

Vergleich unterschiedlicher Düngestrategien auf einem Trockenstandort

Beschreibung der Praxisdemonstration 2023 im Auftragsgebiet Nordsachsen zum Thema Nitrat

1 Versuchsfrage

Als Anpassung an die zunehmende Trockenheit im Frühjahr und Sommer werden häufig, z. T. unabhängig von der Art des eingesetzten Düngers, Düngetermine vorgezogen und anteilig höhere N-Mengen auf die frühen Termine verteilt. Damit soll durch Einwaschung der Nährstoffe die ausgangs des Winters noch vorhandene Bodenfeuchte besser ausgenutzt werden, indem die N-Versorgung aus den obersten 30cm gesichert wird. Die optimale Reaktion auf die Bestandesentwicklung, die aktuelle Witterungssituation und den N-Ernährungszustand kann mit dieser Strategie einen Kompromiss darstellen, weil z. B. spätere für eine Triebreduktion verantwortliche Düngetermine ein Risiko mit Blick auf die Wasserversorgung und damit auf die Wirkung dieser darstellen.

Im Rahmen des Versuches sollen daher zwei KAS-Strategien (jeweils drei Gaben) mit Andüngung zum und vor dem Vegetationsstart, sowie eine stabilisierte Düngestrategie mit doppelt inhibierten (erste Gabe Urease- und Nitrifikationsinhibitor) und einfach inhibierten (Ureaseinhibitor) Harnstoff verglichen werden.

Die Düngebedarfsermittlung erfolgt mithilfe von BESyD auf Grundlage des gemessenen N_{\min} und dem ortsspezifischen Ertragsniveaus. Die Düngetermine wurden so gewählt, dass auch unter praxisüblichen Bedingungen (Wind, Befahrbarkeit, etc.) hätte gedüngt werden können. Im Vordergrund stand die Multiplikation und damit auch die Anwendbarkeit der jeweiligen Düngestrategie für eine nährstoffeffiziente Beratung.

2 Ausgangsbedingungen

Ort:	Dubrauke
Oberflächengewässerkörper:	Dubrauker Fließ
Grundwasserkörper:	Löbauer Wasser
Bodentyp:	Pseudogley-Parabraunerde aus periglaziärem Kies führendem Schluff über periglaziärem Kieslehm
Bodenart:	stark lehmiger Sand (AZ 35)
Fruchtart:	Winterweizen (A-Qualität, Sorte Lemmy)

Für den Standort wird laut digitaler Bodenkarte des LfULG ein stark lehmiger Sand mit einem Tongehalt von 12,5 %, einem Schluffgehalt von 45 % und ein Sandanteil von 42,5 % ausgewiesen. Die durchschnittliche effektive Durchwurzelungstiefe am Standort liegt bei rd. 110 cm. Die Frühjahrs-N_{min}-Werte in 0-60 cm Bodentiefe lagen im niedrigen Bereich in Höhe von 34 kg N_{min}/ha. Vorfrucht war Winterweizen, wodurch eine hohe Nachlieferung nicht erwartet werden konnte.

3 Anlageplan

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Jede Parzelle umfasste eine Größe vom 3 m x 7,5 m. Die Ertragserfassung erfolgt im 1,5 m breiten Kerndrusch mit Parzellenmähdrescher.

