

Einsatz flüssiger und stabilisierter N-Dünger im Wintergetreide

Abstract: It was the purpose of this experiment to improve the fertilization in winter grain by different nitrogen-fertilizers and different times of application. Several forms of nitrogen fertilizers were compared in this experiment. Highest fertilizer N efficiency was found for calcium ammonium nitrate, especially at the first application in spring. A recommendation can be made for a splitted application with this fertilizer in wheat, rye and barley. Fertilizer treatments with the lowest N balance were not necessary the economically favourable ones.

Zusammenfassung

Untersucht wird die Auswirkung verschiedener Düngerformen (fest, flüssig, stabilisiert) und des Düngungszeitpunktes auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen, Winterroggen bzw. Wintergerste an den Standorten Kuhlrade, Gustävel und Gülzow. Weiterhin wird geprüft, ob und wie sich unterschiedliche Arten des ausgebrachten Düngers bzw. Stickstoffs (Nitrat-N, Ammonium-N, Carbamid-N, Harnstoff-N) auf die Pflanze auswirken und inwieweit es möglich ist, die N-Salden durch die Düngungsvarianten zu verringern.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der Jahreseinfluss größer ist als der Einfluss einer Düngungsstrategie. An allen drei untersuchten Standorten wurde demnach ein Einfluss der Witterung, aber kein statistisch signifikanter Einfluss der Düngung nachgewiesen.

Anhand der abgeleiteten N-Salden lässt sich zeigen, dass der Stickstoff in Form von KAS die tendenziell höchste N-Effizienz aufweist. Allerdings zeigten sich im Winterweizen unter trockenen Bedingungen vergleichbar gute Ergebnisse auch mit anderen Düngerformen, wenn die zweite und dritte Gabe zusammengelegt wurde und die erste Gabe mit KAS erfolgte. Dieser Effekt war unabhängig von der Düngerform der zusammengelegten zweiten Gabe, sodass ein Vorteil durch eine KAS-Düngung, das heißt durch schnell verfügbaren Stickstoff, im Frühjahr zu vermuten ist. Eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe war nur mit KAS-Düngern vorteilhaft. Insgesamt kann insbesondere auf trockenen Standorten eine Zusammenlegung von Teilgaben im Anschluss an eine erste KAS-Düngung empfohlen werden.

Auf allen drei Standorten konnte in den untersuchten Fruchtarten der geringste N-Saldo durch eine Standarddüngung (3 Gaben) mit KAS erzielt werden. Das ökonomische Optimum entspricht nicht immer der Variante mit dem geringsten N-Saldo.

Aufgabe und Ziel

Gegenstand der Untersuchungen sind Düngestrategien mit der Zusammenfassung von Düngergaben durch Einsatz flüssiger und stabilisierter Dünger mit hohem Ammoniumanteil. Es soll geprüft werden, ob mit solchen Maßnahmen insbesondere auf leichten Standorten und bei Vorsommertrockenheit die N-Ausnutzung im Wintergetreide verbessert wird und somit die N-Überschüsse auf den Flächen verringert werden können.

Sachstand

Ziel von Verfahren zur Depotdüngung ist es, durch konzentrierte Ein- bzw. Aufbringung vorrangig ammoniumhaltiger Düngemittel ein Nährstoffdepot im Boden zu schaffen, aus dem Stickstoff über einen längeren Zeitraum langsam und entsprechend dem Pflanzenbedarf freigesetzt wird. Wegen seiner Konzentration kann dieser Ammoniumvorrat von Mikroorganismen nur langsam in Nitrat umgewandelt werden und ist damit vor Auswaschung besser geschützt.

Seit 1998 werden in verschiedenen Gebieten Deutschlands landwirtschaftliche Hauptkulturen und Grünland mit Injektionsgeräten und Feldspritzen, die mit Schleppschläuchen bzw. speziellen Düsen ausgestattet sind, gedüngt. Ausschlaggebend für die Einführung des Verfahrens war in erster Linie die Möglichkeit der Arbeitszeiterparnis. Exaktversuche haben gezeigt, dass durch die Anwendung von Ammoniumdüngern im Depotverfahren eine Reduzierung der N-Düngung auf nur eine Gabe im Frühjahr möglich ist. Besondere Vorteile wurden darüber hinaus im Getreidebau auf den leichteren Standorten mit Vorsommertrockenheit bezüglich Ertrag und Nährstoffeffizienz im Vergleich zur herkömmlichen Gabenteilung erreicht. In Versuchen der LFA

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

reagierten Roggen und Gerste mit ausgeglichenen Beständen, Mehrerträgen und höherer Ertragssicherheit (Boelcke 2004 und 2007). Die N-Salden und damit auch die Nährstoffbelastungen für das Grund- und Sickerwasser verringerten sich (Boelcke, Zachow 2010).

Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf die verschiedenen regionalen Bedingungen in MV ist zu prüfen. Gerade auf auswaschungsgefährdeten Sandböden in Gebieten mit Vorsommertrockenheit soll die Depotdüngung Möglichkeiten erschließen, bei ausreichender Pflanzenversorgung die Gefahr von Nährstoffverlagerungen zu verringern.

Voraussetzung für die einmalige N-Applikation sind Flüssigdünger mit einem hohen Anteil Ammonium- bzw. Carbamidstickstoff. Es werden gegenwärtig verschiedene Düngerlösungen zur Injektion oder oberflächigen Depotdüngung angeboten. Die Wirkung dieser Produkte auf die Nährstoffeffizienz, die Dynamik im Boden, den Ertrag und die Qualität der verschiedenen Fruchtarten ist zu klären.

Versuchsaufbau

Untersucht wurde die Auswirkung verschiedener Düngerformen (fest, flüssig, stabilisiert) und des Düngungszeitpunktes auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen, Winterroggen und Wintergerste an den Standorten Kuhlrade, Gustävel und Gülzow. Weiterhin wurde geprüft, ob und wie sich unterschiedliche Arten des ausgebrachten Düngers bzw. Stickstoffs (Nitrat-N, Ammonium-N, Carbamid-N, Harnstoff-N) auf die Pflanze auswirken und inwieweit es möglich ist, die N-Salden durch die Düngungsvarianten zu verringern.

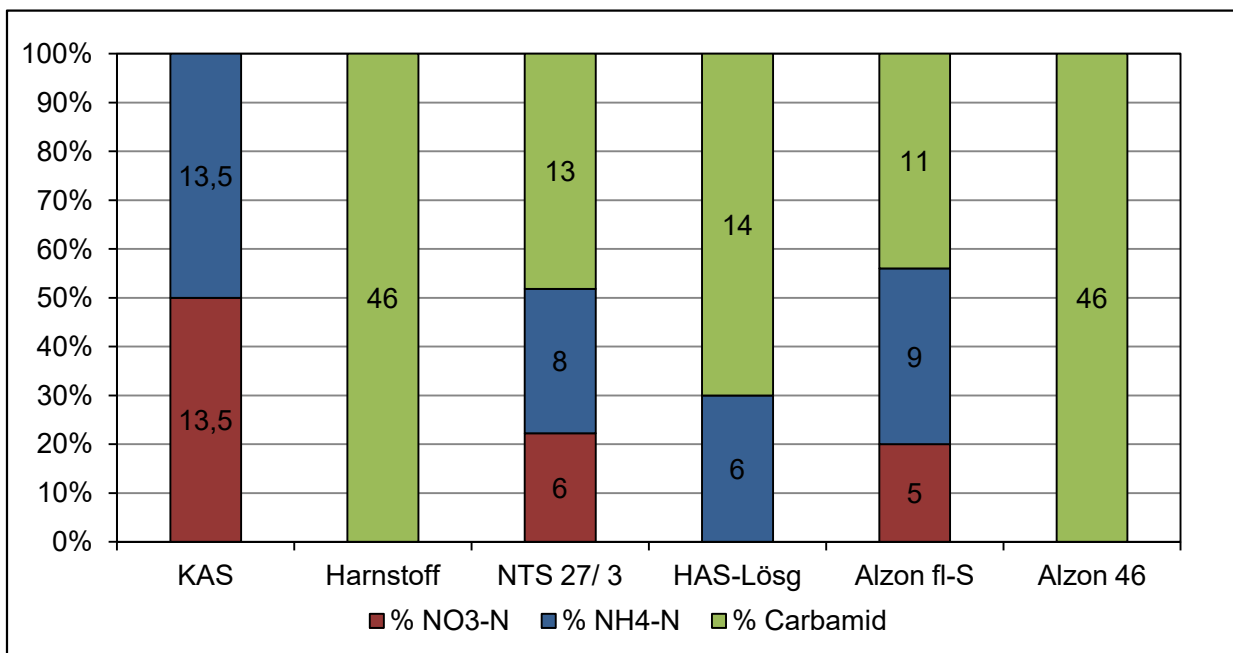


Abb. 1: Anteil der N-Form der verwendeten Dünger

Im **Weizen** wurden folgende Varianten untersucht:

Zum einen sollte eine **frühjahrsbetonte Düngung** getestet werden. Dabei wurden die N-Mengen der regulären ersten und zweiten Gabe zusammengelegt (140 kg N/ha) und zu Vegetationsbeginn ausgebracht. Für diese Düngung zu Vegetationsbeginn wurden unterschiedliche N-Düngerformen genutzt: KAS-Dünger (Kalkammonsalpeter) als Standarddüngerform, weiterhin HAS-Lösung (Harnstoff-Ammoniumsulfat) sowie ein fester (Alzon 46) und ein flüssiger (Alzon fl S) stabilisierter Dünger (siehe Abb. 2). Die stabilisierten Dünger sind mit Nitrifikationshemmstoffen versetzt, um die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat zu verlangsamen. Zur üblichen dritten Gabe wurde in der frühjahrsbetonten Variante eine abschließende KAS-Düngung (40 kg N/ha) gegeben. Alle Prüfvarianten haben, um die Effekte nicht durch ein hohes Düngungs-niveau zu überlagern, eine vergleichsweise geringe Gesamtdüngermenge von 180 kg N/ha bekommen.

