

Experimentierfeld Digitalisierung in der Landwirtschaft

Der NIR-Sensor als digitales Schauglas für das Güllefass

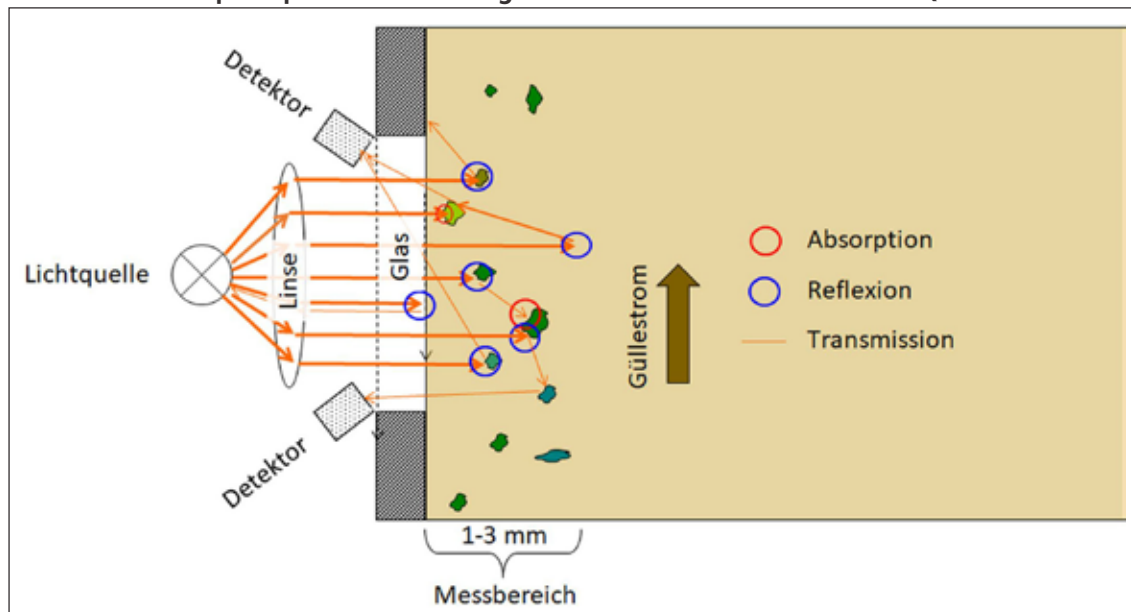
Bei Wirtschaftsdünger sind vor allem die Konzentrationen von N (Stickstoff), P (Phosphor) und K (Kalium) von Bedeutung. Doch wie soll, kann und darf man diese Werte erheben, gerade wenn sich schnell Schwankungen, zum Beispiel aufgrund von Entmischung in der Gülle, auftun? Dies war unter anderem Thema in einem Experimentierfeld im Rahmen des digitalen Experimentierfeldes BeSt-SH. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Artikel eingeflossen.

Prinzipiell gibt es eine ganze Menge von Möglichkeiten, Nährstoffkonzentrationen zu bestimmen. Alle haben eins gemeinsam: Das Substrat „Gülle“ oder „Gärrest“ (Wirtschaftsdünger) ist alles andere als dankbar, analysiert zu werden; groß sind die Schwankungen von Endlager zu Endlager, Region oder auch zwischen den Fütterungs- und Haltungsverfahren. Selbst wenn man nicht an den Tausenden Kubikmetern aus dem gerührten Endlager interessiert ist, sondern nur wissen will, welche Stickstoffkonzentration gerade ausgebracht wird oder wie groß der Phosphorgehalt in der Probenflasche ist, trifft man schnell auf Grenzen der Analysetechnik.

Eine Alternative zur Laborprobe?

Ein NIR-Sensor kann im Nährstoffstrom Erkenntnisse liefern. Dazu wird er meist in Verbindung mit einem Durchflusssensor in ein Rohr, zum Beispiel am Ausbringfass, eingebaut und bestimmt sekundlich die Inhaltsstoffe der vorbeifließenden Substanz. So werden nicht nur der Trockenmassegehalt und die Nährstoffkonzentration, sondern zum Beispiel auch die Gesamt-N-Menge für weitere Anwendungen bestimmt, wie etwa eine mengengenaue Applikation von Stickstoff pro Hektar. Dies eröffnet ganz andere Möglichkeiten, als wenn nur eine Probe zur Analyse ins Labor geschickt wird. Nicht nur die zeitliche Taktung ist bei diesen beiden Verfahren sehr verschieden, sondern auch die Arbeitsweise und die damit verbundene Interpretation der Messwerte. Während eine chemische Laboranalyse direkt die Menge der Nährstoffe bestimmt,

Grafik: Funktionsprinzip der NIR-Messung bei Installation an einem Rohr Quelle: Eiko Thiessen



misst ein NIR-Sensor erst einmal nur eine bestimmte reflektierte Strahlung.

Wie verlässlich arbeiten Sensoren?

