

Präzisierung der Stickstoffdüngung zu verschiedenen Stadien des Weizens in Abhängigkeit von Standort und Bestandesentwicklung

H. Schönberger, N.U. Agrar GmbH und B. Bauer, IfBP e.V., Schackenthal

Zusammenfassung

Die Stickstoffdüngung sichert den Stickstoffbedarf der Pflanzen für die notwendige Proteinbildung. Gleichzeitig hat Stickstoff eine Steuerungsfunktion für die Ausbildung der Ertragsorgane. Aus diesem Grund ist die stadienbezogene Stickstoffdüngung ein wesentlicher Baustein der Bestandesführung (Hanus u. Schönberger, 1979, Schönberger, 1981, Schönberger, 1983).

In langjährigen Feldversuchen wurden die Grundlagen für die Präzisierung der stadienbezogenen Stickstoffdüngung erarbeitet, die durch die N.U. Agrar GmbH bereits seit Jahren in die Praxis eingeführt wurde (N.U. Agrar INFO). Das Verfahren beruht auf der Ermittlung des Stickstoffbedarfes in den Phasen des Bestandaufbaus, der Ausbildung der Ertragsorgane und während der Kornfüllung unter Berücksichtigung des mineralischen Stickstoffvorrates (N_{\min} , Scharpf, 1977) und der Mineralisation (N_{mob} , Schönberger, 1983). Die Terminierung der Düngung orientiert sich an kritischen Stadien der Bestandes- und der generativen Entwicklung (Harms, 1982, Kropf, 1992).

1. Einleitung

Die Ertragsbildung des Getreides vollzieht sich in den Phasen der Bildung der vegetativen Masse (Blätter, Triebe), der Anlage und Ausbildung der Speicherorgane (ährentragende Halme mit Karyopsen) und der Kornbildung und Kornfüllung (Harms, 1982). Durch die Stickstoffdüngung wird der Mengenbedarf für die notwendige Proteinbildung ergänzt. Gleichzeitig greift aber die Stickstoffdüngung in die phytohormonelle Regulation ein und steuert auf diese Weise die Ausbildung der Ertragsorgane und die Translokation der Assimilate in die Speicherorgane (Hanus und Müller, 1984, Bauer, 2004, Bauer, 2006).

Die Stickstoffdüngung lässt sich somit nicht allein auf die Kalkulation des Mengenbedarfes reduzieren. Für die Ertragsbildung entscheidend ist vielmehr auch die Terminierung der Stickstoffdüngung (Darwinkel, 1983). Die Aufteilung der Stickstoffdüngung ist die logische Konsequenz, um sich der witterungsbedingt unterschiedlichen Entwicklung der Bestände anpassen zu können.

Mit der Startgabe (1. N-Gabe für den Bestandaufbau) wird zu Beginn der Bestockung Einfluss genommen auf die Triebbildung und den Bestandaufbau, ab dem 6-Blattstadium des Haupttriebes wirkt sich die Stickstoffdüngung nur noch auf die Bildung von Trieben höherer Ordnung sowie auf die Ährchenanlage aus.

Die 2. N-Gabe (für den Ertragsaufbau) wirkt sich auf die Triebreduktion aus. Je früher die 2. N-Gabe fällt, umso mehr spät angelegte Triebe bleiben erhalten. In dichten Beständen darf deshalb die 2. N-Gabe nicht zu früh zum Wirken kommen. Ab der „Großen Periode“ (EC 32) kann auf die Reduktion von Ährchen- und Blütenanlagen Einfluss genommen werden. Damit erhält die Düngung zu diesem Termin ein besonderes Gewicht für die Ertragsbildung.

Mit der Spätgabe (3. N-Gabe für Kornbildung und Qualität) wird auf den Blüten- und Kornansatz, auf die Keimlings- und Endosperm bildung und auf die spätere Qualität (Rohprotein gehalt, Sedimentationswert) Einfluss genommen (Kropf, 1992).

Der Gesamtbedarf an Stickstoff setzt sich aus dem Aufnahmebedarf der Pflanzen und dem Reststickstoff im Boden zusammen, den die Pflanzen nicht ausnutzen. Für die Bemessung der jeweiligen Teilgaben sind vom Gesamtbedarf in einer Entwicklungsphase der mineralisierte Stickstoffvorrat (N_{\min}) und der nachlieferbare Stickstoff (N_{mob}) zu berücksichtigen (Schönberger, 1983).

