



Ertragserfassung im Grünland und Feldfutterbau

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Maria Schneider und Stefan Thurner
Institut für Landtechnik
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising
E-Mail: ILT@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 8640-3450

1. Auflage: Dezember 2025

Titelfoto: Christiane Pietsch



Ertragserfassung im Grünland und Feldfutterbau

Handlungsempfehlung für Landwirte und Lohnunternehmen

Maria Schneider
Stefan Thurner

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung	5
2	Managementinstrument Ertragserfassung	5
2.1	Optimierungspotentiale	6
2.1.1	Grünlandbewirtschaftung	6
2.1.2	Silierprozess	7
2.1.3	Fütterung	7
2.2	Nutzen und Aufwand der Ertragserfassung	8
2.2.1	Monetärer Nutzen.....	8
2.2.2	Innerbetrieblicher Nutzen.....	8
2.2.3	Aufwand für die Ertragserfassung.....	9
3	Möglichkeiten zur Ertragserfassung	9
3.1	Wiegung über Fuhrwerkswaage/Achslastwaage/Wiegesystem im Abfuhrgespann mit manueller Probenahme	9
3.2	Sensorgestützte Ertragserfassung am Feldhäcksler.....	11
3.3	Satellitengestützte Ertragsschätzung	12
4	Sensorgestützte Ertragserfassung am Feldhäcksler	13
4.1	Genauigkeit	13
4.2	Datenmanagement	15
5	Checkliste	18
5.1	Für den Landwirt	18
5.2	Für den Lohnunternehmer	19
6	Erfahrungsberichte aus der Praxis.....	20
6.1	Aus Sicht eines praktizierenden Landwirts	20
6.2	Aus Sicht eines Lohnunternehmers	20

1 Einleitung

Stetig steigende Anforderungen an die Milchviehwirtschaft zwingen die Landwirte, ihre betriebliche Effizienz zu steigern. Flächenknappheit, steigende Pachtpreise und Betriebskosten sowie hohe Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft sind nur einige Gründe, welche eine Betriebsoptimierung notwendig machen. Das meist unbekannte und somit oft ungenutzte Potential im Bereich der Grünlandbewirtschaftung und auch im Feldfutterbau erweist sich dabei als eine entscheidende Stellschraube. Vor allem mit einer effizienten Grobfutterproduktion und -konservierung können Kosten in höherem Umfang eingespart und die Futterqualität verbessert werden. Vielen Landwirten sind die Vorteile und der Nutzen einer ganzjährigen Ertragserfassung nicht bekannt. Diese Handlungsempfehlung soll daher Aufschluss über das Managementinstrument „Ertragserfassung“ geben und dessen Nutzen für die Landwirte aufzeigen. Sie soll eine Entscheidungsgrundlage für Landwirte darstellen, ob und in welcher Form die Ertragserfassung auf dem Betrieb umgesetzt werden kann. Zusätzlich erhält der Leser Informationen zur Genauigkeit und zur Funktionalität der sensorgestützten Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH). Ein entscheidender und auch sehr umfangreicher Aspekt ist das anschließende Datenmanagement. Da dies meist den zeitintensivsten Teil der Ertragserfassung ausmacht, ist es wichtig, den Landwirt vorab an das Thema heranzuführen und einen Überblick über die wichtigsten Bausteine zu geben. Die einzelnen Schritte zur Umsetzung einer Ertragserfassung am eigenen Betrieb werden anschließend in einer Checkliste zusammengefasst. Dadurch lassen sich im Vorhinein ggf. Fehlerquellen vermeiden. Abschließend sollen Erfahrungsberichte von einem Landwirt und einem Lohnunternehmer, die beide die Technik bereits nutzen, dem Leser einen Eindruck aus der Praxis geben.

2 Managementinstrument Ertragserfassung

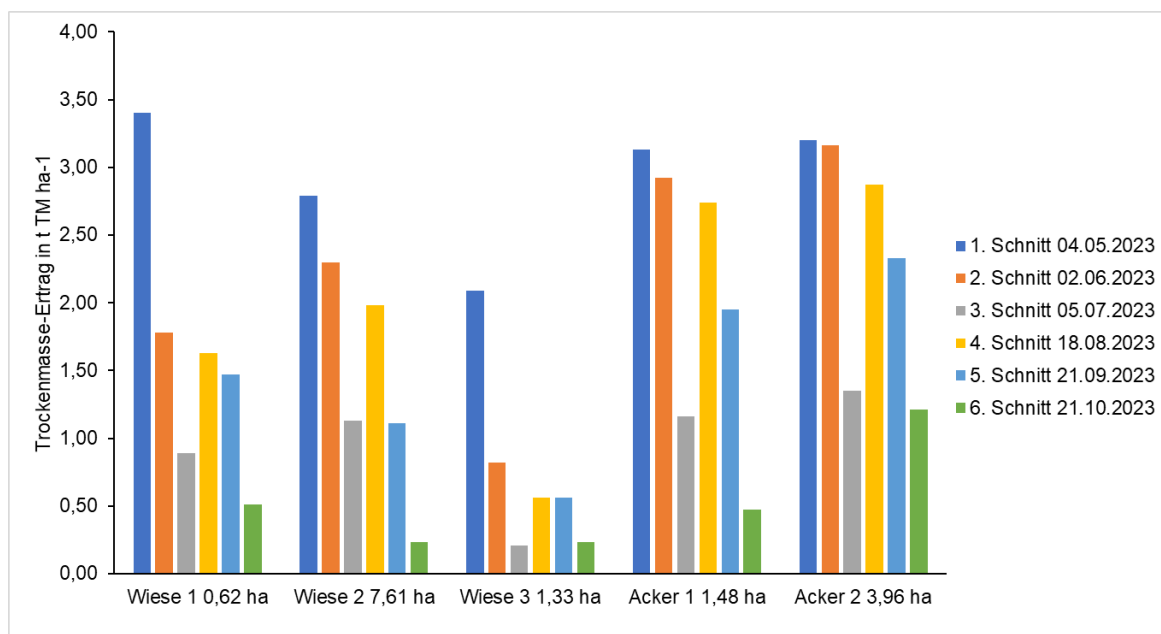


Abbildung 1: Trockenmasse- (TM-) Ertrag für verschiedene Grünland- und Klee grasbestände im Jahr 2023 auf einem DigiMilch-Betrieb in Oberbayern

