

Mess- und Prüftechnik - Qualitätssicherung

Hans W. Griepentrog, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion, Universität Hohenheim, Stuttgart

Frank Volz, Servicebereich Kommunikation, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Frankfurt

Kurzfassung

Der Trend zu leistungsfähigerer Sensorik und Elektronik insgesamt hält weiter an. Im Berichtsjahr wurden wichtige Mess- und Prüfverfahren im DLG-Testzentrum neu erarbeitet oder aktualisiert. Moderne Messtechnik als auch neue Prüfverfahren aus der Forschung konnten neue Möglichkeiten eröffnen, um das Prüfwesen zu verbessern und damit die Qualität der Landmaschinen anwendungsspezifisch zu erfassen und zu erhöhen.

Schlüsselwörter

Bildanalyse, Vorbau-Kamera-Monitor-Systeme, Einsatzprofile, Betriebsfestigkeit

Instrumentation and Test Engineering - Quality Assurance

Hans W. Griepentrog, Institute of Agricultural Engineering, Technology in Crop Production, University of Hohenheim, Stuttgart

Frank Volz, Communication & PR, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Frankfurt

Abstract

Trends in more sophisticated sensors and electronics are continuing. In the year under review important instrumentation and test procedures in the DLG test center were newly elaborated or updated. Scientific research contributed new instrumentation as well as test procedures to open up new possibilities to describe and improve the quality of agricultural machinery.

Keywords

Image analysis, front-camera-monitor-systems, operation profiles, fatigue life

Messtechnik

Die Messtechnik inklusive der Sensorik ist fundamental für das Prüfwesen und die Prüftechnik und ist in ihrer Entwicklung weiterhin sehr dynamisch. Insbesondere im Bereich von innovativen Kamerasystemen als auch laserbasierten Sensoren gibt es viele Neuheiten, die vielversprechende Lösungen im landwirtschaftlichen Kontext beschreiben [1, 2]. Die Miniaturisierung und drahtlose Vernetzung von Komponenten macht es heute einfacher Daten über relevante Parameter von Maschinen und Prozessen zu erfassen und daraus anschließend Informationen zur Bewertung von Funktionen, Arbeitsqualitäten und Kosten zu generieren. Dabei werden heute zunehmend beispielsweise Cloudsysteme genutzt, wenn die Speicherkapazität und Leistungsfähigkeit von mobilen Endgeräten nicht ausreichen [3].

Am österreichischen Josephinum in Wieselburg wurde ein webbasiertes Messverfahren zur Bestimmung des Bodenbedeckungsgrades entwickelt [4]. Der Bodenbedeckungsgrad mit lebendem Pflanzenmaterial und toter organischer Masse ist ein bedeutender Parameter für die nachhaltige Bewirtschaftung des Bodens. Über die Quantifizierung dieser Kennzahl kann der Schutz vor Erosion als auch allgemein die Arbeitsqualität von Bodenbearbeitungsgeräten beschrieben werden. Derzeitige Standardmethoden sind entweder zeitaufwendig, wie beispielsweise das manuelle Auswerten, oder basieren auf einer qualitativen Schätzung geschulter Personen. Erste Bildanalysemethoden mit automatischer Segmentierung und Klassifizierung in Boden, Ernterückstände und lebendes Pflanzenmaterial erfordern bisher das manuelle Eingeben diverser Merkmalschwellwerte.

Die neue Bildanalysemethode basiert auf automatisch gelernten Schwellwerten mittels einer speziellen Technik namens „entangled forest“ [4]. Durch diese Technik werden eine höhere Robustheit und eine bessere Generalisierung erreicht. Die Evaluierung der Methode an Bildern unterschiedlicher Lichtbedingungen, bei einer Bodenbedeckung zwischen 0 % und 100 % mit lebender organischer Masse, Stroh bzw. sonstigen Ernterückständen zeigte Abweichungen mit einer Standardabweichung von zirka 6 % und ist somit vergleichbar mit manuellen Auswertungen. Für die einfache Nutzung auf dem Feld mittels eines Mobiltelefons wurde der Algorithmus in einen webbasierten Service sowie in einer Android-Applikation implementiert.

