

Fahrndynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Kurzfassung

Neue Sensorik und Algorithmen zur Auswertung insbesondere von Bilddaten führten 2018 zu einer Vielzahl von neuen oder verbesserten Assistenzsystemen im Traktor. Diese können auch als erste Schritte zum autonomen Fahren gesehen werden, wobei durch die Komplexität und Vielzahl der Aufgaben noch großer Forschungsbedarf besteht. Da der Mensch im Traktor wenigstens mittelfristig nicht zu ersetzen ist, sind neben den Unterstützungssystemen auch Komfort und Ergonomiethemen weiterhin von großer Bedeutung.

Schlüsselwörter

Fahrsicherheit, Fahrerassistenzsysteme, Fahrkomfort, Fahrerkabine

Ride Dynamics - Ride Safety - Driver's Place

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Abstract

New sensors and algorithms especially for image processing lead in 2018 to numerous new assistance systems for tractors. These can be seen as the first steps towards autonomous driving. Due the complexity and the multitude of task carried out by tractors, there is still a lot of research needed in this field. As the human will not be replaced in the medium-term by automatic systems, the areas of research focusing on comfort and ergonomics will continue to be important.

Keywords

Ride safety, driver assistance systems, driving comfort, driver's cab

Einleitung

Auch in der Agrartechnik ist das Trendthema autonomes Fahren ein wichtiger Bestandteil aktueller Überlegungen. Auf Grund der, im Vergleich zum PKW-Bereich, deutlich höheren Komplexität bedingt durch die Vielzahl von Aufgaben und Arbeitsbedingungen sowie den großen Abmessungen der heute eingesetzten Traktoren, ist der vollständig automatisierte Traktor in den kommenden zehn Jahren nicht zu erwarten. Die aktuellen Fahrzeugkonzepte, deren Vorteile gerade in ihrer Vielfältigkeit liegen, sind dadurch nur unter großem Aufwand vollständig zu automatisieren. Dennoch gibt es eine Vielzahl von zusätzlichen Assistenzfunktionen, um die Fahrer und Fahrerinnen in monotonen oder schwierigen Situationen zu entlasten und so Teilaufgaben automatisch durchführen zu können.

Assistenzsysteme für Fahrkomfort und Sicherheit

Mit Hilfe neuer Sensoren, welche die Umgebung auch dreidimensional erfassen können, und verbesserten Auswertelgorithmen in der Bilderkennung z.B. auf Basis von neuronalen Netzen, wurde in den vergangenen Jahren die Entwicklung an neuartigen Assistenzsystemen vorangetrieben. Diese Entwicklung hält auch 2018 an. So stellen z.B. Blume et al. mit ihrer auf einer Stereokamera basierenden Lösung gleich fünf verschiedene Assistenzfunktionen vor [1; 2]:

- eine Anbaugeräteerkennung zum automatisierten Parametrieren der Maschine
- einen Kollisionsassistenten zur Steigerung der Sicherheit für Mensch und Maschine
- einen Assistenten zum automatisierten Ankoppeln an Anbaugeräte
- einen passiven Spurführungsassistenten für Anbaugeräte
- einen Rangierassistenten für Gelenk- und Starrdeichselanhänger



Bild 1: Schematische Darstellung möglicher Assistenzfunktionen für Traktoren [1]

Figure 1: Schematic representation of possible tractor assistance systems [1]

Diese in **Bild 1** dargestellten Assistenzfunktionen entlasten den Fahrer und vereinfachen schwierige Aufgaben wie beispielsweise das Ankoppeln und erhöhen außerdem die Sicherheit durch die Erkennung von gefährlichen Situationen wie mögliche Kollisionen mit Personen. Am

Beispiel des Ankoppelassistenten beschreiben die Autoren die Erkennung der Anbaugeräte und die Pfadregelung [1]. In den sechs vorgestellten Versuchsfahrten konnten die geforderten Toleranzen eingehalten werden und auch praktische Vorstellungen des Systems zeigen, dass es gegenüber der Vorgängerstudie, in der als Sensor eine Time-of-Flight-Kamera eingesetzt wurde, zuverlässiger arbeitet [3].

