

Positionsbezogene Erfassung von Zugkraftwerten

Die Variabilität von Bodenparametern innerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen ist der Hauptgrund für die Durchführung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen. Durch die Messung des Zugkraftbedarfes eines Bodenbearbeitungsgerätes können diese Bodenunterschiede bei der Bodenbearbeitung erfasst werden. In den vorgestellten Untersuchungen wurde eine Zugkraftkartierung auf verschiedenen Flächen durchgeführt, um den Einfluss von Prozess- und Standortparametern auf die Variation des Zugkraftbedarfes zu bestimmen.

Dipl.-Ing. sc. agr. Benjamin Schutte ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Heinz Dieter Kutzbach) Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: bschutte@uni-hohenheim.de. Den Firmen John Deere und Lemken wird für die Unterstützung der Arbeit durch die Bereitstellung des Traktors und der Bodenbearbeitungsgeräte herzlich gedankt.

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Zugkraftkartierung, Precision Agriculture, Bodeneigenschaften

Keywords

Tillage, draught force mapping, precision agriculture, soil characteristics

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03610 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

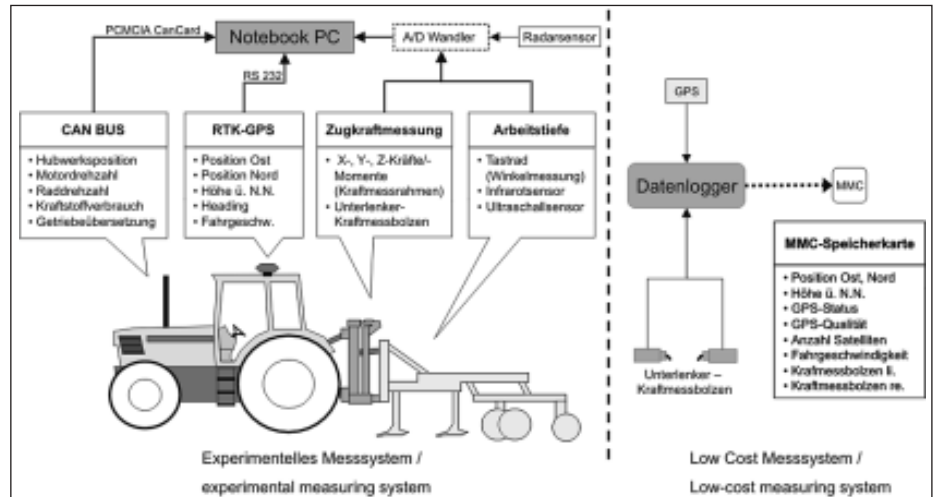


Bild 1: Parallel eingesetzte Messsysteme zur Zugkraftkartierung

Fig. 1.: Simultaneously used measurement systems for draught force mapping

Eine Standorterhebung im Hinblick auf variierende Bodeneigenschaften geschieht praxisüblich durch eine Bodenbeobachtung, durch das Hinterlegen von Bodenkarten, durch Interpretation von Ertragskarten oder anderen vorhandenen Standort- und Bestandskarten. Einen weiteren Ansatz zur Ermittlung von Unterschieden in den Bodeneigenschaften während der üblichen Bodenbearbeitung stellt die Kartierung des Zugkraftbedarfes eines Bodenbearbeitungsgerätes dar [1]. Den Zugkraftbedarf eines Bodenbearbeitungsgerätes beeinflussen zum einen prozessbedingte Parameter wie die Geräteart, die Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Arbeitsgeschwindigkeit. Einen zweiten Bereich der Einflussfaktoren auf den Zugkraftbedarf stellen standortabhängige Faktoren dar, zu denen die Bodenart, Bodendichte, Bodenfeuchte und das Relief gezählt werden können. Bisherige Untersuchungen konnten belegen, dass die standortabhängigen Faktoren einen deutlich variierenden Einfluss auf den Zugkraftbedarf haben, der in Zugkraftkarten nachvollziehbar ist. Diese Ergebnisse konnten sowohl mit Kraftmess-einrichtungen auf experimenteller Ebene als auch mit den serienmäßig in Traktoren eingebauten Kraftmessbolzen für die elektronische Hubwerksregelung erzielt werden [2].

In Untersuchungen an der Universität Hohenheim wurde eine Zugkraftkartierung und

die Messung von Begleitparametern auf verschiedenen Schlägen in verschiedenen Jahren durchgeführt. Die Versuchsdaten dienen einer Normierung der Zugkraftwerte innerhalb eines Schlages und zwischen verschiedenen Schlägen. Ferner wird ein zweites, praxisnahes Low Cost Messsystem parallel zu einem experimentellen Messsystem zur Zugkraftkartierung erprobt. Das zweite Messsystem basiert auf der Erfassung der Daten der serienmäßigen Zugkraftmessbolzen sowie einem eigenen GPS-Empfänger. Dieses Messsystem soll einen Einblick in die Möglichkeiten und Grenzen der Zugkraftkartierung in der landwirtschaftlichen Praxis geben.

