



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thema

Kosten-Nutzen-Analyse des Einsatzes von NIRS-Technik am Beispiel des Betriebs Burkhard Voss

F&E – Projekt

Im Studiengang Angewandte Nutztier- und Pflanzenwissenschaften (M.Sc.)
an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

vorgelegt von: Frederik Fehrmann

Matrikelnummer: 907590

Ausgabedatum: 27.07.2023

Abgabedatum: 27.01.2024

Erstprüfer: Prof. Dr. Guido Recke

Zweitprüfer: Dr. Tobias Jorissen

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Stand des Wissens.....	3
2.1 Funktionsweise der NIRS-Messung.....	3
2.2 Verschiedene Anbieter von NIRS.....	4
2.3. Standardprobenahme von Wirtschaftsdüngern.....	6
2.4 Aktuelle Erkenntnisse aus Versuchen.....	7
3 MATERIAL UND METHODEN.....	8
3.1 Betriebsstruktur.....	8
3.2 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen.....	8
3.3 Kalkulationsgrundlagen zur Anwendung der NIRS-Technik.....	9
4 Ergebnisse.....	11
4.1 Einordnung der Investitionssumme in den Betrieblichen Kontext.....	11
4.2 Höhere Erträge durch den Einsatz eines NIRS-Sensors.....	16
4.3 Variable Gülleabgabe aufgrund Einsparungen mit dem NIRS-Sensor.....	22
5 Diskussion.....	24
6 Zusammenfassung.....	28
7 Literatur.....	30
8 Anhang.....	32

Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
ca.	circa
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt	Dezitonne
ha	Hektar
K ₂ O	Kaliumoxid
km	Kilometer
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.
kW	Kilowatt
N	Stickstoff
NH ₄	Ammonium
NIRS	Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie
m ³	Kubikmeter
P ₂ O ₅	Phosphor
TS	Trockensubstanz

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Modellhafter, stark vereinfachter Zusammenhang zwischen Analysefehler und Verfahrensschritten bei der NIR-Wirtschaftsdüngeranalytik (LICHTI et al. 2018)	7
Abb. 2: Standort des Versuchsbetriebes südlich von Münster (verändert nach Microsoft Bing 2023).....	8
Abb. 3: Sensitivitätsanalyse der NIRS-Verfahrenskosten in Abhängigkeit schwankender Anschaffungskosten	13
Abb. 4: Break-Even-Point Berechnung Winterweizen	17
Abb. 5: Break-Even-Point von W-Weizen, S-Mais, W-Raps, W-Gerste in % bei 12 Jahren Nutzungsdauer	19
Abb. 6: Break-Even-Point Berechnung nach Hektar aufgrund unterschiedlicher Nutzungsdauern und Ertragssteigerungen	21
Abb. 7: Einsparungspotential bei 25 % geringerer Abgabe durch NIRS-Technik	23

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: DLG-Bewertungsschema für NIRS.....	5
Tab. 2: DLG-Bewertungsschema für NIRS von verschiedenen Herstellern	6
Tab. 3: Verfahrenskosten einer Neuanschaffung eines NIRS-Sensors	11
Tab. 4: Vertikalvergleich Ackerbau Betrieb Burkhard Voss (2016 – 2021) (ESSER 2022)	12
Tab. 5: Verfahrenskosten pro m ³ und pro ha einer Neuanschaffung eines NIRS-Sensors am Beispiel eines Angebotes der Firma Kotte.....	14
Tab. 6: Kosten des NIRS-Sensors pro Kultur bei verschiedenen Nutzungsdauern ..	15
Tab. 7: Kostenanteile der NIRS-Technik in % an den Verfahrenskosten der Kulturen in €/ha für das Jahr 2022 bei 170 ha Berechnungsgrundlage	16
Tab. 8: Break-Even-Point Berechnung Winterweizen und Silomais bei unterschiedlicher Nutzungsdauer	17
Tab. 9: Break-Even-Point Berechnung Winterraps und Wintergerste bei unterschiedlicher Nutzungsdauer	18
Tab. 10: Mehrkosten in € und nötiger Mehrertrag in dt für NIRS-Sensor je ha bei unterschiedlicher Düngemenge und unterschiedlicher Nutzungsdauer	20
Tab. 11: Break-Even-Point-Berechnung für Investition in NIRS-Technik je Hektar und Nutzungsdauer am Beispiel von Winterweizen.....	21
Tab. 12: Break-Even-Point-Berechnung für Investition in NIRS-Technik je Hektar und Nutzungsdauer am Beispiel des Betriebes Burkhard Voß anhand einer Kultur, in der alle Kulturen des Betriebes vereint sind.....	22
Tab. 13: Einsparung durch NIRS-Technik bei 25 % Einsparung durch NIRS und verschiedenen Abgabemengen und Abgabepreisen	23

1 Einleitung

Spektroskopische Schnellverfahren, insbesondere Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS), haben in den letzten Jahren in vielen Bereichen der Laboranalytik Einzug gehalten. Diese können bei ausreichender Genauigkeit in fast allen Bereichen der produzierenden Landwirtschaft zur qualitativen und quantitativen Beurteilung von Ernteproben und der Analyse von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen eingesetzt werden. Um auf landwirtschaftlichen Flächen Dünger ausbringen zu dürfen, müssen eine Reihe an Vorgaben eingehalten werden und Düngemaßnahmen dokumentiert werden. Die Nährstoffgehalte der organischen Dünger werden dabei anhand von Proben ermittelt oder es wird mit Richtwerten gearbeitet. Da jedoch die Nährstoffgehalte in Abhängigkeit von Gülleart, Fütterung und einer mangelnden Homogenität schwanken können, sind neue Techniken gefordert, damit eine abwechselnde Über- und Underdüngung vermieden werden kann (SCHLAGGE 2021).

Ein weiterer Punkt sind die steigenden Kosten bei der Herstellung von Mineraldüngern und der Ausbringung selbst. Es wird zunehmend wichtiger, die vorhandenen Nährstoffe aus der Organik so genau wie möglich auszubringen und zu nutzen und nur noch gezielt mit Mineraldüngern nachzudüngen, damit umweltrelevante Nährstoffüberschüsse der Vergangenheit angehören (LFL o. J.a). Auch die Neuausweisung der „roten Gebiete“ und der damit einhergehenden Reduzierung der Stickstoff(N)-Düngemengen, wird eine wichtige Rolle einnehmen. Die gezielte und bedarfsgerechte Düngung mit organischen Düngemitteln wird somit immer wichtiger. Ein effizientes Düngemanagement ist heute eine zentrale Rolle, um das Ertragspotential der Kulturen bestmöglich ausschöpfen zu können und somit sowohl ökonomisch als auch ökologisch das Maximum zu erreichen (LFL o. J.a).

Die NIRS-Technik ist eine physikalisch-optische Analyseverfahren. Dieses zerstörungsfreie Messverfahren wird neben der Verwendung in der Landwirtschaft in vielen weiteren Gebieten angewendet: Futtermittel- und Lebensmittelherstellung, Prozesskontrolle der Chemie- und Pharmaindustrie, Kunststoffsortierung in der Recyclingbranche. In der Landwirtschaft werden NIRS-Sensoren derzeit auf Feldhäckslern, Futtermischwagen, Mähdreschern, Güllefässern, als stationäre Einheit oder im Stall eingesetzt (LICHTI und THURNER 2018). Zahlreiche NIRS-Sensoren haben inzwischen eine Zertifizierung für fachlich relevante Nährstoffe (Gesamt-N, Ammonium-N und Phosphor). Dennoch stellt sich immer wieder die Frage, wie verlässlich die Sensoren

arbeiten, denn die Schwankungen von Endlager zu Endlager und innerhalb der Regionen sind groß (JORISSEN et al. 2023). Zudem besteht ein Unterschied innerhalb der Tierarten, denn die Gülle haben unterschiedliche Konsistenzen und Inhaltsstoffe, aufgrund von verschiedenen Fütterungs- und Haltungsverfahren (THIESSEN 2021). Zudem sind mit einer Investition in NIRS-Technik und zahlreichen Vorteilen auch Kosten verbunden, welche genauer berechnet und berücksichtigt werden müssen.

Vor diesem Hintergrund soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob eine Investition in NIRS wirtschaftlich ist und die Potentiale der NIRS-Technik ökonomisch genutzt werden können. Beantwortet werden soll diese Fragestellung an einem Praxisbetrieb im Münsterland. Auf dieser Grundlage werden die Vor- und Nachteile des Systems ermittelt und verglichen und das Kosten-Nutzen-Verhältnis geprüft. Im Zuge dessen werden sensitive Parameter ermittelt und Schwellenwerte kalkuliert. Ziel ist es, am Ende dieser Arbeit eine Empfehlung gegeben zu können, ob und in welcher Art eine Anschaffung für den Betrieb sinnvoll ist. Für diese Empfehlung werden betriebliche Daten genutzt und Kosten von unterschiedlichen Herstellern mit einbezogen. Dennoch soll nicht nur ein einzelner Betrieb betrachtet werden, sondern auch generelle Aussagen zum NIRS-Sensor getroffen werden, ob eine Anschaffung pauschal für einen Betrieb mit entsprechender Gülle-Menge und Hektarzahl wirtschaftlich ist.

2 Stand des Wissens

2.1 Funktionsweise der NIRS-Messung

Grundsätzlich beschreibt die NIRS eine optische Analysemethode, welche die Nährstoffkonzentrationen in flüssigen Wirtschaftsdüngern bestimmen soll. Die Sensoren sind dabei an verschiedenen Stellen angebracht, beispielweise an Güllefässern, Befüllstationen, am Tank-Lkw oder anderen Ausbringfahrzeugen. Der Einsatz von NIRS erkennt dabei die Nährstoffe Stickstoff (N), Ammonium (NH_4), Phosphat (P_2O_5) und Kalium (K_2O), sowie die Trockenmasse (TS) in Gewichtsprozent.

Wie in Abb. 1 zu sehen ist, wird das Analysetool an einem Schauglas angebracht und die vorbeifließende Gülle wird mit einer Infrarotlinse im Nahinfrarotbereich beleuchtet. Dabei wird das einfallende Licht teilweise absorbiert und teilweise in verschiedenen Wellenlängen reflektiert, die charakteristisch für die jeweilige Substanz sind (RECKLEBEN und HARTUNG 2015). Diese Bewegungen und Wellen werden im nahen Infrarotbereich von den Detektoren erkannt und verarbeitet. Ein wichtiger Punkt ist jedoch, dass die Schwingungen nicht direkt interpretiert, sondern mit statistischen Modellen ausgewertet werden, da das System die Daten permanent mit hinterlegten Werten an analysierten Nährstoffgehalten verschiedener flüssiger Wirtschaftsdünger vergleicht. Demzufolge müssen vorher Analysen mit gemessenen Gehalten von den verschiedenen Wirtschaftsdüngern wie Schweine-, Rindergülle oder Gärresten erstellt werden (BOCKHOLT 2021).

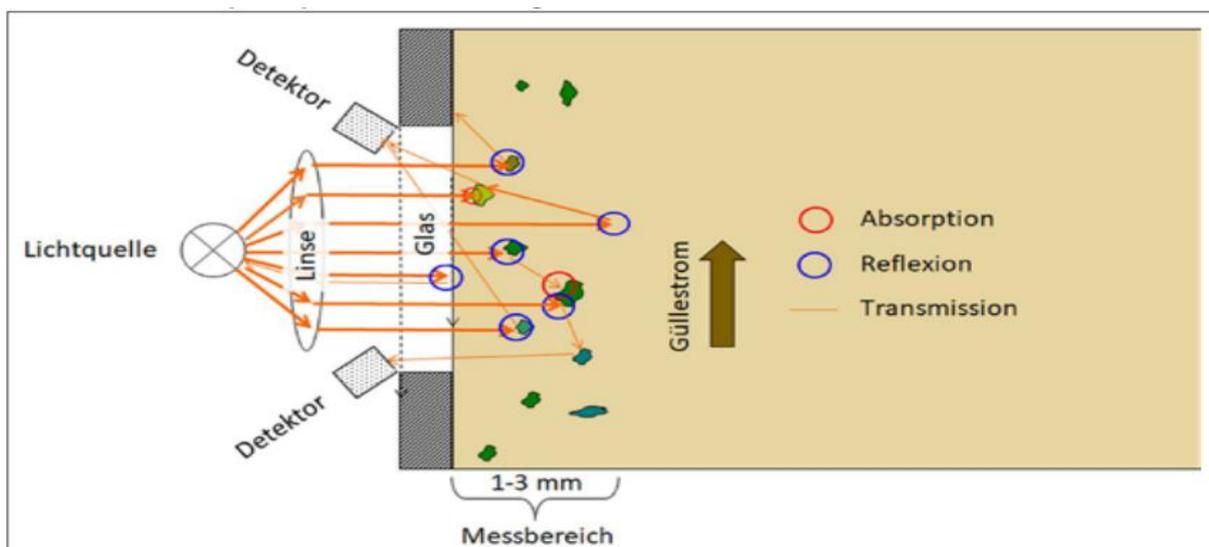


Abb. 1: Funktionsprinzip von NIRS bei Installation an einem Rohr (THIESSEN 2021)

Die im Echtzeitverfahren gemessenen Werte liegen sofort verfügbar digital vor und die Protokolle können direkt für zu Dokumentationszwecken weiterverwertet werden. Die Kenntnis der aktuellen Nährstoffgehalte beim Ausbringen der Gülle erlaubt es zudem, regelnd einzugreifen, sprich in Abhängigkeit vom flächenbezogenen Nährstoffbedarf den Volumenstrom oder die Vorfahrtsgeschwindigkeit zu variieren (Abb. 2). In Kombination mit GNSS-Systemen und Applikationskarten werden somit teilflächenspezifische Nährstoffgaben planbar und realisierbar. Die Sensormessungen sind sogar für eine präzise Dokumentation mittels georeferenzierter Gülleausbringung nutzbar. Wegen der Vielfalt der verschiedenen flüssigen Wirtschaftsdünger ist dies eine große Herausforderung für die Entwickler und Hersteller der Sensortechnik. Die Genauigkeit der Echtzeit-Sensormessungen werden durch eine stetige Verbesserung der Kalibrationsmodelle steigen. Die nasschemische Laboranalyse verliert hierdurch aber nicht an Bedeutung, denn sie ist als Referenzmethode für die Entwicklung von Kalibrationsmodellen und für die Prüfung der Funktionalität von Echtzeit-Sensoren auch in Zukunft unabdingbar (GRIEPENTROG et al. 2021).

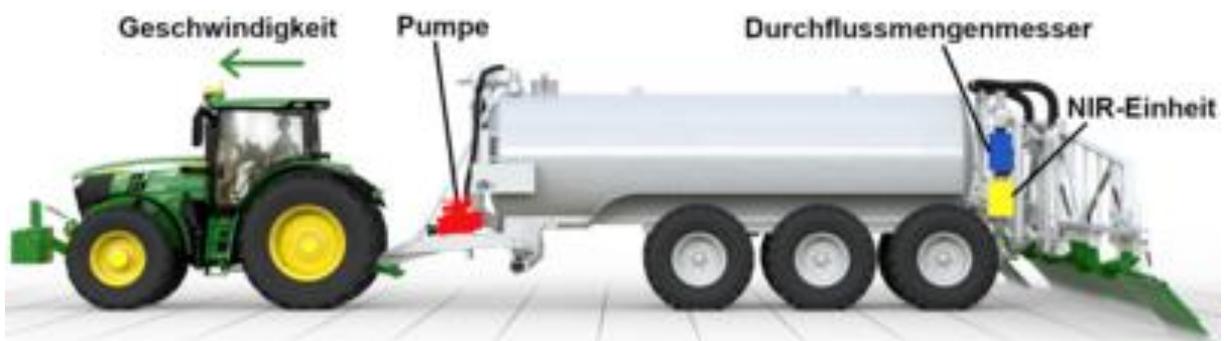


Abb. 2: Regelung der Ausbringung nach einem Nährstoff durch NIRS (Werkbild John Deere bearbeitet nach SCHLAGGE 2021)

2.2 Verschiedene Anbieter von NIRS

Auf dem Markt gibt es verschiedene Anbieter und mehrere NIRS haben eine DLG-Anerkennung erhalten. Darunter zählen beispielsweise der *Van-Control* von Zunhammer, der *NIRS-Sensor* von Kaweco, der *Speedspy* von mut-group und das *HarvestLab* von John Deere (Tab. 2). Wichtig ist zu wissen, dass die Messgenauigkeit von verschiedenen NIRS-Sensoren von den unterschiedlichen Nährstoffen, der Gülleart und den Höhen der Nährstoffgehalte abhängt. Die Zertifizierung durch die DLG wurde daher für N, NH₄, P₂O₅, und K einzeln vergeben. Da zudem Unterschiede zwischen den

Güllearten vorhanden sind, wurde auch die Messgenauigkeit für die Trockensubstanz bei Rinder-, Schweine-, Mischgülle und Gärresten einzeln zertifiziert (RUBENSCHUH und VOLZ 2019).

Im Labor können hingegen auch Schwankungen in den Analysen vorliegen, welche bei bis zu 15 % liegen. Wichtig sind jedoch vorgeschaltete Prozessschritte, welche ordnungsgemäß ablaufen müssen, sodass eine hohe Genauigkeit erreicht wird und die tatsächlich vorhandenen Inhaltsstoffe der Gülle/Gärreste ermittelt werden können (RUBENSCHUH und VOLZ 2019).

Eine Zertifizierung in den jeweiligen Bereichen erfolgt, wenn 3 von 5 Messungen eine maximale Abweichung von 25 % zu einem bestimmten Referenzwert aufweisen und keine Abweichung über 35 % auftritt (Tab. 1). Die höchste Genauigkeit der meisten Systeme wird aktuell für Stickstoff erzielt (RUBENSCHUH und VOLZ 2019).