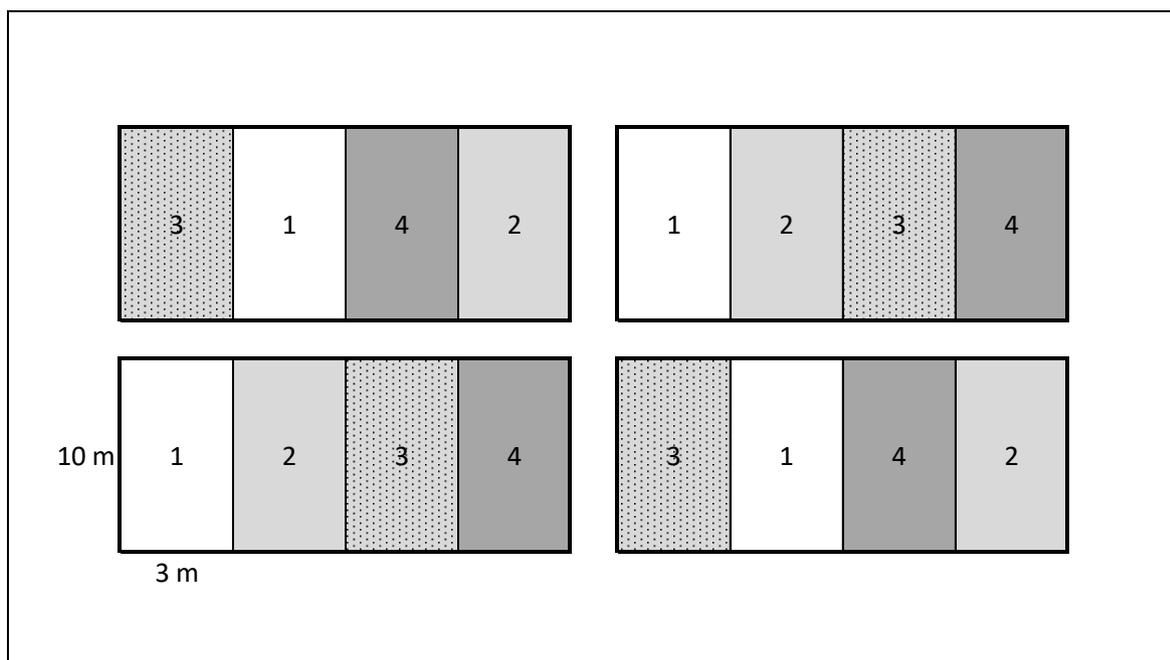


Abbildung 1: Anlage der Praxisdemonstration

In Tabelle 1 sind die vier Prüfglieder mit den jeweiligen Düngestrategien dargestellt.

Tabelle 1: Prüfvarianten der Praxisdemonstration

Variante	Düngestrategie
1	ungedüngte Kontrolle
2	KAS (Andüngung vor dem Vegetationsbeginn), 3 Gaben-Strategie
3	KAS (Andüngung zum Vegetationsbeginn), 3 Gaben-Strategie
4	Stabilisierte Düngung, 1+2. Gabe zusammengefasst mit Alzon Neo N (Urease- und Nitrifikationsinhibitor) + Abschlussgabe mit Piagran Pro (Ureaseinhibitor)

In Tabelle 2 ist der für die Versuchsfläche mittels BESyD ermittelte N-Düngebedarf zusammengestellt. Für den angebauten A-Weizen ergibt sich ein Düngebedarf von 196 kg N/ha, welcher bei der Umsetzung der Düngestrategien vollständig ausgenutzt wurde. Das Ertragsniveau wurde um 10 %, auf Grund des Ertragseffektes von Parzellenversuchen, auf 80 dt/ha angehoben.

Tabelle 2: N-Bedarfsplanung für die Versuchsfläche

	Düngebedarfsermittlung
Ertrag (5 jähr. Mittel +10 %)	80 dt/ha
N-Bedarf Pflanze	230 kg N/ha
N _{min} 0-90 cm (15.02.)	-34 kg N/ha*
Vorfrucht Nachlieferung	0 kg/ha (Getreide)
Organ. Düngung im Vorjahr	0 kg N/ha
Düngebedarf	196 kg N/ha

* N_{min}-Gehalt um Steingehalt und Durchwurzelungstiefe korrigiert

4 Material und Methoden

4.1 Einschätzung der Witterungssituation im Untersuchungszeitraum

In den Abbildung 2 Abbildung 3 und Abbildung 3 ist der Niederschlags- und der Temperaturverlauf von September 2022 bis August 2023 zusammengestellt. Dabei handelt es sich um Werte der nahegelegenen Wetterstation Baruth des LfULG Sachsen.

Obwohl das Frühjahr 2023 hohe Niederschlagsmengen aufwies, kam es in der entscheidenden Wachstumsphase als auch in der Kornfüllungsphase des Winterweizen zu deutlichen Niederschlagsdefiziten in den Monaten Mai und Juni. Auch die unterdurchschnittlichen Temperaturen im April und Mai hemmten die Stickstoffmineralisation aus dem Boden und somit auch die Nährstoffaufnahme der Pflanzen mit dem Transpirationssog. Insgesamt trug die verdunstungsarme und den Bodenwasservorrat schonende Witterung zu einem hohen Ertragsniveau bei.

