

# Jahresbericht 2016

## ECSM | European Center for Sustainable Mobility





---

Vorwort	4
---------	---

---

Profil	6
Tätigkeitsfelder des European Center for Sustainable Mobility	6
Aufbau des Instituts	7
Zusammensetzung des Beirats	8

---

Kooperationen	9
Auf Projektebene mit externen Partnern	9
Auf Projektebene mit FH Aachen-Instituten	9
Auf Netzwerkebene	10

---

Projekte	12
Mobilität und Verkehr	14
Fahrzeuge und Antriebe	16
Elektromobilität	26
Informationstechnik	28

---

Ausstattungen und Labore des ECSM-Instituts	31
Fahrzeugelektronik und EMV	31
Automobiltechniklabor (ATLab)	31
Dieselmotorenprüfstand für die Abgasnachbehandlung am Solar-Institut Jülich	32
mobile media & communication lab. FH Aachen (m <sup>2</sup> c lab)	33
Labor der Stadt- und Verkehrsplanung	33
Labor für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik (LTV)	33

---

Veranstaltungen und Vorträge	35
------------------------------	----

## Vorwort des Rektors



Die Gestaltung einer ressourcenschonenden und effizienten Mobilität bleibt eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit und bedarf eines hohen Aufwands an Forschung und Entwicklung. Dies zeigt auch der Blick auf die bereits im Jahr 2014 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung erarbeitete und durch die Bundesregierung verabschiedete neue Hightech-Strategie „Innovationen für Deutschland“, die sechs prioritäre Zukunftsaufgaben für Wohlstand und Lebensqualität beschreibt.

Die FH Aachen arbeitet unter anderem durch Einsatz ihres Instituts European Center for Sustainable Mobility (ECSM) an der Einrichtung eines Netzwerkes Energie und Mobilität für die Region Aachen. Die Aufgaben aus den Bereichen Energie („Nachhaltiges Wirtschaften und Energie“) und Mobilität („Intelligente Mobilität“) decken zwei der oben genannten Zukunftsaufgaben des Bundes ab und setzen eine zunehmende interdisziplinäre Zusammenarbeit voraus. Mit Blick in die Zukunft wird die FH Aachen im ersten Halbjahr 2017 das regionale Netzwerk Energie und Mobilität in der Region Aachen (NEMO) aufbauen. Ziel dieses Netzwerks ist die Kooperation mit den regionalen Wirtschaftsunternehmen (insbesondere mit KMUs) sowie Verbänden und damit die Unterstützung der Unternehmen bei der Energie- und Mobilitätswende in der Region Aachen. Das ECSM-Institut deckt dabei weiterhin die FH Aachen-Kernkompetenz Mobilität ab. Dazu führte es im Jahr 2016 eine Vielzahl von Projekten mit regionalen und überregionalen Projektpartnern durch. Die vielfältigen Facetten der Mobilität reichen dabei von der technischen Weiterentwicklung der Fahrzeuge (z.B. automatisiertes und autonomes Fahren) über die Erhöhung der Umweltfreundlichkeit von Mobilität (z.B. Effizienz von Elektroantrieben) und der stetigen Veränderung des Nutzerverhaltens (Tendenz zu Multimodalität) bis hin zur Anpassung an die optimale Anwenderzufriedenheit (z.B. Informationen und Zugang zu Mobilitätsangeboten). Insgesamt wird dabei deutlich, dass das Themenfeld „Nachhaltige Mobilität“ interdisziplinäre Anforderungen beinhaltet, für die die FH Aachen mit dem ECSM die passenden Antworten und Lösungen für die notwendigen Innovationen liefert.

Seit 2016 gilt die Mobilität an der FH Aachen als ein hervorragender Forschungsschwerpunkt. Dies demonstriert der Jahresbericht 2016 mit der Darstellung einer hohen Anzahl beteiligter Fachbereiche und Labore sowie des aus Forschungs- und Wirtschaftsprojekten resultierenden Drittmittelvolumens.

Ich wünsche Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, eine anregende Lektüre.

**Prof. Dr. rer. nat. Marcus Baumann**  
Rektor der FH Aachen

## Vorwort des Geschäftsführenden Direktors

Auch im Jahr 2016 wurde die Umstellung auf elektrische Antriebe weiter vorangetrieben. In der Praxis hat sie sich bisher jedoch noch nicht etabliert. Dies hat dazu geführt, dass Elektromobilität mit all seinen Aspekten auch weiterhin einen wichtigen Forschungs- und Förderschwerpunkt in der Europäischen Union und auch insbesondere im Autoland Deutschland darstellt. Der stetige Ausbau der erneuerbaren Energien hat einen direkten Einfluss auf die Entwicklung der Fahrzeug- und Speichertechnik, der Verkehrsinfrastruktur, des Städtebaus und der Management- und Informationssysteme. Die komplexen Anforderungen an eine nachhaltige Mobilität beinhalten auch vermehrt Fragestellungen der Energieverteilung und -speicherung.



Die 29 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts European Center for Sustainable Mobility widmeten sich im Jahr 2016 der Beantwortung von Fragestellungen etwa zum kontaktlosen Laden von Elektrofahrzeugen, zum sauberen Verkehr und nachhaltiger Mobilität in der Stadt von morgen sowie zu optimierten Batteriesystemen in Nutzfahrzeugen. Das Forschungsprojekt „ANFAHRT“ mit 5 Promotionsstellen an der FH Aachen wurde Ende 2016 erfolgreich abgeschlossen. Hervorzuheben ist darüber hinaus das vom BMWi geförderte Projekt „SMART“, bei dem in der ersten Phase eine kletterbare Plattform für Windenergieanlagen erfolgreich entwickelt wurde. Das hochinnovative Vorhaben wurde im August 2016 fortgesetzt, da das Bundesministerium im Rahmen ihres 6. Energieforschungsprogramms die Initiierung von Phase 2 und somit die Weiterentwicklung des Prototypens zusicherte.

Ein weiterer Fokus lag für das Jahr 2016 u.a. auf den Kooperationen, die das Institut mit Partnern aus Industrie, Forschung und Lehre auch über die Landesgrenzen hinweg einging. Dabei wurde auf Projektebene sowie auf Netzwerkebene zusammengearbeitet. Auf Projektebene wurde im Jahr 2016 sowohl mit externen Partnern als auch FH-intern an 17 Projekten aus den Themenschwerpunkten Mobilität und Verkehr, Fahrzeuge und Antriebe, Elektromobilität und Informationstechnik gearbeitet. Auf Netzwerkebene ist neben der Mitgliedschaft des ECSM-Instituts in der NRW-Kompetenzplattform „Synergetic Automotive/Aerospace Engineering“ besonders der Start des neuen regionalen Netzwerks Energie und Mobilität in der Region Aachen (NEMO) im 1. Halbjahr 2017 hervorzuheben, in dem sich das ECSM engagieren wird.

Der Jahresbericht 2016 gibt Ihnen eine Übersicht der verschiedenen Aktivitäten sowie ausgewählter Ergebnisse auf Projekt- und Netzwerkebene. Weiterhin werden die Ausstattungen und Labore der Institutsmitglieder vorgestellt, um einen besseren Eindruck über das Leistungsspektrum des Instituts zu erhalten.

Ich wünsche Ihnen eine interessante und spannende Lektüre und freue mich auf einen Austausch mit Ihnen!

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel**  
Geschäftsführender Direktor

## Tätigkeitsfelder des European Center for Sustainable Mobility

Das ECSM führt Forscherinnen und Forscher aus den Bereichen Energieversorgung, Elektromobilität, Stadt- und Verkehrsplanung, Fahrzeuge und Antriebe sowie Informationstechnik zusammen, um ganzheitlich Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen im Bereich der nachhaltigen Mobilität zu erbringen. Durch die Gründung dieses Instituts, das sich durch die Interdisziplinarität auszeichnet, bündelt die FH Aachen ihre vielfältigen Kompetenzen in diesem Themenbereich. Sowohl Wirtschaftsunternehmen als auch öffentliche Auftraggeber treffen in diesem Themengebiet Entscheidungen für die Zukunft, die eine fachliche und wissenschaftliche Begleitung resultierend aus fundierter Expertise aus unterschiedlichsten Disziplinen erfordern.

Zur Bearbeitung von FuEul-Projekten stehen dem ECSM hervorragend ausgestattete Labore und Einrichtungen zur Verfügung (siehe Seite 31 dieses Berichts).

### **Tätigkeitsfeld: Forschung**

- > Die Durchführung von interdisziplinären sowie nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Themenfeld nachhaltige Mobilität
- > Die Initiierung und Durchführung von kooperativen Promotionen mit Universitäten im Themenbereich nachhaltige Mobilität
- > Marktrecherchen zu mobilitätsrelevanten Fragestellungen

### **Tätigkeitsfeld: Beratung**

- > Beratung bei der ganzheitlichen und individuellen Gestaltung von Mobilitätssystemen
- > Beratung von öffentlichen Verwaltungen und Auftraggebern aus Industrie und Wissenschaft
- > Das ECSM fungiert als Schnittstelle und Initiator für Kooperationen mit Partnern, die sich mit dem Thema der nachhaltigen Mobilität auseinandersetzen

- > Die Mitglieder des Instituts verfügen über besondere Beratungskompetenzen im Themenfeld Elektromobilität

### **Tätigkeitsfeld: Projektentwicklung**

- > Die strategische Planung und Entwicklung von Mobilitätskonzepten für öffentliche und private Auftraggeber
- > Aufbau von „living-labs“ (z.B. Feldtests zu den Themen CarSharing und Akzeptanz von Elektromobilität), also von „Forschung zum Anfassen“, um die Öffentlichkeit zu beteiligen
- > Zusammenführung von Wissenschaft und Industrie bei der Entwicklung von innovativen Mobilitätskonzepten

Das ECSM versteht sich als interdisziplinäre Kompetenzplattform, die weiteren Kolleginnen und Kollegen der FH Aachen offensteht.



## Aufbau des Instituts

Das Institut besteht aus den folgenden Organen:

**1. Beirat** | Zur Sicherung der wissenschaftlichen Qualität und wirtschaftlichen Relevanz der Ergebnisse des ECSM-Instituts wurde ein Beirat gebildet. Dieser besteht für eine Amtszeit von jeweils vier Jahren aus renommierten Wissenschaftlern und hochrangigen Industrievertretern. Die Mitglieder des Beirats wählen aus ihren Reihen einen Vorsitzenden und einen Stellvertreter. Der Beirat tagt mindestens einmal jährlich.

**2. Vorstand** | Das Institut wird von einem Vorstand, bestehend aus vier Vorstandsmitgliedern (drei Gründungsprofessoren sowie einem wissenschaftlichen Mitarbeiter) geleitet. Die Vorstandsmitglieder werden für eine Amtszeit von jeweils vier Jahren vom Rektorat der FH Aachen berufen.

**3. Geschäftsführender Direktor** | Die Mitglieder des Vorstands wählen aus ihren Reihen für vier Jahre den Direktor. Er vertritt das Institut nach innen und nach außen und führt dessen Geschäfte in eigener Zuständigkeit.

**4. Mitgliederversammlung** | Die Mitgliederversammlung hat den Vorstand vorbehaltlich seiner Berufung durch das Rektorat aus dem Kreis der Mitglieder, die Professoren an der FH Aachen sind, gewählt. Die Versammlungen finden jeweils im 2. Quartal des Geschäftsjahres statt oder werden bei relevanten Themen außerordentlich einberufen.

**5. Mitarbeiterversammlung** | Die Mitarbeiterversammlung besteht aus den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die die jeweilige Projektleiterin oder den jeweiligen Projektleiter bei der Umsetzung einzelner Projekte unterstützen. Aus der ersten Sitzung ging der Vertreter für den Institutsvorstand hervor.

<p><b>Beirat</b>          Prof. Dr.-Ing. R. Pütz          Dipl.-Vw. D. Rehfeld          U. Schirowski M.A          Dipl.-Ing. L. Ullrich          Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Vallée          B.Ec. H. Weken</p>	<p><b>Vorstand</b>          Prof. Dr.-Ing. C. Hebel (Geschäftsführender Direktor)          Prof. Dr.-Ing. T. Ritz (stellv. Geschäftsführender Direktor)          Prof. Dr.-Ing. T. Esch          T. Merkens M.Eng.</p>	<p><b>weitere Mitglieder/          Projektleiterinnen und          Projektleiter</b>          Dipl.-Ing. A. Anthrakidis          M.Eng.          Prof. Dr.-Ing. P. Dahmann          Prof. Dr.-Ing. G. Feyerl          Prof. Dr.-Ing. F. Hartung          Prof. Dr.-Ing. U. Herrmann          Prof. Dr.-Ing. M. Hillgärtner          Prof. Dr.-Ing. F. Janser          Prof. Dipl.-Ing. H. Kemper          Prof. Dr.-Ing. T. Röth          Prof. Dr.-Ing. G. Schmitz          Prof. Dr. rer. nat. M. Schuba</p>	<p><b>weitere Mitarbeiterinnen          und Mitarbeiter</b>          Dipl.-Ing. M. Bagheri          Dipl.-Ing. B. Billion          Dipl.-Ing. K. Brittner          Dipl.-Ing. D. Busse          Dipl.-Ing. M. Damm          Dipl.-Betriebsw. B. Fuchs          M. Kleinen M.Eng          Dipl.-Ing. J. Kreyer M.Sc.          S. Meyer          J. Mirsch M.Sc          Dipl.-Wirt.-Ing. M. Pielen          M. Rahier M.Eng.          S. Schulze M.Sc.          Dipl.-Ing. J. Theis M.Eng.          Z. Wu M.Sc.          S. Ziegler B.Sc.</p> <p><b>Rektorat          FH Aachen          University of          Applied Sciences</b></p>
	<p>Organigramm des          ECSM-Instituts          (Stand: 31.12.2016)</p>		

## Zusammensetzung des Beirats

Der Beirat des Instituts setzt sich aus renommierten Wissenschaftlern und hochrangigen Industrievertretern zusammen.

**Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz**

Lehrstuhlinhaber für Nutzfahrzeugtechnik und Verbrennungskraftmaschinen Hochschule Landshut, Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Geschäftsführer des An-Instituts für angewandte Nutzfahrzeugforschung und Abgasanalytik (BELICON GmbH)

**Dipl.-Volkswirt Dieter Rehfeld**

Vorsitzender der Geschäftsführung regio IT GmbH

**Ulrich Schirowski M.A.**

Geschäftsführer der Wirtschaftsförderungsgesellschaft (WFG) für den Kreis Heinsberg mbH

**Dipl.-Ing. Lars Ullrich**

Robert Bosch GmbH, Stuttgart | Chief of staff heading strategic and operational activities for Dr. Werner Struth, member of the board and chairman for the Americas.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée**

Institutsleiter am Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr RWTH Aachen University  
Lehrstuhlinhaber für Stadtbauwesen und Stadtverkehr RWTH Aachen University

**B.Ec. Harm Weken**

Geschäftsführender Gesellschafter FIER Automotive, Helmond (NL)

# Kooperationen

Das Institut geht im Rahmen seiner Tätigkeiten Kooperationen auf Projektebene sowie auf Netzwerkebene ein. Dabei wird mit Partnern aus Industrie, Forschung und Lehre auch über die Landesgrenzen hinweg zusammengearbeitet. Diese Kooperationsformen und wichtige strategische Partnerschaften des ECSM-Instituts, die sowohl mit externen Partnern als auch FH-intern mit In-Instituten bestehen, werden im Folgenden beschrieben.