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Demgegenüber wurde eine **schossbetonte Variante** geprüft. Bei dieser wurde zu Vegetationsbeginn mit KAS (70 kg N/ha) angedüngt und die restliche N-Menge (110 kg N/ha) mit den genannten unterschiedlichen Düngern zum Schossen ausgebracht. Als Vergleichsvariante im Winterweizen diente eine dreimalige Gabenteilung zu den üblichen Zeitpunkten mit KAS-Dünger: Vegetationsbeginn (70 kg N/ha), Schossen (70 kg N/ha) und als Qualitätsgabe (40 kg N/ha). Die Versuche wurden von 2012-2014 an einem trockenen Standort (Gustävel) und an einem Standort mit maritimem Einfluss und somit ausreichender Wasserverfügbarkeit (Kuhlrade) angelegt. Am Standort Gülzow wurde zusätzlich die Düngerform NTS 27/3 (Gemisch aus Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung und Ammoniumthiosulfat) eingesetzt, sowie eine dreimalige Gabe mit Harnstoff (HST) zur ersten und zweiten Gabe mit abschließender KAS-Qualitätsgabe untersucht. Die Weizenversuche wurden in einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit sechsfacher Wiederholung angelegt.

Im **Roggen** wurde neben den üblichen zwei Gaben mit KAS (je 60 kg N/ha) eine Einmalgabe von 120 kg N/ha zu Vegetationsbeginn mit KAS, HAS-Lösung, Alzon 46 und Alzon flüssig geprüft. Die Roggenversuche wurden in Gustävel und Kuhlrade in sechsfacher Wiederholung in einer einfaktoriellen Spaltanlage durchgeführt.

Ein in Gülzow angelegter Versuch im Winterweizen (zweifaktorielle Spaltanlage, vierfache Wiederholung) untersuchte eine KAS-Gabenteilung und eine Gabenteilung mit Harnstoff (je 70 und 60 kg N/ha), sowie eine Einmalgabe von 130 kg N/ha mit NTS 27/3, HAS-Lösung, Alzon 46 und Alzon flüssig. Weiterhin werden Ergebnisse von einem Versuch dargestellt, bei dem unter anderem eine KAS-Düngung im Frühjahr einer Einmaldüngung mit Alzon 46 gegenübergestellt wird.

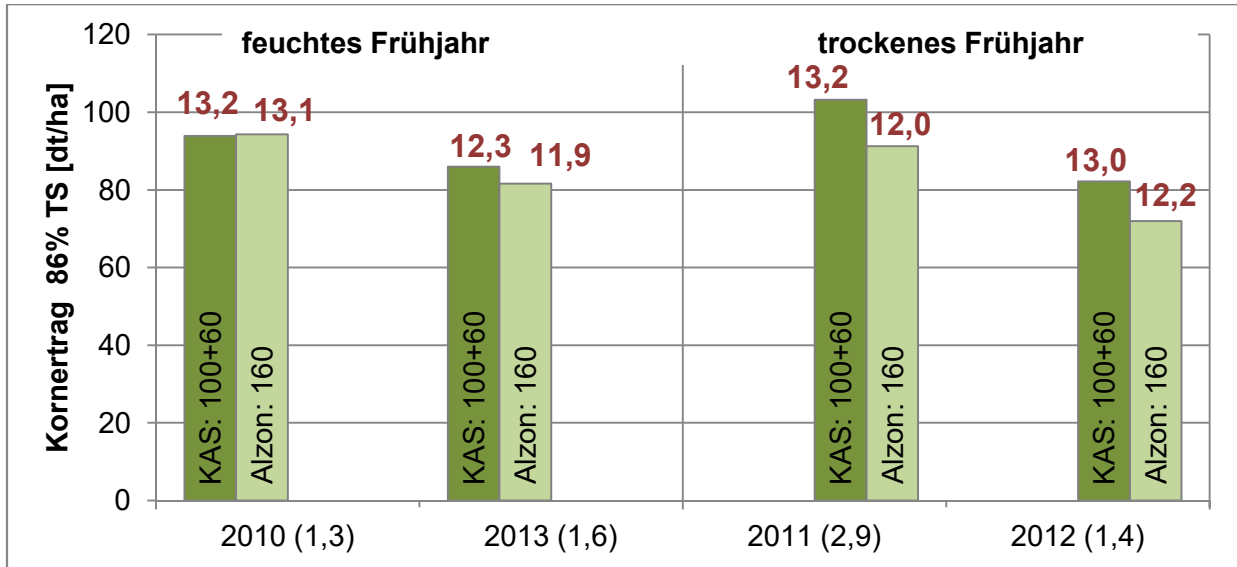
Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Fruchtarten getrennt voneinander betrachtet und ausgewertet, um eventuelle Artenunterschiede herauszustellen und eine möglichst übersichtliche Darstellung zu gewährleisten.

Winterweizen

In Gülzow zeigten sich beim Winterweizen im Kornertrag sowohl 2012 als auch 2013 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten. Auch auf den Rohproteintrag wurde kein Einfluss durch die Düngung festgestellt. Im Mittel der beiden Versuchsjahre waren die N-Salden bei einer schossbetonten Düngung (Zusammenlegung zweite und dritte Gabe) auf gleichem Niveau wie eine Standarddüngung (3×KAS), wohingegen eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe einen im Mittel um 5 kg/ha höheren N-Saldo ergab.

Unter den gegebenen Standortbedingungen zeigte sich in einem weiteren Versuch, dass gerade in Jahren mit ausgeprägt trockenen Frühjahrsbedingungen die geteilte Gabenstrategie mit KAS eine höhere N-Effizienz aufwies als die einmalige Düngung mit Alzon. Bei spätem Vegetationsbeginn, kühlen Temperaturen und vor allem feuchter Witterung wirkten beide Düngerformen dagegen gleichwertig. Diese Effekte wurden auch in anderen Düngungsversuchen beobachtet. Für die beschriebenen Standortbedingungen wird deshalb eine Andüngung im Frühjahr mit schnellwirksamen N-Formen empfohlen. Für anschließende Düngungsmaßnahmen können alle anderen Dünger erfolgreich eingesetzt werden (Abb. 2). Auf die Wirkung der N-Spätdüngung hatte die N-Form der 1./2.-Gabe keinen Einfluss.

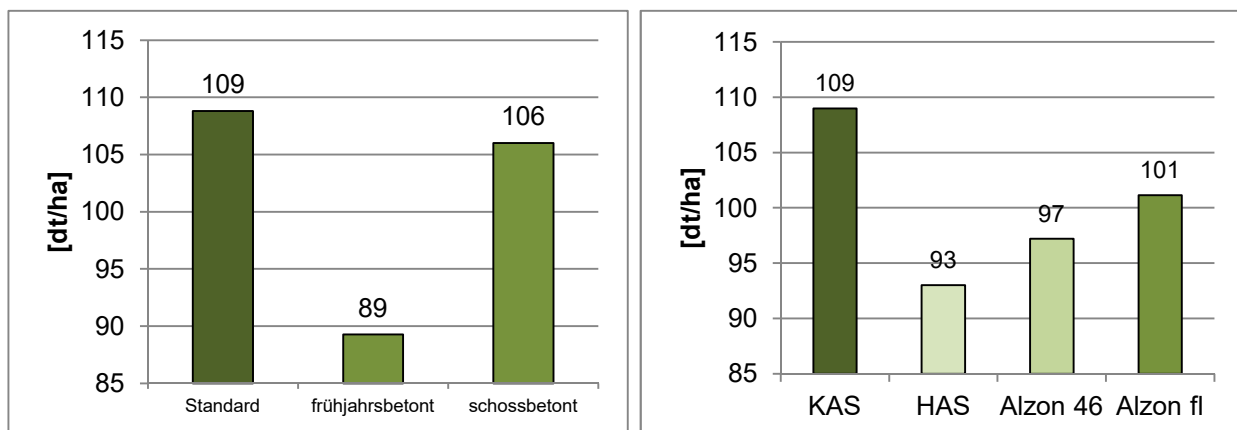


(Zahlen in Klammern: Standardfehler zu den Ertragswerten; rote Ziffern: Rohprotein in % TS)

Abb. 2: Kornertrag und Rohproteingehalt in Abhängigkeit von der N-Form und der Jahreswitterung bei jeweils gleicher 3. N-Gabe (40 kg N/ha als KAS), Gülzow 2010 - 2013, Mittel zweier Sorten

Auswertung Winterweizen am Standort Gustävel

Im Versuchsjahr 2012 zeigte sich auf dem Standort Gustävel (trocken) im Winterweizen ein höherer Ertrag bei einer schosbetonten (106 dt/ha) als bei einer frühjahrsbetonten (89 dt/ha) Düngung (Abb. 3). Das heißt durch die Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe bei einer vorangegangenen ersten Gabe (KAS) konnten höhere Erträge erzielt werden als bei einer Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe. Dies ist möglicherweise auf eine zeitlich bessere Verfügbarkeit des Stickstoffs in Form von KAS zu Vegetationsbeginn zurückzuführen. Das bestätigt die Vermutung einer besseren N-Effizienz durch flüssige bzw. stabilisierte Dünger insbesondere bei Trockenheit nicht (2012 lagen Niederschlagsmengen 87 mm unter langjährigem Mittel).



