

## Nutzerreport

# NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest



Foto: Agrotech Valley Forum e.V.

Gefördert durch



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung



EXPERIMENTIERFELD  
AGRO-NORDWEST

## **Nutzerreport**

# NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel – Einschätzungen und Anforderungen aus Sicht der Nutzer

im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest

Förderkennzeichen: 28DE103F18

### **Autorinnen**

Christine Henseling  
Zoe Willim

c.henseling@izt.de

unter Mitwirkung von Siegfried Behrendt und Johanna Grimm

10. Oktober 2022

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung  
[www.izt.de](http://www.izt.de)

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Hintergrund: Anwenderintegration für bedarfsgerechte Innovationsansätze im Experimentierfeld Agro-Nordwest.....</b>               | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Vorgehensweise und Aufbau des Papiers .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>NIRS-Sensor am Güllefass .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>4</b> | <b>Der Use Case „Ausbringung organischer Düngemittel unterstützt durch NIRS-Technologie“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>5</b> | <b>Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer zum Einsatz der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel.....</b>     | <b>10</b> |
|          | 5.1 Vorteile und Chancen des Einsatzes der NIRS-Technologie .....  | 10        |
|          | 5.2 Defizite und Hemmnisse .....   | 13        |
|          | 5.3 Nutzeranforderungen an den Einsatz der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel .....                            | 14        |
|          | 5.4 Einsatzbereiche für die NIRS-Technologie .....   | 18        |
|          | 5.5 Risiken bei der Anwendung der NIRS-Technologie.....  | 18        |
| <b>6</b> | <b>Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>7</b> | <b>Fazit .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>8</b> | <b>Literatur.....</b>  | <b>23</b> |

# 1 Hintergrund: Anwenderintegration für bedarfsgerechte Innovationsansätze im Experimentierfeld Agro-Nordwest

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert mit 14 bundesweiten digitalen Experimentierfeldern die Digitalisierung in der Landwirtschaft. Die Projekte sollen dabei helfen, digitale Technologien im Pflanzenbau und in der Tierhaltung zu erforschen und deren Eignung für die Praxis zu überprüfen, so dass sie optimal zum Schutz der Umwelt, Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können. Im Rahmen des Experimentierfeldes „Agro-Nordwest“, an dem zahlreiche Forschungspartner und Betriebe entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette beteiligt sind ([www.agro-nordwest.de](http://www.agro-nordwest.de)), führt das IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung Fokusgruppen und Interviews zur Anwenderintegration durch.

Bei der Einrichtung und Ausgestaltung des Experimentierfeldes Agro-Nordwest spielt die frühe Integration von Anwendern<sup>1</sup> zur bedarfsorientierten Entwicklung der betrachteten digitalen Technologien eine bedeutende Rolle. Die Verbreitung innovativer Lösungsansätze ist maßgeblich auf die aktive Integration von Nutzern und Kunden in den Innovationsprozess angewiesen. Dies liegt zum einen daran, dass sich innovative Nachhaltigkeitslösungen nur dann durchsetzen werden, wenn sie bedarfs- und nachfragegerecht sind. Die frühzeitige Einbeziehung der Praxisakteure reduziert das Risiko, dass Innovationsvorhaben scheitern, und erhöht die Anschlussfähigkeit neuer Lösungen an bestehende Nutzungssysteme und Nutzungskulturen (Fichter 2005). Hierbei sind die schon vorhandenen oder sich im Aufbau befindlichen Praktiken in der Region zu berücksichtigen. Zum zweiten ermöglicht das Testen von Prototypen nutzungs- und verhaltensbedingte Potenziale für neue Lösungen in realitätsgetreuen Verwendungssituationen zu ermitteln und unbeabsichtigte Nebenfolgen zu identifizieren und zu vermeiden. Zum dritten schließlich kommt der Kooperation mit Anwendern eine zentrale Rolle bei der Markteinführung und der Diffusion nachhaltiger Lösungen zu. Die Einbeziehung von potenziellen Anwendern ermöglicht also nicht nur die Überprüfung der Akzeptanz und Anschlussfähigkeit, sondern auch die Überprüfung der Tragfähigkeit möglicher Geschäftsmodelle für Agrarbetriebe. Die digitalen Technologien müssen gut in den Betriebsablauf integriert werden können, um tatsächlich die Schwelle zur breiten Anwendbarkeit zu überwinden. Das bedingt eine genaue Berücksichtigung von Nutzeranforderungen an diese Technologien in einem Nutzungskontext.

Mit Blick darauf wurden zu den im Experimentierfeld Agro-Nordwest untersuchten Technologien und Applikationen Fokusgruppen sowie Nutzerinterviews durchgeführt, die darauf abzielen, Nutzerbedarfe zu ermitteln und diese bei der Entwicklung und Ausgestaltung der Anwendungsfälle zu berücksichtigen. Der vorliegende Report beschäftigt sich mit **der Technologie der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) zur Ausbringung von organischen Düngemitteln** und nimmt hierbei die Einschätzungen und Anforderungen der Landwirte und Lohnunternehmer, als mögliche Nutzer dieser Technologie, in den Blick.

---

<sup>1</sup> Ein Hinweis vorab: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

Folgende Fragen stehen dabei im Mittelpunkt:

- Welche Anforderungen haben Landwirte und Lohnunternehmer an die Nutzung der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel?
- Welche Vorteile und Chancen sehen die genannten Gruppen im Hinblick auf den Einsatz dieser Technologie?
- Welche Nachteile und Risiken sehen (potenzielle) Nutzer?
- Wie können vorhandene Defizite überwunden werden?

## 2 Vorgehensweise und Aufbau des Papiers

Um die Anforderungen und Bedarfe der Nutzer in Hinblick auf die NIRS-Technologie bei der Ausbringung von organischen Düngemitteln zu erheben, wurde eine Fokusgruppe mit Landwirten und Lohnunternehmern durchgeführt. Fokusgruppen sind eine qualitative Forschungsmethode, bei der Diskussionsgruppen anhand bestimmter Kriterien zusammengestellt und durch einen Informationsinput zur Diskussion über ein bestimmtes Thema angeregt werden. Die Ergebnisse der Diskussionen spiegeln nicht nur die Einzelmeinungen der Teilnehmer wider, sondern beziehen auch die Austausch- und Diskussionsprozesse der Teilnehmer untereinander mit ein und erhalten dadurch eine besondere synergetische Qualität. Kennzeichnend für Fokusgruppen sind eine vergleichsweise hohe Informationsdichte und -tiefe. Ergänzend dazu fanden Interviews mit Nutzern (Landwirte, Lohnunternehmer) sowie Experteninterviews mit Akteuren aus den Bereichen Landtechnikherstellung, Wissenschaft sowie Wissens-, Qualitäts- und Technologietransfer statt. Innerhalb des Experimentierfeldes Agro-Nordwest wurden außerdem Einzel- und Gruppengespräche mit den am Use Case beteiligten Wissenschaftlern durchgeführt.

Die Fokusgruppe fand am 8. November 2021 als digitale Veranstaltung statt. Es nahmen sowohl Landwirte und Lohnunternehmer teil, die bereits Erfahrungen mit dem NIRS-Sensor am Güllefass haben als auch Personen, bei denen die Technologie (noch) nicht am Betrieb eingesetzt wird. Ziel war es, mit den Teilnehmern herauszuarbeiten, wie sie die Technologie aus Sicht der Praxis bewerten, welche Chancen und Potentiale sie in dieser Technologie sehen und welche Hemmnisse der Anwendung entgegenstehen. Zentrales Anliegen dieser und weiterer Fokusgruppen-Diskussionen im Forschungsprojekt Agro-Nordwest ist es, in die Forschung und Entwicklung neuer, digitaler Technologien in der Landwirtschaft die Anwenderperspektive mit einzubeziehen.

Im Folgenden soll zunächst eine Einleitung zu den Potenzialen und zum aktuellen Stand der NIRS-Technologie gegeben werden (Kapitel 3). In Kapitel 4 wird der Use Case „Ausbringung organischer Düngemittel unterstützt durch NIRS-Technologie“, der im Experimentierfeld Agro-Nordwest bearbeitet wird, kurz vorgestellt. In Kapitel 5 wird auf die Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer eingegangen sowie potenzielle Risiken aufgezeigt, die mit der Etablierung der Technologie verbunden sein könnten. Basis dafür sind die Interviews und Fokusgruppen. In einem Fazit (Kapitel 6) werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

### 3 NIRS-Sensor am Güllefass

Die Nahinfrarot-Spektroskopie ist eine physikalisch-optische Analysemethode, bei der eine Untersuchungseinheit (in diesem Fall Gülle) mit Nahinfrarot bestrahlt wird. Es handelt sich um ein Verfahren, welches ursprünglich aus der Medizin kommt. Seit einigen Jahren gewinnt die Technologie auch in der Landwirtschaft an Bedeutung (m-u-t GmbH o.J.).