## Auf Projektebene mit externen Partnern

Die FH Aachen führt Projekte mit einer Vielzahl an regionalen und auch überregionalen Partnern durch und erzielt darüber hinaus auch immer wieder Kooperationen mit strategischen Partnern, die ein langfristiges und engeres Zusammenarbeiten insbesondere in der Region erleichtern und nachhaltig verbessern. In diesem Zusammenhang liefert das ECSM einen maßgeblichen Beitrag, indem auch im Jahr 2016 die Gelegenheit genutzt werden konnte, durch Kooperationen wie z.B. mit dem Ford Research and Innovation Center (Ford RIC) zusätzliche Forschungsgelder zu gewinnen, um in enger Zusammenarbeit die Mobilität von morgen mitzugestalten.

Im Rahmen des „University Research Programms“ (URP), initiiert von der Ford RIC, arbeitete u.a. die FH Aachen (teilweise stammen die Projektleiter aus dem ECSM) erfolgreich mit Ford zusammen. Der neue Vertrag, geschlossen im Jahr 2015, hat diese Kooperation weiter vertieft bzw. nachhaltig ausgebaut und bietet seither die Möglichkeit, Lehre und Forschung im Automotive-Bereich noch enger mit der Praxis zu verknüpfen. Inhaltlich stellt zunächst das FH-Institut ECSM die notwendigen Kompetenzen zur Verfügung. Für Ford stellt die FH Aachen fortan einen wichtigen regionalen Partner in Forschung, Entwicklung und Ingenieurwachstum dar.

Lehre und Forschung an der FH Aachen profitieren vom intensiven Austausch mit internationalen Partnern. Eine besondere Form des Auslandsstudiums stellen die Master Double Degree Programme dar, in

denen neben dem FH-Abschluss auch ein Abschluss der ausländischen Partnerhochschule erlangt werden kann. Im Juli 2014 unterzeichnete der Rektor der FH Prof. Dr. rer. nat. Marcus Baumann und die Acting Vice-Chancellor and President des Royal Melbourne Institut of Technology (RMIT Melbourne) Professor Gill Palmer in Melbourne das Double-Degree-Programm „International Automotive Engineering“ zwischen dem Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik und der School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering.



## Auf Projektebene mit FH Aachen-Instituten

Das ECSM-Institut war im Jahr 2016 an Projekten beteiligt, die in Kooperation mit anderen In-Instituten der FH Aachen erfolgreich bearbeitet wurden; diese Konstellationen waren:

- > NOWUM-Energy im Projekt „ANFAHRT“ und
- > MASKOR im Projekt „SMART“

Darüber hinaus gibt es eine enge Partnerschaft mit dem Solar-Institut Jülich der FH Aachen. Insbesondere der Motorenprüfstand (Darstellung auf Seite 32), der seit 2014 im Besitz des SIJ ist, bildet immer wieder die Grundlage für Anwendungen in Forschung und Lehre zwischen den beiden Instituten.

Im Folgenden werden die FH Aachen-Institute vorgestellt.

### **NOWUM-Energy**

**Kurzprofil** | Das Institut, geleitet von Direktorin Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans, setzt sich aus einem Team von Ingenieurinnen, Ingenieuren und Studierenden verschiedener Fachrichtungen zusammen. Die Finanzierung des Instituts erfolgt zum Großteil aus eingeworbenen Drittmitteln.

Das Team des Instituts NOWUM-Energy am Campus Jülich der FH Aachen erforscht und entwickelt Konzepte, Verfahren und Technologien zu den Themenschwerpunkten Klimaschutz, Biomasse und Biogas, Energiesysteme und Energiemanagement sowie

Umweltverfahrenstechnik. Das Ziel ist, einen Beitrag zur flächendeckenden nachhaltigen Energieversorgung zu leisten und dabei Energie rationell einzusetzen, effizient umzuwandeln und unabhängig von fossilen und nuklearen Energieträgern bereitzustellen.

Das NOWUM-Energy erstellt in diesem Zusammenhang Machbarkeitsstudien und Gutachten für neue Produkte und Verfahren, Simulationen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alternative Energieversorgungskonzepte, und bietet Betreuung und Überwachung von Biogasanlagen sowie Simulationen von Strömungs- und Wärmeübertragungsprozessen an. Darüber hinaus beraten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des NOWUM-Energy Unternehmen, Städte und Gemeinden, Industrieparks, Energieversorger und Forschungseinrichtungen beim wirtschaftlichen Einsatz von konventionellen und neuen Energietechniken.

**Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene | ANFAHRT-Projekt (Projektbericht siehe Seite 16 ff)**

#### **MASKOR (Institut für Mobile Autonome Systeme und Kognitive Robotik)**

**Kurzprofil |** Das Institut MASKOR ist unter der Leitung von Direktor Prof. Dr. Alexander Ferrein auf Forschung und Technologieentwicklung sowohl im Bereich „Mobiler Autonomer Systeme“ als auch auf dem Gebiet der „Kognitiven Robotik“ ausgerichtet. Während sich der erstgenannte Forschungsschwerpunkt mit Fragen der Navigation, Lokalisierung, Umgebungswahrnehmung und Steuerung mobiler Systeme in strukturierter und unstrukturierter Umgebung beschäftigt, deckt das zweite Arbeitsfeld den Bereich der Steuerung von Robotersystemen ab, mit dem durch intelligente Algorithmen und Methoden Probleme der Situationsinterpretation, Entscheidungsfindung, Interaktion mit der Umwelt und Verwirklichung von autonomen Funktionen in unterschiedlichen Anwendungsszenarien gelöst werden sollen.

**Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene | SMART-Projekt (siehe Seite 27)**

#### **Solar-Institut Jülich**

**Kurzprofil |** Das Solar-Institut Jülich (SIJ) ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der FH Aachen. Seit der Gründung des SIJ im Jahr 1992 wurde die solare Energiebereitstellung noch nie so stark nachgefragt wie zurzeit. Das wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Interesse an sauberer und bezahlbarer Energie wächst rasant. Die globale Verfügbarkeit fossiler Energieträger nimmt unbestritten ab, die Klimaerwärmung ist längst Fakt und die Debatte um den Ausstieg aus der Kernkraft nimmt in vielen Ländern wieder an Bedeutung zu.

Rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten an innovativen, anwendungsorientierten Entwicklungen in den Bereichen der regenerativen und effizienten Energienutzung in direkter Zusammenarbeit mit der Industrie, Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

**Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene | Motorenprüfstand (siehe Seite 32)**

#### **Auf Netzwerkebene**

Das ECSM-Institut ist als Partner in verschiedenen Netzwerken aktiv. Daraus ergeben sich Synergien für das gesamte Spektrum der Institutstätigkeiten. Im Folgenden werden die Netzwerke vorgestellt.

#### **Synergetic Automotive/Aerospace Engineering (SAAE):**

Die vom Ministerium für Innovation, Wirtschaft und Forschung des Landes NRW eingerichteten Kompetenzplattform „Synergetic Automotive & Aerospace Engineering“ ist der interdisziplinäre Zusammenschluss von mehreren Forschungsschwerpunkten aus den Fachbereichen der FH Aachen: Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau und Mechatronik, Gestaltung sowie Angewandte Naturwissenschaften und Technik. In der SAAE setzen sich Forscherinnen und Forscher der FH Aachen mit der Fragestellung auseinander, ob Synergien zwischen den unterschiedlichen Industriezweigen wie der Luft- und Raumfahrt sowie der Automobiltechnik vorhanden sind. Beide Industrien haben einen fast zeitgleichen Ursprung: der Motorwa-

gen von Carl Benz stammt aus dem Jahr 1885, der erste Motorflug der Gebrüder Wright fand 1903 statt. Im Laufe der Zeit jedoch haben die Produkte beider Industrien eine unterschiedliche Verbreitung gefunden. Automobile sind heute – ganz im Gegensatz zu Flugzeugen, Raketen oder Satelliten – ein Massenprodukt, ein Konsumprodukt.

Beide Industrien weisen jedoch große Übereinstimmung in den wichtigsten Programmenthemen auf:

- > Ressourcenschonung
- > Umweltverträglichkeit
- > Fahrzeugsicherheit
- > Verkehrstechnik
- > Wirtschaftlichkeit

Hier existieren dann auch Berührungspunkte in unterschiedlichen Disziplinen. Der Technologietransfer findet jedoch weniger im Produkt selbst, sondern im Bereich der Produktentwicklung und den entsprechenden Prozessen statt.

Das ECSM ist seit 2013 Mitglied der „Synergetic Automotive/Aerospace Engineering“.

#### **Netzwerk Energie und Mobilität Region Aachen (NEMO):**

Das Netzwerk Energie und Mobilität für die Region Aachen (NEMO) soll die Wissensinstitution FH Aachen mit regionalen Wirtschaftsunternehmen (mit Schwerpunkt auf KMUs) und Verbänden mit dem Ziel zusammenführen, die Unternehmen bei der Energie- und Mobilitätswende in der Region Aachen zu unterstützen.

Die Wissensregion Aachen mit ihrer Lage im Rheinischen Braunkohlerevier und einem durch KMU geprägten wirtschaftlichen Umfeld bildet eine gute Grundlage zur Umsetzung des Netzwerks.

Folgende Zielsetzungen werden im Netzwerk verfolgt:

- > Stärkung des Forschungsprofils der FH Aachen durch Verzahnung der bereits vorhandenen Kompetenzfelder Energie und Mobilität

- > Stärkung des Innovationsprofils, der Kompetenzen und somit der Wettbewerbsfähigkeit der regionalen KMU
- > Bündelung von individuellen Einzelideen bzw. isolierten Maßnahmen zu erfolgreichen Projektverbänden, um deren Umsetzung und Verwertbarkeit zu forcieren oder erst zu ermöglichen
- > Unterstützung der Energie- und Mobilitätswende in der Region

Nach dem Start des Netzwerks im ersten Halbjahr 2017 wird das ECSM neben dem SIJ Mitglied im Vorstand des Netzwerkes vertreten sein.

Die Projekte werden den folgenden vier Themenschwerpunkten zugeordnet:

- > Mobilität und Verkehr
- > Fahrzeuge und Antriebe
- > Elektromobilität
- > Informationstechnik

Der ECSM-Jahresbericht fasst auszugsweise die Projektaktivitäten im Jahr 2016 zusammen.

Im In-Institut der FH Aachen waren im Jahr 2016 insgesamt 12 Projektleiterinnen und Projektleitern und 17 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern tätig. Das Team bearbeitete insgesamt 17 Projekte im Themenkomplex nachhaltige Mobilität. Dabei stand dem ECSM im Jahr 2016 ein Drittmittelvolumen in Höhe von etwa 910.000 € für Forschung, Entwicklung und Innovation zur Verfügung. Die folgende Tabelle dient als Übersicht über die Projekte im Berichtszeitraum.

Drittmittelprojekte, die 2016 bearbeitet wurden (nach Projektleiter sortiert)

Kurztitel und Titel des Projektes	Projektleiter
<b>ANFAHRT</b>   Alternative Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus „Sauberer energieeffizienter Straßentransport“, Teilprojekt: „Optimierung der Nutzung alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von Kontextinformationen“ (Prof. Ritz)	<b>Prof. Ritz</b>
<b>UCIP</b>   User Centered Innovation Process 2016	
<b>Ford University Research Program (URP)</b>   HMI for Context Sensitive Information Filtering	
<b>Ford Vehicle Integration</b>   Vehicle Integration of context-aware Information Supply	
<b>ANFAHRT</b>   Alternative Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus „Sauberer energieeffizienter Straßentransport“, Teilprojekt: „Prädiktives Thermomanagement und Wärmerückuperation am hybridisierten Nutzfahrzeug“ (Prof. Esch)	<b>Prof. Esch</b>
<b>CIVITAS DYN@MO</b>   DYNamic citizens @ctive for sustainable Mobility	<b>Prof. Hebel</b>
<b>ANFAHRT</b>   Alternative Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus „Sauberer energieeffizienter Straßentransport“, Teilprojekt: „Optimierung des Energiespeicherkonzeptes für Hybridbusse und hybride Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von Einsatzprofilen“ (Prof. Kemper)	<b>Prof. Kemper</b>
<b>ISiA</b>   Sicherheit vernetzter IT-Systeme im Automobil (mit Prof. Hartung und Prof. Schuba)	<b>Prof. Hillgärtner</b>
<b>MKPB</b>   Modularer Karosserie-Produktions-Baukasten für die Fahrzeugkleinserie	<b>Prof. Röth</b>
<b>AuLa</b>   Automatisierte Ladesysteme für Elektrofahrzeuge	
<b>SHAREuregio</b>   Machbarkeitsstudie eines flexiblen elektromobilen CarSharing-Systems für die Städte Venlo und Roermond, den Großraum Mönchengladbach und den Kreis Viersen (mit Prof. Hebel und Prof. Ritz)	

<b>ANFAHRT</b>   Alternative Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus „Sauberer energieeffizienter Straßentransport“, Teilprojekt: „Adaptive Hybridbetriebsstrategien für stochastisch wiederkehrende, nicht prädizierbare Randbedingungen“ (Prof. Feyerl)	<b>Prof. Feyerl</b>
<b>Ford PowerPack</b>   Powerpack Optimization for Future Diesel 48V Mild Hybrid Technologies	
<b>PEMS</b>   Portable Emissions-Mess-Systeme	
<b>SMART</b>   Entwicklung einer kletterbaren Plattform für Windenergieanlagen (Scanning Monitoring And Repair Transportation)	<b>Prof. Dahmann</b>
<b>SMART Phase 2</b>   Entwicklung einer kletterbaren Plattform für Windenergieanlagen (Scanning Monitoring And Repair Transportation)	

# Mobilität und Verkehr

Eine nachhaltige Stadt- und Raumplanung erfordert die Entwicklung von strategischen Verkehrs- und Mobilitätsmanagementkonzepten. Die Anforderungen an die Konzepte sind komplex, sie umfassen die Bedürfnisse der Menschen, die demografische Entwicklung, die steigende Urbanisierung, die Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen und Rahmenbedingungen sowie die Aspekte des Umwelt- und Gesundheitsschutzes. Neben informatorischen Maßnahmen spielen insbesondere der Umweltverbund (Fuß, Rad, ÖV) und neue Antriebs- bzw. Elektromobilitätskonzepte wichtige Rollen.