Durch die Teilung der Stickstoffdüngung werden die Risiken eines temporären Stickstoffüberschusses vermindert, der die Konkurrenz im Bestand verschärft und sich somit negativ auf die Ertragsstruktur auswirkt, das Lagerrisiko erhöht bzw. die Translokation von Assimilaten aus vegetativen Pflanzenteilen in die Ähren und Körner verzögert (Neben, 1980).

2. Entwicklung eines Verfahrens zur Präzisierung der Stickstoffdüngung

2.1 Theoretischer Ansatz

Auf der Basis langjähriger Feldversuche wurde in der N.U. Agrar GmbH ein praxistaugliches Verfahren zur Prognose der entscheidenden „kritischen Phasen“ der Entwicklung von Weizen-Beständen entwickelt. Die Prognose berücksichtigt den Witterungsverlauf nach dem Auflaufen des Weizens (Temperatursumme, Strahlungsintensität), den sortentypischen Anspruch an Vernalisation und Photoperiode sowie die voraussichtliche Folgewitterung.

Tab. 1 Prognose des Entwicklungsverlaufes von Winterweizen in Abhängigkeit vom Aussattermin auf dem Standort Bernburg (2012)

EC Stadium		Einfluss auf ...	früh	spät	Entwicklungsstadium
EC 00			20.09	01.11	
EC 21	N1	Anlage der Seitentriebe & Ährchen	20.10.	01.04.	Beginn Bestockung
EC 25			20.03.	10.04.	Doppelring
EC 29/30			20.04.	03.05.	Spitzenährchen
EC 31/32	N2	Triebreduktion & Ährchenreduktion	03.05.	10.05.	Große Periode
EC 37/39	N3a	Blütenfertilität	16.05.	24.05.	Fahnenblatt
EC 39/49	N3b	Qualität	23.05.	01.06.	
EC 59/61			26.05.	04.06.	Ährenschieben
EC 71			25.06.	28.06.	Kornfüllung

Die Präzisierung der Höhe der N-Düngung zu den kritischen Terminen beruht auf der Berechnung des Aufnahmebedarfes und der Berücksichtigung von Zuschlägen in Abhängigkeit von Bodenart, Wassergehalt im Boden und Entwicklung des Wurzelwerkes. Von dem daraus ermittelten N-Bedarf wird das N-Angebot aus dem Boden abgezogen.

Dieses setzt sich zusammen aus dem bereits mineralisierten Stickstoffvorrat im Boden (N_{\min}) und der Nachlieferung an Stickstoff aus der organischen Substanz des Bodens (N_{mob}). Der Stickstoffvorrat im Boden kann gemessen werden. N_{mob} wird anhand von Bodenparametern (Ackerzahl, Humusgehalt und -zusammensetzung, Strukturkenndaten, Bodenfeuchte) und Angaben zur Vorfrucht geschätzt.

Auf dieser Prognose der Bestandesentwicklung unter Berücksichtigung des Bestandaufbaus, und der Messung des N_{\min} -Vorrates im Boden sowie der Schätzung der N-Freisetzung aus dem Boden beruht das in den Beratungsbetrieben der N.U. Agrar GmbH seit 20 Jahren eingeführte und inzwischen immer mehr verfeinerte Verfahren zur Präzisierung der Stickstoffdüngung.

2.2 Datenbasis

Grundlage für dieses Verfahren zur Präzisierung der Stickstoffdüngung bildeten langjährig durchgeführte Versuche mit der Stickstoffdüngung zu verschiedenen Entwicklungsstadien des Getreides, die in Hohenschulen (Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, CAU Kiel), Dikopshof (Uni Bonn), Roggenstein (Dennert, TU München-Weihenstephan) und auf den Versuchsstandorten der N.U. Agrar GmbH in Flensburg, Langenstein-Böhnshausen und Untermerzbach sowie in Friedrichsthal (Versuchsring Ostholstein) durchgeführt wurden.