Der ebenfalls 2018 vorgestellte Rückwärtsfahrassistent für Fahrzeug-Anhänger-Kombinationen funktioniert hingegen aktuell nur unter bestimmten definierten Randbedingungen. **Bild 2** zeigt einen schematischen Überblick der verwendeten Regelungsstruktur. Probleme bestehen mit den getesteten Algorithmen besonders noch auf Grund der hohen Dynamik des Systems, wodurch nur die gerade Rückwärtsfahrt zufriedenstellend umgesetzt werden kann. Weiterhin beschreiben die Autoren noch Mängel beim Fahrkomfort verursacht durch starke Lenkeinschläge der automatischen Regelung [4].

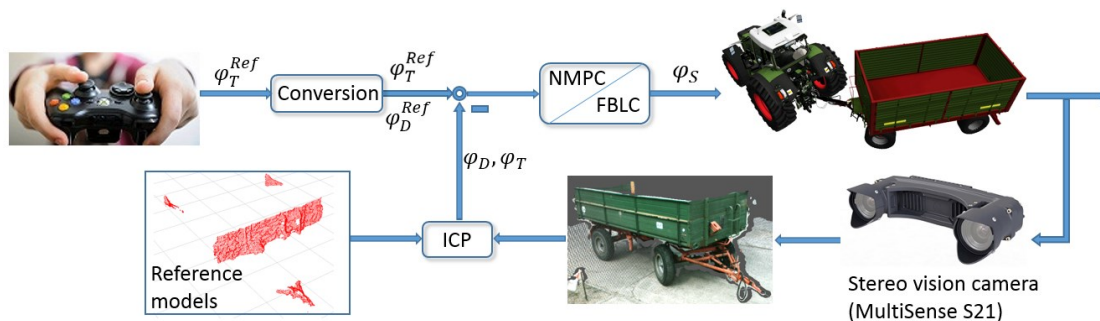


Bild 2: Schematischer Überblick der Regelungsstruktur des Rückwärtsfahrassistenten für Gespanne [4]

Figure 2: Schematic overview of implemented control structure [4]

Becker und Geimer vergleichen für ein System zur Bestimmung der Pflugtiefe die Ergebnisse einer Stereokamera mit denen eines Laserscanners [5]. Dieses kann vor allem bei der Erfassung und Dokumentation der Prozessqualität unterstützend eingesetzt werden. So könnten beispielsweise die Arbeitstiefe, die Parallelstellung des Pflugs zum Boden, der Gutfluss an den Pflugscharen, die Krümeligkeit des gewendeten Bodens und weitere Eigenschaften erfasst werden. Die Stereokamera zeigt hierbei bei deutlich geringeren Kosten sehr gute Ergebnisse.

Das von Neumann et al. vorgestellte System für Baumaschinen, welches sowohl das Gelände als auch Objekte erkennt und momentan auf einem Technoliedemonstrator gezeigt wird, basiert ebenfalls auf einer Stereokamera. Es soll unter anderem die Sicherheit durch Erkennung von Gefahrensituationen verbessern [6].

Auf dem Weg zum autonom fahrenden Traktor ist aktuell der Mensch selbst eine bedeutende Gefahrenquelle. Die häufig lange, teilweise monotone Arbeit bei gleichzeitig hohen Ansprüchen an die Aufmerksamkeit bringt Gefahren wie Müdigkeit und Ablenkung mit sich, welche an Bedeutung gewinnen könnten, wenn der Mensch nur noch als Rückfallebene eingreifen muss. Dem tragen Zhang et al. mit einem System zur Überwachung der fahrzeugführenden Person im Traktor Rechnung. Es unterscheidet drei Gefahrenstufen: geringe Gefahr, bei Ablenkung des Fahrers z.B. durch Blicke zur Seite und telefonieren, mittlere Gefahr wie Müdigkeit

z.B. durch Gähnen oder Augenreiben und hohe Gefahr wie bei Verlust des Bewusstseins. Je nach Stufe werden Aktionen ausgelöst, die von Warnungen bis hin zum autonomen sicheren Anhalten des Fahrzeugs und Auslösung eines Notrufs reichen. Die Klassifikationsgenauigkeit lag dabei zwischen 79 % und 87 % [7].