Das ECSM entwickelt Mobilitätsstrategien und Leitbilder für Stadt- und Kommunalverwaltungen und unterstützt die Umsetzung. Zurzeit beteiligt sich das ECSM an einem groß angelegten EU-Forschungsprojekt, das planerische Ansätze zur Verbesserung der Lebensqualität durch einen umweltfreundlichen Stadtverkehr verfolgt.

## CIVITAS DYN@MO | DYNamic citizens @ctive for sustainable MObility

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel  
hebel@fh-aachen.de

**Mitarbeitender** | Torsten Merkens M.Eng.

**Förderlinie** | CIVITAS-Initiative der Europäischen Kommission

**Projektvolumen** | 362.289 €

Das Projektteam war verantwortlich für die Vorbereitung, Planung und Umsetzung von Mobilitätsmanagement-Maßnahmen in den Fachhochschulbereichen. So konnte im Rahmen des EU-Forschungsprojektes CIVITAS DYN@MO beispielsweise das Dienstreisemanagement verbessert sowie ein Informations- und Kommunikationsmedium geschaffen werden. Das Highlight war die erfolgreiche Eröffnung einer der Aachen-weit ersten sogenannten Mobilitätsstation am FH-Standort Bayernallee, die neben der bereits bestehenden Bushaltestelle um eine CarSharing-Station (u.a. ein Elektrofahrzeug) und eine Pedelec-Verleihstation erfolgreich erweitert wurde (siehe Abbildung unten).

2016 war das Jahr des Projektabschlusses und daher stand die Erstellung der Evaluations-Endberichte, die sogenannten „Measure Evaluation Result Sheets“ im



Mobilitätsstation  
Standort FH  
Bayernallee

Fokus der Arbeit durch das ECSM. In der Rolle des „Evaluation-Managers“ war die Hochschule hauptverantwortlich für die Erstellung dieser Berichte.

Alle Maßnahmen, die in Aachen im Rahmen von CIVITAS DYN@MO geplant und umgesetzt wurden, konnten den folgenden drei Ebenen zugeordnet werden:

- > Strategische/Planerische Ebene (städtische und städteregionale Verkehrsplanung)
- > Technische/Fahrzeugebene (Integration von Elektromobilität in urbane Flotten am Beispiel des ÖPNV oder städtischen Dienstwagenflotten)
- > Dienstleistungs-/Informationsebene (Mobilitätsverbund, Informationsplattform und erweiterte Reiseassistentz)

Insgesamt wurden in Aachen sieben Maßnahmen geplant sowie umgesetzt und schlussendlich von der FH Aachen bewertet; diese Maßnahmen waren:

- > Entwicklung eines dynamischen Verkehrsentwicklungsplans für die Stadt Aachen und Städteregion Aachen
- > Förderung von Elektromobilitätsangeboten an drei innerstädtischen Wohnstandorten der gewoge
- > Entwicklung und Umsetzung von Mobilitätskonzepten für die Aachener Hochschul-Bereiche der RWTH Aachen und FH Aachen
- > Strategie Elektromobilität für die Stadt Aachen
- > Elektromobilität im Flottenbetrieb der ASEAG
- > Entwicklung des Mobilitätsverbunds im AVV und Aufbau einer multimodalen Informationsplattform
- > Entwicklung eines erweiterten Reise-Assistenzsystems im ÖPNV

Alle Evaluationsberichte beinhalten eine Wirkungsabschätzung (impact evaluation) und die Bewertung des Prozesses über die gesamte Projektlaufzeit von 4 Jahren (process evaluation). In drei ausgewählten Maßnahmen wurde eine überschlägliche Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt. Die FH Aachen arbeitete bei der Erstellung der Analysen in enger Kooperation mit der Universität Lund und der Napier University Edinburgh sowie allen lokalen Aachener Projektpartnern. Am Ende der Projektlaufzeit bzw. nach Finalisierung wurden diese Berichte zur Begutachtung an die EU-Kommission weitergegeben.



## SHAREuregio | Machbarkeitsstudie eines flexiblen elektromobilen CarSharing-Systems für die Städte Venlo und Roermond, den Großraum Mönchengladbach und den Kreis Viersen

### Projektleitungen

Prof. Dr.-Ing. Thilo Röth, roeth@fh-aachen.de  
 Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel, hebel@fh-aachen.de  
 Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz, ritz@fh-aachen.de

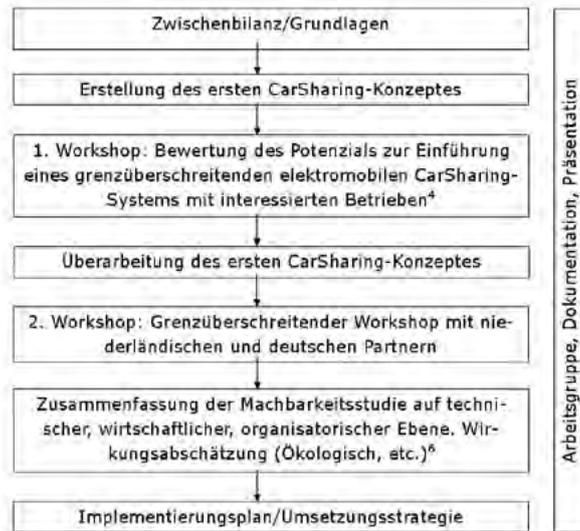
**Mitarbeitende** | Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Pielen  
 Torsten Merkens M.Eng., Simon Ziegler B.Sc.

**Förderlinie** | euregio rhein-maas-nord |  
 euregio rijn-maas-noord

**Projektvolumen** | 24.765 €

Das SHAREuregio-Projekt wurde entwickelt auf Basis einer Projektidee namens FlexSHARE, das sich zwischen dem klassischen (stationsbasierten) und dem FreeFloating-CarSharing eingliedern und die bis dato vorhandene Lücke für große Mittelstädte und kleine Großstädte, die bisher nur in geringem Maße mit CarSharing-Angeboten ausgestattet sind, schließen soll.

Das Ziel des Forschungsvorhabens "SHAREuregio" ist die Konzeptionierung und Realisierung von flexiblem elektromobilen CarSharing (also Auto-Teilen) mit einer 100% elektrifizierten Fahrzeug-Flotte. Der neue Ansatz soll das CarSharing-System nach der FlexSHARE-Idee nun in einen grenzüberschreitenden Kontext bringen unter Berücksichtigung einer besonderen Ladestrategie und den notwendigen Ansprüchen an die Interoperabilität. Dies stellt die zentralen Innovationen und Herausforderungen in dem Vorhaben dar. Es konnten die Städte und Kommunen Venlo, Roermond, Mönchengladbach und Viersen als Anwendungspartner gewonnen werden (Anwendungsraum, siehe Abbildung links). Im Zeitraum von Dezember 2016 bis April 2017 wird in einem ersten Schritt eine Machbarkeitsstudie für die Etablierung dieses flexiblen elektromobilen CarSharings im euregionalen Raum erstellt. Diese Untersuchung wird durch die Anwen-



links:  
 Anwendungsraum für SHAREuregio, dem flexiblen elektromobilen CarSharing-Systems (Kartengrundlage: openstreetmaps)

rechts:  
 Durchführung einer Machbarkeitsstudie für "SHAREuregio"

dungskommunen sowie die Stichting Limburg Elektrisch, die FH Aachen und die EU-Kommission kofinanziert und fungiert als Vorstufe für einen INTER-REG V A-Projektantrag.

Die folgenden Arbeitsschritte wurden in der Machbarkeitsstudie durchgeführt:

- > Zwischenbilanz/Grundlagen (räumliche und strukturelle Analyse, Bewertung des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens, Rahmenbedingungen der Mobilitäts- und Verkehrsplanung und Identifikation relevanter Akteure in der Region)
- > Erstellung eines ersten CarSharing-Konzeptes
- > Workshop zur Bewertung des Potenzials zur Einführung eines grenzüberschreitenden CarSharing-Systems mit interessierten lokalen Institutionen
- > Überarbeitung des ersten CarSharing-Konzeptes
- > Gemeinsamer Workshop mit allen interessierten Institutionen sowohl auf niederländischer als auch auf deutscher Seite sowie den Ausführungspartnern (Betreibern)
- > Auswertung und Zusammenfassung der Analyseergebnisse auf technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Ebene
- > Erster Entwurf eines Implementierungsplans bzw. einer Umsetzungsstrategie

# Fahrzeuge und Antriebe

*Die Belastung unserer Städte durch den motorisierten Verkehr ist immens: Mit etwa 3,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ist Europa der drittgrößte CO<sub>2</sub>-Emittent weltweit. Zur Senkung des Endenergieverbrauchs sind zukünftig vermehrt alternative Antriebstechnologien und umweltschonende Entwicklungen in der Fahrzeugproduktion gefragt.*

## ANFAHRT | Alternative Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus „Saubere energieeffizienter Straßenverkehr“

### Projektleitungen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Esch, esch@fh-aachen.de  
Prof. Dr.-Ing. Günter Feyerl, feyerl@fh-aachen.de  
Prof. Dipl.-Ing. Hans Kemper, h.kemper@fh-aachen.de  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz, ritz@fh-aachen.de

**Mitarbeitende** | Dipl.-Ing. Jörg Kreyer M.Sc.,  
Michael Rahier M.Eng., Sven Schulze M.Sc., Ziyi Wu M.Sc.

**In Zusammenarbeit mit** | Institut NOWUM Energy:  
Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans (FB 10)

**Förderlinie** | Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW – NRW.Forschungsk Kooperationen U & FH

**Projektvolumen des ECSM** | 600.000 € (Projekt verlängert, Budgeterhöhung auf 746.000 €)

### Hybrid – Antriebstechnologie der Zukunft im Nutzfahrzeug?

Mit dieser Fragestellung beschäftigte sich seit Mitte 2013 ein 17-köpfiger Forscherverbund von FH Aachen und RWTH Aachen University. In dem vom Land NRW geförderten Promotionskolleg ANFAHRT wurden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der alternativen Nutzfahrzeugantriebe für Lkw und Bus durchgeführt, um einen sauberen und energieeffizienten Straßenverkehr zu ermöglichen.

Der Forschungsverbund ANFAHRT mit der RWTH Aachen University weist in Summe aller Partner fundierte Erfahrungen auf sehr vielen tangierten Gebieten auf. Mit der Kooperation wollten die beiden Hochschulen ihre jeweiligen bewährten Profile in der Forschung weiter stärken. Zu jedem der geförderten zehn Promotionsprojekte gab es eine forschungsbegleitende Kooperation mit einem Industrieunternehmen. Das Promotionskolleg wurde um ein Jahr verlängert, sodass sich die zehn promovierende Ingenieurinnen und Ingenieure bis Ende 2016 mit den inhaltlichen Fragestellungen auseinandersetzen können.

## „Prädiktives Thermomanagement und Wärmerecuperation am hybridisierten Nutzfahrzeug“

Abgasenergie rückgewinnung nach dem Organic-Rankine-Cycle (ORC) hat als eine Maßnahme zur Kraftstoffreduzierung für schwere Nutzfahrzeuge das Prototypen-Stadium und damit den Einsatz realer Systeme in Versuchsfahrzeugen erreicht. Die Ableitung von stabilen Regelalgorithmen für diese Technologie steht aktuell im Fokus der Forschung. Im Jahr 2016 wurden im Forschungsprojekt ANFAHRT zu diesem Zweck auf mehreren Ebenen Werkzeuge erstellt, um diese Algorithmen entwickeln zu können.

### Ebene 1: Fahrzeugvermessung

Das Institut verfügt durch die Projektaktivitäten seit 2016 über ein On-Board-Vermessungswerkzeug für den Einsatz in schweren Nutzfahrzeugen. Diese Messtechnik erlaubt die energetische Untersuchung der Fluidkreisläufe: Frischgas, Abgas und Kühlkreis, sowie der Fahrzeugkinematik im realen Fahrzeugeinsatz. Darüber hinaus können Fahrzeuginformationssysteme ausgewertet werden, um die Zustände von Antriebsstrangkomponenten zu bestimmen.

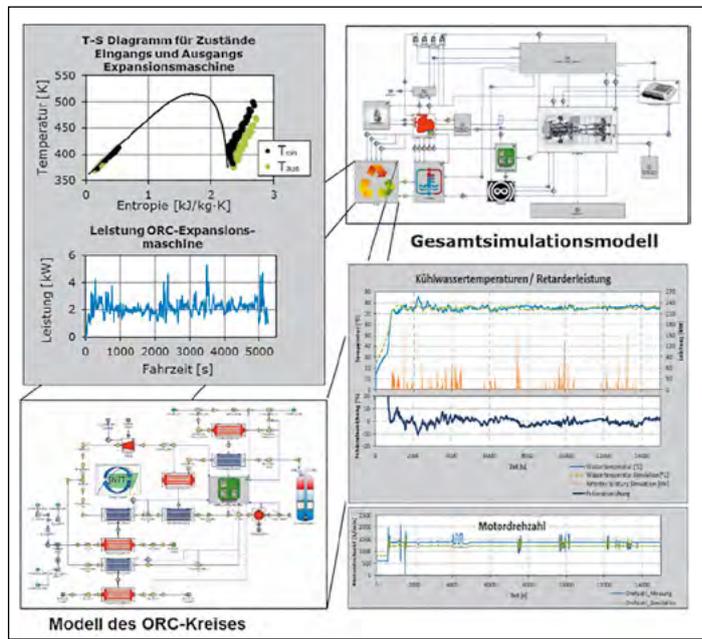
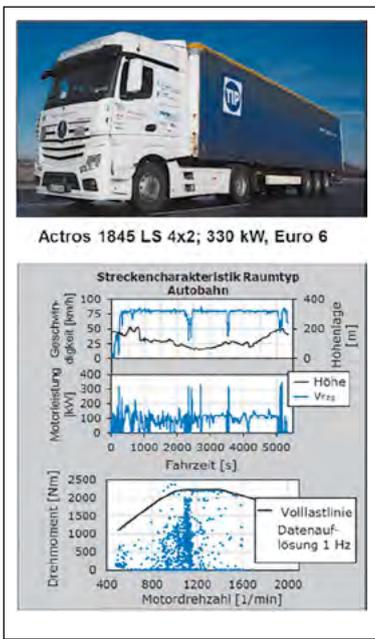
### Ebene 2: Physikalische Modellbildung des Gesamtfahrzeuges und der ORC-Systeme

Als Basis für die Untersuchung des ORC-Systemverhaltens wurde 2016 eine multiphysikalische Simulationsumgebung fertiggestellt, die das Fahrzeugverhalten auf Ebene der Längsdynamik, des Antriebsstranges und der Nebenaggregate sowie des Verhaltens der Fluidkreise Frischgas, Abgas, Kühlkreislauf und ORC-System beschreibbar macht.

