

Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz

J. Krüger, H.J. Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

Kurzfassung

Der Trend zur Elektrifizierung sowie erste Konzepte für autonome Maschinen bestimmen inzwischen auch die Entwicklung bei Traktoren. Fraglich ist, wie Konzepte aussehen, welche die Vielseitigkeit der Einsatzgebiete berücksichtigen, für die Traktoren eingesetzt werden. Neben Systemen zur Anzeige und Kanalisierung der zunehmenden Informationsflut am Fahrerplatz steht vor allem die Effizienz der Traktion im Vordergrund.

Schlüsselwörter

Fahrsicherheit, Fahrkomfort, Traktionswirkungsgrad, Ganzkörpervibration

Ride Dynamics - Ride Safety - Driver's Place

J. Krüger, H.J. Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

Abstract

A development towards an electrification and first concepts for autonomous machines can be observed. The question remains how the diversity of tasks can be dealt with in the new concepts. Solutions to cope with the increasing amount of information at the driver's place are presented and the tractive efficiency is still in the focus of new research.

Keywords

Ride safety, driving comfort, tractive efficiency, whole body vibration

Moderne Sensorik, neue Verfahren zur Auswertung der gemessenen Daten und der auch bei Traktoren anhaltende Trend zur (Teil-)Elektrifizierung sind die Treiber für neue Entwicklungen im Bereich der Fahrdynamik und helfen, den Arbeitsplatz der fahrzeugführenden Personen komfortabler und sicherer zu gestalten. Die Vielseitigkeit der Aufgaben, nicht nur in der Landwirtschaft, die mit Traktoren heute bewältigt werden, erfordern auch im kommenden Jahrzehnt die Möglichkeit, die Maschine durch einen Menschen zu steuern. Dieser wird jedoch zunehmend an seinem Arbeitsplatz von Routineaufgaben entlastet.

Fahrdynamik

Im Bereich der Fahrdynamik stehen insbesondere Effizienzsteigerungen bei der Traktion im Fokus aktueller Forschung und Entwicklung. So soll beispielsweise ein zusätzliches elektrisch angetriebenes Rad an einem Pflug die Traktion verbessern. Die elektrische Leistung bezieht das System von Bumberger et al. aus einem durch die Frontzapfwelle angetriebenen Generator [1]. Die Vorteile sind geringere Bodenverdichtung, durch weniger Ballast bzw. weniger Feldüberfahrten durch eine größere mögliche Arbeitsbreite. Bei gleichem Traktor kann durch eine größere Pflugarbeitsbreite eine Effizienzsteigerung von bis zu 33% erreicht werden. Eine der üblichen Maßnahmen zur Senkung des Bodendrucks, nämlich die Verringerung des Reifeninnendrucks, ist durch die maximale Belastbarkeit des Reifens begrenzt. Da die Radlasten bedingt durch Nick- und Wankmomente schwanken, muss der Reifenhersteller den Minimaldruck immer mit einer Sicherheit angeben, die diese dynamischen Vorgänge berücksichtigt. Mittels des bereits 2015 vorgestellten Sensors an der Hinterachse eines Traktors auf Basis des Villary Effekts sowie der Messung der Drücke in der hydro-pneumatischen Vorderachsfederung können die Radlasten während der Fahrt ständig bestimmt werden [2; 3]. Erste Feldmessungen mit dem System wurden bereits durchgeführt. In zukünftigen Anwendungen könnte so beispielsweise der Reifeninnendruck weiter reduziert bzw. an die tatsächliche Achslast dynamisch angepasst werden.

Der gleiche Sensor kommt auch in der Arbeit von Wieckhorst et al. zum Einsatz [4]. In einem Traktorprototypen wird er verwendet, um eine Echtzeiterfassung des Traktionswirkungsgrads in Abhängigkeit des Traktionskoeffizienten zu ermöglichen. Frühere Erkenntnisse, nach denen der niedrigste Reifendruck nicht notwendigerweise die größte Effizienz liefert, konnten damit bestätigt werden (**Bild 1**).

