



## 19. VDI-Kongress

# SIMVEC – Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung

Baden-Baden, 20. und 21. November 2018

Bildquelle: © iStock.com – 816704262\_nadla

# VDI-BERICHTE

Herausgeber:

VDI Wissensforum GmbH

### **Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

### **Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek** (German National Library)

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de).

### **© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2018**

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig.

Der VDI-Bericht, der die Vorträge der Tagung enthält, erscheint als nichtredigierter Manuskriptdruck.

Die einzelnen Beiträge geben die auf persönlichen Erkenntnissen beruhenden Ansichten und Erfahrungen der jeweiligen Vortragenden bzw. Autoren wieder. Printed in Germany.

ISSN 0083-5560

ISBN 978-3-18-092333-8

# Inhalt

## KI

<b>Analyse von Crash Simulationen mit Hilfsmitteln der künstlichen Intelligenz . . . . .</b>	<b>1</b>
C. Diez, Lasso Ingenieurgesellschaft mbH, Leinfelden-Echterdingen	
<b>Einsatz von künstlichen neuronalen Netzen zur Bestimmung des Kupplungsdrucks bei nasslaufenden Doppelkupplungen . . . . .</b>	<b>17</b>
J. V. G. Tilly, A. Tarasow, T. Arndt, B. Neudecker, R. Serway, IAV GmbH, Gifhorn/Berlin	
<b>Simulations-DNA: Datengetriebener Ansatz zur automatischen Plausibilitätsprüfung strukturmechanischer FE-Simulationen mittels Deep Learning. . . . .</b>	<b>29</b>
T. C. Spruegel, B. Schleich, S. Wartzack, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik (KTmfk), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen,	
<b>Knowledge Discovery in Databases (KDD) in der virtuellen Produktentwicklung – Entscheidungsfindungsprozess auf Grundlage von Erkenntnissen aus großen Datensätzen. . .</b>	<b>39</b>
Dipl.-Ing (FH) Johann Heinrich, ISKO engineers AG, Ingolstadt	

## Numerische Verfahren

<b>Verschachtelte Optimierung des Crashverhaltens von Fahrzeugen mit automatisch erzeugten und bewerteten Submodellen – Submodel based multi-level optimization . . . . .</b>	<b>47</b>
A. F. Walser, Automotive Simulation Center Stuttgart, Stuttgart; A. Schumacher, H. Singh, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal; C. Schöne, L. B. Cia, GNS mbH, Braunschweig	
<b>Efficient dynamic simulation of jointed structures with local contact nonlinearities using model order reduction . . . . .</b>	<b>59</b>
D. Scheffold, N. Himmelsbach, BMW Group, Munich; P. Sabyasachi, Technische Universität München (TUM), Munich; G. Müller, TUM, Munich	
<b>Geometric constraints for node-based shape optimization of car body parts. . . . .</b>	<b>75</b>
E. Papoutsis, M. Hojjat, BMW Group, Munich; K.-U. Bletzinger, Technical University of Munich, Munich	
<b>Multi Disziplinäre Topologie Optimierung (MDTO) am Beispiel von Cockpit: Modulträger und Luftführung – Gekoppelte Topologieoptimierung für Struktur und geführte Strömung am gemeinsamen Bauraum . . . . .</b>	<b>93</b>
M. Conic, Konzernforschung Volkswagen AG, Wolfsburg	

<b>Vergleich verschiedener Formulierungen für eine „Free Sizing“-Optimierung einer Fronthaube mit der ESL (Equivalent Static Load) Methode . . . . .</b>	<b>99</b>
A. Karev, TU Darmstadt; L. Harzheim, Opel Automobil GmbH, Rüsselsheim, TU Darmstadt;	
R. Immel, M. Erzgräber, Opel Automobil GmbH Rüsselsheim	

<b>Generierung der Bauteilendkontur innerhalb einer Voxel-basierten Topologieoptimierung . . . . .</b>	<b>129</b>
R. Bartz, T. Franke, S. Fiebig, T. Vietor, TU Braunschweig, Braunschweig	

<b>Der Borkenkäfer erhält Einzug in die Rohbauberechnung. . . . .</b>	<b>147</b>
U. Prieske, Daimler AG, Sindelfingen/Ulm;	
G. Meschut, LWF, Universität Paderborn, Paderborn;	
N. Dölle, Daimler AG, Sindelfingen	

