



N-Düngung von Mais

Bedarfsorientiert, umweltoptimiert, kostensparend

Die Stickstoffdüngung von Mais erfolgt im Jugendstadium, zeitlich somit wesentlich vor der Hauptaufnahme von Stickstoff. Realistische Erwartungen des Ertrags bzw. der N-Aufnahme sind somit Dreh- und Angelpunkt der N-Düngung. Von besonderer Bedeutung ist die Kenntnis der Bereitstellung von Stickstoff aus dem Bodenpool, der wesentlich zur Versorgung beiträgt.

Urs Schmidhalter, Freising

Die N-Düngung von Mais erfolgt vor/ zur Saat bzw. im Jugendstadium. Bis zum 4-Blatt-Stadium nimmt Mais nur etwa 2 Prozent seines N-Bedarfs auf. Die wesentliche Aufnahme von Stickstoff erfolgt erst mit dem Schossen und dauert bis zur Blüte an. Mais kann aber auch noch nach der Blüte wesentliche Mengen Stickstoff aufnehmen. Eine bedarfsorientierte N-Versorgung fußt deshalb fast ausschließlich auf einer realistischen Ertragserwartung, da die N-Düngung zeitlich vor der eigentlichen Aufnahme

durchgeführt wird. Die neue Düngeverordnung legt als Basis für die N-Düngungsmenge das Mittel der Erträge der letzten drei Jahre zugrunde.

Stickstoffdüngung von Mais – ein Kinderspiel?

Auf den ersten Blick scheint die N-Düngung von Mais sehr einfach zu sein, da keine laufenden Anpassungen erfolgen müssen. Mais eignet sich hervor-

gend für den Einsatz organischer Dünger. Auf eine überzogene N-Düngung reagiert Mais nicht negativ. Ein hoher Anfall an organischen Wirtschaftsdüngern kann in Regionen mit intensiver Tierhaltung bzw. starkem Anbau von Energiemais zu Umweltbelastungen führen, wenn der N-Anfall den Flächenbedarf überschreitet und überschüssiger Stickstoff nicht exportiert wird.

Aufgrund langjähriger regionsspezifischer Untersuchungen können belastbare



Foto: agrarfoto

Ertragsziele formuliert und der ertragsabhängige N-Bedarf festgelegt werden. Richtwerte der Officialinstitutionen und ergänzende Beratungsinformationen liefern dafür solide Anhaltspunkte.

Was auf den ersten Blick sehr einfach und klar geregelt erscheint, ist im Einzelbetrieb bzw. auf dem Einzelschlag schon deutlich komplexer. Sofern Mais im innerbetrieblichen Kreislauf nicht über die Waage geht, d. h. keine gewichtsmäßige Erfassung erfolgt, sind Ertragsmengen innerbetrieblich häufig nur annähernd bekannt. Die gezielte Festlegung belastbarer Ertragsziele ist deshalb keine Selbstverständlichkeit. Satellitenbasierte schlagbezogene Ertragsschätzungen könnten in Zukunft diese Lücke teilweise schließen, hierfür sind aber noch wesentliche Forschungsanstrengungen notwendig.

Einfluss steigender N-Gaben auf den Ertrag

Aufgrund von experimentellen Stickstoffsteigerungen lassen sich optimierte N-Düngungsgaben ableiten. Dazu liegen umfassende Ergebnisse aus der Beratung vor, die aufzeigen, dass beispielsweise für eine Trockenmasseproduktion von 500 dt/ha Silomais eine Gesamtstickstoffgabe von 180 kg N/ha ausreicht. Die Gesamtstickstoffgabe errechnet sich aus dem Stickstoffbedarf abzüglich des im Boden vorhandenen N_{\min} -Wertes (bspw. 180 kg N - 60 kg N_{\min} entspricht einer Düngung von 120 kg N/ha). Im Beispiel der Abbildung 1 ist die N-Düngung bewusst überzogen worden, um die Beziehung zwischen Düngung und Trockenmasseproduktion des Kolbens bzw. der Restpflanze aufzuzeigen. Bei erhöhter N-

Abb. 1: Einfluss steigender Stickstoffgaben auf die Ertragsleistung (Körner bzw. Stängel und Blätter) und N-Aufnahme von Mais (Summe = Gesamtpflanzenenertrag)