Tab. 1: DLG-Bewertungsschema für NIRS

++	bestanden, sehr gut	4 von 5 Wertepaaren innerhalb einer Gülleart mit einer rel. Abweichung von $\leq 10\%$ und keine rel. Abweichung $> 20\%$
+	bestanden, gut	4 von 5 Wertepaaren innerhalb einer Gülleart mit einer rel. Abweichung von $\leq 15\%$ und keine rel. Abweichung $> 25\%$
o	bestanden	3 von 5 Wertepaaren innerhalb einer Gülleart mit einer rel. Abweichung von $\leq 25\%$ und keine rel. Abweichung $> 35\%$
-	nicht bestanden	

In Tabelle 2 sind NIRS von unterschiedlichen Herstellern mit jeweiliger Bewertung durch die DLG aufgelistet. Auffällig ist dabei, dass grundsätzlich nicht viele Anbieter am Markt sind, die durch die DLG ausgezeichnet wurden, denn Krone, m-u-t und Assy nutzen den gleichen Sensor, welches am Ergebnis in Tabelle 2 auch zu sehen ist. Auch die Firma Kotte nutzt diesen Sensor seit einiger Zeit (ZURHAKE 2023).

In Tabelle 2 ist zu erkennen, dass alle Sensoren für den Bereich der Schweinegülle für die Erkennung von Gesamt-N eine DLG-Auszeichnung haben, jedoch kein Sensor mit einem „gut“ oder „sehr gut“ abgeschnitten hat. Auch für das Erkennen von NH_4 kann kein Sensor diese Merkmale vorweisen, einige Sensoren haben diesen Test gar nicht bestanden oder es liegen keine Daten vor. Bei Gärresten schneidet der vielfach genutzte Sensor hingegen mit guten Ergebnissen für den Bereich N und NH_4 ab.

Tab. 2: DLG-Bewertungsschema für NIRS von verschiedenen Herstellern

	Schweinegülle				Gärreste				Mischgülle			
	N-Gesamt	NH ₄	P ₂ O ₅	K	N-Gesamt	NH ₄	P ₂ O ₅	K	N-Gesamt	NH ₄	P ₂ O ₅	K
Krone NIR Control V14.3.1	0	0	0	-	+	+	0	-	++	-	0	+
John Deere HarvestLab 3000 LKS 05/18	0	k.A.	0	k.A.	+	0	k.A.	0				
EVO NIR 4.0 mit SW4.6.3.38 910	0	k.A.	k.A.	0	0	k.A.	++	++	0	0	k.A.	0
Assy LMS 20-NIR Sensor V 14.3.1	0	0	0	-	+	+	0	-	++	-	0	+
Signo ID 4.2	0	-	k.A.	0	0	0	k.A.	0				
m-u-t NIR speedspy onboard manure V14.3.1	0	0	0	-	+	+	0	-	++	-	0	+
Kotte NutrientContentLab (NCL) 2.0	0	-	k.A.	0	0	0	k.A.	0				
KAWECO NIR Sensor 6.0.1	0	-	k.A.	0	0	0	k.A.	0				

2.3. Standardprobenahme von Wirtschaftsdüngern

In der Landwirtschaft werden viele Berechnungen weiterhin mit verschiedenen Kennzahlen und Basisdaten berechnet. Diese Zahlen müssen in den vorgeschriebenen Berechnungen verwendet werden, sofern keine eigenen Untersuchungsdaten vorliegen. Es sind aber auch eigene Untersuchungen möglich, in manchen Bereichen werden diese sogar vorgeschrieben. Sollten eigene Proben gezogen werden, kann im Anschluss daran die Düngung genauer und erfolgreicher betriebsindividuell geplant werden (LFL o. J.b).

Die Voraussetzung für ein gutes und belastbares Untersuchungsergebnis ist eine sachgemäße Ziehung der zu untersuchenden Materialprobe, da die gezogene Probe die Basis der Laboranalyse bildet. Werden Fehler bei der Probenziehung gemacht, können diese nicht mehr korrigiert werden und es werden fehlerhafte Berechnungen durchgeführt, sodass es zu einer Über- oder Unterdüngung kommen kann. Fehler, die bei der Probenentnahme gemacht werden, wirken sich demnach direkt auf das Untersuchungsergebnis aus und verfälschen dies maßgeblich. Fehler beim Ziehen, Verpacken, Aufbewahren und Transport der Probe sind unbedingt zu vermeiden (LFL o. J.b).

Die nachfolgende Abb. 1 zeigt, die Vorteile der NIRS-Technik und den Zusammenhang zwischen Analysefehler und Verfahrensschritten bei der NIRS-Wirtschaftsdüngeranalytik. Demnach gibt es einen Analysespielraum für die NIRS-Technik, welcher bei 25 – 35 % liegt. Die meisten Fehler während eines Analyseverfahrens ohne NIRS, treten während der Probenahme auf. In der Abb. beginnen die Abweichungen bei +/- 100 % und werden bis hin zu Analyse immer geringer. Die meisten Fehler treten daher während der Probenahme auf. Da bei Anwendung eines NIRS jedoch keine Probenahme erfolgt, kann der Analysefehler zu Beginn reduziert werden. Dieser Bereich ist rot markiert und betrifft den Bereich der Probenahme. Da bei der Anwendung eines NIRS-

Sensors 25 – 35 % Abweichung möglich sind und keine Probenahme erfolgt, kann davon ausgegangen werden, dass der rot markierte Bereich die Reduzierung der Analysefehler darstellt und die NIRS-Technik daher einen Vorteil darstellt.

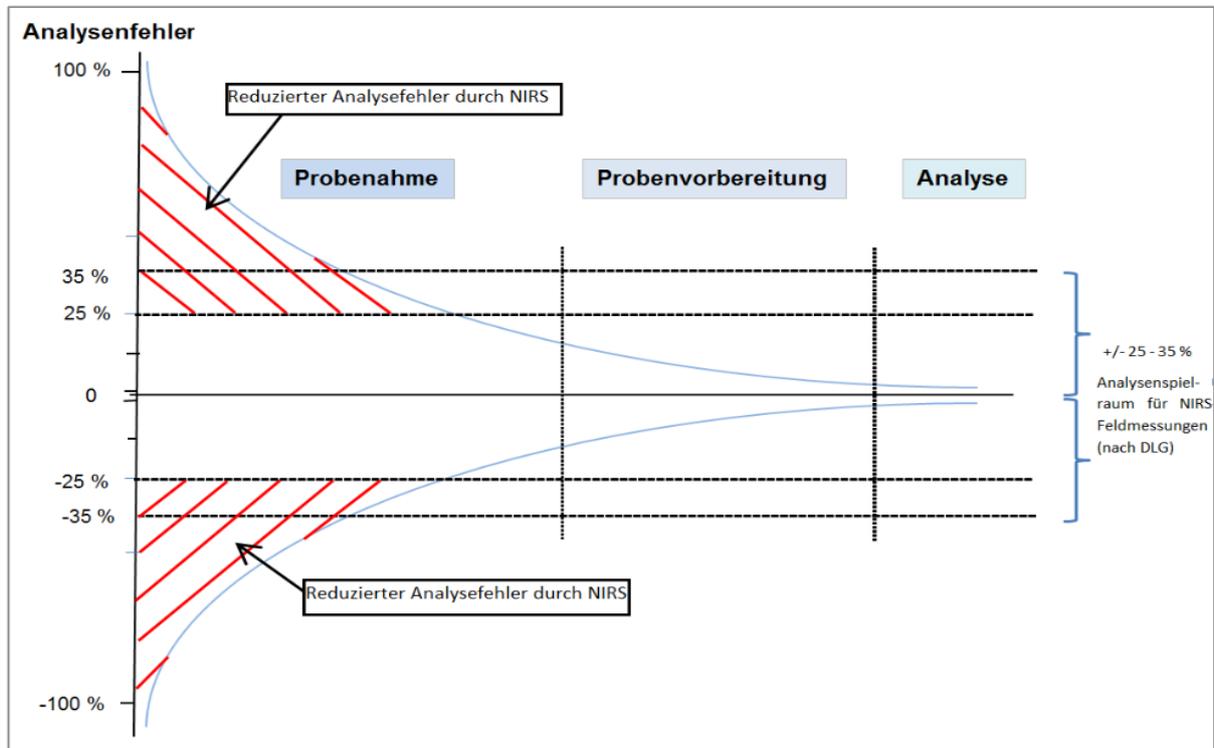


Abb. 1: Modellhafter, stark vereinfachter Zusammenhang zwischen Analysefehler und Verfahrensschritten bei der NIR-Wirtschaftsdüngeranalytik (LICHTI et al. 2018)

2.4 Aktuelle Erkenntnisse aus Versuchen

Nach HUFFELMANN (2021) gibt es aktuelle Ergebnisse aus einem Praxistest auf dem „Haus Düsse“, in welchem untersucht wurde, inwiefern der Ertrag von Winterweizen positiv beeinflusst werden kann, sollte eine gezielte N-Düngung mit Gülle mithilfe von NIRS-Technik durchgeführt werden. Als Basisvariante wurde eine N-Düngung mit einem konstanten Volumenstrom nach m^3 gefahren, berechnet nach einem Schnelltest. In dem Versuch konnte festgestellt werden, dass bei einer Düngung von 66 kg Gesamt-N/ha durch NIRS-Technik, eine Ertragssteigerung von ca. 3% erreicht werden konnte. Eine weitere Variante, die mithilfe von NIRS-Technik exakt 50 kg Ammonium-N/ha auf die Ackerfläche aufbrachte, konnte einen Mehrertrag von 4 – 5 % erzielen. Der höhere Ertrag ist auch durch eine gleichmäßigere Düngung zustande gekommen, da weniger Lagergetreide die Folge war.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Betriebsstruktur

Der Betrieb „Burkhard Voss“, von welchem die Daten genutzt und Berechnungen durchgeführt wurden, liegt ca. 15 km südlich von Münster, nahe des Ortes Rinkerode (Abb. 2). Schwerpunkte auf dem Betrieb sind die Betriebszweige des Ackerbaus und der Tierhaltung. Ackerbaulich werden insgesamt ca. 250 Hektar bewirtschaftet, darunter ca. 45 ha Raps, 40 ha Silomais, 90 ha Winterweizen, 45 ha Wintergerste, 20 ha Winterroggen und 3 ha Lupinen, wobei das Verhältnis der Kulturen jährlich je nach Flächenstrukturierung leicht variiert. 80 % der Ackerflächen befinden sich zudem im nitratbelasteten Gebiet (rote Gebiete). Die Tierhaltung umfasst 230 Zuchtsauen und insgesamt 3700 Schweinemastplätze. Angeschlossen an den Betrieb ist zudem eine Biogasanlage mit 370 kW Leistung, in die Silomais sowie Schweinegülle eingebracht werden.

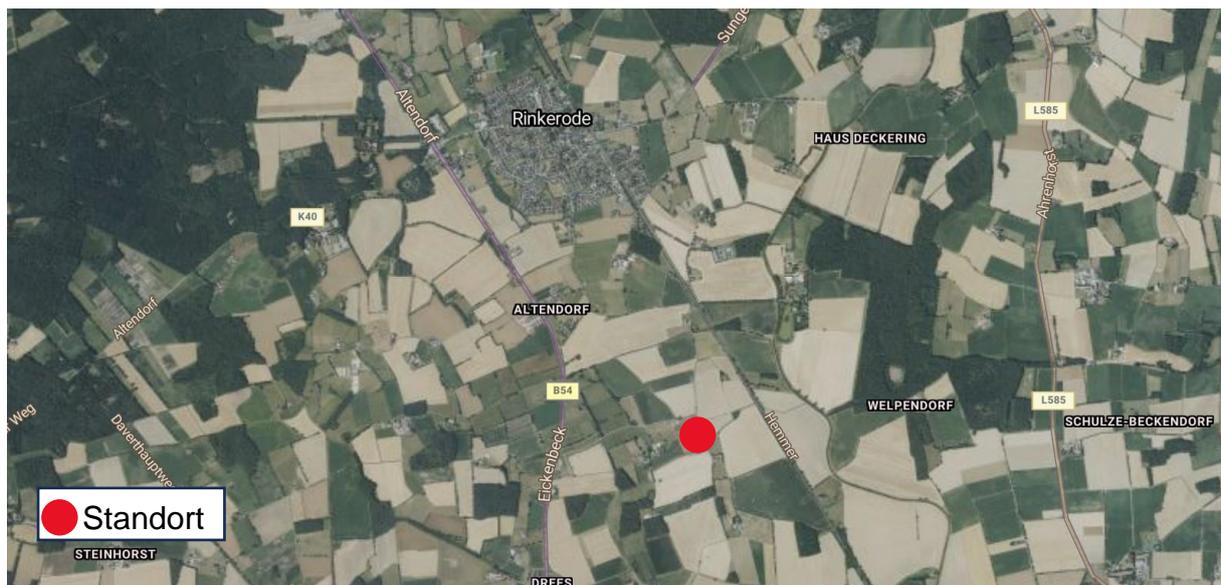


Abb. 2: Standort des Versuchsbetriebes südlich von Münster (verändert nach Microsoft Bing 2023)

Am Standort nahe Münster herrscht das gesamte Jahr über ein humides Klima. Das langjährige Niederschlagsmittel über die Jahre 1981 bis 2010 für die Region liegt bei 763,4 mm. Das langjährige Temperaturmittel für denselben Zeitraum beträgt 10,4 °C (DWD 2023a, DWD 2023b).

3.2 Beschreibung der Berechnungsgrundlagen

Die nachfolgenden Kalkulationen basieren im Wesentlichen auf Experteninterviews und Daten des KTBL (DLG 2023 und KTBL o. J.), mit welcher eine Kosten-Nutzen-

Analyse bezüglich einer Investition in NIRS-Technik an einem Güllefass erstellt wurde. Zuerst werden verschiedene NIRS-Sensoren miteinander verglichen, um einen Eindruck zu gewinnen, wo die Stärken und Schwächen der verschiedenen Varianten liegen und welcher Sensor für die Art der Wirtschaftsdünger auf dem entsprechenden Betrieb sinnvoll wäre.

Zudem werden unterschiedliche Abschreibungszeiten berücksichtigt und Schwellenwerte sowie Break-Even-Point-Berechnungen durchgeführt, um die Möglichkeiten der Wirtschaftlichkeit herauszustellen. In diesem Fall wird auf Grundlage langjähriger Daten des Betriebes bewertet, welche Ertragssteigerungen in Zukunft nötig wären um eine Wirtschaftlichkeit der NIRS-Technik gewährleisten zu können.

Zum anderen wird auf Grundlage der Abgabe von organischen Wirtschaftsdüngern berechnet, wie viel organische Wirtschaftsdünger mithilfe eines NIRS auf dem Betrieb zusätzlich verbleiben und genutzt werden können im Gegensatz zu einer pauschalen Berechnung der Nährstoffe, sodass eine Wirtschaftlichkeit durch eine geringere Abgabe an organischen Wirtschaftsdüngern realisiert werden kann, da bei einer Abgabe von Wirtschaftsdüngern aktuell Kosten pro m³ anfallen.

3.3 Kalkulationsgrundlagen zur Anwendung der NIRS-Technik

Im Folgenden sind zahlreiche Berechnungen und Kalkulationen durchgeführt worden, welche auf dem „NIR speedspy onboard manure V 14.3.1“ der Firma M-u-t beruhen, welcher über die Firma „Kotte“ vertrieben wird. Die Anschaffungskosten wurden bei der Firma „Kotte“ angefragt und beziffern sich auf 45.000 €. Der Restwert (0 €) und der Reparaturkostenaufwand (650 €/jährlich) wurden ebenfalls angefragt (ZURHAKE 2023). Zudem wurden 250 Hektar Ackerland als Berechnungsgrundlage angesetzt, welche aus einem persönlichen Gespräch mit dem Betriebsleiter hervorgehen, genau wie der jährliche Einsatzumfang (5.000 m³/a) und dem Anbauumfang der einzelnen Kulturen. Um einen Eindruck zu gewinnen, welche Kosten in vorgegebener Zeit auf den Betrieb zukommen, wurden auf Grundlage von 3 unterschiedlichen Nutzungsdauern (12 Jahre, 10 Jahre, 8 Jahre) eine Berechnung durchgeführt. Der Zinssatz basiert auf Daten der freien Wirtschaft und beträgt 4 %.

Berechnet werden die Fixkosten sowie die variablen Kosten, die als Gesamtkosten zusammengefasst sind. Für eine bessere Vergleichbarkeit werden die entstandenen Gesamtkosten durch die jährliche Ackerfläche, auf welcher Wirtschaftsdünger

ausgebracht werden und dem jährlichen Einsatzumfang, geteilt. Die Fixkosten bestehen aus den dauerhaft anfallenden Kosten, die unabhängig von den ausgebrachten m³ anfallen (BUSINESSPILOT 2022). Hierunter fallen Abschreibung und Zinsansatz. Versicherung, Unterbringungskosten sowie allgemeine Geschäftskosten wurden vernachlässigt, da eine Investition in einen NIRS nur eine Nachrüstung auf ein bereits vorhandenes Güllefass darstellt und auf diesem die bereits genannte Kosten berechnet wurden. Die variablen Kosten sind die Kosten, welche unmittelbar durch die Erbringung der Leistung entstehen (FIRMA o. J.). Im Fallbeispiel sind dies nur die Reparaturkosten.

Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen und die Anschaffungskosten einordnen zu können, wurden weitere Angebote von anderen Firmen eingeholt. So bietet die Firma „Wienhoff“ die Nachrüstung eines NIRS-Sensors am bestehenden Güllewagen für 41.110 € an. Dieses Angebot dient jedoch lediglich als Einordnung des zuvor eingeholten Angebots und wird bei den Berechnungen nicht weiter berücksichtigt.

4 Ergebnisse

4.1 Einordnung der Investitionssumme in den Betrieblichen Kontext

Wie in Teil Material und Methoden bereits beschrieben, bewirtschaftet der vorliegende Betrieb 250 ha, jedoch sind davon ca. 80 ha gepachtet, weshalb der Vertikalvergleich der LWK Niedersachsen mit 170 ha berechnet ist, mit dem in folgender Tab. 3 kalkuliert wurde. Sonstige Vergleiche und Berechnungen beruhen auf 250 ha Ackerland, wie Tab. 5 zeigt.