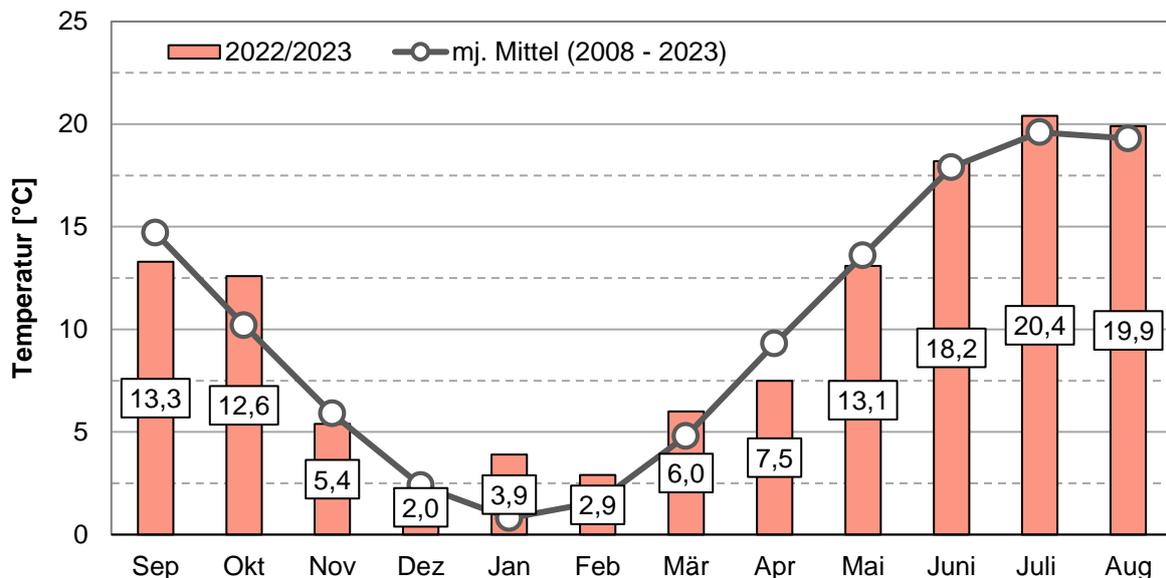


Abbildung 2: Monatsmitteltemperaturen im Zeitabschnitt September 2022 bis August 2023 im Vergleich zum mehrjährigen Mittel – Wetterstation Baruth LfULG

