

# Entwicklung eines Fahrsimulators für die Nutzerzentrierte Evaluierung sensordatenbasierter Bedien- und Anzeigekonzepte im Nutzfahrzeug

Fabian SCHEIFFERT, Martin SCHMAUDER

*Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden  
Dürerstraße 26, D-01062 Dresden*

**Kurzfassung:** Heutigen Fahrsimulatoren fehlt ein erweiterter funktionaler Anteil zur Darstellung von individuellen Nutzfahrzeugmodellen inklusive ihrer statischen und bewegten Aufbauvarianten in diversen Umgebungen sowie zur Simulation von physikalischen Sensoren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ein klassischer Fahrsimulator in Form einer Sitzkiste um die notwendigen Anteile erweitert und das Potenzial anhand der Umsetzung eines sensordatenbasierten Bedien- und Anzeigekonzepts zur Unterstützung des Rangiervorgangs bewertet.

**Schlüsselwörter:** Fahrsimulator, Nutzfahrzeug, Nutzfahrzeug-Aufbau, Sensordatensimulation, HMI-Entwicklungsprozess

## 1. Einleitung

Die Entwicklung von Bedien- und Anzeigekonzepten im Automobilsektor steht vor einem grundlegenden Wandel. Touchscreens und vollgraphischen Displays verdrängen zunehmend Taster, Schalter und Zeigerinstrumente vom Fahrerarbeitsplatz. Zudem werden durch die Weiterentwicklung von Fahrerassistenzsystemen mit dem Fokus auf erhöhte Sicherheit bis hin zum autonomen Fahren immer mehr Sensoren in den Fahrzeugen verbaut. Die Menge an komplexen Sensordaten, die von einem Bedien- und Anzeigekonzept in zugängliche Informationen übersetzt werden müssen, steigt rasant. Dabei erfordert der Einsatz von vollgrafischen Displays mit Touchfunktion neue Herangehensweisen beim Konzeptentwurf, weg von der klassischen ergonomischen Gestaltung von haptischen Bedienelementen hin zu einem ergonomischen Screendesign wie es aus dem Smartphone-Sektor bekannt ist. Damit tritt die Automobilindustrie in einen direkten Wettbewerb mit Firmen wie Apple und Google. Kurze Software-Entwicklungszyklen, die Möglichkeit der Integration von Drittanbieter-Software sowie screenbasierte Bedien- und Anzeigekonzepte mit hochkomplexer Datenbasis verlangen neben einem agileren Entwicklungsprozess neue Simulationsmöglichkeiten des Gesamtsystems, bestehend aus Fahrer, Fahrzeug inklusive Aufbau und Sensorik, Umfeld und der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

## 2. Ausgangssituation und Zielsetzung

Fahrsimulatoren werden vorwiegend für die Untersuchung des Fahrer-Fahrzeug-Umwelt-Regelkreises in der Forschung und Entwicklung verwendet, wobei vor allem die Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie die Fahrerassistenzsysteme im Fokus