Die schon existierenden automatischen Lenksysteme, die eine automatisierte Feldarbeit bereits seit vielen Jahren ermöglichen, basieren auf dem Empfang von satellitengestützten Systemen zur Ortsbestimmung. Die Signale dieser globalen Satellitennavigationssysteme (GNSS) unterliegen verschiedenen Störungen, die die Genauigkeit reduzieren können. Zwar kann durch Referenzstationen die Präzision erhöht werden, jedoch sollten lokale Störungen dennoch vermieden werden. Noack et al. untersuchen daher den Einfluss von Starkstromfreileitungen und Erdkabeln auf den GNSS-Empfang [8]. In Ihren Untersuchungen mit drei Traktoren konnten sie keinen relevanten Einfluss von Starkstromleitungen auf die Signale nachweisen. Vielmehr waren die Standardabweichung verschiedener Geräte, deren Ursache die Autoren in den Systemunterschieden vermuten, deutlich größer als etwaige Schwankungen durch Stromleitungseinflüsse.

Da Landmaschinen, wie Baumaschinen auch, auf verschiedenen Untergründen fahren müssen, sind an Algorithmen, die diese Fahrzeuge autonom steuern, hohe Anforderungen gestellt. Für den Anwendungsfall eines Radladers untersuchen Prado et al. daher selbsteinstellende Regelungsalgorithmen auf wechselnden Untergründen [9]. Für eine vollständige Automatisierung aller Einsatzszenarien von der Transportfahrt über verschiedene Feldarbeiten bis hin zu Arbeiten mit dem Frontlader auf dem Hof sind noch viele Schritte notwendig. Die Automobilindustrie verwendet zur Einteilung der Automatisierungsstufen ein Modell nach SAE J3016 [10]. Dabei nehmen die Aufgaben des Fahrers mit steigender Stufenhöhe ab. Für die Landtechnik, bei der neben dem Fahren noch Arbeitsaufgaben hinzukommen, erweitern Streitberger et al. den Standard um den Arbeitsprozess [11]. Die Autoren weisen insbesondere auf die Notwendigkeit eines Kundennutzens hin, der im Verhältnis zum (finanziellen) Aufwand einer Automatisierung stehen muss und bemängeln weiterhin die aktuell noch unklaren rechtlichen Rahmenbedingungen. Bei Traktoren, die häufig auch als Gespann oder mit Anbaugeräten unterwegs sind und somit deutlich größere Abmessungen haben, als dies bei PKW der Fall ist, sind die Herausforderungen zur vollständigen Automatisierung besonders hoch, wie ein Beitrag aus dem Bereich der Nutzfahrzeuge zeigt [12]. An engen Stellen ist beispielsweise beim Abbiegen die Nutzung der Gegenfahrbahn notwendig. Ein vollständig automatisiertes System müsste hier nicht nur in der Lage sein, zu erkennen, ob die Fahrbahn frei ist, sondern auch ob etwa ein entgegenkommendes Fahrzeug wartet, um dem Gespann das Abbiegen zu ermöglichen.

Fahrodynamik und Fahrstabilität

Semi-aktive Fahrwerke können die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort eines Traktors verbessern. Damit beide Ziele erreicht werden können, muss zwischen verschiedenen Modi umgeschaltet werden, die entweder die Sicherheit oder den Komfort als Zielkriterium der Rege-