### Ebene 3: Mathematische Modellbildung

Zur Ableitung einer stabilen Reglerauslegung und zur Entwicklung einer Optimalsteuerung wurde ein mathematisches echtzeitfähiges Modell eines ORC-Systems entwickelt, welches mit dem physikalischen Modell koppelbar ist.

Das Forschungsvorhaben stellt somit eine Simulationsumgebung bereit, die sich durch die Einkopplung eines ORC-Systems mit bedatbarem Reglermodul in ein



links:  
Testfahrzeug und  
Validationsdaten

rechts:  
Übersicht Simulations-  
aufbau und Simulations-  
ergebnisse

Nutzfahrzeugmodell charakterisiert. Das so entstandene ganzheitliche Entwicklungswerkzeug wurde genutzt, um ein auf virtueller simulationsgebundener Ebene stabil lauffähiges ORC-System für den Nutzfahrzeuggestrieb vorzustellen. In den finalen Schritten des Projektes werden unter Nutzung der genannten messtechnischen und simulativen Werkzeuge die Vorteile einer prädiktiv optimierten Regelstrategie gegenüber einer Basisregelung aufgezeigt.

Distributionslogistik trotz Einschränkungen durch Elektromobilität zu erhalten bzw. zu steigern.

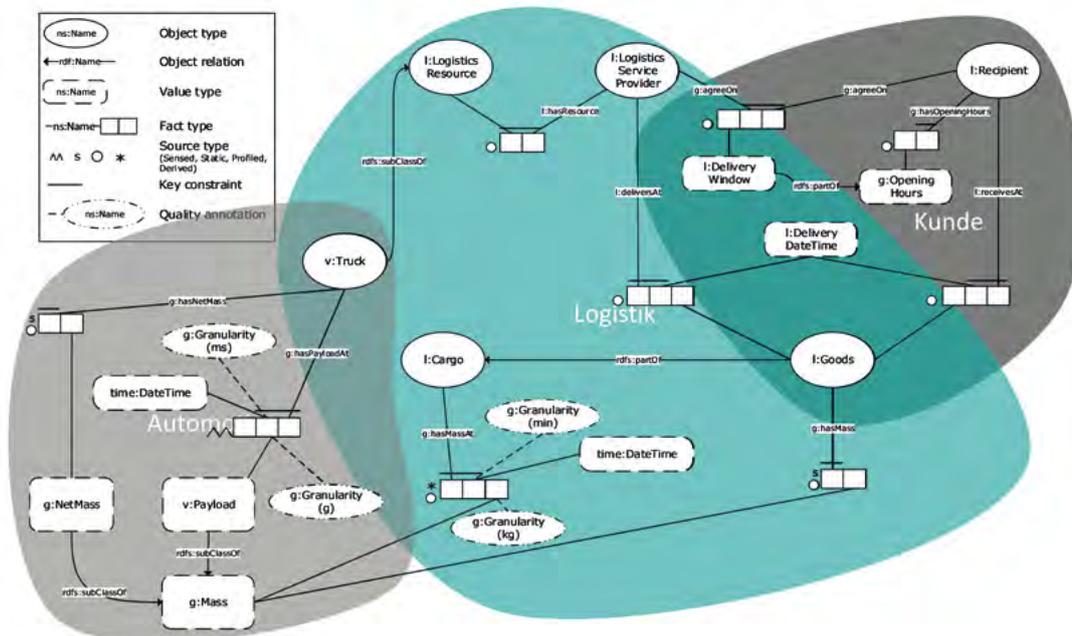
Dabei wurde der hybride Ansatz von Karen Henrickson et al. für den Einsatz zur Modellierung von Kontexten erweitert. Am Beispiel des "Electric Vehicle Routing Problem with Time Windows and Mixed Fleet" wurden die Eingangsgrößen des Algorithmus in hybride Kontextmodelle überführt. Untenstehend ist ein Ausschnitt aus einem solchen Modell.

### Optimierung der Nutzung alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von Kontextinformationen

Zur Integration von Kontextmodellen in bestehende Datenmanagement-Produktivsysteme wurde untersucht, ob sich der hybride Ansatz mit Hilfe des ASAM Open Data Services (ODS) Standard ausdrücken lässt. Die Ergebnisse wurden u.a. auf der ASAM International Conference 2015 in Dresden vorgestellt und mit Vertretern der Automobil- bzw. Zuliefererindustrie diskutiert. Um hybride Kontextmodelle ASAM ODS-konform abzugeben, musste ein eigenes ASAM ODS Applikationsmodell (AM) erstellt werden. Dieses Kontextmodell auf dem ASAM ODS basierenden

Das Projektteam führte im Rahmen der NRW-Forschungskooperation U&FH „ANFAHRT“ die Optimierung der Nutzung alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von Kontextinformationen durch. Ziel dabei war es, die Flexibilität der

Ausschnitt aus einem hybriden Kontextmodell der Logistik



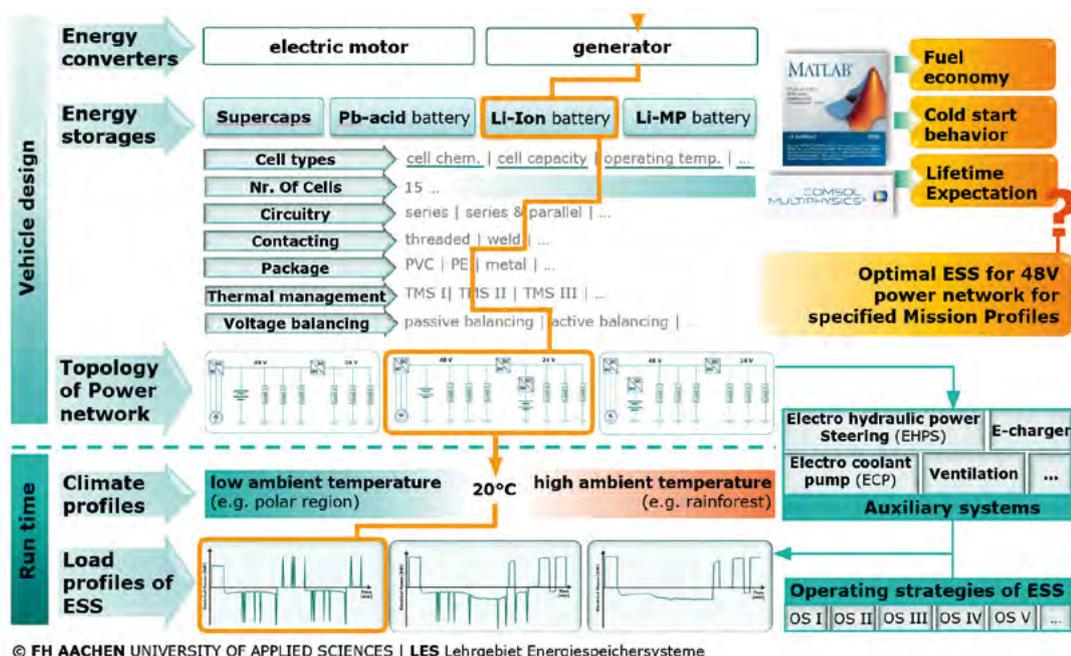
Typ	Hybr. Kontextmodell	ASAM ODS Basismodell
Modell	Model	AoMeasurement
Element	Object Type	AoUnitUnderTest(Part)
Element	Fact Type > Sensed / Profiled > Uniqueness /key constraint	AoTestEquipment > Attribute > Relation
Element	Value Type > Quality Indicator	AoTestEquipmentPart > Attribute
Relation	Object Type → Object Type	AoUnitUnderTest(Part) → AoUnitUnderTest(Part)
Relation	ObjectType → Fact Type	AoUnitUnderTest(Part) → AoTestEquipment
Relation	Fact Type → Value Type	AoTestEquipment → AoTestEquipmentPart

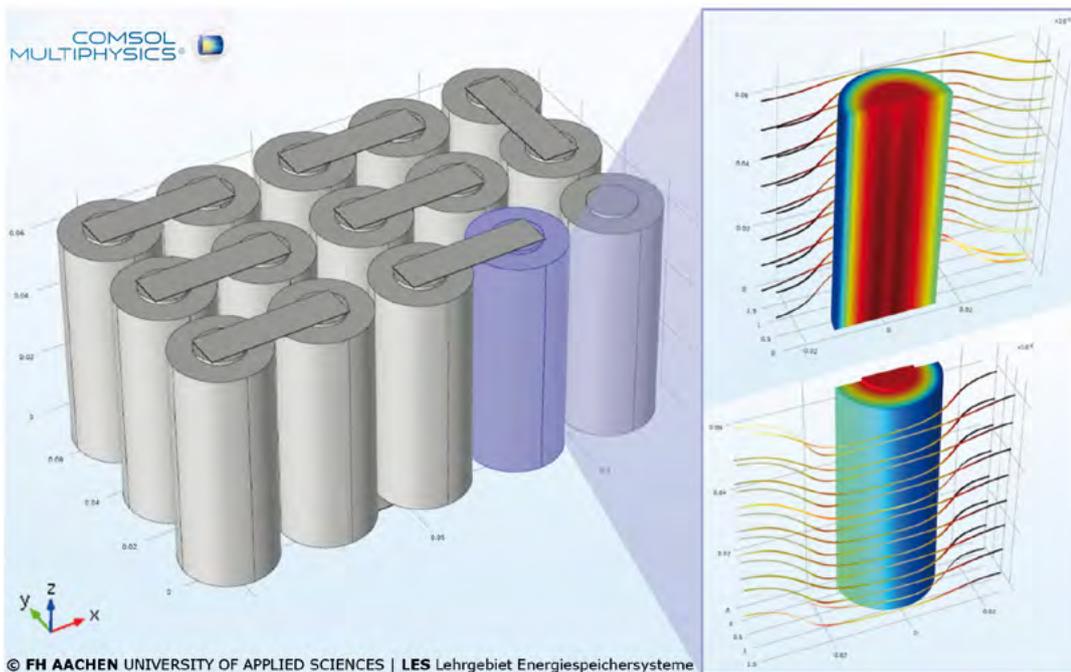
Appikationsmodell wird im Folgenden als AMK bezeichnet.

Die Modellelemente des hybriden Ansatzes wurden zunächst entsprechenden Modellelementen des ASAM ODS Basismodells (BM) zugeordnet. Anschließend wurde analog mit den Relationen verfahren. Die nachfolgende Tabelle stellt eine gültige Zuordnung der Modellelemente und Relationen dar (siehe oben).

Die hybriden Kontextmodelle konnten anschließend als Instanzen des AMK angelegt werden. Um sie zu nutzen, wurden sie mit dem proprietären AM eines Unternehmens verknüpft. Dabei referenzierten die AM-Elemente, die auf dem BM-Element „UnitUnderTest“ basierten, die Elemente des AMK, die „Object Types“ repräsentierten. Zusätzlich wurden die AM-Elemente, die auf dem BM-Element „Measurement-Quantity“ basierten, mit den Elementen des AMK verbunden, die „Value Types“ repräsentierten.

Die Integration von Kontextmodellen in die Datenhaltungsebene hatte im Wesentlichen drei Vorteile. Zum einen konnten Mathematiker dabei unterstützt werden, die Eingangsgrößen für ihre Algorithmen mit realen Messgrößen abzugleichen, ohne zwangsläufig Zugriff auf die konkreten (teilweise geheimen) Daten zu erhalten. Dadurch wurde die interdisziplinäre Zusammenarbeit vereinfacht und darüber hinaus sichergestellt, dass die entwickelten Algorithmen tatsächlich angewandt und evaluiert werden konnten. Desweiteren wurde aus hybriden Kontextmodellen ersichtlich, ob eine Messgröße sensorisch erfasst wurde oder in einem Profil hinterlegt war. Existierten mehrere Quellen für eine Messgröße, so konnte diejenige gefunden werden, die der geforderten Genauigkeit bzw. Zuverlässigkeit entsprach. Generell war es möglich, Alternativen für Datenquellen abzubilden. Zuletzt konnten die Zusammenhänge zwischen den Messgrößen formal festgehalten und wiederverwendet werden. Dadurch ließen sich Use Cases für Flottendaten leichter (wieder-)finden.





Post-Processing des Thermomodells eines Batteriemoduls

## Optimierung des Energiespeicher-konzeptes für Hybridbusse und hybride Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von Einsatzprofilen

Im Mittelpunkt des Teilforschungsprojektes „Optimaler Energiespeicher“ stand die Entwicklung eines optimalen 48 Volt Batteriespeichers für Nutzfahrzeuge unter Berücksichtigung von deren spezifischen Einsatzprofilen. Die während eines Bremsvorgangs zurückgewonnene Energie wurde in den Batteriemodulen gespeichert und auf Abruf wiederverwendet, um sowohl den Startvorgang zu unterstützen, als auch die Nebenverbraucher im Bordnetz zu versorgen.

Das Projekt fokussierte sich auf die Entwicklung eines Standardprozesses zur Auslegung des optimalen Energiespeichers unter Berücksichtigung verschiedener Einsatzprofile. Die folgende Abbildung stellt die Auswahl und Festlegung der Einflussfaktoren des Simulationsmodells eines Energiespeichers dar.

Die Topologie des 48V Automobil-Bordnetzes, die primär für die möglichen Belastungsprofile ausschlaggebend war, wurde zuerst festgelegt. Um den hohen Kundenansprüchen an Nutzfahrzeuge Rechnung zu tragen, musste das Batteriemodul sowohl die vordefinierten Lastprofile ableisten, als auch die Erwartungen des Lkw-Herstellers an Lebensdauer und Zyklusbeständigkeit erfüllen. Des Weiteren sollte das Modul auch den Anforderungen der Standard-VDA-Tests für die Komponenten in 48V Bordnetzen gerecht werden.