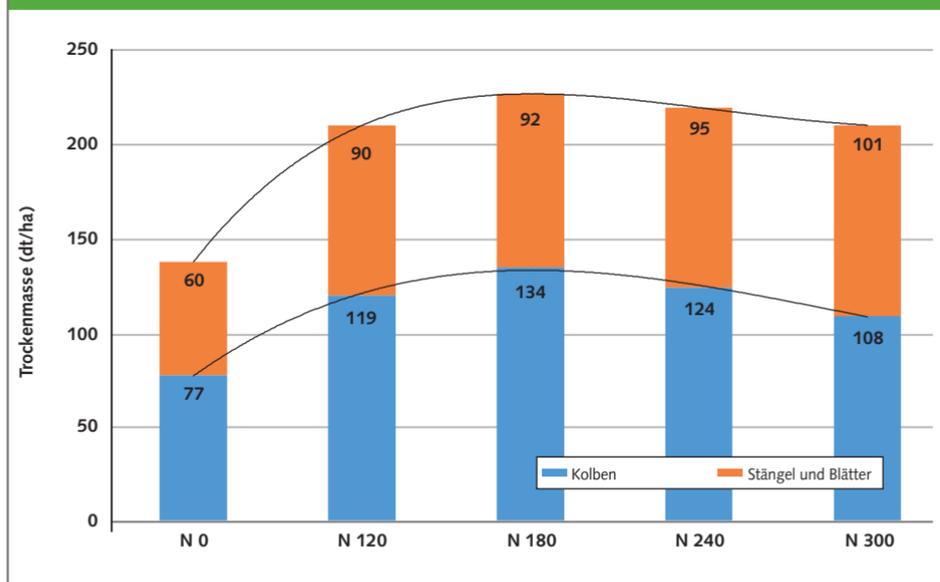
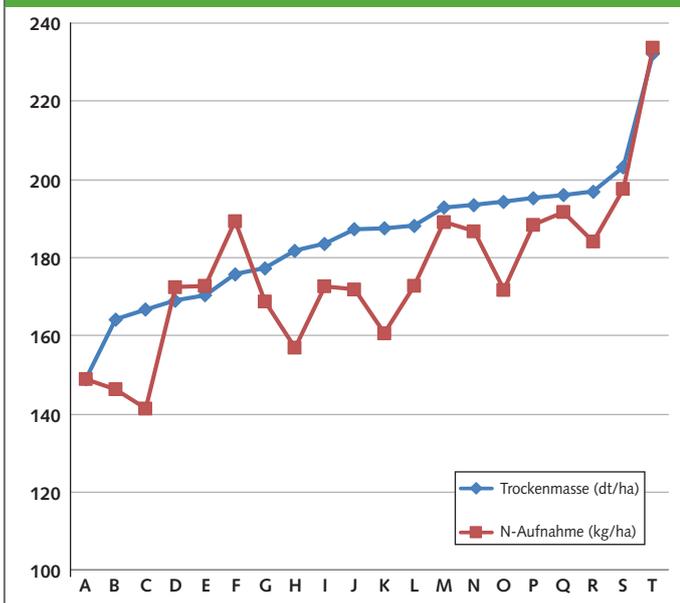


Abb. 2: Sorten (A bis T) variieren in der Beziehung zwischen Trockenmasseertrag und N-Aufnahme
(Quelle Mayer, Barmer und Schmidhalter, TUM, 2014)



Düngung wird die Trockenmasseproduktion bzw. die N-Aufnahme nicht weiter erhöht. Überhöhte N-Gaben verzögern die Abreife, tragen zu erhöhter Restfeuchte bei und fördern die vegetativen Organe zulasten des Kolbens.

Zur Silo- oder Kornreife wird in der Regel der Stickstoff sehr effizient aus den Blättern und Stängeln in die Körner verlagert. Eine Ausnahme dazu stellen Stay-green-Typen dar, d. h. spät abreifende Pflanzen, die den Transfer in die Körner verlangsamen. Während sich die Verlagerung des Stickstoffs aus den vegetativen Organen (Blätter/Stängel) in die Körner nicht wesentlich bei verschiedenen Sorten unterscheidet, können sich Maissorten in der Gesamtaufnahme von Stickstoff unterscheiden (Abb. 2), welches züchterisch und agronomisch zur Steigerung der N-Nutzungseffizienz von Bedeutung genutzt werden sollte. Obschon die Biomasseproduktion relativ eng mit der N-Aufnahme verknüpft ist, wäre es zielführend, sortenspezifische Empfehlungen zur optimalen N-Düngung zu geben.

