

Die Kartierung des Kraftstoffverbrauchs

Zusätzliche Informationsgrundlage für den präzisen Ackerbau

Die Kartierung des Kraftstoffverbrauches bei der Bodenbearbeitung kann eine Methode der rechnergestützten Landbewirtschaftung sein, um Informationen über die Variabilität des Bodens zu gewinnen. Ohne zusätzliche Sensoren sind Werte über den aktuellen Kraftstoffverbrauch aus dem Kommunikationssystem moderner Traktoren (CAN-Bus) zu erfassen. In den Messungen wurde die Kartierung dieser Verbrauchswerte in Bezug zum Zugkraftbedarf und zu Bodenunterschieden beurteilt. In weiteren Untersuchungen werden Kraftstoffverbrauchswerte aus dem CAN-Bus mit gemessenen Verbrauchswerten verglichen.

Dipl.-Ing. sc. agr. Benjamin Schutte und Dipl.-Ing. sc. agr. Matthias Schreiber sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.D. Kutzbach) Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: bschutte@uni-hohenheim.de
Dr. Ludger Herrmann ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Bodenkunde und Standortlehre der Universität Hohenheim.

Schlüsselwörter

Rechnergestützte Landbewirtschaftung, Kraftstoffverbrauch, Kartierung, CAN-Bus

Keywords

Precision farming, fuel consumption, mapping, CAN bus

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04320 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Ausgangspunkt der rechnergestützten Landbewirtschaftung ist die kleinräumige Variabilität des Standortes. Wird eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung angestrebt, müssen Teilflächen oder sogenannte Management-Zonen abgegrenzt werden, die kleiner als die Gesamtfläche eines Schlagens sind und hauptsächlich durch Unterschiede in Bodentextur und Relief definiert werden. Aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen zeigen hierzu die Möglichkeit, während der Bodenbearbeitung durch eine Kartierung der benötigten Zugkraft für das Bodenbearbeitungsgerät eine Aussage über die Standortvariabilität treffen zu können [1, 2, 3]. Die bei der Zugkraftkartierung erstellten Karten zeigen in eigenen Untersuchungen eine gute Korrelation zum Tongehalt, wobei die Gewinnung der Information ähnlich der Ertragskartierung im Mähdrusch während der Feldarbeit erfolgt [4]. In der Praxis ist die Nutzung der Unterlenkerkraftmessbolzen der elektronischen Hubwerksregelung zur Zugkraftkartierung von Interesse. Der Zugkraftbedarf steht jedoch auch in direktem Zusammenhang zum Leistungsbedarf des Traktors und wirkt sich neben Fahrgeschwindigkeit und Steigleistung als eine der Hauptgrößen auf den Kraftstoffverbrauch aus. So stellte Domsch [5] ebenso wie McLaughlin [6] die Möglichkeit zur Messung des Kraftstoffverbrauchs mit einer zusätzlichen Messeinrichtung und Kartierung mit einem GPS-Empfänger dar. Neben dem baulichen Aufwand zur Integration eines solchen Messsystems in das Kraftstoffsystem ei-

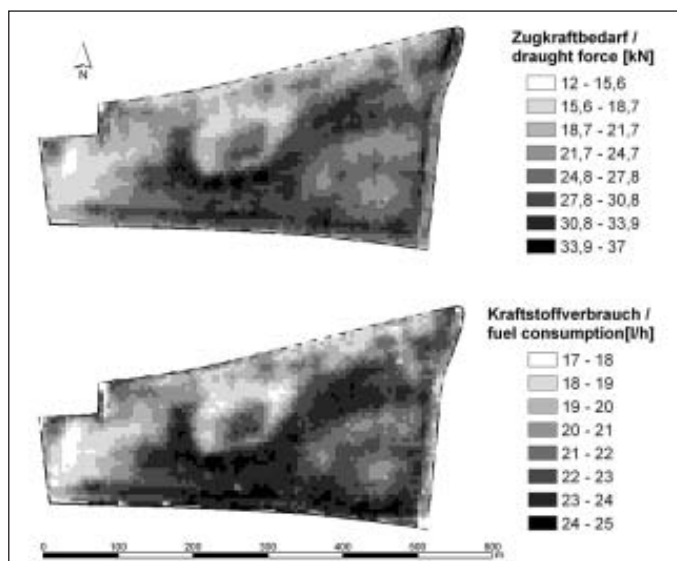
nes Traktors ist häufig die Genauigkeit volumenstrombasierter Verbrauchsmesssysteme insbesondere im Bereich geringen Kraftstoffverbrauches nicht sehr hoch oder nur für einen hohen Anschaffungspreis erhältlich.

