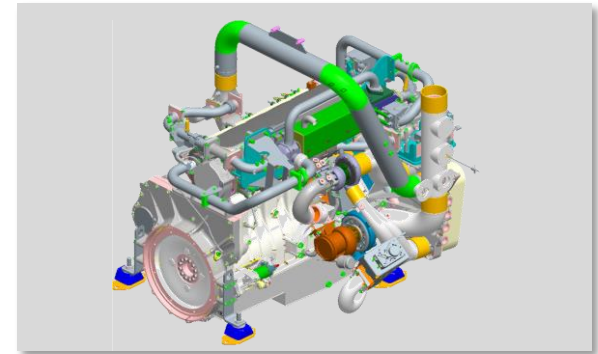


Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe



Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe - Kernteam



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Prof. Dr. Christian Beidl
(Institutsleiter)



Prof. Dr. Günter Hohenberg
(Emeritus)



Dr. Bernd
Lenzen



Christoph
Halscheidt



Mikula
Thiem



Alexander
Kuznik



Harun
Zlojo



Tim
Steinhaus



Alexander
Mokros



Daniel
Schade



Markus
Münz



Raja Sangili
Vadamalu



Deborah
Schmidt



Sebastian
Fischer



Johannes
Hipp



Sascha
Bauer



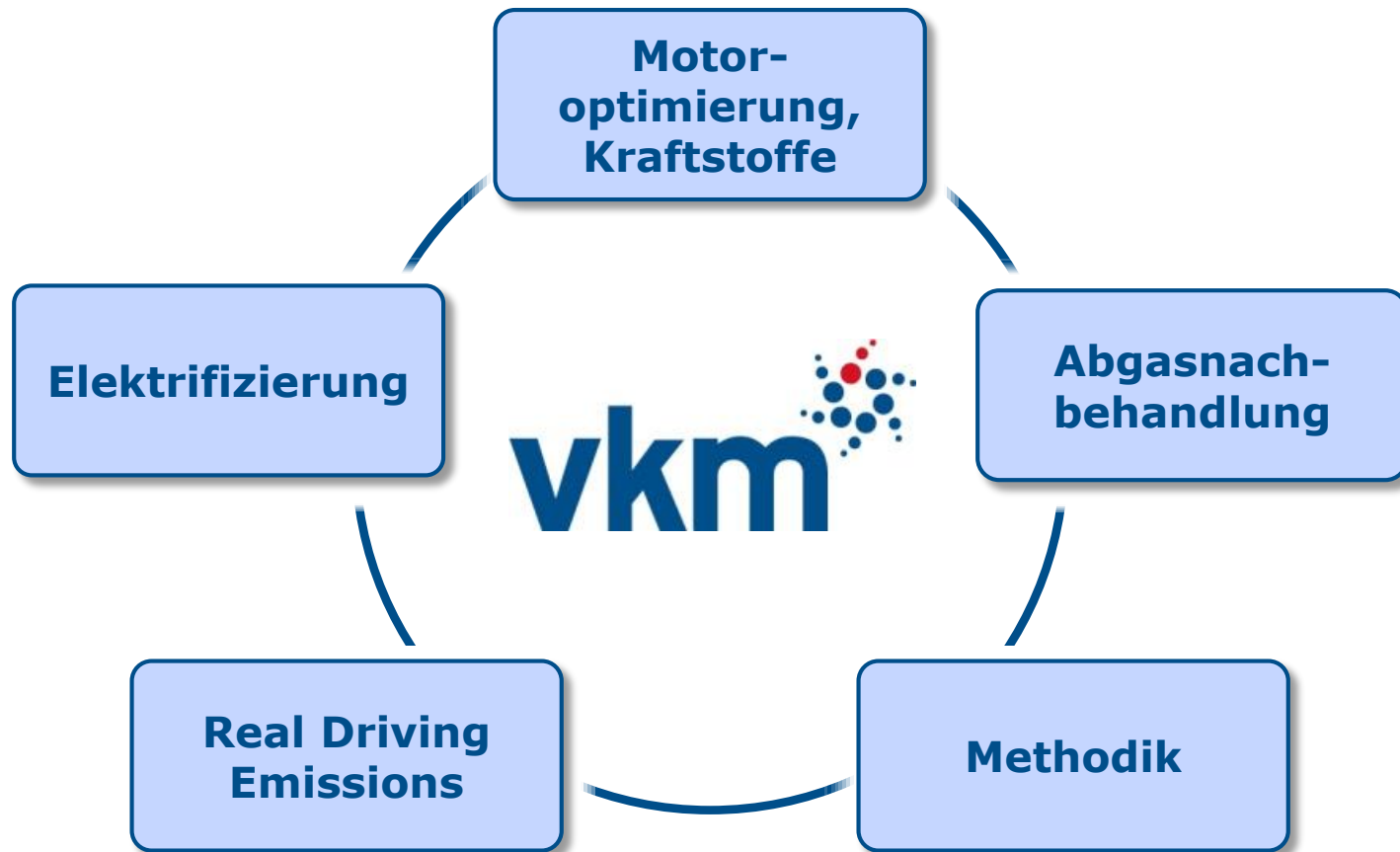
Henning
Nies



David
Töpfer



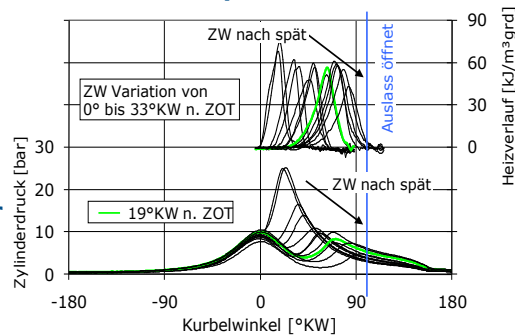
Nicolas
Hummel



Forschungsschwerpunkt Motoroptimierung