Wie viel Stickstoff liefert der Boden?

Als Sommerfrucht kann Mais sehr stark von der Stickstoffmobilisierung aus dem Bodenpool profitieren, seine Hauptwachstumszeit fällt mit der größten Freisetzung von Stickstoff aus dem Boden zusammen, da die steigenden Bodentemperaturen die Mineralisierung begünstigen.

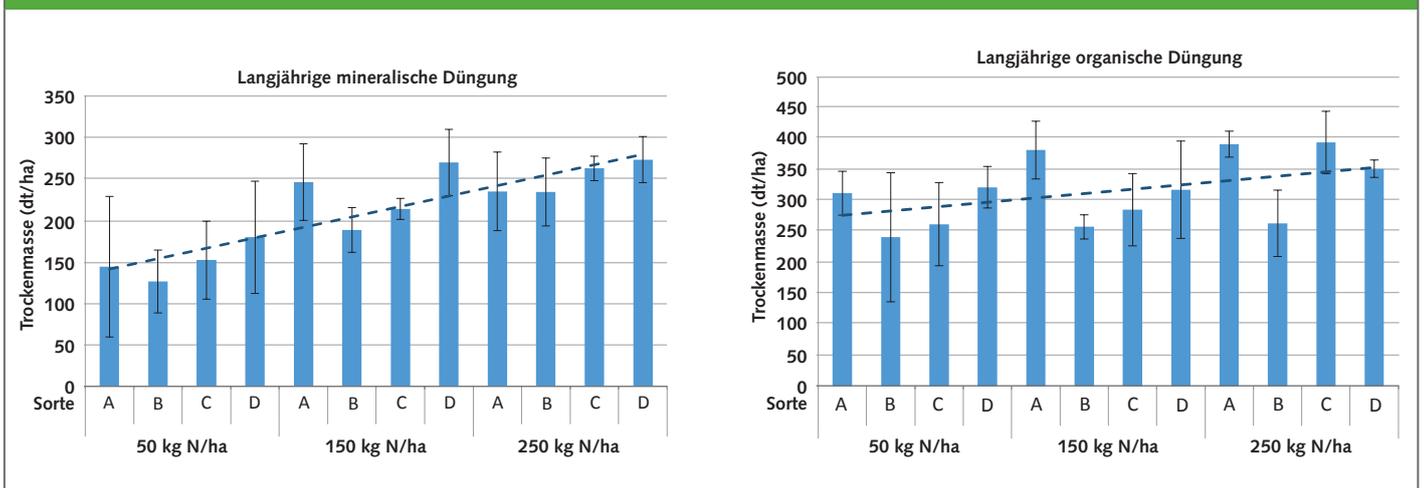
Die Bereitstellung von Stickstoff aus dem Boden hängt sehr stark von der Bodenart bzw. vom langjährigen Einsatz organischer Dünger ab. Humose Böden liefern mehr Stickstoff als mineralische Böden und langjährig organisch gedüngte Böden liefern deutlich mehr Stickstoff als ausschließlich mineralisch gedüngte Böden. Die kurzfristige Wirkung organischer Dünger hängt primär vom Ammoniumgehalt und dem C/N-Verhältnis ab, während die langjährige Wirkung durch den N-Pool des Bodens bedingt wird. Letzterer kann als Folge langjähriger organischer Düngung sehr stark zur N-Versorgung beitragen. Sommerfrüchte wie Mais profitieren davon deutlich mehr als beispielsweise früh wachsende Winterfrüchte wie Raps oder Wintergerste.

Abbildung 3 zeigt, dass bei reiner mineralischer N-Düngung steigende N-Gaben den Ertrag stärker förderten, während auf einem langjährig organisch düngenden Betrieb nur relativ kleine Erhöhungen des Ertrags bei steigender N-Versorgung beobachtet werden. Die Mobilisierung von Stickstoff aus dem Boden ist somit bei langjähriger organischer Düngung wesentlich höher als bei mineralischer N-Düngung. Je nach Boden kann die N-Mobilisierung ohne Weiteres zwischen 100 bis 150 kg N/ha betragen. Durch ein Düngefenster mit reduziertem N-Einsatz lässt sich sehr gut die Nachlieferung von Stickstoff aus dem Boden abbilden. Solche betriebs-(standort-)spezifischen Informationen lassen sich mit wenig Aufwand gewinnen und stehen in keiner Empfehlung oder Lehrbuch.