Die Auswahl der Zellchemie war hierbei ein wesentlicher Schritt der Auslegung eines Batteriemoduls und somit ein zentraler Bestandteil des Teilforschungsprojekts. Verschiedene Technologien und die Zellchemie (wie zu Beispiel: Supercaps, LIC, NiMH, LCM, LNCA, LTO, LPF) wurden im Hinblick auf eine Reihe von Eigenschaften verglichen – die Menge der nutzbaren Energie, Peak-/Dauerstrom, Peak-/Dauerleistung, Betriebstemperatur, Zyklusfestigkeit, Volumen und Gewicht der Zellen, die Gesamtkosten des Systems und

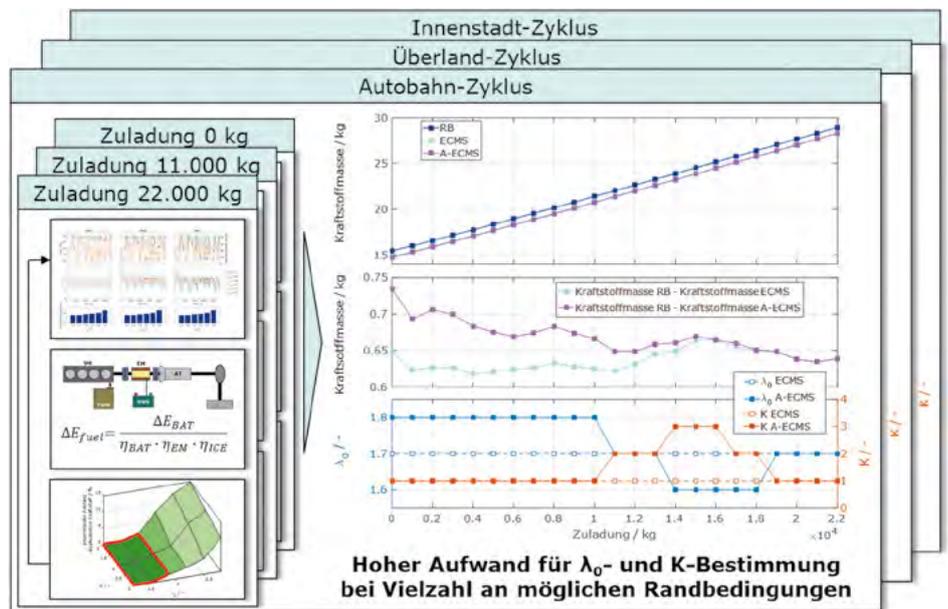
Sicherheit der Zellchemie. Anhand der Vergleichsergebnisse scheint das Lithium-Titanat (LTO) eine geeignete Zellchemie zu sein, um die Anforderungen zu erfüllen.

Unter Verwendung der Software Matlab/Simulink wurde das LTO-Batteriemodul unter Berücksichtigung von vordefinierten Einsatzprofilen simuliert.

Um die Betriebszustände des Batteriemoduls hinsichtlich Temperaturänderungen zu untersuchen, wurde die Erwärmung der Zellen mit dem Softwarepaket COMSOL Multiphysics simuliert (siehe Abbildung 9). Anhand der Simulationsergebnisse wurden elementare Einflussfaktoren in der Auslegung des gesamten Batteriemoduls, wie zum Beispiel Abstände der Zellen, Verbindungsmaterialien, Verschaltungsmethode der Zellen in dem Modul und Anordnung der Zellen im Gehäuse angepasst.

## Adaptive Hybridbetriebsstrategien für stochastisch wiederkehrende, nicht präzisierbare Randbedingungen

Die Hybridbetriebsstrategie ist verantwortlich für das Zusammenspiel zwischen den beiden Energiewandlern des Hybridfahrzeugs, in den meisten Fällen dem Verbrennungsmotor und der E-Maschine. Wann wird das Fahrzeug rein elektrisch und wann konventionell angetrieben? Wann wird das Fahrzeug im Hybridmodus betrieben? Diese Entscheidungen trifft die Hybridbetriebsstrategie basierend auf momentan anliegenden Fahrzeugparametern wie der Fahrzeuggeschwindigkeit, den Betriebspunkten der Antriebsaggregate und dem Ladezustand der Batterie sowie dem Fahrerwunsch (Drehmomentwunsch, Beschleunigung und Verzögern). Je besser das Zusammenwirken der beiden Antriebsaggregate abgestimmt ist, desto höher fällt das Einsparpotential an Kraftstoff durch die Hybridisierung aus. Die Hybridbetriebsstrategie stellt somit das „Gehirn“ des Hybridfahrzeugs dar.



Methodik zur Bestimmung der benötigten Parameter für den A-ECMS Ansatz

Selbst wenn das Zusammenspiel für eine Fahrsituation optimal abgestimmt ist, so kann sich diese Abstimmung für geänderte Randbedingungen, wie beispielsweise einer erhöhten Zuladung als suboptimal erweisen. Deswegen sollte nach Möglichkeit eine Adaption der Hybridbetriebsstrategie erfolgen, so dass unter allen denkbaren Randbedingungen bzw. Fahrsituationen das optimale Zusammenspiel der beiden Antriebsaggregate gewährleistet werden kann.

Eine solche adaptive Hybridbetriebsstrategie ist ein komplexer Algorithmus, der im realen Fahrzeug auf einem Steuergerät hinterlegt wird. Dieses Steuergerät ist hinsichtlich seiner Rechenleistung und Speicherkapazität begrenzt. Selbst wenn die adaptive Hybridbetriebsstrategie auf einem leistungsfähigen Computer in Simulationsmodellen gute Ergebnisse erzielt, so ist diese häufig nicht auf dem Steuergerät lauffähig. Es gilt somit, momentan ein Kompromiss zu finden zwischen Komplexität des Algorithmus und der Leistungsfähigkeit des Steuergeräts. Häufig ist das Steuergerät aus Kostengründen vordefiniert und somit auch die Hybridbetriebsstrategie in seiner Komplexität beschränkt. Der momentan verfolgte Ansatz beruht auf dem Optimierungs-Algorithmus der Equivalent fuel Consumption Optimization Strategy (ECMS). Dieser Optimierungsalgorithmus überführt die in der Batterie gespeicherte Energie mittels des Äquivalenzfaktors  $\lambda$  in eine virtuelle Kraftstoffleistung. Zusammen mit der realen Kraftstoffleistung des Verbrennungsmotors wird eine äquivalente Kraftstoffleistung ermittelt. Die Berechnung der äquivalenten Kraftstoffleistung wird für alle realisierbaren Torquesplit-Faktoren durchgeführt, um anschließend das Minimum der virtuellen Kraftstoffleistung und somit den zu wählenden Torquesplit-Faktor für die aktuelle Fahrsituation zu ermitteln. Dieser Ansatz wird für einen P2-Hybrid Lkw mit Betriebsbedingungen des Fernverkehrs entwickelt.

Die Adaption der Hybridbetriebsstrategie führt zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs im Vergleich zu einer regelbasierten (RB) Hybridstrategie, die zurzeit Stand der Technik ist. Je mehr Randbedingungen betrachtet werden, desto höher fällt die potenzielle Kraftstoffeinsparung aus. Der daraus

steigende Aufwand bei der Parameter-Bestimmung kann durch Machine-Learning-Ansätze kompensiert werden. Somit dienen die Erkenntnisse der Forschungsarbeit zur weiteren Effizienzsteigerung des Hybridfahrzeugs ohne zusätzliche Systemkosten wie beispielsweise die Verwendung einer effizienteren E-Maschine.

Insbesondere im kostengetriebenen Nutzfahrzeugmarkt spielt dies eine wichtige Rolle bei der Steigerung der Marktdurchdringung von Hybridfahrzeugen. Der erhöhte Amortisierungszeitraum des Hybridfahrzeugs bedingt durch die Zusatzkosten der Hybridkomponenten kann somit durch die intelligente Hybridsteuerung zurück in Richtung der üblichen 3 Jahre Amortisierungszeit verschoben werden.

Nachdem die Verifizierung des Simulationsmodells sowie die grundlegende Funktionsentwicklung der A-ECMS-Strategie abgeschlossen sind, wird eine Sensitivitätsanalyse bezüglich des Äquivalenzfaktors durchgeführt. Ziel ist es, den optimalen Äquivalenzfaktor für die jeweilig untersuchten Randbedingungen zu ermitteln. Dieser aufwendige Prozess muss nun für weitere Fahrzyklen, Fahrzeugmassen etc. durchgeführt werden (siehe Abbildung oben). Durch die Anwendung von Machine-Learning-Ansätzen soll dieser Aufwand reduziert sowie die Genauigkeit deutlich gesteigert werden.

Da lediglich Daten einer Messfahrt mit einem vollbeladenen Fahrzeug vorliegen, kann die im Fahrzeug implementierte RB-Hybridstrategie nur eingeschränkt als Benchmark der adaptiven ECMS-Strategie herangezogen werden. Es ist nicht bekannt, inwieweit die RB-Hybridstrategie des Testfahrzeugs die Fahrzeugmasse bei der Wahl des Torquesplit-Faktors berücksichtigt. Es ist daher geplant, global-optimale Optimierungsansätze wie die Dynamische Programmierung (DP) zur Bewertung der A-ECMS-Strategie zu verwenden.

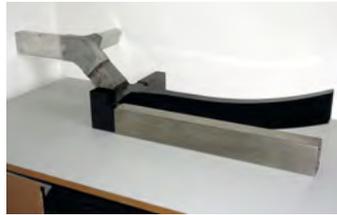


links:  
Aluminiumblechknoten  
(EN-AW 6016) aus 10  
Teilen mit Wandstärken  
von 2/3/4 mm

Vorderwagenstruktur mit  
eingegossenem Alumi-  
niumlängsträger und Über-  
gangsträger aus Stahl



Seitlicher Dachholm aus-  
durchgängig gebogenem  
Aluminiumrohr mit einer  
Knotenstruktur umgoss



links:  
Klebeverbindungen:  
CFK-Alu/GFK-Alu (links),  
Stahl-Stahl/Alu-Alu  
(Mitte), Stahl-Alu/Alu-Alu  
(rechts)

## MKPB | Modularer Karosserie-Produktions-Baukasten für die Fahrzeugkleinserie

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thilo Röth, roeth@fh-aachen.de  
**Mitarbeitende** | Tarek Soliman B.Eng., Dipl.-Ing. Katrin Brittner, Stefan Meyer  
**Förderlinie** | Bundesministerium für Bildung und Forschung - KMU-innovativ  
**Projektvolumen** | 154.000 €

Das Forschungsprojekt MKPB hat im April 2016 seinen erfolgreichen Abschluss gefunden. Verschiedene Bereiche des angestrebten modularen Karosserie-Produktions-Baukastens konnten umgesetzt werden. Es entstanden Prototypen, die die neu entwickelten Verfahren des Industrial Origami, des Hybridgießens und Injektionsklebens veranschaulichen. Eine speziell entwickelte Vorrichtung erlaubt den Zusammenbau der mit diesen Technologien hergestellten Bauteile.

### Industrial Origami

Mit der Industrial Origami Technologie lassen sich aus einfachen Blechen komplexe 3-dimensionale Bauteile konstruieren und herstellen (siehe Abbildung oben links). Die Vorteile von Industrial Origami Profilen und Knoten sind dabei:

- > Variation der Wandstärken für jede Seite des Querschnitts
- > Variable Geometrie (gekrümmte Form, veränderliche Querschnitte)
- > Bessere Verfügbarkeit der Materialien (z.B. Hochfeste Stahl- und Aluminiumbleche)

Mit der Industrial Origami Technik ist eine an die Lastpfade angepasste Konstruktion möglich. Wirtschaftlich sehr interessant ist diese Technik für eine Kleinserie.

### Hybridgießen

Beim Hybridgießen werden Strukturknoten hergestellt, bei denen die eingelegten Profile bereits mit angegossen sind (Abbildungen oben rechts). Vorteile von hybriden Gussknoten:

- > Keine weiteren Fügeoperationen erforderlich und damit reduzierte Zusammenbaukosten

- > Komplexe Geometrie im Gussteil mit Innentopologie möglich
- > Verbindung unterschiedlichster Profile

### Injektionskleben

Mittels Injektionskleben werden gesteckte Strukturbauteile durch einen neuen Prozess und spezielle Vorrichtungen hochfest miteinander verbunden (untere Abbildungen oben). Dadurch ergeben sich folgende Vorteile für diese Klebeverbindung:

- > Ermöglichung Materialmischbauweise
- > Kein Wärmeeintrag (dadurch kein Verzug bzw. keine Beeinträchtigung des Werkstoffs)
- > Toleranzausgleich
- > Ermöglichung des Baukastensystems
- > Verbindung komplexer Geometrien

Für den Zusammenbau der einzelnen Baukastenelemente wurde eine für verschiedene Produktionslosgrößen skalierbare Vorrichtung entwickelt. Alle Karosserieteile werden eingelegt und gefügt (siehe nachstehende Abbildung).

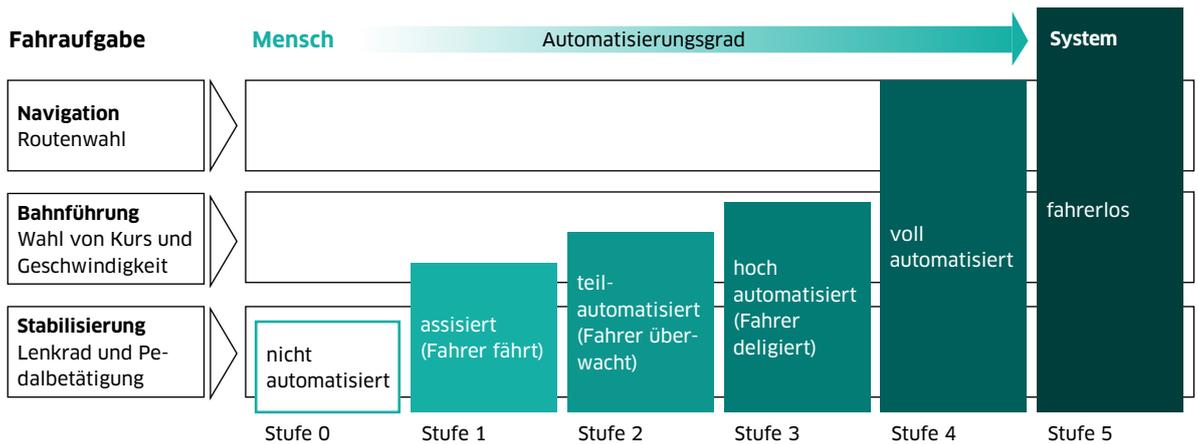


Innofix Singelshot  
Vorrichtung

Damit konnte die Prozesskette von der Entwicklung bis zum Prototypenbau durch viele neue Ansätze für die Fahrzeugkleinserie bereichert werden.

Das Konzept ist grundsätzlich auf alle Anwendungsfälle übertragbar, bei denen ein struktureller Leichtbau gefordert ist, z.B. Anhänger, Gondeln, Fahrwerke etc. Im Bereich der Fahrzeugherstellung können Kleinserienhersteller flexibel und schnell neue Fahrzeuge auf den Markt bringen, welche bezüglich Qualität, Sicherheit und Gewichtseinsparung den heutigen Stand der Technik deutlich übertreffen.





## CERMcity | Center for European Research on Mobility Urban Validation Environment

Teilprojekt:  
Wellenausbreitungsmodellierung und EMV der Fahrzeugplattformen

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Michael Hillgärtner, hillgaertner@fh-aachen.de

**Mitarbeitender** | Michael Kleinen M.Eng.

**Förderlinie** | Bundesministerium für Bildung und Forschung „IKT 2020 - Forschung für Innovationen“

**Projektvolumen** | 226.232 €

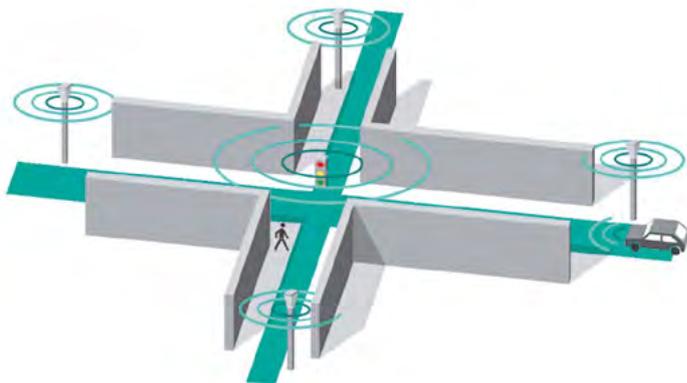
Das Projekt CERMcity ist ein vom BMBF gefördertes Gemeinschaftsprojekt der RWTH Aachen University, dem Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DKFI) in Bremen und dem Labor für Fahrzeugelektronik und EMV von Prof. Hillgärtner (FH Aachen).