Dieses Reflexionsspektrum (quasi die „Farbe“ der Gülle aus Sicht des Sensors, bestehend aus vielen Zahlenwerten) wird auch gerne als „Fingerabdruck“ bezeichnet, da viele Stoffe ihr eigenes typisches Spektrum aufweisen. Das Ermitteln dieses „Fingerabdrucks“ der Gülle durch ein Messfenster mit Lampe und Detektor (siehe Grafik und Foto) ist verhältnismäßig einfach und leicht reproduzierbar, allerdings kommt noch eine komplexe Vorarbeit (genannt Kalibrierung) hinzu. Dazu werden zuvor gemessene Spektren von verschiedenen Substraten (Schweinegülle/Rindergülle/Gärrest) und deren Referenzwerte/Laborwerte aufeinander abgestimmt.

Ein Vergleich mit einem Tachometer mag die Komplexität der indirekten Messmethode des NIR-Sensors aufzeigen: Zur Geschwindigkeitsmessung an einem Traktor kann die Anzahl von Umdrehungen des Rads pro Zeit mit einem Sensor gemessen werden; der Reifenumfang bestimmt dann die Geschwindigkeit durch einfache Multiplikation mit der Umdrehungsfrequenz – der Sensorwert

wird also relativ einfach zu einem wahren Wert verrechnet.

Um aus den vielen Zahlenwerten des „Fingerabdrucks“ beim Einsatz eines NIR-Sensors eine Stoffkonzentration in der Gülle zu errechnen, bedarf es deutlich mehr Multiplikatoren als bei der Geschwindigkeitsmessung. Diese vielen Faktoren, als Bestandteil einer NIRS-Kalibrierung, sind selbst für Fachleute nicht einfach interpretierbar. Es gibt zwischen Spektrum und Stoffkonzentration nicht einen direkten Zusammenhang, wie beim Tacho über den Radumfang. Es wird hier eine Sensorkalibration genutzt, welche in den meisten Beobachtungen in der Praxis gut mit den Referenzwerten übereinstimmt – undenkbar für einen Tacho vor einem Blitzer. Für dieses statistische Verfahren beim NIR-Sensor, zur Bestimmung der Stoffkonzentrationen, ist die Fehlerdefinition wichtig: Was soll eine Fehlergrenze aussagen? So ist es ein großer Unterschied, ob von einem Einzelfall mit einer Abweichung vom Sensor- zum Laborwert gesprochen, oder eine mittlere Abweichung mit einer gewissen Irrtumswahrscheinlichkeit über eine Vielzahl an Messungen angegeben wird; Letzteres ist zu bevorzugen.

Nicht zu vernachlässigen sind die Fehlerquellen, welche nicht dem eigentlichen Messsystem zuzuschreiben sind und auch auftreten

können, wenn dieses zu 100 % genau funktioniert. Solche Fehler treten etwa auf bei der Bestimmung des Laborwertes, der als „wahre“ Referenz herangezogen wird, etwa durch die Probenahme über den Transport und die Lagerung. Zudem kann der Laborfehler einen weiteren Probenahmefehler enthalten, wenn nämlich aus der Probenflasche eine Teilmenge zur Analyse abgenommen wird. Auch bei der Mengenbestimmung, welche zum Beispiel bei der Ausbringung (kg N/ha) oder bei der Vermarktung (kg P) miteingerechnet wird, können Fehler entstehen. Hier ist zu prüfen, ob der Durchflusssensor zuverlässig arbeitet. Wird zur Dosierung der Applikationsrate die nötige Fahrgeschwindigkeit eingehalten? Zuletzt gibt es auch Anwenderfehler, wie die falsche Wahl der Substratart (einige Sensoren verwenden unterschiedliche Kalibrationen für Schweinegülle, Rindergülle und Biogas), oder ungenaues Fahren/Überlappung bei der Ausbringung.

Ein Tipp für die Anwender

Bei festgestellten oder mutmaßlichen großen Abweichungen der Sensorwerte zu den „wahren“ Inhaltsstoffen sind die Hersteller daran interessiert, dem nachzugehen, und bieten dies teilweise auch an.



Das Messfenster bringt Licht ins Dunkel: Hier am Beispiel eines Sensoreinbaus in ein 6"-Rohr mit Gülleatrappe (Papierball). Der seitliche Einbau schützt vor Verschmutzungen und Luftblasen. Foto: Rainer Kock

Der Anwender sollte zuvor allerdings auf einfache Fehlerquellen, wie Einbauposition (meist seitlich an gerader Rohrstrecke), verdrecktes Messfenster oder „exotische“ Gülle, wie etwa mit niedrigen TS-Gehalten (separierte Gülle/Gärrest), Zusätze wie Öle oder Kalk oder gerade bei Gärresten ungewöhnliche Mischungen (zum Beispiel Hühnerkot) achten.