Spielt die mineralische N-Form eine Rolle?

Bisherige Erfahrungen zeigen, dass unabhängig von der N-Form (Nitrat, Ammonium, Harnstoff) vergleichbare Erträge erzielt werden können. Dies wird unterstützt durch einen im Jahr 2016 durchgeführten Vergleich der Wirkung verschiedener N-Formen, der bei zwei N-Stufen kleinere individuelle (sta-

Abb. 3a und 3b: Einfluss langjähriger mineralischer bzw. organischer Düngung auf den Maisertrag 2016
(Quelle Gnädinger und Schmidhalter, TUM, 2016)





Die N-Form (Nitrat, Ammonium, Harnstoff) zeigte keinen Einfluss auf den Ertrag. *Foto: landpixel*

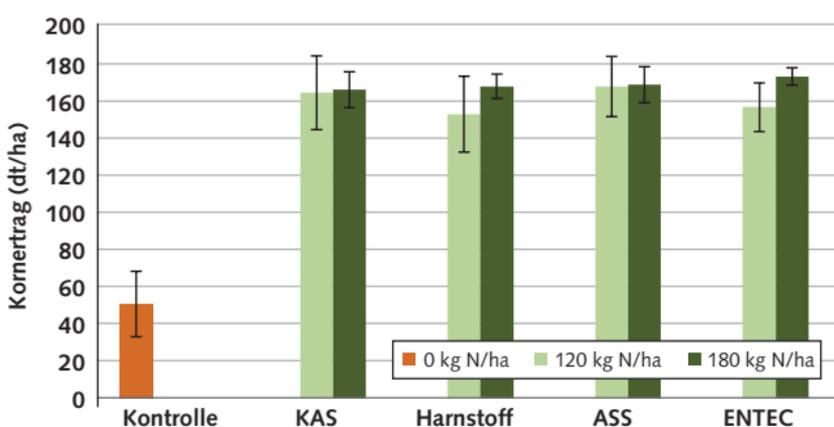
tistisch nicht signifikante) Unterschiede zeigte, in der Gesamtbetrachtung über alle N-Stufen jedoch keine Unterschiede aufwies (Abb. 4). Wenn auch die Ergebnisse eines einjährigen Versuchs an einem Standort nicht überinterpretiert werden sollen, so kann, gestützt auf langjährige Erfahrungen an verschiedenen Standorten und Regionen, keine Vorteilhaftigkeit einer bestimmten N-Form aufgezeigt werden. Wichtig ist je nach Düngerform eine ergänzende Schwefeldüngung. Stabilisierte N-Dünger können in einer Gabe ausgebracht werden und wirken sich auf leichteren Böden besonders vorteilhaft aus.

Sind organische N-Dünger sogar besser als mineralische N-Dünger?

Ammonium in Gülle wirkt vergleichbar gut wie Ammonium aus mineralischen Düngern, mit dem entscheidenden Unterschied, dass es durch Ammoniakausgasung viel leichter aus organischen Düngern verloren geht.

Vergleicht man die Wirkung von Gülle auf Ammoniumbasis mit einer äquivalenten Menge eines Mineraldüngers (Gülle weist circa 50 bis 70 Prozent Ammoniumanteil auf, der Rest ist organisch gebundener Stickstoff), so ergibt sich, dass Ammoniumstickstoff aus Gülle mindestens so gut wie Ammonium aus

Abb. 4: Einfluss der mineralischen N-Form auf den Trockenmasseertrag von Mais



mineralischen Düngern wirkt (Abb. 5). Tatsächlich zeigt die Bewertung in verschiedenen Böden, dass die Ammoniumbasierte Gülledüngung sich sogar positiv gegenüber einer rein mineralischen N-Düngung auswirkt. Dies ist bedingt durch die circa zehnpromtente Freisetzung von Stickstoff aus der organischen Phase. Dies gelingt aber nur, wenn Gülle optimal ausgebracht wird, in diesem Fall durch perfekte Injektion in den Boden. In der Praxis ist man von dieser Optimalwirkung, je nach Ausbringungstechnik/Ausbringungszeitpunkt, deutlich entfernt, sodass Ammonium aus Gülle häufig nur 40 bis 80 Prozent so gut wirkt wie aus mineralischen Düngern.