Während es verschiedene Einsatzbereiche für den NIRS-Sensor im landwirtschaftlichen Kontext gibt – so kann der Sensor beispielsweise zur Ertragsermittlung am Feldhäcksler oder zur Analyse der Inhaltsstoffe für die Fütterung eingesetzt werden – gibt es seit einigen Jahren auch Systeme, welche auf die Ermittlung von Nährstoffen in flüssigem Wirtschaftsdünger ausgelegt sind. Bei dem Verfahren wird Licht auf eine Probe gerichtet, ein Teil der Inhaltsstoffe reflektiert die Lichtstrahlen, andere absorbieren das Licht. „Von der Differenz von eingestrahlt zu reflektiertem Licht kann auf die Menge verschiedener Inhaltsstoffe geschlossen werden. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der Menge an Inhaltsstoffen und der mithilfe der Spektroskopie ermittelten Absorption. Das Herstellen dieses Zusammenhangs nennt man Kalibration“ (Lorenz/ Blum o.J.). Nur mit ausgereiften und praxiserprobten Kalibrationsmodellen ist eine valide und genaue Messung der Inhaltsstoffe möglich. Die Sensoren messen jedoch zum jetzigen Entwicklungsstand nicht alle Inhaltsstoffe der Gülle verlässlich. Wassergehalte und Trockensubstanz, Gesamt-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff werden von dem Sensor gemessen, Phosphor- und Kalium-Gehalte lediglich geschätzt.

Seit der Etablierung von NIRS auf dem Markt gab es Verbesserungen und Neuerungen am Sensor selbst sowie an den Kalibrationsmodellen. Die Sensoren sind seit dem Jahr 2015 wesentlich kleiner und robuster geworden (Masur 2022). Des Weiteren haben sich die Kalibrierungsmodelle, welche die Messdaten mit geeichten Normalwerten vergleichen und in Übereinstimmung bringen, weiterentwickelt (Masur 2022, Eurofins Agro o.J.). Durch diese Weiterentwicklung ist es für den Sensor nun auch möglich die Inhaltsstoffe von Mischgüllen zu erfassen, während er zuvor nur für homogene Güllen einer Art (Rinder- oder Schweinegülle) verlässliche Messungen lieferte.

Von Relevanz ist auch, dass immer mehr Sensoren eine DLG-Anerkennung haben (Masur 2022). So haben etwa im Jahr 2020 die NIRS-Sensoren der Hersteller Kotte Land Technik, BSA, MUT, Zunhammer und Dinamica Generale eine solche Anerkennung erhalten. Die Anerkennung der DLG kann entweder für die Messung bestimmter Güllearten oder für die Messung einzelner Inhaltsstoffe vergeben werden. Die Voraussetzung für die Anerkennung ist, dass mindestens die Anforderungen an die Gesamtstickstoff-Messungen erfüllt werden. Eine DLG-Anerkennung bedeutet allerdings noch keine Anerkennung des Sensors im Sinne des Düngerechts (Grunert 2020).

Zu beachten ist, dass nicht jeder Sensor bei jeder Gülle und bei jedem Inhaltsstoff eine verlässliche Messung liefert. So zeigt sich, dass die Sensoren aller zuvor genannten Hersteller gute Ergebnisse bei Rindergüllen liefern, bei Schweine- oder Mischgülle jedoch bestanden die Sensoren nicht die Prüfung bei der Messung aller Inhaltsstofffraktionen (Tastowe 2021).

Auch wenn die NIRS-Technologie jeweils schon als vorangeschrittene Innovation angesehen werden kann, so befindet sich deren Nutzung für eine (teilflächenspezifische) Gülleapplikation derzeit noch in der Marktnische. Hinsichtlich des Verbreitungsgrads der Technik lassen sich keine eindeutigen Zahlen für Deutschland finden. Während einige Studien feststellen, dass die Nutzung von Sensorik in landwirtschaftlichen Betrieben immer wichtiger wird und viele Betriebe bereits Sensoren nutzen, wird aus den

Studien nicht immer deutlich, von welcher Art der Sensorik die Sprache ist. Eine Landwirte-Befragung von 2020 erhebt den Anteil der Landwirte in Deutschland, die Nahinfrarotsysteme einsetzen. Es wird dabei allerdings nicht konkret auf den Einsatz zur Gülleausbringung eingegangen. Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass bei kleineren Betrieben der Anteil derjenigen, die NIRS einsetzen im einstelligen Bereich liegt. Bei größeren Betrieben wird NIRS etwas stärker genutzt – zwischen 9 und 17 Prozent setzen diese Technologie ein (je nach Anwendungsbereich) (Pfeiffer et al. 2021). Nach Angaben der Firma Zunhammer findet zurzeit ein „Umdenken bei den Landwirten statt“ (Masur 2022). Durch die steigenden Mineraldüngerpreise sind die Betriebe gezwungen, Dünger effizienter auszubringen und neue Regularien hinsichtlich der Düngeausbringung (zumindest in Bayern und NRW) schaffen Anreize zur Nutzung von NIRS. Ein Umsatzanstieg beim Verkauf der Sensoren wird sich aus Sicht des Herstellers aber erst in den nächsten Jahren zeigen (Masur 2022).

Potenziale, welche in Zukunft zu einer breiteren Etablierung des Sensors führen könnten, bestehen hauptsächlich in der exakten und bedarfsgenauen Ausbringung von Inhaltsstoffen auf dem Feld (Bökle et al. 2020), Mittel- und Kosteneinsparungen für die Betriebe (Kläschen 2022), perspektivisch in der Vereinfachung von administrativen Nachweisprozessen (Masur 2022), dem Informationsgewinn und der zeitnahen Verfügbarkeit von Daten über die Düngung (Schlagge, o.J.).

Mithilfe der durch die NIRS-Sensoren gewonnenen Informationen über die Inhaltsstoffe ist es zudem möglich teilflächenspezifisch zu düngen. Von einer teilflächenspezifischen Düngung spricht man, wenn auf Basis von Informationen, etwa hinsichtlich des Nährstoffgehaltes des Bodens auf verschiedenen Schlägen, gezielt Mittel ausgebracht werden, um eine ideale Düngung und Versorgung an jeder Stelle der behandelten Flächen zu erreichen (Domsch et al. 2009).

Auch wenn die Nutzung der NIRS-Sensoren mit den oben genannten Vorteilen und Potenzialen verbunden ist, wird die Verbreitung derzeit von einigen Faktoren gehemmt. So werden in der Literatur die hohen Anschaffungskosten des Sensors als Hemmnis genannt. Als problematisch wird auch die, je nach Bundesland, unterschiedliche Lage hinsichtlich der Zulassung der NIRS-Technologie für die Inhaltsstoff-Dokumentation bewertet. Während in NRW, Schleswig-Holstein und Thüringen der Sensor zumindest für die Messung von gewissen Inhaltsstoffen zugelassen ist (Böhrnsen 2020), warten Betriebe in anderen Teilen Deutschlands nach wie vor darauf, dass die Behörden die Sensorprotokolle als Dokumentationsnachweise zulassen.

Bökle et al. (2020) gehen davon aus, dass die Dokumentationspflichten für landwirtschaftliche Betriebe in Zukunft aufgrund strengerer Auflagen zum Umweltschutz zunehmen werden. Aus diesem Grund werden in Digitalisierungsverfahren, wie der Verwendung des NIRS-Sensors zur Gülleinhaltsstoff-Messung, große Potenziale gesehen.

## 4 Der Use Case „Ausbringung organischer Düngemittel unterstützt durch NIRS-Technologie“ im Experimentierfeld Agro-Nordwest

Im Rahmen des Experimentierfelds Agro-Nordwest wird von der Hochschule Osnabrück ein Use Case „Ausbringung organischer Düngemittel unterstützt durch NIRS-Technologie“ durchgeführt. Die Kernidee des Use Cases besteht darin, die Zusammensetzung von organischen Düngemitteln mittels NIRS-Technologie stets aktuell bemessen zu können. So können etwa die Gehalte von Stickstoff, Phosphor oder Kalium bestimmt und eine Ausbringung des organischen Düngers mit den Bodengehalten und -bedarfen der zu bewirtschaftenden Ackerfläche abgestimmt werden. Die Ausbringung kann des Weiteren präzise mittels Applikationskarten über bestimmte Teilflächen des Ackerfeldes ausgebracht werden, da sich deren Bodengehalte und somit die Nährstoffbedarfe abschnittsspezifisch differenzieren können. Diese Form differenzierter Gülleapplikation könnte positive ökonomische (effiziente Gülleausbringung) wie ökologische (Bodenschutz) Potentiale gegenüber der flächendeckenden Ausbringung aufweisen. Relevanz erhält eine differenzierte Gülleapplikation vor dem Hintergrund einer zunehmenden Notwendigkeit des Boden- und (Grund-)Wasserschutzes bei einer gleichzeitigen Intensivierung der Bodennutzung. Es gilt eine Überdüngung des Bodens und ein übermäßiges Aufkommen von sich absetzendem Stickstoff und Phosphor im Grundwasser bzw. in naheliegenden Wasserverläufen zu verhindern. Das Management von Gülleapplikationen erhält des Weiteren gesellschaftliche Bedeutung, da eine standortangepasste, teilflächenspezifische Düngung zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beitragen kann. Somit stellt das besagte Management eine Klimaanpassungsmaßnahme dar, bei der weniger Stickstoff- und Phosphoreintrag in die landwirtschaftlich genutzten Böden erfolgt. Weiterhin könnte mittels einer optimierten Düngeplanung eine gesteigerte Gewinnmarge bei den landwirtschaftlichen Betrieben erzielt werden. Jedoch bestehen gegenüber der NIRS-Technologie noch Vorbehalte und juristische Hindernisse. Neue Gülleapplikationen dienen auch als eine Antwort auf die verschärfte Ausbringungspflicht der Düngeverordnung auf den Ackerflächen (Fischer 2020). NIRS-Technologien und Applikationskarten sind als technische Innovationen schon teilweise in Anwendung. Umso wichtiger ist es daher, neben der technischen Machbarkeit auch deren Wirtschaftlichkeit zu belegen.