Erfassung dynamischer Maschinenzustände

Für die Erfassung der dynamischen Betriebszustände von Maschinenkomponenten reichen die Genauigkeiten von Satellitenortungssystemen (RTK-GNSS) mit den zugehörigen absoluten 3D-Koordinaten nicht aus. Als Referenz werden aus der Geodäsie stammende zielverfolgende Ortungssysteme (Tachymeter) verwendet, die eine höhere dynamische Genauigkeit und Geschwindigkeit als RTK-GNSS-Systeme aufweisen [5]. Diese messtechnischen Systeme haben sich bei der Prüfung von automatischen Traktorlenksystemen bewährt. Es konnten in einem weiteren Projekt die Vertikalbewegungen von Direktsämaschinen während des Einsatzes erfasst werden. Die Analyse der Bewegungsprofile sollte Hinweise liefern, wie die Gleichmäßigkeit der Kornablage im Boden bei der Direktsaat mit hohen Fahrgeschwindigkeiten verbessert werden kann [5].

Unebenheiten von Fahrbahn- und Feldoberflächen

Zielverfolgende Ortungssysteme wurden auch genutzt, um Unebenheiten von Fahrbahn- und Feldoberflächen zu vermessen, um damit beispielsweise deren Einfluss auf die Schwingbeanspruchung von Fahrzeugkomponenten im Rahmen von Betriebsfestigkeitsuntersuchungen zu ermitteln [6]. Damit stehen aktuelle Daten zur Statusbeschreibung von Straßen, Feldwegen und Feldoberflächen zur Verfügung, die von landwirtschaftlichen Fahrzeugen genutzt werden.

Prüftechnik

Im Berichtsjahr 2016 hat das DLG-Testzentrum Technik & Betriebsmittel nahezu 100 Prüfzeichen für technische Prüfungen vergeben. Die DLG-Maßstäbe und Qualitätsvorgaben orientieren sich dabei immer an den Anforderungen der Praxis und entsprechen darüber hinaus neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Viele Prüfungen sind aber forschungs- und entwicklungsbegleitende Prüfungen mit entsprechendem Prüfbericht an den Hersteller, somit lag die Gesamtzahl technischer Prüfungen um ein vielfaches höher als nach außen durch die Prüfzeichen und veröffentlichten Berichte erkennbar war.

Vorbau-Kamera-Monitor-Systeme

Beim Einbiegen eines Traktors mit angebautem Frontgerät auf eine viel befahrene Straße versperren Hindernisse häufig die Sicht des Fahrers zur Seite. Die Situation verschärft sich, je länger das Vorbaumaß, das heißt der Abstand zwischen Lenkradmitte und Fahrzeugvorderkante, wird. Hier sind nach Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO) zurzeit maximal 3,5 m zulässig. Das ist ein Wert, der im Einzelfall bereits mit nur dem Traktor und bei eingeklapptem Frontkraftheber erreicht wird. Bereits aus früheren Zeiten stammt eine Regelung in der StVZO, dass der Fahrer bei zu großen Vorbaumaßen von einem Einweiser unterstützt werden muss. Das ist heute wenig zeitgemäß, denn ein geforderter Einweiser ist häufig nicht verfügbar oder wenn, dann durch die Situation selber stark gefährdet.



Bild 1: Beispiel einer Kamerainstallation eines Vorbau-Kamera-Monitor-Systems (VKMS) an einem Frontgerät (Foto DLG, Frankfurt a.M.)

Figure 1: Example of an implemented front-camera-monitor-system (FCMS) for a front device (Foto DLG, Frankfurt a.M.)

Dies gilt für landwirtschaftliche Anbaugeräte wie Frontmäherwerke gleichermaßen wie im Kommunalbereich für z.B. Schneepflüge oder Böschungsmulcher. Aus diesem Grund werden insbesondere seit längerem entsprechende Fahrer-Assistenzsysteme entwickelt und auch gefordert, die einen Einweiser ersetzen können. Hauptkomponente dabei sind Vorbau-Kamera-Monitor-Systeme (VKMS), deren Kameras am Frontanbaugerät fest verbaut sind und die beim Anbauen nur eine elektrische Verbindung zum Monitor in der Kabine benötigen.

Im Straßenverkehr sind jedoch nur geprüfte Systeme zulässig. Die 2016 einzige Prüfung in diesem Bereich, hat das Testzentrum Technik und Betriebsmittel der DLG in Groß-Umstadt entwickelt [7]. Mit geringfügigen Ergänzungen wurde der DLG-Prüfrahmen Anfang 2017 durch Veröffentlichung im Bundesverkehrsblatt bundeseinheitlich gültig.

