



Effizientes Nährstoffmanagement mit NIR für die Rückführung von Gülle

Spektroskopische Schnellmethoden sind heute in der Analytik landwirtschaftlicher Produkte nicht mehr wegzudenken. Seit Jahrzehnten schon ist die schnelle, kostengünstige Bewertung der Futtermittelqualität durch NIR eine unverzichtbare Voraussetzung für eine hohe Produktivität in der Tierhaltung. Praxistaugliche Verfahren für die gezielte Düngung und Bemessung der ausgeschiedenen und auf den Boden zurückzuführenden flüssigen Dünger standen allerdings nicht zur Verfügung. Nun wird ein neues Verfahren für eine effektive Einführung von Nährstoffmanagementplänen für Gülle vorgestellt.

Gülle ist eine wertvolle Ressource, aber auch ein Umweltrisiko

In der EU fallen jährlich viele Millionen Tonnen Gülle aus der Tierhaltung an und werden für die Düngung von Grün- und Ackerland eingesetzt. Allein in Deutschland werden etwa 200 Millionen Tonnen auf Wiesen und Felder ausgebracht. Einerseits wird damit die Nährstoffversorgung der Pflanzen sichergestellt, andererseits können jedoch auch Umweltprobleme bei nicht sachgemäßer Ausbringung entstehen.

Um den Düngungswert der Gülle vollends zu nutzen und gleichzeitig die Umwelt zu schützen, sollte ein Nährstoffmanagementplan für jedes Feld, das gedüngt werden muss, entwickelt werden. Ein Ausgleich der Nährstoffe wie auch der Aufnahme der Pflanzen durch Getreide oder Grünfutter verhindert einen Nährstoffstau wie auch die Verschmutzung von Boden und Grundwasser.

Aus diesem Grund wurde eine gesetzliche Höchstmenge von 170 kg N/ha pro Jahr vorgeschrieben, die der Landwirt einhalten muss. Eine Berechnung der wichtigen Nährstoffmengen ist zwar mit durchschnittlichen Richtwerten grundsätzlich möglich, entspricht jedoch aufgrund der von Hof zu Hof unterschiedlichen Fütterungsintensität und der tierspezifischen Futtermittelverwertung, der Verdünnung sowie schließlich der lagerungsbedingten gasförmigen Nährstoffverluste nicht der Realität.

Gülle ist ein Gemisch aus den Ausscheidungen Kot und Harn und enthält zusätzlich Teile von Einstreu, verstreutem Futter und unterschiedliche Mengen an Wasser. Aus Sicht der Landwirtschaft ist Gülle grundsätzlich kein zu entsorgendes Abfallprodukt, sondern ein wertvoller, in der Regel schnell wirksamer Mehrnährstoffdünger. Er unterscheidet sich nicht nur wesentlich von anderen Wirtschaftsdüngern wie Festmist oder Kompost, sondern weist eine beträchtliche Bandbreite in der Zusammensetzung auf. Tabelle 1 zeigt einige der wichtigen Parameter für Gülle und ihre Grenzwerte.

Zur Einhaltung von Umweltschutzbestimmungen müssen Geruchsemissionen reduziert werden und auch ein Stickstoffverlust ist so weit wie möglich zu vermeiden. Der Stickstoff sollte soweit wie möglich organisch gebunden sein. In jedem Fall sollte die Gülle genau dosiert werden, damit es zu keiner Überdüngung und Schädigung des Bodens, des Pflanzenbestandes und des Wassers kommt.

NIR – ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Gülleparameter

Um die optimale Güllemenge schlagspezifisch ausbringen zu können, ist es für den Landwirt nun möglich, die Gülleprobe in ein NIRS-Labor einzusenden und die Bilanzierung der Nährstoffe auf gesicherte Werte abzustützen. Dazu wird die homogenisierte Gülle mit einem Messbecher einfach in einen Probenbeutel gefüllt, der eine Trägersubstanz enthält (Abb.1). Die spezielle Mineralmischung auf der Basis von aktiviertem Klinoptilolith-Zeolith hält die Flüssigkeit fest und adsorbiert alle Nährstoffe, sodass in der dichten Verpackung ein hygienischer und problemloser Versand im erdfeuchten Zustand möglich ist.

Im Labor wird die Probe, bestehend aus der Einwaage von 50,0 g Trägermaterial und ca. 25 ml Gülle ausgewogen und für 3 Stunden bei 55 °C getrocknet. Im NIR-Spektrometer wird sofort die Trockenmasse, der Aschegehalt, Stickstoff, sowie Phosphor, Calcium, Kalium und Magnesium bestimmt. Die wesentlichen Stickstofffraktionen – Ammonium, Harnstoff und organisch gebundener Stickstoff – werden ermittelt. Diese Komponenten geben einerseits Auskunft über die Güllequalität, andererseits werden sie im Boden unterschiedlich rasch wirksam. Das Verhältnis von Gesamtstickstoff, Harnstoff und Ammonium zueinander lässt Rückschlüsse auf die Umweltverträglichkeit der Gülle zu.