Mit dem Use Case wird vom folgenden **Szenario** ausgegangen:

Mittels NIRS-Technologie wird der Nährstoffgehalt des aktuell vorliegenden Düngers in Echtzeit mit Sensoren gemessen. Die erstellten Daten können dann mit Applikationskarten abgeglichen werden, auf denen ackerflächenspezifisch und in Differenzierung nach Art des Schlages (z.B. Weizen oder Getreide) die Düngebedarfe abgebildet sind. Durch die genaue Bemessung der Düngerszusammensetzung und der genauen Kartierung von Düngebedarfen auf der Ackerfläche kann eine optimale Passung für die Gülleapplikation ermittelt werden.

### Versuchsdesign

Neben der Erprobung der technischen Machbarkeit und Zuverlässigkeit ist es relevant, die Wirtschaftlichkeit und die positive Umweltauswirkung der Technologie analytisch zu belegen. Der Use Case verfolgt daher zum einen das Ziel, die Wirtschaftlichkeit differenzierter Gülleapplikation zu bemessen, und



zum anderen, für die teilflächenspezifische Wirtschaftlichkeitsanalyse die Datenerfassung zu nutzen und zu verbessern.

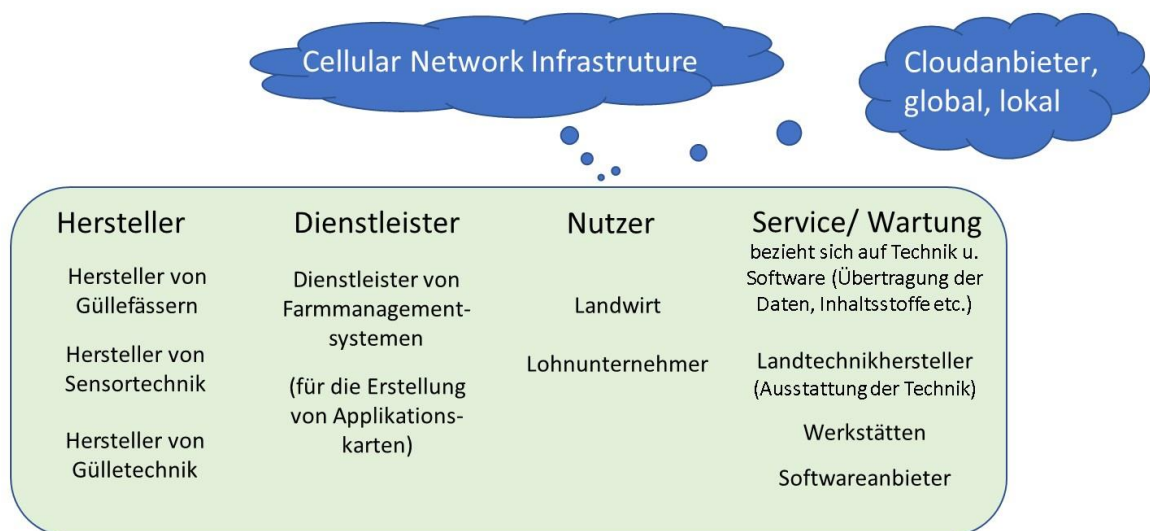
In dem Use Case sind die NIRS-Sensoren direkt an dem verwendeten Güllefass angebracht, mit dem die Gülle auf dem Feld ausgebracht wird. Dadurch können die teils beträchtlichen Schwankungen der Inhaltsstoffe direkt ermittelt werden. Mit den Sensoren kann die Gülle in Echtzeit hinsichtlich ihrer Gehalte bemessen werden. Die Daten werden visuell auf den Monitor in der Fahrerkabine übermittelt. Diese Datenerfassung kann des Weiteren mit einer zentralen Einstellung der Ausbringungsobergrenzen von bestimmten Stoffen wie Stickstoff oder Phosphor gekoppelt werden. In dem Sinne ist die Pumpe stärker oder weniger aktiv, je nachdem auf welchem Abschnitt der Ackerfläche sich das Güllefass befindet und mit welchen Düngebedarfsdaten der jeweilige Abschnitt über Applikationskarten erfasst wurde.

### Produktnutzungssystem

Im beschriebenen Use Case sind eine Reihe von Akteuren involviert, die zusammen ein Produktnutzungssystem der teilflächenspezifischen Düngung mittels NIRS-Technologie bilden. Das Produktnutzungssystem setzt sich aus Herstellern, Dienstleistern, Nutzern und verschiedenen Serviceleistungen zusammen. Es kommen neue Anbieter im landwirtschaftlichen System hinzu: IT-Hersteller, Software-Anbieter, Cloudanbieter, Dateninfrastruktur etc. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gibt eine Übersicht.

Abbildung 1: Produktnutzungssystem NIRS zur Ausbringung organischer Düngemittel

### Produktnutzungssystem NIRS zur Ausbringung organischer Düngemittel



Quelle: eigene Darstellung

## 5 Einschätzungen und Anforderungen der Nutzer zum Einsatz der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel

Ob der beschriebene Use Case eine breite Anwendung findet, ist entscheidend davon abhängig, wie zum einen sich wandelnde politische Rahmenbedingungen einen Veränderungsdruck in der Landwirtschaft bewirken (bspw. durch die Anerkennung der NIRS-Technologie zur Dokumentation nach Düngerecht). Zum anderen wie der Anwendungsfall bedarfsgerecht und daher flexibel gestaltet und somit von potentiellen Nutzern akzeptiert wird. Neben den politischen Leitlinien ist demnach vor allem auch die Akzeptanz der Landwirte eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Marktdiffusion. Um die Akzeptanz und somit die Innovationen im Bereich der Digitalisierung der Landwirtschaft zu fördern, müssen daher die Bedarfe und Anforderungen von Nutzern identifiziert und diese frühzeitig in die Prozesse der Innovationsgestaltung in den Testumgebungen der Anwendungsfälle integriert werden.

Aus den durchgeführten Interviews sowie der Fokusgruppe mit Landwirten und Lohnunternehmern können verschiedene relevante Aspekte für die Akzeptanz der NIRS-Technologie zur Düngemittelausbringung identifiziert werden<sup>2</sup>.

### 5.1 Vorteile und Chancen des Einsatzes der NIRS-Technologie

Aus Sicht der befragten Landwirte und Lohnunternehmer ergeben sich durch die Nutzung der NIRS-Technologie am Güllefass eine Reihe von Vorteilen und Chancen für die Betriebe und die Landwirtschaft insgesamt.

#### **Kontinuierliche Messung der Gülle bezüglich der ausgebrachten Inhaltsstoffe**

Ein zentraler Mehrwert und ein bedeutendes Potenzial, welches von den Befragten herausgehoben wird, ist die kontinuierliche Messung der Gülleinhaltsstoffe in Echtzeit. Der NIRS-Sensor liefert einerseits Realdaten – im Gegensatz zur Verwendung von Standardwerten zur Feststellung der Inhaltsstoffe – und andererseits bietet er einen Mehrwert gegenüber Messungen im Labor. Zwar sind Labormessungen zumeist von den Behörden eher anerkannt, jedoch stellen sie lediglich die Inhaltsstoffe der verwendeten Probe dar und nicht des kompletten Güllefasses. Da Gülle eine nicht-homogene Substanz ist, und somit verschiedene Proben unterschiedliche Inhaltsstoffverhältnisse aufweisen können, ist die Aussagekraft der Laborproben begrenzt. Die Nutzung des NIRS-Sensors bietet den Vorteil, dass während der Ausbringung die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe kontinuierlich ermittelt wird. Dadurch ergeben sich einige Vorteile für die Nutzer und die Umwelt.

Informationen hinsichtlich der Inhaltsstoffe von organischen Düngemitteln sind aus Sicht der Befragten auch relevant für Betriebe, die Gülle abgeben sowie für Betriebe, die Gülle von anderen landwirtschaftlichen Akteuren aufnehmen. Der NIRS-Sensor kann genutzt werden, um zu überprüfen, welche

---

<sup>2</sup> Die folgenden Ergebnisse basieren auf der Fokusgruppe mit Landwirten und Lohnunternehmern sowie auf Einzelinterviews mit Nutzern. An einzelnen Stellen werden Einschätzungen aus Sicht von Experten (aus den Interviews mit Landtechnikern, Wissenschaftlern sowie einer Mitarbeiterin der Landwirtschaftskammer) ergänzt. Da es sich dabei nicht um Anwender handelt, wurden diese Passagen als Aussagen der befragten Experten gekennzeichnet.

Inhaltsstoffe eine Lieferung tatsächlich aufweist. Des Weiteren kann der Sensor genutzt werden, um eine sogenannte Warendeklaration zu erstellen.

*„Die Anforderung kam eigentlich bei uns aus der Kundschaft. Von den Kunden, die Fremdgülle aufnehmen und die waren nicht mehr damit zufrieden, dass die Werte nur auf dem Papier standen und dafür ihre Flächen freizugeben. Also sagen die: Ich will, dass nur das, was wirklich auch drin ist, dafür möchte ich auch unterschreiben.“<sup>3</sup>*

Ein befragter Experte aus der Landtechnik<sup>4</sup> äußerte, dass perspektivisch der NIRS-Sensor dazu beitragen könne, die Thematik der Nährstoffströme stärker in den Fokus des Diskurses zu rücken und mehr Beachtung für das Thema in der Landwirtschaft zu erzielen.