## ► **Betriebsfestigkeit**

---

<b>Frequenzbasierte Lebensdauerbewertung von geschweißten Bauteilen unter stochastischer, mehrachsiger Belastung . . . . .</b>	<b>161</b>
G. Spindelberger, K. Hofwimmer,	
Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, St. Valentin, Österreich	

<b>Entwicklung einer neuen effizienten Prüfmethodik zur Absicherung der Lebensdauer von Elastomerlagern – Vorstellung und Absicherung einer Methode zur Erstellung eines multiaxialen Blockprogramms . . . . .</b>	<b>169</b>
T. Thüringer, K. Büttner, P. Hantschke,	
Technische Universität Dresden, Dresden	

<b>Charakteristische Normgröße für den relativen Schädigungsvergleich von Triebsträngen in frühen Phasen der Entwicklung . . . . .</b>	<b>181</b>
J. Fischer, Daimler AG, Stuttgart;	
A. Albers, IPEK-Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe	

<b>Automatische Verbesserung von Dynamikmodellen für eine exakte Lastdatengenerierung . . . . .</b>	<b>195</b>
O. Gattringer, Engineering Center Steyr GmbH & CoKG, St. Valentin, Austria	

<b>Auslegung ohne Referenzzyklus? Entwicklung von Fahrzeugkomponenten und Hybridsystemen anhand realer Feldanforderungen . . . . .</b>	<b>205</b>
D. Heinrich, M. Baumann, M. Hausner, C. Wuschek, Schaeffler AG, Buhl	

<b>MANLife – virtuelle Betriebsfestigkeitssimulation von LKW und Bus . . . . .</b>	<b>217</b>
R. Krivachy, F. Buck, MAN Truck & Bus AG, München	

## ► **Fahrdynamik**

---

**Driveability lead Model Based Development of HW & SW for P2 Hybrid Impulse Start – A novel methodology supporting virtual development of hybrid powertrains including monitoring of driveability from concept phase onwards . . . . .** 229  
S. Jones, H. Böhm, E. Bogner, AVL List GmbH, Austria

**Simulative Assessment of Differential Braking for Steering Redundancy in Automated Driven Trucks . . . . .** 241  
M. Herold, O. Said, H. Winner,  
Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Universität Darmstadt

**Interaktion Fahrzeugstruktur und subjektive Fahrdynamikbewertung im Bereich der Mikro-Fahrdynamik – Wirkkettenanalyse und Erarbeitung von Bewertungsmethoden . . . . .** 255  
S. Rössler, M. Reichmeier, D. Schuster, BMW Group, München

**Modellbasierte Grundausslegung des Lenkgefühls für Steer-by-Wire – Lenksysteme. . . . .** 273  
D. Klinder, S. Müller, TU Berlin – Fachgebiet Kraftfahrzeuge, Berlin

## ► **Automatisiertes/autonomes Fahren**

---

**Effizientes Testen von Active-Safety Funktionen auf dem Testgelände und in der Simulation .** 287  
H. Schneider, T. Weck, AVL List GmbH, Graz, Austria

**Ein 3-Säulen-Ansatz zur Bewertung der Fahrzeug- und Verkehrssicherheit. . . . .** 305  
T. Rinnert, G. Prokop, Lehrstuhl Kraftfahrzeugtechnik,  
Technische Universität Dresden, Dresden

**Systematik zum Entwurf von Versuchsfeldern unter Berücksichtigung virtueller Absicherungsmethoden – Entwicklung und Vernetzung von Versuchsmethoden und Prüfständen für virtualisierte Absicherungsprozesse in der Fahrzeugentwicklung mithilfe von Systems Engineering. . . . .** 315  
K. Büttner, F. Kocksch, A. Zäper, Technische Universität Dresden, Dresden

**Virtual validation of autonomous vehicles in a 3D Pointcloud . . . . .** 337  
E. P. Viña, M. Kleer, K. Dreßler, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern

**Integration des virtuellen Fahrzeugs in die mikroskopische Verkehrsflusssimulation zur virtuellen Erprobung kooperativer Systeme . . . . .** 345  
J. Kath, B. Schott, F. Chucholowski, TESIS GmbH, München

► **E-Mobilität**

**E-Motor Design using Multi-Physics Optimization . . . . . 359**  
S. Luthardt, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach;  
L. Fredriksson, Altair Engineering GmbH, Böblingen;  
V. Leconte, Patrick Lombard, Altair Engineering, Grenoble;  
A. Dyer, Altair Engineering Inc, Troy