Probe	DM	Asche	N	NH ₄ -N	P	K	pH
Ballaststoffe	900 – 925	70 – 200	18 – 26	–	2 – 4	16 – 27	–
Silomais	900 – 930	14 – 85	5 – 18	–	0,5 – 3	3 – 22	–
Rinder-Gülle	40 – 110	3 – 30	1,0 – 8	0,5 – 5	0,1 – 1,5	1 – 5	6 – 8,5
Schweine-Gülle	10 – 90	5 – 20	2 – 6	1,5 – 3	0,5 – 2,5	1 – 2,5	7 – 8

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Hauptparameter in Futtermittel- und Gülleproben (alle als g/kg), DM = Trockenmasse



Abbildung 1: NANO BAG® mit Trägersubstanz und Messlöffel

Mittelwert	n	N Gesamt	NH ₄ -N NESSLER	DD-KJELTEC™	Harnstoff-N *	organischer N *
Rinder-Gülle	31	2,47	1,11	1,58	0,47	0,89
Schweine-Gülle	62	3,88	2,59	3,39	0,84	0,49

Tabelle 3: Vergleich der N-Fractionen in Dünger von Rindern und Schweinen, N gesamt = Stickstoff nach Kjeldahl-Destillation, Nessler = Ammonium-Stickstoff nach photometrischer Bestimmung, DD = Stickstoff nach direkter Alkalidestillation

* Harnstoff-N (DD – Nessler) und *organischer N (gesamt – DD) als Unterschiede berechnet, n = Anzahl der Proben
Alle Werte als g/kg Gülle

Die Trägersubstanz NANO BAG® wurde sorgfältig ausgewählt. Sie besteht aus einem aktivierten Mineral, Klinoptilolith-Zeolith, dessen nanoporöse Innenräume (Durchmesser der Poren: 0,4 nm, inneres Volumen pro cm³: 0,47 cm³) sich besonders gut zur Absorption der wässrigen Phase und des im alkalischen Bereich flüchtigen Ammoniums eignet.

Die Systeme XDS Rapid Content Analyser™ und Kjeltec™ von FOSS wurden zur Entwicklung dieses Verfahrens verwendet. Gülleproben von 170 Rinderbetrieben, 130 Schweinebetrieben sowie 110 Biogassubstrate wurden auf OTS, Asche, Gesamtstickstoff, Ammonium, Calcium, Magnesium, Kalium und Phosphor untersucht. Die auf dem Trägermaterial getrockneten Proben wurden gleichzeitig mit Infrarot-Spektroskopie gemessen. Die für verschiedene Gülleproben entwickelten Vorhersagemodelle zeigen die folgenden Korrelationswerte (R²) und Standardfehler (SEP) (siehe Tabelle 2).

Einfache Differenzierung der Stickstoffkomponenten

Neben dem gesamten Stickstoffgehalt nach Kjeldahl (FOSS Kjeltec System) wurde die Summe aus Ammonium und Harnstoff durch direkte Alkalidestillation (DD) ermittelt. Eine Differenzierung zwischen Harnstoff und Ammonium wird durch einen Fotometertest für Ammonium durch Nesslerisation ermöglicht. Die Subtraktion von Gesamtstickstoff und Ammonium ergibt damit den gesamten organisch gebundenen Stickstoff, der Differenzwert der alkalischen Destillation und des kolorimetrisch bestimmten Ammoniums den Anteil an Harnstoff. So kann zwischen den unmittelbar düngungswirksamen Anteilen und jenen für die Humusproduktion im Boden entscheidenden Bestandteilen der Gülle unterschieden werden:

- **Sofort verfügbarer Stickstoff:** Ammonium
- **Kurz-/mittelfristig verfügbarer Stickstoff:** Alkalisch hydrolyisierbare Gülleamide (größtenteils Harnstoff)
- **Langsam verfügbarer Stickstoff zur Humusproduktion:** Partikelgebundene und mikrobielle Biomasse in den Fasern und anderen Reststoffen aus Futter oder Einstreu (siehe Abbildung 2 und Tabelle 3)

Evaluierung in der Praxis

Etwa 95 Landwirtschaftsbetriebe wurden eingeladen, sich an einer Studie zu beteiligen und eine Gülleanalyse nach der NIRS-NANO BAG®-Methode durchzuführen. Die Proben wurden an das LFZ Raumberg-Gumpenstein und an die AGES (Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit in Wien) übermittelt. Der Vergleich des NIR-Schnelltests und der klassischen Verfahren zeigte, dass zur Ermittlung der wertgebenden Inhaltsstoffe der Gülle das neue Verfahren unter Praxisbedingungen für Gesamtstickstoff und Ammonium sehr gut eingesetzt werden kann. (siehe Tabelle 4).