Da Grünland häufig auf Grenzstandorten zu finden ist, sind dort erhebliche Ertragsunterschiede – auch innerhalb eines Schlags – keine Seltenheit. Die Schwankungen zwischen dem Schlag mit dem höchsten Ertrag und dem mit dem niedrigsten auf einem Betrieb können, so wie Abbildung 1 zeigt, groß sein und sind im Grünland ausgeprägter als vom Ackerland gewöhnt. Auch die Schwankungen zwischen den Jahren können beachtlich sein. Um die Ertragsunterschiede und -potentiale zu erkennen, ist es wichtig, die Erträge bei jedem Schnitt zu erfassen. Zielgröße ist immer der Jahrestrockenmasseertrag, der sich nur durch regelmäßige und ganzjährige Erfassung der Erträge generieren lässt. Diese Handlungsempfehlung soll aufzeigen, welche Optimierungspotentiale eine durchgehende Ertragserfassung in verschiedenen Bereichen bringt und welchen Nutzen dies für den Landwirt hat. Die Möglichkeiten, die es zur Umsetzung gibt, werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

2.1 Optimierungspotentiale

2.1.1 Grünlandbewirtschaftung

Grünlandpflege:

- Gezielte schlag- oder teilschlagspezifische Nach- oder Übersaat nach Ertragskarte
- Identifikation und Reduzierung von gemeiner Rispe
- Erfolgskontrolle von Grünlandverbesserungsmaßnahmen

Düngung:

- Düngebedarfsermittlung nach tatsächlichen Ertragsdaten des Betriebs
- Angepasste mineralische und/oder organische Düngung nach Ertragskarte
- Kostenersparnis und Effizienzsteigerung durch optimierte Verteilung auf und innerhalb der Schläge bis hin zur teilflächenspezifischen Düngung

Ernte:

- Optimierung der Erntelogistik anhand der letztjährigen Erträge
- Auffälligkeiten im Ernteprozess können durch die Inhaltsstoffschätzung erkannt werden (z. B. zu hoher Rohaschegehalt lässt auf falsche Einstellung des Schwaders oder Mähwerks schließen)
- Schnitthäufigkeit von einzelnen Flächen kann durch Wissen über die Erträge gezielt und ohne größere Qualitäts- und Ertragseinbußen angepasst werden und zur Kosteneinsparung beitragen
- Variationen in der Nutzungsart der Grünlandflächen (Heu, Silage, Cops) auf Basis des Ertragsniveaus und der Aufwuchsqualität
- Gezieltes Qualitätsmanagement durch präzise Siliermitteldosierung sowie variable Schnittlängen Anpassung und durch daran angepasstes Silomanagement beim Befüllen von zwei oder mehrerer Silos während der Ernte

2.1.2 Silierprozess

Schnittlänge:

Die Schnittlänge sollte den Bedingungen des Ernteguts angepasst werden, damit ein optimaler Silierprozess eingeleitet werden kann. Sie kann abhängig vom TM-Gehalt des Erntematerials automatisch beim SFH variiert werden.

Siliermittel:

Die richtige Wahl und der bedarfsgerechte Einsatz von Siliermitteln kann den Silierprozess erheblich beeinflussen, im positiven sowie im negativen Sinne. Das Siliermittel kann abhängig von Menge und TM-Gehalt des Erntematerials am SFH gezielter dosiert werden.

Lagerung:

Zuerst trockenes Erntegut, obendrauf feuchteres Erntegut – so die Faustregel. Durch das Wissen über die schlagspezifischen TM-Gehalte kann dies optimal gemanagt werden.

Silerverluste:

Silerverluste können durch die Optimierung des Silierprozesses auf ein Minimum reduziert werden. Durch die Kenntnis der eingelagerten und der entnommenen Trockenmassemenge (All-in vs. All-out Methode) können Silerverluste erkannt und durch verbessertes Silomanagement reduziert werden.

2.1.3 Fütterung

Futtermengenplanung:

Durch das Wissen über die gesamten Erträge und Inhaltsstoffe kann schon bei der Ernte grob geschätzt werden, wie viel Futter dem Landwirt zur Verfügung steht und ob evtl. etwas zugekauft werden muss bzw. etwas verkauft werden kann.

Rationsgestaltung:

Die Ration kann nach Qualität und Menge des Grobfutters angepasst werden. Da sich im Silierprozess die Qualität des Ernteguts noch ändert, ist es dennoch empfehlenswert, eine Futterprobe der fertigen Silage an ein Labor zu schicken.

Auf einen Blick:

Eine konsequente Ertragserfassung bringt die meisten Optimierungspotentiale in der Grünlandbewirtschaftung, im Silierprozess und in der Fütterung, insbesondere wenn diese ganzjährig durchgeführt wird. Zielgröße ist dabei immer der Jahrestrockenmasseertrag.

2.2 Nutzen und Aufwand der Ertragserfassung

In diesem Kapitel soll der Nutzen einer ganzjährigen Ertragserfassung für den Landwirt aufgezeigt und beschrieben werden. Neben dem Nutzen sollte der dafür notwendige Aufwand bedacht werden. Dieser spielt zwar rein monetär derzeit noch eine untergeordnete Rolle, könnte jedoch bei bestimmten Gegebenheiten einen limitierenden Faktor darstellen.