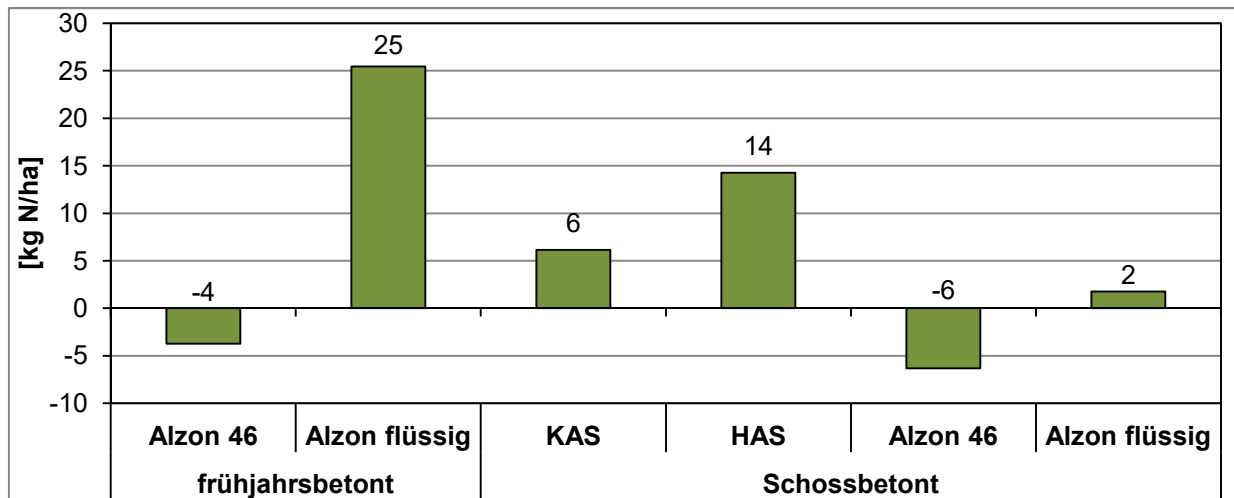
(unterschiedliche Grüntöne stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar)

Abb. 3: Kornertrag der einzelnen Düngungsvarianten (links, GD = 3,5) und der Düngerformen (rechts, GD = 2,5) von dem Standort Gustävel 2012

Auf eine bessere N-Verfügbarkeit durch eine KAS-Düngung deuten auch die Ergebnisse der Düngerformen hin. Bei der Gabenzusammenlegung wurden jeweils unterschiedliche Düngerformen (HAS, Alzon fest, Alzon flüssig) verwendet, die in diesem Jahr ebenfalls einen Einfluss zeigten. Die flüssige Düngung (HAS= Harnstoff-Ammoniumsulfat-Lösung) brachte die geringsten Erträge (93 dt/ha) und die Düngung mit KAS die höchsten (109 dt/ha). Im Variantenvergleich brachte die Standarddüngung (3×KAS) die höchsten Erträge (109 dt/ha). Die aus den

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Ertragsergebnissen abgeleiteten N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten waren dementsprechend bei der Standard- und der schossbetonten Variante geringer als bei der frühjahrsbetonten. Im Versuchsjahr 2013 zeigten sich die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten nicht ganz so deutlich wie 2012. Die höchsten Erträge wurden wie im Vorjahr mit einer Standard- (3×KAS) und einer schossbetonten Düngung (109 dt/ha) erzielt. Der Vergleich der Düngerformen zeigte die höchsten Erträge bei einer Gabe mit Alzon flüssig (111 dt/ha), ein stabiliertes Flüssigdünger, wohingegen der stabilisierte Festdünger die geringsten Erträge (104 dt/ha) brachte. Interessanterweise wurden mit beiden Flüssigdüngern (HAS, Alzon flüssig) in diesem Jahr die geringsten Erträge erzielt. Durch den höchsten Ertrag der Variante bei dem Einsatz von stabilisiertem Festdünger kamen die niedrigsten N-Salden zustande (Abb. 4). Die Darstellung zeigt die Relation der N-Salden zueinander, wobei der Saldo der Standarddüngung als Basis genommen wurde. In diesem Jahr war die Düngung mit Alzon 46 die effizienteste Variante der N-Verwertung.



(Variante mit HAS-Lösung zur ersten Gabe ist nicht dargestellt, da 2013 nicht auswertbar)

Abb. 4: Relation der N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten zu der Standarddüngung (3×KAS) 2013 am Standort Gustävel im Winterweizen

Im Gegensatz zu den Vorjahren konnte 2014 im Ertrag kein signifikanter Unterschied zwischen der Standarddüngung (79 dt/ha) und den frühjahrs- (79 dt/ha) und schossbetonten (78 dt/ha) Varianten festgestellt werden. Auch im Rohproteingehalt zeigten sich keine Differenzen. Die Gabenteilung hatte keinen Einfluss auf die Ertragsmerkmale. Allerdings brachte die Düngung mit HAS-Lösung (81 dt/ha) den höchsten Ertrag (Abb. 5).

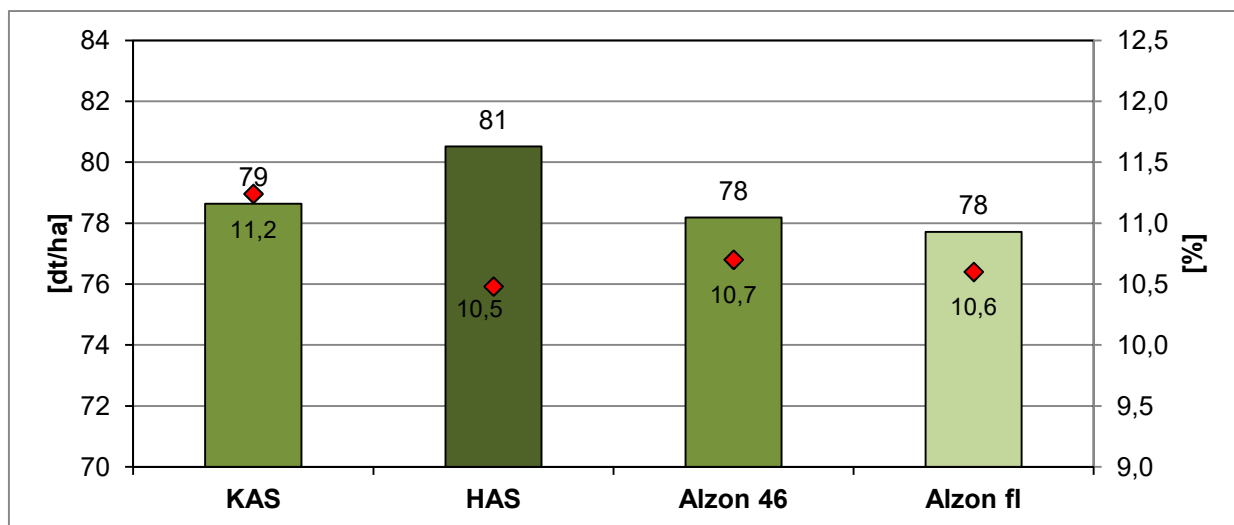


Abb. 5: Kornenertrag (GD = 1) und Rohproteingehalt (GD = 0,4) der unterschiedlichen Düngerformen im Winterweizen in Gustävel 2014

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Der Vergleich der Rohproteingehalte zwischen den Düngerformen zeigt, dass die KAS-Form (11,2 %) die höchsten Qualitäten bringt. Da es im Mai zu höheren Niederschlägen kam, ist es zum einen womöglich auf die gute Verfügbarkeit des Stickstoffs der dritten Gabe zurückzuführen, aber da die anderen Varianten keine gleichwertigen Rohproteingehalte aufweisen, scheint zum anderen auch die Verfügbarkeit der vorigen Gaben eine Rolle zu spielen. Dementsprechend sind die RP-Erträge mit der KAS-Form am höchsten. Die anderen Formen unterscheiden sich nicht. Im Hinblick auf die N-Salden schneiden die KAS-Varianten dementsprechend auch am günstigsten ab.

Die statistische Auswertung aller drei Versuchsjahre brachte weder im Ertrag noch im Rohproteingehalt signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. Allerdings zeigte sich bei allen Merkmalen ein hochsignifikanter Jahreseinfluss. Im Vergleich der Jahre brachten jeweils unterschiedliche Düngungsvarianten die höchsten Erträge und Proteingehalte. Dennoch zeigt sich bei der Darstellung der Ergebnisse im Mittel der Jahre, dass die Standarddüngung (3×KAS) die geringsten N-Salden hat (Abb. 11). Dabei ist die frühjahrsbetonte Düngung im Saldo 8 kg N/ha höher, wohingegen die schossetonte nur 2 kg N/ha höher ist.