Tab. 2: Versuchsstandorte

Standort	Versuchsansteller	Lkr.	Boden	Zeitraum
Hohenschulen	CAU Kiel	Rendsburg	D 5, sL, AZ 55	1974 bis 1986
Weseby/Maasbüll	N.U. Agrar GmbH	Schleswig	D 4, LS, AZ 48	1987 bis 2012
Friedrichsthal	Versuchsring	Ostholstein	D 6, L, AZ 65	1997 bis 2012
Dikopshof	Universität Bonn	Rhein-Erft-Kreis	Lö1, uL, AZ 85	1975 bis 1984
Langenstein	N.U. Agrar GmbH	Halberstadt	Lö2, uL, AZ 82	1994 bis 2012
Derenburg	N.U. Agrar GmbH	Wernigerode	D 4, IS, AZ 35	2001 bis 2012
Untermerzbach	N.U. Agrar GmbH	Hassberge	V 5, tS, AZ 35	1994 bis 2012
Roggenstein	TU Weihenstephan	Fürstenfeldbruck	D 5, sL, AZ 55	1981 bis 2006

In diesen Versuchen wurden N_{\min} -Werte gemessen und die N-Freisetzung aus dem Boden in den nicht mit Stickstoff gedüngten Kontrollparzellen ermittelt sowie vegetationsbegleitend Daten zur Bestandesentwicklung (Stadium, Triebe je Pflanze bzw. je m^2) festgehalten und die Erträge mit der Ertragsstruktur erfasst.

Diese Versuche bildeten das Grundgerüst, das durch verfügbare Einzelergebnisse aus Versuchen mit verwertbarer Datengrundlage verschiedener Versuchsansteller (Landwirtschaftskammern, Landesanstalten, Ämter für Landwirtschaft) ergänzt und verdichtet wurde.

3. Beispiele für die Präzisierung der N-Düngung zu Winterweizen

3.1 Parameter für die Stickstoffberechnung

In das Berechnungsschema der N.U. Agrar GmbH gehen für die **Startgabe (N1 für den Bestandaufbau)** folgende Parameter ein:

- Zielbestand (Ähren je m²) in Abhängigkeit von Sorte und Standort
- Feldaufgang und Entwicklung bis Vegetationsbeginn im Frühjahr
- N-Aufnahme bis Abschluss der Ährenanlage („Spitzenährchen“)
- N-Konzentration in der Wurzelzone, um die N-Aufnahme zu gewährleisten.
- gemessener N_{min}-Vorrat im bis zum Schossen nutzbaren Wurzelraum
- prognostizierte N-Nachlieferung (N_{mob}) bis EC 31.

Für die **Ertragsdüngung (N2 für den Ertragsaufbau)** sind folgende Parameter notwendig:

- Ertragsziel und angestrebter Proteingehalt
- Bestandesentwicklung 14 Tage vor Abschluss der Ährenanlage
- N-Aufnahme bis zur Blüte in Abhängigkeit vom Ertragsziel und Proteingehalt
- N-Konzentration in der Wurzelzone
- gemessener N_{min}-Vorrat im gesamten Wurzelraum
- prognostizierte N-Nachlieferung (N_{mob}) bis EC 61.

Der **Termin der N2** wird aufgrund der Bestandesentwicklung festgelegt. Die Düngung erfolgt

- in EC 27/29, wenn der Bestand 14 Tage vor Abschluss der Ährenanlage weniger Triebe aufweist, als Ähren je m² angestrebt werden,
- in EC 30/31, wenn der Bestand zum o.g. Termin bis zu 50 % mehr Triebe gebildet hat, als später Ähren erwartet werden,
- in EC 31/32, wenn mehr als das Doppelte an Trieben vorhanden ist, als später Ähren notwendig sind.

Die **N-Spättdüngung (N3 für Ertrag und Qualität)** wird analog zu den vorherigen Schritten berechnet:

- Ertragsziel und Proteingehalt
- Bestandesentwicklung im Fahnenblattstadium
- N-Aufnahme nach der Blüte in Abhängigkeit von Ertragsziel und Proteingehalt
- N-Konzentration in der Wurzelzone
- gemessener N_{min}-Vorrat im gesamten Wurzelraum
- prognostizierte N-Nachlieferung (N_{mob}) bis zur Reife.

Der Termin für die Spätgabe orientiert sich an den Standortverhältnissen. Die Düngung erfolgt auf Trockenstandorten bereits in EC 32/37, auf Standorten gesicherter Wasserversorgung in EC 39/49. Eine Teilung der N3 ist aufgrund der Erfahrung auch bei hohen Düngergaben nur dann zweckmäßig, wenn genug Wasser für eine sichere Wirkung zur Verfügung steht.