2.2.1 Monetärer Nutzen

Betriebsmittel:

Einsparpotential bei

- Diesel (z. B. durch reduzierte Schnittnutzung)
- Siliermittel (bedarfsgerecht angepasst an Frischmassemenge und Trockenmassegehalt)
- Saatgut (durch flächen- und teilflächenspezifische Nach- oder Übersaat)
- Dünger (durch flächen- und teilflächenspezifische Düngung)
- Futterkosten (durch an die Qualität des Grobfutters frühzeitig angepasste Ration)

Maschinenkosten:

Weniger Verschleiß durch reduzierte Nutzung, da Arbeitsgänge ausfallen oder reduziert werden können oder durch optimierte Erntebedingungen (z. B. Reduzierung der Rohaschegehalte durch gezielte Maßnahmen bei der nächsten Ernte).

Personal- und Arbeitskosten:

Es werden weniger Arbeitskräfte benötigt, da teilweise Arbeitsschritte wegfallen oder reduziert werden können. Damit verbunden fallen auch die Arbeitskosten des Betriebsleiters und der Familienarbeitskräfte geringer aus.

Förderung:

Förderungen wie z. B. Kulturlandschaftsprogramm (KULAP), Vertragsnaturschutzprogramm (VPN), Agrarumweltmaßnahmen (AUM) können durch sinnvolle (reduzierte) Nutzung der Niedrigertragsflächen oder Niedrigertragszonen innerhalb einer Fläche maximiert werden.

2.2.2 Innerbetrieblicher Nutzen

Betriebsmanagement:

Betriebsindividuelle Daten können genutzt werden, um Betriebsabläufe zu optimieren, die Düngebedarfsermittlung zu erstellen, Verlustquellen im Silierprozess zu erkennen und um einen Teil des Nährstoffkreislaufs zu dokumentieren.

Pacht-/Flächenmanagement:

Niedrigerertragsstandorte können erkannt und mit hochwertigeren Pachtflächen getauscht bzw. der Pachtzins an das Ertragsniveau angepasst werden; Nutzungsart, Nutzungsintensität sowie die Bewirtschaftungspraktiken auf den Flächen können optimiert werden.

Rechtliche Folgen:

Strafen aufgrund von Verstößen gegen die StVO (z. B. durch Überladen) können durch Kenntnis der Lademenge je Fuhre vermieden werden.

2.2.3 Aufwand für die ErtragserfassungAnschaffung des Sensorsystems:

Zusatzkosten für die Anschaffung eines Sensorsystems zur Ertragserfassung bzw. für die Dienstleistung durch den Lohnunternehmer

Kalibration des Sensorsystems:

Arbeitsaufwand und gegebenenfalls Kosten für das regelmäßig notwendige Gegenwiegen zur Kalibration des Sensorsystems

Datenverarbeitung:

Lizenzgebühren für Farm Management Informationssysteme (FMIS), Überprüfung der Ertragsdaten auf Plausibilität, ggf. Vorverarbeitung der Ertragsdaten, bevor Ertragskarten erstellt werden können

Auf einen Blick:

Neben dem monetären Nutzen, den die ganzjährige Ertragserfassung bietet, ergibt sich für den Landwirt auch ein großer innerbetrieblicher Nutzen. Der zusätzliche Aufwand kann sich je nach Konstellation auf dem Betrieb schnell amortisieren.

3 Möglichkeiten zur Ertragserfassung**3.1 Wiegen über Fuhrwerkswaage/Achslastwaage/Wiegesystem im Abfuhrgespann mit manueller Probenahme**

Steht zur Ertragserfassung keine Sensortechnik zur Verfügung, ist zur Erfassung der geernteten Frischmasse z. B. eine Fuhrwerkswaage notwendig. Ist diese nicht im Eigenbesitz,

muss auf die nächstgelegene im Ort oder außerhalb ausgewichen werden. Alternativ kann die geerntete Menge über mobile Achslastwaagen ermittelt werden. Diese können während der Überfahrt jede Achse wiegen und sind sehr genau. Voraussetzung dafür ist eine flache, am besten asphaltierte oder betonierte Fläche in der Nähe der Siloanlage sowie entsprechende Ausgleichsmatten. Die einfachste Lösung ist ein Wiegesystem im Abfuhrgespann, welches das Gewicht der Ladung bei jeder Fuhre ermitteln kann und über eine LED-Anzeige ausgibt.

Zur Ermittlung des Trockenmasse-(TM-)Gehalts sind Stichproben vom Erntegut erforderlich, welche aus dem gesamten Erntematerial repräsentativ gezogen werden müssen. Dieses Verfahren ist allerdings zeitaufwändig. Das Fehlerpotential bei der Probennahme ist groß und es steht auch kein sofortiges Ergebnis zur Verfügung, da die Probe erst in einem Labor analysiert werden muss. Alternativ kann der Landwirt eine „Mikrowellenprobe“ zur Bestimmung des TM-Gehalts durchführen.

Wenn ermittelte Erträge für eine Abrechnung verwendet werden sollen, ist ausschließlich die Ertragsermittlung mithilfe einer geeichten Fuhrwerkswaage in Kombination mit einer repräsentativen Beprobung und Laboranalyse erlaubt! Alle anderen hier dargestellten Methoden zur Ertragsermittlung können nur für innerbetriebliche Zwecke verwendet werden.

