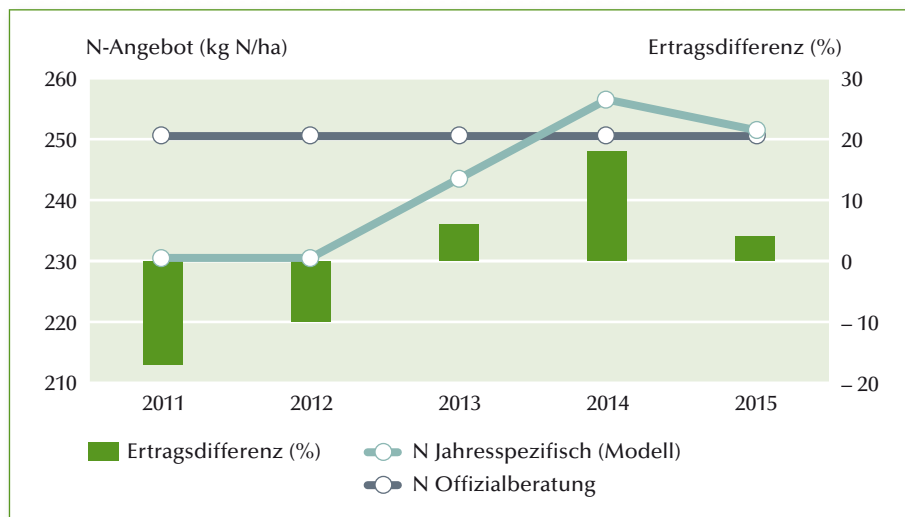
wichtigen Pflanzen- und Bodenparametern. Hierfür sind weitere Angaben notwendig: Standortkoordinaten, Aussaattermin und -stärke, Bodentextur sowie Angaben zum Grundwasseranschluss (ja/nein) und Bewässerung. Um die Düngermenge an die Witterung anzupassen, vergleicht das Modell die aktuelle Witterung mit dem standorttypischen Klima. Zunächst werden zehn Jahre mit standorttypischen Witterungsverläufen simuliert. Der mittlere Endwert dieser Referenzverläufe bildet den Erwartungswert. Anschließend erfolgt ein Abgleich zwischen der Berechnung und der aktuellen Witterung. Die zum Zeitpunkt der Qualitätsgabe noch unbekannte Witterungsinformation wird dann mit dem Referenzwert ergänzt. Dadurch entstehen mögliche Szenarien, deren mittlerer Endwert der aktuellen Prognose entspricht.

Die Gegenüberstellung von Erwartungswert und Prognosewert erlaubt eine qualitative Bewertung der aktuellen Witterung. Relativbewertungen werden für die Bilanzgrößen N-Entzug (Korn) und effektive N-Mineralisation durchgeführt, um das N-Angebot jahresspezifisch anzupassen.

Neben der N-Düngeempfehlung stellt das Modell in einem Ausgabeblatt wichtige Bestandesparameter (Pflanzenentwicklung, N-Aufnahme, N-Mineralisation, Bodenwasserhaushalt) sowie ausgewählte Witterungsparameter relativ zu zehn Referenzjahren dar. Das erleichtert dem Anwender die Interpretation der Simulationsergebnisse und macht eine Plausibilitätskontrolle der errechneten Empfehlung möglich. Eine Plausibilitätskontrolle ist stets angeraten, da die Güte der Modellempehlung neben der Qualität der Benutzereingaben auch von der Richtigkeit der automatisch abgerufenen Witterungsdaten abhängt.

Wie zuverlässig ist das Modell? Im Mittel über 72 Umwelten in Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein, Sachsen-Anhalt und Thüringen in den Jahren 2011 bis 2014 erzielte das Modell unter realistischen Bedingungen die gleichen Kornerträge und Rohproteingehalte wie die »harte« Referenz mit Düngung nach jeweiliger Empfehlung der Officialbera-

Angepasstes N-Angebot für den Standort Königslutter



tung. Mit der N-Düngung nach Modell konnten im Mittel über alle Standorte über 8 kg N/ha eingespart und Bilanzüberhänge reduziert werden (Übersicht 1, S. 20).

Während bei einem standortangepassten berechneten N-Bedarfswert (Empfehlung der Officialberatung, N-Bedarfsermittlung nach Düngeverordnung) die zugeführte N-Menge in Einzeljahren wie 2011 (Frühjahrstrockenheit) und 2014 (Hohertragsjahr) den tatsächlichen Pflanzenbedarf über- bzw. unterschreitet, kann die Abweichung vom tatsächlichen N-Bedarf des Bestandes mittels einer jahresspezifischen Anpassung der N-Düngermenge (ISIP-Modell) verringert werden (Grafik). Für tro-

ckenstressgefährdete Standorte ohne Bewässerung oder Grundwasseranschluss hat das Modell einen verringerten N-Bedarf aufgrund der Frühjahrstrockenheit in 2011 rechtzeitig erkannt, sodass für viele Standorte ein Abschlag errechnet wurde. In 2014 hat das Modell ein erhöhtes Ertragspotential erkannt. Durch entsprechende Sollwert-Zuschläge wies die Modell-Variante auf vielen Schlägen Norddeutschlands ausreichend Rohprotein für die Backweizenerzeugung auf, was mit der regionalen Standardempfehlung nicht immer der Fall war.

Trotz der im Mittel um 8 kg N/ha reduzierten N-Düngeraufwandmenge konnten durch das Modell vergleichbare Deckungsbeiträge wie bei der standortangepassten Referenz-Variante der Officialberatung erzielt werden (Übersicht 1).

Hohe Einsparpotentiale. Nach einer Testerhebung des Statistischen Bundesamtes werden in der Praxis zurzeit auf 78% der Weizenanbaufläche 200–240 kg N/ha gedüngt. Die mittlere N-Düngeempfehlung nach Modell lag in unserem Test bei 170 kg N/ha. Daher ist bei konsequentem Einsatz des Modells von höheren Einsparpotentialen in der Praxis auszugehen.

Die Vorteile des Modells (jahresspezifische Zu-/Abschläge) gegenüber den standortangepassten N-Sollwerten der Officialberatung zeigen sich überwiegend in Hoch- und Niedrigertragsjahren sowie bei Betrachtung auf Einzelschlägeebene.

Dr. Eric Reinsdorf, Dr. Gerhard Baumgärtel, LWK Niedersachsen, Hannover und Dr. Arne M. Ratjen, Prof. Dr. Henning Kage, Universität Kiel

Fazit

Das Kieler N-Modell wurde an insgesamt 72 Situationen in sieben Bundesländern getestet.

Im Mittel über alle Standorte konnte eine N-Einsparung von über 8 kg N/ha erreicht werden. Einbußen bei den monetären Erträgen hatte das nicht zur Folge. Die Ergebnisse der bundesweiten Modellevaluation decken sich mit den Erfahrungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen aus Exaktversuchen der Jahre 2010 bis 2015. Das geringe N-Saldo und die gleichzeitig hohen Deckungsbeiträge deuten darauf hin, dass der Spagat zwischen Ökonomie und Ökologie bei der Backweizenproduktion prinzipiell möglich ist. Da es sich bei dem vorgestellten Modell um einen vergleichsweise neuen Ansatz handelt, scheinen für die Zukunft noch weitere Optimierungspotentiale erschließbar. Dabei wäre an die Anwendung organischer Dünger sowie eine teilflächenspezifische Ausbringung zu denken.