### **Besseres Pflanzenwachstum durch optimierte Düngung**

Nach Einschätzung der befragten Landwirte können mit Hilfe des NIRS-Sensors Nährstoffe gezielter auf dem Acker verteilt werden und die Pflanzenversorgung mit Nährstoffen kann optimiert werden. Sowohl eine Über- als auch eine Unterdüngung der Feldflächen kann somit vermieden werden. Eine übermäßige Belastung der Böden und des Grundwassers kann reduziert werden, da nur die benötigten Stoffe zielführend ausgebracht werden. Hierdurch wird auch ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

### **Wirtschaftliche Vorteile durch effizientere Ausbringung/ Einsparung von Düngemitteln**

Die befragten Landwirte und Lohnunternehmer sehen in der passgenauen Versorgung der Böden mit Nährstoffen auch wirtschaftliche Vorteile. Potenziale werden in der optimierten Ausbringung und der damit einhergehenden Einsparung von Düngemitteln gesehen, was v.a. vor dem Hintergrund steigender Düngerkosten, insbesondere für Stickstoffdünger, relevant ist.

*„Ich meine, letztendlich machen wir das alle, um auch einen wirtschaftlichen Vorteil am Ende davon zu bekommen. Und klar ist das am Anfang ein bisschen Pionierleistung, aber gerade jetzt [...] mit den steigenden Düngerkosten. Vielleicht nicht unbedingt, dass man irgendwo eine Einsparung hat, aber eben, dass man das, was man hat, optimiert ausbringt.“*

Des Weiteren erhoffen sich einige der Befragten durch die Optimierung der Nährstoffausbringung auch eine Steigerung der Ernteerträge.

### **Mögliche Erleichterung der Dokumentationspflichten**

Landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland müssen dokumentieren, welche Inhaltsstoffe bei der Düngung auf den Feldflächen ausgebracht werden. Diese Dokumentation erfolgt in den meisten Fällen dadurch, dass, im Falle von Düngung mit Gülle, eine Probe genommen und diese im Anschluss an ein Labor gesendet wird. Dieses stellt fest, welche Fraktionen in welchem Maße in der Gülle enthalten sind. Es handelt sich um einen zeitintensiven und aufwendigen Arbeitsprozess. Eine zentrale Hoffnung, welche die Befragten mit dem NIRS-Sensor verbinden, ist, dass dieser in Zukunft den Dokumentationsprozess erleichtern könnte. Durch die Dokumentation der Inhaltsstoffe mit Protokollen des Sensors würde eine Beprobung der Gülle und eine Auswertung im Labor wegfallen. Sollte eine bundesweite Zulassung des NIRS-Sensors erfolgen und die Sensor-Protokolle von den Düngehörden als Dokumentationsnachweise akzeptiert werden, könnte der Arbeitsprozess für den Landwirt rund um die

<sup>3</sup> Alle Zitate stammen aus der Fokusgruppe vom 8. November 2021

<sup>4</sup> Interview mit einem Experten aus der Landtechnik am 06. Mai 2022

Dokumentation vereinfacht werden. Zudem würde die zeitliche Verzögerung, die mit der Auswertung der Proben im Labor verbunden ist, wegfallen.

Auch in den Experteninterviews wurde eine Erleichterung der Dokumentationspflicht (im Falle einer Zulassung nach Düngerecht) als Chance der NIRS-Technologie genannt<sup>5</sup>.

Von den befragten Nutzern wird auch angegeben, dass der NIRS-Sensor die Dokumentation für landwirtschaftliche Verbände erleichtern könnte. Bio-Verbände verlangen von den Betrieben Nachweise dafür, dass sie die Richtlinien des Verbandes einhalten. Mit dem NIRS-Sensor könnten die Betriebe diese Nachweise liefern und zeigen, welche Stoffe in welcher Menge ausgebracht wurden.

### **Potenzial zu Umwelt- und Ressourcenschonung**

Durch die effizientere Nutzung von Wirtschaftsdünger und die damit erzielte Mitteleinsparung sind positive Umwelteffekte zu erwarten. Dies betonen die befragten Landwirte und Lohnunternehmer in der Fokusgruppen-Diskussion. So könnte unter anderem die Nitrat-Belastung des Grundwassers verringert werden.

### **Verbesserte gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft**

Durch optimierte Gülleausbringung und deren Nachweis gegenüber der Düngbehörde erhoffen sich die Landwirte, dass ihre Anstrengungen zur Einhaltung der Umweltauflagen von einer breiteren Öffentlichkeit positiv wahrgenommen werden. Dies könnte die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft verbessern. Die Fokusgruppenteilnehmer sehen in der Nutzung der digitalen Aufzeichnungen ihres Wirtschaftens eine Chance, mehr Transparenz gegenüber der Bevölkerung herzustellen und so die Wertschätzung ihrer Arbeit zu steigern.

*„Wir wollen plausible Daten erstellen und wir möchten ja besser werden. [...] Und ich denke, dadurch kommt automatisch auch die Akzeptanz der Bevölkerung. Und wenn der Fahrer jetzt von jemandem angesprochen und gefragt wird, ‚was machst du da überhaupt?‘ und er kann sagen, ‚ich bringe hier [...] 50 kg Stickstoff aus‘. Der weiß, was er macht.“*

### **Optimierung hinsichtlich der behördlich vorgegebenen Grenzwerte**

Durch eine genauere Technik zur Ausbringung kann nach Einschätzung der Fokusgruppenteilnehmer möglichst nah an die gesetzlich erlaubten Nährstoff-Mengen herangegangen werden. Darüber hinaus besteht bei einigen Landwirten die Hoffnung, dass durch die Möglichkeit der sehr gezielten Gülleausbringung und einer genauen Aufzeichnung der ausgebrachten Mengen mit Hilfe der NIRS-Technologie der Gesetzgeber überzeugt werden kann, Umweltauflagen (besonders in roten Gebieten) zu lockern und den Landwirten mehr Handlungsspielraum zu gewähren. Die Landwirte würden sich insbesondere eine gesetzliche Regelung wünschen, die die Einhaltung eines gemittelten (Stickstoff-)Grenzwertes über mehrere Jahre erlaubt, statt in jedem Jahr den gleichen Grenzwert vorzugeben. Dies würde eine Anpassung der Düngestrategie an die Witterungsverhältnisse im jeweiligen Jahr ermöglichen.

---

<sup>5</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021; Interview mit einem Experten aus dem Bereich Landtechnik am 06. September 2021

## 5.2 Defizite und Hemmnisse

Aus Sicht der Nutzer bestehen allerdings (noch) eine Reihe von Defiziten und Hemmnissen beim Einsatz der NIRS-Technologie.

### Ungenauere Messergebnisse

Als ein zentrales Defizit des Sensors, welches die Etablierung hemmt, werden die bisher noch ungenauen Messergebnisse genannt. Sowohl die befragten Landwirte als auch die befragten Experten aus der Wissenschaft und dem Landtechnik-Sektor kritisieren, dass die Sensoren nicht in jedem Fall exakte Ergebnisse liefern. Es wird berichtet, dass es im Rahmen der Anwendung des NIRS-Sensors teilweise zu erheblichen Schwankungen der Sensormesswerte kam. Auch wichen in durchgeführten Versuchen die Ergebnisse des NIRS-Sensors von den durch die LUFA<sup>6</sup> ermittelten Werten ab. Inwieweit den Messwerten vertraut werden kann bzw. wie die Messgenauigkeit in der Praxis sichergestellt werden kann, ist aus Sicht der teilnehmenden Landwirte und Lohnunternehmer daher eine zentrale Aufgabe bei der weiteren Entwicklung der Technologie.

*„Da ist eben nach wie vor ein Problem mit der Messtechnik. Und es sind auch aktuell Versuche gemacht worden und allein schon zwei unterschiedliche NIRS-Sensoren, die arbeiten sehr unterschiedlich. [...] Es kamen schon ziemlich unterschiedliche Ergebnisse dabei heraus. Also erst müssen die Werte stimmen, ab dann sind auch die Landwirte sicherlich bereit damit mehr zu machen.“*

*„Das Problem beim NIRS-Sensor ist einfach, dass die NIRS-Datenbank aus Bildern besteht. Und ich muss halt hoffen, dass ein entsprechendes Bild zu meiner Gülle, die gerade da ist, in der Datenbank vorhanden ist. [...] Ich glaube, bis wir da wirklich genaue Werte wie eine LUFA oder ein anderes Labor hinkriegen, da wird noch einige Zeit ins Land gehen.“*

Auf die Problematik der ungenauen bzw. schwankenden Messwerte wird auch seitens der interviewten Experten hingewiesen<sup>7</sup>.

### Fehlen einer herstellerübergreifenden Datenbank

Da die Nahinfrarot-Spektroskopie ein indirektes Verfahren zur Messung der Gülle-Nährstoffgehalte ist, hängt die erreichbare Messgenauigkeit besonders von einer passgenauen Kalibrierung ab<sup>8</sup>. Zur Verbesserung dieser werden wiederum möglichst große Datenbanken (für verschiedene Güllearten) benötigt.