**An integrated Workflow for the Simulation-Driven Development of Electric Motors and Generators – Design and Optimisation of Electric Drives . . . . . 381**  
R. Fuger, CADFEM (Austria) GmbH, Wien, Austria;  
M. Hanke, CADFEM GmbH, Berlin

**Algorithm for Parameter Identification of Lithium-Ion Batteries . . . . . 389**  
T. Scholz, M. Hellwig, F. Pautzke,  
Electric Vehicle Institute Bochum University of Applied Sciences, Bochum

**Einbindung eines prädiktiven Elektro-Chemischen Batteriemodells in ein virtuelles E-Fahrzeug. . . . . 399**  
J. Wimmer, Gamma Technologies, LLC, Chicago, USA;  
P. Stopp, Gamma Technologies GmbH, Stuttgart

**Innovative modulare Simulationsmethoden für die Entwicklung von leichten, urbanen E-Fahrzeugkonzepten am Beispiel RESOLVE . . . . . 415**  
M. Perterer, KTM Technologies GmbH, Salzburg/Anif, Österreich

**Digitale Absicherung und simulationsbasierte Lastdatenanalyse dynamisch beanspruchter Hochvoltleitungen. . . . . 427**  
F. Schneider, J. Linn, K. Dreßler, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern;  
F. Bilger, BMW Group, München

**Design- und Kennfeldoptimierung von elektrischen Motoren mit Hilfe von Metamodellen . . . 435**  
M. Stokmaier, R. Niemeier, Dynardo GmbH, Weimar;  
D. Bachinski Pinhal, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

## ► Erprobung

---

<b>Das neue Klimawindkanal Testzentrum in Köln – Der höchste Berg Europas steht jetzt in Köln . . . . .</b>	<b>457</b>
M. Steup, Ford Werke GmbH, Köln	

<b>Different methods for road load determination in comparison – Wind tunnel, Wind tunnel method according to WLTP and Coastdown method . . . . .</b>	<b>469</b>
I. Vogeler, R. Untermaierhofer, R. Petz, BMW Group, München; T. Schütz, TU Darmstadt, Darmstadt	

<b>Lastlose Erprobung von E-Maschinen in der frühen Entwicklungsphase . . . . .</b>	<b>487</b>
A. Krätschmer, A.Wagner, H.-C. Reuss, FKFS, Stuttgart	

<b>Bewertung und Analyse von Fahrzeugregelsystemen im fahrdynamischen Grenzbereich mit einem Vehicle-in-the-Loop Prüfstand . . . . .</b>	<b>495</b>
O. Al-Saidi, S. Müller, Technische Universität Berlin, Berlin; A. Zech, BMW Group, München; C. Schyr, AVL Deutschland GmbH, Karlsruhe	

<b>Neue Prüf(-stands)-Konzepte ermöglichen Validierung mehrdimensional angeregter Triebstrangteilsysteme . . . . .</b>	<b>511</b>
J. Berger, R. Theuerkauf, S. Ott, Karlsruher Institut für Technologie (KIT) IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruhe	

<b>How to calibrate and test advanced driver assistance and autonomous driving systems EoL – From development into the end-of-line . . . . .</b>	<b>527</b>
J. Neumann, T. Tentrup, Dürr Assembly Products GmbH Germany, Püttlingen; T. Weck, AVL List GmbH Austria	



## ► Werkstoffe

---

<b>Vom Herstellungsprozess zur Festigkeitsbewertung langfaserverstärkter Kunststoffe – Durchgängige Prozesskette am Beispiel von G-SMC . . . . .</b>	<b>543</b>
R. Feger, A. Bronold, P. Fuchsluger, MAN Truck & Bus AG, München	
<b>Hybrider Leichtbau am Beispiel einer dynamisch belasteten Bauteilkomponente . . . . .</b>	<b>561</b>
P. Seiwald, EDAG Engineering GmbH, München	
<b>Simulationskonzept zur Vorhersage der Hitzerissbildung bei Lkw-Bremsscheiben auf dem Schwungmassenprüfstand . . . . .</b>	<b>571</b>
S. B. Istoc, H. Winner, Technische Universität Darmstadt	
<b>Development of mechanism-based models for resistance spot weld failure simulation of multi-material advanced high strength steel sheets. . . . .</b>	<b>585</b>
D. Dorribo, SEAT S.A., Martorell-Barcelona, Spain	