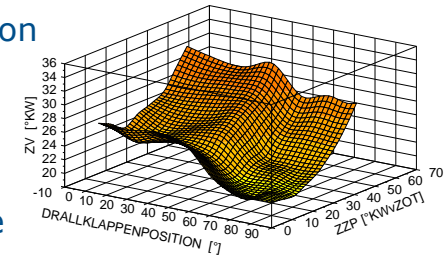
Thermodynamische Analyse

- Indizierung
- Berechnung
- Verbrennungs-
visualisierung
- Optimierung
innermotorischer
Prozesse



Applikation

- Einsatz von DoE
- Dynamische Applikation
- Kennfeldapplikation
- Katalysator
Thermo-
Management
- Frei programmierbare
Motorelektronik



Ladungswechsel

- Fließbank
- Simulation
- Optimierung



Alternative Kraftstoffe

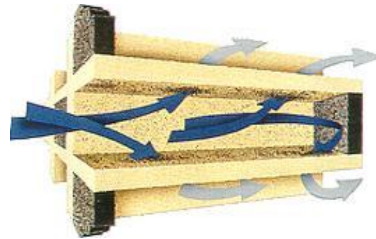
- CNG
- LPG
- GTL
- BTL
- H_2 -Zumischung
- OME
- 1-Zylinder Forschungsmotor



Sonderkraftstoffversorgung an jedem Prüfstand möglich
Weltweit erstes OME Forschungsfahrzeug

DPF-Untersuchung

- Heavy- & Light-Duty
- Maximum-Soot-Load
- Balance-Point
- Regenerationsstrategie
- Gegendruckverhalten
- Filtrationseffizienz



