

## Mit flexiblen N-Düngungsstrategien bei Wintergetreide treffsicher auf volatile Witterungsverläufe reagieren

Die spürbaren klimatischen Veränderungen gehen häufig einher mit längeren Trockenphasen während der Hauptwachstumsphase und tendenziell höheren Niederschlägen in der vegetationsfreien Jahreszeit. Dies verlangt zukünftig Düngungsstrategien, die auf eine effiziente N-Verwertung während des System- und Produktwachstums ausgerichtet sind und potenzielle N-Austräge zu minimieren vermögen.

Die phänologischen Kennzahlen des Deutschen Wetterdienstes lassen für Rheinland-Pfalz in den zurückliegenden drei Jahresdekaden bei den Kulturen Winterweizen und Wintergerste einen zunehmend früheren kalendarischen Eintritt in die generativen Entwicklungsphasen bis einschließlich zur Ernte erkennen.

Innerhalb des Betrachtungszeitraums von 1992 bis 2023 setzte bei der Kultur Winterweizen das Schossen und Ährenschieben um insgesamt ca. 11 Tage, die Gelbreife sogar um 17 Tage früher ein (Abb. 1).

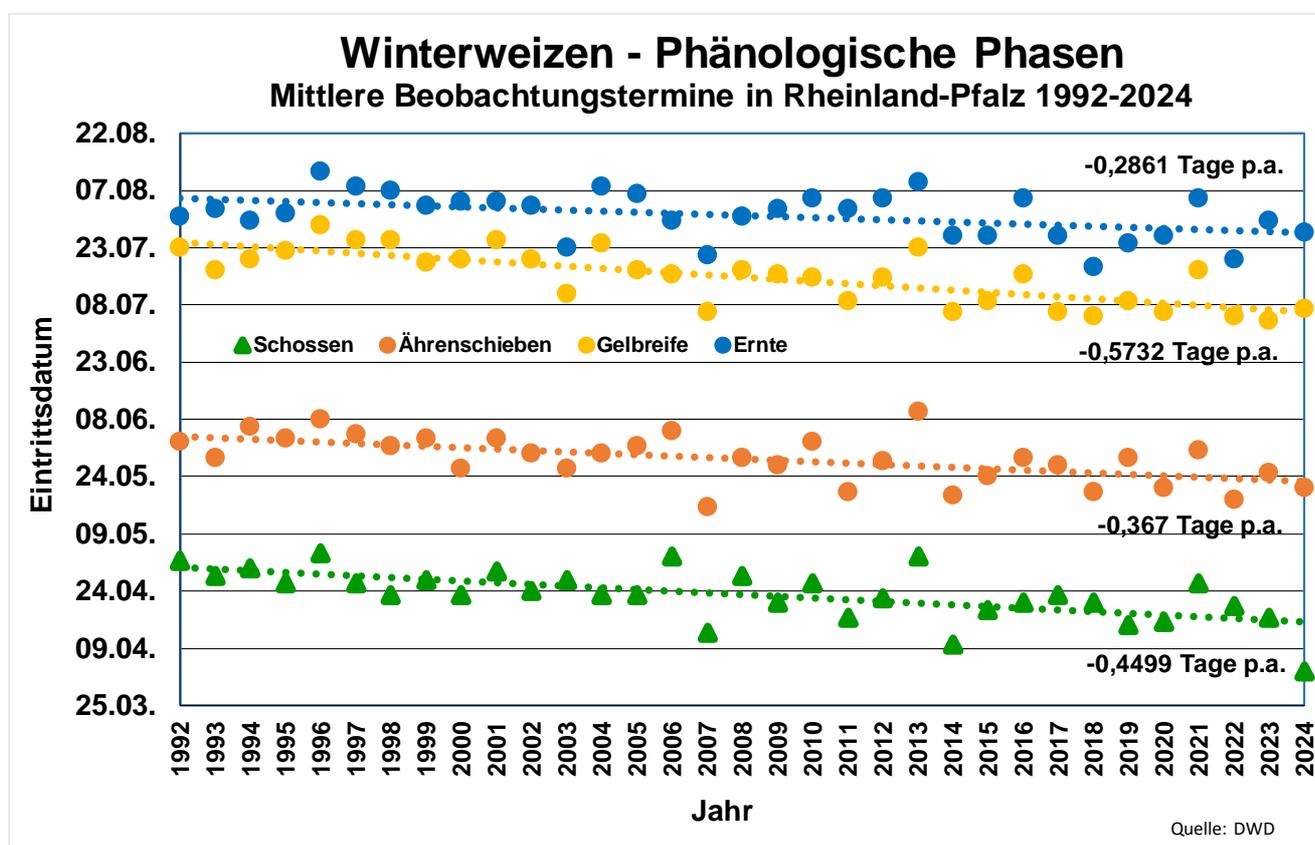


Abbildung 1: Winterweizen – Phänologische Phasen (Rheinland-Pfalz 1992-2024)

Während die Zeitspanne zwischen dem Schossen und Ährenschieben innerhalb von 30 Jahren annähernd konstant blieb, verkürzte sich der Zeitraum zwischen dem Ährenschieben und der Gelbreife – abweichend von der Kultur Wintergerste – summarisch um annähernd 7 Tage.

Insgesamt verschieben sich damit die für den Winterweizen ertragsphysiologisch relevanten Entwicklungsphasen innerhalb der Frühjahrsmonate März bis Mai zeitlich nach vorne.

Es ist zu erwarten, dass die im zeitigen Frühjahr noch verfügbare Winterfeuchtigkeit des Bodens dem Systemwachstum sowie auch der Anlage und Differenzierung der Ertragsorgane zuträglich ist, zumal die Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes eine signifikante Zunahme der Niederschläge während des meteorologischen Winters zwischen ca. 20 und 31 Prozent in den rheinland-pfälzischen Boden-Klima-Räumen Höhen-, Mittel- und Wärmelagen Südwest belegen.