Abgebildet sind in Tab. 3 Verfahrenskosten pro m³ von 1,06 €/ha bei 12 Jahren Nutzungsdauer, welche auf 1,21 €/ha bei 10 Jahren Nutzungsdauer und 1,44 €/ha bei 8 Jahren Nutzungsdauer steigen. Die Verfahrenskosten pro ha betragen 31,18 € bei 12 Jahren Nutzungsdauer und steigen auf 35,59 €/ha bei 10 Jahren Nutzungsdauer, sowie auf 42,21 €/ha bei 8 Jahren Nutzungsdauer (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Verfahrenskosten einer Neuanschaffung eines NIRS-Sensors

m-u-t NIR speedspy onboard manure V 14.3.1 - KOTTE	170 ha		
Anschaffungskosten	45.000 €	45.000 €	45.000 €
Nutzungsdauer nach Zeit in Jahren	12	10	8
Nutzungsdauer nach Leistung in m ³	100.000	125.000	125.000
Restwert	- €	- €	- €
jährlicher Einsatzumfang in m ³	5.000	5.000	5.000
Auslastungsschwelle inn m ³	8.333	12500	15625
jährlicher Einsatzumfang in % von der Auslastungsschwelle	60%	40%	32%
Zinssatz	4,0%	4,0%	4,0%
Abschreibung	3.750 €	4.500 €	5.625 €
Zinsansatz	900 €	900 €	900 €
Feste Kosten gesamt	4.650 €	5.400 €	6.525 €
Reparaturkostenaufwand	650 €	650 €	650 €
Gesamtkosten	5.300 €	6.050 €	7.175 €
Verfahrenskosten pro m³	1,06 €	1,21 €	1,44 €
Verfahrenskosten pro ha	31,18 €	35,59 €	42,21 €

Bei einer angenommenen Investitionssumme von ca. 45.000 €, Zinskosten von 900 € im Jahr und einer Abschreibung über 10 Jahre bei 170 ha Ackerland, würde eine Abschreibung von 35,59 €/ha anfallen (Tab. 3). Somit würde die Abschreibung der Maschinen im Vertikalvergleich von 184 €/ha im Jahr 2022 auf ca. 220 €/ha ansteigen (vgl. Tab. 4), welches einen Anstieg von ca. 19,5 % bedeuten würde. Die Investition in einen NIRS-Sensor würde ca. 16 % der gesamten Abschreibung der Maschinen des Betriebes je ha betragen.

Innerhalb der Abschreibung ist die Investition bei der Afa Düngung/Pfl. einzuordnen, welche ca. 68 €/ha im Jahr 2022 betragen. Durch die Investition in NIRS-Technik würde die Abschreibung auf ca. 104 €/ha ansteigen, welches einen Anstieg um ca. 53 % entspricht. Der Anteil der NIRS-Technik an der gesamten Abschreibung im Bereich der Düngung würde nach Investition ca. 34 % betragen.

Tab. 4: Vertikalvergleich Ackerbau Betrieb Burkhard Voss (2016 – 2021) (ES-SER 2022)

			2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung	
			Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022	
1	Ackerfläche	ha	170,9 ha	167,1 ha	173,3 ha	173,2 ha	170,5 ha	170,5 ha	171,1 ha	168,6 ha
2	davon Brache ohne n. Rohst.	%	2,2%	3,0%	3,0%	2,9%	1,3%	1,3%	1,9%	2,4%
3	Leistung	€/ha	1.686 €	1.445 €	1.529 €	1.714 €	1.559 €	1.570 €	2.300 €	2.141 €
4	Öffentliche Direktzahlungen	€/ha	306 €	320 €	326 €	307 €	311 €	284 €	287 €	293 €
5	Sonstiges (incl. Erlöse Zwischenfr.)	€/ha								
6	Umsatz Ackerbau	€/ha	1.992 €	1.765 €	1.854 €	2.021 €	1.870 €	1.854 €	2.587 €	2.435 €
7	Saat-, Pflanzgut (Zukauf)	€/ha	89 €	92 €	68 €	98 €	85 €	97 €	96 €	85 €
8	Saat-, Pflanzgut (eigen)	€/ha								
9	Dünger (Zukauf)	€/ha	99 €	107 €	137 €	93 €	114 €	89 €	56 €	158 €
10	davon N-Dünger	€/ha	69 €	100 €	135 €	53 €	58 €	45 €	22 €	93 €
11	davon G-Dünger	€/ha	30 €	7 €	2 €	39 €	56 €	43 €	33 €	65 €
13	Pflanzenschutz	€/ha	214 €	224 €	246 €	222 €	211 €	176 €	202 €	200 €
14	Strom/Heizöl/Wasser	€/ha	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €
15	Hagelversicherung	€/ha	10 €	11 €	12 €	11 €	11 €	11 €	2 €	8 €
16	Sonstiges (incl. Kosten Zwischenfr.)	€/ha	5 €	5 €	4 €	4 €	8 €	1 €	6 €	17 €
17	Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha	14 €	16 €	16 €	15 €	15 €	5 €	14 €	16 €
18	Direktkosten	€/ha	435 €	460 €	488 €	448 €	450 €	384 €	381 €	489 €
19	Direktkostenfreie Leistung incl. Prämien	€/ha	1.557 €	1.305 €	1.367 €	1.574 €	1.419 €	1.470 €	2.206 €	1.946 €
20	Personalaufwand Mitarbeiter	€/ha	75 €	80 €	86 €	50 €	67 €	67 €	101 €	103 €
21	Lohnansatz Unternehmer	€/ha	72 €	72 €	73 €	74 €	68 €	73 €	74 €	75 €
22	Personalaufwand/Lohnansatz	€/ha	148 €	152 €	159 €	124 €	136 €	140 €	175 €	179 €
23	Berufsgenossenschaft	€/ha	9 €	11 €	11 €	11 €	7 €	7 €	8 €	8 €
24	Lohnarbeit und Maschinenmiete	€/ha	170 €	129 €	175 €	153 €	210 €	211 €	143 €	145 €
25	Reparaturen inkl. PKW	€/ha	70 €	94 €	61 €	70 €	64 €	83 €	51 €	52 €
26	Treibstoffe / Öle	€/ha	84 €	82 €	53 €	97 €	101 €	80 €	93 €	95 €
27	Afa Schlepper	€/ha	87 €	92 €	88 €	84 €	85 €	81 €	88 €	90 €
28	Afa Bodenb./Saat	€/ha	25 €	26 €	25 €	23 €	25 €	24 €	24 €	25 €
29	Afa Düng./Pfl.	€/ha	51 €	23 €	26 €	42 €	81 €	67 €	66 €	68 €
30	Afa Ernte	€/ha								
31	Afa Sonst.	€/ha	2 €	3 €	3 €	2 €	2 €	2 €	2 €	2 €
32	Abschreibung Maschinen	€/ha	164 €	144 €	142 €	152 €	193 €	174 €	180 €	184 €
33	Zinsansatz Maschinenkapital	€/ha	31 €	29 €	28 €	36 €	40 €	13 €	36 €	37 €
34	Arbeitserledigungskosten:	€/ha	676 €	641 €	629 €	644 €	751 €	708 €	686 €	692 €
35	DAL-Kosten freie Leistung incl. Prämien	€/ha	880 €	664 €	738 €	929 €	669 €	761 €	1.520 €	1.254 €

Die Abb. 3 zeigt eine Sensitivitätsanalyse der NIRS-Verfahrenskosten in Abhängigkeit schwankender Anschaffungskosten. Relevant ist die Tabelle aufgrund des weiteren Angebots der Firma „Wienhoff“, mit welchem nicht weiter gerechnet wurde, sondern nur als Bestätigung des vorherigen Angebotes der Firma „Kotte“ dienen soll. Zu sehen sind verschiedene Anschaffungskosten von 45.000 € bis 40.500 €, welches eine Spanne von 10 % bedeutet. Ausgewählt wurde die Spanne aufgrund des Angebots der Firma „Wienhoff“, welches mit 41.110 € im unteren Drittel stehen sollte, um auch Effekte aufzuzeigen, sollten noch geringere Anschaffungskosten am Markt vorhanden sein. Auf der linken Seite der Abbildung sind die Verfahrenskosten in €/m³ und auf der rechten Seite die Verfahrenskosten in €/ha zu sehen, beides in Abhängigkeit

unterschiedlicher Anschaffungskosten. Zu sehen ist, dass die Kosten pro m³ von 1,06 € auf 0,97 € sinken, sodass 9 Cent zwischen einem Angebot liegen, welches 10 % günstiger wäre. Je ha sinken die Verfahrenskosten von 21,20 € auf 19,34 €, so dass 86 Cent/ha zwischen den Angeboten liegen würde.

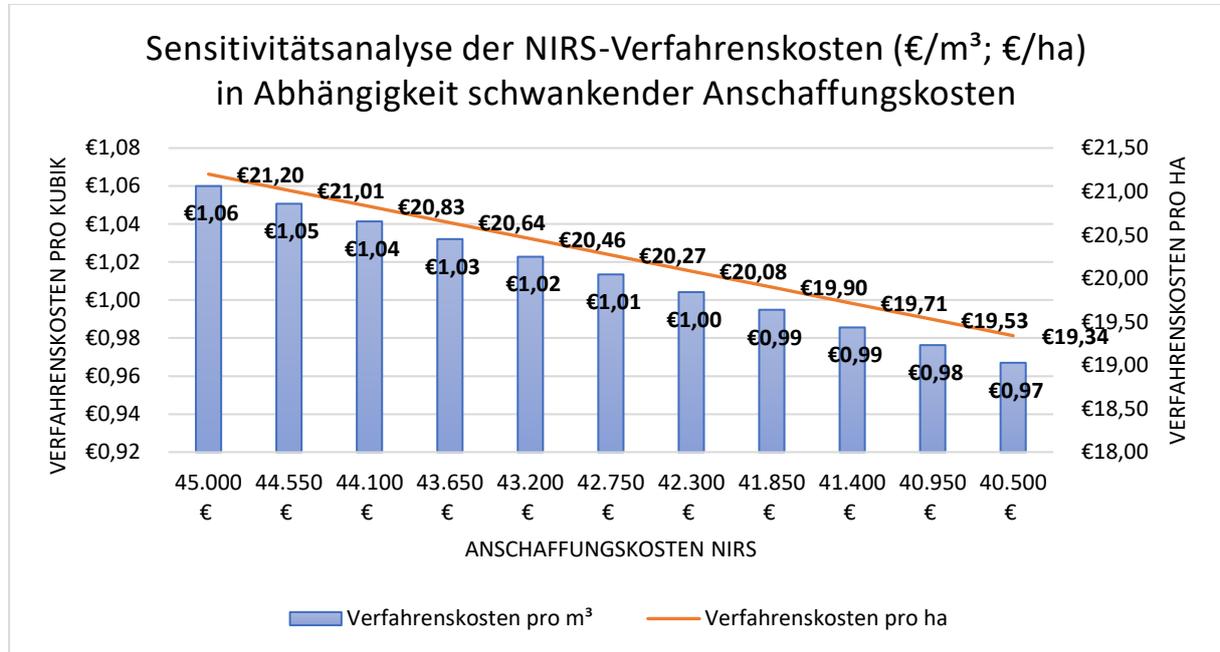


Abb. 3: Sensitivitätsanalyse der NIRS-Verfahrenskosten in Abhängigkeit schwankender Anschaffungskosten

Die Tab. 5 zeigt die Investition eines NIRS-Sensors der Firma Kotte, bei 250 ha, welche der Betrieb Burkhard Voß insgesamt bewirtschaftet. Die Investitionskosten belaufen sich auf 45.000 € und die Nutzungsdauer ist in jeweils 12, 10 und 8 Jahre gegliedert, um mehrere Möglichkeiten abzudecken. Der Restwert der Maschine ist nach Absprache mit der Firma Kotte mit 0 € dargestellt, der Einsatzumfang liegt bei 5.000 m³ pro Jahr, welches durch den Landwirt bestätigt wurde. Zudem wurde ein Zinssatz von 4 % angenommen.

In Tab. 5 ist die Abschreibung auf die unterschiedliche Nutzungsdauer abgebildet. Die Fixkosten, welche sich aus der jährlichen Abschreibung und dem Zinssatz zusammensetzen, steigen an, je niedriger die Nutzungsdauer der Maschine gewählt ist, von 4.650 € mit 12 Jahren Nutzungsdauer auf 5.400 € bei 10 Jahren Nutzungsdauer und 6.525 € bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren. Die Reparatur und Kalibrierungskosten belaufen sich jährlich auf 650 € und sind mit der Firma Kotte abgesprochen. Diese ergeben sich aus einem Full-Service, welcher alle 2 Jahre am NIRS-Sensor durchgeführt werden sollte und sich auf 1.150 € beläuft.

Somit belaufen sich die Gesamtkosten des NIRS-Sensors in diesem Fallbeispiel auf 5.300 € bei einer Nutzung von 12 Jahren, auf 6.050 € bei 10 Jahren Nutzungsdauer und auf 7.175 € bei 8 Jahren Nutzungsdauer. Das Verhältnis, im Gegensatz zu den Fixkosten, bleibt aufgrund der gleichbleibenden Reparaturkosten je nach Nutzungsdauer, gleich.

Da der jährliche Einsatzumfang von 5000 m³ bekannt ist, konnten auch die Verfahrenskosten pro m³ ermittelt werden. Die Kosten belaufen sich bei einer Nutzungsdauer von 12 Jahren auf 1,06 €/m³, 1,21 €/m³ bei einer Nutzung von 10 Jahren und 1,44 €/m³ bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren. Die Nutzungsdauer zwischen 12 Jahren und 8 Jahren macht demnach einen Unterschied von 38 Cent, der Unterschied zwischen 12 Jahren und 10 Jahren macht 15 Cent.

Berechnet man zudem die Kosten je ha, unabhängig davon, wie viel m³ pro Kultur ausgebracht werden, belaufen sich die Verfahrenskosten auf 21,20 €/ha, bei einer Nutzungsdauer von 12 Jahren und 250 ha Ackerland. Sollte die Nutzungsdauer reduziert werden, auf 10 oder 8 Jahre, steigen die Verfahrenskosten auf 24,20 €/ha bzw. 28,70 €/ha (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Verfahrenskosten pro m³ und pro ha einer Neuanschaffung eines NIRS-Sensors am Beispiel eines Angebotes der Firma Kotte

m-u-t NIR speedspy onboard manure V 14.3.1 - KOTTE	250 ha Acker auf dem Betrieb		
Anschaffungskosten	45.000 €	45.000 €	45.000 €
Nutzungsdauer nach Zeit in Jahren	12	10	8
Restwert	- €	- €	- €
jährlicher Einsatzumfang in m ³	5.000	5.000	5.000
Zinssatz	4,0%	4,0%	4,0%
Abschreibung	3.750 €	4.500 €	5.625 €
Zinsansatz	900 €	900 €	900 €
Fixkosten	4.650 €	5.400 €	6.525 €
Reperaturkostenaufwand ***	650 €	650 €	650 €
Variable Kosten	650 €	650 €	650 €
Gesamtkosten	5.300 €	6.050 €	7.175 €
Verfahrenskosten pro m³ *	1,06 €	1,21 €	1,44 €
Verfahrenskosten pro ha **	21,20 €	24,20 €	28,70 €

* Bezogen auf den jährlichen Einsatzumfang

** Bezogen auf 250 ha Ackerland auf dem Betrieb

*** Full Service alle 2 Jahre 1150 €, daher jährlich 650

In Tab. 6 sind die Kosten eines NIRS-Sensors je nach ha der jeweiligen Kultur berechnet. Zudem sind erneut die möglichen Nutzungsdauern mit 12 Jahren, 10 Jahren und

8 Jahren berücksichtigt worden. Angenommen wurden zudem 90 ha Winterweizen, 45 ha Wintergerste, 20 ha Winterroggen, 45 ha Raps und 50 ha Silomais, welches aus dem Vertikalvergleich der LWK Niedersachsen hervorgeht. Grundsätzlich ist zu erkennen, dass die höchsten Kosten auf den Winterweizen fallen, da dies die am meisten angebaute Kultur darstellt. Bei 10 Jahren Nutzungsdauer und 90 ha fallen 2.178 €/Jahr auf den Winterweizen, welches 36 % entspricht. Auf Wintergerste und Raps fallen mit jeweils 1.089 €/Jahr die Hälfte der Kosten im Vergleich zum Winterweizen, welches jeweils 18 % entspricht, da diese nur mit jeweils 45 ha angebaut werden. Auf den Winterroggen fallen 8 % der jährlichen Kosten, welches 484 €/Jahr entspricht. Bei Silomais fallen Kosten von 1.210 €/ha an, welches 20 % der Gesamtkosten pro Jahr abdeckt.

Tab. 6: Kosten des NIRS-Sensors pro Kultur bei verschiedenen Nutzungsdauern

Kosten je Kultur pro Jahr					
ha	Kultur	Kosten pro Jahr bei untersch. Nutzungsdauer			Anteil Kosten pro Jahr in %
		12 Jahre	10 Jahre	8 Jahre	
90	W-Weizen	1.908 €	2.178 €	2.583 €	36%
45	W-Gerste	954 €	1.089 €	1.292 €	18%
20	W-Roggen	424 €	484 €	574 €	8%
45	Raps	954 €	1.089 €	1.292 €	18%
50	Silomais	1.060 €	1.210 €	1.435 €	20%
		5.300,00 €	6.050,00 €	7.175,00 €	100%

Tab. 7 zeigt, wie hoch der Kostenanteil der NIRS-Technik an den Verfahrenskosten der einzelnen Kulturen ist. Hierzu wurden die letzten vollständigen aktuellen Daten im Vertikalvergleich genutzt, welche von 2022 stammen. Abgebildet sind die unterschiedlichen Kulturen, die Maschinenkosten (MaKo) aus dem Vertikalvergleich, die Kosten der NIRS-Technik bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren und der jeweilige Anteil der Kosten in %. Zu sehen ist, dass Winterweizen, Wintergerste und Raps die gleichen Maschinenkosten aufweisen, mit 551 €, durch die Investition in NIRS-Technik steigen die Maschinenkosten auf 586,59 €, sodass die NIRS-Technik einen Anteil von 6,1 % betragen würde. Die Maschinenkosten für Winterroggen belaufen sich auf 525 €, sodass nach der Investition, die NIRS-Technik einen Anteil von 6,3 % hätte. Silomais hat die geringsten Maschinenkosten, mit 423 €. Sollte in einen NIRS-Sensor investiert werden, steigen die Maschinenkosten auf 458,59 €, welches einen Anteil von 7,8 % betragen würde.