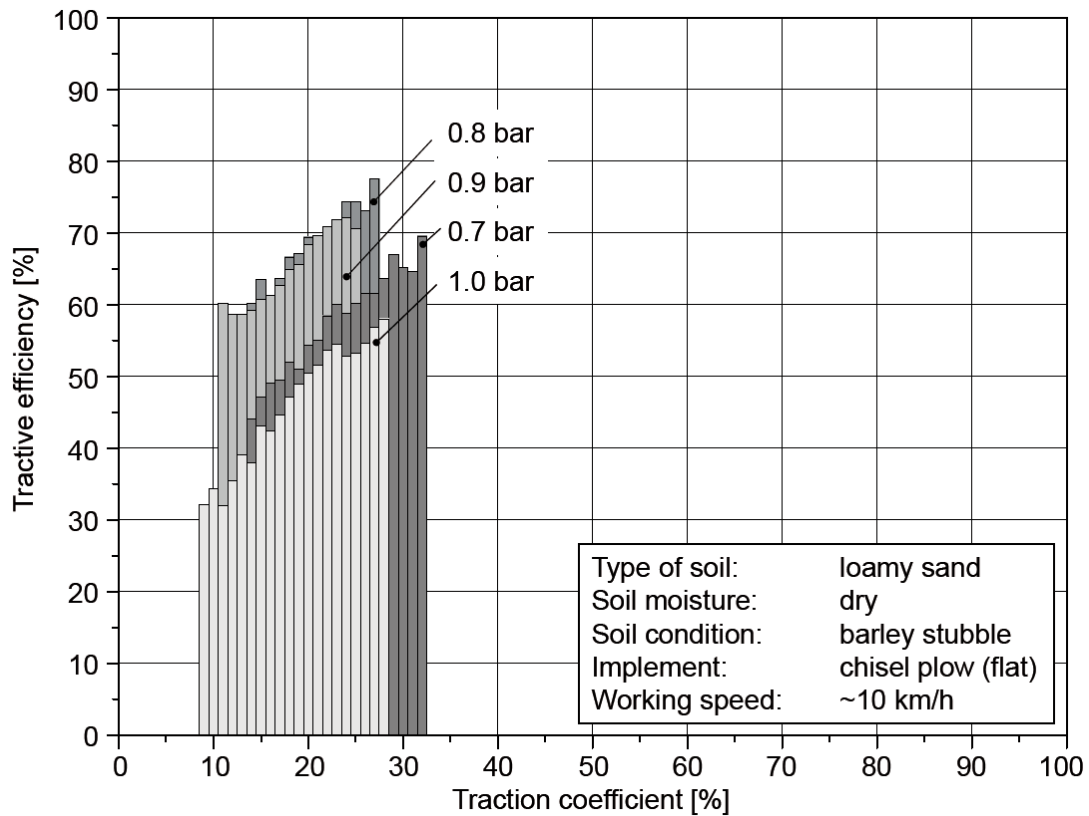


Bild 1: Echtzeitkartierung des Traktionswirkungsgrads für unterschiedliche Reifendrucke bei Stoppelbearbeitung auf lehmigen Sand [4]

Figure 1: Real time tire soil mappings for different tire inflation pressures whilst stubble cultivation on loamy sand [4]

Gleichzeitig können so verschiedene Parameter hinsichtlich eines optimalen Traktionswirkungsgrades eingestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit den Schlupf und damit den Traktionswirkungsgrad zu beeinflussen, ist die Radlast aktiv zu ändern. Mit Hilfe des Heckkrafthebers kann ein Anbaugerät wie beispielsweise ein Pflug gehoben und abgesenkt werden, um damit die notwendige Zugkraft und indirekt auch den Schlupf zu verändern und eine Überlastung des Verbrennungsmotors zu vermeiden. Zur Parametrierung dieser Systeme, die bisher häufig in aufwändigen Feldversuchen durchgeführt wurden, schlägt Langer einen Model-in-the-Loop-Ansatz vor, bei dem Einflüsse wie Kräfte an Pflug und Reifen sowie Feldparameter simuliert werden, um Regelungsparameter einzustellen [5]. Das von Fendt auf der Agritechnica 2017 mit der Silbermedaille ausgezeichnete "VarioPull" kann durch Koppelpunktverschiebung die Achslastverteilung unabhängig von der Ballastierung verändern [6]. So werden beispielsweise die Unterlenkerfanghaken so nah wie möglich an die Hinterachse gezogen, um den Hebelarm zwischen Koppelpunkt und Hinterachse zu reduzieren und somit die Entlastung der Vorderachse zu verringern. Für den Ankopplungsvorgang, bei dem eine gute Sicht auf den Koppelpunkt hilfreich ist, kann dieser nach hinten ausgefahren werden.