Für die Darstellung der ökonomischen Auswertung wird auf die N-Kostenfreie Leistung zurückgegriffen, da der Deckungsbeitrag aufgrund der gleichen Rahmenbedingungen (Maschineneinsatz, Pflanzenschutz, Grunddüngung etc.) keine anderen Relationen zeigt. Der resultierende Unterschied der N-kostenfreien Leistung der Düngungsvarianten ist auf die Kosten der unterschiedlichen Düngerformen und die unterschiedlichen Erträge zurückzuführen. Die höchsten Düngerkosten haben die Varianten mit reiner KAS-Düngung (178 €/ha). Die Flüssigdüngungen der frühjahrsbetonten Variante haben die niedrigsten Kosten (HAS-Düngung: 151 €/ha, Alzon flüssig: 152 €/ha). Die anderen Varianten liegen mit den Düngerkosten dazwischen. Der Ertrag ist wie bereits oben beschrieben, bei den Varianten am höchsten, die im Frühjahr eine KAS-Gabe erhalten haben, das schließt die Standarddüngung, die schossetonte Düngung sowie die frühjahrsbetonte KAS-Variante ein. Dementsprechend sind die N-kostenfreien Leistungen hier am höchsten (Abb. 6: 1.513 bis 1.596 €/ha). Die Standardvariante mit dem geringsten N-Saldo hat eine N-kostenfreie Leistung von 1.571 €/ha und liegt somit nur 25 €/ha unter der ökonomisch besten Variante, der schossetonten Düngung mit festem Alzon.

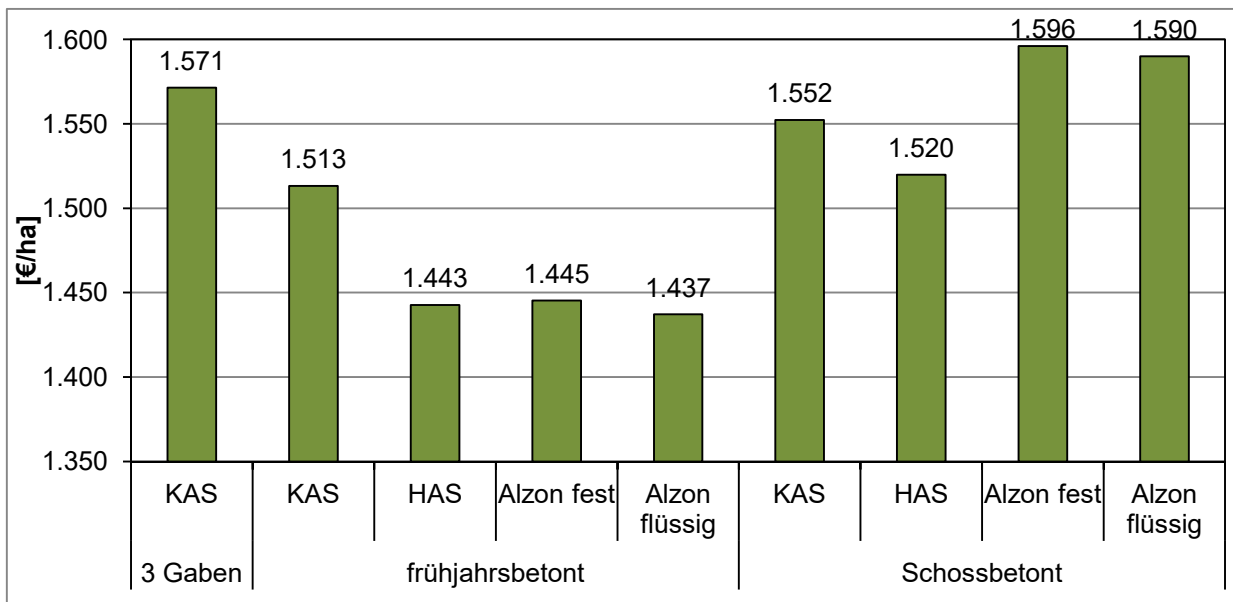


Abb. 6: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterweizen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Gustävel

Auswertung Winterweizen am Standort Kuhlrade

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

In Kuhlrade, ein Standort mit eher maritimer Witterung und dementsprechend hoher Wasserverfügbarkeit, zeigten sich beim Winterweizen im Versuchsjahr 2012 bei der Standardvariante (3×KAS) sowohl der höchste Korn- (100 dt/ha) als auch der höchste Rohproteinertrag (10,9 dt/ha). Die Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe (97 dt/ha) unterschied sich nicht von dem Ertrag bei einer Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe (96 dt/ha) (Abb. 7).

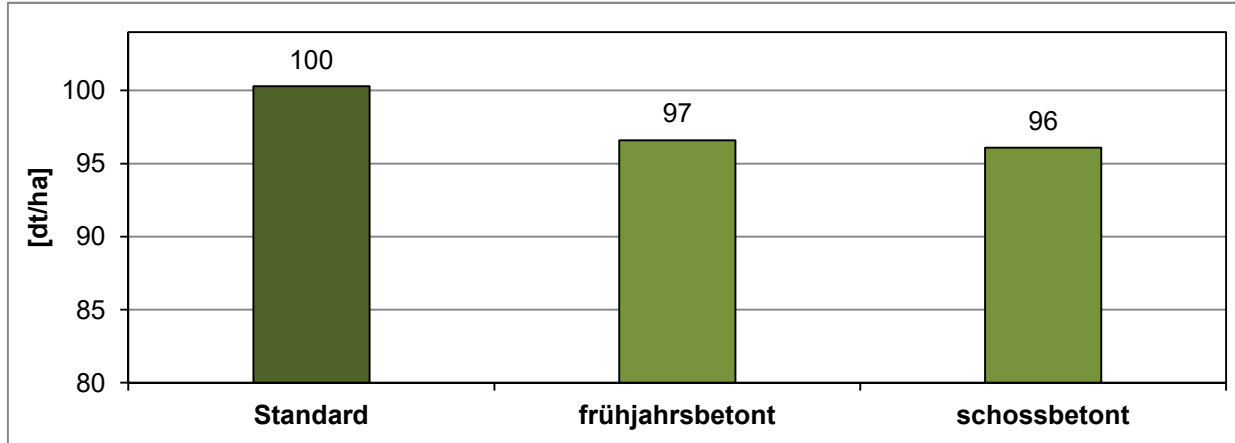


Abb. 7: Kornertrag der Düngungsvarianten (GD = 2,7) im Winterweizen in Kuhlrade 2012

Da der Rohproteinertrag dennoch bei der frühjahrsbetonten Düngung (9,7 dt/ha) höher war als bei der schossbetonten (9,3 dt/ha) lässt sich folgern, dass eine Qualitätsdüngung mit KAS eine positive Wirkung auf den Rohproteingehalt hatte. Durch die ausreichende Wasserverfügbarkeit des Standortes konnten bei der Standarddüngung alle drei KAS-Gaben von den Pflanzen aufgenommen und verwertet werden. Der Vergleich der Düngerformen (HAS, Alzon fest, Alzon flüssig) für die zusammengelegten Gaben zeigte keinen Unterschied im Kornertrag. Im Rohproteinertrag zeigten sich bei einer KAS-Düngung Vorteile gegenüber den anderen Formen. Die N-Salden in diesem Jahr konnten durch keine Düngungsvariante im Vergleich zur Standarddüngung (3×KAS) verbessert werden. Im Jahresmittel brachten die anderen Varianten einen um 21 kg/ha höheren N-Saldo. Im Jahr 2013 zeigten sich keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Düngungsvarianten und den Düngerformen. Der höchste Rohproteingehalt wurde mit der Standarddüngung (3×KAS=12,5 %) erzielt (Abb. 8).

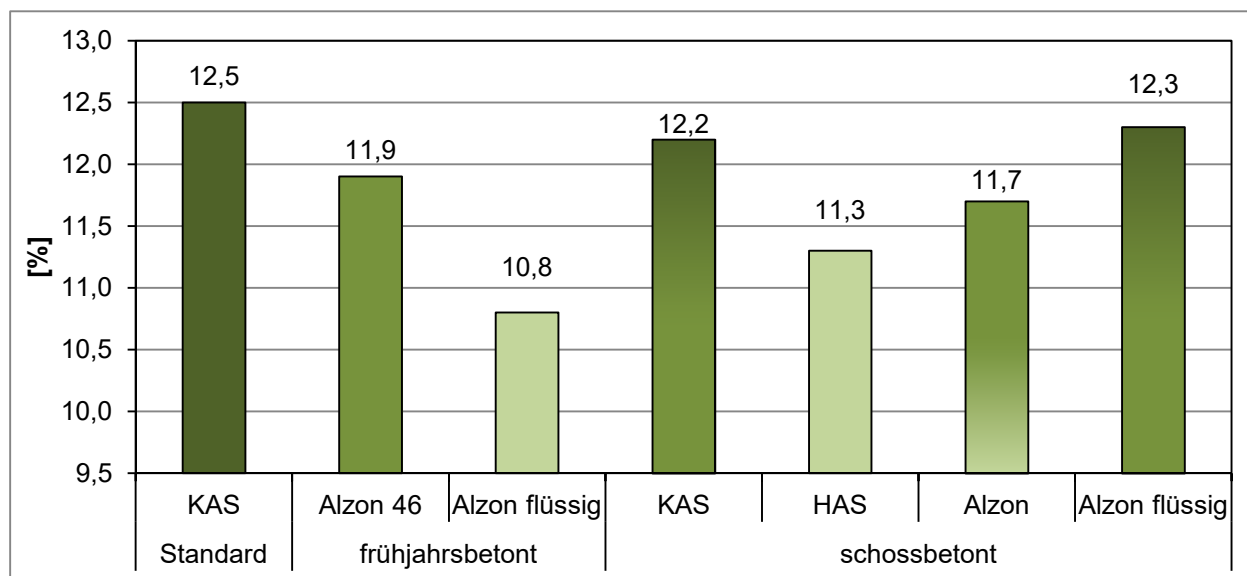


Abb. 8: Rohproteingehalt der Düngungsvarianten (GD = 0,6) im Winterweizen in Kuhlrade 2013

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Die Standarddüngungsvariante zeigte analog zum Vorjahr den geringsten N-Saldo. Durch die ausreichende Wasserverfügbarkeit konnte KAS gut aufgenommen werden. In diesem Jahr waren aber die schossbetonte Düngung mit KAS und Alzon flüssig ebenso gut wie die Vergleichsvariante. Die anderen Varianten brachten im Mittel einen 22 kg/ha höheren N-Saldo. Im Kornertrag wurde 2014 kein Unterschied zwischen den Düngungsvarianten erwirkt. Lediglich bei den Düngerformen schnitt die stabilisierte Festdüngung mit dem geringsten Ertrag (89 dt/ha) ab (Abb. 9), was hauptsächlich auf die frühjahrsbetonte Düngung mit Alzon 46 zurückzuführen ist.