Aus Sicht der Diskussionsteilnehmer ist die mangelnde Kooperationsbereitschaft der unterschiedlichen Landmaschinenhersteller für den Ausbau und die Verbesserung der Datenbanken ein zentrales Hindernis. Diese seien meist nicht bereit, ihre Daten miteinander zu teilen.

*„Wir haben viele unterschiedliche Hersteller – ob es MUT ist, ob es John Deere ist oder wie sie alle heißen. Die wollen natürlich auch ihre Daten nicht miteinander teilen. [...] Und ich sage mal, wenn wir das nicht hinkriegen, dass wir sowohl deutschlandweit als auch herstellerübergreifend versuchen, eine*

---

<sup>6</sup> LUFA: Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt

<sup>7</sup> Interview mit einer Mitarbeiterin der Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022; Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021

<sup>8</sup> Kalibrierung: Laborbestimmung des Verhältnisses der spektroskopischen Eigenschaften zum Nährstoffgehalt

*Datenbank hinzukriegen, dann werden wir dieses Thema NIRS-Sensorik [...] nicht als gesetzliche Grundlage bekommen.“*

### **Investitionskosten**

Von den Teilnehmern der Fokusgruppe wird angemerkt, dass die Investitionskosten für den Sensor zum jetzigen Stand sehr hoch sind. Dieser Aspekt wird als Hemmnis wahrgenommen.

In der Diskussion wurde auch deutlich, dass ein Mangel an Informationen darüber besteht, wann – für welche Betriebe und welche Anwendungsbereiche – sich die Anschaffung der Technik lohnt. Hier gibt es einen Bedarf nach klaren Kosten-Nutzen-Rechnungen für verschiedene Anwendungsfälle, damit für den Landwirt bzw. den Lohnunternehmer ersichtlich wird, unter welchen Bedingungen sich eine Investition rechnet.

Von Seiten der Befragten wurde die Vermutung geäußert, dass in Zukunft Skalierungseffekte eintreten und somit die Kosten des Sensors sinken werden. Durch eine solche Verringerung der Kosten wäre zukünftig eine Investition in die Technik NIRS auch für mittlere und kleiner Betriebe rentabel.

### **Mangelnde Kompatibilität**

Die Befragten kritisieren die fehlende Kompatibilität der NIRS-Technologie zu anderen Systemen. Ein erhebliches Hindernis in der Anwendung sei das Fehlen von Hardware- sowie Software-Schnittstellen. Ein Güllefass mit NIRS-Sensor kann unter Umständen nicht vom Traktor-Terminal erkannt werden, da nicht alle Hersteller eine ISOBUS-Schnittstelle vorsehen. Daten unterschiedlicher Maschinen oder Sensoren liegen teilweise in unterschiedlichen Dateiformaten vor und können nicht ohne Weiteres zusammengeführt werden.

Des Weiteren könne ein einmal angeschaffter NIRS-Sensor aufgrund der Schnittstellenproblematik meist nicht auf verschiedenen Maschinen (Häcksler, Güllefass etc.) für verschiedene Anwendungen genutzt werden. Für Betriebe und Lohnunternehmen, in denen der NIRS-Sensor in mehreren Bereichen eingesetzt werden soll, stellt dies einen Nachteil dar.

### **Mangelnde Klarheit hinsichtlich der rechtlichen/politischen Rahmenbedingungen**

Die Unsicherheit hinsichtlich der Entwicklung der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen wird von einigen Befragten ebenfalls als hemmender Aspekt wahrgenommen. Die Käufer des Sensors können sich nicht sicher sein, wie sich die Rahmenbedingungen in Zukunft entwickeln werden<sup>9</sup>.

## **5.3 Nutzeranforderungen an den Einsatz der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel**

Aus der Fokusgruppe sowie den Interviews können folgende Anforderungen identifiziert werden, die die Nutzer an die NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel stellen.

---

<sup>9</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021; Interview mit einer Mitarbeiterin der Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022

## Ökonomischer Nutzen

Gemessen an den vergleichsweise hohen Investitionskosten kann der Nutzen der NIRS-Technologie – vor allem bei mittleren und kleineren Betrieben – eher fraglich sein. Neben der Anschaffung sind ebenso die Servicekosten durch spezialisierte Servicetechniker, (laufende) Kosten für Software sowie der zusätzliche Aufwand für vor- und nachbereitende Tätigkeiten der Datenverarbeitung mit einzurechnen. Investitionskosten könnten gesenkt werden, wenn Güllefässer, die bisher im Gebrauch sind, mit NIRS-Sensoren aufgerüstet werden können. Um eine Basis für die Entscheidungsfindung zu schaffen und Landwirten und Lohnunternehmen den ökonomischen Nutzen zu demonstrieren, sind aus Sicht der Befragten ökonomische Analysen und Modellrechnungen erforderlich. Mit solchen Analysen könnte deutlich gemacht werden, unter welchen Bedingungen sich eine Investition rechnet.

*„Also müssen wir uns ganz klar fragen: Wo ist das Einsatzgebiet von dem Gerät? Kriege ich eine Kosten-Nutzen-Rechnung hin und werde ich dadurch in meinem ackerbaulichen Verfahren besser?“*

Vor dem Hintergrund vergleichsweise hoher Investitionskosten könnten auch Subventionsprogramme und andere finanzielle Anreizstrukturen sinnvoll sein, um Betriebe beim Kauf des Sensors zu unterstützen und so einen effizienteren Düngemiteleinsatz zu fördern<sup>10 11</sup>.

Für kleinere Betriebe wäre die Anschaffung eines Hightech-Güllefasses wahrscheinlich nicht wirtschaftlich sinnvoll. Das wahrscheinliche Szenario für kleinere Betriebe ist es, dass der Einsatz von NIRS-Sensorik zur Düngemittelausbringung als Dienstleistung von Lohnunternehmen eingekauft wird. Lohnunternehmen können in die Technik investieren und die Kosten auf die Auftraggeber verteilen, so dass sich die Investitionskosten schneller amortisieren.

*„Das ist ja eigentlich auch der Sinn und Zweck des Lohnunternehmens, dass wir in Technik investieren und die Kosten auf alle beteiligten Landwirte verteilen können, um dann auch das Gerät/ die Maschine/ den Sensor rentabel zu machen.“*

Dies setzt allerdings voraus, dass die Landwirte auch bereit sind für die zusätzliche Leistung bei der Gülleausbringung einen entsprechend höheren Preis zu zahlen.

## Verbesserung der Messgenauigkeit

Aus Sicht der Fokusgruppenteilnehmer ist für die weitere Entwicklung der Technologie vor allem die Verbesserung der Messgenauigkeit des NIRS-Sensors notwendig. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Kalibrierung.

Hinsichtlich der Verbesserung der Datenbanken für die Kalibrierung erwarten die befragten Landwirte und Lohnunternehmer mehr Engagement von den Herstellerfirmen in der (häufigeren) Aktualisierung der Kalibrierungsdaten. Da sich die Nährstoffgehalte der Gülle je nach verwendetem Futtermittel unterscheiden und in verschiedenen Jahren sowie auch innerhalb eines Jahres schwanken, müssten die Hersteller passgenauere und häufigere Updates zur Verfügung stellen.

*„Da müssen die Hersteller auch weiter dran arbeiten, da deutlich schneller zu sein und öfter ein Update zu fahren und nicht nur einmal im Jahr die Werte vom letzten Jahr einzuspielen.“*

<sup>10</sup> Interview mit einem Lohnunternehmer am 21. August 2021

<sup>11</sup> Interview mit einem Landwirt am 16. November 2021

Ein zentraler Schritt zur Verbesserung der Datenbanken und damit der Datengenauigkeit wäre aus Sicht der Landwirte und Lohnunternehmer ein herstellerübergreifender Datenpool. Ziel wäre es, eine deutschlandweite, herstellerübergreifende Datenbank aufzubauen.

*„Der Weg kann nur dahin gehen, dass es [...] herstellerübergreifend eine Datenbank gibt, die für die Grunddaten der NIRS-Sensoren zur Verfügung steht.“*

Von verschiedenen Teilnehmern wurde betont, dass aus ihrer Sicht die Politik klare Vorgaben machen müsste, um die Einrichtung einer solchen übergreifenden Datenbank zu forcieren.

*„Ich wollte hinzufügen, dass ich die zentrale Datenbank nicht dem Hersteller freistellen würde, sondern ich würde das schon auf politischer Ebene sehen und dann mit dem Argument: ‚Ihr möchtet gerne eine Zertifizierung haben oder eine Anerkennung, dann bitte nutzt die allgemeine Datenbank‘.“*

In einigen Experteninterviews wurde betont, dass es dabei eine Kontrollfunktion durch unabhängige Stellen geben müsse. In einem Gespräch wurde eine Art „NIRS-TÜV“ vorgeschlagen, um die Verlässlichkeit der Messungen von neutraler Seite zu prüfen<sup>12</sup>. Ein weiterer Experte äußerte die Ansicht, dass eine übergreifende Datenbank in staatlicher Hand liegen müsse und nicht in der Hand der Hersteller, um eine Monopolstellung zu vermeiden und eine unabhängige Kontrolle zu gewährleisten<sup>13</sup> (siehe auch Kapitel 5.5).

Handlungsbedarf wird darüber hinaus im Bereich der Forschung gesehen. Die Durchführung von fundierten Forschungsprojekten, um Erkenntnisse zu Zuverlässigkeit und Genauigkeit des NIRS-Sensors zu gewinnen und diese zu verbessern, könnte einen Schub zur Weiterentwicklung geben<sup>14</sup>.