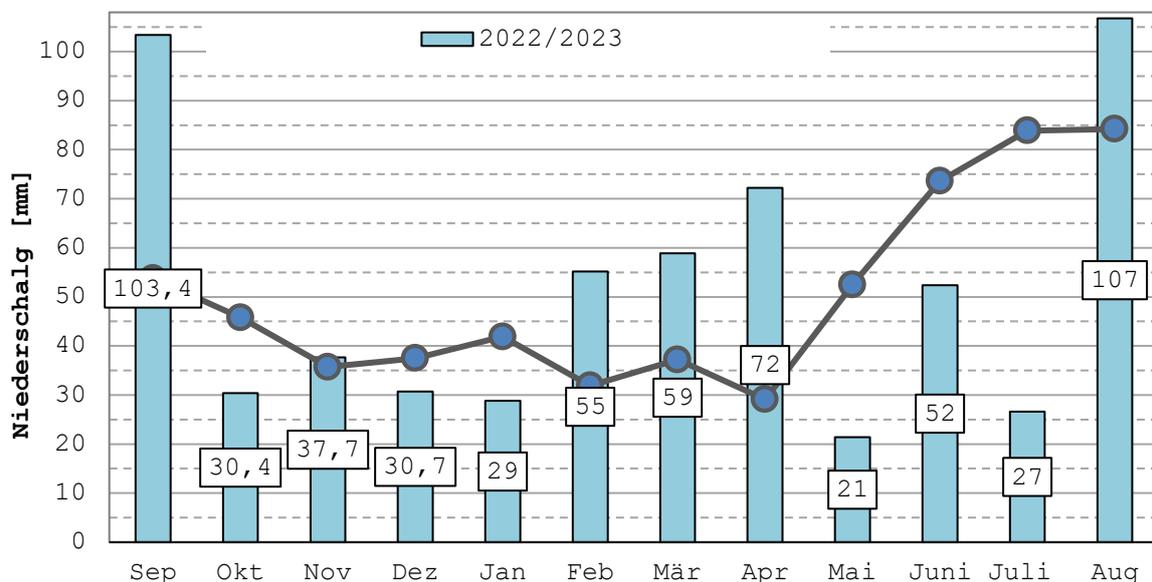


Abbildung 3: monatlicher Niederschlag im Zeitabschnitt September 2022 bis August 2023 im Vergleich zum mehrjährigen Mittel – Wetterstation Baruth LfULG

4.2 Versuchsdurchführung

Als Vorfrucht befand sich die Kultur Winterweizen auf dem Schlag. Die Ernterückstände wurden mittels Grubber eingearbeitet. Die Aussaat des Winterweizens (Sorte Lemmy) erfolgte am 14.10.2022 mit 330 Körnern/m². Die Düngung der Versuchspartellen erfolgte per Hand und wurde zu den in Tabelle 3 aufgeführten Terminen ausgebracht.

Tabelle 3: realisierte N-Mengen in den Prüfgliedern

Datum	KAS Früh	KAS früh Ortsüblich	stabilisiert
Vor VB 24.02.	60 kg N/ha KAS	-	130 kg N/ha Alzon NeoN
VB 21.03.	-	60 kg N/ha KAS	-
EC 31 20.04.	70 kg N/ha KAS	70 kg N/ha KAS	-
EC 39 24.05.	60 kg N/ha KAS	60 kg N/ha KAS	60 kg N/ha Piagran Pro

VB = Vegetationsbeginn

Die 3-Gaben-Strategien wurden mit dem Stickstoffdünger KAS umgesetzt. Bei der 2-Gaben-Strategie wurden noch vor Vegetationsbeginn ca. 70 % des errechneten Düngedarfes mit stabilisiertem Stickstoffdünger ausgebracht. Die restlichen 30 % wurden zum Ende der Schossphase wie die 3. Gabe der KAS-Strategien gedüngt.

Zum Erntezeitpunkt des Versuches wurden folgende Parameter zur Beschreibung der Ertragsstruktur bestimmt:

- Kornertrag
- TKM
- Rohproteingehalt im Korn

5 Ergebnisse

5.1 Vegetation

Durch das recht feuchte Frühjahr im März waren die Flächen nach den ersten technologisch möglichen Düngeterminen im Februar am Standort Dubrauke erst wieder Mitte/Ende März befahrbar. Nach der Versuchsvorgabe wurde daher die erste Gabe der Strategie KAS (Rüfglied 2) zum Vegetationsbeginn erst am 21.03. kurz nach dem eigentlichen Vegetationsstart appliziert. Zu diesem Zeitpunkt zeichneten sich bereits Stickstoffdüngeneffekte in den früh gedüngten Varianten ab, wodurch eine zeitige Nährstoffaufnahme unabhängig von der Düngerart visuell festgestellt wurde. Der Habitus der Pflanzen erschien durch aufrechte und stärker durchgrünte Blätter vitaler. Eine bestockungsfördernde und kornanzahlsteigernde Düngewirkung im Doppelringstadium der Pflanzen konnte zu diesem Zeitpunkt damit vermutet werden (Abbildung 4).



Abbildung 4: Weizenbestand am 21.03.2023 – von links rechts ab dem ersten Etikett in der vorderen Reihe: Nullvariante, KAS vor VB, KAS zum VB, stabilisiert

5.2 Ertragsstruktur

Kornertrag

Der Kornertrag wurde am 27.07.2023 mittels Parzellenmähdrescher erfasst. Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden alle Ertragsergebnisse auf einen TS-Gehalt von 85,5 % umgerechnet und in Abbildung 5 dargestellt.