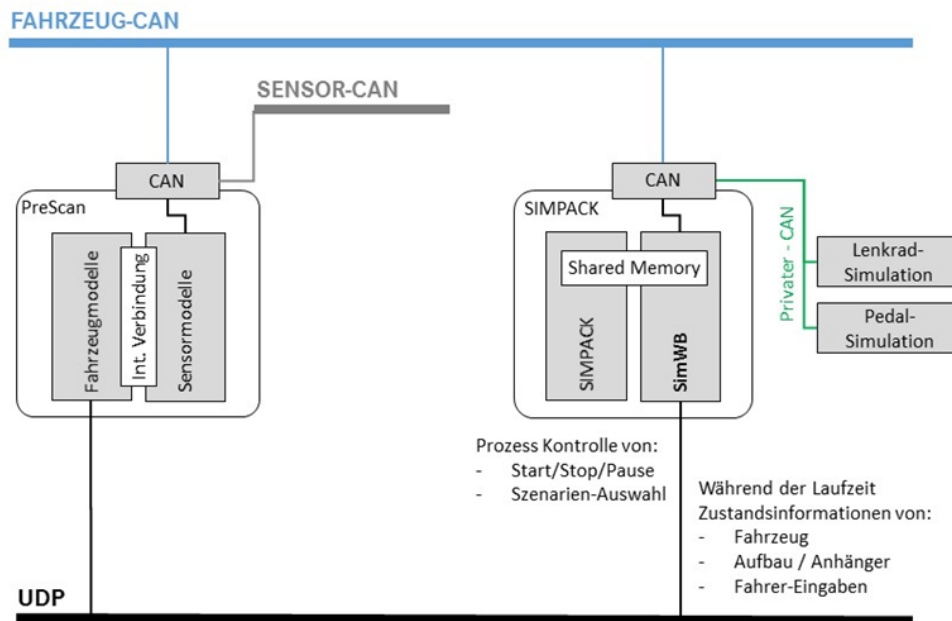
stehen (Theimert 2007, Negele 2007). Diese Forschungsschwerpunkte können vor allem damit begründet werden, dass die Fahrerablenkung, wie bereits eine 2004 veröffentlichte Studie der Accident Analysis & Prevention zeigt, die zentralen Gründe für Verkehrsunfälle darstellen (Lange et al. 2011). Untersuchungen, die Mensch-Maschine-Schnittstelle betreffend, beschäftigten sich vorwiegend mit der Ermittlung von Ablenkungskennwerten zur Erreichung von Homologations- und Zertifizierungsanforderungen. Geprüft wird hierbei mit entsprechenden Usability-Werkzeugen nach von Experten entwickelten Richtlinien wie ESoP, die AAM- und JAMA-Richtlinien (C.o.t.E. 2006, AMM 2002, JAMA 2004), welche bestimmte Ablenkungskennwerte festsetzen. Als primäre Fahraufgabe wird bei diesen Untersuchungen meist eine Folgefahrt oder ein Spurwechsel nach ISO 26022 verwendet (ISO 26022). Dabei fehlt heutigen Fahrsimulatoren ein erweiterter funktionaler Anteil zur Darstellung von beliebigen Nutzfahrzeugmodellen inklusive ihrer Aufbauvarianten in diversen Umgebungen sowie zur Simulation von physikalischen Sensoren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ein klassischer Fahrsimulator in Form einer Sitzkiste um die notwendigen Anteile erweitert und der Nutzen anhand der Umsetzung eines sensordatenbasierten Bedien- und Anzeigeconzepts zur Unterstützung des Rangiervorgangs bewertet.

### **3. Entwicklung eines Fahrsimulators mit erweitertem funktionalen Anteil**

Ein Fahrsimulator mit erweitertem funktionalen Anteil bietet Entwicklern von neuen Bedien- und Anzeigeconzepten die Möglichkeit, bereits in frühen Entwicklungsphasen spezifische Nutzfahrzeuge mit diversen Achskonfigurationen, Anhängervarianten sowie mit bewegten Aufbauelementen in beliebigen Umgebungsszenarien darzustellen und die vorhandene oder projektierte Sensorik zu simulieren. So ist die Verfügbarkeit und die Qualität der vorhandenen Sensordaten bereits in frühen Entwicklungsstadien bewertbar. Zudem kann auf den zeitaufwändigen und kostenintensiven Aufbau realer Fahrzeuge mit entsprechenden Sensoren verzichtet werden (Hoske et al. 2012). Verfügbarkeit und Qualität der Daten bestimmen die final erreichbare Ausprägung eines auf Sensordaten basierenden Bedien- und Anzeigeconzepts. Über die Evaluation des entwickelten Bedien- und Anzeigeconzeptes im Fahrsimulator wird entschieden, ob die erreichte Ausprägung den Nutzungsanforderungen entspricht oder ob weitere Iterationsschleifen notwendig sind.