Andererseits sorgten in der Mehrzahl der zurückliegenden Vegetationsjahre anhaltend niederschlagsarme Hochdruckwetterlagen, teilweise auch in Verbindung mit nächtlichen Frostperioden in den Monaten März und April für spürbare Entwicklungsverzögerungen. Unter derartigen Witterungskonstellationen trocknet der obere Krumboden relativ schnell aus und kann dann standortabhängig auch Wirkungslücken nach der Aufbringung der mineralischen Düngung bedingen.

Insofern ist die Einsatzlenkung der mineralischen N-Düngung zu Wintergetreide im Frühjahr neben der kostenorientierten Abwägung zwischen Harnstoff-basierten und klassischen Ammoniumnitrat-haltigen Produkten vor allem auf eine optimale Gabenaufteilung und deren treffsichere Terminierung im Düngungszeitfenster fokussiert.

In Abhängigkeit vom realisierbaren Ertrags- und Qualitätsziel tendiert die landwirtschaftliche Praxis aktuell verstärkt zu Düngungskonzepten mit weniger Teilgaben oder auch dem Einsatz von N-stabilisierten Produkten, insbesondere beim Anbau von frühreifen Sorten oder in ohnehin niederschlagsarmen Anbauregionen. Häufig sprechen auch arbeitswirtschaftliche Überlegungen im betrieblichen Ablauf für einfachere und wirkungssichere Düngungsstrategien. Die Palette der zwischenzeitlich am Markt eingeführten N-stabilisierten Ammonium- bzw. Harnstoff-Mischprodukte erleichtert es, die N-Gaben zum Vegetationsbeginn (N1) und zum Schossen (N2) in granulierter und gegebenenfalls auch flüssiger Form zusammenzufassen.

### **Mehrjährige Düngungsversuche aus verschiedenen Boden-Klima-Räumen**

In vergleichenden Untersuchungen wurde die klassische dreifache Gabenaufteilung zum Vegetationsbeginn (BBCH 25), zum Schossen (BBCH 30) und ab dem Erscheinen des letzten Blattes (BBCH 39-47) mit einer zweifachen Gabenaufteilung bei der Kultur Winterweizen verglichen.

