

Horst Domsch und Detlef Ehlert, Potsdam,
sowie Angel S. Smrikarov und Nina V. Bentscheva, Russe/Bulgarien

Kraftstoffverbrauchsmessung in Landmaschinen

Der Kraftstoffverbrauch ist ein wesentlicher Faktor der Maschinenkosten in einem landwirtschaftlichen Betrieb. Durch den zu erwartenden Abbau der Kraftstoffsubvention wird der Kraftstoffverbrauch die Auswahl der Maschinen und Geräte zukünftig stärker beeinflussen. Damit dem Landwirt die nötigen Informationen für eine solche Entscheidung zur Verfügung stehen, bedarf es innerbetrieblicher Vergleichswerte. Es wird über die Ermittlung des positionsabhängigen Kraftstoffverbrauches beim Onlandpflügen berichtet, der zusätzlich eine Bewertung verschiedener Geräteeinstellungen sowie teilflächenspezifischer Unterschiede ermöglicht.

Dr.-Ing. Horst Domsch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung „Technik in der Pflanzenproduktion“ (Leitung: Dr.-Ing. Detlef Ehlert) am Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zasko); e-mail: hdomsch@atb-potsdam.de
Prof. Dr. Angel S. Smrikarov ist Leiter und Frau Nina V. Bentscheva Doktorandin am Institut für wissenschaftlichen Gerätebau der Universität Russe/Bulgarien; e-mail: asmrikarov@ecs.ru.acad.bg

Schlüsselwörter

DGPS, Kraftstoffverbrauch, Onlandpflug

Keywords

DGPS, fuel consumption, onland plough

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99517 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Der Kraftstoffverbrauch ist sowohl vom Arbeitsgerät als auch vom Entwicklungsstand, der Auslastung und dem Betriebszustand des Traktormotors abhängig. Um dem Fahrer die Suche nach einem günstigen Betriebszustand zu erleichtern, stellen einige Traktorenhersteller den momentanen Kraftstoffverbrauch in einer Anzeige dar. Andere bieten ein automatisches Motormanagement an, das einen geringen Kraftstoffverbrauch realisiert.

Der Landwirt hat die Möglichkeit, durch die Zuordnung von Gerät und Traktor die Motorauslastung zu beeinflussen und bei Teillastbetrieb den Traktor in einem günstigen Betriebszustand zu betreiben. Aber erst, wenn Zahlen für den Kraftstoffverbrauch betrieblicher Aggregate auf mehreren Schlägen vorliegen und damit Unterschiede sichtbar werden, wird eine Einbeziehung dieser Größe in betriebliche Entscheidungsprozesse wahrscheinlich werden.

Der Kraftstoffverbrauch ist auch ein Maß für den Leistungsbedarf eines Aggregates. Er kann aus dem Kraftstoffverbrauch kalkuliert werden, wenn das Motorkennfeld und der jeweilige Betriebszustand bekannt sind. Für einen begrenzten Bereich der Volllastkennlinie ist die Motorleistung dem Kraftstoffverbrauch proportional. Der Leistungsbedarf des kompletten Aggregates ist für den Landwirt häufig aussagekräftiger als nur die erforderliche Antriebsleistung des gekoppelten Gerätes.

Versuchsmethodik

Aggregat

Für die Untersuchungen wurde ein Aggregat ausgewählt, von dem bekannt war, dass in Abhängigkeit der Geräteeinstellung eine unterschiedliche Beeinflussung des Traktors erfolgt. Es bestand aus dem vierscharigen Anbaupflug Star 120 MCSN 75-38 der Firma Rabe sowie dem Maxxum MX135 der Firma Case mit 99 kW. Der (Onland-) Pflug gestattete ein wahlweises Fahren des Traktors in und außerhalb der Furche. Der Traktor war mit einem Kraftstoffsensoren sowie einem DGPS ausgerüstet, dessen Antenne auf dem Pflug befestigt war [1]. Während der Untersuchungen wurde die Zugkraftrege-

lung ausgeschaltet, um die Arbeitstiefe bei veränderten Bodenbedingungen konstant zu halten. Die Untersuchungen erfolgten auf drei Schlägen mit unterschiedlichen Böden (zwischen S12 und L) auf ebenen und kupierten Schlägen.

Kraftstoffsensoren

Als Kraftstoffmessgerät kam eine Messeinrichtung, die von der Technischen Universität Russe (Bulgarien) entwickelt wurde, zum Einsatz [2]. Das komplette System besteht aus einer mikroprozessorgesteuerten Rechneinheit mit einem externen Block „Tastatur – Anzeige“, einem Messrad mit Wegsensor und Durchflussmessgebern unterschiedlicher Größe. Da bei diesen Untersuchungen zur Erfassung weiterer Messgrößen ein komplettes Messwerterfassungssystem (MOPS der Firma Caesar) erforderlich war, wurde lediglich der Sensor mit einer Messkammergröße von 5,53 cm³ verwendet. Durch das kleine Messvolumen sollte eine hohe Auflösung des Kraftstoffverbrauches erreicht werden. Zwecks Umrechnung des Kraftstoffvolumens in einen Massewert wurde jeweils am Anfang und Ende einer Überfahrt die Kraftstofftemperatur gemessen.