## ► Passive Sicherheit

---

<b>Rollover-Simulationen zur Parametrierung von Überrollschutzsystemen . . . . .</b>	<b>607</b>
H. Kriegel, A. Neubohn, E. Glas, Volkswagen AG, Wolfsburg	
<b>Numerische Simulation von offenporigen Sitzschäumen unter Berücksichtigung der Luft für die Crashberechnung im Automobilbau . . . . .</b>	<b>617</b>
C. Stender, Volkswagen AG, Wolfsburg;	
M. Jung, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik – Ernst-Mach-Institut, Freiburg;	
P. Du Bois, Beratender Ingenieur, Alzenau	
<b>Berücksichtigung von Kerbwirkungseffekten an Stanznietverbindungen in der Crashberechnung . . . . .</b>	<b>645</b>
T. Porsch, C. Brüggemann, Volkswagen Aktiengesellschaft, Technische Entwicklung	
L. Greve, Volkswagen Konzernforschung;	
T. Heubrandtner, VIRTUAL VEHICLE Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH	

► **Fahr-Simulation**

---

**Use Case orientierte Gestaltungsempfehlungen für Fahrsimulatoren zur menschenzentrierten Absicherung von Sicherheits- und Komfortfunktionen . . . . .** 655  
B. Hartfiel, W. Tomaszek-Staude, Volkswagen AG, Wolfsburg;  
C. Buchholz, C. Freseman, R. Stark, Technische Universität Berlin

**Assisted and Autonomous Driving on Driving Simulators – Advanced features to make Dynamic Driving Simulators suitable for studies on Assisted and Autonomous Driving . . . .** 671  
M. Bruschetta, University of Padova, Italy;  
D. Minen, VI-grade, Udine, Italy

► **Prozess/Vernetzung**

---

**Automatisierte Erzeugung von neuronalen Netzen aus Co-Simulationen physikalisch motivierter Modelle . . . . .** 685  
J. Kalmus, P. Ebeling, W. Tegethoff, TLK-Thermo GmbH, Braunschweig

**Introducing the Distributed Co-Simulation Protocol (DCP) . . . . .** 699  
M. Benedikt, M. Krammer, VIRTUAL VEHICLE, Graz;  
M. Wierse, T. Haid, Porsche AG, Stuttgart;  
A. Soppa, Volkswagen AG, Wolfsburg;  
J. Zehetner, AVL List GmbH, Graz

**Konsistenz zwischen Parametrierung, Validierung und modularer Modellstruktur für die Simulation von Fahrdynamik und Fahrkomfort . . . . .** 703  
F. Kocksch, K. Büttner, Institut für Automobiltechnik Dresden, Technische Universität Dresden;  
T. Wiedemann, ESI ITI GmbH, Dresden

**Automatisierte Auslegung lokal versteifter Karosserieaußenflächen durch parametrisch-assoziative CAD-CAEAO Prozessketten – Optimierung auf Basis serientauglicher Konstruktionsvarianten . . . . .** 717  
I. Sokrut, M. Müller, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Institut für Fahrzeugbau Wolfsburg

**Smart Testing of Intelligent Systems . . . . .** 731  
M. Peperhowe, S. Bannenberg, R. Rasche, dSPACE GmbH, Paderborn

<b>Kontinuierliche Integration von vernetzten Steuergerätefunktionen im automatisierten Modellierungs- und Build-Prozess bei Volkswagen – Agile Entwicklung von mechatronischen Systemen mithilfe von Continuous Integration und Continuous Testing . . . . .</b>	<b>749</b>
S. Balci, T. Filler, A. Soppa, Volkswagen AG, Wolfsburg;	
S. H. Reiterer, M. Benedikt, Virtual Vehicle, Graz;	
H. Szczerbicka, Leibniz Universität Hannover, Hannover	
<b>XiL on Demand – oder wie man sein Testsystem in die Cloud bekommt . . . . .</b>	<b>769</b>
F. Amper, in-tech GmbH, München-Garching	

## ► **Thermo-/Energiemanagement**

---

<b>Nutzungsspezifische Vorhersage von Beanspruchung und Energieverbrauch . . . . .</b>	<b>781</b>
M. Burger, M. Speckert, K. Dreßler, Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern	
<b>Schnelle Auslegungsmethode für Öl-Sprühkühlungen von E-Maschinen. . . . .</b>	<b>795</b>
L. Berger, CFD Schuck Ingenieurgesellschaft mbH, Heidenheim	