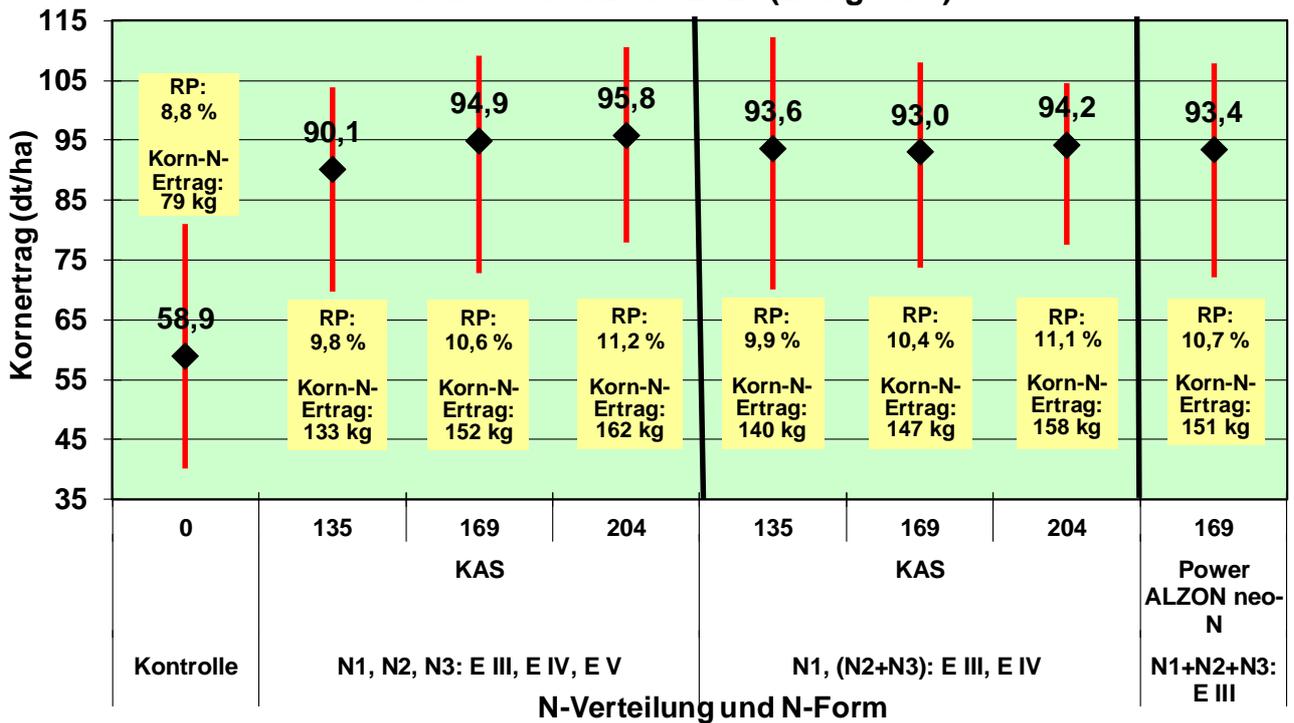
Die N-Steigerung mit dem Standardprodukt Kalkammonsalpeter erfolgte auf der Basis der N-Obergrenze gemäß Düngeverordnung einschließlich einer um jeweils 20 Prozent reduzierten und erhöhten N-Düngung. Die Ergebnisse werden exemplarisch für die Boden-Klima-Räume Höhenlagen Südwest (Kümbdchen) und Wärmelagen Südwest (Herxheim) dargestellt.

In den Versuchsjahren 2019 bis 2024 nahm am Standort Kümbdchen der Korntrag sowie der Rohproteingehalt bei dreifacher Gabenaufteilung (N1, N2, N3) mit zunehmender N-Düngung in etwa linear zu. Bei reduzierter N-Düngung realisierte die zweifache Gabenaufteilung (N1, N2+N3) einen tendenziellen Ertragsvorteil, bei erhöhter N-Düngung war die dreifache N-Verteilung tendenziell überlegen. Geht man von qualitätsanfällig gleichwertigen Produkterlösen aus, realisiert sich das ökonomische N-Optimum im Bereich der N-Obergrenze gemäß der Düngeverordnung.