➤ **Vorteile:**

- Einsatz für alle Bergetechniken und zur weiteren Verwendung im Betrieb
- Schlagspezifische Erfassung möglich
- Bei geeichter Waage für Abrechnung nutzbar

➤ **Nachteile:**

- Zeitintensives Verfahren aufgrund der notwendigen Wiegung jeder Fuhre und Beprobung jeder Partie
- Hohe Investitions- und variable Kosten (Anschaffungskosten Waage, Kosten Laboruntersuchung)
- Hohes Fehlerpotential bei der Probennahme (zu wenig Stichproben, Stichproben zu wenig verteilt etc.) und der Datenerfassung
- Laborergebnis nicht sofort verfügbar
- Keine teilflächenspezifische Erfassung möglich



Abbildung 2: Repräsentative Probennahme vom Erntegut zur Ermittlung des Trockenmassegehalts (Quelle: Christiane Pietsch)



Abbildung 3: Dynamische Achslastwaagen mit Ausgleichsmatten zur Ermittlung der Frischmasse (Quelle: Christiane Pietsch)

3.2 Sensorgestützte Ertragserfassung am Feldhäcksler

Bei der sensorgestützten Ertragserfassung am Feldhäcksler ermitteln Sensoren über die Auslenkung der Vorpresswalzen und die Fahrgeschwindigkeit den Volumenstrom des Ernteguts. Im Terminal wird dann das aus dem Volumenstrom mit einem Kalibrierfaktor berechnete Gewicht der Frischmasse angezeigt. Damit die Sensortechnik das Gewicht der Frischmasse korrekt ermitteln kann, muss das System mit dem ermittelten Gewicht aus der Gegenwiegung einer beladenen Fuhre mindestens zu Beginn der Ernte, besser bei jedem Schlagwechsel, kalibriert werden. Ein Nahinfrarotspektroskopie-(NIRS-)Sensor am Auswurfkrümmer des Häckslers schätzt zusätzlich den TM-Gehalt und die Inhaltsstoffe (Rohprotein CP, Rohfaser CF, Rohasche CA, Rohfett CL, Zucker ZU, Stärke ST, Neutral-Detergenzien-Faser NDF, Säure-Detergenzien-Faser ADF) des Ernteguts. Zur Gewährleistung der Genauigkeit des NIRS-Sensors sind regelmäßige Updates der Kalibrierkurven durch den Hersteller erforderlich. Zudem muss auf die richtigen Einstellungen im Häcksler (wie z. B. Arbeitsbreite, Fruchtart) geachtet werden.

➤ Vorteile:

- Automatisches Verfahren durch Sensortechnik
- Geringer Zeitaufwand
- Datenverfügbarkeit in Echtzeit
- Schlag- und teilschlagspezifische Erfassung möglich
- Erfassung von Ertrag und Qualität
- Automatische Schnittlängen Anpassung und Siliermitteldosierung
- Keine Investitionskosten (bei Dienstleistung durch den Lohnunternehmer)

➤ Nachteile:

- Geringes Entgelt für Zusatzleistung durch Lohnunternehmer
- Hohe Anforderung an Maschinenführer aufgrund regelmäßiger Wartung und Pflege (regelmäßige Updates, zuverlässige Entfernung von Verschmutzungen etc.)
- Datenlücken aufgrund fehlender Verfügbarkeit bei einzelnen Ernteterminen
- Abhängigkeit vom Lohnunternehmen
- Plausibilisierung der Ertragsdaten durch den Betriebsleiter erforderlich
- Teils hohe Kosten für die Datenbereitstellung
- Hoher Aufwand für die Wartung der betriebseigenen digitalen Systeme



Abbildung 3: Nahinfrarotspektroskopie-sensor am Auswurfkrümmer eines selbstfahrenden Feldhäckers (Quelle: Franz Worek)



Abbildung 4: Vorpresswalzen im Einzug des selbstfahrenden Feldhäckers (Quelle: Stefanie Wehry)

3.3 Satellitengestützte Ertragsschätzung

Eine weitere Methode zur Ertragserfassung ist die Ertragsschätzung über Satellitendaten in Kombination mit einem Wachstumsprognosemodell. Diese Ertragsschätzung ist seit 2015 über mehrere Jahre und für bis dahin zurückliegende Zeiträume möglich. Die Satellitendaten selbst stehen kostenlos zur Verfügung, die Ertragsschätzung daraus jedoch nicht. Um zu den gewünschten Ertragskarten zu gelangen, müssen die Daten verarbeitet werden und in ein Ertragsschätzungsmodell implementiert werden. Die Verarbeitung der Daten und die Entwicklung des Modells verursachen Kosten, die entsprechend von den Anbietern in Rechnung gestellt werden.

➤ Vorteile:

- Erträge können auch rückwirkend geschätzt werden
- Geringster Aufwand im Vergleich
- Möglichkeit, Datenlücken durch fehlende Erntetechnik auszugleichen
- Schlag- und teilschlagspezifische Erfassung möglich

➤ Nachteile:

- Nur Ertragsschätzungen
- Wenig geeignet für extensive Grünlandflächen (1-2 Schnitte)
- Steigende Ungenauigkeit der Ertragsschätzung bei Bewölkung und längerem Abstand zum Schnittzeitpunkt
- (im Grünland noch) teures Verfahren

Auf einen Blick:

Für die Ertragserfassung gibt es mehrere Möglichkeiten, die der Landwirt nach seinen individuellen Bedürfnissen und Gegebenheiten wählen kann. Auch eine Kombination von mehreren Methoden ist möglich und sogar in vielen Fällen zielführend. Jede Methode hat dabei ihre Vor- und Nachteile, die beachtet werden sollten.