Übliche Allradkonzepte bei Traktoren besitzen über Sperrdifferenziale eine starre Kopplung zwischen Vorder- und Hinterachse. Dieses für eine gute Traktion vorteilhafte Verhalten ist jedoch mit dem Nachteil einer Verspannung des Antriebsstrangs verbunden. Die Folgen davon sind unter anderem erhöhter Reifenverschleiß und verschlechtertes Fahrverhalten, weshalb der Allradantrieb in einigen Situationen deaktiviert wird. In einer leistungsverzweigten Variante der vorgestellten Lösung ermöglicht es ein zusätzlicher 48 V Motor, der auf die Vorderachse wirkt, die starre Kopplung zwischen beiden Achsen aufzuheben und den Vorlauf der Vorderachse situationsbedingt anzupassen [7; 8]. So kann ein permanenter Allradantrieb gewährleistet werden, wobei gleichzeitig der Traktionswirkungsgrad erhöht wird, sich der Wendekreis verringert und der Reifenabrieb sinkt. In einer zweiten nicht leistungsverzweigten Alternative wird die gesamte Vorderachsleistung direkt durch einen Hochvoltmotor aufgebracht. Auch Woopen stellt einen teilhybridisierten Antriebsstrang für Traktoren vor, der ähnliche Ziele verfolgt [9].

Auf einigen Untergründen ist über einen Allradantrieb hinaus der Einsatz eines Raupenlaufwerks sinnvoll. Das von Claas vorgestellte und auf der Agritechnica mit der Silbermedaille ausgezeichnete TERRA TRAC Laufwerk für Traktoren basiert auf dem für Mähdrescher entwickelten Laufwerk des Herstellers [10]. Die Nachteile von klassischen Raupentraktoren sind schlechte Lenkbarkeit, besonders auf nassen Böden, die Verdrängung von Erde bei Kurvenfahrten und ein nach vorne Kippen beim Überfahren eines Hügels. Übliche Halbraupenfahrzeuge verfügen weiterhin über ein niedriges Komfortlevel, wenn die Raupen nicht gefedert sind. Mit dem vorgestellten TERRA TRAC Laufwerk soll mit Hilfe eines Lenkassistenzsystems das Lenkverhalten dem einer Radlenkung möglichst nahekommen, indem das Assistenzsystem die Geschwindigkeit der Raupen in Echtzeit anpasst. Durch die integrierte Federung und einen Drehwinkel der Raupeneinheiten von +/- 15° versprechen die Autoren ein hohes Komfortniveau bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 40 km/h.

Einige aktuelle Traktoren und Anbaugeräte verfügen über weitere Freiheitsgrade hinsichtlich ihrer Lenkung (siehe auch Völker und Stadie [11]). So gibt es Traktoren mit Allradlenkung sowie Anbaugeräte, welche über gelenkte Achsen verfügen um beispielsweise neben der Spur des Traktors zu fahren. Um diese für zukünftige automatische Steuerungskonzepte nutzen zu können, reicht der aktuelle ISO 11783 Standard nicht aus, da dieser nur die Vorgabe der Krümmungsbahn durch das Anbaugerät vorsieht, nicht jedoch auf Besonderheiten der Lenkinematik und dynamische Vorgänge wie beispielsweise die Lenkwinkeländerungsgeschwindigkeit [12; 13]. Oksanen schlägt daher eine Erweiterung des Standards vor, um auch die zusätzlichen Freiheitsgrade herstellerübergreifend verwendbar zu machen.