Kamera und Monitor müssen getrennten einsatzrelevanten Klima- und Umweltprüfungen standhalten und insgesamt der rauen Umgebung in der Landwirtschaft und im Kommunaldienst widerstehen.



Bild 2: Der Triangle-Discrimination-Test der DLG für Vorbau-Kamera-Monitor-Systeme (VKMS) (Foto DLG, Frankfurt a.M.)

Figure 2: The triangle discrimination test of the DLG for a front-camera-monitor-system (FCMS) (Foto DLG, Frankfurt a.M.)

Technisch müssen VKMS auch entfernte Objekte noch in ausreichender Auflösung darstellen können, was im Triangle-Discrimination-Test (Bild 2) geprüft wird. Hinzu kommt, dass zwischen einem von der Kamera erfassten, realen Geschehen und dessen Darstellung auf dem Monitor eine Signalverzögerung von nicht mehr als 200 Millisekunden auftreten darf. Die DLG-Prüfkriterien sehen vor, dass für jeden Anbautyp eine eigene Prüfung insbesondere in den praxisrelevanten Kriterien Sichtfeld, Schlagtest und Montage durchgeführt werden muss. Die Stabilitätsprüfung des Kameraanbaus und des mechanischen Schutzes werden mithilfe eines Schlagpendeltests ähnlich wie bei Kraftfahrzeugspiegeln durchgeführt.

Inzwischen wurden drei Vorbau-Kamera-Monitor-Systeme von der DLG geprüft, als für den Einsatz geeignet bewertet und demzufolge mit einem Prüfzeichen „DLG ANERKANNT Gesamt-Prüfung“ ausgezeichnet [8].

Additiv Trak mit Aktiv-Wirkstoff BL-U 100

Kaum eine Diskussion ist so gespalten wie die über Zusätze für Kraftstoffe und Öle. Fakt ist, dass Einspritzdüsen je nach Nutzung des Traktors und Qualität des verwendeten Diesels verkoken oder versotten können. Die Folge sind eine schlechtere Vernebelung und somit eine schlechtere Verbrennung. Es verschlechtern sich die Abgaswerte und die Motorleistung

lässt nach. Zur Beseitigung von Verkokungen und um eine Neubildung solcher Ablagerungen dauerhaft zu verhindern, bieten verschiedene Anbieter spezielle Zusätze für Dieseldieselkraftstoffe an. Mit der ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte GmbH aus Buchholz hat sich erstmals einer dieser Anbieter mit dem Additiv Trak mit Aktiv-Wirkstoff BL-U 100 einer Prüfung durch die DLG gestellt [9]. Ziel war der neutrale und unabhängige Nachweis, dass das Additiv verkockte Injektoren reinigen kann und im Weiteren neue Verkokungen verhindert.

Das Additiv wurde in einem standardisierten Test nach der CEC-Testprozedur CEC F-98-08, 7 geprüft, die mit dieser Prüfung erstmals am DLG-Testzentrum etabliert wurde. In dieser Prüfung wird der Dieselmotor zunächst mit einem mit Zink belasteten Diesel gezielt verschmutzt (dirty up), was zu einem Leistungsverlust des Motors von 7,01 % von 96,9 kW auf 90,1 kW geführt hat (Bild 3). Anschließend wurde dem belasteten Diesel das Additiv in der Menge von 1 g/kg Diesel zugesetzt. Zur Prüfung, ob das Additiv einen guten Zustand der Injektoren erhalten und somit Leistungsverlusten des Motors durch Verkokung vorbeugen kann (keep clean), wurde ebenfalls belastetes Diesel verwendet, das mit einer Additivmenge von 1 g/kg Diesel versetzt wurde. Auch hier wurde nach der vorgeschriebenen Laufzeit überprüft, ob ein Leistungsverlust des Motors eingetreten war.