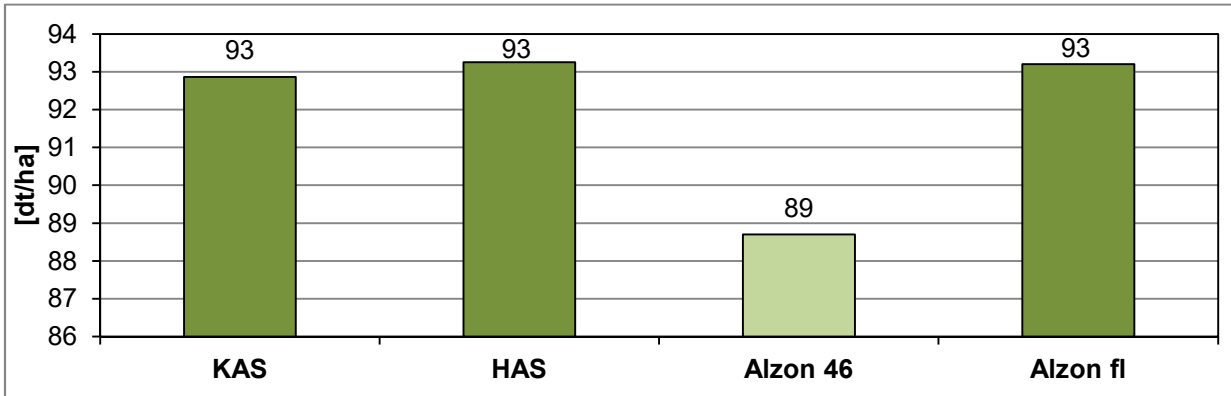


Abb. 9: Kornertrag der einzelnen Düngerformen (GD = 1,8) unabhängig von der Gabenteilung im Winterweizen am Standort Kuhlrade 2014

Die Rohproteingehalte zeigten ebenfalls keine Unterschiede. Bei den N-Salden schnitt insbesondere die Düngung mit stabilisiertem Flüssigdünger (Alzon fl S) mit um 5 kg/ha geringeren Salden ab als die Standardvariante. Auch eine frühjahrsbetonte Düngung mit KAS zeigte geringere N-Salden. Der höchste Unterschied lag bei der frühjahrsbetonten stabilisierten Festdüngung mit 9 kg N/ha mehr als bei der Standarddüngung. Generell sind die Unterschiede aber gering, sodass keine der Varianten in diesem Jahr als die beste einzustufen war.

Im Mittel der Versuchsjahre fand sich in Kuhlrade kein Einfluss der Düngung auf den Kornertrag und den Rohproteingehalt. Das heißt, dass die Düngerart und die Varianten (schoss- bzw. frühjahrsbetont) keinen Einfluss auf die Merkmale haben. Allerdings ist auch hier, so wie in Gustävel der Einfluss des Jahres signifikant. Im Vergleich der Jahre sind die unterschiedlichen Auswirkungen der Düngung auf die Merkmale zu erkennen, beispielsweise zeigte sich ein Unterschied im Kornertrag nur 2012. Im Vergleich der Düngerformen schnitt 2012 und 2013 die KAS-Düngung am besten ab und 2014 die stabilisierte Flüssigdüngung.

Die N-kostenfreie Leistung der Düngungsvarianten ist abhängig von den Kosten der eingesetzten Düngerformen und den erzielten Erträgen. Die Differenzen zwischen den einzelnen Varianten liegt zwischen 3 und 75 €/ha, wobei der Einsatz von Alzon fest sowohl im Frühjahr als auch in der Schossphase die geringsten Erträge und somit die geringste N-kostenfreie Leistung erzielt (Abb. 10). Die übrigen Varianten unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Die Standarddüngung mit der dreimaligen KAS-Gabe liegt nur 30 €/ha unter der ökonomisch besten Variante einer frühjahrsbetonten Düngung mit HAS-Lösung (u.a. aufgrund der geringen N-Preise) und ist somit aus ökologischer und ökonomischer Sicht empfehlenswert.

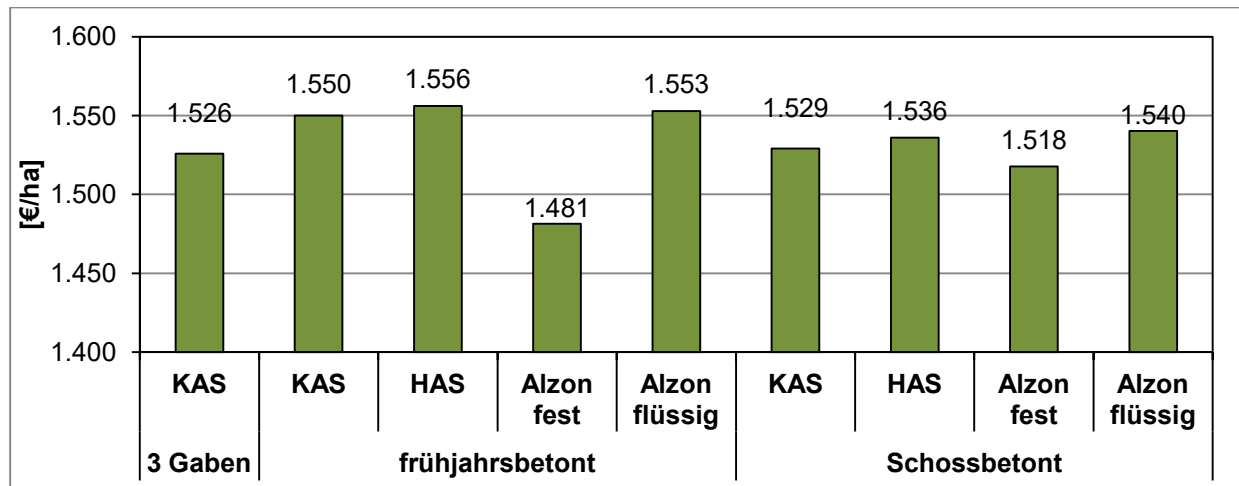


Abb. 10: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterweizen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Kuhlrade

N-Salden Winterweizen im Standortvergleich Gustävel und Kuhlrade

Im Hinblick auf die N-Salden, wobei die Standarddüngung immer als Basis angenommen wird, zeigt der Standortvergleich im Mittel der Versuchsjahre Unterschiede auf (Abb. 11). Kuhlrade ist stellvertretend für einen Standort mit guter Wasserverfügbarkeit (Niederschlag 2012 = 578 mm) gewählt worden und Gustävel gilt als trockener Standort (Niederschlag 2012 = 502 mm). An dem günstigeren Standort waren alle N-Salden der geprüften Düngungsvarianten höher als die Standarddüngung. Daher ist die dreimalige KAS-Gabe am besten zu bewerten und den anderen Varianten vorzuziehen. Auch am trockenen Standort ist die Standarddüngung als vorteilhaft einzustufen. Allerdings brachte auch hier die Zusammenlegung der zweiten und dritten Gabe keine höheren N-Salden. Einzige Ausnahme bildet die Düngung der zusammengelegten Gabe mit HAS-Lösung. Die stabilisierten Dünger sowie die KAS-Form sind durchaus als eine Alternative auf diesem Standort anzusehen. Wird allerdings die erste und zweite Gabe zusammengelegt, sind die N-Salden deutlich höher mit Ausnahme der KAS-Form.

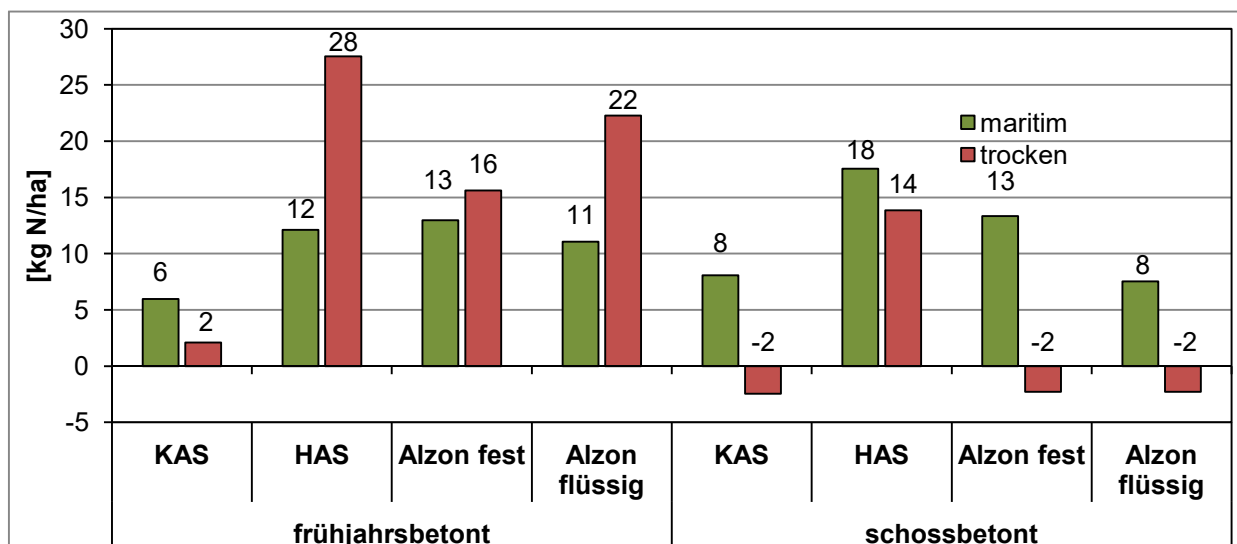


Abb. 11: Relation der N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten über die Versuchsjahre am Standort Kuhlrade (grün) und Gustävel (rot) im Winterweizen

Winterroggen

Auswertung Winterroggen am Standort Gustävel

In Gustävel zeigte sich im Jahr 2012 hinsichtlich des Kornertrags bei einer Einmalgabe von HAS (44 dt/ha), Alzon flüssig (46 dt/ha) und Alzon fest (44 dt/ha) ein Vorteil gegenüber der Standardvariante (2×KAS = 42 dt/ha) (Abb. 12). Allerdings war der Rohproteingehalt bei der Standard- (12,5 %) und der flüssigen Alzon-Variante (11,6 %) am höchsten. Daher zeigte die Standardvariante den geringsten N-Saldo und die Einmaldüngung mit HAS-Lösung in Relation dazu den höchsten (+12 kg N/ha).

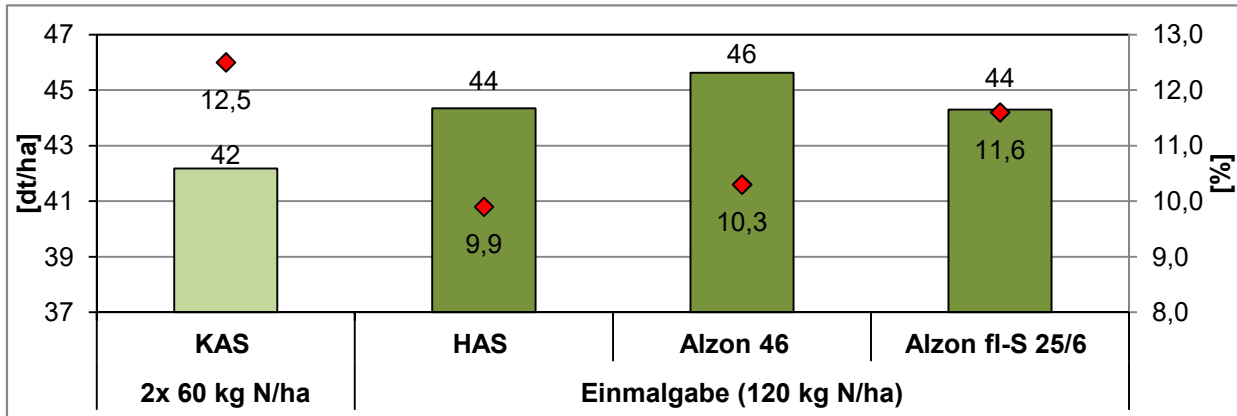


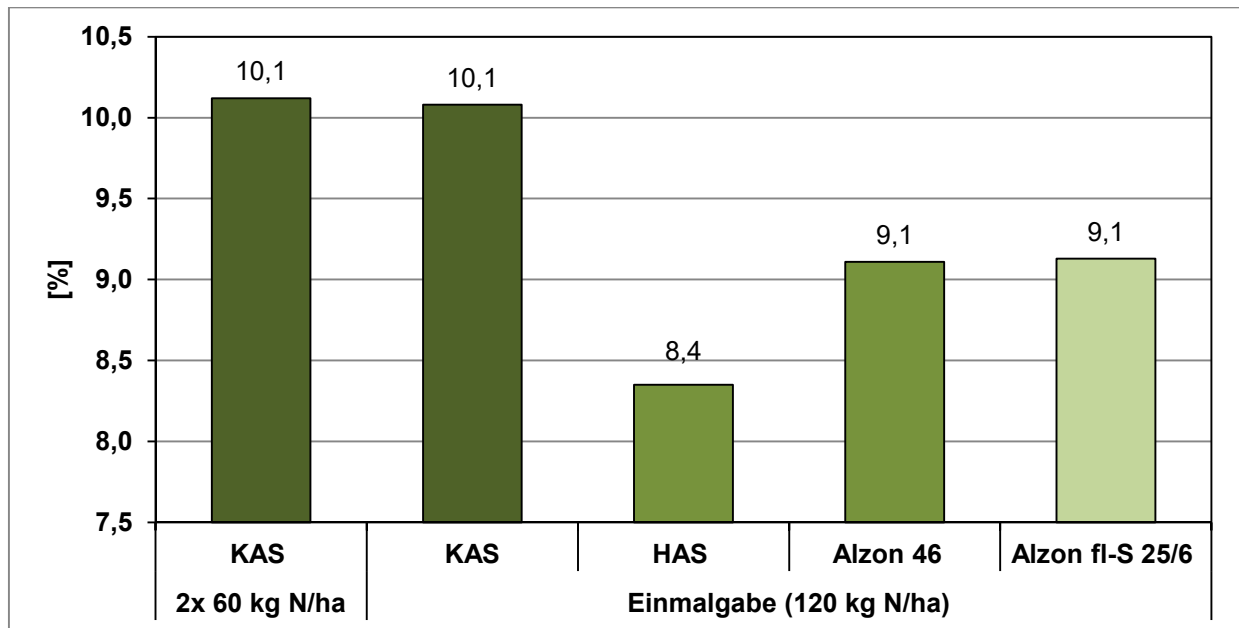
Abb. 12: Kornertrag (GD = 1,9) und Rohproteingehalt (nicht verrechnet) der Düngungsvarianten im Winterroggen in Gustävel 2012

Für das Jahr 2013 liegen aus betrieblichen Gründen keine Ernteergebnisse aus Gustävel vor. Die Untersuchung der Pflanzen im Vegetationsverlauf zeigte im N-Gehalt keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten. Andere untersuchte Nährstoffe der Pflanzen wiesen ebenfalls keine Auffälligkeiten auf. Die Nährstoffgehalte lagen alle im Sollbereich.



Abb. 13: Deutlich sichtbare Wirkung der unterschiedlichen N-Düngungsstrategien 2013 nach der ersten N-Gabe im Winterroggen auf einem trockenen Sandboden

Die Düngungsvarianten brachten 2014 am Standort Gustävel keine Unterschiede im Kornertrag, allerdings zeigte der Rohproteingehalt bei einer Standarddüngung (2×KAS = 10,1 %) sowie einer Einmalgabe mit KAS (10,1 %) höhere Werte als bei einer stabilisierten Einmaldüngung (fest/flüssig = 9,1 %) (Abb. 14). Schlusslicht bildete die einmalige HAS-Düngung (8,4 %). Der N-Saldo war bei der Standardvariante am geringsten. Die KAS-Form zeigte demnach die höchste N-Effizienz.



unterschiedliche Farben zeigen signifikante Unterschiede

Abb. 14: Rohproteingehalt (GD = 0,5) der Düngungsvarianten im Winterroggen am Standort Gustävel 2014

Im Mittel der beiden verwertbaren Versuchsjahre zeigt sich kein Einfluss der Düngungsvarianten auf den Kornertrag. Allerdings ist wie in den Weizenversuchen der Jahreseinfluss entscheidend. Auf den Rohproteinertrag konnte ein Einfluss durch die Düngung festgestellt werden. Die Standarddüngung brachte die höchsten Erträge (4,4 dt). Eine Einmalgabe mit Flüssigdünger (HAS = 3,6 dt/ha) die niedrigsten. Die anderen Varianten lagen dazwischen.

Trotzdem unterscheiden sich die Erträge im Mittel der beiden Jahre 2012 und 2014 kaum. Die höchste Marktleistung mit 711 €/ha wird bei einer Einmalgabe mit festem Alzon und die geringste bei einer zweimaligen KAS-Gabe (677 €/ha) erreicht. Hinzu kommen die höchsten N-Düngerkosten bei den KAS-Varianten, sodass diese mit 558 €/ha (2×KAS) und 567 €/ha (1×KAS) die niedrigsten N-Kostenfreien Leistungen erzielen (Abb. 15). Das ökologische Optimum (KAS-Düngung) stimmt nicht mit dem ökonomischen Optimum (Einmalgabe Alzon fest) überein. Der Unterschied beträgt zwischen 34 und 25 €/ha.

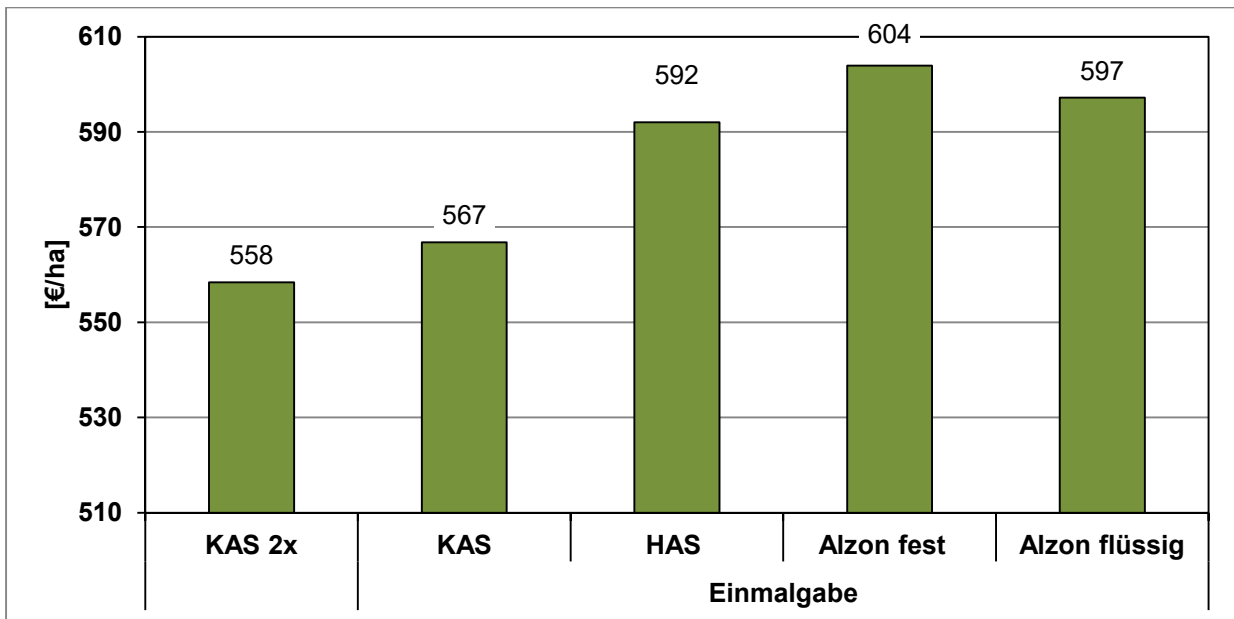


Abb. 15: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterroggen im Mittel der Jahre 2012 und 2014, Gustävel

Auswertung Winterroggen am Standort Kuhlrade

Im Winterroggenversuch in Kuhlrade zeigte sich 2012 ein signifikanter Ertragsunterschied von der Standard- (82 dt/ha) und der Einmaldüngung mit Alzon 46 (85 dt/ha) gegenüber der Einmalgabe von HAS-Lösung (78 dt/ha) und Alzon flüssig (69 dt/ha) (Abb. 16). Der Rohproteingehalt und dementsprechend auch der Rohproteinertrag waren bei der Standarddüngung am höchsten (8,3 %; 5,8 dt/ha). Daraus leiten sich auch die günstigeren N-Salden ab. Im Mittel der Düngerformen brachte die Einmaldüngung ein um 18 kg/ha höheren N-Saldo.

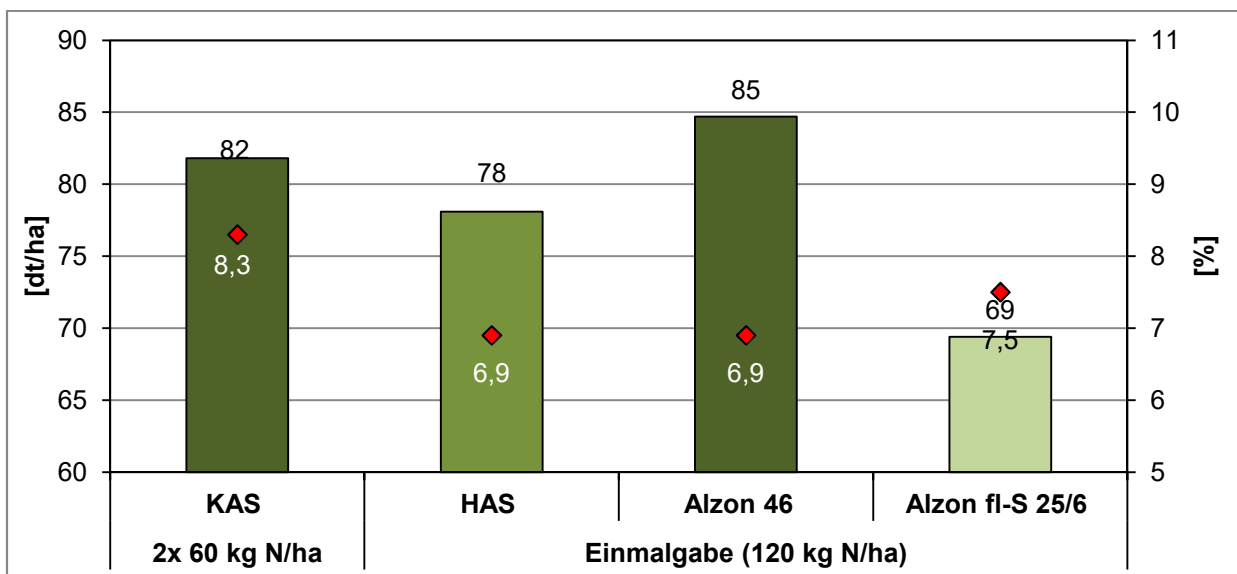


Abb. 16: Korntrag (GD = 3,1) und Rohproteingehalt (nicht verrechnet) im Winterroggen in Kuhlrade 2012

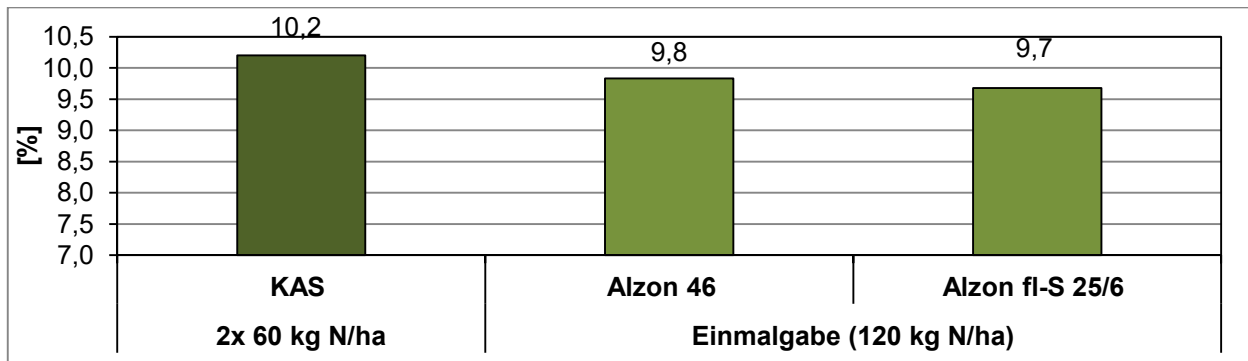


Abb. 17: Rohproteingehalt (GD = 0,3) der einzelnen Düngungsvarianten im Winterroggen in Kuhlrade 2013

Im Jahr 2013 gab es in Kuhlrade keine Ertragsunterschiede aufgrund der unterschiedlichen Düngung. Der höchste Rohproteingehalt (10,2 %) wurde mit der Standarddüngung erreicht (Abb. 17), diese wies somit die höchste N-Effizienz auf. Im Gegensatz zu den Jahren 2012 und 2013 wurde 2014 mit der Standarddüngung der geringste Kornertrag (85 dt/ha) erzielt. Den höchsten Ertrag brachte eine einmalige Düngung mit HAS-Lösung (90 dt/ha). Im Rohproteingehalt wurden keine signifikanten Unterschiede erzielt. In diesem Jahr hatte die Standarddüngung zwar die höchsten N-Salden zur Folge, aber die übrigen Varianten unterschieden sich im Mittel dennoch nur um 3 kg N/ha. Zum Düngungszeitpunkt im März war es 2014 (16 mm) im Vergleich zu 2013 (41 mm) relativ trocken, sodass angenommen werden kann, dass der KAS-Dünger nicht aufgenommen werden konnte. Allerdings spricht dagegen, dass im Jahr 2012 die Niederschlagssumme im März bei nur 4 mm lag. Aber der April wies dafür die doppelte Menge Niederschlag als in den anderen beiden Versuchsjahren auf, sodass die Wasserverfügbarkeit eventuell auch eine Rolle gespielt hat.

Auswertung Winterroggen am Standort Gustävel

Bei der Betrachtung aller vorliegenden Versuchsjahre wurde der in Kuhlrade erzielte Kornertrag nicht durch die Düngungsvarianten beeinflusst. Allerdings zeigt sich auch hier wieder ein Einfluss der unterschiedlichen Jahre. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass weder die Düngungsform noch die Düngungsstrategie einen Einfluss auf den Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterroggen hat.

Die geringste N-kostenfreie Leistung wurde mit einer Einmalgabe von flüssigem Alzon erzielt und ist hauptsächlich auf den geringeren Ertrag gegenüber den anderen Varianten zurückzuführen. Die höchsten N-Kostenfreien Leistungen wurden mit einer Einmalgabe von KAS und HAS-Lösung (1.218 €/ha) und von festem Alzon (1.221 €/ha) erreicht. Aus den N-Salden und der ökonomischen Auswertung ergibt sich eine Empfehlung der einmaligen KAS-Düngung für die jeweils beste Variante.