Das Schrägstellen des Anhängers beim Abbremsen eines Gespanns wird in modernen Traktoren heute durch die Betätigung der Bremsen an den Anhängern verhindert, sobald die fahrzeugführende Person das Bremspedal betätigt. Im Alltag treten jedoch neben der Bremsung auch andere Effekte auf, die den ziehenden Traktor verzögern, ohne dass dabei die Bremse betätigt wird, wie beispielsweise bei Motorbremsen besonders in Verbindung mit CVT-Getrieben. Laut Ehlert und Erger können diese Zustände dazu führen, dass die Verzögerungskraft so groß wird, dass das Gespann in einen instabilen Fahrzustand gerät [14]. Da die Anhänger in diesem Fall nicht gebremst werden, können sich diese durch Schubkräfte an

der Deichsel schräg stellen. Die Autoren schlagen ein technisches Konzept vor, welches mit Hilfe vorhandener Sensoren diesen Zustand erkennt und die Bremsen automatisch betätigt. Hierzu werden verschiedene verfügbare Signale der Getriebe-, Antriebsstrang- und Motorsteuergeräte genutzt. Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Bremskraft der Anhänger gelegt werden, die je nach Typ und Alter stark variieren kann. So soll ein System zur Identifikation der Anhänger sicherstellen, dass die Bremskraft der gezogenen Anhänger vor Fahrtantritt der Steuerungssoftware bekannt ist. Weiterhin soll das System die fahrzeugführende Person bei der Reihenfolgenwahl der Anhänger unterstützen, damit der zuerst reagierende Anhänger an die letzte Position des Zuges angehängt wird.

Fahrkomfort

Da Traktoren für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden, ist die Bestimmung eines "normalen" Einsatzes schwierig. Für eine Vergleichbarkeit hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs sind im DLG PowerMix verschiedene Testszenarien definiert. Um eine Bewertung des Fahrkomforts in den unterschiedlichen Einsatzbereichen durchzuführen, gibt es bisher keine fest definierten anerkannten Vergleichszyklen, die verschiedene Arbeitsaufgaben repräsentieren. Karner et al. stellen mit dem "Wieselburg vibration test-cycle" ein Verfahren zur Bestimmung von Ganzkörpervibrationen bei Traktoren vor [15]. Die Autoren legen basierend auf den Geschwindigkeiten des DLG PowerMix verschiedene Testszenarien fest, welche mit und ohne Ballast auf unterschiedlichen Untergrundprofilen gefahren werden (**Bild 2**).