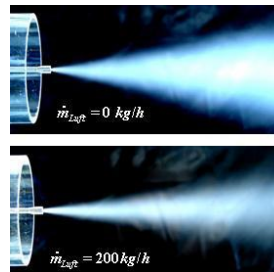
Katalysatoren-Untersuchung

- Heavy- & Light-Duty
- Light-Off Bestimmung
- Alterungseinflüsse
- Verschwefelung/
Desulfatisierung (DOC)
- Verhalten in dyn. Testzyklen
- Spezifische Einsatzbedingungen
und Anforderungen in Hybridfahrzeugen



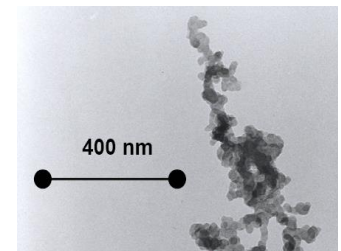
SCR-Untersuchung

- Heavy- & Light-Duty
- Light-Off-Verhalten
- Dosierstrategien
- NH₃-Speicherverhalten
- NO_x-Konvertierung
- aktive / passive SCR
- Düsengeometrie /
Verdampfung
- Katalytische Verringerung von Partikeln



Partikelmessung

- Gravimetrische Bestimmung
der TPM
- Extraktion SOF/INSOF
- HPLC-Flüssigkeits-
Chromatographie
- Thermodissoptionsanalyse
- Partikelgrößenverteilung
und -zählung (TSI, AVL)



Einsatz von CAx-Systemen

- Strömungssimulation
- Verbrennungsrechnung
- Ladungswechselrechnung
- NVH-Simulation
- Triebstrangsimulation
- CAD
- 3D Fahrzeug- / Fahrumgebungssimulation



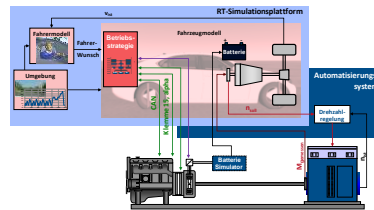
Hochdynamik-Prüfstand

- Hochauflösende Simulation
- Fahrbarkeitsuntersuchungen
- Präzise Analyse der Fahrdynamik
- Triebstranguntersuchung



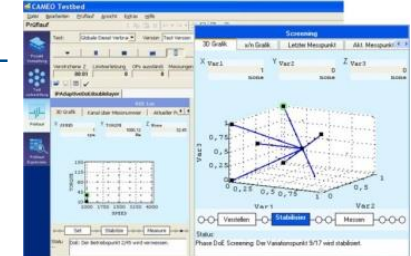
X-in-the-Loop Prüfstand

- Systemaufbau
- E-Motor Ansteuerung mit Universalumrichter und Batteriesimulator
- Bewertungsmethodik
- Manöverbasiertes Testen
- Einbindung der Methodik in Entwicklungsprozess
- Real Driving Emissions am Motorenprüfstand



Versuchsplanung

- DoE-Methodik
- Optimierung von Hybrid-Betriebsstrategien mittels DoE
- Lehrgänge für Industrie und Studium



Forschungsschwerpunkt Elektrifizierung

Prüfstand

- X-in-the-Loop Prüfstand
 - Echtzeitsimulation
 - Restfahrzeug
- Real World Driving mit Verbrauchs- und Emissionsmessung
- Betriebsstrategien
- Batteriesimulation
- Multikriterielle Optimierung
- Konzeptbewertung
- Universalumrichter
- Elektromotor-Vermessung



Hybridversuch

- 3 eigene sowie externe Hybridfahrzeuge
- Mobile Abgasmessung
- Mobile Verbrennungsdiagnostik
- Vergleich Fahrzeug - Prüfstand
- Konzeptbewertung