Tab. 7: Kostenanteile der NIRS-Technik in % an den Verfahrenskosten der Kulturen in €/ha für das Jahr 2022 bei 170 ha Berechnungsgrundlage

Kostenanteile der NIRS-Technik an den Verfahrenskosten der Kulturen				
Kultur	MaKo Vertikalvergleich 2022	Nutzungsdauer 10 Jahre	MaKo bei Investition in NIRS-Technik	Anteil Kosten pro Jahr in %
W-Weizen	551 €	35,59 €	586,59 €	6,1%
W-Gerste	551 €	35,59 €	586,59 €	6,1%
W-Roggen*	525 €	35,59 €	560,59 €	6,3%
Raps	551 €	35,59 €	586,59 €	6,1%
Silomais	423 €	35,59 €	458,59 €	7,8%

* Werte von 2021

Damit ein Betrieb in einen NIRS-Sensor investiert, muss der Sensor wirtschaftliche Vorteile bieten. Demnach gibt es mehrere Szenarien, die dazu führen könnten:

4.2 Höhere Erträge durch den Einsatz eines NIRS-Sensors

In den Tabellen 8 und 9 sind die unterschiedlichen Kulturen mit den durchschnittlichen Preisen und Erträgen der Jahre ab 2016 abgebildet. Die Preise sind netto, damit eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Zudem ist auch in diesen Tabellen erneut eine unterschiedliche Nutzungsdauer aufgeführt, um verschiedene Möglichkeiten zu simulieren, sodass die Berechnungen auf mehrere Betriebe gespiegelt werden kann.

Im Fallbeispiel Winterweizen ist im Zeitraum von 2016 – 2021 ein Durchschnittsertrag von 86,1 dt/ha erzielt worden, mit einem Erlös von 19,71 €/dt. Wie in Tab. 8 abgebildet ist, müssen die Prozesskosten von 21,20 €/ha (12 Jahren Nutzungsdauer), mit einem Durchschnittspreis von 19,71 €/dt ausgeglichen werden. Dieser Break-Even-Point ist bei einem Mehrertrag von 1,08 dt/ha erreicht, sodass ein Gesamtertrag von 87,18 dt/ha erzielt werden muss, welches 1,23 % mehr sind. Mit einer Reduzierung der Nutzungsdauer steigt auch der nötige Mehrertrag, welcher erzielt werden muss, um den Break-Even-Point zu erreichen. Bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren muss 1,41 % mehr Ertrag erzielt werden, bei 8 Jahren Nutzungsdauer 1,66 % (vgl. Abb.4). Ob die geringen Unterschiede in den Prozentzahlen und in den Erträgen über Jahre genau ermittelt und erreicht werden können und dies überhaupt statistisch abgesichert werden könnte, muss an einer anderen Stelle bewertet werden.

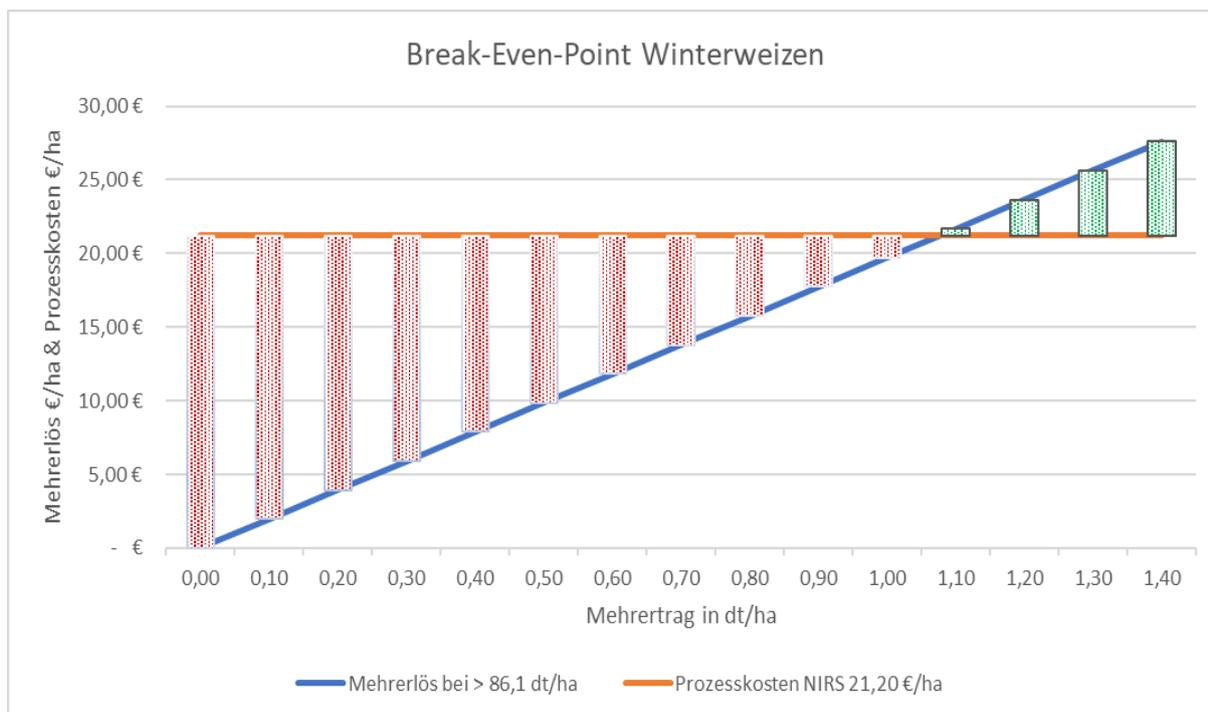


Abb. 4: Break-Even-Point Berechnung Winterweizen

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Silomais. Der Preis pro dt beträgt im Schnitt der Jahre 3,04 €/dt und es liegt ein Durchschnittsertrag von 470,40 dt/ha vor. Um den Break-Even-Point zu erreichen, muss bei 12 Jahren Nutzungsdauer ein Mehrertrag von 6,97 dt/ha erzielt werden, welches 1,46 % Mehrertrag entspricht. Sinkt die Nutzungsdauer, so steigt auch in diesem Fall der Break-Even-Point an, sodass bei 10 Jahren Nutzungsdauer 7,96 dt/ha mehr geerntet werden müsste und bei 8 Jahren Nutzungsdauer 9,44 dt/ha. Der Mehrertrag in %, welcher für eine Wirtschaftlichkeit bei Kauf eines NIRS-Sensors erreicht werden muss, steigt bei Silomais von 1,46 % bei 12 Jahren Nutzungsdauer, auf 1,66 % bei 10 Jahren Nutzungsdauer und auf 1,97 % bei 8 Jahren.

Tab. 8: Break-Even-Point Berechnung Winterweizen und Silomais bei unterschiedlicher Nutzungsdauer

Parameter	Winterweizen			Silomais		
	Kosten pro Jahr bei untersch. Nutzungsdauer			Kosten pro Jahr bei untersch. Nutzungsdauer		
	12 Jahre	10 Jahre	8 Jahre	12 Jahre	10 Jahre	8 Jahre
Durchschnittsertrag in dt/ha	86,1	86,1	86,1	470,40	470,40	470,40
Prozesskosten NIRS in €/ha	21,20 €	24,20 €	28,70 €	21,20 €	24,20 €	28,70 €
Marktleistung pro dt	19,71 €	19,71 €	19,71 €	3,04 €	3,04 €	3,04 €
Break-Even-Point in dt	1,08	1,23	1,46	6,97	7,96	9,44
Daraus folgender Gesamtertrag	87,18	87,33	87,56	477,37	478,36	479,84
Mehrertrag in % welcher erreicht werden muss für Wirtschaftlichkeit	1,23%	1,41%	1,66%	1,46%	1,66%	1,97%

Tab. 9 zeigt die Berechnung des Break-Even-Point an den Kulturen Winterraps und Wintergerste. Bei Winterraps liegt ein Durchschnittsertrag von 38,80 dt/ha vor, mit einer Marktleistung von 41,84 €/dt. Da der Ertrag bei Raps deutlich geringer ausfällt als bei den anderen Kulturen, liegt auch der Break-Even-Point niedriger, bei 0,51 dt/ha, bei 12 Jahren Nutzungsdauer. Insgesamt müssten 39,31 dt/ha geerntet werden, welches 1,29 % mehr sind. Mit sinkender Nutzungsdauer steigt auch in diesem Fall der benötigte Mehrerlös, sodass bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren 0,58 dt/ha mehr geerntet werden müssten, welches einem Mehrertrag von 1,47 % entspricht. Bei 8 Jahren Nutzungsdauer wären es 0,69 dt/ha Mehrertrag, die für den Break-Even-Point geerntet werden müssten, welches 1,74 % Mehrertrag bedeuten würde.

Auch bei Wintergerste wurde die gleiche Berechnung durchgeführt, der Break-Even-Point wird bei 12 Jahren Nutzungsdauer bei 1,14 dt/ha Mehrertrag erreicht, welches am Ende einen Mehrertrag von 1,37 % bedeuten würde. Bei 10 Jahren Nutzungsdauer müssten 1,3 dt/ha geerntet werden, bei 8 Jahren Nutzungsdauer 1,54 dt/ha. Der Mehrertrag, welcher für eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden müsste, steigt mit der Senkung der Nutzungsdauer von 1,37 % bei 12 Jahren Nutzungsdauer, auf 1,56 % bei 10 Jahren Nutzungsdauer, auf 1,84 % bei 8 Jahren Nutzungsdauer (vgl. Tab. 9).

Tab. 9: Break-Even-Point Berechnung Winterraps und Wintergerste bei unterschiedlicher Nutzungsdauer

Parameter	Winterraps			Wintergerste		
	Kosten pro Jahr bei untersch. Nutzungsdauer			Kosten pro Jahr bei untersch. Nutzungsdauer		
	12 Jahre	10 Jahre	8 Jahre	12 Jahre	10 Jahre	8 Jahre
Durchschnittsertrag in dt/ha	38,80	38,80	38,80	82,20	82,20	82,20
Prozesskosten NIRS in €/ha	21,20 €	24,20 €	28,70 €	21,20 €	24,20 €	28,70 €
Marktleistung pro dt	41,84 €	41,84 €	41,84 €	18,58 €	18,58 €	18,58 €
Break-Even-Point in dt	0,51	0,58	0,69	1,14	1,30	1,54
Daraus folgender Gesamtertrag	39,31	39,38	39,49	83,34	83,50	83,74
Mehrertrag in % welcher erreicht werden muss für Wirtschaftlichkeit	1,29%	1,47%	1,74%	1,37%	1,56%	1,84%

Aus den Daten der vorherigen Tabellen ist in Abb. 5 dargestellt, welche Kultur am schnellsten den Break-Even-Point erreicht. Zu sehen ist, dass Winterweizen den Break-Even-Point als erstes erreicht, sodass eine Investition in einen NIRS-Sensor wirtschaftlich ist, wenn 1,23 % mehr geerntet werden als im Durchschnitt der Jahre. Als zweites erreicht Winterraps den Break-Even-Point, mit einem Mehrertrag von 1,29 % im Gegensatz zum langjährigen Durchschnittsertrag. An dritter Stelle folgt Wintergerste, bei welcher die Investitionskosten mit 1,37 % Mehrertrag wirtschaftlich eingesetzt werden. Zuletzt erreicht Silomais den Break-Even-Point, mit 1,46 %.

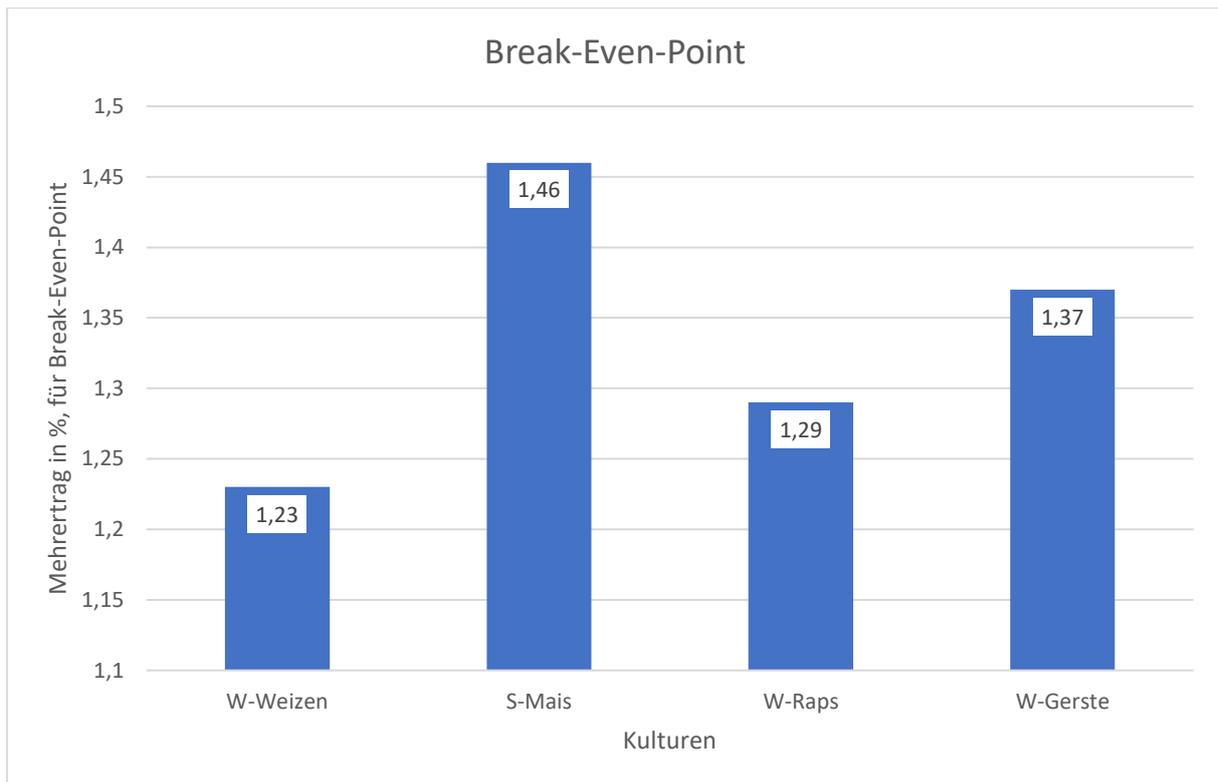


Abb. 5: Break-Even-Point von W-Weizen, S-Mais, W-Raps, W-Gerste in % bei 12 Jahren Nutzungsdauer

In Tab. 10 sind unterschiedliche Ausbringungsmengen mit unterschiedlichen Nutzungsdauern kombiniert, um zu zeigen, welche Auswirkungen die unterschiedlichen Güllemengen auf die Kultur hätten. Vorausgesetzt ist jedoch eine Ausbringungsmenge von 5.000 m³ im Jahr, weshalb Verfahrenskosten von 1,06 €/m³ angesetzt sind. Zudem zeigt Tab. 10 am Beispiel von Winterweizen, wie viel Mehrertrag nötig ist, damit eine Investition in einen NIRS-Sensor wirtschaftlich ist.

Sollte auf Winterweizen 20 m³ org. Dünger aufgebracht werden, muss bei 12 Jahren Nutzungsdauer 1,08 dt/ha mehr Weizen geerntet werden. Sollte hingegen 35 m³ gefahren werden, werden 1,88 dt/ha mehr Weizen benötigt. Auch zu sehen ist die Steigung des nötigen Mehrertrages, sollte die Nutzungsdauer geringer sein. Zu sehen ist in der Tab. 10 die Spannweite, die gegeben ist. So ist bei 20 m³ und einer Nutzungsdauer von 12 Jahren, der Mehrertrag, welcher benötigt wird bei lediglich 1,08 dt/ha. Sollte die Nutzungsdauer hingegen bei 8 Jahren liegen und die Menge an org. Düngemitteln auf 40 m³/ha steigen, so sind schon 2,91 dt/ha Mehrertrag nötig.

Tab. 10: Mehrkosten in € und nötiger Mehrertrag in dt für NIRS-Sensor je ha bei unterschiedlicher Düngemenge und unterschiedlicher Nutzungsdauer

Kosten pro ha bei unterschiedlicher Düngemenge am Beispiel Winterweizen*									
m ³ pro ha	12 Jahre Nutzungsdauer	Nötiger Mehrertrag in dt für Break-Even-Point	Nötiger Mehrertrag in % für Break-Even-Point	10 Jahre Nutzungsdauer	Nötiger Mehrertrag in dt für Break-Even-Point	Nötiger Mehrertrag in % für Break-Even-Point	8 Jahre Nutzungsdauer	Nötiger Mehrertrag in dt für Break-Even-Point	Nötiger Mehrertrag in % für Break-Even-Point
20	21,20 €	1,08	1,23%	24,20	1,23	1,41%	28,70 €	1,46	1,66%
25	26,50 €	1,34	1,54%	30,25	1,53	1,75%	35,88 €	1,82	2,07%
30	31,80 €	1,61	1,84%	36,30	1,84	2,09%	43,05 €	2,18	2,47%
35	37,10 €	1,88	2,14%	42,35	2,15	2,43%	50,23 €	2,55	2,87%
40	42,40 €	2,15	2,44%	48,40	2,46	2,77%	57,40 €	2,91	3,27%

*Verfahrenskosten von 1,06 €/m³

Tab. 11 zeigt die Kosten-Nutzen-Verhältnisse der NIRS-Anwendung in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsfläche, Nutzungsdauern (8, 10 und 12) und Ertragssteigerungen (1 – 5 %). Zu erkennen ist beispielsweise, dass bei einer Ertragssteigerung durch die NIRS-Technik von 1 %, mindestens 312 ha bewirtschaftet werden müssen, bei 12 Jahren Nutzungsdauer. Sollte die Nutzungsdauer jedoch nur 10 oder 8 Jahre betragen, steigen die Kosten der NIRS-Technik und somit steigt auch die mindestens nötige Anzahl an Hektar auf 357 ha bzw. 423 ha.