Die Effizienz der organischen Düngung steht und fällt somit mit der Optimierung der Ausbringungstechnik (Abb. 6). Am stärksten verlustmindernd ist die Injektion, gefolgt von der streifenförmigen Ablage durch Schleppschuh oder Schleppschlauch. Diese Techniken sind ab dem Jahr 2020 im Ackerbau vorgeschrieben.

Warum Gülle schnell einarbeiten?

Nach Möglichkeit sollte Güllestickstoff immer unmittelbar eingearbeitet werden. Ammoniakverluste steigen bereits nach der ersten Stunde deutlich an (Abb. 7). Eine Ausbringung an kühleren Tagen bzw. tageszeitlich am späten Nachmittag/frühen Abend ist vorteilhaft. Der Zusatz von Nitrifikationshemmern zu Gülle ermöglicht die zeitliche Ausbrin-



Eine bedarfsoptimierte N-Düngung unter Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus dem Boden erhöht die Wirtschaftlichkeit der Düngung und schont die Umwelt. Foto: landpixel

gung wesentlich vor der Saat (mehrere Wochen), da durch die Stabilisierung die Auswaschungsfahr stark reduziert ist. Das Zeitfenster einer möglichen Ausbringung wird dadurch wesentlich erweitert. Dies ermöglicht es auch, optimale Ausbringungszeitpunkte hinsichtlich der Befahrbarkeit des Bodens zu wählen. Zwingend erforderlich ist in diesem Fall jedoch die unmittelbare Einarbeitung oder Injektion der Gülle. Stabilisierung von Gülle mit Nitrifikationshemmstoffen (siehe dazu Zeitschrift mais 2-2011) wirkt sich häufig positiv auf den Ertrag aus und verbessert in jedem Fall die Aus-

nutzung des Stickstoffs. Mittels Nitrifikationshemmern können zudem Lachgasverluste wesentlich um mehr als 40 Prozent reduziert werden.

Gülle, ein Wertstoff, den man besser kennen sollte – Gülle zertifizieren!

Während auf jedem Mineraldünger-sack draufsteht, was drin ist, liegen solche Angaben zu den Nährstoffgehalten der Gülle häufig nicht oder nicht genügend genau vor. Die Verbesserung dieses

Abb. 5 Vergleich der N-Wirkung organischer und mineralischer Dünger auf Ammoniumbasis

(Quelle Baumann und Schmidhalter, TUM, 2014)

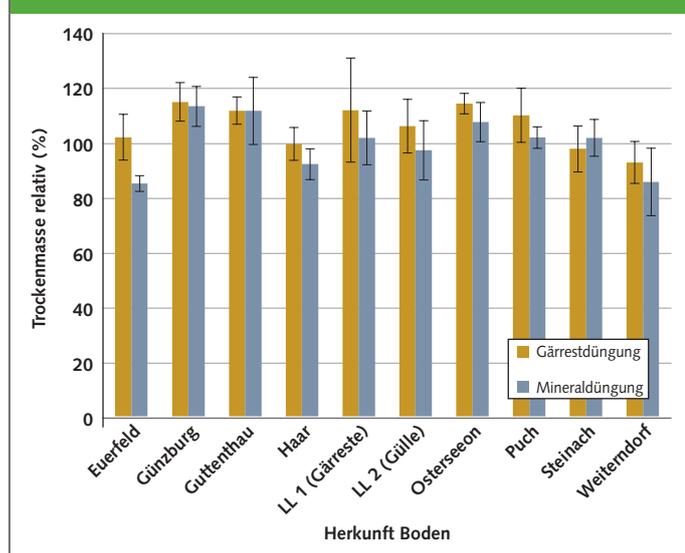
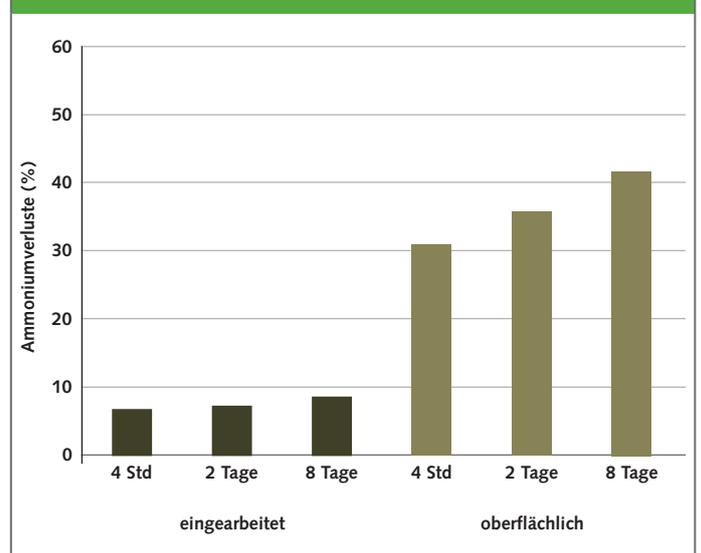