4 Sensorgestützte Ertragserfassung am Feldhäcksler

4.1 Genauigkeit

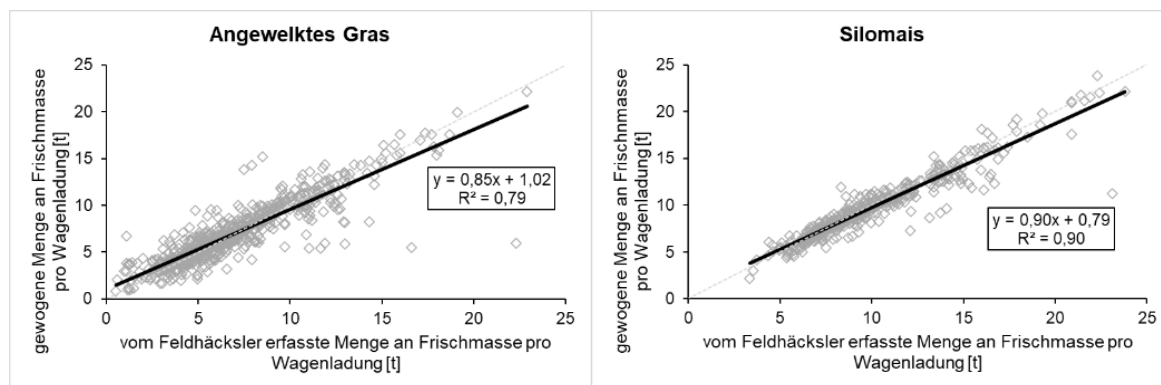


Abbildung 5: Vergleich der gewogenen Frischmasse von angewelktem Gras ($n = 691$ Wagenladungen) und Silomais ($n = 450$ Wagenladungen) mit der vom Feldhäcksler ermittelten Frischmasse pro Wagenladung (verschiedene Standorte und Erntezeitpunkte, Versuchsjahre 2020 bis 2023, zehn bayerische Betriebe, vier SFH-Hersteller))

Im Projekt DigiMilch, gefördert vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat unter dem Förderkennzeichen 28DE112A18, wurde im Teilprojekt „sensorgestützte Ertragsermittlung“ die Sensorik zur Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH) demonstriert und getestet. Auf zehn bayerischen Praxisbetrieben wurden die Ertragssensoren an Feldhäckslern von vier verschiedenen Herstellern (Claas, CNH, John Deere und Krone) auf ihre Funktionalität und Genauigkeit überprüft. An mehreren verschiedenen Ernteterminen (Gras- und Silomaisernte) wurde jede Fuhre am Silo verwogen und der so ermittelte Referenzwert mit den Daten vom Häcksler verglichen. Seit Projektbeginn wurden bisher insgesamt 1195 Wagenladungen beprobt. Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse zur Gegenüberstellung der Versuchsdaten mit den Daten vom Feldhäcksler. Es zeigte sich, dass die Erfassung der Frischmasseerträge am SFH sehr genau funktionierte. Beim Silomais ließen sich etwas bessere Ergebnisse erkennen als im Grünland, was vor allem am konstanten, homogenen Gutstrom während des Häckselvorgangs liegt. Die Standortbedingungen und auch Wetterextreme wie Trockenheit bestimmen die Erträge im Grünland und haben Einfluss darauf, wie genau die Volumenstrommessung diese erfasst. Die Systeme kamen aufgrund geringer Frischmasseerträge und den daraus resultierenden kleinen Schwadgrößen, was eine reduzierte Auslenkung der Vorpresswalzen zur Folge hatte, an ihre Grenzen.

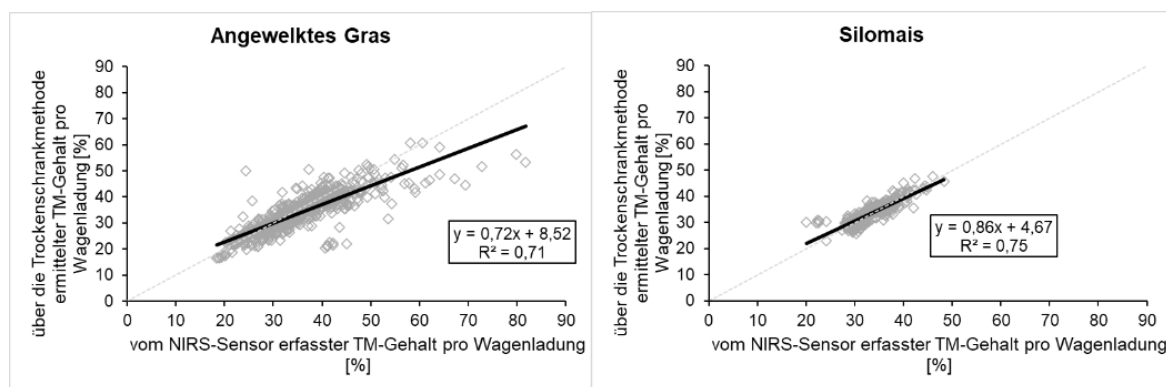


Abbildung 6: Vergleich der mit der Trockenschränkermethode ermittelten und der mit dem NIRS-Sensor erfassten TM-Gehalte pro Wagenladung in angewelktem Gras ($n = 691$ Wagenladungen) und Silomais ($n = 450$ Wagenladungen) (unterschiedliche Standorte und Erntezeitpunkte, Versuchsjahre 2020 bis 2023, zehn bayerische Betriebe, vier NIRS-Sensor-Hersteller mit sechs NIRS-Sensormodellen)

Die Bestimmung des TM-Gehalts über den NIRS-Sensor wurde mit der Trockenschränkermethode als Referenzmethode überprüft. Von jeder Wagenladung wurden 50 Stichproben im Silo entnommen, zu mehreren Sammelproben vereint und diese vor Ort eingewogen sowie anschließend im Trockenschränk bis zum vollständigen Feuchtigkeitsverlust getrocknet. Mit dem Differenzgewicht wurde der tatsächliche TM-Gehalt berechnet. Der Vergleich zwischen den Referenz- und den Häckslerwerten zeigte sehr gute Ergebnisse sowohl bei Gras als auch bei Silomais (vgl. Abbildung 7). Aufgrund der eingeschränkten Messbereiche in den Kalibrierkurven des Sensors wurden die Messwerte bei sehr niedrigem TM-Gehalt ($< 25\%$) und bei sehr hohem TM-Gehalt ($> 40\%$) zunehmend ungenau. Aber auch andere äußere Einflüsse wie eine verschmutzte Sensorscheibe, unterschiedliche Artenzusammensetzung auf der Fläche oder auch fehlender jährlicher Schwarz-Weiß-Abgleich des Sensors können die Messwerte negativ beeinflussen. Im Mittel wurden absolute Abweichungen von unter 3% erreicht, was als sehr gut zu bewerten ist.