## ► **Datenmanagement/-struktur**

---

<b>Konzeption eines Assistenzsystems für die modulare und datengetriebene Entwicklung elektrischer Antriebe . . . . .</b>	<b>801</b>
J. Tüchsen, M. Koch, Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG, Würzburg;	
B. Schleich, S. Wartack, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, FAU Erlangen	
<b>EAM for CAE – Enabler für die Digitalisierung . . . . .</b>	<b>813</b>
C. Franke, L. Wagner, PROSTEP AG, Hamburg	
<b>Quality for Vehicle System Simulation . . . . .</b>	<b>835</b>
D. Frerichs, M. Borsdorf, Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim am Main	

► **CFD**

---

<b>Dynamische Türaufbiegung – Ermittlung aerodynamischer Lasten mittels einer CFD basierten Methode . . . . .</b>	<b>847</b>
H.-D. Glück, D. Harvey, Ford Werke GmbH, Köln; N. Gómez Osorio, Exa GmbH, München	
<b>Berücksichtigung des akustischen Verhaltens komplexer Bauteile bei der simulativen Druckschwingungsanalyse – Messtechnische Ermittlung des akustischen Bauteilverhaltens, Modellsynthese und Anwendung . . . . .</b>	<b>863</b>
H. Baum, B. Erzberger, FLUIDON GmbH, Aachen	
<b>Simulation der Gesamtfahrzeug-Eigenverschmutzung unter Berücksichtigung eines realistischen Tropfenaufwirbelverhaltens der Räder . . . . .</b>	<b>879</b>
V. Strohbücker, R. Niesner, Volkswagen AG, Wolfsburg; F. Joos, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg	

## ► Programmausschuss

---

Dr. Burkhard Arras, Leiter Systemengineering, Siemens AG, Krefeld

Dr.-Ing. Henry P. Bensler, Leiter Berechnungsverfahren Konzernforschung,  
Volkswagen AG, Wolfsburg

Frank Braunroth, Abteilungsleiter Engineering Measurements, Opel Automobile GmbH,  
Rüsselsheim

Dr. Alan Celić, Abteilungsleiter Engineering Measurements, Leiter Gasoline Systems,  
Engineering Design of Reliability, Robert Bosch GmbH, Stuttgart

Dipl.-Ing. Christopher Christ, Global Business Segment Manager, AVL List GmbH, Wiesbaden

Dr. Joachim Deisinger, Leiter Virtuelles Fahrzeug, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach

Dr.-Ing. Werner Dirschmid, CAE Consulting, Ingolstadt

Dr.-Ing. Steffen Frik, Gruppenleiter Crashsimulation, Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim

Dipl.-Ing. Wolf-Rüdiger Giebeler, Leiter Fahrzeugsicherheit & CAE, Ford-Werke GmbH, Köln

Dipl.-Ing. Stephan Knack, Supervisor, Safety Lab & Crash Test Centre, Ford-Werke GmbH, Köln

Dipl.-Ing. Jürgen Kohler, Leiter NVH Powertrain, Daimler AG, Stuttgart

Dr.-Ing. Andreas Kruppa, Vice President, Engineering Chassis Simulation, MAN Truck & Bus AG,  
München

Dipl.-Ing. Ralf Meyer, Leiter Messwesen, Volkswagen AG, Wolfsburg

Dr. Jürgen Merk, Fachreferent, Audi AG, Ingolstadt

Dipl.-Ing. (FH) Josef Overberg, Geschäftsstellenleiter, CADFEM GmbH, Hannover

Dr. Christoph Pelchen, Manager Virtual Vehicle Engineering & Function Validation,  
Research and Development ZF Group, ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Prof. Dipl.-Ing. Norbert Schaub, Leiter Prüfung, Passive Sicherheit,  
Betriebsfestigkeit, NVH, Fahrzeugfunktionen, Daimler AG, Sindelfingen

Dominik Schuster, Leiter System Simulation/Validierung, BMW AG, München

Prof. Dr.-Ing. Martin Schuster, Leiter Virtuelles Fahrzeug/ Produktdatenmanagement,  
Audi AG, Ingolstadt

Dr. Hauke Stumpf, Leiter Prüffeld, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach

**Gold-Sponsor und Exklusiv-Sponsor der Abendveranstaltung**



[www.tecosim.com](http://www.tecosim.com)

**Sponsor der Kaffeepausen**



[www.ansys.com](http://www.ansys.com)