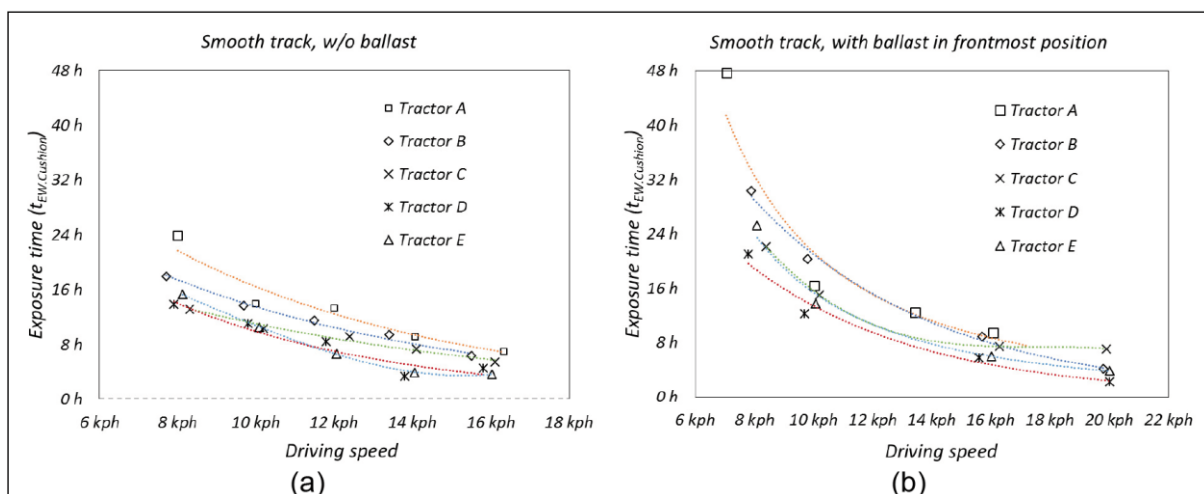


Bild 2: Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf dem Smoother Track ohne (a) und mit Ballast (b) [15]
Figure 2: Influence of the driving speed on the smoother track without (a) and with ballast (b) [15]

Dadurch sollen realistischere Aussagen gemacht werden, welchen Vibrationen die fahrzeugführenden Personen in Traktoren bei üblichen Tätigkeiten ausgesetzt sind.

Auch bei anderen Landmaschinen treten komfort- und gesundheitsrelevante Schwingungen auf. Feldhäcksler verfügen üblicherweise über ungefederte Achsen und große Reifen. Diese haben geringe Dämpfungen, so dass bei Anregung der Eigenfrequenzen diese nur langsam abklingen. Zur Reduktion der Nickschwingungen werden von Jung et al. zwei Ansätze ver-

folgt: Die Höhenverstellung des Frontwerkzeugs sowie eine Fahrgeschwindigkeitsänderung [16]. Für den ersten Ansatz kann durch Betätigung der Hydraulikzylinder zum Heben und Senken des Frontwerkzeugs ein Nickmoment erzeugt werden, welches dem Fahrzeugnickenmoment überlagert wird und dieses dabei reduziert. Da diese Regelung auf Grund der geringen Aktuatorleistung keine signifikante Reduktion erzielen und andere Methoden auf Grund der zeitvarianten Anregungen des Fahrzeugs durch ungleichförmige Untergründe nur eingeschränkt geeignet sind, wird als zusätzliche Größe die Fahrgeschwindigkeit verwendet. Bedingt durch den hohen Schwerpunkt kann ein Erhöhen oder Reduzieren der Fahrgeschwindigkeit ebenfalls ein Nickmoment erzeugen und so die Nickschwingungen gezielt reduzieren.

Die Dynamik von vollgedeckelten Traktoren mit Anbaugerät untersuchen Sieting et al. [17]. Es werden drei Konzepte zur Verbindung des Heckkrafthebers mit dem Fahrzeug gegenübergestellt, die sich hinsichtlich der Hinterachsfederung unterscheiden: Gefederte Hinterachse mit Anbaumasse am Fahrzeugrahmen, ungefederte Hinterachse (und somit ungefederte Anbaumasse) und gefederte Hinterachse mit Anbaumasse an der Achse. Mit Hilfe von Simulationen werden die drei Konzepte hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrsicherheit bewertet. Die Ergebnisse zeigen für die simulierte Fahrt auf einer Teststrecke (Smoother Track aus der ISO 5008) mit konstanter Geschwindigkeit einen Vorteil des ersten Konzepts [18]. Dem Modell liegt ein vereinfachtes Reifenmodell zu Grunde. Das detailliertere Hohenheimer Reifenmodell verwenden Bürger und Böttinger für Fahrkomfortanalysen ebenfalls bei der Fahrt auf dem Smoother Track [19]. Es zeigt eine gute Übereinstimmung mit einer Abweichung der Beschleunigung nach ISO 2631-1 von ca. 3% [20].

Fahrerplatz

Neben den spürbaren Vibrationen sind am Fahrerplatz weitere Faktoren wichtig für die Sicherheit und den Komfort. Besonders beim Rangieren und Rückwärtsfahren sind nicht alle Bereiche des Fahrzeugs für die fahrzeugführende Person einsehbar. Um Unfälle in diesen Situationen zu vermeiden, soll der von Fischer und Albayrak vorgestellte Sensor mit Auswerteeinheit Objekte und mögliche Kollisionen nicht nur darstellen, sondern aktiv erkennen [21]. Kameras und Spiegel, die nicht einsehbare Bereiche erfassen, erfordern viel Aufmerksamkeit. Das vorgestellte System soll dabei unterstützen und gezielt auf Gefahren aufmerksam machen, während ungefährliche Objekte ausgeblendet werden.