Abb. 6: Einarbeitung reduziert Ammoniakverluste aus Gülle sehr stark

(Quelle Pardeller, Buchhart und Schmidhalter, TUM, 2013)



Kenntnistandes sollte ultimativ (auch gesetzlich) eingefordert werden. Nur basierend auf einer genauen Kenntnis der Zusammensetzung lässt sich die gute fachliche Praxis umsetzen. Warum webt immer noch ein Schleier des Nichtwissens um die Nährstoffgehalte von Gülle? Häufig wird argumentiert, dass es schwierig fällt, Nährstoffe in Gülle verlässlich zu bestimmen, da die Zusammensetzung stark schwankt und sich laufend ändert.

Experimentell lässt sich zeigen, dass in einer gut aufgerührten und homogenisierten Gülle basierend auf einer einzigen repräsentativen Probe Nährstoffgehalte verlässlich bestimmt werden können. Während eine gut aufgerührte Rindergülle in ihrer Zusammensetzung über Tage konstant bleibt, ist bei Schweinegülle ständiges Rühren, auch beim Ausbringen, erforderlich. Dies beeinflusst aber „nur“ Nährstoffe wie Phosphat, das in der Festphase oder partikulär vorliegt, nicht jedoch den Ammoniumgehalt wie auch Kalium, die auch in Schweinegülle genügend konstant bleiben. Abbildungen 8 und 9 zeigen, dass sich bei gut homogenisierter Rindergülle keine nennenswer-

Abb. 7: Ammoniumverluste aus Gülle 2, 4 und 48 Stunden nach bodennaher Ausbringung auf verschiedenen Böden im Vergleich zu einer perfekten Injektion, 48 Stunden nach Ausbringung

(Quelle Lehmeyer, Buchhart und Schmidhalter, TUM, 2015)

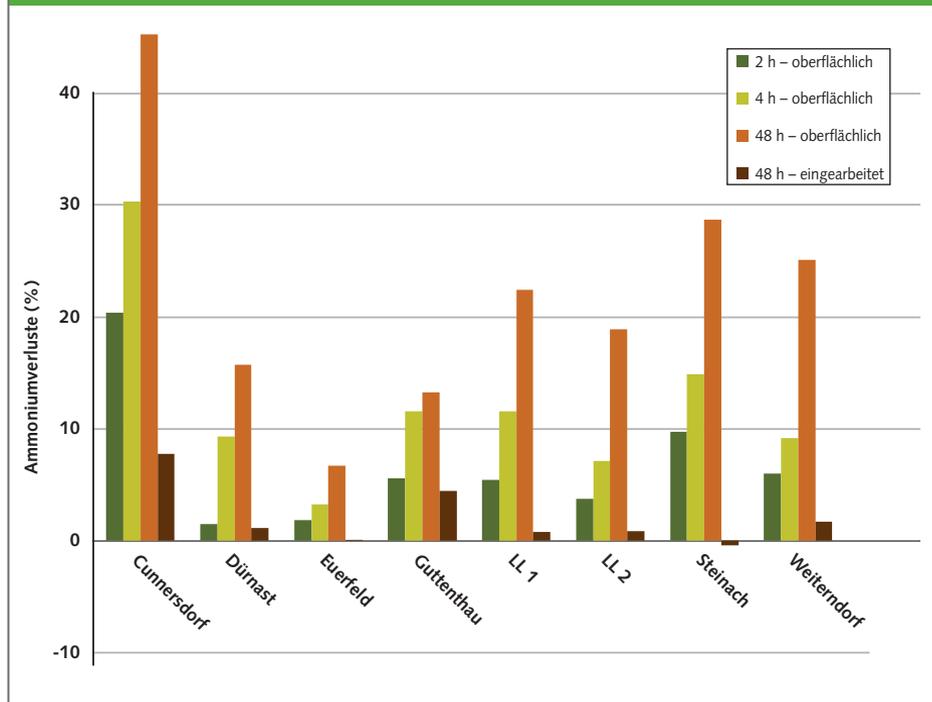
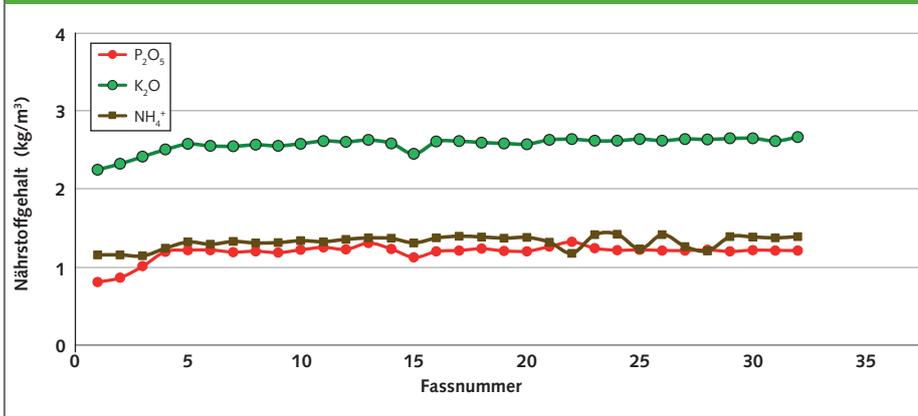