3.2 Vorstellung der Beispielschläge

Als Beispiel wurden Weizenschläge ausgewählt, die auf der Finne, in der Gemarkung Bad Bibra liegt. Der Boden ist als tonig-lehmiger Kalksteinverwitterungsboden mit 65 Bodenpunkten eingestuft.

Die Sorte „JB Asano“ wurde nach Raps am 15.09. mit 220 Körnern je m² bestellt. Bis zum Frühjahr hatte „JB Asano“ 4 kräftige Triebe mit 6 schwachen Trieben je Pflanze gebildet und bereits 25 kg/ha N in Spross und Wurzel aufgenommen. Auf dem 300 m hoch liegenden Standort können 100 dt/ha Weizenertrag geerntet werden, dazu ist ein Bestand mit 500 Ähren je m² notwendig.

Nach Zuckerrüben wurde am 25.10. die Sorte „Akteur“ mit 420 Körnern je m² gesät. Dieser Weizen lief erst im Dezember auf und hatte bis zum Frühjahr erst 3 Blätter je Pflanze gebildet und 3 kg/ha n aufgenommen. Der Einzelährentyp „Akteur“ benötigt 450 Ähren für ein Ertragsniveau von 80 dt/ha.

Die N_{min}-Gehalte lagen unter Weizen nach Raps bei 45 kg/ha, davon 25 kg/ha N in der Krume (0-30 cm). Unter dem Zuckerrübenweizen wurden 40 kg/ha N_{min} gemessen, davon die Hälfte in der Krume. Nach Raps wurde eine voraussichtliche N-Freisetzung aus dem Boden (N_{mob}) von 110 kg/ha N errechnet, nach Zuckerrüben von 90 kg/ha N.

Tab. 3: Gemessene N_{min}-Werte (2012) und berechnete N_{mob}-Werte des Beispielschlages

Vorfrucht	Aussaat	N _{min}	bis EC 31	bis EC 59	bis EC 75
Winterraps	15.09.	45	5	60	110
Zuckerrüben	25.11.	40	0	40	90

Tab. 4 Berechnung der Startgabe in Abhängigkeit von Sorte und Saattermin

Bodenart Bodenpunkte	Kalksteinverwitterung Rendzina	
	TL 65	
Saatzeit Sorte Zielähren/m ²	15.09. JB Asano 500	25.10. Akteur 450
N-Aufnahme bis EC 30/31 bis EC 32	55	60
- aufgenommener N	25	3
= Sollaufnahme	30	57
+ Zuschlag für Rest-N	40	60
Aufdüngungsziel	70	117
- N _{min} (0 - 30 cm)	25	20
- N _{mob} (bis EC 30)	5	10
= Startgabe (1. N-Gabe)	40 HST	87 KAS/ASS

3.3 Kalkulation der Teilgaben

Berechnung der Startgabe (1. N-Gabe)

Für 500 Ähren je m² muss der JB Asano 55 kg/ha N bis EC 31 aufnehmen. Nach Abzug von 25 kg/ha N, die der Weizen bereits im Herbst aufgenommen hat, bleiben noch 30 kg/ha N, die der Weizen noch bis EC 31 aufnehmen muss. Zusätzlich muss der Reststickstoff im Boden berücksichtigt werden, den die Pflanze nicht nutzen kann. Die Menge des Reststickstoff hängt ab

- von der Bodenart: Je bindiger der Boden ist, umso mehr Reststickstoff bleibt im Boden,
- vom Wassergehalt des Bodens: Je trockener, umso schlechter wird der Stickstoff im Boden verwertet,
- und von der Durchwurzelung des Bodens: Je intensiver, umso besser wird der Stickstoff im Boden ausgenutzt.

Im vorliegenden Fall ist von 40 kg/ha N in den oberen 30 cm des Bodens auszugehen, die der Weizen nicht verwerten kann.

Sollaufnahme und Reststickstoff stellen zusammen das Aufdüngungsziel (70 kg/ha N) dar, von dem der in der Krume (bis 30 cm) gemessene N_{min}-Wert und die berechnete voraussichtliche N-Nachlieferung bis zum Schossen (EC 30) abgezogen werden. Für den frühen Rapsweizen errechnet sich somit eine Startgabe von 40 kg/ha N.