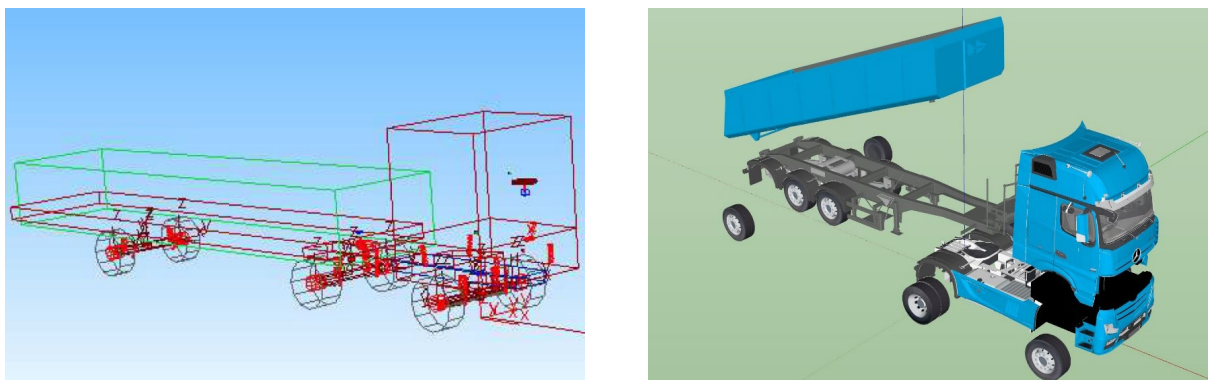
Der erweiterte funktionale Anteil eines Fahrsimulators wird durch die Eigenschaften der eingesetzten Simulationssoftware definiert. Ein Produktvergleich momentan verfügbarer Softwarelösungen ergibt, dass die Software PreScan (TASS International-TNO 2017) sowie die Mehrkörpersimulationssoftware SIMPACK (Dassault Systemes GmbH 2017) die spezifischen Anforderungen am besten erfüllen. Durch die offen gestalteten Plattformen der Softwaremodule PreScan und SIMPACK lassen sich diese auf Systemebene durch die Software Simulation Workbench (SimWB) (Concurrent HPS Europe 2017) mit dem Transport-Protokoll UDP (User Datagram Protocol) verbinden (vgl. Abbildung 1). Dabei regelt die Simulation Workbench den Datenaustausch zwischen allen beteiligten Parteien. Durch das User-Datagramm-Protokoll werden PreScan während der Laufzeit alle Zustandsinformationen des Fahrdynamikmodells, also von Fahrzeug, Aufbau und Anhänger, zur Verfügung gestellt. Die Simulation der Umgebung sowie von Sensoren wird direkt in PreScan umgesetzt. Dabei stellt PreScan für den Import eigener 3D-Objekte eine entsprechende Schnittstelle zur Verfügung. So sind 3D Objekte von Google Sketchup

(Google LLC 2018) wie auch die gängigen CAD-Formate problemlos integrierbar. Auf dem Fahrzeug-CAN Bus werden alle notwendigen Daten bereitgestellt, die für die Bedien- und Anzeige-konzept-Entwicklung benötigt werden.



**Abbildung 1:** Software-Architektur des Fahrsimulators

Für die Darstellung von nutzfahrzeugspezifischen Fahrzeugmodellen muss zum einen das entsprechende Fahrzeugmodell in SIMPACK generiert und zum anderen ein 3D-Modell des gewünschten Fahrzeuges erstellt werden, welches dann in die virtuelle Umgebung von PreScan importiert werden kann.



**Abbildung 2:** SIMPACK-Fahrzeugmodell (links), Aufspaltung eines 3D-Modells einer 2-achsigen Sattelzugmaschine mit einem 3-achsigen Auflieger inklusive Kippmulde in Google Sketchup (rechts)