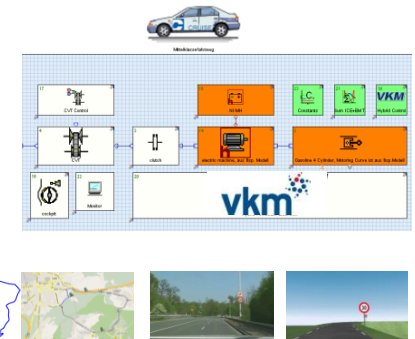
Konzeptentwicklung und -applikation

- Range-Extender-Konzept
- Komfortoptimierung
 - Schwingungstilgung mit E-Motor
- NVH-Analyse und -Bewertungsmethodik
- Betriebsstrategieentwicklung und Parameteroptimierung
- Startapplikation: Direkt-/Hybridstart



Simulation

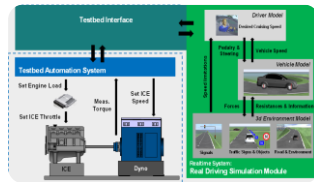
- Echtzeitsimulation
- Konzeptbewertung
- Verbrauchssimulation
- Fahrbarkeitsbewertung
- Off-Line Optimierung
- Real-World-Driving für reale Strecken
- RealSiMM



Forschungsschwerpunkt Real Driving Emissions

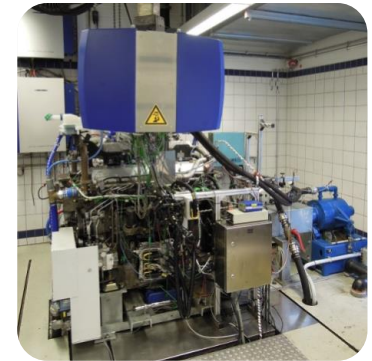
RDE am PKW Motorprüfstand mit RDE Modul

- Echtzeitsimulation des Fahrzeugs, Fahrers, Umgebung und Verkehr
- Identifikation der kritischen Fahrmanöver
- Auswertung mit EMROAD and CLEAR
- Betriebsstrategieentwicklung
- Multikriterielle Optimierung



RDE am NFZ Motorprüfstand mit RDE Modul

- SCR Applikation mit Dosierstrategieentwicklung
- Optimierung des DeNO_x-Betriebs: stationär und transient
- RDE-konforme Motorkonstruktion und Verbrennungsentwicklung
- Alterungseffekte unter RDE-Bedingungen



RDE am Rollenprüfstand

- Echtzeitsimulation der Umgebung und Verkehr
- Messung mit PEMS und stationäre Messtechnik
- Manöverbasierte RDE Untersuchung
- Fahrroboter oder realer Fahrer



Straßentests

- Messung mit PEMS System
- Untersuchung des Fahrereinflusses
- Statische Auswertung des Fahrbahneinflusses
- Einfluss der Auswertung auf das Emissionsergebnis



Institut VKM - Ausstattung



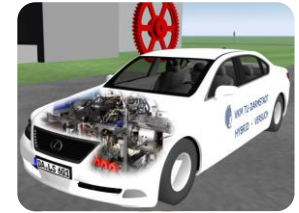
12 Motorenprüfstände
mit Abgasanalytik und
Vollindizierung



Highend-Multiflex
Prüfstand (VVETB)



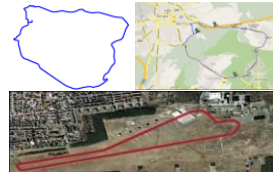
4x4 Advanced
Rollenprüfstand (TUZ)