Kraftstoffverbrauchsmessung ohne zusätzliche Sensoren

In Untersuchungen zur Kartierung des Zugkraftbedarfes von Bodenbearbeitungsgeräten erfolgte auch eine Kartierung des Kraftstoffverbrauches auf mehreren Flächen [7]. Allerdings wurde in diesen Untersuchungen keine zusätzliche Messeinrichtung für den Kraftstoffverbrauch verwendet. Moderne Dieselmotoren in Traktoren sind zunehmend mit einer elektronisch geregelten Einspritzpumpe ausgestattet. Eine Veränderung der Einspritzrate in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie Motordrehzahl, Luftmassendurchsatz, Umgebungs- und Kraftstofftemperatur oder Motorlast ist nur durch elektronisch gesteuerte Einspritzsysteme zu erfüllen [8]. Die Einspritzrate als Stellgröße wird häufig wie bei dem hier gewählten Versuchstraktor John Deere 6620 (92 kW) zusätzlich in einer Umrechnung auf die Einheit l/h bereits herstellereitig zur Verfügung gestellt und kann aus dem CAN-Bus (Controller Area Network) aufgezeichnet werden. Neben weiteren Parametern wie der Arbeits-

Bild 1: Gemessene Zugkraftkarte (oben) und Karte des vom CAN Bus gelesenen Kraftstoffverbrauches

Fig. 1: Map of tillage draught force and map of fuel consumption read from the CAN bus



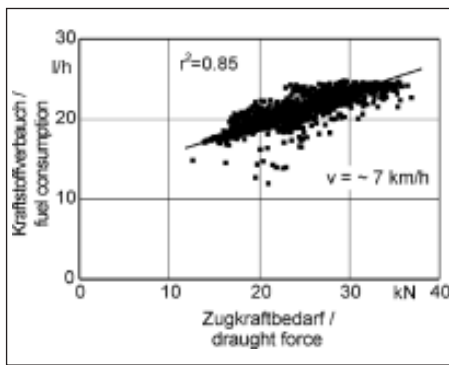


Bild 2: Punkt-zu-Punkt-Korrelation zwischen Zugkraftbedarf und Kraftstoffverbrauch (CAN BUS)

Fig. 2: Point-to-point correlation between tillage draught force and fuel consumption (CAN)

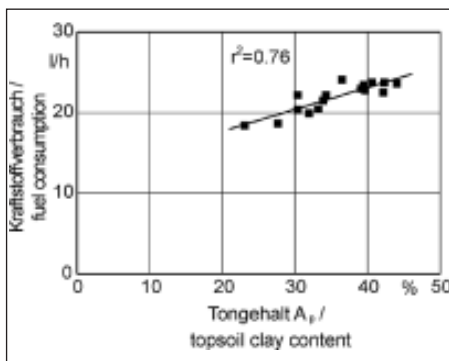


Bild 3: Punkt-zu-Punkt-Korrelation zwischen Tongehalt im Ap-Horizont und Kraftstoffverbrauch (CAN BUS)

Fig. 3: Point-to-point correlation between clay content in the topsoil layer and fuel consumption (CAN)

tiefe des Bodenbearbeitungsgerätes, der Fahrgeschwindigkeit und dem Zugkraftbedarf werden diese Größen mit der Positionsangabe eines RTK-GPS-Empfängers (Aktualisierungsrate 10 Hz) in eine Messdatei geschrieben.

Feldversuche

Die Versuche erfolgten während der Bodenbearbeitung auf unterschiedlichen Schlägen in verschiedenen Arbeitsgängen, wobei im ausgewählten Versuch eine zweite Stoppbearbeitung mit einem 3 m breiten Flügelscharrgrubber (Lemken Smaragd 9) nach der Vorfrucht Sommergerste (Stroh gehäckselt) am 31. 7. 2003 durchgeführt wurde. Um die Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch (Motorleistung) möglichst eindeutig auf bodenbedingte Unterschiede zurückführen zu können, erfolgte die Bearbeitung mit einer konstanten Getriebeübersetzung. Mit der elektronischen Drehzahlbegrenzung wurde die Höchstdrehzahl auf 2100 min^{-1} begrenzt, wobei diese Drehzahl in der gewählten Übersetzung in den meisten Bereichen des Schlages konstant gehalten werden konnte. Zur Zugkraftmessung wurde ein zwischen Traktor und Gerät gekoppelter 6-Kompo-

nenten-Kraftmessrahmen verwendet. Die gemessenen Rohdaten wurden nach der Bearbeitung mit Filteralgorithmen zum Entfernen von Wendevorgängen und des Stillstandes und einer Datenmittelung in ein GIS übertragen. Auf der Basis von Semivariogrammen zur Charakterisierung der räumlichen Zusammenhänge der Messwerte wurden diese Punktwerte mit der Methode des Ordinary Kriging zu einer flächendeckenden Rasterdarstellung mit einer Rasterzellengröße von $5 \cdot 5 \text{ m}$ überführt.