### **Bundesweite Anerkennung des NIRS-Verfahrens zur Dokumentation nach Düngerecht**

Was die NIRS-Technologie entscheidend voranbringen könnte, wäre die Anerkennung dieser Sensorik aus regulatorischer Sicht für die Dokumentation der Nährstoffausbringung – so die Einschätzung verschiedener Teilnehmer der Fokusgruppe. Der NIRS-Sensor ist derzeit in den meisten Bundesländern nicht zur Dokumentation der ausgebrachten Inhaltsstoffe zugelassen. Wenn das Verfahren in allen Bundesländern anerkannt würde, wäre das Marktpotenzial, das heute schon vorhanden ist, deutlich ausweitbar.

### **Vielseitigkeit bei der Nutzung der NIRS-Technologie**

Die Nutzung der NIRS-Technologie wäre für die Befragten dann besonders interessant, wenn der Sensor auf verschiedenen Maschinen (Güllefass, Häcksler etc.) für verschiedene Anwendungen genutzt werden könnte. Hierfür müssten entsprechende Schnittstellen geschaffen werden, die es ermöglichen, Systeme verschiedener Hersteller miteinander zu verbinden.

### **Einfache Bedienbarkeit und Zuverlässigkeit**

Die befragten Landwirte und Lohnunternehmer wünschen sich ein System, das einfach zu bedienen ist und möglichst wenig Aufwand für zusätzliche Qualifizierung erfordert. Weiterhin wird erwartet, dass

---

<sup>12</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021

<sup>13</sup> Interview mit einem Experten aus dem Bereich Landtechnik am 06. Mai 2022

<sup>14</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021, Interview mit einer Mitarbeiterin der Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022



der Sensor zuverlässig und mit wenig Wartungsaufwand funktioniert. Im Störfall ist aus Sicht der Befragten v.a. ein guter Herstellerservice essentiell, der schnell und kundenorientiert agiert.

Im Störfall sollte ein Warnsystem des Sensors den Anwender frühzeitig benachrichtigen, vor allem wenn diese Störung zu ungenauen Messergebnissen führen könnte. Dieser Aspekt ist zentral, da falsche Messungen dazu führen können, dass zu viel oder zu wenig Düngemittel ausgebracht wird.

*„In meinen Augen muss auch irgendwie ein System geschaffen werden – vor allen Dingen wenn eine Verlässlichkeit nachher daraus entstehen soll – dass irgendwo eine Warnung aufplopt: ‚Achtung, hier kommen keine Daten mehr an, obwohl das Fass oder das Gespann noch läuft‘.“*

### **Datenschutz und Datensicherheit**

Wichtig ist bei der Anwendung der NIRS-Technologie die Beachtung der Datenhoheit des Landwirts durch den Technikhersteller, so dass die Daten nicht „fremdgenutzt“ werden. Der Landwirt muss selbst entscheiden können, an wen er die ermittelten Daten weiterleitet – dies wurde in der Fokusgruppe deutlich.

Die Daten müssen bzw. können über verschiedene Kanäle, Plattformen und Schnittstellen transportiert, prozessiert und umgewandelt werden. Bei all diesen Schritten können Daten über Dritte (zwischen-)gespeichert und ausgelesen werden. Dienstleister sind nach geltendem Recht verpflichtet, die Daten nur im Rahmen eines Auftrags zu nutzen – zum Beispiel eine Applikationskarte aus den erhobenen Daten zu erstellen. Dabei sind oft mehrere Akteure in unterschiedlichen Konstellationen involviert: Landmaschinenhersteller, Maschinenring, Lohndienstleister, Cloudbetreiber etc. Hier sind den Landwirten Regelungen dazu wichtig, was mit den aufbereiteten Daten geschehen kann und darf.

### **Höhere Qualifikationen bei Anwendern**

In verschiedenen Experteninterviews kam zudem das Thema der höheren Qualifikationsanforderungen zur Sprache. Es können zusätzliche Arbeitszeitaufwände durch vor- und nachbereitende Tätigkeiten der Datenverarbeitung entstehen. Ebenso müssen regelmäßige Prüfungen und Kalibrierungen des NIRS-Sensors vorgenommen werden. Um die Prozesssicherheit zu gewährleisten, muss seitens des Personals der richtige Umgang mit der Technik eingeübt sein, um die Ergebnisse richtig einschätzen zu können. Um die durch den Sensor erhobenen Daten zu verstehen, sie interpretieren zu können und auf dieser Basis Entscheidungen treffen zu können, bedarf es gewisser Fähigkeiten und Kenntnisse. In den Experteninterviews wurde betont, dass dieser gestiegene Anspruch an die Qualifikationen der Anwender eine Herausforderung darstellt<sup>15</sup>. Dies ist relevant, weil es unter Umständen zu einer systemischen Fehlinterpretation der Daten durch fehlerhafte Software kommen kann. Ist dies der Fall, so entsteht eine Diskrepanz zwischen tatsächlich ausgebrachter und im System dokumentierter Nährstoffmenge. Schulungen und zur Verfügung stehende Handbücher wären hier erste Lösungsansätze. Eine weitere Herausforderung besteht im oft noch fehlenden Know-how im Umgang mit Kalibrierungsdaten, beispielsweise hinsichtlich des Rhythmus, wann und wie oft diese zurückgesetzt und wie oft diese mit anderen Daten komplementiert werden müssen.

---

<sup>15</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 9. September 2021; Interview mit einer Mitarbeiterin einer Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022

## 5.4 Einsatzbereiche für die NIRS-Technologie

### Einsatz bei verschiedenen Güllearten

In der Fokusgruppe zur NIRS-Technologie kommt eindeutig zum Ausdruck, dass die Teilnehmer die Gülleart als einen zentralen Faktor bezüglich der Einsatzmöglichkeit der Technologie einordnen. Die Landwirte und Lohnunternehmer unterscheiden zwischen homogener Gülle (homogene Konsistenz sowie homogene Verteilung der Nährstoffe), wie sie beispielsweise bei Biogasanlagen anfällt und inhomogener Gülle (wenig Durchmischung, inhomogene Konsistenz sowie stark schwankende Verteilung der Nährstoffe). Inhomogene Gülle fällt beispielsweise in Schweinemastbetrieben bei Ställen mit Wechselschiebersystem oder bei Betrieben mit Rinderhaltung an.

Bei homogener Gülle wird es nach Einschätzung der Lohnunternehmer und Landwirte auch in Zukunft wirtschaftlicher sein, eine Gülleprobe zu ziehen und an ein Labor zu schicken, da das Labor die genaueren Werte liefert und der Nährstoffgehalt der Probe für die gesamte Güllemenge aussagekräftig sei. Im Falle von inhomogener Gülle mit schwankender Nährstoffverteilung (innerhalb des Güllefasses bzw. im Vergleich der Fässer) sehen die Diskussionsteilnehmer einen Mehrwert in der Anwendung der NIRS-Technologie, da schwankende Nährstoffgehalte erfasst und so die auszubringenden Nährstoffmengen genauer gesteuert werden können.

### Anwendungsfälle für den NIRS-Sensor zur Inhaltsstoffmessung

Der NIRS-Sensor am Güllefass zur Feststellung der Inhaltsstoffe des Wirtschaftsdüngers kann nach Aussage einer Expertin<sup>16</sup> auf verschiedene Weisen genutzt werden. Neben der Nutzung des Sensors bei der Ausbringung von Gülle auf dem Feld, wäre auch vorstellbar, dass der Sensor bei der Entnahme von Gülle (etwa aus einem Güllelager) genutzt wird. In diesem Anwendungsszenario würde der Sensor während des Abpumpprozesses die Inhaltsstoffe der Gülle messen. So könnten etwa beim Verkauf von Gülle Nachweise darüber geliefert werden, welche Inhaltsstoffe die Gülle aufweist. Eine solche Waren-deklaration wäre genauer als eine Feststellung von Inhaltsstoffen über Standardwerte.

### Interesse der Betriebe

Das Interesse am Einsatz der NIRS-Technologie für eine zielgerichtete Düngemittelausbringung ist nach Einschätzung der Diskussionsteilnehmer sowohl bei großen als auch bei kleinen landwirtschaftlichen Betrieben vorhanden. Da sich für kleinere Betriebe die Investition in ein Güllefass mit NIRS-Sensor vermutlich nicht rechnet, sei für sie v.a. die Inanspruchnahme einer entsprechenden Dienstleistung eines Lohnunternehmers attraktiv.

## 5.5 Risiken bei der Anwendung der NIRS-Technologie

### Verlust von Laborkapazitäten und unabhängigen Kontrollen

Bei einem breiten Einsatz der NIRS-Technologie wird von Seiten eines Experten die Gefahr gesehen, dass staatlich zertifizierte Labore an Bedeutung verlieren bzw. dass Laborkapazitäten abgebaut werden könnten<sup>17</sup>. Das Risiko bestehe insbesondere dann, wenn NIRS-Sensoren zur Dokumentation der

<sup>16</sup> Interview mit einer Mitarbeiterin einer Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022

<sup>17</sup> Interview mit einem Experten aus dem Bereich Landtechnik am 06. Mai 2022

Inhaltsstoffe nach Düngerecht flächendeckend zugelassen würden, da hierdurch aufwendige Laborproben überflüssig wären. Aus Expertensicht sollte der Betrieb der bestehenden zertifizierten Labore unbedingt aufrechterhalten werden. Zum einen sind Laboruntersuchungen erforderlich, um die Messgenauigkeit der NIRS-Sensoren zu überprüfen und die Kalibrationsmodelle der Sensoren zu verbessern. Zum anderen sei ein unabhängiges Laborwesen notwendig, damit Informationen und Daten zum Sensor sowie zu den auf den Feldern ausgebrachten Inhaltsstoffen nicht allein in den Händen der Hersteller liegen und die staatliche Kontrollfunktion gewahrt wird.