lung verbessern. Peenze und Els vergleichen zwei Methoden, um zwischen diesen Modi umzuschalten und kritische Situationen, die in einem Überschlag des Fahrzeugs resultieren könnten, zu erkennen. Die Zero-Moment-Point Methode und die Methode des gleitenden quadratischen Mittelwerts, die die Autoren vorstellen, haben dabei beide spezifische Nachteile, weshalb ein hybrider Ansatz aus beiden Methoden vorgeschlagen wird [13]. Neben dieser aus dynamischen Situationen resultierenden Überschlagsgefahr können Überschläge auch durch die Verlagerung des Schwerpunkts, vor allem beim Transport von Flüssigkeiten, auftreten. Dessen Bestimmung ist insbesondere für die Ermittlung des maximalen Neigungswinkels am Hang wichtig. Khorsandi et al. erstellen ein Modell zur Berechnung des Einflusses der Flüssigkeit auf den Schwerpunkt, um Unfälle dieser Art zukünftig zu vermeiden [14]. Tritt dennoch ein Kipp- oder Überschlagsvorgang auf, so soll der Überrollschutz (Roll Over Protective Structure ROPS) die Fahrzeuginsassen vor schweren Verletzungen schützen. Mit Hilfe der Physikengine Bullet werden von Sun et al. das Umkippen und die dabei auf die Überrollschutzstruktur wirkenden Kräfte mit guter Übereinstimmung zu Versuchen simuliert [15].

Ein einfaches, zur Nachrüstung geeignetes System zur Radschlupfmessung stellen Ashok et al. vor [16]. Mit Hilfe eines Raddrehzahlsensors am nicht angetriebenen Vorderrad und einem Sensor am angetriebenen Hinterrad messen sie den auftretenden Schlupf, um durch dessen optimale Wahl den Kraftstoffverbrauch zu senken. Bei allradgetriebenen Fahrzeugen eignet sich dieses Messverfahren nicht. Hier kommt zum Zusammenspiel aus Triebkraft und Untergrund noch die Voreilung des Vorderrades hinzu, welche bei mechanischen Systemen in der Regel fest durch die Getriebeübersetzung vorgegeben ist. Eine einfache Möglichkeit der Veränderung dieser Voreilung besteht in der Anpassung der Reifenluftdrücke, wodurch die dynamischen Radhalbmesser variiert werden können. Janulevičius et al. zeigen, dass der Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch insbesondere auf harten Böden sehr stark ist [17]. Die über die Reifenluftdrücke einstellbare Voreilung betrug zwischen +7,25 % bis -0,5 % (**Bild 3**).

Bei Gespannen kann durch Antrieb einer oder mehrerer Achsen die Zugkraft gegenüber dem Allradantrieb weiter erhöht werden. Eine hydraulisch angetriebene Antriebsachse für Agraranhänger, die diesen Zweck erfüllt, wird von Lindner vorgestellt [18].

Nicht nur der Vortrieb, sondern auch Bremsungen sind eine Herausforderung auf unebenem Gelände, wie es bei der Arbeit mit Traktoren üblicherweise auftritt. Die zunehmende Relevanz von Antiblockiersystemen (ABS) für diese Fahrzeuge legt daher die Frage nahe, ob die bestehenden Algorithmen für diese Art Untergrund optimal angepasst sind. Um diese Frage zu beleuchten, haben van der Merwe et al. einen Anhänger für Versuche konzipiert, mit dem verschiedene Algorithmen getestet werden können [19]. Einer der Vorteile beim Einsatz eines Anhängers ist, dass die Bremsung für einen längeren Zeitraum untersucht werden kann als dies mit einem einzelnen Fahrzeug möglich ist, da das Zugfahrzeug den gebremsten Anhänger auf konstanter Geschwindigkeit halten kann und somit längere Messungen bei gleichen Bedingungen ermöglicht werden.

Bedingt durch schwere, weit ausladende Anbaugeräte kann sich das Trägheitsmoment um die Längsachse eines Traktors stark ändern. Zwar ist der Fahrer durch verbesserte Komfortsysteme wie Fahrwerk-, Kabinen- und Sitzfederungen von externen Schwingungen, wie sie bei-