Hybridprüfstand
X in the loop



Institutseigene
Fahrzeuge



Teststrecken &
Real World Zyklen



Fahrzeugmesstechnik
& Gas/Partikel PEMS



RT-Fzg.-Simulation



Fließbank



Chemielabor



FTIR



Batterie-
emulator



Partikel-
Messtechnik



Simulations-
umgebung

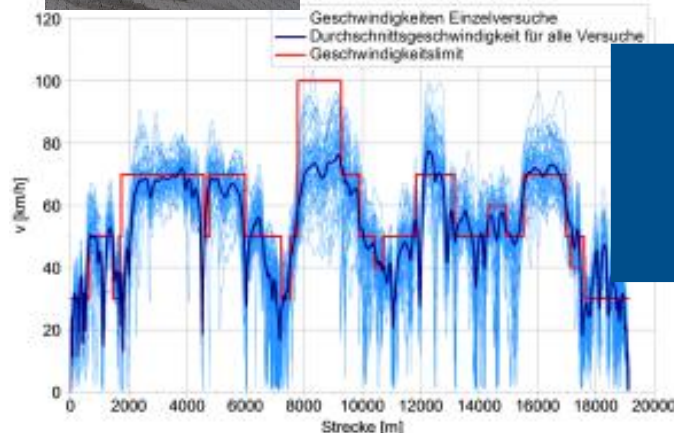
Mobile Emissionsmessung im realen Fahrbetrieb

Real Driving Emissions



Real Driving Emissions - Entwicklungsmethodik

Von der Straße auf den Prüfstand und zurück



- Berücksichtigung des Fahrereinflusses
- RDE Messungen (PEMS)

**Evaluation von kundenspezifischem
Realfahrverhalten**

**Transfer
Road-to-Rig**



- Darstellung signifikanter Szenario-Parameter
- Parametrierungsansatz für Realfahrscenarien
- Implementierbarkeit von Vernetzungs-funktionen

**„Real world test“ für Motoren-, Rollen-
und X-in-the-Loop-Prüfstände**

Kooperation mit dem Technologie und Umweltzentrum TUZ, TÜV Hessen

AVL 4x4 Advanced Rollenprüfstand mit Echtzeitsimulation



- **Durchgehende Werkzeugkette**
- **Ausgerüstet für Manöverbasiertes Testen und zukünftige RDE Anforderungen**
- **Methodenentwicklung gemeinsam mit**



TUZ, TÜV Hessen, Pfungstadt

E-Mobility and Hybrid Center

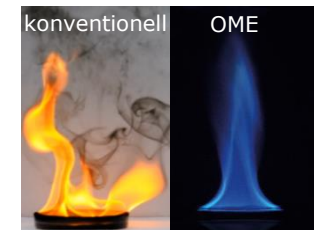
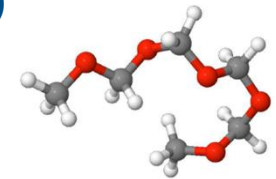


- **Konzeption für die Ausstattung von Fahrzeugen mit konventionellen und elektrifizierten Antrieben mit tragbaren Emissionsmesssystemen und anderen Messgeräten**
- **Ideal für manöver-basierte Tests und Methodenfindung für zukünftige RDE-Anforderungen**

CO₂-neutrale Kraftstoffe

Beispiel CO₂-neutrale Kraftstoffe: Oxymethylenether (OME)

- Dieselmotorische Verbrennung
- Beliebige Blends mit konventionellem Kraftstoff möglich
- Hoher Sauerstoffgehalt im Molekül ohne C-C-Bindung
 - Rußfreie Verbrennung
- Erfolgreich eingesetzt und getestet in vkm-Versuchsfahrzeug



Umbau der Prüfstandsinfrastruktur 2010/2011



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Veranstaltungen 2018

- Fahrzeug- und Motortechnisches Seminar, mit Beiträgen aus Industrie und Forschung, jedes Semester, TU Darmstadt
- HdT Tagung – Plug-In-Hybride und Range Extender 20.11. - 21.11.2018, Darmstadt
- Design of Experiments Seminar für Industriekunden, 25. - 27. September 2018, TU Darmstadt
- VPC - Simulation und Test 2018, 20. MTZ-Fachtagung, 25. - 26. September 2018, Hanau bei Frankfurt am Main
- AVL Tech Day „Indizierung“, 28. September 2017, TU Darmstadt