Sollte die Ertragssteigerung hingegen nicht 1 % betragen, sondern auf 2 % steigen, so sind bei 12 Jahren Nutzungsdauer noch 156 ha mindestens nötig. Sollte die Ertragssteigerung noch weiter steigen auf bis zu 5 %, so sind bei 3 % noch 104 ha nötig, bei 4 % noch 78 ha und bei 5 % noch 62 ha. Je höher die Ertragssteigerung durch NIRS-Technik, desto weniger ha sind nötig, damit die Technik rentabel ist. Dies ist auch der Fall, sollte die Nutzungsdauer niedriger sein. Da die Gesamtkosten jedoch ansteigen, sind auch mehr ha nötig, sodass bei 10 Jahren Nutzungsdauer zuerst 357 ha nötig sind und am Ende bei 5 % Ertragssteigerung noch 71 ha. Gleiches ist auch zu beobachten, sollte die Nutzungsdauer 8 Jahre betragen, so sinkt die nötige Anzahl ha von 423 ha bei 1 % auf 85 ha bei 5 % Ertragssteigerung. Zu beobachten ist, dass 9 ha mehr benötigt werden, wenn eine Reduzierung der Nutzungsdauer von 12 auf 10 Jahren vorgenommen wird. Sind nur 8 Jahre Nutzungsdauer vorgesehen, sind 14 ha mehr nötig und 23 mehr als bei 12 Jahren Nutzungsdauer.

Tab. 11: Break-Even-Point-Berechnung für Investition in NIRS-Technik je Hektar und Nutzungsdauer am Beispiel von Winterweizen

Parameter	Winterweizen				
	Max. mögliche Ertragssteigerung durch NIRS				
	1%	2%	3%	4%	5%
Durchschnittsertrag in dt/ha	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1
Marktleistung pro dt	19,71 €	19,71 €	19,71 €	19,71 €	19,71 €
Ertragssteigerung in dt	0,86	1,72	2,58	3,44	4,31
Daraus folgender Gesamtertrag	86,96	87,82	88,68	89,54	90,41
Mehrerlös pro ha	16,97 €	33,94 €	50,91 €	67,88 €	84,85 €
Kosten NIRS pro Jahr bei 12 Jahren Nutzungsdauer	5.300 €	5.300 €	5.300 €	5.300 €	5.300 €
Mind. nötige Hektar bei 12 Jahren	312	156	104	78	62
Kosten NIRS pro Jahr bei 10 Jahren Nutzungsdauer	6.050 €	6.050 €	6.050 €	6.050 €	6.050 €
Mind. nötige Hektar bei 10 Jahren	357	178	119	89	71
Kosten NIRS pro Jahr bei 8 Jahren Nutzungsdauer	7.175 €	7.175 €	7.175 €	7.175 €	7.175 €
Mind. nötige Hektar bei 8 Jahren	423	211	141	106	85

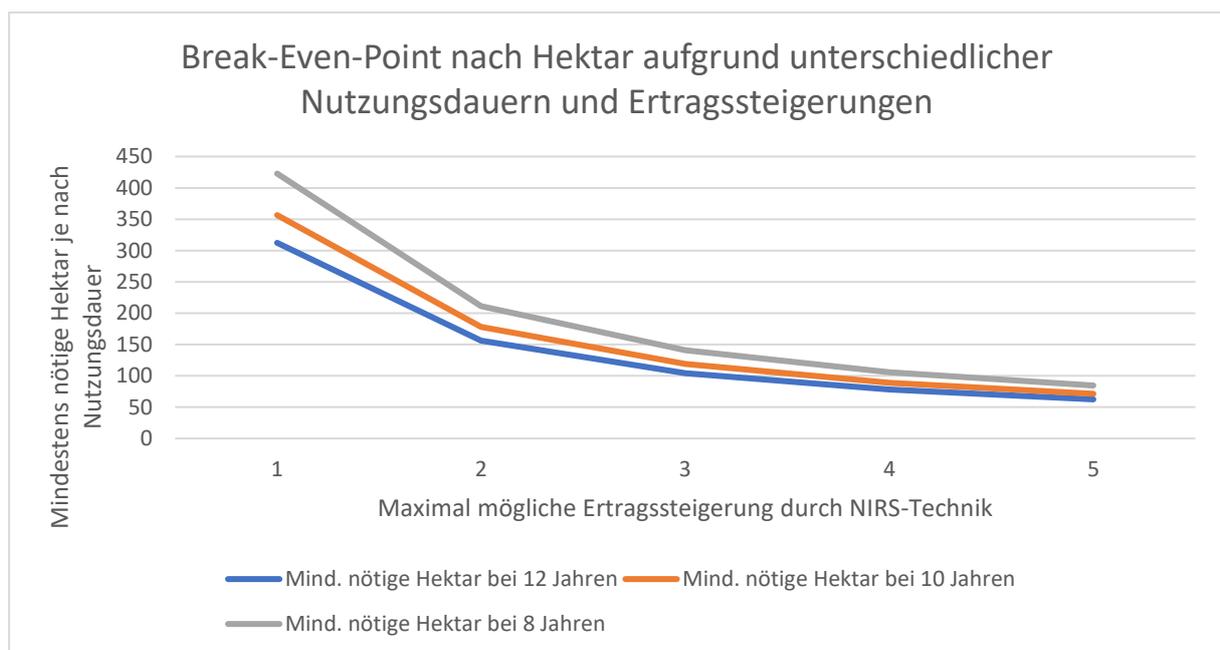


Abb. 6: Break-Even-Point Berechnung nach Hektar aufgrund unterschiedlicher Nutzungsdauern und Ertragssteigerungen

In Tab. 12 ist die Break-Even-Point Berechnung für den Betrieb Burkhard Voß durchgeführt worden. Dabei wurden alle Erträge und Erlöse im Verhältnis zu ihrem Anbauumfang multipliziert und als eine neutrale Kultur dargestellt. Vor diesem Hintergrund kann verglichen werden, wie viel ha der Betrieb benötigt, damit der NIRS-Sensor auf dem Betrieb rentabel wird. Über alle Kulturen ist ein Durchschnittsertrag von 153,68 dt/ha geerntet worden, mit einem Erlös von 10,28 €/dt. Der hohe Ertrag in dt/ha

und niedrige Erlös pro dt ist auf den Anteil von 50 ha Silomais zurückzuführen. Sollte der Betrieb von 1 % Ertragssteigerung ausgehen, wären bei 12 Jahren Nutzungsdauer mind. 335 ha nötig, bei 8 Jahren 454 ha. Sollte die Ertragssteigerung bei 2 % liegen, sind mindestens 168 ha nötig, 227 ha bei 8 Jahren Nutzungsdauer. Sollte von 5 % Ertragssteigerung ausgegangen werden, sind bei 12 Jahren Nutzungsdauer 67 ha nötig, 77 ha bei 10 Jahren Nutzungsdauer und 91 ha bei 8 Jahren Nutzungsdauer.

Tab. 12: Break-Even-Point-Berechnung für Investition in NIRS-Technik je Hektar und Nutzungsdauer am Beispiel des Betriebes Burkhard Voß anhand einer Kultur, in der alle Kulturen des Betriebes vereint sind

Parameter	Gesamter Betrieb				
	Max. mögliche Ertragssteigerung durch NIRS				
	1%	2%	3%	4%	5%
Durchschnittsertrag in dt/ha	153,68	153,68	153,68	153,68	153,68
Marktleistung pro dt	10,28 €	10,28 €	10,28 €	10,28 €	10,28 €
Ertragssteigerung in dt	1,54	3,07	4,61	6,15	7,68
Daraus folgender Gesamtertrag	155,22	156,75	158,29	159,83	161,36
Mehrerlös pro ha	15,80 €	31,60 €	47,39 €	63,19 €	78,99 €
Kosten NIRS pro Jahr bei 12 Jahren Nutzungsdauer	5.300 €	5.300 €	5.300 €	5.300 €	5.300 €
Mind. nötige Hektar bei 12 Jahren	335	168	112	84	67
Kosten NIRS pro Jahr bei 10 Jahren Nutzungsdauer	6.050 €	6.050 €	6.050 €	6.050 €	6.050 €
Mind. nötige Hektar bei 10 Jahren	383	191	128	96	77
Kosten NIRS pro Jahr bei 8 Jahren Nutzungsdauer	7.175 €	7.175 €	7.175 €	7.175 €	7.175 €
Mind. nötige Hektar bei 8 Jahren	454	227	151	114	91

4.3 Variable Gülleabgabe aufgrund Einsparungen mit dem NIRS-Sensor

Tab. 13 zeigt eine zweidimensionale Sensitivitätsanalyse, bei der eine Einsparung durch die NIRS-Technik von 25 % angenommen wurde. Weiter sind 2 Faktoren abgebildet, die in mehreren Varianten dargestellt sind. Auf der linken Seite der Tabelle sind verschiedene Abgabekosten der Gülle, von 8 – 16 €/m³ abgebildet. Der zweite Faktor betrifft die Abgabemenge in m³, welche in 500er Schritten von 500 auf 2500 ansteigt. Dieses Fallbeispiel ist jedoch an die Bedingung geknüpft, dass die NIRS-Technik höhere Inhaltsstoffe je m³ nachweisen kann, damit der Betrieb die gleichen Gesamtmenngen an N und P₂O₅, in einer geringeren Menge in m³ abgibt. Die abzugebenden Gesamtnährstoffe müssten demnach gleichbleiben und weiterhin abgegeben werden, die abzugebenden m³ werden hingegen verringert, um so die Abgabekosten zu senken. Zudem ist dieses Rechenbeispiel daran geknüpft, dass die Abgabe an Wirtschaftsdüngern je m³ und nicht nach Inhaltsstoffen berechnet wird.

Die Einfärbung der Tabelle ist nach Rentabilität vorgenommen worden, sodass ein Basiswert, der mindestens für eine Rentabilität erreicht werden muss, bei 6.050 € im Jahr liegt, bei 12 Jahren Nutzungsdauer (vgl. Tab. 5). Zu sehen ist, dass dieser Wert von 6.050 € in verschiedenen Stufen erreicht werden kann. Bei 1500 m³ Gülleabgabe und 16 €/m³ ist die Einsparung lediglich 50 € unter dem Schwellenwert, sodass hier nur wenige Cent mehr Abgabekosten oder wenige m³ mehr Abgabe reichen würden, um eine Rentabilität zu gewährleisten. Sollten die Kosten der Abgabe auf 12 € sinken, so sind ca. 2000 m³ Abgabe nötig. Sollte der Preis weiter sinken, auf 10 €, so sind ca. 2500 m³ nötig. Sollten Abgabemenge von unter 1500 m³/Jahr geplant sein und Abgabepreise nicht auf über 16 €/m³ steigen, ist eine Anschaffung der NIRS-Technik nicht rentabel.

Tab. 13: Einsparung durch NIRS-Technik bei 25 % Einsparung durch NIRS und verschiedenen Abgabemengen und Abgabepreisen

		Abgabemenge in m ³				
		500	1000	1500	2000	2500
Abgabekosten in €/m ³	8	1.000 €	2.000 €	3.000 €	4.000 €	5.000 €
	10	1.250 €	2.500 €	3.750 €	5.000 €	6.250 €
	12	1.500 €	3.000 €	4.500 €	6.000 €	7.500 €
	14	1.750 €	3.500 €	5.250 €	7.000 €	8.750 €
	16	2.000 €	4.000 €	6.000 €	8.000 €	10.000 €

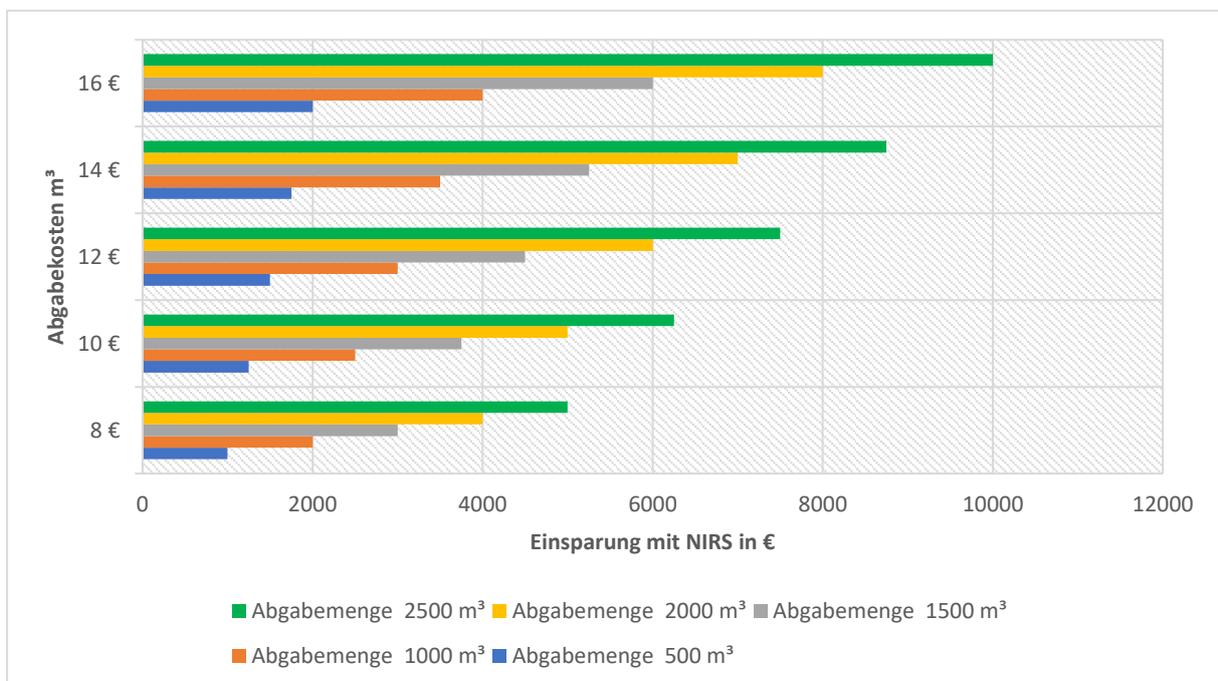


Abb. 7: Einsparungspotential bei 25 % geringerer Abgabe durch NIRS-Technik

5 Diskussion

Ein Nachteil bei der NIRS-Technik betrifft ungewöhnliche Güllearten, die von der üblichen Kalibrierung nicht erfasst worden sind, sodass größere Messfehler auftreten können. Auch ist zu beachten, dass die NIRS-Technologie bis zum heutigen Tage nicht als wissenschaftliches Verfahren anerkannt wurde und keine Bedingungen definiert sind, die den Ablauf, die Genauigkeit und die gleichbleibende Qualität der Messungen sicherstellt. Eine Dokumentation auf Basis der NIRS-Technik ist daher in Niedersachsen düngerechtlich nicht möglich und wird nicht anerkannt (LICHTI et al. 2018).

Auch sollte die Notwendigkeit der stetigen Modelladaption bei Substrat- bzw. Materialwechsel nicht außer Acht gelassen werden, ansonsten können hohe Schätzungsungenauigkeiten die Folge sein. Die Technik erfordert ein gewisses Maß an Kenntnis und Aufmerksamkeit seitens des Anwenders. Proben die außerhalb einer Kalibration liegen, können nicht gemessen werden. Die Kalibrationen müssen immer wieder aktualisiert werden und die Kalibration muss zusätzlich überprüft werden (LICHTI et al. 2018).

Nach LORENZ (2020) besteht ein weiteres Problem darin, dass es lediglich eine Empfehlung, aber keine Verpflichtung zum Update der Kalibration gibt. Die Qualität der Ausbringung würde auf Dauer schlechter werden. Zudem gibt es keine Verpflichtung zur regelmäßigen Funktionsprüfung. Auch eine standardisierte Durchführung der Funktionsprüfung ist nicht gegeben.

Eine größere Herausforderung stellt die Anpassung der Kalibrierung an schwankende Temperaturen dar. Gülle wird speziell im Frühjahr oft bei Temperaturen um den Gefrierpunkt (teilweise auch darunter) ausgebracht. Um NIRS für diesen Einsatzbereich überhaupt nutzen zu können, wurde VAN-Control 2.0 mit einer Heizung ausgestattet. Dadurch ist es möglich, bei Außentemperaturen bis -10 °C Messungen durchzuführen. Die Kalibrierung ist darauf abgestimmt und entsprechend belastbar. Für VAN-Control 2.0 gilt ein Arbeitstemperaturbereich von -5 °C bis $+50\text{ °C}$. (ZUNHAMMER und DERCKES 2018)

Nach HUFFELMANN (2021) liegen die Vorteile der NIRS-Technologie darin, dass die Messungen des Substrats kontinuierlich in einer Echt-Zeit-Messung durchgeführt werden, sodass das Substrat jederzeit analysiert wird und ständig neue Werte über das Terminal ausgegeben werden, ohne jeglichen Mehraufwand. Somit wird ein deutlich

größerer Anteil der Güllemenge einer jeweiligen Güllagerstätte beprobt als mit einer einzelnen Probeentnahme, die anschließend im Labor untersucht wird. Zudem hat der Anwender einen Vorteil, wenn viele kleine Lagerstätten auf dem Betrieb vorliegen, da somit die Vielzahl an Proben entfallen. Dies ist von großem Vorteil, da Gülle und Gärreste, je nachdem woraus diese entstanden sind, sehr heterogene Produkte sein können. Durch die genauere Verteilung kann im Idealfall Dünger eingespart werden und der Pflanzenbestand auf dem Acker kann optimiert werden, sodass die Bestände besser werden. Auch die Umwelt wird geschont, durch einen generell geringeren Düngeranfall und im besten Fall geringeren Nitratwerten im Grundwasser (GRUNERT 2021).