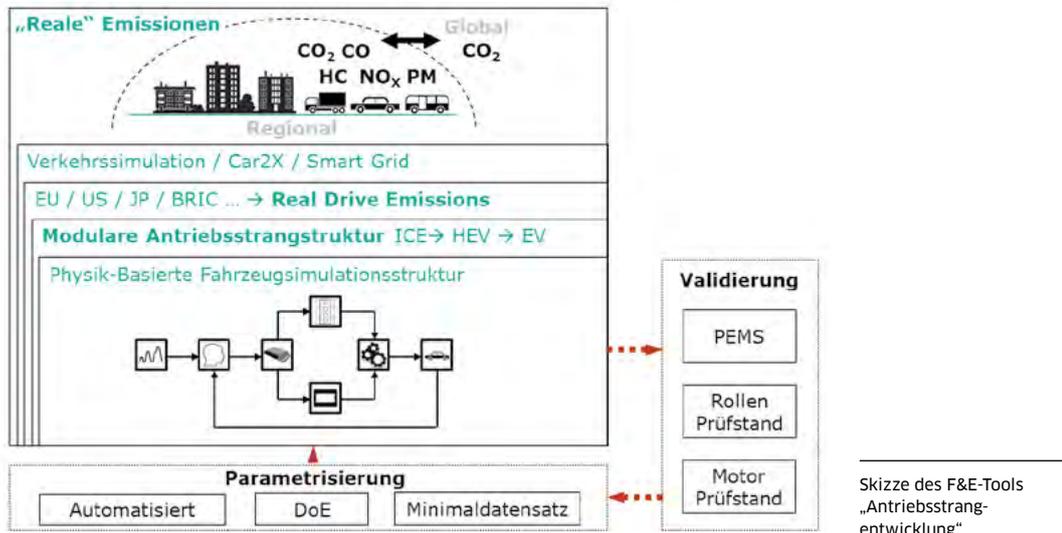
Die Validierung neuer, innovativer Funktionen und Systeme im Bereich des autonomen Fahrens benötigt eine entsprechende, für alle Unternehmen zugängliche Testumgebung inklusive entsprechender, offener Fahrzeugplattformen. Diese innovativen Fahrfunktionen setzen gerade in städtischer Umgebung eine fehlerfreie, vernetzte Kommunikation zwischen den Fahrzeugen sowie mit anderen Verkehrsteilnehmern

und der Verkehrsinfrastruktur zwingend voraus (car2X Kommunikation). Hierfür stehen unterschiedliche, funkbasierte Systeme in der Diskussion.

Das Vorhaben CERMcity hat das Ziel, eine urbane Testumgebung zur Erprobung innovativer Funktionen und Systemen im Bereich des autonomen Fahrens aufzubauen und zu betreiben. Hierzu wird die vorhandene Forschungskreuzung der RWTH am Aldenhoven Testing Center (ATC) um diverse Szenarien erweitert. Dabei wird insbesondere Wert auf eine realistische Nachbildung der Funkwegeausbreitung gelegt.

Aufgabe des Institutes ist es, die Mehrwegewellenausbreitung von car2X Funksignalen während der Planungsphase der aufzubauenden urbanen Umgebung simulatorisch zu analysieren, um daraus Rückschlüsse auf die realitätsgetreue Umsetzung ziehen zu können. Da gerade kleine und mittelständische Unternehmen nur selten über geeignete Fahrzeugplattformen, mit denen innovative Fahrfunktionen erprobt werden können, verfügen, sollen im Projekt CERMcity neben den infrastrukturellen bzw. baulichen Maßnahmen am ATC auch Fahrzeugplattformen aufgebaut bzw. ergänzt werden, um hiermit die Funktionen auch ohne vorhandene Fahrzeuge erproben zu können. Hierbei unterstützt das Labor für Fahrzeugelektronik und EMV die Partner RWTH Aachen University und das DKFI beim Aufbau von elektromagnetisch verträglichen Fahrzeugplattformen. Im Rahmen dieses Teilprojektes sollen auch EMV Anforderungen für zukünftige, automatisiert oder autonom fahrende Fahrzeuge abgeleitet werden.





## Ford PowerPack | Powerpack Optimization for Future Diesel 48V Mild Hybrid Technologies

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Günter Feyerl, feyerl@fh-aachen.de

**Mitarbeitende** | Johannes Mirsch M.Sc.

**Auftraggeber** | Ford-Werke GmbH

**Projektvolumen** | 200.000 €

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes in Kooperation mit dem OEM werden neuartige Hybrid-Strukturen ausgelegt und anhand von CAE-basierten Simulationen sowie verschiedenen Messprogrammen auf Prüfstand und Straße analysiert.

Das maßgebende Ziel des Forschungsprojektes stellt die Potenzialabschätzung neuartiger Antriebskonfigurationen und Hybrid-Strukturen hinsichtlich Emissionen, Effizienz und Performance unter Realfahrbedingungen dar. Anhand charakteristischer Attribute wird eine Vorauswahl geeigneter Hybrid-Strukturen durchgeführt. Diese werden anschließend extensiven Simulationsstudien unterzogen, wobei die jeweiligen Eigenschaften sowie mögliche Synergien des Systemverbundes herausgestellt werden.

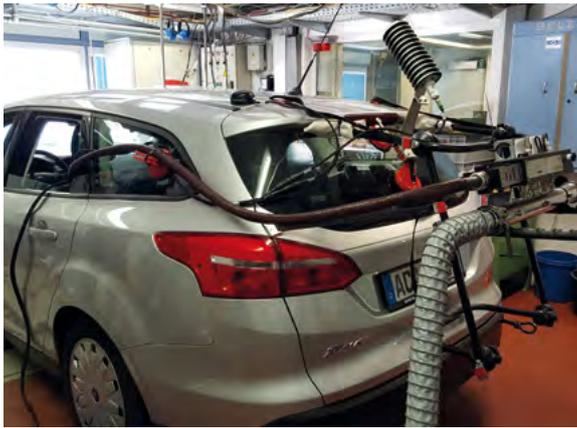
Infolge der vielfältigen Faktoren, welche eine Fahrt im realen Straßenverkehr beeinflussen, stellt eine Simulation unter Berücksichtigung realer Fahrbedingungen, respektive der ab September 2017 erforderlichen „Real Driving Emissions (RDE)“, in vielen Punkten eine äußerst komplexe Anforderung an die Fahrzeughersteller dar. Nicht zuletzt aufgrund der hohen Überschussleistung der Motoren gewinnt insbesondere der Einfluss des Fahrstils, der Fahrstecke, der einzelnen Ausstattungsvarianten sowie der Umgebungs-Randbedingungen im Vergleich zu stationären Prüfstandsmessprogrammen zunehmend an Bedeutung.

Um die Anforderungen aus den geänderten gesetzlichen Rahmenbedingungen möglichst frühzeitig bei der Entwicklung zu berücksichtigen, werden entsprechende Simulationsmodelle benötigt. Diese Simulationsmodelle müssen auf der einen Seite in der Lage sein, das transiente Verhalten des Antriebsstranges mit ausrei-

chender Genauigkeit darzustellen. Auf der anderen Seite muss die Lastanforderung des Antriebsstranges aufgrund fahrzeug- und nutzerspezifischer Fahrprofile berücksichtigt werden.

Kernpunkt des Forschungsvorhabens stellt die Erarbeitung eines modularen physik-basierten CAE-Tools dar. Dieses muss die charakteristischen, transienten Anforderungen realer Testszenarios als Attribute innerhalb der Antriebsstrangstruktur abbilden. Somit kann eine den spezifischen Anforderungen entsprechende Potenzialabschätzung neuartiger Antriebskonfigurationen hinsichtlich Emissionen, Effizienz und Performance unter Realfahrbedingungen erfolgen.

Das transiente Drehmoment- und Emissionsverhalten aktueller Antriebsstrangstrukturen wird entscheidend über die dynamischen Luftpfad-Phänomene und insbesondere über den instationären Betrieb des Turboladers beeinflusst. Auf Basis physikalisch-thermodynamischer Zusammenhänge wurde ein modulares Mittelwert-Luftpfadmodell zur Abbildung des transienten Verhaltens turboaufgeladener Dieselmotoren innerhalb der Fahrzeuglängsdynamiksimulation abgeleitet. Es wurde ein automatisiertes, physik-basiertes Extra- und Interpolationsverfahren zur Modellbildung des Turboladers anhand eines typischen Kennfelddatensatzes sowie DoE-Daten umgesetzt und hinsichtlich relevanter Betriebsbereiche erweitert und validiert. Das Luftpfadmodell wurde durch ein Mittelwert-Verbrennungsmodell, basierend auf modifizierten Kreisprozessberechnungen, erweitert, was die Implementierung eines neuartigen mittelwertbasierten Stickoxid- und Rußbildungsmodells ermöglichte.



## PEMS | Portable Emissions-Mess-Systeme

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Günter Feyerl,  
feyerl@fh-aachen.de

**Mitarbeitende** | Johannes Mirsch M.Sc.

**Förderlinie** | Ministerium für Innovation, Wissenschaft und  
Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

**Projektvolumen** | 100.000 €

Die immer strengeren gesetzlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich verschärfter Emissions- und Verbrauchsvorschriften führen im Zielkonflikt mit den zunehmenden Leistungs- und Komfortanforderungen der Verbraucher zu immer komplexeren Motor- und Antriebsstrangsystemen. Die Zertifizierung neuer Pkw, hinsichtlich Emissionen und Verbrauch, erfolgt in Europa anhand des „Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ)“. Für die Zertifizierung wird dieser Testzyklus unter vorgegebenen Randbedingungen am Prüfstand nachgefahren und dient somit als Referenz für Emissions- und Verbrauchswerte. Der NEFZ ist durch ein äußerst synthetisches Fahrprofil gekennzeichnet, welches die stochastische transiente Fahrt im realen Straßenverkehr kaum widerspiegeln kann. Da jedoch der transiente (instationäre) Betrieb des Motors einen entscheidenden Einfluss auf Emissionen und Kraftstoffverbrauch aufweist, wird der bisherige Pkw-Zertifizierungszyklus zukünftig ersetzt. Im Zusammenhang mit der Einführung der Abgasnorm Euro 6 c/d (Sept. 2017) wird der NEFZ durch den „Worldwide harmonized Light-duty Test Cycle (WLTC)“ ersetzt. Der WLTC ist einer Fahrt im realen Straßenverkehr nachempfunden. Höhere Geschwindigkeiten, stärkere Beschleunigungen und stetig wechselnde Betriebspunkte führen dazu, dass der WLTC im Vergleich zum NEFZ ein deutlich realistischeres Fahrprofil darstellt.

Ein solcher, auf dem Prüfstand gefahrener, realitätsnäherer Zertifizierungstest kann aber dennoch nicht das komplexe Verhalten im realen Straßenverkehr wiedergeben. Daher wird im Pkw-Segment zusätzlich ein neues Testverfahren schrittweise eingeführt. Dabei werden die Emissionen im realen Straßenverkehr („Real Driving Emissions (RDE)“) über portable Emis-

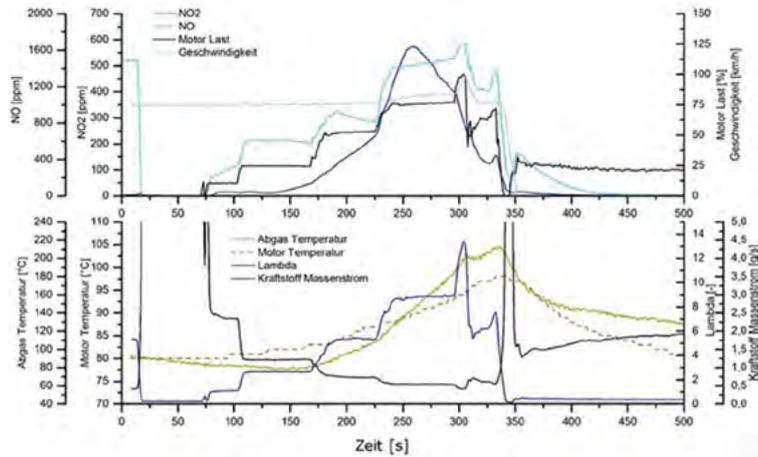
sionsmessgeräte („Portable Emission Measurement System (PEMS)“) gemessen.

Infolge der vielfältigen Faktoren, welche eine Fahrt im realen Straßenverkehr beeinflussen, stellt das Thema RDE in vielen Punkten eine äußerst komplexe Anforderung für die Entwicklung, Applikation und Optimierung von Pkw-Antriebsstrangstrukturen dar. Angesichts der hohen Überschussleistung der Verbrennungsmotoren gewinnt insbesondere der Einfluss des Fahrstils, aber auch der Fahrstrecke zunehmend an Bedeutung. Der Einfluss des Fahrers, der Strecke, der vielfältigen Ausstattungsvarianten und übergeordnet der Fahrzeugmasse wird somit bei einer RDE-Messung im Vergleich zum Rollenprüfstandstest mit einbezogen.

Mit Blick in die Zukunft und den anstehenden neuen Herausforderungen in der Fahrzeugentwicklung wurde ein portables Emissionsmesssystem, Typ SEMTECH ECOSTAR, des Herstellers SENSORS angeschafft. Dieses ist modular aufgebaut und kann je nach durchzuführender Messung individuell zusammengestellt und erweitert werden. Zur Verfügung stehen aktuell folgende Hauptkomponenten:

- > **Power Distribution Control Module (PDCM):** Dieses stellt das Basismodul des PEMS dar und dient der Spannungsversorgung sowie der Messdatenerfassung für das Gesamtsystem.
- > **Fuel Economy Meter (FEM):** Anhand nicht dispersiver Infrarottechnologie wird die Konzentration von Kohlenstoffoxiden ( $\text{CO}$  und  $\text{CO}_2$ ) erfasst.
- >  **$\text{NO}_x$  Module:** Dieses ermöglicht die messtechnische Erfassung von Stickstoffoxiden ( $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ) anhand nicht dispersiver UV-Technologie.
- > **2,5" Exhaust Flow Meter (EFM):** Messung des Abgasvolumenstromes sowie der Abgastemperatur und Abzweigung des Mess-Massenstromes. Das vorhandene EFM hat einen Durchmesser von 2,5 Zoll, was einem aufzulösenden Massenstrombereich von 28 ... 700 kg/h bei einer Temperatur von 400 °C entspricht.
- > GPS / Wetterstation / OBD-Schnittstelle

Die Anschaffung weiterer Module (Dual FID, Partikelanzahlmessung und zusätzlicher Flow-Meter) ist für 2017 geplant. Somit soll in naher Zukunft die gesamte



Inbetriebnahme auf Rollenprüfstand

Bandbreite der limitierten Abgasemissionen für die verschiedensten Fahrzeugklassen erfasst und somit sämtliche Antriebsstränge bezüglich Emissionen und Verbrauch gezielt untersucht und optimiert werden können.