Die Inhaltstoffschätzung über den NIRS-Sensor wurde über das Laboranalyseverfahren nach Weender überprüft. Dafür wurde zusätzlich eine Teilmenge aus den Stichproben vom Erntegut für das Labor luftdicht verpackt. Die Auswertungen (vgl. Abbildung 8) zeigen, dass es bei der Genauigkeit der Schätzung sowohl Unterschiede zwischen den Kulturen als auch zwischen den Inhaltsstoffen gibt. Die Faserfraktionen ADF und NDF sowie CF konnten in Gras am genauesten geschätzt werden. In Mais lag die Schwierigkeit vor allem bei der richtigen Bestimmung der Stärke. Generell lagen die Abweichungen bei Einbeziehung der jeweiligen Schwankungsbreite der Parameter wie erwartet deutlich über denen der TM-Gehalte. Dies ist zum einen auf die (vermutlich noch) geringere Probenanzahl in den herstellerspezifischen Kalibrierungen zurückzuführen. Zum anderen ist die Schätzung der Inhaltsstoffe über NIRS in Kombination mit Berechnungsmodellen komplexer als beim TM-Gehalt.

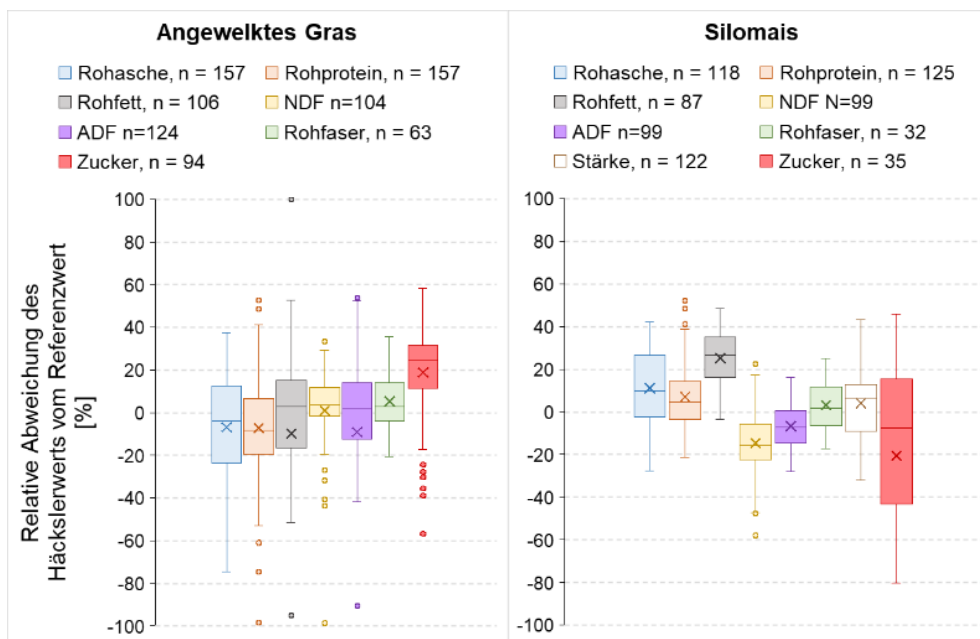


Abbildung 7: Relative Abweichung der mit dem NIRS-Sensor erfassten Nährstoffkomponenten im Erntegut von den im Labor analysierten Nährstoffkomponenten (Versuchsjahre 2021 bis 2023, acht Testbetriebe, drei NIRS-Sensorhersteller und fünf Sensormodelle)

4.2 Datenmanagement

Das Datenmanagement ist bei der sensorgestützten Ertragserfassung ein umfangreiches Thema, welches viel Wissen und Zeit erfordert. Diese Handlungsempfehlung gibt einen Überblick über die wichtigsten Punkte, auf die beim Datenmanagement geachtet werden sollte.

➤ Übermittlung der Betriebsdaten:

Damit die Ertragsdaten automatisch der richtigen Fläche zugeordnet werden können, müssen die Feldgrenzen vorab an den Lohnunternehmer übermittelt werden. Diese lassen sich im iBalis-Portal als Shape-Datei exportieren und anschließend in das Telemetriesystem importieren.

➤ Datenformate:

Die Ertragsdaten können nach der Ernte im Telemetrieportal des Herstellers abgerufen und heruntergeladen werden. Sie können je nach Hersteller in folgenden Datenformaten exportiert werden: pdf, csv, shp, ISO XML.

➤ Übertragungswege:

Möglichkeiten der Datenübertragung vom Lohnunternehmer zum Landwirt:

- Händische Übergabe eines Ausdrucks, der direkt am Häcksler erzeugt wird
- Übergabe von pdf-, csv-, shp-, oder ISO XML-Dateien per E-Mail oder per USB-Stick

- Übermittlung über eine Datenaustauschplattform, wie z. B. agrirouter
- Wenn möglich: Partnerschaften zwischen Lohnunternehmer und Landwirt im Telemetriesystem einrichten, um direkten Zugriff auf die Daten zu erhalten

➤ **Konnektivität Farmmanagementinformationssystem (FMIS):**

Daten müssen meist manuell in ein FMIS importiert werden, da nicht alle Plattformen der verschiedenen Hersteller miteinander vernetzt sind → zusätzlicher Arbeitsaufwand.

Dateninformationen sind oft herstellerspezifisch verschlüsselt (z. B. Device Descriptor Identifiers (DDI's) bei ISO-XML), was die Weiterverwendung der Daten limitiert.