Auch von Continental wurde auf der Agritechnica eine Kabine präsentiert, welche die fahrzeugführende Person mit Hilfe aktueller Technik mit Informationen versorgen soll und besonderes Augenmerk auf Ergonomie, Übersichtlichkeit und Konnektivität legt [22]. So kann die Person durch eine Bluetoothverbindung einzelne Maschinenparameter auf dem Smartdevice anzeigen und Smartphone-Informationen werden wiederum auf dem Display der Maschine angezeigt. Kameras, welche die Außenspiegel ersetzen und eine Rundumsicht aus der Vogelperspektive ermöglichen, sollen so das Rangieren erleichtern und Gefahren reduzieren. Da es bei der zunehmenden Anzahl an angezeigten Werten nicht immer einfach ist, die Übersicht zu behalten, versucht Valtra mit der auf der Agritechnica vorgestellten und als SmartGlass bezeichneten Windschutzscheibe, die wichtigsten Informationen direkt in das Blickfeld der fahrzeugführenden Person zu bringen [23]. Die Frontscheibe verfügt über ein

integriertes transparentes Display welches die wichtigsten Informationen abhängig von der aktuell durchgeführten Aufgabe darstellen kann. Für die Zukunft sind weitere sicherheitsrelevante Funktionen, wie etwa die Anzeige eines Überholvorgangs durch ein anderes Fahrzeug oder die Warnung vor Personen, die sich in Traktornähe aufhalten, vorgesehen.

Um die zunehmende Vielfalt an Einstellmöglichkeiten für verschiedene Aufgaben der Traktor-Anbaugerätkombination zu vereinfachen, stellt Claas ein Fahrerassistenzsystem vor. Mit Hilfe einer Benutzerschnittstelle, eines Berechnungsmoduls sowie einer Datenbank mit Expertensystem sollen die optimalen Parameter für jede Arbeitsaufgabe gefunden und zum Teil automatisch eingestellt werden [24; 25].

Da in der Landwirtschaft häufig schon Smartdevices wie Smartphones und Tablets eingesetzt werden, liegt die Möglichkeit der Steuerung einzelner Maschinenfunktionen über diese Geräte nahe. Da die Steuerung jedoch über den Maschinen-CAN-Bus bzw. ISOBUS erfolgt und hier hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit gestellt werden, untersucht Oetzel die technischen Fragestellungen die sich bei der Verwendung eines solchen Gerätes ergeben [26]. Auch Weich et al. beleuchten die funktionale Sicherheit für elektronische Funktionen von Traktoren [27].

Die Zukunft des Fahrerplatzes und der Mensch-Maschine-Schnittstellen von landwirtschaftlichen Maschinen betrachtet Krzywinski [28]. Auf dem Weg zur vollständigen Autonomisierung der Fahrzeuge sieht er die Herausforderungen für die fahrzeugführenden Personen vor allem in der Trennung von Maschine und Maschinenpersonal, der steigenden Anzahl an Maschinen pro fahrzeugführender Person und der generell steigenden Anzahl an Informationen. Als mögliche Entwicklungsstufen werden die drei Konzepte Schwarm Führer (Swarm Leader), Mobile Mensch-Maschine-Schnittstelle (Mobile HMI) und Mobiler Steuerungsraum (Mobile Control Room) vorgestellt. Während im ersten Konzept noch eine konventionelle Traktorkabine mit Erweiterungen zur Führung der folgenden Maschinen des Schwarms vorgesehen ist, kann im dritten Konzept die Steuerung vollständig aus einem beliebig entfernt liegenden Raum durchgeführt werden. Dabei nimmt die Unterstützung durch Technologien wie Head-Up-Displays, Augmented- und Virtual-Reality-Geräte und Gestensteuerung zu.