Aus dem Witterungsverlauf der zurückliegenden Vegetationsjahre mit überwiegend frühzeitigen Trockenphasen und verhaltenen Niederschlägen von Februar bis Juli erklärt sich auch die vergleichsweise hohe N-Effizienz der bereits Ende März verabreichten einmaligen N-Gabe (N1+N2+N3) mit Power ALZON neo-N als Harnstoff-betontes und inhibiertes N-Düngemittel.

Am Standort Herxheim lieferte die zweifache Gabenaufteilung mit Kalkammonsalpeter (N1, N2+N3) in den zurückliegenden überwiegend trockeneren Vegetationsjahren in den N-Stufen von 156 bis 227 kg einen tendenziellen Ertragsvorteil von 2 bis zu 3 dt/ha im Vergleich zur dreifachen Gabenaufteilung (N1, N2, N3). Das ökonomische N-Optimum wurde dort bereits mit einem kalkulatorischen N-Aufwand von ca. 157 kg/ha erreicht.

### N-Düngung zu Winterweizen - Kornertrag Kümbdchen 2019-2024 (25 kg S/ha)



### N-Düngung zu Winterweizen - Kornertrag Herxheim 2018-2024

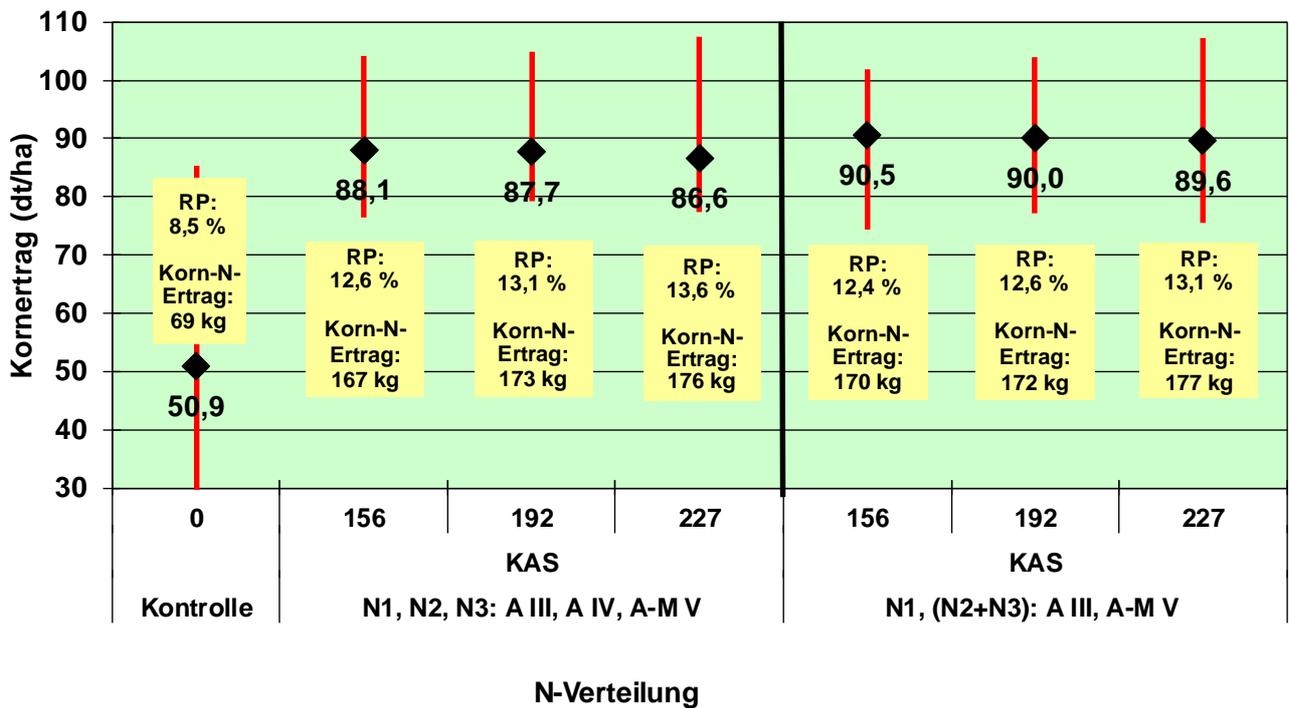
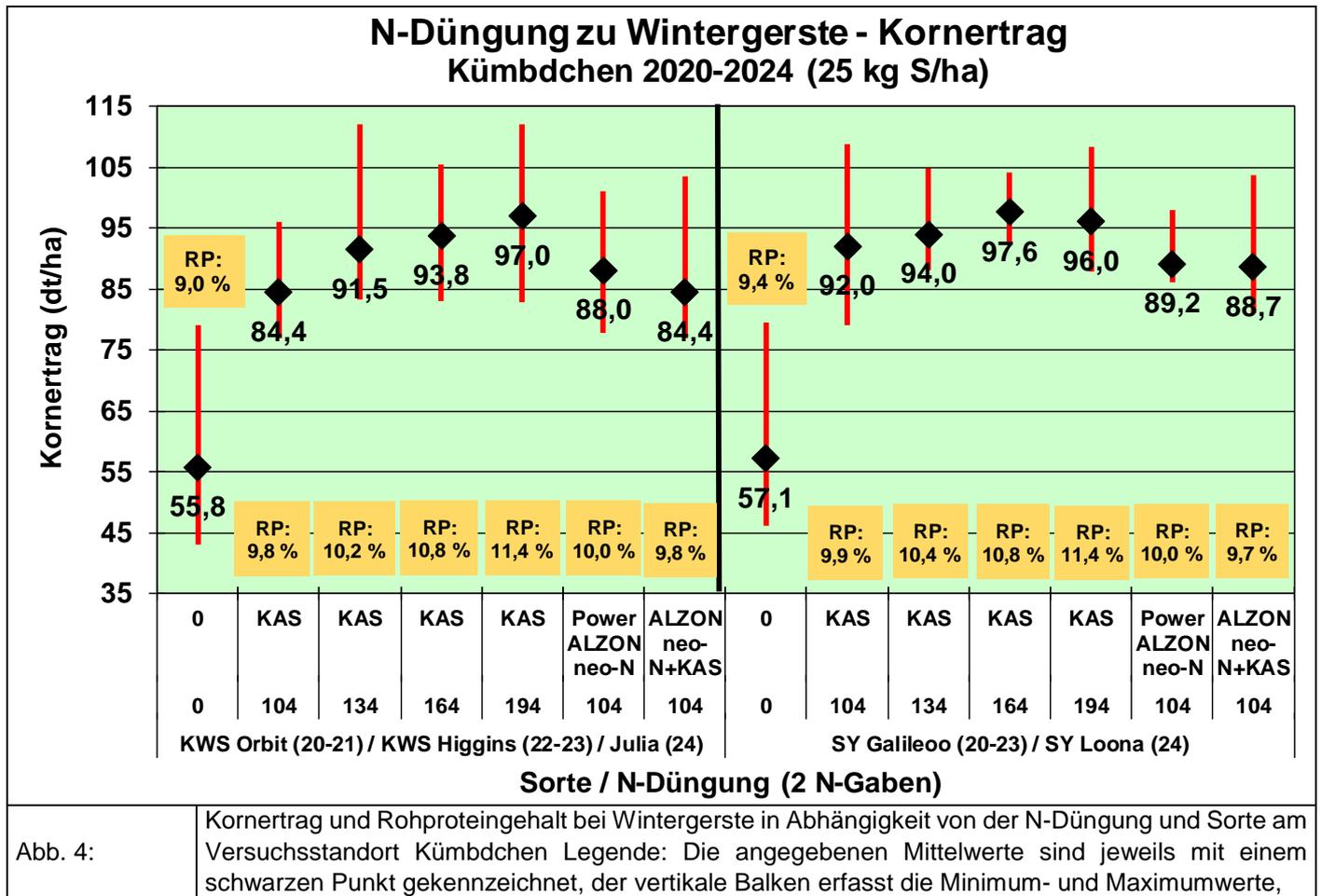


Abb. 2 u.3 Kornertrag, Rohproteingehalt und den Korn-N-Ertrag bei Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Düngung an Versuchsstandorten Kümbdchen und Herxheim Legende: Die angegebenen Mittelwerte sind jeweils mit einem schwarzen Punkt gekennzeichnet, der vertikale Balken erfasst die Minimum- und Maximumwerte, RP = Rohproteingehalt. N1 = N-Gabe zum BBCH 25/27, N2 = N-Gabe zum BBCH 30/31, N3 = N-Gabe zum BBCH 39/49