Den tendenziell höchsten Ertrag mit im Mittel 91,5 dt/ha erzielte die stabilisiert gedüngte Variante vor der früh gedüngten KAS-Variante (89,8 dt/ha). Die spät mit KAS angedüngte Variante erreichte mit im Mittel 84 dt/ha den geringsten Ertrag. Die Ertragsunterschiede fallen zwischen den Varianten gering aus und sind bei der vorhandenen Streuung zwischen den Wiederholungen auch nicht statistisch gesichert. Dementsprechend hatte der Faktor Düngung keinen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag. Trotzdem konnten wie in den Jahren zuvor als auch in diesjährigen Untersuchungen tendenzielle Vorteile der frühen Andüngung unabhängig von der Düngerart bei niedrigen N_{\min} -Gehalten bzw. Nachlieferungsraten bestätigt werden. Vor allem bei einer geringen N-Versorgung mit bodenbürtigen N sind daher frühe Düngetermine unter den sich ändernden klimatischen Verhältnissen anzuraten.

Die ungedüngte Variante wies deutlich geringere Erträge von im Mittel 39 dt/ha auf und bestätigte durch die großen N-Düngeeffekte die geringen N-Nachlieferungsraten bzw. N_{\min} -Gehalte.

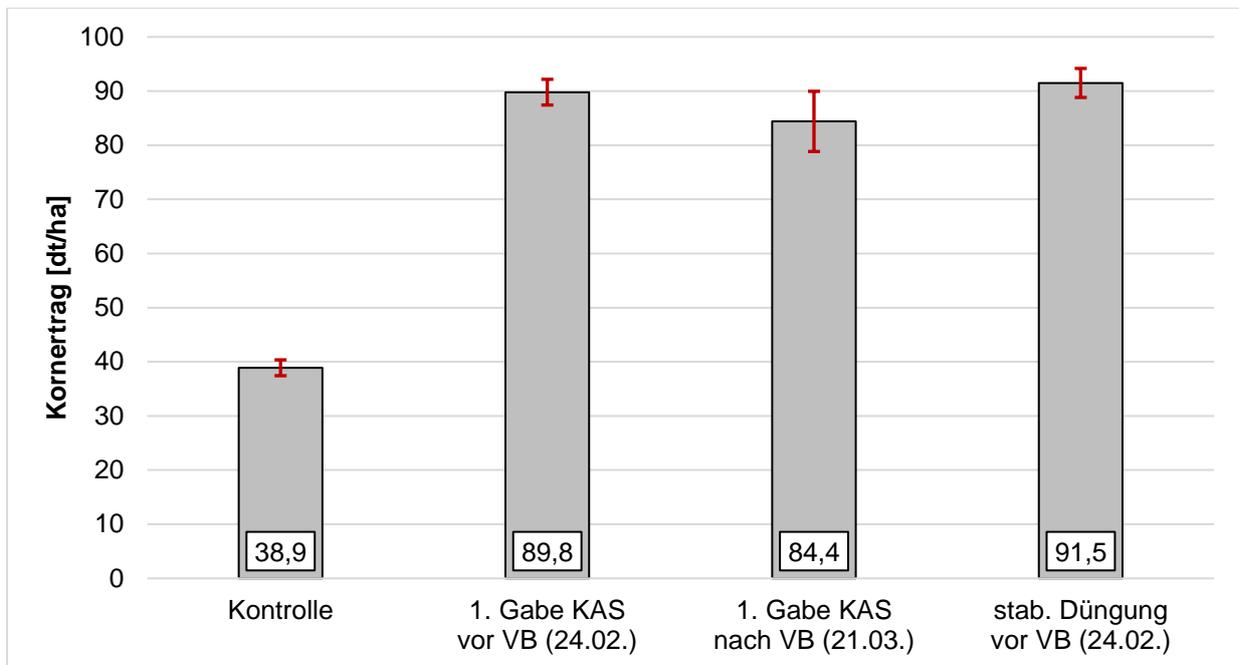


Abbildung 5: Kornertrag in dt/ha von Winterweizen bei 86 % TS in den einzelnen Varianten (\pm Standardabweichung)

Tausendkornmasse

Die Tausendkornmasse (TKM) wurde im Labor ermittelt und ist in Abbildung 6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengefasst. Es zeigte sich, dass die zeitige Andüngung vor Vegetationsbeginn sowohl mit KAS als auch mit dem stabilisierten N-Dünger die höheren TKM-Werte durch eine bessere Kornausbildung für die Sorte Lemmy unter den diesjährigen Bedingungen im Vergleich zur späteren Andüngung mit KAS hervorbrachte.