Zugkraftkartierung und Untersuchungsmethoden

Die Zugkraftkartierung mit einer angestrebten hohen Genauigkeit erfolgt mit einem Sechs-Komponenten-Kraftmessrahmen, der zwischen dem Versuchstraktor und dem jeweiligen Anbaugerät angebaut ist. Die Kräfte und Momente werden innerhalb des Kraftmessrahmens durch sechs Kraftmessdosen in den drei Wirkrichtungen bis zu einer maximalen Zugbeanspruchung von jeweils 100 kN gemessen. Jeder kalibrierten Kraftmessdose ist ein kompakter Kraftmessverstärker zugeordnet, die Ausgabe des

Zug(-Druck)-kraftwertes erfolgt als proportionales Spannungssignal. Neben diesen Kraftmesswerten werden in zwei Kanälen die Spannungssignale der vom Traktorhersteller serienmäßig an den Unterlenkern installierten Kraftmessbolzen für die Hubwerksregelung erfasst. Der genauen Positionsbestimmung dient ein Real Time Kinematic GPS (RTK-GPS)-Empfänger mit eigener Referenzstation (Bild 1).

Eine Erfassung von Hubwerksposition, Motordrehzahl, Raddrehzahl und der Getriebeübersetzung erfolgt im experimentellen Messsystem ohne zusätzliche Sensoren, indem diese Werte aus dem CAN-Bus des Traktors aufgezeichnet werden. Zusätzlich kann so auch der momentane Kraftstoffverbrauch erfasst werden, dessen Messung über eine Kraftstoffmesseneinrichtung bei befriedigender Genauigkeit nur mit einem hohen baulichen und finanziellen Aufwand möglich wäre. Die tatsächliche Geschwindigkeit wird sowohl mit dem RTK-GPS als auch von einem Radarsensor gemessen. Eine Wandlung der Spannungs- und Impulssignale erfolgt mit einem externen A/D-Wandler, wobei zur Messdatenvisualisierung und -speicherung ein Notebook-PC eingesetzt wird.

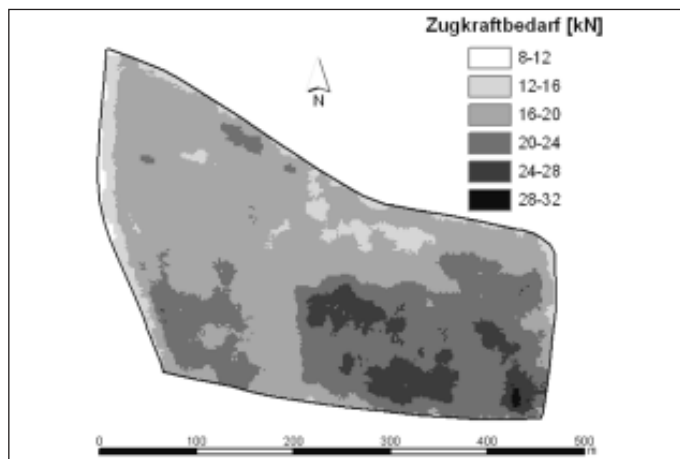
Ein parallel und unabhängig zu dem sehr genauen Messsystem betriebener Datenlogger verfügt über eine eigene GPS-Antenne und bestimmt die aktuelle Position ohne zu Hilfenahme eines Korrektursignals. Zusätzlich werden mit dem Datenlogger die Signale der Unterlenker-Kraftmessbolzen aufgezeichnet. Die GPS-Daten (Position, Geschwindigkeit, GPS-Qualität) und die Werte der Kraftmessbolzen werden in eine ASCII-Datei auf eine Speicherkarte im MMC-Format geschrieben. Mit einem konventionellen Kartenlesegerät können diese Daten in einen Standard-PC eingelesen werden.

Da Änderungen in der Arbeitstiefe einen starken Einfluss auf den Zugkraftbedarf eines Bodenbearbeitungsgerätes bewirken, wurden bei einem Flügelschargrubber Sensoren zur Online-Messung der Arbeitstiefe integriert. Dafür wurde ein Tastrad zur Messung des Geräteabstandes zur Bodenoberfläche installiert, dessen Position relativ zum Gerät über ein Drehpotentiometer im Anlenkpunkt des gummibereiften Laufrades bestimmt wird. Zur kontaktlosen Abstandsmessung werden gleichzeitig ein Ultraschall- und ein Infrarot-Entfernungssensor eingesetzt. Als indirekte Methode zur Arbeitstiefenbestimmung wird die Position des Hubwerkes aufgezeichnet, um einen Vergleich der vier verschiedenen Messmethoden zu ermöglichen.