### N-Effizienz bei Wintergerste auch über den Sortentyp optimieren!

In dem langjährigen N-Düngungsversuch am Standort Kümbdchen wurden die mehrzeiligen Liniensorten KWS Meridian (2013-2014, 2016-2019), KWS Orbit (2020-2021), KWS Higgins (2022-2023) und Julia (2024) den Hybridsorten Hobbit (2013), SY Leo (2014), Wootan (2016-2018), Torrero (2019), SY Galileo (2020-2023) und SY Loona (2024) gegenübergestellt. Die Aussaat erfolgte jeweils bis zur letzten Septemberdekade mit durchschnittlich 350 keimfähigen Körnern/m<sup>2</sup>, bei der Hybridsorte wurde die Saatstärke um 30 % reduziert. Die N-Düngung erfolgte mit Ausnahme der Variante mit ausschließlicher N-Düngung als Power ALZON neo-N in 2 Teilgaben. Angesichts des zügigen phänologischen Entwicklungsverlaufs der Wintergerste während der generativen Phase verhielten sich zwei- und dreifache Gabenaufteilungen mit Ammoniumnitrat- und Harnstoff-haltigen Produkten in einer früheren Versuchsserie ertraglich gleichwertig.

Unter den Witterungsbedingungen der Versuchsjahre 2020 bis 2024 lieferten die geprüften Hybridsorten im Vergleich zu den Liniensorten in den gedüngten N-Stufen von gut 100 bis rund 165 kg N/ha einen Ertragsvorteil von knapp 3 bis gut 7 dt/ha mit einem gleichwertigen Rohproteingehalt im Korn. Der Korn-N-Ertrag nahm in den betreffenden N-Stufen um 4 bis zu etwa 9 kg N/ha zu. Die optimale spezielle N-Intensität wird unter den aktuellen Marktpreisen für mineralischen Stickstoff und Futtergerste bei den mehrzeiligen Linien- bzw. Hybridsorten rechnerisch bei 187 kg N/ha bzw. 165 kg N/ha realisiert. Der erzielbare Mehrertrag dürfte unter den derzeitigen Marktkonstellationen und den genannten N-Intensitäten auch die höheren Saatgutkosten der Hybridsorten noch rechtfertigen.



Die N-Düngung auf der Basis von Ammoniumnitrat lieferte einen gleichwertigen Kornertrag zum Produkt Power ALZON neo-N sowie der Kombination bestehend aus der Vorlage von Power ALZON neo-N und Nachlage von Ammoniumnitrat im Verhältnis von 60 und 40 % der N-Menge.

Unter dem gegebenen Sortenszenario hätte sich ein restriktives N-Düngungsregime mit dem Anbau einer Hybridsorte ertraglich kompensieren lassen.

## Praktische Düngestrategien an den Standort anpassen!

Die mehrjährigen Düngungsversuche mit breitwürfiger N-Düngung von ammonium-nitrathaltigen Produkten belegen bei der Kultur Winterweizen exemplarisch für die Versuchsstandorte in den Höhen- und Wärmelagen Südwest eine hohe Wirkungssicherheit der klassischen dreifachen N-Verteilung im Frühjahr (Tab. 1).

Diese erfolgt praxisüblich vorwiegend mit Ammoniumnitrat-basierten Produkten begleitend zum Vegetationsbeginn (N 1, BBCH 21-25), zum Schossen (N 2, BBCH 30) und ab dem Erscheinen des letzten Blattes (N 3, BBCH 37-39), um die Bestandesdichte, die Kornzahl pro Ähre und die Kornbildung chronologisch zu steuern. Bei optimal überwinterten Getreidebeständen sichert eine moderate erste N-Gabe die standortspezifisch optimale Bestandesdichte ab.