Abbildung 1

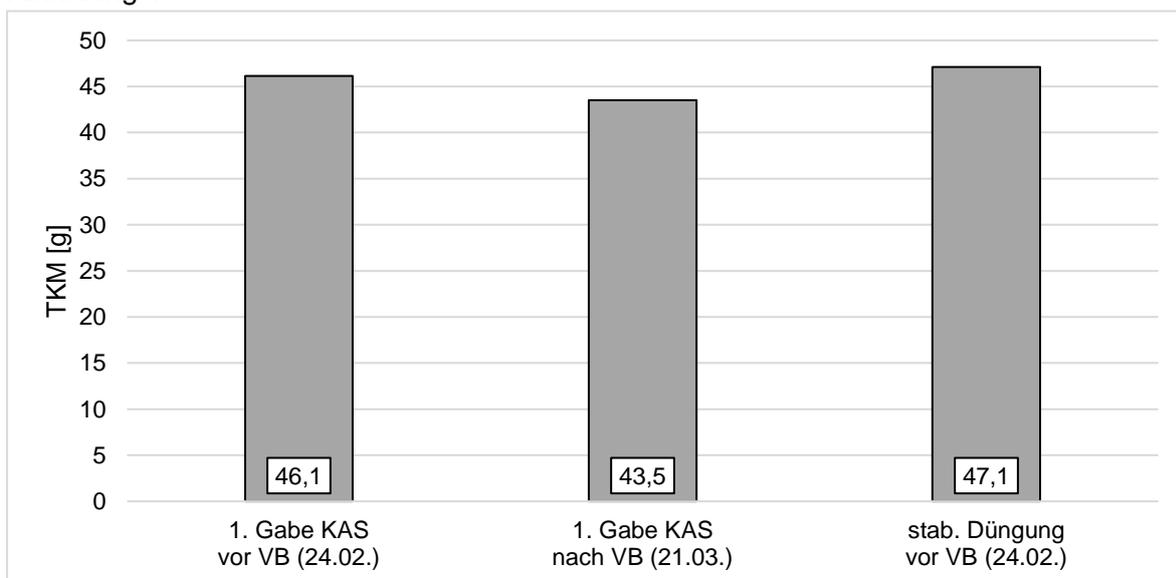


Abbildung 6: Tausendkornmassen in g in den einzelnen Varianten

5.3 Qualitätsparameter

Rohproteingehalt im Korn

Die Rohproteingehalte im Korn, welche in Abbildung 7 dargestellt sind, zeigten deutliche Differenzen von bis zu 1,4 % zwischen den gedüngten Prüfgliedern. Der geringere Ertrag und die geringere Tausendkornmasse führten in der mit KAS spät angedüngten Variante mit 14 % durch einen geringeren N-Verdünnungseffekt zu den höchsten Rohproteingehalten im Korn. Den geringsten Rohproteingehalt zwischen den gedüngten Varianten erzielte mit 12,6 % die stabilisiert gedüngte Variante und konnte somit nicht die Qualitätsanforderungen für A-Weizen erreichen. Hier kann vermutet werden, dass ein Teil des gedüngten N aufgrund der etwas höheren Bestandesdichte zur Bildung des Stütz- und Leitgewebe der Pflanze im Stroh verarbeitet wurde und dem Umlagerungsprozess ins Korn dadurch nicht mehr zur Verfügung stand.

Die ungedüngte Kontrollvariante wies mit 9,4 % deutlich geringere Rohproteingehalte als die gedüngten Varianten auf. Auf Grund des sehr niedrigen N_{\min} -Gehaltes im Frühjahr und des tendenziell nachlieferungsschwachen Bodens des Versuchsstandortes waren diese Rohproteinwerte für einen ungedüngten Weizenbestand zu erwarten.