Auch Foster et al. präsentieren Konzepte für den Fahrerplatz der Zukunft [29]. Die Bedienung erfolgt über ein Fernsteuerungskonzept, in welchem die Steuerung der Maschinen über einen Büroarbeitsplatz mit verschiedenen Rechnern bzw. über einen On-board-Steuerungsplatz auf der mobilen Arbeitsmaschine umgesetzt wird. Die fahrzeugführende Person wird jeweils durch verschiedene Anzeigen, Karten und Live-Bildaufnahmen unterstützt. Bei dem auf der Farm Progress Show 2016 in den USA vorgestellten CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle ist die Fahrerkabine vollständig entfallen (**Bild 3**).



Bild 3: CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle [29]

Figure 3: CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle [29]

Auch hier stellen die Autoren die große Bedeutung der funktionalen Sicherheit heraus, welche bei abwesendem Fahrer oder Fahrerin grundsätzlich neu überdacht und bewertet werden muss.

Ein weiteres Konzept für einen autonomen Schlepper stammt von New Holland, welches auf der SIMA in Paris prämiert wurde. Dieser verfügt jedoch noch über eine herkömmliche Kabine, welche die Flexibilität der Maschine verbessern soll [30].

Bei allen Neuerungen und Bestrebungen, den Menschen als Maschinenführer zu ersetzen stehen besonders für technisch nicht so weit entwickelte Märkte auch noch herkömmliche Fragestellungen der passiven Sicherheit durch Überrollschutzsysteme und die Staubbelastung in der Kabine im Fokus aktueller Forschungsarbeiten [31; 32].

Zusammenfassung

Zahlreiche Lösungen zur Effizienzsteigerung von Traktoren insbesondere hinsichtlich des Rad-Bodenkontakts sowie der Echtzeiterfassung und Einstellung des optimalen Schlupfes wurden 2017 vorgestellt. Es ist auch für Traktoren ein zunehmender Trend zur Elektrifizierung von Komponenten zu beobachten, welche zunächst vor allem für eine verbesserte Fahrndynamik oder Hilfsaufgaben eingesetzt werden. Erste Konzepte für autonome Maschinen sowie Arbeiten zu neuen Bedienkonzepten, bei denen durch den Einsatz neuer Sensorik und automatischer Umfelderkennung eine Person für mehrere Maschinen verantwortlich ist, zeichnen eine weitere Entlastung der menschlichen Arbeitskraft ab.

Literatur

- [1] Bumberger, R.; Klinger, W. und Botev, D.: Electric traction drive on a plough: More power for the driveline. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 23–30. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [2] Wieckhorst, J. und Fedde, T.: A Tractive Sensor: Integrated Measurement of Tire Soil Parameters for Tractors. LAND. TECHNIK-AgEng 2015 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). S. 219–225. Düsseldorf: VDI Verlag 2015.

- [3] Peeters, M.; Kloster, V.; Fedde, T. und Frerichs Ludger: Integrated wheel load measurement for tractors. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 423–430. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [4] Wieckhorst, J.; Fedde, T. und Frerichs, L.: A Traction Field Test – Real Time Tire Soil Parameters of a Tractor in Tillage Applications. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). 431-328. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [5] Langer, T. H.: Model-in-the-Loop Tuning of Hitch Control Systems of Agricultural Tractors. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 191–198. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [6] N.N.: Zwei Systeme zur Steigerung der Effizienz der Zugkraft. URL – <https://www.fendt.com//de/fendt-variopull-und-variogrip.html>.
- [7] Himmelsbach, R.; Volpert, B. und Grad, K.: Electrified Front-Wheel Drive Concepts for Tractors Designed for Improved Traction Functions. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 31–38. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [8] Stempfer, Gerhard, Bebeti, Migen; Himmelbach, R. und Volbert, B.: Elektrifizierung in der Landtechnik: Technologien und Synergien, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 66–69.
- [9] Woopen, T.: Teilhybridisierter adaptiver Antriebsstrang für allradangetriebene Acker-schlepper, ATZ offhighway 10 (2017) H. 2. S. 9–13.
- [10] Haussmann, F. und Obermeier-Hartmann, R.: The CLAAS AXION 900 TERRA TRAC Product Range: Benefits of the CLAAS Axion 900 halftrack tractor concept equipped with CLAAS Big Driver Terra Trac. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 127–134. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [11] Völker, M. und Stadie, W.: Elektrohydraulische Hinterachslenkungen für Agrarfahrzeuge, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 22–27.
- [12] Oksanen, T.: Extending ISO 11783 for four wheel steering and implement steering. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 461–468. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [13] ISO 11783-7:2015. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network - Part 7: Implement messages application layer.
- [14] Ehlert, C. und Erger, L.: Development of an Intelligent Stretch Brake System. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 143–148. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [15] Karner, J.; Danner, C.; Kerschbaumer, A. und Prankl, H.: Definition of a test method to evaluate vibrations acting on a tractor driver. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 255–262. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.