Veröffentlichungen 2017

- Maschmeyer, H.; Beidl, C.: Konzeptspezifische RDE-Entwicklung auf Motorenprüfständen; Test Facility Forum 2017, Frankenthal, 26. September 2017
- W. Hauptmann, T. Utschig, B. Barth, C. Tomanik, U. Goebel, I. Grissted, W. Mueller Umicore AG & Co. KG, Hanau, Germany, J. Hipp, C. Beidl Technische Universität Darmstadt, Institute for Internal Combustion Engines and Powertrain Systems: Challenge RDE: Sustainable Diesel Exhaust Systems for Euro 6d, 26th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology 2017
- Fischer, S., Beidl, C.: Potenziale des Plug-in-Hybrid-Antriebskonzepts „Doppel-E-Antrieb mit Range Extender“ (DE-REX) zur Minderung der Schadstoffemissionen, E-MOTIVE 9. Expertenforum Elektrische Fahrzeugantriebe, Hannover, September 2017
- Fischer, S.; Beidl, C.; Viehmann, A., Rinderknecht, S.: Plug-in-Hybride für den Volumenmarkt, In: MTZ – Motortechnische Zeitschrift Nr. 78 (2017), Nr. 5
- Hipp, J.; Beidl, C.; Noack, H.-D.; Göbel, U.; Grissted, I.: The Diesel in the focus of urban air quality – Exhaust concepts to fulfill RDE, 17th International Symposium, Stuttgart, 2017
- Dautfest, A.; Thiem, M.; Beidl, C.: Entwicklung eines Batteriesystems für elektrifizierte LKW-Anhänger. Kongress Elektromobilität, Juni 2017.
- Maschmeyer, H.; Beidl, C.: Methodischer Ansatz für die RDE-Entwicklung am Motorenprüfstand, AVL TechDay Emission, Bietigheim-Bissingen, Mai 2017
- Eckert, M.; Thiem, M.; Beidl, C.: Development of an Electric Powertrain System for Truck Trailers, VDI-Tagung Nutzfahrzeuge 2017, Mai 2017
- Schmidt, D.; Beidl, C.; Steffan, R.; Hofmann, P.: Hybridisierung und 48 V – Eine bestechend effiziente Kombination, Artikel in ATZ-Extra „48 V – Konzepte für die Zukunft“ Springer Vieweg April 2017
- Stritzke, F.; van der Kley, S.; Feiling, A.; Dreizler A.; Wagner, S.: Ammonia concentration distribution measurements in the exhaust of a heavy duty diesel engine based on limited data absorption tomography, Optics Express, Vol. 25, Issue 7, pp. 8180-8191, 2017.
- Münz, M.; Töpfer, D.; Mokros, A.; Beidl, C.: Oxygenate-fuel in a diesel engine – Is a CI engine capable of Lambda 1?, 4. Internationaler Motorenkongress, Baden-Baden, Februar 2017.
- Schoenhaber, J.; Kuehn, N.; Bradler, B.; Richter, J. M.; Bauer, S.; Lenzen, B.; Beidl, C.: Impact of European Real-Driving-Emissions Legislation on Exhaust Gas Aftertreatment Systems of Turbocharged Direct Injected Gasoline Vehicles, SAE Technical Paper, 2017-01-0924, 2017
- Vadamalu, R.; Beidl, C.: Online Optimization based Predictive Energy Management Functionality of Plug-In Hybrid Powertrain using Trajectory Planning Methods, SAE Technical Paper 2017-01-1254, 2017
- Fischer, S.; Beidl, C.; Viehmann, A., Rinderknecht, S.: Potenziale der hybriden Betriebsmodi des Plug-in-Hybrid-Antriebskonzepts „Doppel-E-Antrieb mit Range-Extender“ (DE-REX), Der Antrieb von morgen, 11. Internationale MTZ-Fachtagung Zukunftsantriebe, Frankfurt a. M., Januar 2017