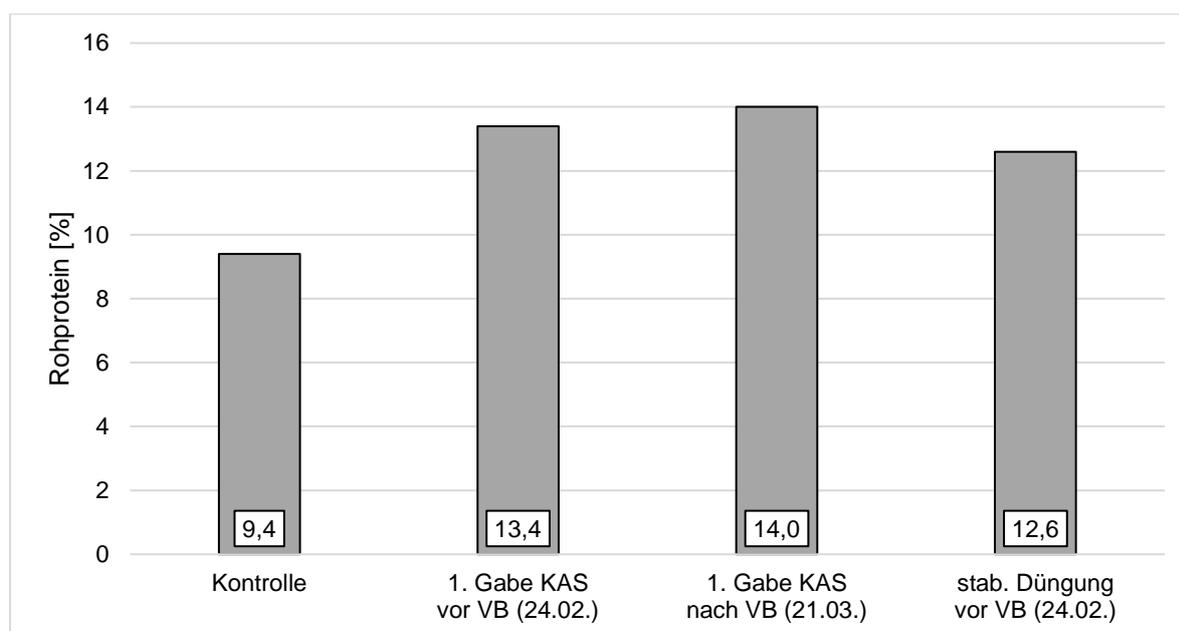


Abbildung 7: Rohproteingehalte in % in den einzelnen Varianten

5.4 N-Bilanz

In Tabelle 4 ist die N-Bilanz für die einzelnen Prüfglieder zusammengestellt. Mit den in den Prüfgliedern insgesamt eingesetzten N-Düngermenge von 190 kg/ha konnte unter den Bedingungen des Jahres 2023 insgesamt ein hohes Ertragsniveau mit nahezu ausgeglichenen N-Salden erzielt werden. Interessant ist die gleichmäßige N-Verwertung über alle gedüngten Varianten hinweg. Die durch eine bessere frühzeitige Pflanzenentwicklung zeitig gedüngten Varianten wiesen durch die höheren TKM eine bessere Stärkeeinlagerung im Korn auf,

wodurch der Rohproteingehalt verdünnt wurde. Aussagen zur N-Aufnahme des Strohs können nicht getroffen werden, gravierende Unterschiede lassen sich aus den Resultaten aber nicht ableiten, da hohe Rohproteingehalte im Korn mit dem N-Gehalt im Stroh korrelieren und so ähnlich der N-Aufnahme vom Korn für das Stroh analoge Werte erwartet werden.

Unter Einbeziehung der ungedüngten Prüfglieder lässt sich eine scheinbare Dünger-N-Ausnutzung berechnen. Sie liegt in allen Prüfgliedern auf einem sehr ähnlichen Niveau. Gleiches gilt auch für die sehr gute N-Verwertungseffizienz, welche auf eine optimale Versorgung der Pflanzen auch mit weiteren essentiellen Nährstoffen bei guter Wasserversorgung deutet. Negative Kornbilanzsalden zwischen -10 und -20 kg N/ha weisen auf eine über der Zufuhr liegende Abfuhr und eine Abreicherung des im Boden gebundenen N hin. Dauerhaft sind für dieses Standort daher diese Salden bzw. die damit verbundenen hohen Erträge nicht reproduzierbar.