- [16] Jung, B.; Miller, B. und Herlitzius, T.: Control concepts for ride comfort improvements of harvesting machines with large headers. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 273–280. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [17] Sieting, M.; Krüger, J. und Meyer, H. J.: Evaluation of a Suspension Concept of a Hydro-pneumatic Full Suspended Tractor with Focus on the Dynamics in Combination with Im-plements. S. 281–290.
- [18] ISO 5008:2002. Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator.
- [19] Bürger, A. und Böttinger, S.: Driving comfort analysis of an agricultural tractor with the Hohenheim Tyre Model on complex tracks. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 263–272. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [20] ISO 2631:1997. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration.
- [21] Fischer, M. und Albayrak, M.: Aktive Kollisionswarnung für mobile Maschinen, ATZ offhighway 10 (2017) H. 2. S. 46–49.
- [22] N.N.: Voller Fokus auf den Fahrer: Optimierte Fahrzeugkabine für Landmaschinen, Mobile Maschinen (2017) H. 6. S. 42–44.
- [23] N.N.: Valtra auf der Agritechnica: Valtra SmartGlass steigert die Benutzerfreundlichkeit und Sicherheit. URL – https://www.valtra.de/Valtra-auf-der-Agritechnica-Valtra-SmartGlass-steigert-die-Benutzerfreundlichkeit-und-Sicherheit_8578.aspx, Zugriff am: 04.01.2017.
- [24] Meyer, L. und Noyer, P.: Holistic Tractor Setup and Optimization System: CLAAS Electronic Machine Optimization for the Tractor. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 185–190. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [25] N.N.: CLAAS gewinnt eine Gold- und vier Silbermedaillen. URL – <http://www.claas.de/faszination-claas/aktuell/meldungen/claas-gewinnt-eine-gold--und-vier-silbermedaillen/1334154>, Zugriff am: 01.01.2018.
- [26] Oetzel, K.: Tablet App to control safety critical functions on farming machines. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 537–544. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [27] Weich, C.; Bayer, D. und Puckmayr, D.: Sicherheitsrelevante Elektronikfunktionen für die Landtechnik, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 56–59.
- [28] Krzywinski, J.: Developing a User Interface for Controlling Swarm Technology. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 79–84. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [29] Foster, C.; Posselius, J. und Lukac, B.: Autonomous Agricultural Machines: The Next Evolution in Farming. LAND.TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 85–92. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.

- [30] N.N.: Results of SIMA Innovation Awards 2017. URL – <https://en.simaonline.com/Palmares-Innovation-Awards/Innovation-Awards-results-2017>, Zugriff am: 04.012017.
- [31] Khorsandi, F.; Ayers, P. D. und Truster, T. J.: Developing and evaluating a finite element model for predicting the two-posts rollover protective structure nonlinear behaviour using SAE J2194 static test, Biosystems Engineering 156 (2017). S. 96–107.
- [32] Kic, P.: Influence of air-conditioning on dust level in drivers' cabin during the harvest of grain, Agronomy Research 15 (2017) H. 3. S. 745–750.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 16.02.2018

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrndynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151501>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/fahrsicherheit.html>