Auch vor dem Hintergrund der Umweltdebatte um die „Roten Gebiete“ kann die Technik in Zukunft wichtig sein, denn in diesen Gebieten ist die exakte Menge an Nährstoffen auszubringen und der Pflanze zur Verfügung zu stellen, anderenfalls kommt es zu Mindererträgen und Minderqualitäten. Zudem nimmt die Untersuchung im Labor teilweise mehrere Tage oder Wochen in Anspruch, da die Beprobungen häufig zu gewissen Stoßzeiten der Düngung auf dem Acker durchgeführt werden, sodass die Kapazitäten in den Laboren an ihre Grenzen stoßen und Wartezeiten in Kauf genommen werden müssen. In vielen Fällen wird die Probe während der Düngung genommen, um die Lagerstätten nicht extra für die Probenahme aufzurühren, sodass mit Standardwerten gedüngt wird und erst zu einem späteren Zeitpunkt die genauen Nährstoffmengen bekannt sind. Die exakte Düngung erfolgt anschließend mit dem Düngerstreuer über Mineraldünger (GRUNERT 2021).

Auch die teils umständliche Probeentnahme entfällt, mit der hoher Aufwand verbunden ist, damit eine geeignete Probe entnommen werden kann. Nach GRUNERT (2021) kann der NIRS-Sensor dem Aufwand zur Homogenisierung der Gülle im Güllager entgegenwirken, da nach Inhaltsstoffen ausgebracht wird und nicht nach Menge in m³.

Darüber hinaus bietet die NIRS-Technologie die Möglichkeit, den Güllestrom bei der Ausbringung auf Basis eines Nährstoffwertes zu regeln, sodass eine Menge an Stickstoff pro Hektar ausgebracht wird. In diesem Fall liefern ein am Güllfass verbauter Durchflussmengenmesser und die NIRS-Technik Messwerte, auf deren Grundlage die Fahrgeschwindigkeit geregelt wird. Daraufhin würde während der Ausbringung eine automatisierte Anpassung der Fahrgeschwindigkeit erfolgen, damit zu jeder Zeit eine vorgegebene Menge Stickstoff ausgebracht werden kann, je nachdem wie viel

Kilogramm Stickstoff pro m³ enthalten sind. Alternativ kann eine Regelung des Güllestroms über die Pumpendrehzahl oder ein Drosselventil herbeigeführt werden und es erfolgt eine automatisierte Dokumentation der verteilten Nährstoffe. In Verbindung mit GPS können Applikationskarten erstellt werden und die Düngung je nach Vorgabe auf der Ackerfläche variiert werden.

Nach HUFFELMANN (2021) besteht ein großer Vorteil der NIRS-Technik in der Akzeptanz für die Landwirtschaft gegenüber den Verbrauchern, weil der Eindruck entsteht, Technik ist in vielen Bereichen besser, effizienter und genauer als der Mensch.

Nach TLL (2019) liegt die Abschreibung von Maschinen im Durchschnitt bei 165 €/ha. Der Betrieb Burkhard Voß liegt 2022 über diesem Schnitt, jedoch muss die zeitliche Differenz und zahlreiche Preissteigerungen mit eingerechnet werden, im Mittel der Jahre liegt der Betrieb hingegen mit 164 €/ha. Man kann daher zu dem Entschluss kommen, dass sein aktueller Maschinenpark dem Durchschnitt entsprechend ist und somit nicht zu teuer. Innerhalb der Abschreibung der Maschinen würde der NIRS einen geringen Anteil betragen, mit lediglich 16 %. Im speziellen Bereich der Düngung würden die Kosten der NIRS-Technik hingegen ein Drittel der Abschreibung betragen, welches als sehr hoch erscheint. Weitere Daten stammen von der LLG SACHSEN-ANHALT (2022), wo die Kosten ca. 128 €/ha betragen, welches deutlich unter dem Niveau des Betriebes liegt. Die Investition in die NIRS-Technik würde zusätzlich noch berechnet werden, sodass die Kosten bei diesem Vergleich fast doppelt so hoch wären. Berücksichtigt werden muss, dass die Daten aus anderen Bundesländern stammen und dort gegeben falls anders gedüngt wird, beispielsweise mit weniger org. Düngemitteln und weniger intensiv. Eine abschließende Beurteilung ist daher nicht möglich, es scheint hingegen so, dass eine Investition in NIRS-Technik nicht zu hoch wäre.

Die in Abschnitt 4 berechneten Steigerungen des Ertrags, welche nötig sind, um eine Investition in die NIRS-Technik rentabel zu machen, belaufen sich auf 1 – 2 %. Da HUFFELMANN (2021) in seinen Ergebnissen aus der Praxis von möglichen 3 – 5 % spricht, scheinen die geforderten 1 – 2 % realistisch erreichbar zu sein. Zu beachten ist dabei jedoch, dass eine Nutzungsdauer von 12 Jahren angenommen wurde und diese Erträge auch in allen 12 Jahren auf einem höheren Niveau bestätigt werden müssen. Da HUFFELMANN (2021) jedoch von einer Steigerung von bis zu 5 % spricht, müssen schlechtere Jahre durch einen möglichen höheren Ertrag in guten

Jahren ausgeglichen werden. Im Schnitt der Jahre muss hingegen eine Steigerung realistisch sein. Beachtet werden muss hingegen, dass auch die Preise stabil auf diesem Niveau bleiben müssen, anderenfalls ist die Rentabilität infrage zu stellen. Auch bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren und einer hohen Anzahl an m³, ist eine Rentabilität möglich, auch wenn diese in den maximal möglichen Bereich der Steigerung von HUFFELMANN (2021) hineinfallen. Die Menge von 40 m³ und 8 Jahren Nutzungsdauer ist nahe am Optimum der Daten von HUFFELMANN (2021).

Die Rentabilität der NIRS-Technik aufgrund der Gülleabgabe ist hingegen infrage zu stellen. Sollte eine Investition auf einem Betrieb infrage kommen, müssten die politische Grundlage dafür geschaffen werden und der aufnehmende Betrieb diesem Verfahren auch zustimmen. Um diesem entgegenzuwirken, könnten jedoch weiterhin Proben genommen und im Labor untersucht werden, um weitere Daten sicher zu stellen und die Daten der NIRS-Technik zu bestätigen. Die NIRS-Technik wird in Bezug auf Gülleabgabe nur rentabel, sollten hohe Menge abgegeben werden oder die Preise steigen. Bei aktuellen Preisen von ca. 12 €/m³ (AVD 2024), müssen mindestens 2000 m³ Gülle abgegeben werden. Beachtet werden muss hingegen auch die prozentuale Einsparung durch die NIRS-Technik, welche je nach Gülleart deutlich unterschiedlich sein kann, welches auch die Daten der DLG in den Prüfberichten zeigen (DLG 2023).

An der Tab. 12 kann deutlich abgelesen werden, wann sich eine Investition in NIRS-Technik rentieren würde. Nach HUFFELMANN (2021) sind 3 – 5 % Ertragssteigerung durch NIRS-Technik möglich. Vor diesem Hintergrund sind lediglich 112 ha nötig, damit die NIRS-Technik rentabel ist. Da der Betrieb Burkhard Voß jedoch 250 ha bewirtschaftet, scheint eine Investition durchaus sinnvoll. Auch wenn die Ertragssteigerung nur 2 % betragen würde, scheint eine Investition sinnvoll. Sollte die Ertragssteigerung im Schnitt der Jahre jedoch nur 1 % betragen, sollte von einer Investition abgeraten werden, da deutlich mehr ha benötigt werden.

In zahlreichen Tabellen und Abbildungen ist deutlich zu sehen, je höher die Ertragssteigerung, desto weniger entscheidend ist die Nutzungsdauer des NIRS-Sensors. Sollte hingegen die Ertragssteigerung nicht so hoch wie gewünscht ausfallen, sind hohe Anzahlen an ha nötig.

6 Zusammenfassung

Auf Grundlage der zahlreichen Berechnungen ist festzuhalten, dass es schwierig ist, eine genau Entscheidung zu treffen. Dies liegt vor allem an den sehr überschaubaren wissenschaftlichen Ergebnissen, bezüglich einer Ertragssteigerung durch die NIRS-Technik. Viele Versuche sind aktuell gestartet oder befinden sich in der Auswertung, sodass interessante Ergebnisse zu erwarten sind. Auch ist die DLG-Zertifizierung keine wissenschaftlich anerkannte Methode, sodass auch diese Zertifizierungen differenziert betrachtet werden müssen.

Auf Grundlage der Aussage von HUFFELAMM (2021) sind 3 – 5 % Ertragssteigerung durch die NIRS-Technik zu erwarten und in der Praxis auf einem Demoversuch festgestellt worden. Auf dieser Grundlage wurden viele Berechnungen durchgeführt, welche zu verschiedensten Ergebnissen führten. Sollte diese Ertragssteigerung möglich sein, macht eine Investition für den Betrieb Burkhard Voß durchaus Sinn, was in verschiedenen Tabellen berechnet wurde. Das Ergebnis besagt, dass eine Investition bei 2 % Ertragssteigerung rentabel ist, wenn 156 ha vorhanden sind. Da der Betrieb jedoch deutlich mehr ha bewirtschaftet, scheint dies rentabel werden zu können. Sollte man davon ausgehen, dass eine Ertragssteigerung von maximal 1 % möglich ist, so sollte von einer Investition abgesehen werden. Auch andere Berechnungen deuten darauf hin, dass eine Investition rentabel sein kann, wenn man von einem Mehrertrag durch den NIRS ausgeht, denn bereits Mehrerträge knapp über 1 % reichen für eine Rentabilität aus. Grundsätzlich muss in der Beurteilung jedoch beachtet werden, dass diese Berechnung für die Gesamte Nutzungsdauer gelten. Die Mehrerträge müssen daher im Schnitt der Jahre erreicht werden, Einzeljahre reichen nicht aus und ggf. einzelne Ertragsdepressionen aufgrund von Dürre etc. müssen berücksichtigt werden. Tab. 10 verdeutlicht zudem, dass selbst bei hohen Mengen Gülle pro ha und einer niedrigen Nutzungsdauer, ein Mehrertrag von über 3 % gegeben sein sollte, welches jedoch im Bereich von HUFFELMANN (2021) liegt, sodass selbst in diesem Fall eine Investition sinnvoll wäre. Auch die zahlreichen anderen Vorteile des NIRS, welche in der Diskussion aufgeführt wurden, sprechen für eine Investition. So ist beispielsweise eine aufwendige Probenahme der Gülle nicht mehr nötig oder die zahlreichen Proben bei verschiedenen Güllen oder vielen kleinen Güllelagerstätten.

Sollte hingegen eine Investition aufgrund der Abgabe von organischen Wirtschaftsdüngern angestrebt werden, sollte von einer Investition abgeraten werden. Nur bei hohen Abgabemengen oder sehr hohen Preisen, scheint eine Investition rentabel zu sein.

Auch eine generelle Tendenz, ohne Fallbeispiel ist wichtig. Sollte die NIRS-Technik auf dem Acker genutzt werden, muss jeder Betrieb individuell eine Entscheidung treffen. Wichtig ist dabei, wie gut der Ackerbau vor der Investition geführt wird und ob weitere Steigerungen überhaupt möglich sind. Zudem muss der Betrieb auch an einen Mehrertrag des NIRS glauben, denn diese sind in der Vielzahl nicht wissenschaftlich nachgewiesen. Daher ist die Tab. 12 aussagekräftig, da eine Investition eher für größere Betriebe über 120 – 150 ha Sinn macht, um einen gewissen Spielraum zu haben, falls der Mehrertrag nicht bei mindestens 3 % liegen sollte. Zudem muss ein Güllefass und ein Durchflussmengensensor vorhanden sein, um in einen NIRS zu investieren. Mit einbezogen werden müssen hingegen auch die Vorteile durch den NIRS, die in Abschnitt 5 näher beleuchtet wurden. So ist die Akzeptanz der Bevölkerung, die einfacherer oder ganz wegfällende Probenahme mit in die Entscheidung einzubeziehen. Zudem steht es außer Frage, dass diese Technik in der Zukunft immer weiter verbessert wird, gerade aufgrund der aufkommenden Erkenntnisse mit KI oder ähnlichen Dingen. Sollten die organischen Dünger jedoch vom Standard abweichen, wird der NIRS an die Grenzen kommen und auch die Kalibrierung sollte regelmäßig und ordnungsgemäß durchgeführt werden.

Alles in allem ist eine Investition für Betriebe über 120 – 150 ha zu empfehlen, da die Vorteile überwiegen und in Zukunft die Wissenschaft und auch die Politik ihren Beitrag dazu beitragen werden, damit die Technik immer besser und zukunftsfähiger wird. Zudem scheinen die nötigen Mehrerträge möglich zu sein und in Demoversuchen über 2 Jahre bestätigt worden.

Auch auf dem Betrieb Burkhard Voß scheint eine Investition Sinn zu machen, da bei dieser Betriebsstruktur eine minimale Ertragssteigerung von 2 % ausreichen würde, um den Break-Even-Point zu erreichen. Wissenschaftlich bestätigte Versuche fehlen, jedoch legen Demoversuche über 2 Jahre positive Ergebnisse durch NIRS-Technik dar. Sollte der Glaube an den möglichen Mehrertrag da sein, sollte der Betrieb eine Investition in Betracht ziehen.

7 Literatur

AVD (2024): E-Mail vom 24.01.2024. Agro-Vermittlungs-Dienst.

BOCKHOLT, K. (2021): Wie analysiert ein NIRS-Sensor die Gülle? <https://www.agrar-heute.com/technik/analysiert-nirs-sensor-guelle-578797> (Zugriff am 15.10.2023).

BUSINESSPILOT (2022): Gründerplattform - Fixkosten berechnen. <https://gruenderplattform.de/unternehmen-gruenden/fixkosten-berechnen> (Zugriff am 14.12.2023).

DLG (2023): DLG-Prüfberichte. <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suchemach-pruefberichten/> (Zugriff am 29.12.2023).

DWD (2023a): Niederschlag: langjährig Mittelwerte 1991 – 2020. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_9120_SV_html.html;jsessionid=BB0E1F1A7BB29685C0693A064111F4A6.live11053?view=nasPublication&nn=16102 (Zugriff am 05.12.2023).

DWD (2023b): Temperatur: langjährige Mittelwerte 1991 – 2020. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/temp_9120_SV_html.html;jsessionid=BB0E1F1A7BB29685C0693A064111F4A6.live11053?view=nasPublication&nn=16102 (Zugriff am 05.12.2023).

FIRMA (o. J.): Variable Kosten: Definition, Beispiele und Berechnung. <https://www.firma.de/rechnungswesen/variable-kosten-definition-berechnung/> (Zugriff am 14.12.2023).

GRIEPENTROG, H.-W., VOLZ, F., RUBENSCHUH, U., SCHUCHMANN, G. (2021): Prüfwesen und Qualitätssicherung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): „Jahrbuch Agrartechnik 2020“. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1 – 8.

GRUNERT, M. (2021): Handlungsoptionen zur weiteren Verbesserung der N-Effizienz in Ackerkulturen mit Blick auf die novellierte Düngeverordnung. https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/7_effektive_organische_Duengung_2021_07_13.pdf (Zugriff am 12.02.2024).

HUFFELMANN, H. (2021): Bis zu 5 % Mehrertrag durch gezielte N-Düngung mit Gülle in Weizen. <https://flurundfurche.de/bis-zu-5-mehrertrag-durch-gezielte-n-duengung-mit-guelle-in-weizen/> (Zugriff am 13.01.2024).

JORISSEN, T., BECKER, S., RECKE, G., HENSELING, C., BEHRENDT, S. (2023): Einsatz von NIRS bei der Gülleausbringung. Getreidemagazin 4/2023, 64 – 66.

KTBL (o. J.): Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Ma-Kost – Maschinenkosten und Reparaturkosten. <https://daten.ktbl.de/makost/#search?language=de-DE> (Zugriff am 12.12.2023).

LFL (o. J.a): NIR-Sensoren zur Nährstoffermittlung in der Gülle. <https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/313805/index.php> (Zugriff am 04.09.2023).

LFL (o. J.b): Anleitung zum Ziehen von Materialproben für Laboruntersuchungen. <https://www.lfl.bayern.de/bodenprobenahme-nmin> (Zugriff am 14.12.2023).

LICHTI, F., THURNER, G. (2018): Überblick landwirtschaftliche Anwendungen mit NIRS-Technologie in der Praxis. Biogas Forum Bayern Nr. II – 32, 2.

LICHTI, F., THURNER, G., HENKELMANN, G. (2018): Überblick landwirtschaftliche Anwendungen mit NIRS-Technologie in der Praxis. Biogas Forum Bayern Nr. II – 32, 4 – 6.

LLG SACHSEN-ANHALT (2022): Wirtschaftlichkeit ausgewählter Produktionsverfahren. In: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (Hrsg.) „Prozesskosten im Ackerbau in Sachsen-Anhalt“. Bernburg: LLG Sachsen-Anhalt, 7 – 26.

LORENZ (2020): Handlungsoptionen zur weiteren Verbesserung der N-Effizienz in Ackerkulturen mit Blick auf die novellierte Düngeverordnung. https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/7_effektive_organische_Duengung_2021_07_13.pdf (Zugriff am 12.02.2024).

RECKLEBEN, Y., HARTUNG, E. (2015): Online-Erfassung von Inhaltsstoffen mit der Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie. <https://dfncloud.fh-kiel.de/s/BMLXqa8MTx9ikAG> (Zugriff am 25.10.2023).

RUBENSCHUH, U., VOLZ, F. (2019): Nährstoffgehalte in Gülle online mit Sensoren bestimmen. DLG kompakt 8/2019, 1 – 8.

SCHLAGGE, B. (2021): Können NIR-Sensoren in der Düngepraxis überzeugen? https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/38789_Koennen_NIR-Sensoren_in_der_Duengepraxis_ueberzeugen (Zugriff am 04.11.2023).

THIESSEN, E. (2021): Der NIR-Sensor als digitales Schauglas für das Güllefass. Bauernblatt, 28 – 29.