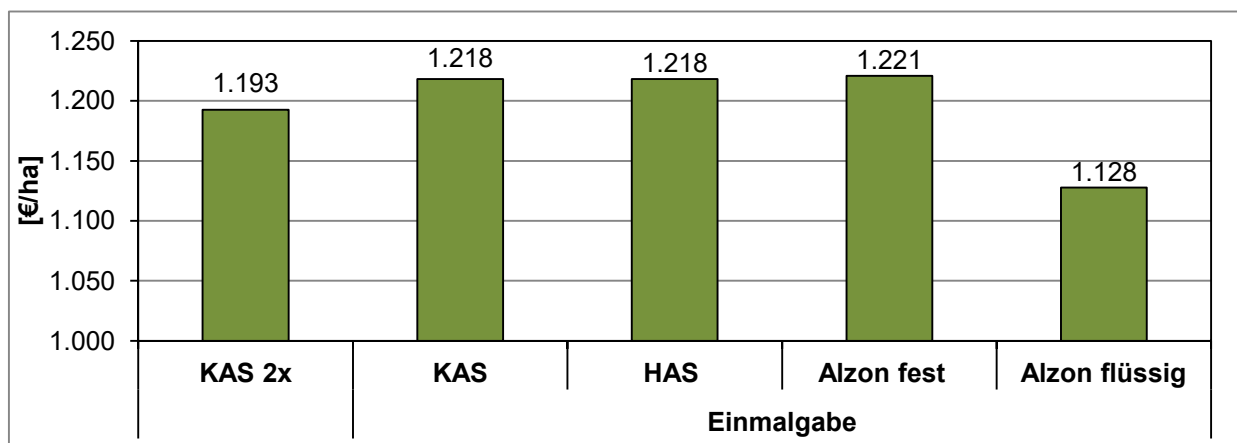


Abb. 18: N-kostenfreie Leistung der Düngestrategien im Winterroggen im Mittel der Jahre 2012 - 2014, Kuhlrade

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Auswertung Winterroggen im Standortvergleich Gustävel und Kuhlrade

Da im Jahr 2014 auf beiden Standorten die gleiche Sorte (SU Mephisto) gedreht wurde, zeigt ein Vergleich der Erträge den Standortunterschied schon sehr deutlich. So erzielte der durch die höhere Wasserverfügbarkeit gekennzeichnete Standort Kuhlrade einen um 38 dt/ha höheren Ertrag als der Standort Gustävel.

Im Hinblick auf den N-Saldo über die Jahre der beiden Standorte zeigt sich ein vergleichbares Bild mit den Ergebnissen aus den Weizenversuchen. Die Standarddüngung brachte den geringsten N-Saldo. Eine KAS-Düngung ist ebenfalls empfehlenswert, unabhängig ob sie in zwei Gaben oder einer Gabe erfolgt. Im Mittel war der N-Saldo bei der Standarddüngung in Kuhlrade um 7 und in Gustävel um 6 kg/ha geringer (Abb. 19).



Abb. 19: Relation der N-Salden im Vergleich zur Standarddüngung (2×KAS) der einzelnen Düngungsvarianten über die Versuchsjahre 2012 - 2014 am Standort Kuhlrade (grün) und Gustävel (rot) im Winterroggen

Wintergerste

Die Düngungsvarianten in der Wintergerste in Gülzow zeigten 2012 keinen Einfluss auf den Kornertrag. Mit der Standarddüngungsvariante wurde der höchste Rohproteintrag (8,1 dt/ha) aufgrund des Rohproteingehaltes (12,6 %) erreicht. Die niedrigsten Rohproteinträge zeigten sich bei der Einmaldüngung mit HAS-Lösung (6,1 dt/ha, Rohproteingehalt = 9,7 %) und der einmaligen Festdüngung mit Alzon 46 (6,0 dt/ha, Rohproteingehalt = 9,8 %). Im Mittel zeigten die anderen Düngungsvarianten einen um 24 kg/ha höheren N-Saldo. 2013 unterschieden sich weder die Kornerträge noch die Rohproteinträge zwischen den einzelnen Düngungsvarianten. Die von den Rohproteinträgen abgeleiteten N-Salden zeigten dementsprechend im Jahr 2013 geringere Unterschiede als 2012. Eine Standard-KAS-Düngung brachte im Vergleich der Mittel der anderen Varianten einen um 5 kg/ha geringeren N-Saldo. Auch 2014 wurden keine Unterschiede im Kornertrag zwischen den Varianten ermittelt. Der Rohproteintrag war wiederum bei der Standardvariante am höchsten (8,1 dt/ha).

Über die Jahre konnte kein Einfluss der Düngungsstrategien auf den Ertrag festgestellt werden. Im Mittel brachte die Standarddüngung auch hier die geringsten N-Salden (Abb. 20). Im Durchschnitt erzielten die anderen Varianten einen um 19 kg/ha höheren N-Saldo.

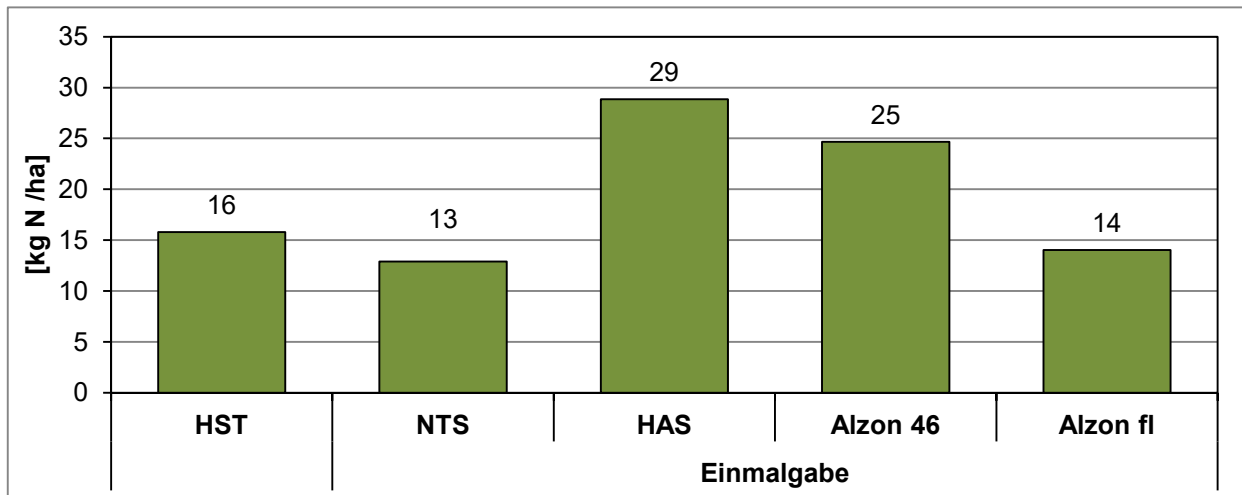


Abb. 20: N-Salden der einzelnen Düngungsvarianten in Relation zur Standarddüngung bei Wintergerste in Gülzow

Fazit

Aus diesen Versuchsergebnissen lässt sich ableiten, dass der Jahreseinfluss größer als der Einfluss einer Düngungsstrategie ist. In der mehrjährigen Auswertung wurde an allen drei untersuchten Standorten demnach bei insgesamt gleicher Düngermenge ein Einfluss der Witterung, aber kein statistisch signifikanter Einfluss der Düngungsstrategie nachgewiesen.

Dennoch lässt sich anhand der abgeleiteten N-Salden zeigen, dass der Stickstoff in Form von KAS tendenziell die höchste N-Effizienz aufweist. Es sollte im vorliegenden Versuch geprüft werden, ob stabilisierte Dünger und flüssige Dünger einen Vorteil gegenüber einer KAS-Düngung insbesondere auf trockenen Standorten bringt. Diese Annahme konnte durch den vorliegenden Versuch nicht bestätigt werden. Allerdings zeigten sich auf einem trockenen Standort mit einer Standarddüngung vergleichbar gute Ergebnisse, wenn die zweite und dritte Gabe zusammengelegt wurde und die erste Gabe mit KAS erfolgte. Dieser Effekt war unabhängig von der Düngerform der zusammengelegten zweiten Gabe, sodass ein Vorteil durch eine KAS-Düngung, das heißt durch schnell verfügbaren Stickstoff, im Frühjahr zu vermuten ist. Eine Zusammenlegung der ersten und zweiten Gabe brachte diese Vorteile auch nur bei Verwendung von KAS-Dünger, sodass eine schossbetonte Düngung auf trockenen Standorten einer frühjahrsbetonten Düngung vorzuziehen ist.

Auf allen drei Standorten konnte in den untersuchten Fruchtarten der geringste N-Saldo durch eine Standarddüngung (3 Gaben) mit KAS erzielt werden.

Unter dem Aspekt der gewässerschonenden, austragsreduzierenden Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen ist eine Standarddüngung mit KAS zu empfehlen, die jedoch nicht immer dem ökonomischen Optimum entspricht. Hinsichtlich des N-Reduzierungspotenzials lässt sich keine Faustzahl ableiten, da die N-Salden der untersuchten Düngungsvarianten an den einzelnen Standorten stark variieren.

Literatur

BOELCKE, B., 2004: Effekte ammoniumbetonter N-Flüssigdüngung im Raps- und Getreideanbau. <http://lfamv.de/index.php?/content/view/full/931>

BOELCKE, B., 2007: Zur Düngung im Rapsanbau. <http://www.agrarnet-mv.de>

BOELCKE, B.; ZACHOW, B., 2010: Nitratkonzentrationen im Boden in Abhängigkeit vom Düngeverfahren – Ergebnisse aus Lysimeterversuchen. <http://www.agrarnet-mv.de>

Einsatz flüssiger und stabilisierter N-Dünger im Wintergetreide	Anfragen: Dr. Ines Bull 03843 789231 i.bull@lfa.mvnet.de
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG)	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) LMS Agrarberatung - Zuständige Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung (LFB)