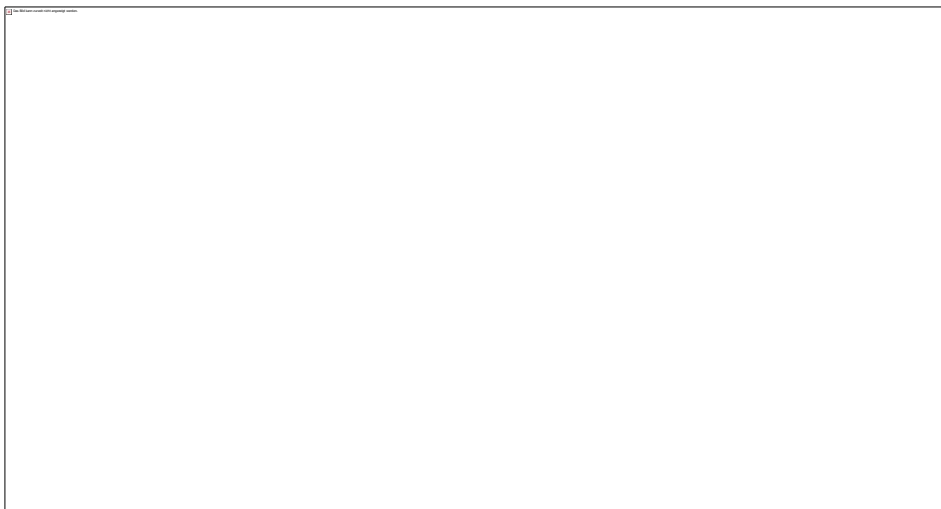
Bei dem in Abbildung 2 gezeigten SIMPACK-Modell handelt es sich um eine 2-achsige Sattelzugmaschine mit einem 1-achsigen Auflieger. Um eine möglichst realistische Visualisierung des Fahrzeugmodells in PreScan zu erreichen, wird jedem in SIMPACK modellierten Einzelkörper eine adäquate 3D-Außenhaut in PreScan zugewiesen. Hierzu muss das 3D-Modell der Sattelzugmaschine inklusive des Aufliegers mit Kippmulde in die entsprechenden Einzelkomponenten zerlegt werden. Bei der Integration von mehrachsigen Aufliegern wird auf die Berechnung weiterer Ach-

sen verzichtet und dem Auflieger ebenfalls das 1-achsige Fahrdynamikmodell zugrunde gelegt. Für die Bearbeitung und Erstellung von 3D-Modellen kann die frei zugängliche Software Google SketchUp (Google LLC 2018) verwendet werden. Für die Darstellung von bewegten Aufbauelementen werden die zu bewegenden Körper in SIMPACK modelliert und entsprechende Gelenke integriert. Am Beispiel des in Abbildung 2 dargestellten Kippers bedeutet dies die Modellierung der Kippmulde mit einem Drehgelenk am Chassis des Aufliegers. Die Ansteuerung der Kippmulde ist dann über den Fahrzeug-CAN möglich (vgl. Abbildung 1).

PreScan ermöglicht die virtuelle Montage beliebiger Sensoren an den zur Verfügung stehenden Aktoren. Dabei stehen an physikalischen Sensoren Kamera-, Radar- sowie Lidarsensoren zur Verfügung. Die Auswahl an idealisierten Sensoren umfasst ebenfalls Radar- und Lidarsensoren sowie GPS-Sensoren.