DGPS-System

Die Ermittlung der Positionsdaten erfolgte mit dem zehnkanaligen DGPS-Empfänger K202-K der Firma Sercel, der bei der Positionsbestimmung den C/A Code einschließlich der Trägerfrequenzphase berücksichtigt. Dieses Ortungssystem hat eine stationäre Genauigkeit von wenigen Zentimetern. Die Positionserneuerungsrate betrug 0,6 s. Ebenso wie das geringe Messvolumen der Kraftstoffmessung sollte die hohe Genauigkeit des Ortungssystems eine exakte Zuordnung von Kraftstoffverbrauch und Position ermöglichen. Die Antenne war über der Landseite des letzten Körpers befestigt.

Auswertung

Die Angabe der Positionsdaten erfolgt durch Nord- und Ostwerte. Die Betrachtung der Fahrbewegungen eines Aggregates wird erleichtert, wenn eine Achse des Koordinatensystems parallel zur Fahrtrichtung liegt, so dass die zweite Achse die Veränderung der Arbeitsbreite widerspiegelt. Das Koordinatensystem wurde entsprechend gedreht und auf einen Nullpunkt im Feld bezogen.

Die Erneuerungsrate der Positionsdaten ist bei 0,6 s höher als die des Kraftstoffverbrauches bei einem Volumen von 5,53 cm³. Um jedem neuen Positionswert einen Kraftstoffwert zuzuordnen zu können, wurde letzterer zeitabhängig interpoliert und unter Berücksichtigung der Kraftstofftemperatur in einen Massewert umgerechnet.

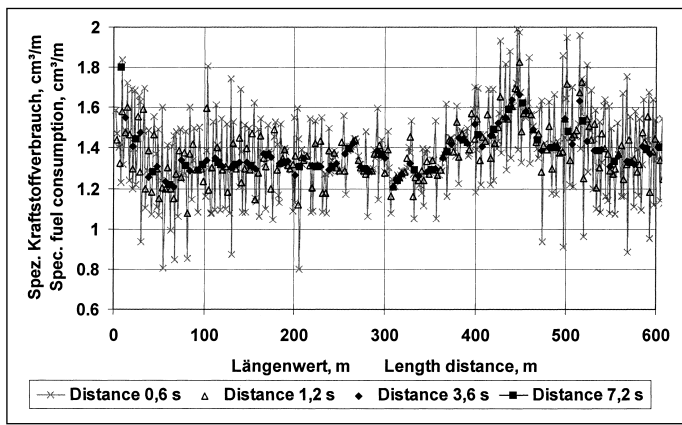


Bild 1: Durchschnittlicher wegspezifischer Kraftstoffverbrauch entlang des Umganges 1 auf dem Standort 804 über unterschiedliche Zeit-(Weg-) abschnitte

Fig. 1: Averaged way specific fuel consumption along the passage 1 on the site 804 over different time (way) distances

Ergebnisse

Der wegspezifische Kraftstoffverbrauch

Bei einer Positionserneuerungsrate von 0,6 s und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 2,5 m/s ergibt sich eine Auflösung des Kraftstoffverbrauches auf Wegabschnitte von 1,5 m. Die Streuung dieser Werte ist erwartungsgemäß noch zu hoch (Bild 1). Erst durch die Zusammenfassung der Werte innerhalb größerer Weg- (Zeit-) abschnitte wird die Streuung reduziert und der Verlauf des Kraftstoffverbrauches entlang des Weges sichtbar. Der Vergleich der Kurvenverläufe, die sich durch die Vergrößerung der Wegabschnitte gemäß der Faktoren 2, 6 und 12 aus den Ausgangsdaten ergeben, zeigt, dass bereits durch den Faktor 6 die durch das Messverfahren bedingte Streuung abgebaut ist. Bei der gewählten Messeinrichtung kann also eine sinnvolle Auflösung des Kraftstoffverbrauches im 10 m Bereich erzielt werden.

Arbeitsbreite

Der wegspezifische Kraftstoffverbrauch lässt sich in einen flächenspezifischen umrechnen, wenn eine einheitliche Arbeitsbreite gewährleistet ist. Diese schwankt jedoch in Abhängigkeit der Bodenbedingungen und kann sich infolge der Umstellung des Pfluges auf eine veränderte Traktorzuordnung, in oder außerhalb der Furche, auch bezüglich des Mittelwertes unterscheiden.

Aus den DGPS-Daten lässt sich die Arbeitsbreite kalkulieren, indem für den betrachteten Wegabschnitt ein mittlerer Breitenwert errechnet wird und von diesem der mittlere Breitenwert der vorangegangenen Überfahrt innerhalb der gleichen Weggrenzen subtrahiert wird (Bild 2). Der real vorhandenen Streuung ist ein Kalkulationsfehler überlagert.