Veröffentlichungen 2016/2015

- Vadamalu, R.; Beidl, C.: Online optimizing plug-in hybrid energy management strategy for autonomous guidance and drive-aware scenarios, 9th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, Juli 2016
- Vadamalu, R.; Beidl, C.: Explicit MPC PHEV Energy Management using Markov chain based predictor: Development and Validation at Engine-In-The -Loop testbed, European Control Conference, Juni 2016
- Vadamalu, R.; Beidl, C.: Online MPC based PHEV Energy Management using Conic Interior-point Methods, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Juni 2016
- Vadamalu, R.; Beidl, C.: MPC for active torsional vibration reduction of hybrid electric powertrains, IFAC international symposium on advances in automotive control, Juni 2016
- Vadamalu, R.; Thiem, M.; Beidl, C.: Methodology for model-based development, validation and calibration of connected electrified powertrain systems, Conference on Future Automotive Technology (CoFAT), Mai 2016.
- Vadamalu, R.; Beidl, C.: Online optimization based energy management of hybrid electric vehicles using direct optimal control method, 16th Stuttgart International Symposium, März 2016.
- Münz, M.; Feiling, A.; Beidl, C.; Härtl, M.; Pélerin, D.; Wachtmeister, G.; Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen (Ivk), Technische Universität München: Oxymethylene Ether (OME1) as Synthetic Low Emission Fuel for DI Diesel Engines. 3. Internationaler Motorenkongress. Baden-Baden. Februar 2016
- Münz, M.; Feiling, A.; Beidl, C.: Potenzial des synthetischen Kraftstoffs OME1b für den rußfreien Dieselmotor. Artikel in MTZextra „Kraft- und Schmierstoffe der Zukunft“. Springer Vieweg. Februar 2016
- Alexander Feiling, M.Sc.; Markus Münz, M.Sc.; Prof. Dr. techn. Christian Beidl: Potential des synthetischen Kraftstoffs OME1b zum rußfreien Dieselmotor, MTZextra 01/2016, Januar 2016.
- Raja Sangili Vadamalu, M.Sc.; Prof. Dr. techn. Christian Beidl: Online optimization based energy management of hybrid electric vehicles using direct optimal control method, 16th Stuttgart International Symposium, March 2016.
- Raja Sangili Vadamalu, M.Sc.; Mikula Thiem, M.Sc.; Prof. Dr. techn. Christian Beidl: Methodology for model-based development, validation and calibration of connected electrified powertrain systems, Conference on Future Automotive Technology (CoFAT), May 2016.
- Hauke Maschmeyer, Deborah Schmidt, Christian Beidl, „Simulations- und Testmethoden für die Entwicklung von Fahrzeugantrieben unter Real Driving Emissions Randbedingungen“, 6. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik, November, 2015.
- Raja Sangili Vadamalu, David Buch, Hong Xiao, Christian Beidl, „Energy Management of Hybrid Electric Powertrain using Predictive Trajectory Planning Based on Direct Optimal Control“, 16th IFAC workshop on control applications of optimization, Garmisch-Partenkirchen, October 2015.
- Raja Sangili Vadamalu, Christian Beidl, „Methodik zur funktionalen Evaluierung und Robustheitsanalyse einer online-optimierenden Längsführung in einer vernetzten Umgebung“, 17. MTZ-Fachtagung, VPC – Simulation und Test, Oktober 2015.