Tab. 1:		N-Verteilungsmuster bei Wintergetreide (Beispiele)				
N-Düngungsstrategien zu Winterweizen (Auswahl)						
		N-Düngung in 3 Teilgaben			N-Menge Teilgabe (kg N/ha)	Theor. Kalkbedarf n. SLUIJSMANS (kg CaO/ha)
N-Gabe:		N 1	N 2	N 3		
Stadium:		Bestockung	Schossen	Fahnenblatt-Stadium		
BBCH:		ab BBCH 21-25	ab BBCH 30	ab BBCH 39		
N-Verteilung (%):		20 – 25	35 – 45	35 – 40		
Kalendarischer Termin:		Mitte März	Mitte April	Mitte Mai		
Produkte (Beispiele):		NPKS, ASS, KAS	KAS, Piagran Pro	KAS	60 / 60 / 60	187
		N-Düngung in 2 Teilgaben			N-Menge Teilgabe (kg N/ha)	Theor. Kalkbedarf n. SLUIJSMANS (kg CaO/ha)
N-Gabe:		N 1	N 2			
Stadium:		Bestockung	Fahnenblatt-Stadium			
BBCH:		bis BBCH 29	bis BBCH 37/39			
N-Verteilung (%):		45 - 50	50 - 55			
Kalendarischer Termin:		Mitte März/Anfang April	Mitte April/Anfang Mai			
Produkte (Beispiele):		NPKS, ASS, KAS	KAS, Piagran Pro		52 / 128	226
		Power ALZON neo-N	KAS		120 / 60	195
		NPKS, ASS, KAS	AHL (Schleppschlauch)		52 / 128	230
		ASL (Schleppschlauch)	KAS, Piagran Pro		42 / 138	264

Die überdurchschnittlich feuchten Bodenbedingungen im zurückliegenden Herbst haben vor allem beim Winterweizen die Etablierung der Pflanzenbestände erschwert. Mangelnder Bodenschluss, teilweise massiver Schneckenbefall sowie Unverträglichkeiten von Bodenherbiziden haben zur Ausdünnung der Pflanzenbestände beigetragen. Dies verlangt eine zeitige und betonte N-Startgabe zum Vegetationsbeginn mit rasch wirksamen N-Formen, um die Bestockung anzuregen und die Triebdichte wieder nach oben zu korrigieren. Soweit es die Witterungs- bzw. Bodenbedingungen und auch der Entwicklungszustand der Pflanzen zulassen, kann die Bestockung mit einem zusätzlichen Walzengang unterstützt werden.

Unter wiederum optimalen Entwicklungsbedingungen sollte die zweite N-Gabe möglichst zeitnah zum eigentlichen Schossbeginn terminiert werden, um unproduktive Seitentriebe aus der Bestockung nicht übermäßig zu fördern. Die dritte N-Gabe sollte insbesondere bei restriktiver Wasserversorgung bereits ab dem Erscheinen des letzten Blattes verabreicht werden, um eine optimale N-Ausnutzung zu gewährleisten. Von einer TKM- und qualitätsbetonten Aufteilung der dritten N-Gabe kann auch unter feuchteren Standortbedingungen erfahrungsgemäß abgesehen werden.

Bei zum Vegetationsbeginn bereits optimal entwickelten Pflanzenbeständen und ausreichender Triebdichte oder auch auf Standorten mit begrenztem Ertragspotenzial kann die kulturbegleitende N-Düngung in zwei Teilgaben bis zum Ende der Bestockung und bis zum Erscheinen des letzten Blattes ausgebracht werden. Dies betrifft auch bereits weit entwickelte Winterweizen-Bestände nach Blattfrüchten sowie bei regelmäßiger organischer Düngung. Auf den tiefgründigen Böden hat das Wintergetreide bis zu diesem Zeitpunkt den Vorrat an pflanzenverfügbaren Stickstoff unterhalb von 30 cm Bodentiefe ohnehin bereits erschlossen.

Mit Blick auf die zu erwartende Klimaentwicklung sprechen die aufgezeigten Ertragsrelationen zumindest auf den Standorten der Mittel- und Wärmelagen für eine Konzentration der N-Düngung auf zwei N-Gaben, insbesondere beim Anbau von frühreifen Sorten und regelmäßiger Vorsommertrockenheit während der Kornbildungsphase. Die Gewichtung der N-Gaben kann sich an dem vorhandenen Nmin-Vorrat zu Vegetationsbeginn, der Bestandesentwicklung in Abhängigkeit vom Sortentyp sowie der Wirkungsgeschwindigkeit der eingesetzten Düngemittel orientieren.