Der flächenspezifische Kraftstoffverbrauch unterscheidet sich bei diesen Messungen vom wegspezifischen durch die Berücksichtigung der mittleren Arbeitsbreite des Pfluges je untersuchter Variante (Bild 3). Das

Bild zeigt die Messergebnisse von vier Umgängen des Zusammenschlages in der Standardvariante des Pfluges und daran anschließend die von fünf Umgängen in der Variante „Onlandpflug“. Die Höhenlinien der beiden innersten und äußersten Umgänge dokumentieren die Geländegestaltung.

Bei gleicher Einstellung des Pfluges, also beim Pendeln des Pfluges um die Mittelstellung der unteren Lenker in der horizontalen Ebene, gibt es keinen sichtbaren Unterschied im Kraftstoffverbrauch zwischen beiden Pflugvarianten. Dieses Ergebnis lässt sich durch die Mittelwerte pro Umgang erklären. Das bedeutet, dass der größere Zugwiderstand des Pfluges, der beim Fahren des Traktors außerhalb der Furche durch die größeren Seitenkräfte am Pflug zu erwarten ist, wahrscheinlich durch die gleichmäßigere Belastung der Traktorräder bezüglich der erforderlichen Leistung kompensiert wird. Dieses Ergebnis wurde auf sandigen bis lehmigen Böden und bei ebenem bis kupiertem Gelände erzielt und gilt, solange der Onlandpflug vorschriftsmäßig eingestellt wird.

Unabhängig von der Geräteeinstellung sind Bodenbereiche differierenden Kraftstoffverbrauches, die im Wesentlichen auf einen veränderten Bearbeitungswiderstand und weniger auf die Geländegestaltung zurückzuführen sind, zu erkennen.

Schlussfolgerung

Die Verwendung eines Kraftstoffmesssys-

Bild 3: Flächenspezifischer Kraftstoffverbrauch eines Pflugaggregates auf dem Schlag 803 und das Höhenprofil der innersten und äußersten Umgänge

Fig. 3: Area specific fuel consumption for ploughing on the site 803 and the height profile of the innermost and outermost passages

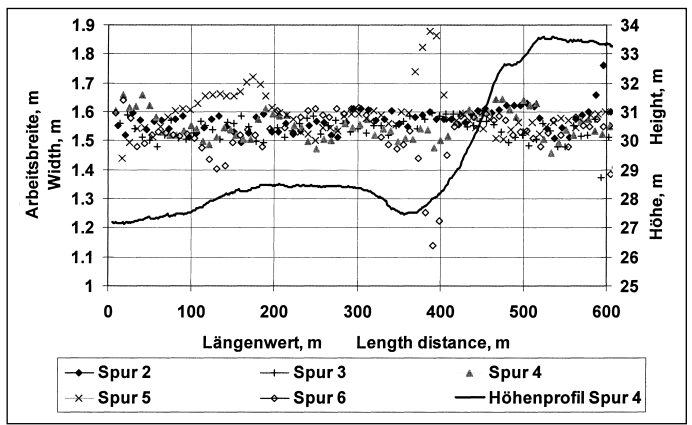


Bild 2: Arbeitsbreite beim Pflügen (Traktor fährt in der Furche) für benachbarte Umgänge auf dem Standort 804

Fig. 2: Working width at ploughing (tractor drives in the furrow) for adjacent passages on the site 804

tems, analog dem anfangs beschriebenen, ermöglicht den Kraftstoffverbrauch für einen ganzen Schlag oder Teilen davon zu bestimmen. Damit eine steigende Anzahl von Landwirten Messungen selbstständig durchführen kann, bedarf es allerdings der Unterstützung durch die Traktorenhersteller. Der Kraftstoffverbrauch müsste sowohl als Momentananzeige (teilweise schon realisiert) als auch als summarischer Wert für Zeitabschnitte oder Teilflächen abrufbar sein.

Die im Bereich der Landwirtschaft zunehmend verwendeten DGPS-Systeme weisen eine stationäre Genauigkeit von ≤ 2 m auf. Das bedeutet, dass bei positionsabhängigen Kraftstoffverbrauchsmessungen die zuordbare Weglänge im Vergleich zu den vorgestellten Messergebnissen größer, aber genauso darstellbar sein wird. Damit ist ein Bordrechner, ähnlich dem eines Ertragsfassungssystems, geeignet, den positionsabhängigen Kraftstoffverbrauch verschiedenster Aggregate, einschließlich der Selbstfahrer, zu liefern.

Der Aufwand für eine positionsabhängige Erfassung des Kraftstoffverbrauches rentiert sich erst, wenn eine nachträgliche Konvertierung in die Größe „Leistungsbedarf“ erfolgt. Voraussetzung dafür ist die Messung der Motordrehzahl sowie zumindest das Kennfeld des Motortyps. Der Leistungsbedarf ist geeignet, Unterschiede zwischen Aggregaten oder Einstellungen des Aggregates sowie zwischen Teilflächen eines Schlages aufzuzeigen.