spielsweise durch ein Anbaugerät auf den Traktor übertragen werden, weitgehend abgekoppelt, die auftretenden Nickschwingungen führen jedoch zu einer erhöhten Belastung der Komponenten und gegebenenfalls auch zu erhöhtem Verschleiß. GKN Walterscheid stellt zur Minderung des Problems einen hydraulisch gedämpften Oberlenker vor. Während Hubschwingungen vor allem durch die elektronische Hubregelung (EHR) reduziert werden, kann der hydraulisch gedämpfte Oberlenker die Nickschwingungen abfedern und dämpfen. Der maximale Weg beträgt dabei 30 mm. Insbesondere als Nachrüstlösung für ältere Fahrzeuge ohne gefederte Vorderachse oder EHR kann das System bei Arbeiten mit einem Aufsattelpflug vorteilhaft hinsichtlich Fahrsicherheit und -komfort sein [20]. Auch das von Wübbels et al. diskutierte System soll Kräfte vom Aufsattelpflug auf den Traktor übertragen [21]. Die OptiTrac und OptiLine genannten Systeme können dabei durch Gewichtsverlagerung auf die Hinterachse des Traktors die Traktion erhöhen und das vom Seitenzug des Pfluges erzeugte Drehmoment kompensieren. Damit erhöht sich die übertragbare Zugkraft und die Lenkbarkeit des Fahrzeugs wird verbessert.

Für Fahrzeuge mit Knicklenkung stellen Wadephul et al. ein Konzept vor, bei dem das Lenkmoment nicht über Hydraulikzylinder am Knickgelenk aufgebracht, sondern stattdessen durch Einzelradantrieb der Räder erzeugt wird.

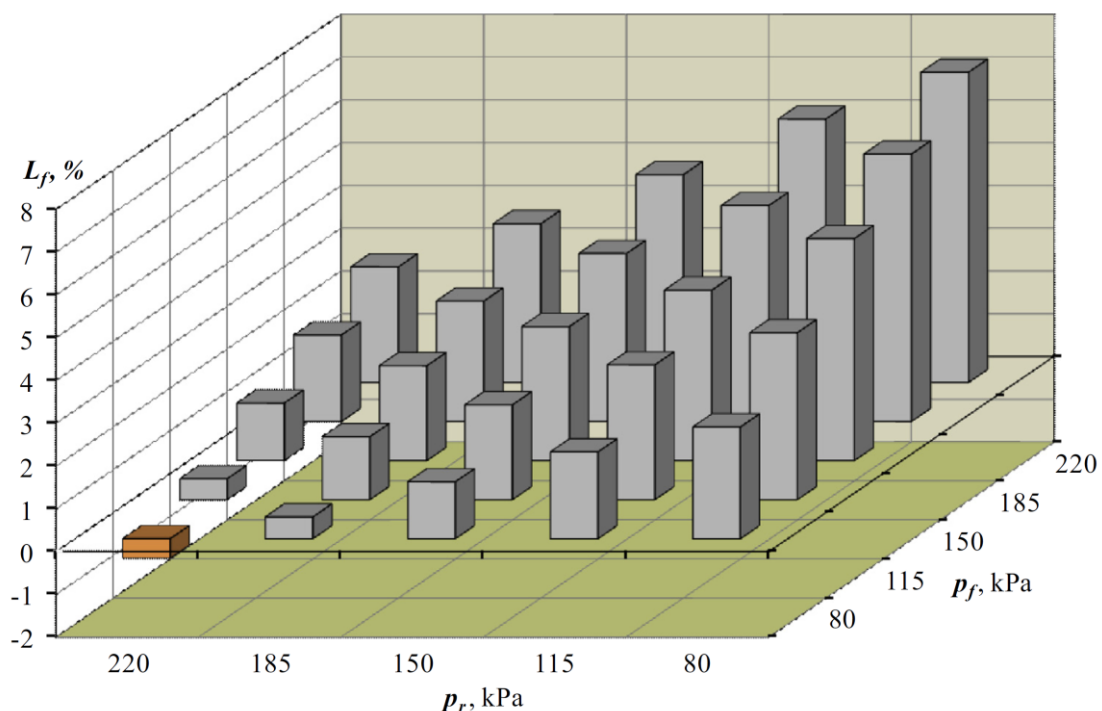


Bild 3: Abhängigkeit der Voreilung der Vorderräder in Abhängigkeit des Luftdrucks der Vorder-/Hinteräder [17]

Figure 3: Dependence of driving lead of front wheels on air pressures in front/rear tires [17]