### **„Blindes Vertrauen“ in die Technik**

Ein weiteres Risiko, welches mit einer breiteren Etablierung der Sensoren verbunden sein könnte, besteht darin, dass die Nutzer ein „blindes Vertrauen“ in die Technologie entwickeln könnten<sup>18</sup>. In verschiedenen Interviews sowie in der Fokusgruppe wurde deutlich, dass die Nutzung des Sensors mit gewissen Qualifikationen verbunden sein sollte, die den Anwender in die Lage versetzen, die Ergebnisse und Daten der Sensormessung kritisch zu hinterfragen<sup>19</sup>. Ohne eine Kontrolle der Sensorergebnisse und möglicherweise eine Korrektur der Daten und der Ausbringung durch den Anwender, könnten die Sensordaten (und letztendlich die Sensorhersteller) einen enormen Einfluss auf die Ausbringung von Inhaltsstoffen auf den Feldern erlangen.

## **6 Einschätzungen zur zukünftigen Verbreitung der Technologie**

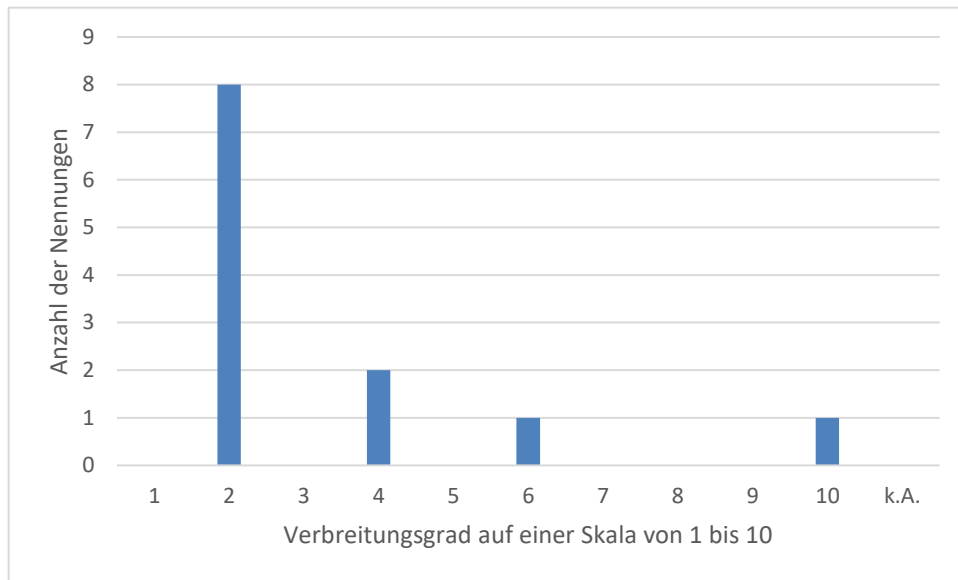
Um die zukünftige Verbreitung der NIRS-Technologie am Güllefass einschätzen zu können, wurden die (potentiellen) Nutzer zu ihrer Einschätzung hinsichtlich der Etablierung befragt. Die Gesprächspartner wurden gebeten, die Verbreitung der Technologie NIRS-Sensor am Güllefass in fünf bzw. in zehn Jahren einzuschätzen (auf einer Skala von 1 = „sehr gering verbreitet“ bis 10 = „sehr weit verbreitet“). Die Einschätzungen gehen bei den befragten Nutzern auseinander, wie den folgenden Abbildungen zu entnehmen ist. So liegt der angenommene Verbreitungsgrad in fünf Jahren zwischen 2 und 6, mit einer abweichenden Einschätzung, die von einem Verbreitungsgrad von 10 ausgeht (Mittelwert 3,3). In zehn Jahren rechnen die meisten Befragten mit einer stärkeren Verbreitung des NIRS-Sensors am Güllefass (Mittelwert 7).

---

<sup>18</sup> Interview mit einem Experten aus der Wissenschaft am 09. September 2021

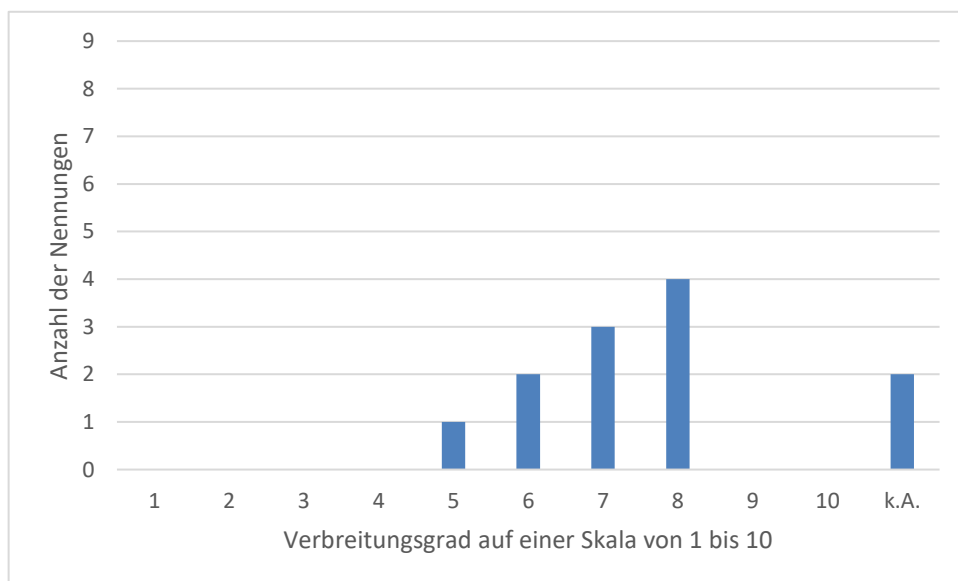
<sup>19</sup> Fokusgruppe; Interview mit einer Mitarbeiterin einer Landwirtschaftskammer am 16. Februar 2022

Abbildung 2: Einschätzungen zur Verbreitung des NIRS-Sensors in fünf Jahren



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3: Einschätzungen zur Verbreitung des NIRS-Sensors in zehn Jahren



Quelle: eigene Darstellung

## 7 Fazit

Aus den Befragungen und Diskussionen mit Landwirten, Lohnunternehmern und weiteren Praxisakteuren lässt sich ableiten, dass die Vorteile der NIRS-Technologie vor allem in der Echtzeit-Messung der Gülle bezüglich ihrer Inhaltsstoffe gesehen werden sowie in der Möglichkeit, die Werte des gesamten Materials zu erfassen. So entsteht ein Informationsgewinn über verfügbare und ausgebrachte

Inhaltsstoffe. Dies erlaubt eine effektivere Verteilung der nutzbaren Nährstoffmengen im Acker und eine bessere Passung zwischen dem festgestellten Nährstoffbedarf des Bodens und dem ausgebrachten Düngemittel. In dieser Hinsicht versprechen sich die befragten Landwirte auch wirtschaftliche Vorteile. Zum einen können hierdurch Düngemittel eingespart werden, zum anderen kann eine optimierte Pflanzenversorgung zu einer besseren Entwicklung der Bestände führen. Ökologische Vorteile bestehen aus Sicht der befragten Praxisakteure vor allem darin, dass bei einer gezielten Ausbringung der Nährstoffe die Belastung von Böden, des Grundwassers und angrenzender Gewässer reduziert werden kann. Eine zentrale Hoffnung, die die Befragten mit dem NIRS-Sensor verbinden, ist, dass dieser in Zukunft den Dokumentationsprozess erleichtern könnte, wenn die Sensorprotokolle bundesweit als Dokumentationsnachweise zugelassen würden.

Landwirte und Lohnunternehmer sehen noch Entwicklungsbedarf, um die Technologie erfolgreich nutzen zu können. Als ein zentrales Defizit des Sensors, das seine Etablierung hemmt, werden die bisher in einigen Bereichen noch ungenauen Messwerte bzw. die Qualität der Messwerte genannt. In diesem Zusammenhang wird auch die fehlende Kooperationsbereitschaft der Hersteller für den Aufbau einer herstellerübergreifenden Datenbank zur Verbesserung der Kalibrierung als Hemmnis wahrgenommen. Des Weiteren wird von den befragten Praxisakteuren angemerkt, dass die Investitionskosten für den Sensor zum jetzigen Stand – insbesondere für kleinere und mittlere – Betriebe zu hoch sind. Auch die mangelnde Kompatibilität der NIRS-Sensoren zu anderen technischen Systemen stellt ein Hemmnis dar. Genannt wurde hier das Fehlen von Hardware- sowie Software-Schnittstellen, insbesondere bei Geräten verschiedener Hersteller.