#### 4. Umsetzung eines sensordatenbasierten Bedien- und Anzeigekonzepts

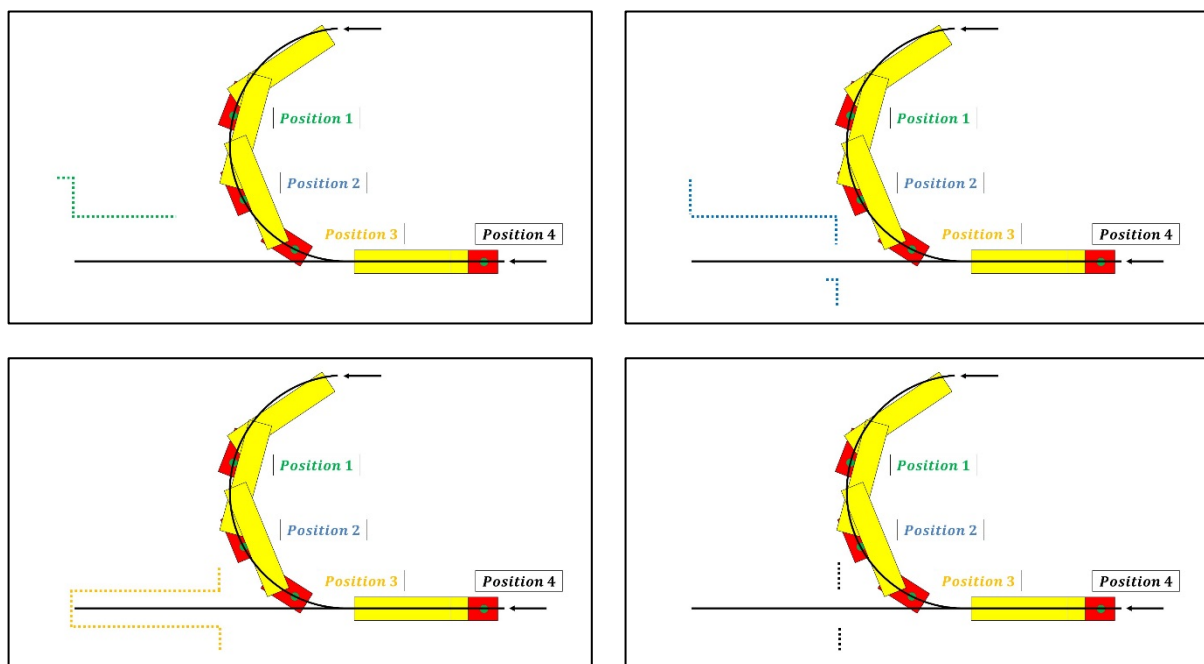
Mit Hilfe der Serien-Radarsensoren auf der linken und rechten Fahrzeugseite sowie der zusätzlichen Implementierung von entsprechenden Algorithmen zur Objekterkennung und Fahrzeugpositionierung soll ein virtuelles Abbild des LKWs in seiner Umgebung generiert werden. Für die Parametrierung der physikalischen Sensoren werden die Originaldaten der Seriensensoren übernommen. Unter Berücksichtigung der geometrischen Daten der 2-achsigen Sattelzugmaschine mit 3-achsigem Auflieger mit Kippmulde kann ein vereinfachtes virtuelles Abbild des LKWs in seiner Umgebung erzeugt werden. Als Ankerpunkt wird der Fahrzeugschwerpunkt verwendet. Mit den Außenabmessungen des Fahrzeugs sowie der Lage des Schwerpunktes bezogen auf die Außenkontur kann die Sattelzugmaschine in der Draufsicht vereinfacht als Rechteck dargestellt werden. Über die geometrische Lage der Sattelkuppelung und den Außenabmessungen des Aufliegers wird dieser ebenfalls vereinfacht als Rechteck dargestellt. Für die Positionierung des Rechteckes des Aufliegers bei Kurvenfahrt oder bei rückwärtigen Rangiermanövern wird die Schleppkurve des Aufliegers abhängig vom Lenkwinkel der Sattelzugmaschine zugrunde gelegt. Für eine erste Validierung des implementierten Algorithmus wird eine rückwärtige gerade Anfahrt an eine Rampe zwischen zwei Sattelzügen untersucht. Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung dieses Testszenarios.



**Abbildung 3:** Testszenario: Rückwärtige gerade Anfahrt an eine Rampe

Dabei wird die Parkposition über eine langgezogene Linkskurve angesteuert. In den Positionen 1 bis 3 befindet sich der Sattelzug in der Vorwärtsbewegung. Die stehenden Sattelzüge sowie das Gebäude mit der anzusteuern Laderampe werden dabei ausschließlich vom rechtsseitig verbauten Radarsensor detektiert. Erst in Position 4, der Startposition für die rückwärtige Rampenanfahrt trägt auch der linksseitig verbaute Radarsensor zur Abbildung der virtuellen Umgebung bei.

Ein erster Test des entwickelten Bedien- und Anzeigekonzeptes im Simulator zeigt, dass der implementierte Algorithmus ausschließlich eine Visualisierung von Punkten in Bezug zur aktuellen Fahrzeugposition ermöglicht. Dadurch kann ein erkannter Punkt nur über die Dauer angezeigt werden, in der er sich im Sichtfeld des Radarsensors befindet. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 4 dargestellt. In Position 1 werden die Gebäudeecken sowie Teile der stehenden Sattelzugmaschine erkannt. In Position 2 verliert der Sensor bereits erste Umriss des Gebäudes, erkennt aber bereits das Fahrerhaus des stehenden Sattelzuges. In Position 3 ist ausschließlich die Parklücke zu erkennen und in Position 4 beschränkt sich die Visualisierung auf den Beginn der beiden stehenden Sattelzüge. Damit werden in den einzelnen Positionen (1-4) immer nur Bruchteile des bestehenden Szenarios zur Anzeige gebracht. In Position 4 fehlt dem Fahrer fast gänzlich die Abbildung der Gesamtsituation. Damit bietet das sensordatenbasierte Bedien- und Anzeigekonzept in dieser Ausprägung keine Unterstützung für den Rangiervorgang.