Die Verfügbarkeit von Managementtools im FMIS für die Grünlandbewirtschaftung ist bei vielen Anbietern derzeit noch eingeschränkt.

Einige Häckslerhersteller bieten mittlerweile Telemetriesysteme und FMIS in einem Softwareprogramm an, welches sowohl Lohnunternehmer als auch Landwirte nutzen können. Dadurch wird der Datenaustausch vereinfacht und der Datenverlust minimiert.

➤ **Datenplausibilisierung:**

Bevor die Ertragsdaten für das Betriebsmanagement verwendet werden können, ist eine Plausibilisierung der Daten notwendig. Der Landwirt sollte die übermittelten Daten wie z. B. Flächengröße, eingestellte Arbeitsbreite, Fruchtart etc. mit seinen Daten abgleichen.

➤ **Datennutzen:**

Die Ertragsdaten können beispielsweise zur visuellen Darstellung des Ertragspotentials auf der einzelnen Fläche oder als Entscheidungsgrundlage für eine optimierte Grünlandbewirtschaftung genutzt werden. Zielführend ist es, die Daten für die Erstellung von Applikationskarten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung weiterzuverarbeiten. Wie die Daten dafür aufbereitet werden müssen bzw. wie viel Daten dafür notwendig sind, ist noch nicht klar beschrieben. Hierfür ist eine fortführende Handlungsempfehlung sinnvoll. Derzeit werden die Ertragsdaten schon für die visuelle Darstellung von Ertragskarten von einer Erntemaßnahme auf der einzelnen Fläche im FMIS genutzt.

➤ **Darstellung der Ertragsdaten:**

Die Darstellung von Ertragsdaten ist herstellerabhängig und kann variieren. Je nach System liegen sie entweder als Punkt-Vektordaten oder in Form von Polygonen vor, die zu einer flächendeckenden Ertragskarte zusammengeführt werden. Da die Daten von den Herstellern mit eigenen Algorithmen verarbeitet und ausgegeben werden, fehlt häufig die Transparenz über die internen Verarbeitungsschritte – und damit auch die Möglichkeit einer umfassenden Plausibilisierung. Die Ableitung sinnvoller Bewirtschaftungszone sowie die Abbildung der Jahreserträge basiert daher bislang überwiegend auf Vertrauensbasis.



Abbildung 8: Ertragszonenkarte einer Fläche eines Praxisbetriebes mit unterschiedlichen Ertragshöhen pro Zone in t/ha, erstellt in einem FMIS (Quelle: John Deere Operationscenter)

Auf einen Blick:

Die sensorgestützte Ertragserfassung bietet eine verlässliche Ertrags- und Feuchtermittlung, die Schätzung der Inhaltsstoffe gibt gute Anhaltspunkte, sollte aber weiter optimiert werden. Für das Datenmanagement bei der Ertragserfassung gibt es von Seiten der Hersteller noch viel Optimierungspotential. Zusammenfassend kann aber eine klare Empfehlung für die sensorgestützte Ertragserfassung ausgesprochen werden.

5 Checkliste

5.1 Für den Landwirt

Vor dem Einsatz:

- Flächen mit Feldgrenzen an Lohnunternehmen (LU) übermittelt?
iBALIS-Anleitung:
Hier erklären wir Ihnen, wie Sie Ihre Feldgrenzen aus iBALIS exportieren können:
 - Gehen Sie auf <https://www.stmelf.bayern.de/ibalis/> und klicken Sie auf „Bei iBALIS anmelden“.
 - Loggen Sie sich mit Ihrem Benutzernamen und Passwort ein. Klicken Sie dann auf „Anmelden“.
 - Klicken Sie auf „Betriebsinformationen“, dann auf „Datenexport“.
 - Klicken Sie anschließend auf „Eigene Flächendaten exportieren“.
 - Wählen Sie alle zu erntenden Feldstücke aus und klicken auf „Abfrage durchführen“.
 - Klicken Sie auf „Ergebnisse“, dann auf „ZIP“. Der Download beginnt dann automatisch und ist in der Regel im Ordner Downloads zu finden.
- Möglichkeit zur Gegenwiegung für die Kalibration am Feldhäcksler vorhanden (z. B. Fuhrwerkswaage in der Nähe oder Abfuhrgespann oder Futtermischwagen mit Wiegevorrichtung)?
- Ggf. Partneraccount bei Telemetrie Software eingerichtet?
- Ggf. Absprache mit LU/Fahrer vor Beginn der Erntemaßnahme, ob Einstellungen zu Arbeitsbreite und Fruchtart alle richtig getätigt wurden.

Während des Einsatzes:

- Zu Beginn überprüfen, ob Daten aufgezeichnet werden.
- TM-Gehalt und Inhaltsstoffe kontrollieren, ggf. danach Silo- und vor allem Erntemanagement planen.
- Regelmäßige Gegenwiegung möglichst bei Kultur-, Reifegrad- und Schlagwechsel.

Nach dem Einsatz:

- Daten vom LU anfordern.
- Falls Partneraccount besteht, Daten eigenständig einholen.
- Ertragsdaten in FMIS einpflegen, plausibilisieren und Maßnahmen buchen.
- Ertragsdaten auswerten und ggf. Betriebsmanagement optimieren/anpassen.

5.2 Für den Lohnunternehmer

Vor dem Einsatz:

- Prüfen ob Sensoren und Ertragserfassung funktionieren.
- Über Software-Updates seitens des Herstellers informieren und falls vorhanden im Vorfeld der Saison installieren.
- Sensorscheibe auf Verschmutzung kontrollieren.
- Flächendaten von Landwirt (LW) einfordern und in Telemetriesystem hinterlegen.
- Partneraccount für LW einrichten, falls möglich.
- Fruchtart und Arbeitsbreite richtig einstellen.
- Schnittlänge (automatische Schnittlängenregulierung), Siliermitteldosierung und Korncracker (Silomais) nach Absprache mit LW einstellen.

Während des Einsatzes:

- Regelmäßig Überprüfung und Nachjustierung der Einstellungen.
- Überprüfung der Sensorscheibe auf Verschmutzung.
- Regelmäßige Kalibrierung der Volumenstrommessung mittels Gegenwiegung.
- Daten auf die richtige Fläche speichern, falls keine automatische Dokumentation vorhanden, einen Ausdruck pro Fläche erstellen.

Nach dem Einsatz:

- Überprüfen, ob Daten vollständig in das Telemetriesystem übermittelt wurden, um Datenverlust zu vermeiden.
- Daten an LW zeitnah und vollständig übermitteln und für Rückfragen zur Verfügung stehen.

6 Erfahrungsberichte aus der Praxis

6.1 Aus Sicht eines praktizierenden Landwirts

Christian und Andreas Auer führen einen Familienbetrieb mit Milchkühen bei Altötting in Oberbayern. Um die Frage „Wie viel Ertrag fahre ich von meinen Flächen ins Silo?“ zu beantworten, nutzt Familie Auer die sensorgestützte Ertragserfassung über den Feldhäcksler ihres Lohnunternehmers. „Dazu gekommen sind wir über das Projekt DigiMilch, die bei uns am Hof Versuche durchführen“, erzählt Christian Auer. „Wir haben es einfach mal ausprobiert und haben gleich erkannt, dass die Ertragserfassung und die Aufzeichnung des Trockenmassegehalts und der Inhaltsstoffe gut funktionieren.“ Mit diesen „Ertragsdaten“ wissen Vater und Sohn bereits bei der Ernte über die Qualität des Ernteguts und die Futtermenge für das ganze Jahr Bescheid. „Da können wir uns grob ausrechnen, wie viel Menge an Futter wir bei jedem Schnitt von den Flächen ernten und ob wir dann gegebenenfalls noch Zwischenfrüchte wie Weidelgras anbauen müssen“, sagt Christian Auer. Zeichnet Christian Auer seine Erträge jährlich und das ganze Jahr über auf, dann hat er eine Datengrundlage für seine Düngedarfsermittlung. „Es gibt allerdings auch Momente, an denen wir nicht ganz zufrieden sind“, erklärt Andreas Auer, „manchmal gehen die Daten verloren, wenn die Software wieder ein Update bekommen hat, und das ist sehr ärgerlich. Ein Datenaustausch zwischen uns und unserem Lohnunternehmer findet kaum statt, da die Datenübermittlung nicht automatisch geht und zu aufwändig ist.“ Er wünscht sich stattdessen eine Datenplattform, auf die Landwirt und Lohnunternehmer Zugriff haben und über die die Daten automatisch ausgetauscht werden können. Für die Kalibration der Ertragserfassung nutzt die Familie die dynamischen Achslastwaagen über das Projekt DigiMilch oder ihren eigenen Futtermischwaagen mit Wiegeeinrichtung. Auf die Frage, ob sie die sensorgestützte Ertragserfassung weiterempfehlen würden, antwortete Andreas Auer: „Ja und Nein. Einerseits erhält der Landwirt wichtige Daten, mit denen er sein Management verbessern kann. Andererseits ist es immer ein Glücksspiel, dass die Ertragserfassung über den Häcksler am Erntetag reibungslos läuft und ob danach die Daten auch noch da sind. Wenn ich nach der Ernte keine Daten habe, bringt mir die Ertragserfassung über den Feldhäcksler recht wenig. Außerdem muss der Mehrwert für mich als Landwirt klar ersichtlich sein. Es fallen Mehrkosten pro Hektar für die Ertragserfassung bei meinem Lohnunternehmer an. Die müssen sich durch die Vorteile mindestens decken, am besten wäre es, sich auch noch Kosten dabei zu sparen. Das konnten wir im Rahmen des Einsatzes der automatischen Siliermitteldosierung am SFH über den tatsächlichen Volumenstrom und TM-Gehalt des Ernteguts auch schon realisieren.“

6.2 Aus Sicht eines Lohnunternehmers

Stefan Weig, Lohnunternehmer aus Albersrieth bei Weiden i. d. Oberpfalz, hat die sensorgestützte Ertragserfassung schon die zweite Saison im Einsatz. Damit wollte er sich von seinen Wettbewerbern abheben und Neukunden generieren. Mit der Sensortechnik ist Stefan Weig sehr zufrieden. Störungen oder Ausfälle waren bisher keine zu verzeichnen und die Genauigkeit der Sensoren überzeugt ihn. Mittlerweile fragen auch immer mehr Kunden nach der Mehrleistung auf dem Häcksler, aber Neukunden konnte er bisher noch keine gewinnen. „Wir möchten zuerst selbst intensiv mit dem System arbeiten und uns damit auseinandersetzen, bevor wir es aktiv bewerben und Extrakosten verlangen“, so der Lohnunternehmer. Und das erfordert Zeit, weiß Stefan Weig. Die Bedienung der Software ist teilweise komplex und lässt keine intuitive Bedienung zu. Hier wünscht er sich eine einfache

Handhabung und mehr Schulungsangebote der Hersteller oder der Händler. Was sehr gut funktioniert, ist das vorherige Aufspielen der Flächen des Landwirts auf die Maschine. „Dadurch kann sich der Fahrer mehr auf das Häckseln konzentrieren, weil die Maschine die Flächen dann automatisch erkennt“, erzählt der Lohnunternehmer. Es gibt noch viele weitere Vorteile einer sensorgestützten Ertragserfassung am Feldhäcksler, sodass Stefan Weig sie seinen Berufskollegen auf jeden Fall weiterempfehlen würde. „Ich denke, in Zukunft werden Sensorsysteme am Feldhäcksler immer wichtiger und dass die Landwirte den Mehrwert schon jetzt schätzen.“