Für den spät gesäten Rügenweizen lässt sich folgender Rechengang aufstellen: Die schwache Entwicklung des Bestandes zu Vegetationsbeginn erfordert, den N-Bedarf für den Bestandaufbau bis EC 32 sicherzustellen, 60 kg/ha N für 450 Ähren je m². Davon können noch 3 kg/ha N abgezogen werden, die im Bestand im 3-Blattstadium bei 400 Pflanzen je m² enthalten sind. Zusammen mit dem Reststickstoff von 60 kg/ha N wegen der schwächeren Wurzelbildung errechnet sich ein Aufdüngungsziel von 117 kg/ha N.

Davon werden der N_{min}-Wert in der Krume (20 kg/ha N) und die voraussichtliche N-Nachlieferung bis zur Anschlussdüngung (10 kg/ha N) abgezogen. Das ergibt eine Startgabe von 87 kg/ha N.

Berechnung der Ertragsdüngung(2. N-Gabe)

Die N-Aufnahme bis zur Blüte ergibt sich aus dem Bedarf für den Bestandaufbau und für die Bildung der Ähren sowie dem N-Pool, der im Spross angelegt wird, um den hohen N-Bedarf der Karyopsen nach der Befruchtung sicherzustellen. Die N-Aufnahme während des Schossens korreliert eng mit dem Ertragspotential, aber auch mit dem Rohproteingehalt im Korn.

Für den „JB Asano“ ergibt sich folgender Rechengang. Bei einer Ertragserwartung von 100 dt/ha und einer Soll-Bestandesdichte von 500 Ähren/m² soll der Bestand bis zur Blüte 160 kg/ha N aufnehmen. Zusammen mit dem Rest-Stickstoff im Wurzelraum von 70 kg/ha N ergibt sich ein Aufdüngungsziel von 230 kg/ha N, von dem der N_{min}-Gehalt im Wurzelraum (45 kg/ha N) und die voraussichtliche N-Freisetzung aus der organischen Substanz des Bodens(N_{mob} = 60 kg/ha N) abgezogen werden.

Tab. 5 Berechnung der Ertragsdüngung (2. N-Gabe) zu Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Saattermin

Bodenart Bodenpunkte	Kalksteinverwitterung Rendzina TL 65	
	15.09. Raps 100	25.10. Zuckerrüben 80
Saatzeit		
Vorfrucht		
Ertragsziel		
N-Aufnahme bis EC 59	160	155
+ nicht verwertbarer N im Wurzelraum	70	70
N-Bedarf bis EC 61	230	225
- N _{min} (0 - 60 cm)	45	40
- N _{mob} (bis Blüte)	60	40
- N org. Düngung	0	0
1. + 2. N-Gabe	125	145
- Startgabe N1	40	87
= 2. N-Gabe	85	58

Der Saldo spiegelt den N-Düngungsbedarf für die 1. und 2. N-Düngung (125 kg/ha N) wider. Davon wird die Startgabe abgezogen, aus der Differenz ergibt sich der Düngerbedarf für die 2. N-Gabe (85 kg/ha N).

Der später gesäte „Akteur“ soll bis zur Blüte 155 kg/ha N für ein Ertragsniveau von 80 dt/ha mit 14,5 % Protein bei 450 Ähren je m² aufnehmen. Daraus leitet sich ein Aufdüngungsziel von 225 kg/ha N ab, wenn 70 kg/ha Rest-Stickstoff angesetzt werden.

Nach Abzug von N_{min} (40 kg/ha N) und N_{mob} (40 kg/ha) verbleiben 145 kg/ha N für die Summe aus 1. und 2. N-Gabe. Nach einer Startgabe von 87 kg/ha N sind dann noch 58 kg/ha N als 2. N-Gabe notwendig.

Termin der 2. N-Gabe (Ertragsdüngung)

Der Termin der 2. N-Gabe ergibt sich aus der Bestandesentwicklung, die 14 Tage vor Schossbeginn bonitiert wird. In schwach entwickelten Beständen muss die 2. N-Gabe bis Schossbeginn fallen. Optimale entwickelte Bestände werden in EC 31 gedüngt, wenn das Spitzenährchen aufgestellt wird. Üppige Bestände sollen die 2. N-Gabe erst in EC 31/32 erhalten, wenn die Triebreduktion bereits eingesetzt hat.

Berechnung der Spätdüngung (3. N-Gabe)

Für die Berechnung der Spätdüngung wird die voraussichtliche N-Aufnahme bis zur Teigreife in Abhängigkeit von der Bestandesentwicklung und des zum Zeitpunkt der Düngung noch realistische Ertragspotentials sowie des angestrebten Rohproteingehalts zugrunde gelegt. Dazu wird der Rest-Stickstoff berücksichtigt, der nach der Ernte im Boden verbleibt. Daraus ergibt sich der N-Gesamtbedarf.

Von diesem werden abgezogen der N_{\min} -Wert im Wurzelraum und die kalkulierte N-Freisetzung bis Ende der N-Einlagerung (N_{mob}). Daraus ergibt sich der Gesamt-düngungsbedarf an Stickstoff, von dem die ersten beiden, tatsächlich gefallenen N-Gaben abgezogen werden, um die Höhe der Spätgabe festzulegen.

Tab. 6: Berechnung der Spätdüngung (3. N-Gabe) zu Winterweizen in Abhängigkeit von Sorte und Saattermin

Bodenart Bodenpunkte	Kalksteinverwitterung Rendzina TL 65	
	15.09. Raps	25.10. Zuckerrüben
Saatzeit Vorfrucht Ertragsziel t/ha (Proteingehalt)	9,5 (12,5 %)	7,5 (14,5 %)
N-Aufnahme gesamt	290	250
+ nicht verwertbarer N im Wurzelraum (Rest-N)	80	80
N-Gesamtbedarf	370	330
- N_{\min} (Wurzelraum)	45	40
- N_{mob}	110	90
- N org. Düngung	0	0
N-Gesamtdüngungsbedarf	215	200
- bereits gedüngter N (N1 + N2)	135	145
Spätdüngung (Qualität)	80	55

Die 3. N-Gabe wird in EC 37 gegeben, wenn das Fahnenblatt spitzt.

Für 95 dt/ha, die zum Zeitpunkt der Spätgabe noch als realistisch erschienen, mit 12,5 % Rohproteingehalt muss der „JB Asano“ insgesamt in Korn, Stroh und Wurzel 290 kg/ha N aufnehmen. Zusammen mit dem Rest-Stickstoff von 80 kg/ha N (meist trockener, toniger Boden) ergibt sich ein N-Gesamtbedarf von 370 kg/ha N.

Nach Abzug von N_{\min} (45 kg/ha N) und N_{mob} (110 kg/ha N) müssen 215 kg/ha N gedüngt werden. Davon werden die bereits gedüngten 135 kg/ha N abgezogen. Danach sind noch 80 kg/ha N als Spätgabe notwendig.

Für „Akteur“ ergibt sich folgender Spätdüngungsbedarf: Für den noch erreichbaren Ertrag von 75 dt/ha mit 14,5 % Eiweiß muss „Akteur“ insgesamt 250 kg/ha N aufnehmen. Mit dem Rest-Stickstoff von 80 kg/ha N müssen 330 kg/ha N zur Verfügung stehen.

Davon werden 40 kg/ha N_{\min} und 90 kg/ha N_{mob} abgezogen. Daraus ergibt sich ein Gesamtdüngungsbedarf von 200 kg/ha N. Davon werden 145 kg/ha N abgezogen, die zum Starten und zum Schossen bereits gedüngt wurden. Danach sind noch 55 kg/ha N als Spätgabe notwendig.

4. Diskussion

Das beschriebene Verfahren bildet seit 1987 die Grundlage der Stickstoffdüngung in den Beratungsbetrieben der N.U. Agrar GmbH. Die dazu notwendigen Parameter wurden immer mehr verfeinert und erlauben eine Differenzierung der Düngung auch auf Teilschlägen.