TLL (2019): Richtwerte für Herstellungskosten von Silomais, Winterroggen, Winterraps, Wintergerste, Winterweizen. In: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) „Betriebswirtschaftliche Richtwerte zur pflanzlichen Erzeugung“. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 3.

ZUNHAMMER, S., DERCKS, S. (2018): Angebote und Möglichkeiten der NIRS-Analytik bei Zunhammer. In: ALB Bayern (Hrsg.) „Was kann NIRS in der Landwirtschaft leisten?“. Freising: ALB Bayern, 11 – 12.

ZURHAKE, H. (2023): Telefonat vom 04.12.2023. Kotte-Landtechnik.

8 Anhang

Inhaltsverzeichnis

Abb. A1: Angebot NIRS-Technik Firma Kotte (TEBBE 2023).....	34
Abb. A2: Angebot Nachrüstung NIRS-Technik Firma Wienhoff (BRINKMANN 2024).	35
Abb. A3: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß (ESSER 2022).....	36
Abb. A4: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Winterweizen und Wintergerste (Esser 2022).....	37
Abb. A5: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Winterroggen und Raps (Esser 2022).....	38
Abb. A6: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Silomais (Esser 2022).....	39

Kotte Landtechnik | Malgartener Straße 36 | 49597 Rieste
 Hochschule Osnabrück Fakultät Agrarwissenschaft
 1940
 49009 Osnabrück

Angebot	
Seite	1 / 2
Belegnummer	210007790
Datum	01.12.2023
Kundennummer	110367
Ansprechpartner	Julia Tebbe Tel. +49 5464 9611-92 tebbe@kotte-landtechnik.de

Lieferadresse
 Rechnungsadresse gleich Lieferadresse

Kennwort: Frederik Fehrmann

Es freut uns, dass Sie sich für unsere Produkte interessieren. Wir bieten Ihnen wie folgt an:

Po	Artikel	Bezeichnung	Menge	Einzelpreis	Gesamt
1	NAT000001	Nachrüstung AT Basis	1	44.575,00 €	44.575,00 €

Die Position setzt sich aus folgenden Positionen zusammen:

Artikel	Bezeichnung	Menge	Einzelpreis	Gesamt
G 141017	Vorbereitung NW200 für NIRS-Sensor in der Druckleitung in NW 200	1	575,00 €	575,00 €
G 141404	Mehrpreis für NCL-System für 8" Druckleitung Mehrpreis für NCL-System (NutrientContentLab-System), NIRS-Sensor für die Online-Messung von Nährstoffen (Ammoniumstickstoff, Gesamtstickstoff, Phosphor, Kali), sowie TS-Gehalt, Darstellung der Nährstoffwerte im Terminal SmartControl Profi, geschwindigkeitsunabhängige Ausbringung des Flüssigmistes nach Ziel-Nährstoffwerten Stickstoff oder Phosphor, Position des NIRS-Sensors: oben auf der Druckleitung 8' des Behälters bei Pumptankwagen Hinweis: Notwendige Voraussetzung für die Nutzung des NIRS-Sensor ist ein aktiver Durchflussmengenmesser oder eine Bordhydraulik sowie SmartControl Profi Hinweis: Die Lampen im Messkopf sind ein Verschleißteil und damit von der Gewährleistung ausgeschlossen.	1	38.175,00 €	38.175,00 €
G 170024	Mehrpreis für ISOBUS-Gateway Mehrpreis für ISOBUS-Gateway (automatische Teilbreitenschaltung, Vorgewendemanagement) in Kombination mit SmartControl Comfort/Profi Mehrpreis für ISOBUS-Gateway für SmartControl Comfort V2 und Profi V2, ISOBUS Schnittstelle über Gateway mit AEF-zertifizierter Software, unterstützt wird: UT (Universal Terminal), AUX-N, TC-Basic (Auftragsdatenverwaltung), TC-GEO, TC-SC (Section Control - automatische Teilbreitenschaltung, Vorgewendemanagement), Anzeige der wichtigsten Betriebsdaten des Güllewagens im ISOBUS Terminal,	1	2.700,00 €	2.700,00 €

Geschäftsführer
 Maria Kotte, Dr. Stefan Kotte
 Amtsgericht Osnabrück
 Handelsregister Abt. A Nr.: 7119
 USt-IdNr.: DE 177362693

Josef Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG
 Malgartener Straße 36
 49597 Rieste

Bankkonten
 Kreissparkasse Bersenbrück:
 Vereinigte Volksbank eG:
 Oldemb. Landesbank Bramsche:
 Deutsche Bank Bramsche:

IBAN DE60 2655 1540 0022 4201 86 | SWIFT-BIC NOLADE21BEB
 IBAN DE86 2659 0025 6000 0457 00 | SWIFT-BIC GENODEF10SV
 IBAN DE18 2802 0050 5506 1566 00 | SWIFT-BIC OLBODEH2XXX
 IBAN DE06 2657 0090 0150 8555 00 | SWIFT-BIC DEUTDE33265

Angebot	
Seite	2 / 2
Belegnummer	210007790
Datum	01.12.2023

Po	Artikel	Bezeichnung	Menge	Einzelpreis	Gesamt
		<p>Bedienung von wichtigen Fassfunktionen über das ISOBUS Terminal (Starten und Stoppen der Automatiklinien, Hubwerk, Gestänge ein- und ausklappen), Applikationskarte als Sollwert-Vorgabe, Aufzeichnung der aktuellen Werte, Export von Auftragsdaten, inkl. Verbindungskabel ISOBUS Incab auf M12 1,5m lang Hinweis: SectionControl über ISOBUS der Zugmaschine ist Voraussetzung für TC-SC (Bitte separate Freischaltung beachten!). Ebenfalls muss die Teilbreitenschaltung über Schieber bzw. ComfortFlowControl bei der Applikationstechnik vorhanden sein. Hinweis: Im Fall einer Nachrüstung des ISOBUS Gateway muss zwingend ein Software-Update durch Fa. Kotte vorgenommen werden.</p>			
	G 170021	NCL für SmartControl Comfort/Profi	1	1.625,00 €	1.625,00 €
		<p>NutrientContentLab für SmartControl Comfort V2 und Profi V2, geschwindigkeitsunabhängige Ausbringung des Flüssigmistes nach Ziel-Nährstoffwerten Stickstoff oder Phosphor</p>			
	Sonderartikel 1	Einbau und Verkabelung NIRSsensor	1	1.500,00 €	1.500,00 €

Abb. A1: Angebot NIRS-Technik Firma Kotte (TEBBE 2023)



Ihr Anspruch ist unser Antrieb!

Landmaschinen Wienhoff GmbH • Im Sande 50 • 49844 Bawinkel

Beratungsring Aschendorf- Hasselbrock e.V
Dr. Horstmann Straße 7

26871 Aschendorf

Seite: 1
Kunden Nr.: 10642
Bearbeiter: C. Brinkmann
Datum: 10.01.2024

Angebot Nr. 83866

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage und unterbreiten Ihnen folgendes Angebot

Pos	Menge	Text	Einzelpreis	Gesamtpreis
		Nachrüstung NIRS Sensor am bestehenden Wienhoff Güllewagen.		
1	1,00	Nachrüstung NIRS Technik IsoBus Kabelvon E-Kiste zur IsoBus Dose oben inkl. IsoBus Dose	2.570,00 €	2.570,00 €
2	1,00	Wienhoff 8 Zoll NirSensor Vorbereitung Zsb	910,00 €	910,00 €
3	1,00	Adapterkabel Isobus MUT Nir Sensor	230,00 €	230,00 €
4	1,00	VAN-Control 2.0 NIR-Sensor mit Job-Rechner MUT NIRS SENSOR	26.840,00 €	26.840,00 €
5	1,00	VAN-Control 2.0 Datenbank MUT NIRS SENSOR	10.560,00 €	10.560,00 €
Gesamt Netto				41.110,00 €
zzgl. 19,00 % MwSt. auf			41.110,00 €	7.810,90 €
Gesamtbetrag				48.920,90 €

Zahlbar netto kasse.

Lieferung ab Werk

Wir hoffen Ihnen ein günstiges Angebot unterbreitet zu haben und erwarten gerne Ihren Auftrag.
An dieses Angebot halten wir uns 14 Tage gebunden.

Mit freundlichen Grüßen

Geschäftsführer: Andreas Dieker
Handelsregister Osnabrück HRB 100601
Ust.-Ident-Nr. DE 199 503 722
Steuer-Nr. 61/204/03802

Volksbank Lingen eG
BLZ 266 600 60 · Kto.-Nr. 16 060 100
IBAN: DE 52 2666 0060 0016 0601 00
BIC: GENODEF1LIG

Sparkasse Emsland
BLZ 266 500 01 - Kto.-Nr. 1 091 092 112
IBAN: DE 31 2665 0001 1091 0921 12
BIC: NOLADE21EMS

Abb. A2: Angebot Nachrüstung NIRS-Technik Firma Wienhoff (BRINKMANN 2024)

Vertikalvergleich Ackerbau

Burkhard Voß

		Mittel	2016 Brutto	2017 Brutto	2018 Brutto	2019 Brutto	2020 Brutto	2021 Netto	Vorschätzung 2022		
1	Ackerfläche	ha	170,9 ha	167,1 ha	173,3 ha	173,2 ha	170,5 ha	170,5 ha	171,1 ha	168,6 ha	
2	davon Brache ohne n. Rohst.	%	2,2%	3,0%	3,0%	2,9%	1,3%	1,3%	1,9%	2,4%	
3	Leistung	Marktleistung	€ / ha	1.686 €	1.445 €	1.529 €	1.714 €	1.559 €	1.570 €	2.300 €	2.141 €
4		Öffentliche Direktzahlungen	€ / ha	306 €	320 €	326 €	307 €	311 €	284 €	287 €	293 €
5		Sonstiges (incl. Erlöse Zwischenfr.)	€ / ha								
6	Umsatz Ackerbau	€ / ha	1.992 €	1.765 €	1.854 €	2.021 €	1.870 €	1.854 €	2.587 €	2.435 €	
7	Direktkosten	Saat-, Pflanzgut (Zukauf)	€ / ha	89 €	92 €	68 €	98 €	85 €	97 €	96 €	85 €
8		Saat-, Pflanzgut (eigen)	€ / ha								
9		Dünger (Zukauf)	€ / ha	99 €	107 €	137 €	93 €	114 €	89 €	56 €	158 €
10		davon N-Dünger	€ / ha	69 €	100 €	135 €	53 €	58 €	45 €	22 €	93 €
11		davon G-Dünger	€ / ha	30 €	7 €	2 €	39 €	56 €	43 €	33 €	65 €
13		Pflanzenschutz	€ / ha	214 €	224 €	246 €	222 €	211 €	176 €	202 €	200 €
14		Strom/Heizöl/Wasser	€ / ha	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €
15		Hagelversicherung	€ / ha	10 €	11 €	12 €	11 €	11 €	11 €	2 €	8 €
16		Sonstiges (incl. Kosten Zwischenfr.)	€ / ha	5 €	5 €	4 €	4 €	8 €	1 €	6 €	17 €
17		Zinsansatz Umlaufkapital	€ / ha	14 €	16 €	16 €	15 €	15 €	5 €	14 €	16 €
18	Direktkosten	€ / ha	435 €	460 €	488 €	448 €	450 €	384 €	381 €	489 €	
19	Direktkostenfreie Leistung incl. Prämien	€/ha	1.557 €	1.305 €	1.367 €	1.574 €	1.419 €	1.470 €	2.206 €	1.946 €	
20	Arbeitsleistungskosten	Personalaufwand Mitarbeiter	€ / ha	75 €	80 €	86 €	50 €	67 €	67 €	101 €	103 €
21		Lohnansatz Unternehmer	€ / ha	72 €	72 €	73 €	74 €	68 €	73 €	74 €	75 €
22		Personalaufwand/Lohnansatz	€ / ha	148 €	152 €	159 €	124 €	136 €	140 €	175 €	179 €
23		Berufsgenossenschaft	€ / ha	9 €	11 €	11 €	11 €	7 €	7 €	8 €	8 €
24		Lohnarbeit und Maschinenmiete	€ / ha	170 €	129 €	175 €	153 €	210 €	211 €	143 €	145 €
25		Reparaturen inkl. PKW	€ / ha	70 €	94 €	61 €	70 €	64 €	83 €	51 €	52 €
26		Treibstoffe / Öle	€ / ha	84 €	82 €	53 €	97 €	101 €	80 €	93 €	95 €
27		AfA Schlepper	€ / ha	87 €	92 €	88 €	84 €	85 €	81 €	88 €	90 €
28		AfA Bodenb./Saat	€ / ha	25 €	26 €	25 €	23 €	25 €	24 €	24 €	25 €
29		AfA Düng./Pfl.	€ / ha	51 €	23 €	26 €	42 €	81 €	67 €	66 €	68 €
30		AfA Ernte	€ / ha								
31		AfA Sonst.	€ / ha	2 €	3 €	3 €	2 €	2 €	2 €	2 €	2 €
32	Abschreibung Maschinen	€ / ha	164 €	144 €	142 €	152 €	193 €	174 €	180 €	184 €	
33	Zinsansatz Maschinenkapital	€ / ha	31 €	29 €	28 €	36 €	40 €	13 €	36 €	37 €	
34	Arbeitsleistungskosten:	€ / ha	676 €	641 €	629 €	644 €	751 €	708 €	686 €	692 €	
35	DAL-Kosten freie Leistung incl. Prämien	€/ha	880 €	664 €	738 €	929 €	669 €	761 €	1.520 €	1.254 €	
36	Maschinenneuwert	€ / ha	1.714 €	1.447 €	1.421 €	1.822 €	2.017 €	1.763 €	1.811 €	1.851 €	
37	Maschinenkosten incl. Zins	€ / ha	520 €	478 €	459 €	508 €	608 €	561 €	504 €	513 €	
38	Gebäudekosten	Unterhaltung	€ / ha	5 €	2 €	10 €	4 €	11 €	2 €	1 €	1 €
39		Abschreibung	€ / ha	21 €	17 €	19 €	19 €	22 €	23 €	23 €	24 €
40		Miete	€ / ha								
41		Versicherung	€ / ha	6 €	8 €	5 €	5 €	5 €	8 €	5 €	5 €
42		Zinsansatz Gebäudekapital	€ / ha	9 €	8 €	8 €	9 €	12 €	4 €	12 €	12 €
43		Gebäudekosten	€ / ha	40 €	35 €	42 €	37 €	49 €	36 €	41 €	42 €
44	Flächenkosten	Pachten und Pachtansatz	€ / ha	581 €	538 €	523 €	527 €	667 €	615 €	618 €	632 €
46		Grundsteuer / Kammerumlage etc.	€ / ha	12 €	11 €	11 €	11 €	11 €	11 €	16 €	16 €
47	Flächenkosten	€ / ha	593 €	549 €	534 €	538 €	678 €	626 €	634 €	648 €	
48	Allgemeine Kosten	sonst. Versicherungen	€ / ha	6 €	8 €	5 €	5 €	5 €	8 €	5 €	5 €
49		Allg. Wirtschaftskosten	€ / ha	62 €	77 €	60 €	53 €	61 €	69 €	49 €	50 €
50		sonstige Kosten	€ / ha	2 €	5 €	2 €	2 €	2 €	1 €	1 €	1 €
51		Allgemeine Kosten	€ / ha	70 €	91 €	66 €	59 €	68 €	78 €	56 €	57 €
52	Gesamtkosten (incl. Direktkosten)	€ / ha	1.815 €	1.776 €	1.759 €	1.726 €	1.995 €	1.833 €	1.799 €	1.928 €	
53	Unternehmergewinn incl. Prämien (netto)	€/ha	177 €	-11 €	96 €	295 €	-125 €	21 €	788 €	506 €	
54	Pauschalierungsvorteil										
55	Unternehmergewinn	€/ha	177 €	-11 €	96 €	295 €	-125 €	21 €	788 €	506 €	
56	(incl. Pauschalierungsvorteil)	EUR	30.490 €	-1.883 €	16.603 €	51.112 €	-21.376 €	3.617 €	134.869 €	85.358 €	
57	Reinertrag/Grundrente	€ / ha	812 €	579 €	671 €	883 €	609 €	659 €	1.468 €	1.204 €	
58	Nettorentabilität	%	141%	85%	116%	168%	63%	102%	310%	235%	
59	Kapitalertrag	€ / ha	230 €	41 €	148 €	356 €	-58 €	44 €	850 €	572 €	
60	Kapital - Acker-zu verzinsen	€ / ha	1.482 €	1.304 €	1.310 €	1.525 €	1.689 €	1.513 €	1.551 €	1.647 €	
61	Verzinsung	%	15,3%	3,1%	11,3%	23,4%	-3,4%	2,9%	54,8%	34,7%	
62	Pflanzenschutz/prod. Fläche	€ / ha	219 €	231 €	254 €	228 €	214 €	178 €	206 €	205 €	
63	Dünger/prod. Fläche	€ / ha	102 €	111 €	141 €	95 €	116 €	90 €	57 €	162 €	
64	Dieselverbrauch	l/ha	86 l	84 l	62 l	92 l	93 l	88 l	95 l	97 l	
65	Schlepperstunden	Std./ha	8,2 Std.	9,4 Std.	6,2 Std.	6,9 Std.	8,8 Std.		9,4 Std.	9,6 Std.	
66	Ertrag WW	dt/ha	86,1 dt	83,0 dt	85,9 dt	87,3 dt	89,2 dt	80,7 dt	90,4 dt	93,8 dt	
67	Ertrag WG	dt/ha	82,2 dt	83,9 dt	87,2 dt	76,6 dt	82,0 dt	75,0 dt	88,3 dt	95,8 dt	
68	Ertrag Rog/Tri	dt/ha	78,5 dt					78,5 dt			
70	Ertrag Raps	dt/ha	38,8 dt	39,0 dt	38,9 dt	33,8 dt	36,8 dt	41,4 dt	42,8 dt	43,7 dt	
71	Ertrag CCM	dt/ha									

Abb. A3: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß (ESSER 2022)