Veröffentlichungen 2015/2014

- Buch, D.; Beidl, C.; Hohenberg, G. (IVD): Möglichkeiten der Drehschwingungsberuhigung bei Parallelhybriden mittels E-Motor; VDI- Tagung: Schwingungsreduzierung in mobilen Systemen 2015, Karlsruhe, April 2015
- Dr.-Ing. F. Atzler, Dipl.-Ing. M. Wegener, Dipl.-Ing. (FH) F. Mehne, Dipl.-Ing. (FH) S. Rohrer, Continental Automotive GmbH, Regensburg; C. Rathgeber, M.Sc., S. Fischer, M.Sc., Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe, TU Darmstadt: Kraftstoffverbrauch und Emissionseinflüsse der „Phlegmatisierung“ von PKW-Dieselmotoren, HdT-Tagung Motorische Verbrennung, Erlangen-Nürnberg, April 2015
- Dr.-Ing. F. Atzler, Dipl.-Ing. M. Wegener, Dipl.-Ing. (FH) F. Mehne, Dipl.-Ing. (FH) S. Rohrer, Continental Automotive GmbH, Regensburg; C. Rathgeber, M.Sc., S. Fischer, M.Sc., Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe, TU Darmstadt: Fuel consumption and emissions effect from the „phlegmatisation“ of a passenger Car Diesel engines, SAE World Congress 2015, Detroit (USA), April 2015
- Prof. Dr. techn. Christian Beidl; Rathgeber, C.; Spurk, P.; Göbel, U., Umicore AG & Co. KG: Impacts of Diesel-HEVs on exhaust gas aftertreatment systems for future emission legislations, 15. Internationales Fahrzeug- und Automobilsymposium, Stuttgart, März 2015
- Christian von Pyschow, M. Sc.; Alexander Feiling, M. Sc.; Prof. Dr. techn. Christian Beidl; Dipl.-Ing. Magnus Schmitt, alle Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe, Technische Universität Darmstadt; Dr. Eberhard Jacob, Continental Emitec GmbH: Der synthetische Kraftstoff OME im Betrieb am Nfz-Vollmotor – Herausforderungen und Potentiale, Internationaler Motorenkongress, Baden-Baden, Februar 2015
- Alexander Feiling, M. Sc.; Dipl.-Ing. Magnus Schmitt; Christian von Pyschow, M. Sc.; Prof. Dr. techn. Christian Beidl, alle Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe, Technische Universität Darmstadt; Dr. Eberhard Jacob, Continental Emitec GmbH: Potential des synthetischen Kraftstoffs OME1 zur Emissionsreduzierung bei Dieselmotorenverfahren, Internationaler Motorenkongress, Baden-Baden, Februar 2015
- Maschmeyer, H.; Kluin, M.; Beidl, C.: Real Driving Emissions – Ein Paradigmenwechsel in der Entwicklung, MTZ-Artikel, 76. Jahrgang, Wiesbaden, Februar 2015
- Feiling A, M.Sc., Schmidt D, M.Sc., Beidl C, Dipl.-Ing. Michael Fischer, Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH : NO_x exhaust gas aftertreatment in context to Real Driving Emissions, VDI-Fachkonferenz „AGN-Systeme“, Frankfurt, October 2014.
- Rathgeber C, M.Sc., Beidl C, Waldhelm A, P. Spurk, U. Göbel, both Umicore AG & Co. KG, Hanau-Wolfgang : The requirements and potentials of the exhaust aftertreatment diesel hybrid applications, VDI Fachkonferenz Abgasnachbehandlungssysteme, Frankfurt am Main, Octobre 2014
- Lenzen, B.; Beidl, C.; Maschmeyer, H.: Hybrid powertrains and RDE: Symbiosis or especial challenge, 2nd International Conference Real Driving Emissions, Düsseldorf, August 2014
- Maschmeyer, H.; Kluin, M.; Mädler, J.; Beidl, C.: Integrated development process for Real-Driving-Emissions tests - From simulation to PEMS measurements at the street, MTZ-Fachtagung „VPC.plus“, Hanau, Septembre 2014
- Beidl, C.: Evolution in a revolutionary environment; MTZ anniversary issue 2014, Wiesbaden, June 2014

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe

- **Vorlesungen**
 - Verbrennungskraftmaschinen I + II
 - Konstruktion im Motorenbau I + II
 - Berechnungsmethoden im Motorenbau I + II
- **Bachelor- und Masterarbeiten**
- **Tutorium**
- **Advanced Design Project**
- **Schulungen**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



www.vkm.tu-darmstadt.de