Die Prognose der generativen Entwicklung und die Kenndaten der entwicklungsbezogenen N-Aufnahme haben sich als belastbar erwiesen. Nach wie vor sind die Parameter, die die N-Freisetzung aus dem Boden kennzeichnen, mit Unsicherheiten behaftet. Selbst die N_{\min} -Gehalte sind größeren Schwankungen unterworfen, wenn die Probenahme bereits in einer Wachstumsphase erfolgt. Um gravierende Fehleinschätzungen zu vermeiden, erfolgt für die Praxis ergänzend zu den Messungen eine laufende Berechnung der N-Freisetzung aus dem Boden auf der Basis von Bodenparametern und örtlichen Wetterdaten, um bei größeren Abweichungen Kontrolluntersuchungen durchzuführen.

Unterstützt wird das Verfahren deshalb durch die visuelle Erfassung der N-Versorgung der Pflanzen mit Hilfe eines Düngerfensters bzw. durch die Messung des N-Status der Pflanzen mit Hilfe eines kommerziellen Schnelltest.

5. Literatur

- BAUER, B. 2004: Influence of different nitrogen forms on cytokinin transport and tillering in spring barley, Masterarbeit, Institut für Pflanzenernährung, Hohenheim
- BAUER, B. 2012: Mit der N-Düngung die Bestockung steuern, Top Agrar 02/2012
- DENNERT, J. 2006: Versuche zur N-Düngung in Getreide auf dem Versuchsgut der TU München-Weihenstephan, 1984 bis 2006, pers. Mitt.
- HANUS, H. und R. MÜLLER, 1984: Einfluß verschiedener N-Düngungssysteme auf den endogenen Gehalt an Cytokinin und Gibberellinen und die Ertragsbildung von Weizen. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 97, 241-256
- HANUS, H. und H. SCHÖNBERGER, 1979: Mit gezielter N-Düngung zu stabilen Getreideerträgen, DLG-Mitteilungen, 1/1979, 64-66
- HARMS, H. 1982: Organogenese und Ertragsbildung der Weizenähre in Haupt- und Nebentrieben in Abhängigkeit von N-Versorgung, Standraum und Saatzeit, Diss., Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Kiel 1982
- HEYLAND, K.-U. 1986: Versuche zur N-Düngung des Lehrstuhl Spezieller Pflanzenbau auf dem Dikopshof, Datensammlung 1974 bis 2006
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER: Versuchsberichte 1980 bis 1996
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER BONN: Versuchsberichte 1980 bis 2004
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER MÜNSTER: Versuchsberichte 1980 bis 1996
- KIRBY, E.J.M., 1985: Significant stages of ear development in winter wheat. In: Wheat growth and modeling. Vol. 86. Hrsg. Day, W., W. und R.K. Atkin. NATO advanced study series, Series A, Life Science, Plenum press, New York 7-24
- KIRBY, E.J.M. und D.G. FARIS 1972: Plant population induced growth correlations in the barley plant main shoot and possible hormonal mechanism. J. agric. Sci., 21, 787-789
- KROPF, Ute 1992: Vegetative und generative Entwicklung von Haupt- und Nebentrieben des Winterweizens (*Triticum aestivum* L., cv. Kanzler und cv. Ares) – Felderhebungen auf ausgewählten Standorten der Bundesrepublik Deutschland in den Vegetationsperioden 1986/87 und 1987/88. Diss., Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Kiel

- NIEHOFF, K.-H. 1978: Möglichkeiten der Kompensation witterungsbedingter Schwankungen der Ertragsstruktur einiger Weizen- und Gerstensorten durch variierte N-Ernährung. Diss., Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Kiel
- SCHARPF, H.-C. 1976: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den N-Düngungsbedarf. Diss. Hannover
- SCHÖNBERGER, H. 1981: Wie viel, wie oft und wann soll Stickstoff gedüngt werden? DLG-Mitteilungen 2/1981, 60-65
- SCHÖNBERGER, H. und P. SCHOOP 1981: Approvisionnement du sol en azote pour la culture du blé d'hiver dans différentes techniques de production en région climatique maritime froide du Schleswig-Holstein. Commission des Communautés Européennes, Division VI F4 – Coordination de la Recherche Agronomique, Communications Scientifiques présentées au Séminaire de Toulouse (France), 68-82
- SCHÖNBERGER, H. und U. SLOTTA 1983: Quantifizierung des Einflusses von Standort und Bestandesentwicklung auf den N-Bedarf von Winterweizen. Landw. Forschung, Sonderheft 40, 1983, 373-383
- VERSUCHSRING OSTHOLSTEIN 2012: Versuchsberichte 1998 bis 2011