Komfort und Klima in der Kabine

Um die gesundheitsschädlichen Ganzkörperschwingungen zu reduzieren, werden verschiedene Federungssysteme eingesetzt. Am Sitz sind neben den vertikalen Schwingungen besonders die horizontalen Schwingungen relevant, welche entsprechend der häufig zur Bewertung genutzten Norm ISO 2631 mit einem erhöhten Faktor in die Bewertung der Gesundheitsgefahr eingehen [22]. Besonders in horizontaler Richtung ist jedoch häufig nur wenig Platz für die notwendigen Federwege des Sitzes. Krivenkov und Wittmann stellen grundlegende Betrachtungen zu erforderlichen Federwegen für horizontale Federung des Sitzes zur Schwingungsminderung an. Zur Reduktion der auftretenden Beschleunigung zwischen dem ersten und dritten Quantil ist demnach eine Relativbewegung zwischen dem Kabinenboden und der Sitzfläche von ca. 85 mm notwendig [23]. Häufig stehen jedoch nur etwa 50 mm zur Verfügung, was nur noch eine Reduktion von 30 % der Schwingungen ermöglicht. Soll eine vollständige Isolation der fahrzeugführenden Person erreicht werden, wären Federwege von etwa 500 mm notwendig, die jedoch nicht realistisch umgesetzt werden können. Zur Bewertung des Fahrkomforts wird aus der oben genannten ISO 2631 häufig der frequenzbewertete quadratische Mittelwert herangezogen [22]. Die Norm gibt weitere Bewertungsgrößen an, die insbesondere stoßbehaftete transiente Schwingungen berücksichtigen. Dies sind der sogenannte Vibrations-Dosis-Wert (VDV) sowie der maximale transiente Vibrationswert (MTVV). Die Autoren einer Studie zur Überprüfung der Relevanz dieser Bewertungsverfahren für Traktoren, prüfen durch Testfahrten die Aussagekraft bei der Bewertung von Ganzkörpervibrationen [24]. Für die befahrenen Wegprofile ist insbesondere der MTVV von Bedeutung, wie die Autoren feststellen. Sie zeigen an einem abgeschlossenen Projekt für eine Kabinenfederung, dass der frequenzbewertete quadratische Mittelwert in diesem Fall nicht geeignet war, das subjektiv als am komfortabelsten wahrgenommene Kabinen-Setup zu identifizieren, während der MTVV und auch der VDV das beste Setup auch objektiv erkennen lassen.

Neben Ganzkörpervibrationen sind für das Wohlbefinden des Fahrers weitere Faktoren wie das Kabinenklima sowie die Ergonomie entscheidend. Merk und Greif stellen ein 1D-Modell zur Reglerauslegung für eine Kabinenklimatisierung vor, während Potthast und Jeppe den Entwicklungsprozess einer Bedienarmlehne mit Touch-Display beschreiben. [25; 26]. Die Autoren wagen auch einen Blick in die Zukunft, in der sie Gesten- und Sprachsteuerung sowie eine Fahrerbrille, welche Informationen aufnimmt und weitergibt, als Ergänzung zum aktuellen Bedienkonzept sehen. Die Bestrebungen, die Ergonomie in der Kabine unter objektiven Kriterien zu bewerten, werden von Schempp et al. weitergeführt [27; 28].

Zusammenfassung

Auf dem Weg zur vollständigen Automatisierung sind es vor allem die zahlreichen Assistenzsysteme, die die Bedienung des Traktors erleichtern und der fahrzeugführenden Person Aufgaben abnehmen. Dennoch steht der Mensch weiterhin im Mittelpunkt der Forschung und die klassischen Themen wie Ganzkörpervibrationen, Kabinenklima, Bedienbarkeit sowie Bestrebungen zur Effizienzsteigerungen sind weiterhin von Bedeutung.