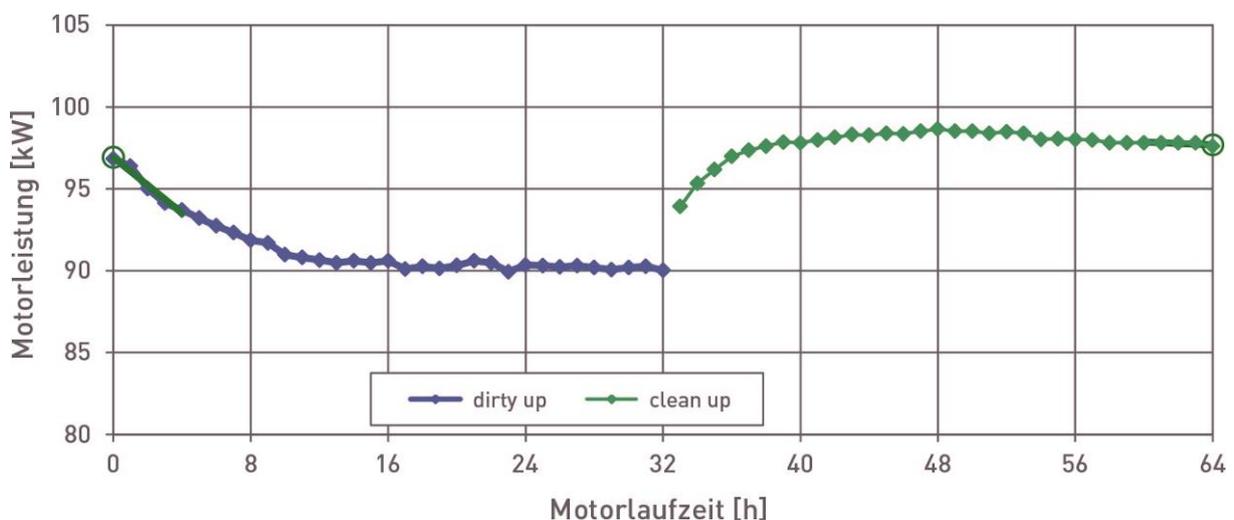


Bild 3: Zeitlicher Prüfungsverlauf mit gezielter Verschmutzung (dirty up) und nach Zugabe eines Additivs (clean up) [9]

Figure 3: Timeline of a test for an intentional pollution (dirty up) and with add-on of an additive (clean up) [9]

Nach der vorgeschriebenen Motorlaufzeit des verkockten Motors von 32 h (clean up) konnte die Ausgangsleistung von 97,7 kW wieder erreicht bzw. mit 0,79 % bezogen auf die Ausgangsleistung sogar minimal überschritten werden. Auch die eingespritzte Dieselmenge pro Kolbenhub und Zündvorgang erreichte mit 47,87 mg nahezu wieder den Ausgangswert von 48,46 mg, nachdem sie im verkockten Motor auf 44,6 mg gefallen war.

Im Rahmen der DLG-Eingangsprüfung für Traktoren an der Zapfwellenleistungsbremse zeigt die Erfahrung, dass eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs um ca. 10 % speziell bei den Stickoxiden eine Steigerung der Abgasemissionen, um – je nach Betriebspunkt – bis zu 80

bis 200 % nach sich zieht. Die Ergebnisse konnten also belegen, dass das Additiv die leistungsmindernde und folglich emissionssteigernde Verkokung wirksam beseitigen kann.

Wissenschaftliche Forschung

Einsatzprofile von Maschinen

Ohne die genaue Kenntnis des Einsatzes von Maschinen kann beispielsweise eine Prüfung der Betriebsfestigkeit von Maschinenteilen nicht sinnvoll erfolgen. Aufgrund der hohen Komplexität und Variabilität ist es aufwändig allein die zeitlichen Einsatzbedingungen landwirtschaftlicher Maschinenkombinationen systematisch zu erfassen. Darüber hinaus können Einsatzprofile die Vergleichbarkeit von Maschineneinsätzen verbessern, erlauben eine Einordnung hinsichtlich Zeit- oder Energiebedarf für einen betrachteten Zeitraum und geben Hinweise auf zeitliche Beanspruchungen von Maschinenkomponenten.

Es wurde ein System zur Arbeitszeitanalyse entwickelt, das Maschinenparameter vom ISOBUS des Traktors mit Infrastrukturdaten, wie beispielsweise Feldgrenzen, verknüpft [10, 11]. Durch die weitest gehende Automatisierung der Datenanalyse können größere Datenmengen in kurzen Zeiträumen analysiert werden.