Abb. 8: Veränderung der Nährstoffzusammensetzung beim Ausbringen zuvor gut homogener Rindergülle, jedes einzelne Fass wurde individuell (fassweise) analysiert



ten Änderungen im Nährstoffgehalt ergeben. Schweinegülle zeigt hingegen variable Phosphatgehalte, die eng mit dem sich ändernden Trockensubstanzgehalt verknüpft sind. Bei ständigem Aufrühren auch während der Entnahme und dem Ausbringen ändern sich die Nährstoffgehalte nicht.

Da die Ausbringung in der Regel auf wenige Zeitpunkte im Jahr konzentriert ist und zukünftig noch zeitlich konzentrierter erfolgen muss, ergeben sich auch über das Jahr keine wesentlichen Änderungen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit behalten somit zuvor ermittelte Werte auch zu späteren Zeitpunkten ihre Gültigkeit, es sei denn, eine dramatische Än-

derung in der Fütterung oder im Anteil an Reinigungs-/Meteorwasser erfolgt.

Während bei Rindergülle bei korrekt bekanntem Trockensubstanzgehalt tabellarische Richtwerte recht gut herangezogen werden können, fällt dies bei Schweinegülle und bei Mischgülle schwer. Es empfiehlt sich somit, die Zusammensetzung der Gülle chemisch (einmalig im Jahr) zu analysieren. Durch eine einmalige chemische Analyse ist eine einwandfreie Nährstofffassung möglich. Da beispielsweise 2000 m³ Gülle (Nährstoffwert 5 bis 12 Euro/m³) dem Wert eines respektablen Kleinwagens entsprechen, ist ein „Gülle-TÜV“ für weniger als 50 Euro mehr als gerechtfertigt

und stellt eine höchst sinnige gedankliche und materielle Investition dar, die die Basis einer zielgerichteten, bedarfs- und umweltoptimierten Düngung bildet.

Fazit

Eine optimale Stickstoffdüngung von Mais ist anspruchsvoll und kein Kinderspiel. Realistische Einschätzungen des Ertragspotenzials und Kenntnis der N-Nachlieferung aus dem Boden sind hierfür von zentraler Bedeutung. Mehr Stickstoff als erforderlich erhöht den Ertrag nicht. Die N-Form spielt eine nebensächliche Rolle. Wesentliche Optimierungen sind im gezielten Einsatz organischer Dünger möglich und erforderlich, die die Kenntnis der Nährstoffgehalte und einen verlustmindernden Einsatz beim Ausbringen bedingen. Eine bedarfsoptimierte N-Düngung unter Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus dem Boden erhöht die Wirtschaftlichkeit der Düngung und schont die Umwelt. <<

■ KONTAKT ■ ■ ■

Prof. Dr. Urs Schmidhalter

Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Technische Universität München
85354 Freising
Telefon: 0861 713391
schmidhalter@wzw.tum.de

Abb. 9: Veränderung der Nährstoffzusammensetzung beim Ausbringen zuvor gut homogener Schweinegülle, jedes einzelne Fass wurde individuell (fassweise) analysiert