Schlussfolgerungen

Unter Einführung einer schnellen NIR-Analyse mit zugehörigem Vorhersagemodell wird mit dem NIRS-NANO BAG®-Verfahren ein leichter, hygienischer Versand der Gülle ermöglicht. Das gesamte Verfahren – von der Entnahme und dem Versand der Probe bis hin zur Kalibration und Vorhersage des Ergebnisses – wurde für Gülle von Rindern und Schweinen sowie für Biogassubstrate entwickelt.

Das Vorhersagemodell auf der Datenbasis von mehr als 400 Proben ermöglicht die schnelle Bestimmung der folgenden Parameter in Flüssigdünger im Rahmen einer einzigen Analyse: DM, N-gesamt, NH₄-N, Harnstoff, Asche, Ca,

Fortsetzung auf Seite 18

Parameter	Gülle	R ²	SEP
Trocken	Alle Proben	0,863	3,45
Material (g/kg)	Biogas-Gülle	0,810	3,81
	Rinder-Gülle	0,787	3,58
	Schweine-Gülle	0,843	2,47
Gesamt	Alle Proben	0,918	0,16
Stickstoff (g/kg)	Biogas-Gülle	0,941	0,13
	Rinder-Gülle	0,910	0,11
	Schweine-Gülle	0,929	0,15
Ammonium	Alle Proben	0,888	0,09
	Biogas-Gülle	0,952	0,06
	Rinder-Gülle	0,782	0,07
Stickstoff (g/kg)	Schweine-Gülle	0,883	0,09
	Alle Proben	0,767	0,96
	Biogas-Gülle	0,682	1,08
Asche (g/kg)	Rinder-Gülle	0,501	1,18
	Schweine-Gülle	0,819	0,80
	Schweine-Gülle	0,990	0,143
P, PO ₄ oder P ₂ O ₅ g/kg	Rinder-Gülle	0,926	0,080
	Schweine-Gülle	0,941	0,195
	Rinder-Gülle	0,883	0,555
Kalium K ₂ O oder K g/kg	Schweine-Gülle	0,877	0,365
	Rinder-Gülle	0,894	0,172
	Schweine-Gülle	0,972	0,147
Calcium	Schweine-Gülle	0,967	0,057
	Rinder-Gülle	0,967	0,057

Tabelle 2: Ergebnisse der NIR-Kalibrationen für die primären und sekundären Parameter der Gülle mit dem XDS System von FOSS

Destillationsmethode und NIRS-Bestimmung der Flüssigdüngeramide, einschließlich Ammonium

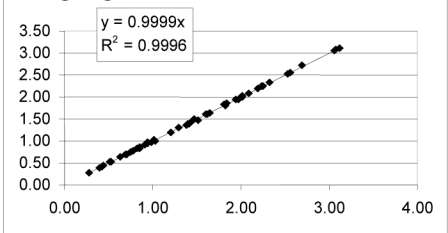


Abbildung 2: Korrelation von Ammonium und Harnstoff gemäß direktem Destillationsverfahren des Kjeltec und NIR-Vorhersagewerten mit dem FOSS XDS System (g/kg)

Fortsetzung von Seite 17

Mg, K und P.

Gute Landwirtschaftspraxis (GLP) fordert die Einschränkung übermäßiger Umweltverschmutzung durch Überdüngung. Aufgrund des Mangels an Schnellmethoden vor Ort, andererseits durch den umständlichen Versand und mögliche Komplikationen sowie durch immer noch hohe Kosten einer klassischen Gülleanalytik konnten bisher in der Wirtschaftsdüngerplanung bzw. Nährstoffbilanzierung nur betriebliche Überschlagsrechnungen und Schätzungen zugrunde gelegt werden. Das vorliegende Verfahren vermeidet diese Unzulänglichkeiten und ermöglicht die Verwendung

AGES Wien Nasschemische Analyse				IPUS Rottenmann NIRS-Analyse			
DM	OM	N	NH ₄ -N*	DM	OM	N	NH ₄ -N**
4,87	3,62	0,24	0,11	4,37	3,51	0,21	0,083

Tabelle 4: Bewertung des NANOBAG®-Verfahrens: Vergleich der Mittelwerte aus 96 Testproben (als Prozent der Ausgangsmasse)

*Direkte KJELTEC™-Destillation, ** gemäß NESSLER

DM – Trockenmasse, OM – organische Masse, N – Stickstoff gesamt.

von Echtzeitwerten für eine genaue Wiederverarbeitung der Nährstoffe im Erdboden. ■

von Dr. Wilfried Wenzl, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, wilfried.wenzl@gumpenstein.at