Es wurde dabei der Einfluss der Flächenstruktur auf Maschineneinsätze anhand von Einsatzprofilen am Beispiel des Schwadens untersucht. Auf drei ausgewählten Betrieben in West-, Ost- und Süddeutschland wurde je eine Maschinenkombination, bestehend aus Traktor und Großflächenschwader, über mehrere Wochen mit einem ISOBUS-Datenlogger und einer GNSS-Antenne ausgestattet. Insgesamt wurden in 150 Maschinenstunden 840 ha Fläche verteilt auf über 200 Schläge geschwadet. Anhand der erfassten Maschinen- sowie Positionsdaten wurde anschließend jeder Einsatz einer Arbeitszeitanalyse unterzogen. Anschließend wurde untersucht, inwiefern die ermittelten Einsatzprofile von der regional unterschiedlichen Agrarstruktur beeinflusst werden.

Bild 4 zeigt das Ergebnis der Analyse für drei unterschiedliche Regionen Deutschlands. Für die Beschreibung von Lastzuständen ist beispielsweise relevant, dass die Wegezeiten sich um den Faktor 3 unterscheiden im Vergleich von ost- zu süddeutschen Strukturen.

Die automatisierte Datenauswertung erlaubt sogar eine Zuordnung von Motorparametern von Traktoren zu den Teilzeiten sofern diese auf dem ISOBUS verfügbar sind. Sogar Motorbetriebspunkte nach Motordrehmoment und -drehzahl können für ausgewählte Teilzeiten dargestellt werden. Es wird dadurch deutlich, dass in den verschiedenen Teilzeiten unterschiedliche Anforderungen an die Maschine gestellt werden [11].

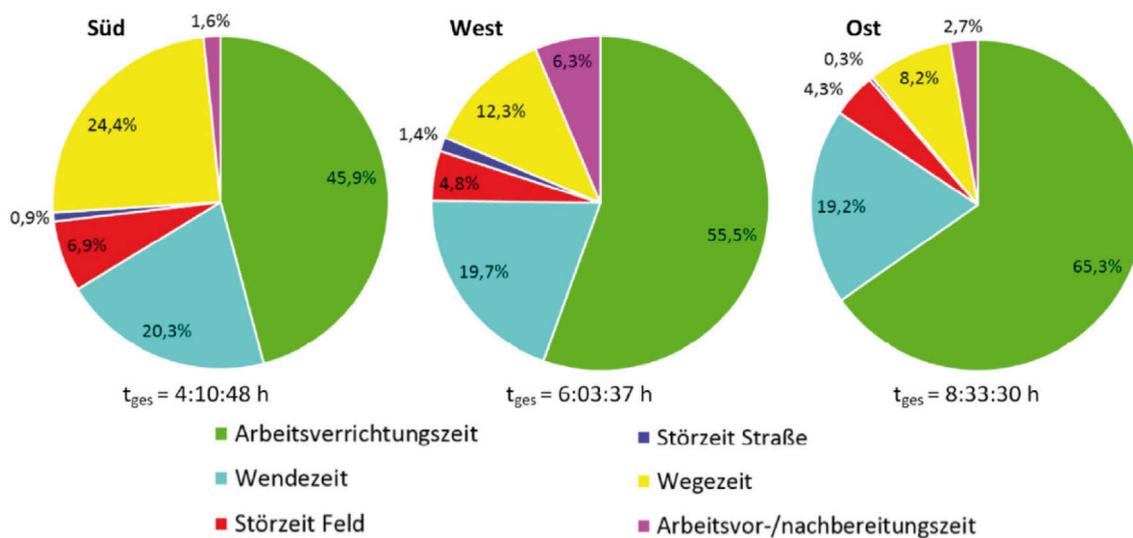


Bild 4: Einfluss unterschiedlicher Regionen und dessen Betriebsstrukturen auf das Einsatzprofil eines Schwaders [11]

Figure 4: The influence of different regions and their farm structures on operation profiles of a swather [11]

Prüfung Betriebsfestigkeit

Um Landmaschinen realitätsnah hinsichtlich ihrer Betriebsfestigkeit zu testen sind genaue Kenntnisse nicht nur der Einsatzprofile, sondern auch der konkreten Bauteilbelastungen und der Fahrbahn- und Feldoberflächenrauigkeiten von Nöten. Für die unterschiedlichen Zeitannteile der aus den Einsatzprofilen wird gezeigt, wie groß der jeweilige Beitrag zu den Schadenssummen ist [12]. So wurde bestätigt, dass Transportfahrten zu den Einsatzfeldern wesentlichen Anteil haben von Schadenssummen an Lagerpunkten der Aufhängungen von Klappmechanismen insbesondere an Maschinen mit großen Arbeitsbreiten. Auch für die Arbeit im Feld konnte je nach Maschinenstatus die Beanspruchung differenziert nachgewiesen werden. Über die durchgeführten Untersuchungen kann für unterschiedliche Einsatzprofile eine Empfehlung für ein Testszenario entworfen werden [12].