Bisherige Versuchsdurchführungen erfolgten auf den Versuchsstationen Heidfeldhof (Stuttgart) und Ihinger Hof (Renningen) der Universität Hohenheim auf einer Ge-

Bild 2: Zugkraftkarte Schlag „Lammwirt“, 2. Stoppelbearbeitung (11,0 ha), 1. 8. 2003

Fig. 2: Draught force map for the plot „Lammwirt“ (11.0 ha), 1. 8. 2003



samtfläche von etwa 80 ha bei verschiedenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach Getreide, Raps und Körnerfrüchten in den Jahren 1999 [3, 4] und 2003. Überwiegend wurden die Versuche mit einem angebauten Flügelschargrubber (Lemken Smaragd 9/300) und einem Vierschar-Volldrehpflug mit hydraulischer Schnittbreitenverstellung (Lemken VariOpal 7) durchgeführt. Als Traktor stand ein John Deere 6620 mit einer Leistung von 92 kW zur Verfügung.

Bei der Verarbeitung der Messdaten werden die Wendevorgänge anhand der Hubwerksposition und der Stillstand des Traktors anhand der Geschwindigkeit herausgefiltert. Unter Zuhilfenahme der Fahrtrichtungsinformation (Heading) des DGPS-Signals erfolgt eine Korrektur der Geräteposition um den Abstand zwischen Antennen- und Geräteposition im Postprocessing der Messdaten. Es erfolgt eine Mittelung von zehn Sensorwerten, wobei dem Median der Positionswerte jeweils das arithmetische Mittel der vorangehenden und nachfolgenden Sensorwerte zugeordnet wird. Von den Positionsdaten wird nicht das arithmetische Mittel genutzt, da auf diesem Weg eine Position ermittelt würde, die nicht zwangsläufig tatsächlich befahren wurde. Insbesondere bei Kurvenfahrt wird dieser Unterschied in der Mittelung der Positionsdaten ersichtlich. Nach der Speicherung der Daten erfolgt die räumliche Darstellung und Weiterverarbeitung der Daten mit dem GIS-Programm ArcView.

Ergebnisse

Der Zugkraftbedarf eines zweibalkigen Flügelschargrubbers mit einer Arbeitsbreite von 3 m in der zweiten Stoppelbearbeitung nach Hafer bei einer mittleren Arbeitstiefe von ~ 14 cm ist in Bild 2 dargestellt. Die Arbeitstiefe unterlag durch die Tiefenführung über einen Walzennachläufer nur geringen Schwankungen, die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit während der Messungen lag bei 8,9 km/h. Die Rasterdarstellung wurde durch ein Kriging der gemittelten Zugkraftwerte des Kraftmessrahmens erzielt,

wobei die gemittelten Punktwerte in der Ausgangskarte einen Abstand innerhalb der Fahrspuren von durchschnittlich 2,5 m aufweisen. Es sind deutlich groß- und kleinräumige Unterschiede im Zugkraftbedarf für den Schlag „Lammwirt“ erkennbar. Diese Ergebnisse wurden auch auf anderen Schlägen bei anderen Bearbeitungsmaßnahmen erzielt. Sollen die Bereiche gleichen Zugkraftbedarfes innerhalb eines Schrages Bodenkarten gegenübergestellt werden, stellt sich das Problem, dass vorhandene Bodenkarten meist eine deutlich geringere räumliche Auflösung als die Kartierung der Zugkraftwerte aufweisen. Bereiche unterschiedlicher Bodenarten, die für den obigen Schlag vom Institut für Bodenkunde der Universität Hohenheim in früheren Bodenkartierungen ausgewiesen wurden, decken sich mit der oben dargestellten Zugkraftkarte. Zur Quantifizierung des Verhältnisses zwischen Bodenart (Tongehalt) und Zugkraftbedarf ist jedoch die Erhöhung der räumlichen Auflösung der Bodenkarten notwendig [5], weshalb auf den bisher zugkraftkartierten Flächen im Frühjahr 2004 eine Kartierung der Bodenleitfähigkeit durchgeführt wird.

Neben dem Tastrad wurden auch mit der Erfassung der Hubwerksposition gute Resultate hinsichtlich der Genauigkeit der Arbeitstiefenmessung erzielt. Die berührungslosen Messprinzipien (Ultraschallsensor, Infrarotsensor) erfassen den Abstand zur Bodenoberfläche aufgrund von Bodenunebenheiten und Schwankungen in der Höhe der Stoppel der Vorfrucht bei der Stoppelbearbeitung nur ungenau. Bei dem experimentellen Messsystem wurden gute Übereinstimmungen zwischen den Zugkraftwerten des Kraftmessrahmens und den aufgezeichneten Werten der Traktor-Kraftmessbolzen festgestellt. Allerdings konnten bei einigen Fahrspuren deutliche Differenzen beobachtet werden, deren Ursache noch geklärt werden muss. Aus der Literatur bekannte Modelle zum Zugkraftbedarf von Bodenbearbeitungsgeräten sollen kombiniert mit den hier vorgestellten Untersuchungen in der weiteren Arbeit als Grundlage zur Normierung von Zugkraftwerten dienen.