Literatur

- [1] Blume, T.; Stasewitsch, I.; Schattenberg, J. und Frerichs, L.: Objekterkennung und Positionsbestimmung in der Landwirtschaft am Beispiel eines Ankoppelassistenten. LANDTECHNIK – Agricultural Engineering 73 (2018) H. 1, S. 1–9.
- [2] Blume, T.; Stasewitsch, I.; Schattenberg, J. und Frerichs, L.: Development of a learning tractor implements coupling application. Berlin. In: 6th International Conference on Machine Control and Guidance. Potsdam: Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. 2018, S. 12–18.
- [3] Blume, T.; Stasewitsch, I.; Schattenberg, J. und Frerichs, L.: Automated tractor/implement coupling based on a backward-looking 3D-Time-of-Flight Camera. Machine Control and Guidance, 5.-6. 10.2016 Vichy, Frankreich. In: Conference Proceedings Machine Control and Guidance 2016.
- [4] Stasewitsch, I.; Blume, T.; Schattenberg, J. und Frerichs, L.: Comparison of controls for a stereo camera based reversing assistance system for vehicle trailer combinations Berlin. In: 6th International Conference on Machine Control and Guidance. Potsdam: Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. 2018, S. 74–82.
- [5] Becker, S. und Geimer, M.: Neuartige Sensorik für die automatisierte Landtechnik – Einsatz optischer Sensorik in der Landwirtschaft am Beispiel der Pflugtiefenbestimmung, 20.-21.11.2018 Leinfelden-Echterdingen. In: LAND.TECHNIK 2018 Conference: Agricultural Engineering Das Forum für agrartechnische Innovationen. Düsseldorf: VDI Verlag 2018, S. 223–230.
- [6] Neumann, E.; Hirsch, K. und Westermeier, U.: Intelligente Assistenzsysteme für Gelände- und Objekterkennung. ATZoffhighway 11 (2018) H. 1, S. 38–43.
- [7] Zhang, Y.; Gao, P. und Ahamed, T.: Development of a rescue system for agricultural machinery operators using machine vision. Biosystems Engineering 169 (2018), S. 149–164.
- [8] Noack, P.; Eder, D. und Bleisteiner, N.: Einfluss von Starkstromleitungen auf den GNSS-Empfang von automatischen Lenksystemen. LANDTECHNIK 73 (2018) H. 3, S. 52–61.
- [9] Prado, A. J.; Auat Cheein, F. A.; Blazic, S. und Torres-Torriti, M.: Probabilistic self-tuning approaches for enhancing performance of autonomous vehicles in changing terrains. Journal of Terramechanics 78 (2018), S. 39–51.
- [10] SAE International: SAE J3016:2018-06-15. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. 2018.
- [11] Streitberger, N.; Balbach, F. und Nacke, E.: Vom manuellen Fahren zur vollen Autonomie: Ein Ansatz zur systematischen Definition verschiedener Stufen der Automation in der Landtechnik, 20.-21.11.2018 Leinfelden-Echterdingen. In: LAND.TECHNIK 2018 Conference: Agricultural Engineering Das Forum für agrartechnische Innovationen. Düsseldorf: VDI Verlag 2018, S. 213–221.
- [12] Janz, A. und Schob, U.: Hochautomatisiertes Lkw-Fahren auf der Autobahn und in der Stadt. ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift 120 (2018) H. 1, S. 72–76.