Voraussetzung dafür, dass die NIRS-Technologie in der landwirtschaftlichen Praxis eine weitere Verbreitung finden kann, ist der ökonomische Nutzen für die Betriebe. Um eine Basis für die Entscheidungsfindung zu schaffen und Landwirten und Lohnunternehmern den ökonomischen Nutzen zu demonstrieren, sind aus Sicht der Befragten ökonomische Analysen und Modellrechnungen erforderlich. Diese Modellrechnungen sollten aufzeigen, für welche Anwendungsbereiche und welche Betriebe die NIRS-Technologie rentabel eingesetzt werden kann.

Für die weitere Entwicklung der Technologie ist vor allem die Verbesserung der Messgenauigkeit des NIRS-Sensors notwendig. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Optimierung der Datenbanken, die der Kalibrierung zugrunde liegen. Ein wichtiger Schritt wäre der Aufbau einer deutschlandweiten, herstellerübergreifenden Datenbank – so das Ergebnis der Befragungen. Eine solche übergreifende Datenbank sollte dabei in staatlicher Hand liegen, um einen übermäßigen Einfluss der Hersteller zu vermeiden und eine unabhängige Kontrolle zu gewährleisten. In den Diskussionen und Befragungen wurde die Ansicht geäußert, dass die NIRS-Technologie entscheidend vorgebracht werden könnte, wenn eine Anerkennung dieser Sensorik für die Dokumentation der Nährstoffausbringung nach der Düngeverordnung erfolgen würde. Wenn das Verfahren in allen Bundesländern anerkannt würde, wäre das Marktpotenzial, das heute schon vorhanden ist, deutlich ausweitbar.

Die befragten Landwirte und Lohnunternehmer wünschen sich ein System, welches einfach zu bedienen ist und möglichst wenig Aufwand hinsichtlich zusätzlicher Qualifizierung erfordert. Weiterhin wird erwartet, dass der Sensor zuverlässig und mit wenig Wartungsaufwand funktioniert. Im Störfall ist aus Sicht der Befragten v.a. ein guter Herstellerservice essenziell, der schnell und kundenorientiert agiert.

In den Interviews wurde auch auf Risiken der NIRS-Technologie hingewiesen. Bei einem breiten Einsatz der NIRS-Technologie wird die Gefahr gesehen, dass staatlich zertifizierte Labore an Bedeutung verlieren bzw. dass Laborkapazitäten abgebaut werden könnten. Ein unabhängiges Laborwesen sei aber notwendig, damit Informationen und Daten zum Sensor sowie zu den auf den Feldern ausgebrachten Inhaltsstoffen nicht allein in den Händen der Hersteller liegen und die staatliche Kontrollfunktion gewahrt wird. Ein weiteres Risiko, welches mit einer breiteren Etablierung der Sensoren verbunden sein könnte, besteht darin, dass die Nutzer ein „blindes Vertrauen“ in die Technologie entwickeln könnten. Ohne eine Kontrolle der Sensorergebnisse und möglicherweise eine Korrektur der Daten und der Ausbringung durch den Anwender, könnten die Sensordaten einen erheblichen Einfluss auf die Ausbringung von Inhaltsstoffen auf den Feldern erlangen. Fehlerhafte Werte könnten dazu führen, dass zu hohe Mengen an Nährstoffen ausgebracht werden. Dem gilt es durch entsprechende Qualifikation entgegenzuwirken.

Bezüglich der zukünftigen Verbreitung der Technologie zeigt sich folgendes Bild: Die meisten Befragten rechnen in den kommenden fünf Jahren mit einer geringen bis mittleren Verbreitung der NIRS-Technologie zur Ausbringung organischer Düngemittel. Die Einschätzung für die nächsten zehn Jahre zeigt ein anderes Bild. Die Befragten vermuten, dass die Technik dann in der landwirtschaftlichen Praxis weit verbreitet sein wird.

## 8 Literatur

- Böhrnsen, A. (2020): Topcon NIRS-Sensor am Biri-Güllefass: NIRS für die Gülle-Ausbringung. TopCon. Online verfügbar unter: [https://www.topconpositioning.com/sites/default/files/dxpr-builder/profi\\_0920\\_topcon\\_einseiten.pdf](https://www.topconpositioning.com/sites/default/files/dxpr-builder/profi_0920_topcon_einseiten.pdf), zuletzt geprüft am 26.09.2022
- Bökle, S.; Reiser, D.; Griepentrog, H. W. (2020): Automatisierte und digitale Dokumentation der Applikation organischer Düngemittel. In: Gandorfer, M.; Meyer-Aurich, A.; Bernhardt, H.; Maidl, F. X.; Fröhlich, G.; Floto, H. (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Referate der 40. GIL-Jahrestagung 17.-18. Februar 2020, Freising. Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) Volume P-299, S. 37 ff.
- Domsch, H.; Schirrmann, M. (2009): Teilflächenspezifische Grunddüngung. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 72. Hg.: Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. Potsdam-Bornim. Online verfügbar unter: [https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/frontdoor/deliver/index/docId/2549/file/BAB\\_Heft\\_72\\_ge.pdf](https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/frontdoor/deliver/index/docId/2549/file/BAB_Heft_72_ge.pdf), zuletzt geprüft am 26.09.2022
- Eurofins Agro (o.J.): NIRS. Was ist das? Online verfügbar unter: <https://cdnmedia.eurofins.com/eurofins-germany/media/1230166/broschuere-nirs.pdf>, zuletzt geprüft am 26.09.2022
- Fichter, K. (2005): Modelle der Nutzerintegration in den Innovationsprozess. Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Verbrauchern in Innovationsprozesse für nachhaltige Produkte und Produktnutzungen in der Internetökonomie. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/publikation/fichter-k-2005-modelle-der-nutzerintegration-den-innovationsprozess-moeglichkeiten-und-grenzen-der-integration-von-verbrauchern-innovationsprozesse-fuer-nachhaltige-produkte-und-produktnut/>, zuletzt geprüft am 04.09.2022.
- Fischer, K. (2020): High-Tech fürs Güllefass? Gülleausbringung. In: agrarheute am 05.02.2020. Online verfügbar unter: <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/guelle-Technik-ausbringung-trend-564596>, zuletzt geprüft am 21.04.2022
- Grunert, M. (2020): NIRS-Inhaltsstoffanalyse. Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger. Stand und düngerechtliche Anforderungen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen. Online verfügbar unter: [https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/NIRS\\_Koellitsch\\_2020\\_09\\_25.pdf](https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/NIRS_Koellitsch_2020_09_25.pdf), zuletzt geprüft am 26.09.2022
- Kläschen, J. (2022): Mit Forschung gegen steigende Düngemittelpreise. Fachhochschule Kiel. Online verfügbar unter: <https://www.fh-kiel.de/campus/berichte-vom-campus-fh-kiel-news/campusleben-fh-kiel-news/blogbeitrag-campusleben/mit-forschung-gegen-steigende-duengerpreise/>, zuletzt geprüft am 26.09.2022
- Lorenz, F.; Blum, B. (o.J.): NIRS-Sensoren auf Güllewagen – praxisreif für die Dokumentation nach Düngerecht?. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Online verfügbar unter: [https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/news/34543\\_NIRS-](https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/news/34543_NIRS-)

Sensoren\_auf\_G%C3%BCllewagen\_%E2%80%93\_praxisreif\_f%C3%BCr\_die\_Dokumentation\_nach\_D%C3%BCngerecht, zuletzt geprüft am 26.09.2022

Masur, F. (2022): Zunhammer im Interview. Gülle-Inhaltsangabe. In: BWagrar am 23.02.2022. Online verfügbar unter: <https://www.bwagrar.de/Aktuelles/Unternehmen/Guelle-Inhaltsangabe,QUIEPTcwOTUxNjYmTUIEPTUyNjE4.html>, zuletzt geprüft am 26.09.2022

m-u-t GmbH (o.J.): Green Tech. NIRS. Warum NIRS-Technik die Landwirtschaft revolutioniert hat. Online verfügbar unter: <https://www.mut-group.com/de/green-tech/agrar-und-umwelttechnik/nirs/>, zuletzt geprüft am 26.09.2022

Pfeiffer, J.; Gabriel, A.; Gandorfer, M. (2021): Klein gegen Groß – Vergleich von klein- und großstrukturierten Agrarregionen beim Einsatz digitaler Technologien. In: A. Meyer-Aurich, M. Gandorfer, C. Hoffmann, C. Weltzien, S. Bellingrath-Kimura und H. Floto (Hg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten: Referate der 41. GIL-Jahrestagung 08.-09. März 2021, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam. Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition. Proceedings, 309), S. 247 ff.

Schlagge, B. (o.J.): Können NIR-Sensoren in der Düngepraxis überzeugen?. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Online verfügbar unter: [https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/38789\\_K%C3%B6nnen\\_NIR-Sensoren\\_in\\_der\\_D%C3%BCngepaxis\\_%C3%BCberzeugen](https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/38789_K%C3%B6nnen_NIR-Sensoren_in_der_D%C3%BCngepaxis_%C3%BCberzeugen), zuletzt geprüft am 26.09.2022

Tastowe, F. (2021): Marktübersicht. Weitere NIRS-Gülle-Sensoren zertifiziert. Topagrar. Online verfügbar unter: <https://www.topagrar.com/technik/news/weitere-nirs-guelle-sensoren-zertifiziert-12483816.html>, zuletzt geprüft am 26.09.2022



[www.izt.de](http://www.izt.de)

---