**Abbildung 4:** Bedien- und Anzeigekonzept zur Visualisierung des LKWs in seiner Umgebung über die fahrzeugeigenen Radarsensoren

## 5. Zusammenfassung

Eine funktionale Evaluierung des entwickelten Bedien- und Anzeigekonzeptes zur virtuellen Abbildung eines LKWs in seiner Umgebung auf Basis der vorhandenen Fahrzeugsensorik zeigt das Potenzial eines Fahrsimulators mit erweitertem funktionalen Anteil. Eine erste Analyse des vorgelegten Testszenarios zeigt bereits in einem sehr frühen Entwicklungsstadium die Notwendigkeit zusätzlicher Daten, respektive

Sensoren, welche bei einem Serien-LKW nicht zur Verfügung stehen. So müssen die in den Positionen 1 bis 4 erkannten Punkte dauerhaft angezeigt werden. Dies setzt die Positionsspeicherung von erkannten Punkten und damit die absolute Position der Sattelzugmaschine in der Umgebung (Welt) voraus. Nur so wird gewährleistet, dass erkannte Punkte auch dann referenziert werden können, wenn sie aus dem Sichtfeld des Radarsensors verschwinden. Somit muss für die nächste Iterationsschleife zusätzlich ein GPS-Sensor in der Sattelzugmaschine simuliert werden um auf Basis eines neuen Sensordatenpools die nun erreichbare finale Ausprägung des Bedien- und Anzeigeconzeptes zu evaluieren. Der entwickelte Fahrsimulator für die nutzerzentrierte Evaluierung sensordatenbasierter Bedien- und Anzeigeconzeptes im Nutzfahrzeugsektor bietet einen ersten Ansatz, bereits in frühen Entwicklungsstadien die technisch final erreichbare Ausprägung dieser Art von Bedien- und Anzeigeconzepten mit Hilfe eines Demonstrationsprototypen in adäquaten Nutzfahrzeugszenarien zu erproben. Ermöglicht wird dies durch die realitätsgetreue Simulation von nutzfahrzeugspezifischen Fahrzeugmodellen inklusive ihrer diversen Anhängervarianten und Aufbauten sowie durch die Simulation von realen Sensoren und Sensordaten.

## 6. Literatur

- AAM (2002) Statement of principles: criteria and verification procedures on driver interactions with advanced in-vehicle information and communication systems.
- Concurrent HPS Europe (2017) [Online]. Available: <https://www.concurrent-rt.com/products/simulation-workbench/>. [Zugriff am 16.09.2017].
- C. o. t. E. Communities (2006) Commission Recommendation of the 22 December 2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems.
- Dassault Systemes GmbH (2017) „simpack,“ [Online]. Available: <http://www.simpack.com/>. [Zugriff am 16.09.2017].
- Google LLC (2018) „Google SketchUp,“ Trimble Inc., [Online]. Available: <https://www.sketchup.com/de>. [Zugriff am 28.01.2018].
- Hoske P, Bürkle K, Schmauder M, Brütting M und Böser C (2012) „Interaktiver Simulator für mobile Arbeitsmaschinen - Virtuelle Prototypen im Einsatzkontext erleben,“ Tagungsband zur Konferenz "Entwerfen - Entwickeln - Erleben", Methoden und Werkzeuge in Produktentwicklung und Design, 14-15.06.2012.
- ISO 26022, „Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand“.
- JAMA, Japan Automobile Manufacturers Association (2004) guideline for in-vehicle display systems.
- Lange C, Bengler K, Spies R und Wohlfarter M (2011) „Entwicklung ablenkungsfreier Bediensysteme im Fahrsimulator,“ ATZ-Elektronik, 06.2011.
- Negele H. J (2007) Anwendungsgerechte Konzipierung von Fahrsimulatoren für die Fahrzeugentwicklung, Technische Universität München: Dissertation
- TASS International-TNO (2017) „tassinternational,“ [Online]. Available: <https://www.tassinternational.com/>. [Zugriff am 16.09.2017].
- Theimert C (2007) Untersuchung der Fahrer-Fahrerhaus-Kommunikation mit dem Werkzeug Lkw-Fahrsimulator. Technische Universität München: Dissertation.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)