Einsatz in der Praxis

Ein Biogasanlagenbetreiber will nicht nur die Makronährstoffe N, P, K messen, sondern ist auch an den Mikronährstoffen beziehungsweise Schadstoffen und flüchtigen Fettsäuren zur Prozesskontrolle interessiert. Am gut gerührten Fermenter wird dazu eine Probe gezogen (Totvolumen berücksichtigen) und ins Labor für eine umfangreiche Analyse geschickt. Die Wartezeit von bis zu mehreren Wochen ist meist unkritisch, da bei konstanter Fütterung die Werte zeitlich nicht stark schwanken. Wenn Gülle vermarktet werden soll, wird ohnehin eine rechtskräftige Deklaration nötig.

Anders ist es beim Marktfruchtbetrieb, der womöglich noch Schweinegülle (schnelle Entmischung) für die teilflächenspezifische Düngung einsetzen will: Die lange Wartezeit auf die Laborergebnisse und der Aufwand, jedes Fass zum Beispiel mit einem Schnelltest zu beproben, passt nicht zur engen zeitlichen Tak-

tung der organischen Düngung. Es bietet sich also hier an, in einen NIR-Sensor zu investieren, wenn es die Flächengröße zulässt.

Expertenmeinungen abgefragt

Der Sensor spielt vor allem dort eine Rolle, wo viele Messungen der Inhaltsstoffe nötig sind, um einem Zielwert zu entsprechen. Dies ist nicht nur bei Lohnunternehmern der Fall, welche es immer wieder mit unterschiedlichen Güllearten zu tun haben, sondern auch bei Anwendungen, wo eine starke Heterogenität andere Methoden mit Probenahme nicht zulässt. Hierzu zählen Entmischung im Lager oder gar beim Transport (auch wenn schon Rührfunktionen während der Fahrt möglich sind), wenn es um die pflanzenbaulich angepasste Applikation geht, oder erst recht bei der Erfassung der (tagesgenauen) Stoffausscheidungen im Stall, wenn es um die Futtermittelverwertung geht. Auch der Vermarktung und der damit verbundenen Deklaration der Inhaltsstoffe wird eine steigende Bedeutung zugemessen.

Wie dabei und bei der Düngeverordnung mit den möglichen Abweichungen zwischen Sensor und Labor umgegangen wird, ist teilweise noch Gegenstand von Forschung und anstehenden Untersuchungen. Klar ist, dass dem sogenannten Gerätefehler eine geringe Bedeutung zugemessen wird; vielmehr ist das System aus eigentlichem Gerät, Kalibriermodell, Software mit nachfolgender Analyse und Probenahme mit Laboranalyse zur Validation als Gesamtes zu betrachten und zu bewerten. Die Möglichkeit, dass zertifizierte Sensoren in einigen Bundesländern behördlich anerkannt sind, eröffnet eine attraktive Zukunft für den vermehrten Einsatz, wobei die Laboranalyse letztlich noch Goldstandard bleiben wird, da sie nicht nur anerkannt ist, sondern auch direkt ohne Quersensitivitäten die Stoffkonzentrationen bestimmt. Dabei sollte aber weiterhin bedacht werden, dass die Laboranalyse am Ende nur so gut ist wie die Probenahme, bei der die richtige Handhabung eingehalten werden muss.

Eiko Thiessen
Institut für landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Tel.: 04 31-880-37 90
ethiessen@ilv.uni-kiel.de

FAZIT

Der Einsatz eines NIR-Sensors kann wertvolle Informationen über den Wirtschaftsdünger liefern, und zwar direkt während der Gülleausbringung, ohne jeglichen Mehraufwand. Der Aufwand vorher besteht nicht nur aus der finanziellen Investition und Installation, es sollte auch regelmäßig auf den Messvorgang und sinnvolle Messwerte geachtet werden, um Fehlmessungen gering zu halten oder früh zu erkennen. Im Bauernblatt Anfang Juli wird der nächste Teil dieser Artikelserie über den Einsatz digitaler Technologien bei der Aussaat erscheinen.



DIE PASSENDEN SORTENVORTEILE

FÜR IHREN ERFOLG.



DK EXCITED

Die erste virusresistente* DEKALB® Hybride

NEU

DK EXBURY

Die beste Wahl für innovative Landwirte

DK EXCEPTION

Der Stresstolerante

DK EXPANSION

Der stickstoffeffiziente Ertragsbooster

Kostenloses AgrarTelefon:
0800-220 220 9

Gebeizt mit
ACCELERON
SEED APPLIED SOLUTIONS

Sammeln Sie PREMEO-Bonuspunkte mit Rapssaatgut!
Mehr über unsere Sorten und PREMEO-Aktionen auf:

www.agrar.bayer.de/dekalb

DEKALB® und Accelaron® sind eingetragene Marken des Bayer-Konzerns. Pflanzenschutzmittel sowie mit Pflanzenschutzmitteln gebeiztes Saatgut vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformation lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

*Resistenz gegen den Wasserrübenvergilbungsvirus