Zusammenfassung

Der Trend zu leistungsfähigerer Sensorik und Elektronik insgesamt hält weiter an. Im Berichtsjahr wurden wichtige Mess- und Prüfverfahren im DLG-Testzentrum neu erarbeitet oder aktualisiert. Moderne Messtechnik als auch neue Prüfverfahren aus der Forschung konnten neue Möglichkeiten eröffnen, um das Prüfwesen zu verbessern und damit die Qualität der Landmaschinen anwendungsspezifisch zu erfassen und zu erhöhen.

Literatur

- [1] Vazquez Arellano M., Griepentrog H.W., Reiser D., Paraforos D.S. (2016): 3-D Imaging Systems for Agricultural Applications — A Review. *Sensors* 16 (5) 618
- [2] Reiser D., Vázquez Arellano M., Garrido Iazard M., Griepentrog H.W., Paraforos D.S. (2016): Using Assembled 2D LiDAR Data for Single Plant Detection. In: 5th International Conference on Machine Control and Guidance (MCG), 5.10.2016, Vichy, France
- [3] Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. (2016): A Farm Management Information System Using Future Internet Technologies. *IFAC-PapersOnLine* 49(16) 324-329
- [4] Prankl J., Riegler-Nurscher P., Bauer T. (2016): Bildanalyse zur Ermittlung des Bodenbedeckungsgrades mit lebender und toter organischer Masse. In: *LAND.TECHNIK* 2016, 22./23.11.2016, Köln, VDI-Berichte Nr. 2273, 309-316
- [5] Sharipov G., Paraforos D.S., Griepentrog H.W. (2016): Modeling and optimization of a no-till direct seeding machine. In: 36. GIL-Jahrestagung - Intelligente Systeme - Stand der Technik und neue Möglichkeiten, 22.2.2016, Osnabrück, Gesellschaft für Informatik (GI), Bonn, 193-196
- [6] Paraforos D.S., Griepentrog H.W. (2014): Surface Profiles Acquisition for Assessing Fatigues Life of Agricultural Machinery in Test Facilities. In: 18th International ISTVS Conference, 22.9.2014, Seoul, Korea
- [7] Goldmann J. (2016): Kamera-Monitor-Systeme für Frontanbaugeräte - Einfach. Sicher. DLG-geprüft. *DLG Test Landwirtschaft* (März 2016) 13-15
- [8] DLG-Prüfbericht 6300, Fa. AGCO Fendt, <http://www.dlg-test.de/tests/6300.pdf>
DLG-Prüfbericht 6301, Fa. Krone GmbH, <http://www.dlg-test.de/tests/6301.pdf>
DLG-Prüfbericht 6323, Fa. Dücker GmbH, <http://www.dlg-test.de/tests/6323.pdf>
- [9] DLG-Prüfbericht 6291, Fa. ERC Additiv GmbH,
<http://www.dlg-test.de/additive/6291-DE.pdf>
- [10] Kortenbruck D., Griepentrog H.W. (2016): Automatisierte, teilzeitspezifische Analyse von Maschinendaten am Beispiel der Bodenbearbeitung. In: 36. GIL-Jahrestagung - Intelligente Systeme - Stand der Technik und neue Möglichkeiten, 22.2.2016, Osnabrück, Gesellschaft für Informatik (GI), Bonn, 93-96
- [11] Kortenbruck D., Geiger J., Paraforos D.S., Griepentrog H.W., Holzhauer A. (2016): Einfluss der Flächenstruktur auf Einsatzprofile von Landmaschinen am Beispiel des Schwadens. In: *LAND.TECHNIK AgEng 2016 - Das Forum für agrartechnische Innovationen*, 22./23.11.2016, Köln, VDI-Berichte Nr. 2273, 463-468
- [12] Paraforos D.S. (2016): Fatigue life assessment and accelerated durability testing of agricultural machinery using load measurements and surface profile mapping. Forschungsbericht Agrartechnik des Fachausschusses Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Nr. 563, Dissertation, Hohenheim

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Griepentrog, Hans W.; Volz, Frank: Mess- und Prüftechnik - Qualitätssicherung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2016. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2017. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64188>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/306.html>