Um das PEMS an verschiedensten Fahrzeugen applizieren und normgerechte Emissionsmessungen durchführen zu können, wurde nach eingehender Marktanalyse ein Inbetriebnahme-Profil gemäß einem modularen Fahrzeugeinsatz an gängigen Pkw-Modellen herausgearbeitet und umgesetzt. Ebenso wurde eine vom Bordnetz des Fahrzeugs unabhängige Spannungsversorgung des Systems realisiert. Weiterhin wurden Lösungen für die Unterbringung und Befestigung des Messequipments sowie notwendiger zusätzlicher Systeme in und an verschiedenen Fahrzeugen diskutiert, ausgewertet und umgesetzt.

Das PEMS wurde im November 2016 auf dem Rollenprüfstand des Institutes erfolgreich in Betrieb genommen. In diesem Rahmen wurden ebenfalls erste Messprogramme durchgeführt und ausgewertet.

**Ausblick** | Es werden Analyse-Tools entwickelt, welche unter anderem eine RDE-konforme Auswertung der Messergebnisse sicherstellen. Eine erste Messfahrt auf der Straße ist innerhalb des zweiten Quartals 2017 geplant.

# Elektromobilität

Eine entscheidende Rolle für den Erfolg der Energiewende kommt der Weiterentwicklung und Etablierung von Elektromobilität zu. Elektrofahrzeuge sind leise und stoßen kein klimaschädliches CO<sub>2</sub> aus. Elektromobilität ist viel mehr als nur das Automobil: Elektronisch angetriebene Roller, E-Bikes und Pedelecs erobern die Straßen, Betriebe und Kommunen stellen ihre Lastkraftwagen und Busse immer mehr mit Elektroantrieben aus, Städte und Kommunen sorgen für eine bessere Integration und Akzeptanz von Elektromobilität in der Bevölkerung.

Das ECSM erforscht und entwickelt zurzeit neue Mobilitätskonzepte, die insbesondere den Ausbau von Elektromobilität im Fokus haben. Zentrale Elemente sind beispielsweise die Zusammenführung von vorhandenen Mobilitätsangeboten zu einem elektromobilen Mobilitätsverbund sowie der Ausbau und die Optimierung von Ladeinfrastrukturen.

## AuLa | Automatisierte Ladesysteme für Elektrofahrzeuge

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thilo Röth, roeth@fh-aachen.de

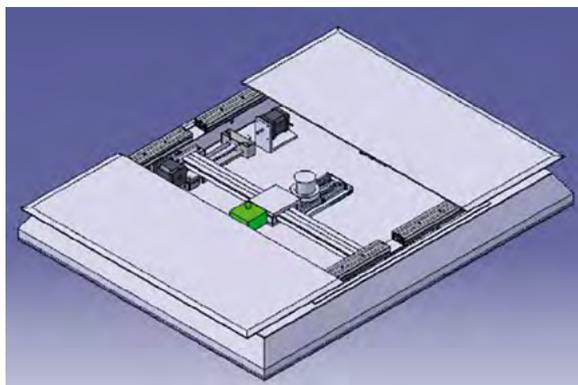
**Mitarbeitende** | Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Pielen

**Förderlinie** | Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

**Projektvolumen** | 192.799 €

In diesem Forschungsvorhaben wird mit den Projektpartnern 3win GmbH sowie Aixcontrol GmbH ein vollautomatisiertes Ladesystem für Elektrofahrzeuge entwickelt, welches eine maximale Bedienerfreundlichkeit und die Möglichkeit zur Nachrüstung in heutige Elektrofahrzeuge bietet. Die Kopplung des Fahrzeuges mit dem Stromnetz wird dabei über den Unterboden durch eine physische Verbindung mittels induktiv-kontaktbehafteten Stecker realisiert.

Die Rolle des ECSM-Instituts besteht in diesem Projekt in der Konzeption des Gehäuses der Dockingstation sowie in der Sicherstellung der Positionierungsgenauigkeit.



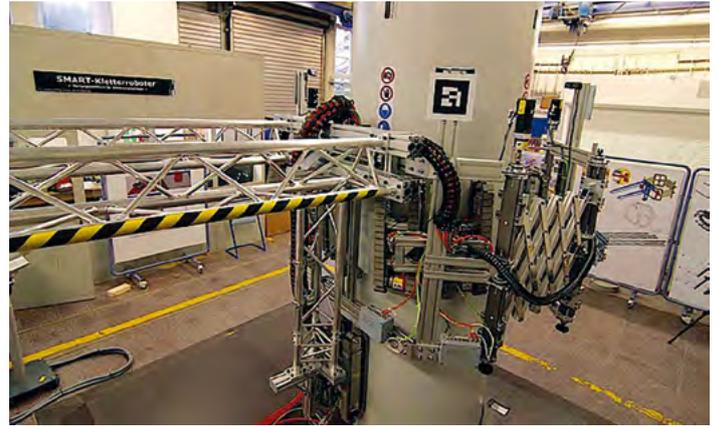
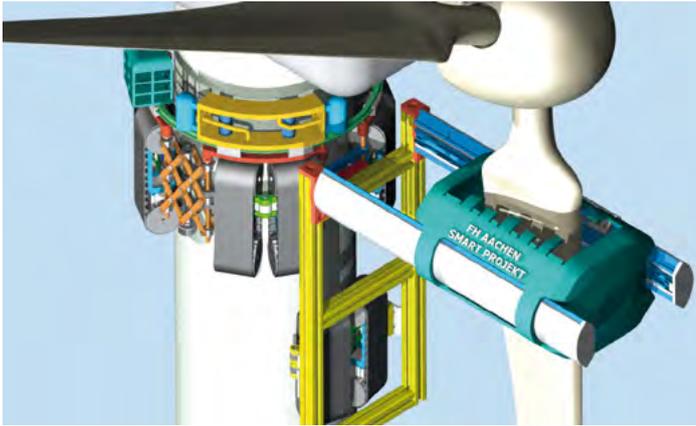
Dockingstation AuLa

Im Jahr 2016 wurde im Rahmen des Teilprojektes „Positionierung“ ein Arbeitsprototyp aufgebaut, mit dem die exakte Ausrichtung des „Fahrzeuges zum Parkplatz“ sowie „Steckerkopf zur Ladebuchse“ getestet und evaluiert werden konnte (siehe Abbildungen unten).

Gleichzeitig wurde die Konzeption sowie die Funktionsauslegung hinsichtlich möglicher Mis-Use-Lastfälle der Dockingstation abgeschlossen und ein Test- und Verifikationsheft erstellt. In diesem wird beschrieben, wie die Anforderungen an das System in definierten Versuchen bzw. technischen Spezifikationen getestet und verifiziert werden.



Prinzip des automatisch-gekoppelten Ladevorganges



## SMART Phase 1 und Phase 2 | Entwicklung einer kletterbaren Plattform für Windenergieanlagen (Scanning Monitoring And Repair Transportation)

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Peter Dahmann, dahmann@fh-aachen.de

**Mitarbeitende** | Dipl.-Ing. Mohsen Bagheri

**In Zusammenarbeit mit** | MASKOR Institut für Mobile Autonome Systeme und Kognitive Robotik

**Förderlinie** | Energieforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Projektvolumen des ECSM-Instituts** | 383.063 € (Phase 1), 758.873 € (Phase 2)

Das Ziel des Forschungsprojektes SMART war die Entwicklung einer kletterfähigen Plattform mit einer abgedichteten, geschlossenen Arbeitskabine, die das Rotorblatt an gewünschter Stelle umschließt. In dieser Kabine soll sich das Service-Personal (schwindel-)frei bewegen und arbeiten können. In Zukunft sollte jedoch idealerweise ein Scangerät vollautomatisch eine Fehlerdetektion übernehmen und die ferngesteuerte Reparatur unbemannt einleiten. Unfälle mit Personen könnten so im Vorfeld vermieden werden.

Die regelmäßigen Inspektionen ermöglichen es, montierte Rotorblätter vor Ort zu warten, schon lange bevor es zu einem Schaden kommt, der eine Demontage des Blattes erfordern würde. SMART ist in der Lage wetterunabhängig, im Sommer wie im Winter, bei Tag oder bei Nacht, eingesetzt zu werden. So kann die Verfügbarkeit der Windenergieanlagen (WEA) deutlich gesteigert werden. Zusätzlich ist SMART in der Lage, Oberflächen und Schweißnähte der Türme von Windenergieanlagen vollständig zu prüfen und die entsprechenden Reparaturen wetterunabhängig ferngesteuert durchzuführen. Somit können die Stillstandzeiten der WEA auf ein Minimum reduziert werden.

Die Zukunft des Services von Windenergieanlagen sollte mit dem SMART Kletterroboter wesentlich effizienter, wirtschaftlicher, gefahrloser und besser planbar sein. In Phase 1 lag der Fokus darin, das

SMART Klettersystem mit den in Frage kommenden Belastungen im Labormaßstab 1:3 (Demonstrator) zu entwickeln, zu testen und die Kletterfähigkeit nachzuweisen.

Die Fortführung des Projekts mit der Entwicklung eines Prototyps konnte im August 2016 (mit Start der Phase 2) beginnen. In Phase 2 wird der 1:3 Demonstrator aus der Phase 1 zum 1:1 Prototypen skaliert und weiterentwickelt. In dieser Phase wird die Arbeitskabine für die Instandhaltung der Rotorblätter und zwei langen Lastauslegern, welche am Klettersystem befestigt werden, entwickelt. Zusätzlich wird der Innenraum der Arbeitskabine für die Arbeiten an den Rotorblättern vorbereitet und Peripheriegeräte, sowie ein Robotik System integriert. Die Installation des SMART erfordert ein multifunktionales Transport- und Montagehilfsmittel. Die optimierte Logistik und eine schnelle, kosteneffiziente Installation des SMART an einer WEA sind wesentliche Anforderungen aus der Industrie.

Es wird vorrangig ein mantragendes Konzept für die SMART Kletterplattform verfolgt. Parallel dazu erfolgt die Entwicklung einer teleoperativen, robotergestützten Erweiterung, die in vielen Anwendungen, wie z.B. bei reinen Prüfaufgaben mit Thermografie- oder Ultraschallmesssystemen ferngesteuert in der Höhe operieren kann. Ursächlich für diese parallele Entwicklung sind die wachsenden Hürden der Sicherheitsvorschriften für bemannte Instandhaltung.

links: Systemzeichnung der kletterbaren Wartungsplattform (Phase 1)

rechts: Demonstrator im Labormaßstab 1:3 (Ausgangspunkt für Phase 2)

# Informationstechnik

Kommunikation und Information besitzen einen hohen Stellenwert bei der Entwicklung nachhaltiger Mobilität: Die IT-Systeme in Automobilen werden immer komplexer, bisher getrennte Komponenten wie Motorsteuerung, Sicherheit, Navigation etc. werden zunehmend vernetzt. Dieser Trend wird durch die Integration zusätzlicher Endgeräte, beispielsweise Smartphones, weiterentwickelt.

Bereits heute kann man über das Fahrzeug-Infotainmentsystem E-Mails versenden, Kalender- und Social-Network-Einträge abrufen und versenden. Am ECSM werden die Optimierungspotenziale erforscht: Durch intelligentes Filtern von Daten soll das Störungspotenzial für die Person am Steuer während der Fahrt minimiert werden, sie erhält nur die für sie relevanten Informationen. Eine weitere wichtige Rolle spielt die IT-Sicherheit für Kraftfahrzeuge: Bedrohungen automobiler IT-Systeme müssen analysiert, Schwachstellen identifiziert und Schutzmechanismen entwickelt werden. Hier erarbeitet das ECSM neue Lösungen.

## UCIP | User Centered Innovation Process 2016

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz, ritz@fh-aachen.de  
**Mitarbeitende** | Dipl.-Betriebsw. Britta Fuchs  
**Projektträger** | Ford University Research Program  
**Projektvolumen** | k.A.

der Challenge insgesamt fünf interdisziplinäre und internationale Projekte mit dem UCIP unterstützt.

Der UCIP stellt eine Integration aus Methodenelementen des Design Thinking, des Usability Engineerings, des Innovationsmanagement und der Agilen Entwicklung von Demonstratoren und Prototypen dar. Er hat sich insbesondere in Innovationsprojekten im Digitalisierungsumfeld mehrfach bewährt.

Im Jahr 2016 wurde der Ford-interne Innovationswettbewerbs zum Thema Zukunft der vernetzten Mobilität mit dem im m2c lab entwickelten User Centered Innovation Process (UCIP) unterstützt. Im Unterschied zur Inno Challenge 2015 mit einem Siegerprojekt wurden in 2016 in einer früheren Stufe

User Centered Innovation Process (UCIP)

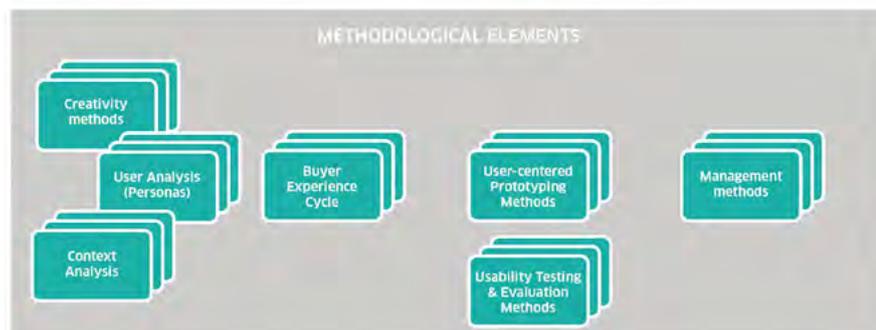


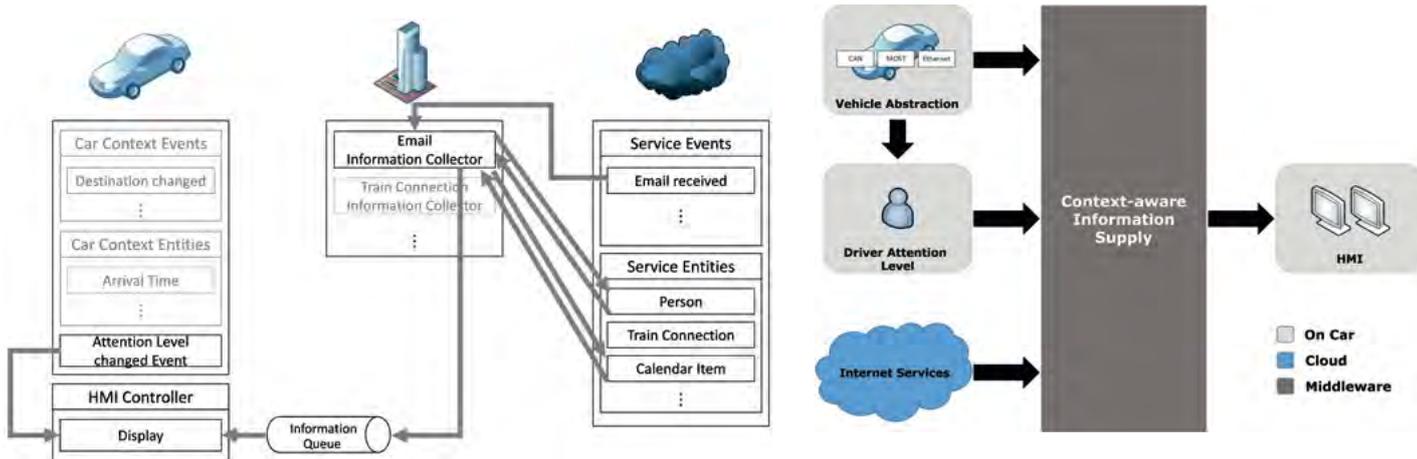
### Problem-based

- understand
- observe
- point of view
- ideate!