Tabelle 4: N-Bilanzsaldo in der Prüfgliedern und die scheinbare Dünger-N-Ausnutzung sowie die Verwertungseffizienz des gedüngten Stickstoffs

Merkmal	Kontrolle	1. Gabe KAS vor VB (24.02.)	1. Gabe KAS nach VB (21.03.)	Stab. Düngung vor VB (24.02)
Kornertag (dt/ha bei 86 %)	38,9	89,8	84,4	91,5
Rohproteingehalt (% bei 86 %)	9,4	13,4	14,0	12,6
N-Entzug Korn (kg/ha)	64	211	207	202
N-Düngung (kg/ha)	0	190	190	190
N-Bilanzsaldo Korn (kg/ha)	-64	-21	-17	-12
Scheinbare Dünger-N-Ausnutzung ¹ (in %)	-	77	75	73
N-Verwertungseffizienz ² (in%)	-	111	109	106

¹ scheinbare Dünger-N-Ausnutzung = (N-Entzug (gedüngt) – N-Entzug (ungedüngt) / N-Düngermenge) * 100

² N-Verwertungseffizienz = (N - Entzug Korn / N-Düngermenge)*100

6 Fazit

Unter den oft trockenen Standortbedingungen stellt sich in vielen Jahren die Frage nach der optimalen Strategie bei der Qualitätsweizenproduktion. Insbesondere späte N-Gaben kommen auf Grund der Trockenheit nur unvollständig zur Wirkung. Das wirkt sich negativ auf die angestrebten Rohproteingehalte beim Qualitätsweizen aus. Das Ziel des vorgestellten Parzellenversuches war es, den Einfluss unterschiedlicher Düngungsstrategien auf die Stickstoffverwertung sowie auf Ertrag und die Qualität des Winterweizens zu untersuchen.

Die Andüngung mit stabilisiertem Harnstoff (Alzon NEO N, 2-Gaben-Strategie) erfolgte zum 24.02.2023 in der Höhe von 130 kg N/ha (70 % des berechneten Düngebedarfs). Parallel dazu erfolgte in einem weiteren Prüfglied die zeitige Andüngung mit KAS in Höhe von 60 kg N/ha. Zum 21.03.2023 zur Zeit des Vegetationsbeginns erfolgte in dem Vergleichsprüfglied mit KAS und der Aufteilung in 3-Gaben die erste N-Gabe (60 kg N/ha).

Auf dem diluvialen und nachlieferungsschwachen Standort (ersichtlich am geringen Grund-ertrag ohne Düngung) stand der Versuch nach Weizenvorfrucht und bei vergleichsweise geringem Frühjahrs-N_{min}. Unter diesen Bedingungen brachte sowohl die vorgezogene Gabe mit KAS als auch die zusammengelegte 1. und 2. N-Gabe mit Alzon Neo N im Vergleich zur ortsüblichen Andüngung Ertragsvorteile bei etwas geringeren Rohproteingehalten. Unabhängig von der Düngestrategie wurde der Fläche Stickstoff in gleicher Höhe durch die Kornabfuhr entzogen. Der Dünger-N wurde in allen Varianten von den Pflanzen in fast gleicher Höhe verwertet, führte aber durch differenzierte zeitliche Verfügbarkeit zu unterschiedlichen Erträgen aufgrund von Bestandesdichte und TKM.

Weiterhin wichtige Informationen zum Einsatz stabilisierter Dünger:

- Der Einsatz stabilisierter Dünger setzt voraus, dass die Flächen im Frühjahr zeitig befahrbar sind (düngerechtlich ist eine Befahrung bei Frost nicht mehr zulässig).
- Die Rahmenbedingungen bei der Ausbringung hoher Düngergaben sollten optimal sein (gut eingestellter Streuer, möglichst wenig Wind, gute Düngerqualität).
- Die fachlich zu empfehlenden eigenen N_{min}-Untersuchungen und die dazugehörige Düngebedarfsermittlungen müssen zeitig im Frühjahr erledigt werden.
- Auf sorptionsschwachen (Bindungsfähigkeit von Nährstoffionen) Sandböden (< 30 BP) besteht bei hohen Niederschlagsmengen trotz Nitrifikationsinhibitor ein Risiko von Verlagerungen, da Ammonium aufgrund des geringen Tonanteils nicht gebunden werden kann (bei gut entwickelten Beständen und in Regionen mit Frühjahrstrockenheit überschaubares Restrisiko).