Bei derartigen N-Düngungsstrategien erscheint auch der Einsatz von langsam wirkenden N-Formen oder N-inhibierten Produkten zur ersten N-Gabe überlegenswert, um N-Austräge bei noch abwärts gerichteter Bodenwasserbewegung zu vermeiden. Gerade bei einem höheren Nmin-Gehalt im Boden zu Vegetationsbeginn verhilft die verzögerte N-Wirkung auch die Anlage unproduktiver Seitentriebe zu bremsen.

Reine harnstoffhaltigen Produkte bzw. daraus nachträglich hergestellte Mischprodukte dürfen nach den Vorgaben der Düngeverordnung nur unter Zusatz eines Ureasehemmstoffes auf bereits etablierte Pflanzenbestände ausgebracht werden. Davon nicht betroffen sind harnstoffhaltige Düngemittel, denen andere Komponenten bereits im Herstellungsprozess zugesetzt wurden.

Das mit dem Ureaseinhibitor 2-NPT ausgestattete Produkt ALZON 46 neo-N verfügt zusätzlich über den Nitrifikationshemmstoff MPA. Der Ureasehemmstoff verzögert die enzymatische Umsetzung des Harnstoffs zu Ammonium-N um bis zu ca. 2 Wochen. Gasförmige Ammoniakverluste sollen reduziert werden, indem der gelöste aber noch nicht hydrolysierte Harnstoff etwas tiefer in den Boden diffundieren kann, um dort erst zu Ammonium umgesetzt zu werden. Nach Maßgabe der vorhandenen Bodenfeuchte entscheidet die räumliche Konzentration des Urease-Inhibitors im Verhältnis zum gelösten Harnstoff über dessen Umsetzungsgeschwindigkeit.

Der Nitrifikationshemmstoff MPA verzögert die Umwandlung des aus der Hydrolyse stammenden Ammonium-N in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und -temperatur um sechs bis maximal 10 Wochen. Gleichzeitig lassen sich damit auch klimarelevante Lachgas-Emissionen und Denitrifikationsverluste reduzieren.

Harnstoff wird im Verlauf der Hydrolyse im Boden durch das bodenbürtige Enzym Urease u.a. über die Zwischenstufe Ammoniumcarbonat in Ammonium umgesetzt. Angesichts des merklichen pH-Wert-Anstiegs im unmittelbaren Umfeld der sich lösenden Düngergranulate besteht bei ungepufferten Böden die Gefahr von gasförmigen N-Verlusten aus dieser Fraktion. Soweit das entstehende Ammonium-carbonat nicht zeitnah mit dem Niederschlagswasser in den Boden hinein diffundieren kann, wird es direkt an der Bodenoberfläche zu freiem Ammoniak und Kohlensäure abgebaut. Die in der Bodenlösung relativ mild wirkende Kohlensäure reicht zur kurzfristigen pH-Pufferung nicht aus, so dass Ammoniak-Verluste entstehen können. Insbesondere unter eher trockenen Witterungsbedingungen während der Harnstoff-Hydrolyse oder bei Böden mit einem sehr hohen pH-Wert kann eine geringere N-Verwertung nach der Düngung von Harnstoff auftreten. Ähnliche Wirkungsminderungen können auch nach einer Ausbringung von Harnstoff auf noch gefrorene oder kalte, untätige Böden zeitig vor dem Vegetationsbeginn hervorgerufen werden.

Mit dem bulk blending Produkt Power ALZON neo-N, bestehend aus den Produkten ALZON 46 neo-N-plus (1,5-fache Inhibitormenge) und granuliertem Ammoniumsulfat z.B. in der Formulierung 37,5 % N und 8 % S, lässt sich auch gleichzeitig der erforderliche S-Bedarf abdecken.

Gez. i.A. Dr. S. Weimar, DLR Rheinessen-Nahe-Hunsrück, Bad Kreuznach