Ergebnisse

Die Bereiche verschiedenen Zugkraftbedarfes für den bearbeiteten Schlag „Mohren“ (Größe 10,8 ha, Ihinger Hof, Renningen) sind auch auf der Karte der Sollmenge des Kraftstoffverbrauches erkennbar. Dabei ist die erzielte räumliche Auflösung beider Karten vergleichbar, wobei in einer visuellen Beurteilung die Zugkraftkarte sehr kleinräumige ($<10 \text{ m}$) Unterschiede deutlicher wiedergibt als die Karte des Kraftstoffverbrauches (Bild 1).

Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Kraftstoffverbrauch (CAN-Bus) und dem Zugkraftbedarf zeigt Bild 2 eine Punkt-zu-Punkt-Korrelation der Rasterzellen beider Karten. Die visuelle Entsprechung der beiden Karten wird durch eine enge Korrelation der beiden Messwerte bestätigt.

Eine Übereinstimmung der Kartierung des Kraftstoffverbrauches mit Bodenmerkmalen wird anhand der Korrelation zum Tongehalt im Oberboden (A_p -Horizont) an 16 georeferenzierten Probenentnahmepunkten überprüft. Ähnlich wie bei Kartierungen des Zugkraftbedarfes kann eine gute Korrelation zum Tongehalt nachgewiesen werden (Bild 3).

Besonderheiten

Der gewählte Versuchsschlag weist eine gleichmäßige Hangneigung in Ost-West Richtung auf ($\sim 2\%$). Stärkere Hangneigungen äußern sich in einem deutlichen Unterschied im Kraftstoffverbrauch zwischen nicht richtungsgleichen Fahrspuren. Neben einer denkbaren Korrektur um die Steigleistung ist eine häufig praktikable Variante, nur richtungsgleiche Fahrspuren für die Verbrauchskarte heranzuziehen. Schwankungen in der Fahrgeschwindigkeit wirken sich ebenfalls auf den Kraftstoffverbrauch aus, weshalb die Geschwindigkeit möglichst konstant gehalten werden sollte. Bei Durchführung einer Kartierung des Kraftstoffverbrauches sollte die Bodenbearbeitung deshalb nicht mit voller Motorauslastung, sondern mit dem Ziel einer möglichst konstanten

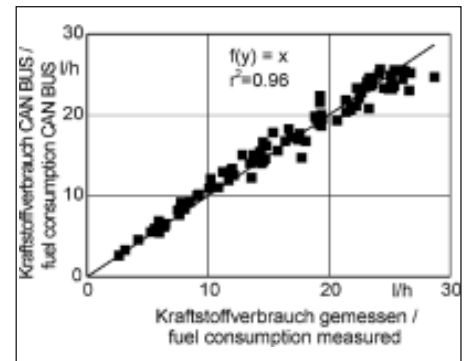


Bild 4: Verhältnis des Ausgabewertes am CAN-Bus zum real gemessenen Kraftstoffverbrauch

Fig. 4: Relationship of measured fuel consumption to the values read out from the CAN bus

Fahrgeschwindigkeit erfolgen. Weiterhin sind stark variierende Schlupfverluste als störende Einflussgröße auf den Kraftstoffverbrauch zu vermeiden. Die Bodenbearbeitung sollte deshalb nicht bei großen Unterschieden der Bodenfeuchte an der Oberfläche (nach Niederschlägen) erfolgen.

Weitere Untersuchungen

Zur weiteren Absicherung der Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Kraftstoffverbrauch und Bodeneigenschaften ist eine Erhöhung der Bodenprobendichte auf Basis eines gleichmäßigen Rasters für den obigen Schlag geplant. Derzeit erfolgen weitere Messungen um zu prüfen, inwiefern der aus dem CAN-Bus zugängliche Wert des Kraftstoffverbrauches mit dem realen Kraftstoffverbrauch übereinstimmt. Im hierzu gewählten Versuchsaufbau werden Zustände verschiedener Motorlast und Drehzahl durch eine Wirbelstrombremse an der Zapfwelle des Traktors eingestellt. In einem stationären Messaufbau erfolgt gleichzeitig eine Aufzeichnung der Verbrauchswerte des CAN-Bus sowie eine gravimetrische Messung des Kraftstoffverbrauches. Erste Ergebnisse dieser Versuche zeigen eine gute Korrelation zwischen den durch Wägung gemessenen Werten und der Verbrauchsrate vom CAN-Bus, die aus der Sollgröße des Einspritzsystems berechnet ist (Bild 4).

Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass auch aus einer Kartierung des Kraftstoffverbrauches Rückschlüsse auf Standortvariabilität mit hoher räumlicher Auflösung gezogen werden können. Vorteile gegenüber der Zugkraftkartierung kann die Kartierung des Kraftstoffverbrauches versprechen, wenn die Größe des Kraftstoffverbrauches bereits auf dem Traktor zur Verfügung steht und technisch besser zugänglich und aufzuzeichnen ist als ein hinreichend genauer Wert des Zugkraftbedarfes.