Vertikalvergleich Ackerkulturen

05.12.2022

				2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung	
				Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022	
1	W.-Weizen		Mittel %	46%	46%	47%	50%	32%	39%	37%	
2	Leistung	Ertrag	dt/ha	86,1 dt	83,0 dt	85,9 dt	87,3 dt	89,2 dt	80,7 dt	90,4 dt	93,8 dt
3		Erlös	€/dt	21,3 €	17,9 €	18,5 €	22,0 €	19,9 €	21,2 €	28,4 €	29,4 €
4		Nebenleistungen	€/ha	9 €		9 €					
5		Qualität	%								
6		Umsatz (ohne Prämie)	€/ha	1.843 €	1.489 €	1.595 €	1.920 €	1.775 €	1.710 €	2.567 €	2.757 €
7	Direktkosten	Saatgut	€/ha	87 €	87 €	37 €	107 €	130 €	77 €	83 €	50 €
8		Stickstoffdünger	€/ha	75 €	108 €	146 €	57 €	65 €	52 €	24 €	96 €
9		Grunddünger	€/ha	30 €	7 €	2 €	40 €	56 €	44 €	34 €	66 €
10		Summe Dünger	€/ha	106 €	115 €	148 €	98 €	121 €	96 €	58 €	163 €
11		Herbizide	€/ha								
12		Fungizide	€/ha								
13		Insektizide	€/ha								
14		Regulatoren	€/ha								
15		Sonstige	€/ha	242 €	252 €	268 €	241 €	230 €	227 €	233 €	249 €
16		Summe PFS	€/ha	242 €	252 €	268 €	241 €	230 €	227 €	233 €	249 €
17		Strom/Heizöl/Wasser	€/ha	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €
18		Sonstiges inkl. Hagelversicherung	€/ha	14 €	16 €	16 €	15 €	19 €	13 €	8 €	26 €
19		Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha	18 €	16 €	15 €	16 €	18 €	5 €	40 €	42 €
20		Summe Direktkosten inkl. Zins	€/ha	473 €	491 €	489 €	482 €	523 €	424 €	427 €	534 €
21	Direktkostenfreie Leistung (ohne Prämien)		€/ha	1.370 €	998 €	1.105 €	1.437 €	1.252 €	1.286 €	2.141 €	2.222 €
22	AEL	Löhne/Lohnansatz	€/ha	144 €	147 €	153 €	119 €	129 €	140 €	175 €	179 €
23		Maschinenkosten inkl. Zins	€/ha	524 €	480 €	455 €	499 €	614 €	573 €	525 €	551 €
24		Arbeitsleistungskosten incl. BG	€/ha	668 €	627 €	608 €	618 €	743 €	713 €	700 €	730 €
25	DAL-Kosten freie Leistung		€/ha	702 €	371 €	497 €	819 €	509 €	573 €	1.441 €	1.492 €
26	Gebäudekosten	€/ha	39 €	34 €	40 €	35 €	46 €	36 €	41 €	42 €	
27	Flächenkosten	€/ha	587 €	542 €	527 €	530 €	661 €	626 €	634 €	648 €	
28	Allgemeinkosten	€/ha	68 €	88 €	64 €	57 €	64 €	78 €	56 €	57 €	
29	Unternehmergewinn ohne Prämie		€/ha	8 €	-292 €	-134 €	197 €	-263 €	-167 €	709 €	745 €
30	Öffentliche Direktzahlungen		€/ha	286 €	308 €	298 €	294 €	278 €	264 €	274 €	277 €
31	Unternehmergewinn incl. Prämie		€/ha	295 €	16 €	164 €	491 €	16 €	97 €	984 €	1.022 €
32	Reinertrag/Grundrente		€/ha	957 €	574 €	762 €	1.107 €	771 €	799 €	1.731 €	1.787 €
33	Prod. Kosten I		€/dt	5 €	6 €	6 €	6 €	5 €	5 €	6 €	
34	Prod. Kosten II		€/dt	21 €	21 €	20 €	20 €	23 €	23 €	21 €	

				2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung	
				Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022	
1	W.-Gerste		Mittel %	27%	21%	21%	20%	21%	19%	18%	
2	Leistung	Ertrag	dt/ha	82,2 dt	83,9 dt	87,2 dt	76,6 dt	82,0 dt	75,0 dt	88,3 dt	95,8 dt
3		Erlös	€/dt	20,1 €	16,0 €	17,8 €	21,7 €	18,5 €	19,4 €	27,1 €	27,7 €
4		Nebenleistungen	€/ha	9 €		9 €					
5		Qualität	%								
6		Umsatz (ohne Prämie)	€/ha	1.656 €	1.346 €	1.563 €	1.663 €	1.516 €	1.455 €	2.395 €	2.651 €
7	Direktkosten	Saatgut	€/ha	71 €	75 €	71 €	70 €	40 €	88 €	82 €	63 €
8		Stickstoffdünger	€/ha	64 €	83 €	125 €	49 €	56 €	45 €	24 €	96 €
9		Grunddünger	€/ha	30 €	7 €	2 €	40 €	56 €	44 €	34 €	66 €
10		Summe Dünger	€/ha	94 €	90 €	127 €	90 €	112 €	89 €	58 €	163 €
11		Herbizide	€/ha								
12		Fungizide	€/ha								
13		Insektizide	€/ha								
14		Regulatoren	€/ha								
15		Sonstige	€/ha	237 €	252 €	268 €	241 €	230 €	204 €	227 €	249 €
16		Summe PFS	€/ha	237 €	252 €	268 €	241 €	230 €	204 €	227 €	249 €
17		Strom/Heizöl/Wasser	€/ha	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €
18		Sonstiges inkl. Hagelversicherung	€/ha	14 €	16 €	16 €	15 €	19 €	13 €	8 €	26 €
19		Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha	16 €	15 €	16 €	14 €	14 €	5 €	33 €	37 €
20		Summe Direktkosten inkl. Zins	€/ha	438 €	452 €	503 €	435 €	419 €	404 €	413 €	543 €
21	Direktkostenfreie Leistung (ohne Prämien)		€/ha	1.219 €	894 €	1.060 €	1.228 €	1.097 €	1.051 €	1.981 €	2.108 €
22	AEL	Löhne/Lohnansatz	€/ha	144 €	147 €	153 €	119 €	129 €	140 €	175 €	179 €
23		Maschinenkosten inkl. Zins	€/ha	524 €	480 €	455 €	499 €	614 €	573 €	525 €	551 €
24		Arbeitsleistungskosten incl. BG	€/ha	668 €	627 €	608 €	618 €	743 €	713 €	700 €	730 €
25	DAL-Kosten freie Leistung		€/ha	550 €	267 €	452 €	610 €	354 €	337 €	1.282 €	1.378 €
26	Gebäudekosten	€/ha	39 €	34 €	40 €	35 €	46 €	36 €	41 €	42 €	
27	Flächenkosten	€/ha	587 €	542 €	527 €	530 €	661 €	626 €	634 €	648 €	
28	Allgemeinkosten	€/ha	68 €	88 €	64 €	57 €	64 €	78 €	56 €	57 €	
29	Unternehmergewinn ohne Prämie		€/ha	-143 €	-396 €	-179 €	-12 €	-418 €	-403 €	550 €	631 €
30	Öffentliche Direktzahlungen		€/ha	286 €	308 €	298 €	294 €	278 €	264 €	274 €	277 €
31	Unternehmergewinn incl. Prämie		€/ha	143 €	-88 €	119 €	282 €	-140 €	-138 €	825 €	908 €
32	Reinertrag/Grundrente		€/ha	751 €	468 €	666 €	831 €	539 €	498 €	1.502 €	1.597 €
33	Prod. Kosten I		€/dt	5 €	5 €	6 €	6 €	5 €	5 €	6 €	
34	Prod. Kosten II		€/dt	22 €	21 €	20 €	22 €	24 €	25 €	21 €	

Abb. A4: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Winterweizen und Wintergerste (Esser 2022)

Vertikalvergleich Ackerkulturen

05.12.2022

				2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung	
				Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022	
1 Roggen				Mittel						8%	8%
2	Leistung	Ertrag	dt/ha	85,3 dt						85,3 dt	
3		Erlös	€/dt	26,2 €						26,2 €	
4		Nebenleistungen	€/ha								
5		Qualität	%								
6		Umsatz (ohne Prämie)	€/ha	2.235 €						2.235 €	
7	Saatgut	€/ha	148 €						148 €		
8	Direktkosten	Stickstoffdünger	€/ha	24 €						24 €	
9		Grunddünger	€/ha	34 €						34 €	
10		Summe Dünger	€/ha	58 €						58 €	
11		Herbizide	€/ha								
12		Fungizide	€/ha								
13		Insektizide	€/ha								
14		Regulatoren	€/ha								
15		Sonstige	€/ha	227 €						227 €	
16		Summe PFS	€/ha	227 €						227 €	
17		Strom/Heizöl/Wasser	€/ha	5 €						5 €	
18	Sonstiges inkl. Hagelversicherung	€/ha	8 €						8 €		
19	Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha	24 €						24 €		
20	Summe Direktkosten inkl. Zins	€/ha	471 €						471 €		
21	Direktkostenfreie Leistung (ohne Prämien)	€/ha	1.764 €						1.764 €		
22	AEL	Löhne/Lohnansatz	€/ha	175 €						175 €	
23		Maschinenkosten inkl. Zins	€/ha	525 €						525 €	
24		Arbeitsverledigungskosten incl. BG	€/ha	700 €						700 €	
25	DAL-Kosten freie Leistung	€/ha	1.064 €						1.064 €		
26		Gebäudekosten	€/ha	41 €						41 €	
27		Flächenkosten	€/ha	634 €						634 €	
28		Allgemeinkosten	€/ha	56 €						56 €	
29	Unternehmergewinn ohne Prämie	€/ha	333 €						333 €		
30	Öffentliche Direktzahlungen	€/ha	274 €						274 €		
31	Unternehmergewinn incl. Prämie	€/ha	607 €						607 €		
32	Reinertrag/Grundrente	€/ha	1.338 €						1.338 €		
33		Prod. Kosten I	€/dt	6 €						6 €	
34		Prod. Kosten II	€/dt	22 €						22 €	

				2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung	
				Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022	
1 Raps				Mittel						15%	18%
2	Leistung	Ertrag	dt/ha	38,8 dt	39,0 dt	38,9 dt	33,8 dt	36,8 dt	41,4 dt	42,8 dt	43,7 dt
3		Erlös	€/dt	45,4 €	40,7 €	42,2 €	45,8 €	42,8 €	49,3 €	51,6 €	81,5 €
4		Nebenleistungen	€/ha								
5		Qualität	%								
6		Umsatz (ohne Prämie)	€/ha	1.766 €	1.587 €	1.641 €	1.550 €	1.572 €	2.039 €	2.208 €	3.562 €
7	Saatgut	€/ha	71 €	59 €	86 €	63 €	80 €	80 €	61 €	82 €	
8	Direktkosten	Stickstoffdünger	€/ha	76 €	132 €	139 €	55 €	62 €	50 €	21 €	77 €
9		Grunddünger	€/ha	30 €	7 €	2 €	40 €	56 €	44 €	34 €	66 €
10		Summe Dünger	€/ha	107 €	139 €	141 €	95 €	118 €	94 €	55 €	143 €
11		Herbizide	€/ha								
12		Fungizide	€/ha								
13		Insektizide	€/ha								
14		Regulatoren	€/ha								
15		Sonstige	€/ha	237 €	277 €	295 €	265 €	253 €	136 €	193 €	222 €
16		Summe PFS	€/ha	237 €	277 €	295 €	265 €	253 €	136 €	193 €	222 €
17		Strom/Heizöl/Wasser	€/ha	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €
18	Sonstiges inkl. Hagelversicherung	€/ha	14 €	16 €	16 €	15 €	19 €	13 €	8 €	26 €	
19	Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha	16 €	16 €	18 €	15 €	16 €	5 €	28 €	75 €	
20	Summe Direktkosten inkl. Zins	€/ha	451 €	512 €	560 €	458 €	491 €	332 €	350 €	553 €	
21	Direktkostenfreie Leistung (ohne Prämien)	€/ha	1.316 €	1.075 €	1.081 €	1.093 €	1.080 €	1.707 €	1.857 €	3.009 €	
22	AEL	Löhne/Lohnansatz	€/ha	144 €	147 €	153 €	119 €	129 €	140 €	175 €	179 €
23		Maschinenkosten inkl. Zins	€/ha	525 €	480 €	455 €	499 €	619 €	573 €	525 €	551 €
24		Arbeitsverledigungskosten incl. BG	€/ha	669 €	627 €	608 €	618 €	747 €	713 €	700 €	730 €
25	DAL-Kosten freie Leistung	€/ha	647 €	448 €	473 €	474 €	333 €	994 €	1.158 €	2.280 €	
26		Gebäudekosten	€/ha	39 €	34 €	40 €	35 €	46 €	36 €	41 €	42 €
27		Flächenkosten	€/ha	587 €	542 €	527 €	530 €	661 €	626 €	634 €	648 €
28		Allgemeinkosten	€/ha	68 €	88 €	64 €	57 €	64 €	78 €	56 €	57 €
29	Unternehmergewinn ohne Prämie	€/ha	-47 €	-215 €	-158 €	-148 €	-439 €	254 €	426 €	1.532 €	
30	Öffentliche Direktzahlungen	€/ha	286 €	308 €	298 €	294 €	278 €	264 €	274 €	277 €	
31	Unternehmergewinn incl. Prämie	€/ha	240 €	93 €	140 €	147 €	-161 €	518 €	700 €	1.810 €	
32	Reinertrag/Grundrente	€/ha	900 €	651 €	740 €	761 €	594 €	1.220 €	1.436 €	2.607 €	
33		Prod. Kosten I	€/dt	12 €	13 €	14 €	14 €	13 €	8 €	8 €	13 €
34		Prod. Kosten II	€/dt	47 €	46 €	46 €	50 €	55 €	43 €	42 €	46 €

Abb. A5: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Winterroggen und Raps (Es-ser 2022)

Vertikalvergleich Ackerkulturen

05.12.2022

			Mittel	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Vorschätzung
				Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Brutto	Netto	2022
1	Silomais		% 13%	15%	12%	12%	9%	20%	9%	20%
2	Leistung	Ertrag	dt/ha 470,4 dt	480,0 dt	496,0 dt	474,7 dt	390,0 dt	438,5 dt	543,4 dt	
3		Erlös	€/dt 3,3 €	3,5 €	2,9 €	3,5 €	3,4 €	3,4 €	3,2 €	
4		Nebenleistungen	€/ha							
5		Qualität	%							
6		Umsatz (ohne Prämie)	€/ha 1.561 €	1.699 €	1.429 €	1.648 €	1.342 €	1.497 €	1.751 €	
7	Direktkosten	Saatgut	€/ha 183 €	174 €	172 €	190 €	182 €	200 €	196 €	
8		Stickstoffdünger	€/ha 74 €	109 €	139 €	55 €	62 €	45 €	32 €	
9		Grunddünger	€/ha 30 €	7 €	2 €	40 €	56 €	44 €	34 €	
10		Summe Dünger	€/ha 104 €	116 €	141 €	95 €	118 €	89 €	66 €	
11		Herbizide	€/ha							
12		Fungizide	€/ha							
13		Insektizide	€/ha							
14		Regulatoren	€/ha							
15		Sonstige	€/ha 98 €	101 €	107 €	96 €	92 €	102 €	91 €	111 €
16		Summe PFS	€/ha 98 €	101 €	107 €	96 €	92 €	102 €	91 €	111 €
17	Strom/Heizöl/Wasser	€/ha 5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	5 €	
18	Sonstiges inkl. Hagelversicherung	€/ha 14 €	16 €	16 €	15 €	19 €	13 €	8 €	26 €	
19	Zinsansatz Umlaufkapital	€/ha 13 €	17 €	17 €	16 €	10 €	6 €	14 €	-65 €	
20	Summe Direktkosten inkl. Zins	€/ha 388 €	428 €	458 €	418 €	244 €	396 €	383 €	468 €	
21	Direktkostenfreie Leistung (ohne Prämien)		€/ha 1.173 €	1.270 €	970 €	1.230 €	1.098 €	1.101 €	1.368 €	-468 €
22	AEL	Löhne/Lohnansatz	€/ha 144 €	147 €	153 €	119 €	129 €	140 €	175 €	179 €
23		Maschinenkosten inkl. Zins	€/ha 471 €	405 €	445 €	489 €	549 €	549 €	388 €	423 €
24		Arbeitsleistungskosten incl. BG	€/ha 615 €	552 €	598 €	608 €	677 €	689 €	563 €	602 €
25	DAL-Kosten freie Leistung		€/ha 558 €	719 €	372 €	622 €	420 €	412 €	805 €	-1.069 €
26	Gebäudekosten	€/ha 39 €	34 €	40 €	35 €	46 €	36 €	41 €	42 €	
27	Flächenkosten	€/ha 587 €	542 €	527 €	530 €	661 €	626 €	634 €	648 €	
28	Allgemeinkosten	€/ha 68 €	88 €	64 €	57 €	64 €	78 €	56 €	57 €	
29	Unternehmensgewinn ohne Prämie		€/ha -135 €	55 €	-259 €	0 €	-352 €	-328 €	73 €	-1.817 €
30	Öffentliche Direktzahlungen		€/ha 286 €	308 €	298 €	294 €	278 €	264 €	274 €	277 €
31	Unternehmensgewinn incl. Prämie		€/ha 151 €	363 €	39 €	294 €	-73 €	-64 €	348 €	-1.539 €
32	Reinertrag/Grundrente		€/ha 809 €	922 €	639 €	910 €	674 €	638 €	1.068 €	-882 €
33	Prod. Kosten I	€/dt 1 €	1 €	1 €	1 €	1 €	1 €	1 €	1 €	
34	Prod. Kosten II	€/dt 4 €	3 €	3 €	3 €	4 €	4 €	4 €	3 €	

Abb. A6: Vertikalvergleich Betrieb Burkhard Voß für Silomais (Esser 2022)

Eidesstattliche Erklärung:

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift