A. Ruckelshausen et al. (Hrsg.): Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten,
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016 65

Abschätzung des Kraftstoff-Einsparpotentials in der Infield-Logistik bei der Ernte von Biomasse

Valentin Heizinger[1], Michael Mederle[1], Stefan Huber[1] und Heinz Bernhardt[1]

Abstract: Für Transportaufgaben in der Landwirtschaft werden oft vielgliedrige Prozessketten eingesetzt, deren optimales Management eine große Herausforderung darstellt. Moderne Maschinen stellen zahlreiche Prozessinformationen zur Verfügung, die wichtige Erkenntnisse über vorhandenes Optimierungspotential liefern können. Exemplarisch wird für Häckselketten untersucht, wie unter Verwendung einer standardisierten CAN-Datenschnittstelle Kraftstoff-Einsparpotentiale in der Infield-Logistik abgeschätzt werden können.

Keywords: Agrarlogistik, Datenanalyse, Kraftstoffeinsparung

1 Einleitung

Effektive Ernteprozessketten zeichnen sich durch einen geringen Anteil an Standzeiten der Einzelfahrzeuge und eine hohe Produktivität bei gleichzeitig minimalem Ressourceneinsatz aus. In diesem Zusammenhang gilt es, den Verbrauch von Kraftstoff als Hauptbetriebsstoff der eingesetzten Maschinen so gering wie möglich zu halten. Neben der ständigen Weiterentwicklung der Einzelmaschinen, vor allem seitens der Hersteller, besteht auch die Möglichkeit, den Kraftstoffverbrauch innerhalb einer Prozesskette über die Organisation der Systeme zu optimieren. Dies kann beispielsweise über die Wahl eines geeigneten Maschinenkonzepts für den Straßentransport von Agrargütern erfolgen oder die Variation von Bereifung und Geschwindigkeit [Gö11], [Me15]. Eine weitere Optimierungsmöglichkeit besteht in einer konsequenten Vermeidung unnötiger Fahrten. Diese Fahrten entstehen, sowohl auf Straßen als auch innerhalb eines Schlages, vor allem dann, wenn Fahrern Informationen über Zielorte oder Füllstände von beteiligten Maschinen fehlen. Die Potentiale zur Einsparung von Kraftstoff, die durch ein optimiertes Management der Infield-Logistik genutzt werden können, sollen hier exemplarisch für Häckselketten abgeschätzt werden.

2 Methodik

Für die Untersuchungen werden zwei Szenarien potentiell vermeidbarer Fahrten fokussiert, die in Logistikketten für Häckselgut innerhalb eines Schlages häufig beobachtet werden: Erreicht ein unbeladenes Transportfahrzeug den Feldhäcksler zu einem Zeit-

[1] Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

punkt, an dem die vorhergehende Transporteinheit noch beladen wird, kommt es oft zu einem langsamen Hinterherfahren in Arbeitsgeschwindigkeit. Bei großen Schlägen oder unübersichtlichem Gelände kann es dagegen vorkommen, dass der Fahrer einer ankommenden Transporteinheit die Position der Erntemaschine nicht kennt und mit relativ hoher Geschwindigkeit auf nicht immer optimalem Weg die gewünschte Position anfährt. Um die Einsparpotentiale der genannten Szenarien quantifizieren zu können, werden auf Versuchsflächen der TU München im Herbst 2015 gezielte Messfahrten durchgeführt. Die Tests erfolgen auf kurz davor abgeernteten Maisfeldern, damit vergleichbare Bedingungen zur Silomaisernte in der Praxis vorliegen. Als Versuchsmaschine kommt ein Traktor mit einer Leistung von 121 kW in Kombination mit einem unbeladenen Muldenkipper mit 21 t zulässigem Gesamtgewicht zum Einsatz. Langsames Hinterherfahren wird durch Versuchsfahrten mit 6 und 8 km/h nachgebildet, schnelle Fahrten auf dem Schlag durch Varianten mit 15 und 20 km/h. Die angegebenen Geschwindigkeiten werden im Terminal der Versuchsmaschine eingeben und über den Tempomat angewählt, um Einflüsse durch den Fahrer möglichst gering zu halten. Alle Varianten werden auf zwei verschieden Rundkursen innerhalb eines Schlages mit jeweils zwei Wiederholungen durchgeführt. Bei den 20 km/h - Varianten müssen aufgrund von Bodenunebenheiten die Messfahrten am Vorgewende unterbrochen werden.

Für die Erhebung der Messdaten wird ein modulares Echtzeitmesssystem verwendet. Über eine CAN-Schnittstelle können Maschinendaten, insbesondere der Kraftstoffverbrauch, aufgezeichnet werden. Zeitgleich dazu erfolgt die Georeferenzierung der Daten über ein seriell verbundenes RTK-DGPS-System mit einer Positionsaktualisierungsrate von 5 Hz. Der Wert für den aktuellen Kraftstoffverbrauch wird mit etwa 10 Hz ausgegeben. Die Verwendung von CAN-Daten zur Ermittlung von Kraftstoffverbräuchen in Versuchsanordnungen wird in [UUV11] als geeignete Methode ausgewiesen. In jeder CAN-Botschaft ist ein Identifier enthalten, wodurch die Werte in den Datenfeldern bestimmten Inhalten zugeordnet werden können. Die Datenfelder bestehen aus acht Bytes, die hexadezimale Messwerte beinhalten. Bedeutung der Identifier, zu betrachtenden Bytes sowie Umrechnungsfaktoren sind in Normen bzw. Protokollen festgelegt. Nach Protokoll J1939 wird die Information über den aktuellen Kraftstoffverbrauch in zwei Bytes ausgeben und kann mit Hilfe des Skalierungsfaktors 0,05 l/h je Bit in eine physikalische Größe umgerechnet werden [FM15].

Über die Georeferenzierung können die Messwerte zum momentanen Kraftstoffverbrauch mit der Steigung des Geländes in Bezug gebracht werden. Die Steigung in einem Punkt wird berechnet, indem auf der Strecke ein Punkt 5 m vor und ein Punkt 5 m nach dem Betrachtungspunkt ausgewählt werden. Die horizontale Distanz kann über Differenzbildung unter Verwendung einer Gauß-Krüger-Transformation ermittelt werden. Die Höhendifferenz lässt sich aus den Satellitenpositionsdaten direkt bestimmen. Mit der Beziehung, dass 1 cm Höhendifferenz pro Meter 1 % Steigung entspricht, kann jedem Messpunkt auch eine prozentuale Steigung zugeordnet werden. Weiterhin kann aus dem zeitbezogenen Momentanverbrauch und der Fahrgeschwindigkeit ein streckenbezogener Verbrauch errechnet werden. Die Aufzeichnungen der jeweiligen Messfahrten beginnen und enden bei Stillstand der Maschine. Um Standzeiten und Effekte beim Anfahren und

Stehenbleiben weitestgehend zu eliminieren, werden bei den Ergebnisauswertungen nur die Messwerte betrachtet, die die Geschwindigkeit der jeweiligen Variante zu mindestens 66 % erreichen.

3 Ergebnisse

Die Versuchsvarianten werden in dieser Versuchsanordnung durch die Wahl der angestrebten Fahrgeschwindigkeit definiert. Innerhalb einer Variante ändert sich insbesondere die Steigung der Fahrstrecke stark. Daher werden die in den aufbereiteten Messdaten enthaltenen Informationen zum Kraftstoffverbrauch in Relation zur Steigung betrachtet. Über eine polynomiale Regression zweiten Grades werden Einzeldaten in Funktionsverläufe überführt. Das Bestimmtheitsmaß der Regression liegt bei den Varianten mit 6 km/h Fahrgeschwindigkeit bei 0,95 (zeitbezogen) bzw. 0,93 (streckenbezogen), nimmt mit höher werdenden Geschwindigkeiten ab und erreicht für die 20 km/h - Varianten Werte von 0,78 bzw. 0,74. Abbildung 1 enthält sowohl die zeitbezogenen Versuchsergebnisse (links) in der Einheit l/h, als auch die streckenbezogenen Resultate (rechts) in der Einheit l/km.

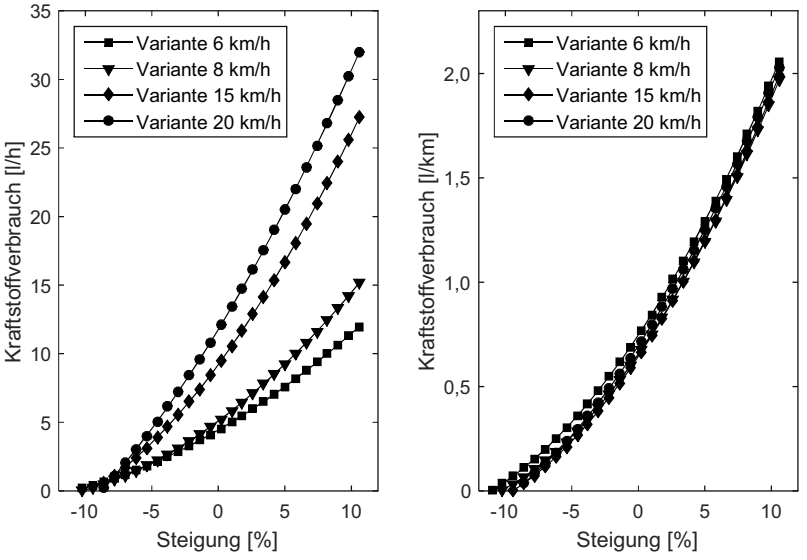

Abb. 2: Zeit- und streckenbezogener Kraftstoffverbrauch der Versuchsfahrten für die unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten in Abhängigkeit der Steigung der Fahrstrecke

Sowohl bei den zeitbezogenen als auch bei den streckenbezogenen Auswertungen ist eine deutliche Zunahme des Kraftstoffverbrauchs bei größer werdender Steigung der Fahrstrecke erkennbar. Diese Tendenz gilt auch für negative Steigungen. Während beim

zeitbezogenen Verbrauch Unterschiede zwischen den Geschwindigkeitsvarianten ersichtlich sind, unterscheiden sich die Funktionsverläufe der Kurven für den streckenbezogenen Verbrauch kaum. Einsparpotentiale, die sich aus der Vermeidung von Fahrstrecken innerhalb eines Schlages ergeben, können unter den gegebenen Versuchsanordnungen somit näherungsweise unabhängig von der gewählten Fahrgeschwindigkeit angegeben werden. Beispielsweise können für die verwendete Traktor-Anhänger-Kombination bei ebener Fahrstrecke ca. 0,7 l Kraftstoff je vermeidbarem Kilometer Fahrstrecke eingespart werden.

4 Diskussion und Ausblick

In den Versuchsfahrten erweist sich die gewählte Methodik als sehr gut geeignet, um mit vergleichsweise wenig messtechnischem Aufwand eine Vielzahl von Messdaten zu erhalten und dadurch bestimmte Fragestellungen in Zusammenhang mit dem Einsatz von Landmaschinen zu untersuchen. Die Vorgehensweise, sämtliche Informationen des Fahrzeug-Buses als Rohdaten zu speichern, ermöglicht es auch im Nachhinein, bestimmte Zusatzfragestellungen im Datensatz zu untersuchen. Hier könnte z.B. die Information über die Motordrehzahl in weitere Auswertungen einfließen. Allerdings entstehen auf diese Weise bei längeren Versuchsfahrten sehr große Datenmengen. Um die Optimierungspotentiale bezüglich des Kraftstoffverbrauchs in der Infield-Logistik für Einzelmaschinen vollständig abschätzen zu können, müssen neben den hier betrachteten Fahrten mit konstanter Geschwindigkeitsvorwahl in weiteren Untersuchungen auch Beschleunigungseffekte untersucht werden. Für allgemeine Aussagen müssen unterschiedliche Maschinen unter variierenden Bedingungen bei verschiedenen Beladungszuständen getestet werden. Durch moderne Ansätze in der Infield-Logistik wie eine automatische Fahrspurplanung oder die bestmögliche Platzierung von Überladepunkten können die hier exemplarisch dargestellten Potentiale künftig verstärkt genutzt werden.

Literaturverzeichnis

[FM15] FMS 20, http://www.intendia.com/en/digital-tacographs/technical/fms-20, 16.11.2015.

[Gö11] Götz, S.; Holzer, J.; Winkler, J.; Bernhardt, H.; Engelhardt, D.: Agrarlogistik – Systemvergleich von Transportkonzepten der Getreidelogistik. Landtechnik 66/5, S. 381 – 386, 2011.

[Me15] Mederle, M.; Urban, A.; Fischer, H.; Hufnagel, U.; Bernhardt, H.: Optimierungspotenzial eines Standardtraktors im Straßentransport. Landtechnik 70/5, S. 194 – 202, 2015.

[UUV11] Udompetaikul, V.; Upadhyaya, S.; Vannucci, B.: The Effect of Tire Inflation Pressure on Fuel Consumption of an Agricultural Tractor Operating on Paved Roads. Transactions of the ASABE 54/1, S. 25-30.