- [13] Peenze, A. und Els, P. S.: Semi-Active Suspension Switching Strategies on Off-Road Vehicles for Rollover Prevention, 11-13 Juli 2018 Kyoto, Japan. In: Proceedings of the 10th Asia-Pacific Conference of the ISTVS 2018.
- [14] Khorsandi, F.; Ayers, P. D.; Freeland, R. S. und Wang, X.: Modeling the effect of liquid movement on the center of gravity calculation of agricultural vehicles. *Journal of Terramechanics* 75 (2018), S. 37–48.
- [15] Sun, C.; Nakashima, H.; Shimizu, H.; Miyasaka, J. und Ohdoi, K.: Predicted Impact Force Acting on ROPS of Overturning Tractor by Physics Engine, 11-13 Juli 2018 Kyoto, Japan. In: Proceedings of the 10th Asia-Pacific Conference of the ISTVS 2018.
- [16] Ashok Kumar, A.; Tewari, V. K.; Gupta, C. und Pareek, C. M.: A device to measure wheel slip to improve the fuel efficiency of off road vehicles. *Journal of Terramechanics* 70 (2017), S. 1–11.
- [17] Janulevičius, A.; Damanauskas, V. und Pupinis, G.: Effect of variations in front wheels driving lead on performance of a farm tractor with mechanical front-wheel-drive. *Journal of Terramechanics* 77 (2018), S. 23–30.
- [18] Lindner, P.: Hydraulische Antriebsachse für Agrar-Anhänger. *ATZoffhighway* 11 (2018) H. 1, S. 20–25.
- [19] van der Merwe, N. A.; Els, P. S. und Žuraulis, V.: ABS braking on rough terrain. *Journal of Terramechanics* 80 (2018), S. 49–57.
- [20] Adamek, W. und Thiel, M.: Hydraulischer Oberlenker mit integrierter Dämpfung. *ATZ-offhighway* 11 (2018) H. 1, S. 34–37.
- [21] Wübbels, B.; Verhülsdonk, M. und Schläwe, A.: Intelligente Krafteinleitung vom Aufsattelpflug in den Traktor, 20.-21.11.2018 Leinfelden-Echterdingen. In: LAND. TECHNIK 2018 Conference: Agricultural Engineering Das Forum für agrartechnische Innovationen. Düsseldorf: VDI Verlag 2018, 87-91.
- [22] International Organization for Standardization: ISO 2631. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. 1997.
- [23] Krivenkov, K. und Wittmann, H.: Isolation von lateralen und longitudinalen Schwingungen in gefederten Fahrersitzen von Nutzfahrzeugen: Herausforderungen und Potenziale Würzburg, 24.-25. April 2018. In: 7. VDI-Tagung Humanschwingungen 2018. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2018, S. 289–298.
- [24] Kremb, M.; von Holst, C. und Oberhaus, C.: Relevanz zusätzlicher Bewertungsverfahren nach ISO 2631-1 bei der Beurteilung der Schwingungsexposition in Traktoren Würzburg, 24.-25. April 2018. In: 7. VDI-Tagung Humanschwingungen 2018. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2018, S. 189–207.
- [25] Merk, M. und Greif, A.: Entwicklung eines Kabinen- und Klimaanlage-modells für moderne Traktoren und seine Anwendung in der Softwareentwicklung, 20.-21.11.2018 Leinfelden-Echterdingen. In: LAND. TECHNIK 2018 Conference: Agricultural Engineering Das Forum für agrartechnische Innovationen. Düsseldorf: VDI Verlag 2018, S. 159–166.

- [26] Potthast, A. und Jeppe, E.: Iterative Entwicklungsschritte am Beispiel einer innovativen Bedienarmlehne, 20.-21.11.2018 Leinfelden-Echterdingen. In: LAND.TECHNIK 2018 Conference: Agricultural Engineering Das Forum für agrartechnische Innovationen. Düsseldorf: VDI Verlag 2018, S. 167–172.
- [27] Schempp, T. und Böttinger, S.: Digitale Methode zur Analyse und Bewertung von Greifräumen in Fahrerkabinen, 22./23. 11. 2016 Köln. In: LAND.TECHNIK 2016. Düsseldorf: VDI Verlag 2016, S. 13–24.
- [28] Schempp, T.; Möhring, J. und Böttinger, S.: Methoden zur objektiven Absicherung der Ergonomie in Fahrerkabinen. LANDTECHNIK – Agricultural Engineering 73 (2018) H. 6, S. 188–203.

Autorendaten

Dr.-Ing. Jan Krüger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Prof. Dr.-Ing. Henning Jürgen Meyer ist Leiter des Fachgebiets Konstruktion von Maschinensystemen an der Technischen Universität Berlin.

<p>Bibliografische Angaben / Bibliographic Information</p> <p>Wissenschaftliches Review / Scientific Review Erfolgreiches Review am 06.03.2019</p> <p>Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrndynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2018. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2019. S. 1-10</p> <p>Zitierfähige URL / Citable URL https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201901211134-0</p> <p>Link zum Beitrag / Link to Article https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2018/chapter/fahrsicherheit.html</p>
--