### Technology-based

- technology watch
- ideate!
- contests





## Ford URP | Ford University Research Program – HMI for Context Sensitive Information Filtering

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz, ritz@fh-aachen.de  
**Mitarbeitende** | Alexander Kuck B.Eng., Michael Rahier M.Eng.  
**Förderlinie** | Ford University Research Program  
**Projektvolumen** | 120.000 €

Das Projektteam erarbeitete im Rahmen des Ford University Research Programs „HMI for Context Sensitive Information Filtering“ Konzepte zur kontextabhängigen Informationsversorgung für Fahrzeug-HMI Systeme. Über allem stand das Ziel, die Bewältigung der Fahraufgabe nicht durch unnötige Ablenkungen zu gefährden. Nachhaltige Mobilität sollte neben der Ressourcenknappheit auch dem steigenden Informationsbedürfnis der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer Rechnung tragen. Durch einen vernünftigen Kompromiss aus Informationsversorgung und Fahrsicherheit trägt das Projekt zu einer zukunftssicheren Mobilität bei.

Im Projektjahr 2015 wurden in kreativen Workshops Personas und Anwendungsfälle ermittelt, die dem Nutzerkreis von kontextabhängiger Informations-

versorgung zuzuordnen sind. Daraus wurden Szenarien abgeleitet, die sowohl das soziale Umfeld als auch die Interaktionen des Nutzerkreises berücksichtigen. Diese informellen Beschreibungen wurden anschließend zu EDV-tauglichen Modellen formalisiert, wobei hybride Kontextmodelle nach Karen Henriksen et al. sowie BPMN Modelle eingesetzt wurden.

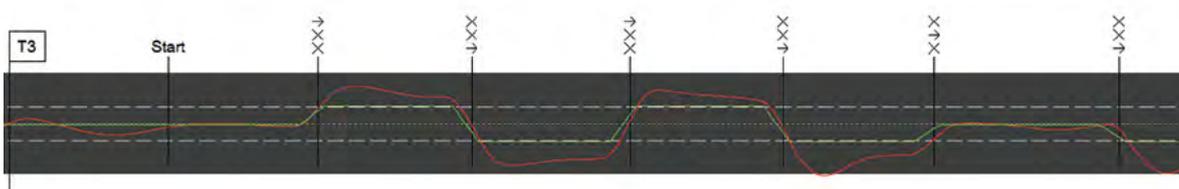
Um die so entstandenen Modelle evaluieren zu können und den Mehrwert von kontextabhängiger Informationsversorgung zu veranschaulichen, wurde darüber hinaus eine technische Architektur entwickelt, die seitdem als Grundlage für Prototypen einzelner Szenarien dient. Wesentlicher Bestandteil dieser Architektur war eine kontextsensitive Middleware, die zwischen Fahrzeugabstraktion, Aufmerksamkeitserkennung, Internet-Diensten und einer Ausgabeschnittstelle (HMI) fungierte.

Die Evaluation erfolgte fortlaufend in Form von 360° Usability Tests inkl. Eye-Tracking, bei denen die Probanden einen Lane Change Test (LCT) gemäß ISO26022:2010(E) durchführen. Der LCT lieferte Aufschluss über das Maß der Ablenkung von der Fahraufgabe und wurde häufig zur Evaluation von HMI-Systemen eingesetzt.

Technische Architektur zur kontextabhängigen Informationsversorgung



Usability Tests inkl. Eye-Tracking beim Lane Change Test



Simulation einer  
car2x-Umgebung



## ISiA | Sicherheit vernetzter IT-Systeme im Automobil

**Projektleitung** | Prof. Dr.-Ing. Michael Hillgärtner,  
hillgaertner@fh-aachen.de

**Mitarbeitende** | Prof. Dr.-Ing. Frank Hartung,  
Prof. Dr.-Ing. Günter Schmitz, Prof. Dr. Marko Schuba,  
Dipl.-Ing. Jochen Theis M.Sc.

**Projekträger** | FH Struktur vom Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung NRW

**Projektvolumen** | 240.000 €

Im Forschungsprojekt ISiA wurden zunächst die internen (CAN, LIN, Ethernet) und externen (WLAN, Bluetooth) Schnittstellen im Fahrzeug aus Sicht der IT-Sicherheit betrachtet. Hier konnten u.a. Ergebnisse mit Hilfe von diversen Penetrationstests im Bereich CAN am Forschungsfahrzeug erlangt werden. Zudem wurde im Bereich Security eine Fahrzeug App-Anwendung untersucht, die auf mobilen Endgeräten betrieben werden. Hier konnten Sicherheitslücken gefunden und dem Hersteller dargestellt werden.

Ebenfalls wurde eine Kooperation mit INTERPOL etabliert, wo gemeinsam eine Evaluation über Kriminalität im Automobil erstellt und durchgeführt worden ist. Die Ergebnisse, basierend auf die Antworten der 190 INTERPOL-Mitgliedsstaaten, sollen Aufschluss darüber geben, ob der Diebstahl eines Fahrzeugs mit Hilfe von mechanischer oder elektronischer Manipulation geschieht und ob ggf. ein Trend erkennbar ist. Die Ergebnisse sind in Form eines Abschlussberichtes zusammengefasst und werden auf einer Konferenz präsentiert.

Erste Ergebnisse sind auch im Bereich car2x entstanden, wo mit Hilfe einer Software-basierten Simulation die Kommunikation über WLAN zwischen den Fahrzeugen und der Umgebung (z.B. Ampel) dargestellt wurde. Mit dieser Simulation kann ein Szenario (z.B. der Verkehrsfluss in einem Gebiet) untersucht und der Einfluss von Ampelschaltzeiten sowie Hindernissen (z.B. eine Baustelle) analysiert werden.

Im letzten Jahr der Projektlaufzeit konnten auf Konferenzen und Tagungen Netzwerke weiter ausgebaut und Kooperation mit regionalen und internationalen Organisationen geknüpft werden.

# Ausstattungen und Labore des ECSM-Instituts

(Auszug)

Das ECSM verfügt durch die Beteiligung der Fachbereiche Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Luft- und Raumfahrttechnik sowie des Solar-Instituts Jülich über ein breites Leistungsspektrum in Form von Ausstattungen und Labore, um ganzheitliche Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen im Themenkomplex nachhaltige Mobilität zu betreiben. Im Folgenden werden die Einrichtungen einiger Institutsmitglieder auszugsweise vorgestellt:

## Fahrzeugelektronik und EMV

Das Labor für Fahrzeugelektronik und EMV verfügt über eine breitgefächerte Ausstattung zur normgerechten Untersuchung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von elektronischen Fahrzeugbaugruppen. Im Einzelnen stehen folgende Messplätze zur Verfügung:

- > **BCI Messplatz**  
Prüfung der gestrahlten Störfestigkeit von Steuergeräten und Sensorik nach ISO 11452-4 bis zu 400 MHz mit bis zu 200 mA Störbeaufschlagung.
- > **Störspannungsimpulse gemäß ISO 7637**  
Untersuchung der leitungsgeführten und kapazitiven Störfestigkeit gegenüber den in der ISO 7637 genannten Störspannungsimpulsen. Die meisten Prüfungen können auch im 24 V Bordnetz durchgeführt werden. Je nach Prüfpuls beträgt der maximale Prüflingsstrom 5 A.
- > **Leitungsgeführte Störspannungs- und strommessung**  
Bestimmung der Störemission von elektronischen Unterbaugruppen gemäß CISPR 25. Es kann sowohl der Störstrom als auch die Störspannung gemessen werden. Die vorhandenen Netznachbildungen lassen Prüflingsströme bis zu 200 A zu.
- > **ESD Messplatz**  
Überprüfung der Störfestigkeit gegenüber Elektrostatischer Entladung (ESD). Die üblichen RC-Kombinationen sowie unterschiedliche Prüfspitzen können eingesetzt werden. Die maximale Prüfspannung beträgt 25 kV.

Die für die Analyse und Überwachung der Prüfkörper notwendige Hard- und Software steht weitestgehend zur Verfügung. Neben geeigneten Oszilloskopen mit bis zu 4 GHz Bandbreite inkl. optisch entkoppelter Tastköpfe bis 100 kHz Bandbreite sind eine optisch entkoppelte CAN-Bus Schnittstelle zur Überwachung sowie entsprechende CAN Analysetools vorhanden. Darüber hinaus steht ein EM-Nahfeldscanner der Firma EMSCAN Inc. zur Untersuchung der Nahfeldcharakteristik von Schaltungen zur Verfügung. Mit diesem Hilfsmittel ist es möglich, EMV Probleme zu analysieren und die Abhilfemaßnahmen auch ohne normative Feldstärkemessungen zu verifizieren.

Zur simulatorischen Untersuchung von Funkwellenausbreitung und EMV Problemen sind Lizenzen der Softwarepakete WinProp und FEKO der Firma Altair vorhanden.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Michael Hillgärtner  
hillgaertner@fh-aachen.de

## Automobiltechniklabor (ATLab)

Die technische Ausstattung des Automobiltechniklabors umfasst mehrere Komponenten, die im Folgenden näher dargestellt werden.

### Crashschlittenanlage bis 80 km/h

Diese Anlage wird zur Ermittlung von Verformungen aus dynamischen Stauch- und Biegeversuchen eingesetzt und dient letztlich der Bestätigung von Ergebnissen aus FEM-Simulationen oder als Funktionskontrolle von Bauteilen. Die Besonderheiten der Crashschlittenanlage sind:

- > Höchste Genauigkeit durch präzise Schlittenführung
- > Variable Versuchsaufbauten
- > Hohe Wiederholgenauigkeit

### Mechanischer Zug-Druck-Prüfstand

Ein weiterer Bestandteil des Labors ist der Prüfstand zur Ermittlung von Verformungen aus quasistatischen Stauch-, Biege-, Torsions- und Zugversuchen zur Bestätigung von Ergebnissen aus FEM-Simulationen oder als Funktionskontrolle von Bauteilen. Die Besonderheiten des mechanischen Zug-Druck-Prüfstands sind:

- > Übertragung sehr hoher Kräfte
- > Höchste Genauigkeit durch 4-Säulen-Führung
- > Umsetzung außergewöhnlich hoher Verfahrenwege

### Der servohydraulische Betriebsfestigkeitsprüfstand

dient der statischen und dynamischen Material- und Bauteilprüfung für Zug-, Druck- und Biegeversuche mit ruhender und zügiger Belastung. Darüber hinaus sind Schwingprüfungen im Schwell- und Wechsellast-Bereich möglich.



Von der Fahrzeugentwicklung bis zum fertigen Prototypen bietet der Bereich „**Fahrzeug- und Karosserieaufbau**“ des Automobiltechniklabors diverse Dienstleistungen:

- > Recherchen und Benchmark
- > Fahrzeugkonzepte
- > Konstruktion und Bauteilfertigung
- > Simulation, Berechnung, Prüfung und Bewertungen

Das Automobiltechniklabor der FH Aachen verfügt darüber hinaus über einen **3D-Drucker ZPrinter 450**, der zum Bau dreidimensionaler, farbiger Demonstratoren für Konstruktions- und Funktionsüberprüfungen eingesetzt wird.

Weiteres Ausstattungsmerkmal ist die **Klimakammer 2250I** (-75°C bis 180°C) mit der temperatur- und/oder feuchtigkeitsabhängige Werkstoff- und Bauteileigenschaften ermittelt werden können und dabei nach gewünschtem Zyklus analysierbar sind. Die Besonderheit der Anlage ist der große Prüfraum und Temperaturbereich.

Mit Hilfe einer **Akustikkammer** lassen sich im Automobiltechniklabor akustische Bauteileigenschaften wie Dämpfung oder Absorption ermitteln. Die Besonderheiten dieser Akustikkammer sind:

- > Kammer mit Sender- und Empfängerseite
- > Variable Zwischenwände geschlossen oder mit definierten Öffnungen (Schlüssellocheffekt)

Die **CA<sub>x</sub>-Ausstattung** deckt die Einsatzbereiche Konstruktion, Simulation, Design und Berechnung ab. In dem Zusammenhang verfügt das Labor über Konstruktions- und Berechnungssoftware für alle Fragen der Fahrzeugentwicklung und einen 60CPU-Cluster für Crashberechnungen.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thilo Röth  
roeth@fh-aachen.de

## Dieselmotorenprüfstand für die Abgasnachbehandlung am Solar-Institut Jülich

**Fördermittelgeber** | Deutsche Forschungsgesellschaft (DFG), Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)

Intelligente Abwärmenutzung in Kombination mit einem effizienten und zuverlässigen Abgasreinigungssystem sind Schlüssel zu einer innovativen Abgastechologie.

Mit dieser Aufgabe beschäftigt sich das Solar-Institut Jülich (SIJ) seit 2004 in öffentlich geförderten Projekten. Aufgrund überzeugender Forschungsarbeit in mehreren öffentlich geförderten Projekten, wurde dem SIJ ein neuer Motorprüfstand am Standort Jülich im Rahmen des Programms „Forschungsgroßgeräte“ nach Artikel 91b GG durch die Deutsche Fördergesellschaft (DFG) bewilligt. Die am Standort durchgeführten Forschungsprojekte stärken vor allem die erklärten Forschungsschwerpunkte Mobilität und Energie der FH Aachen. Ab dem Sommer 2016 wird dem Solar-Institut Jülich der FH Aachen auf dem Campus Jülich ein, dem neusten technischen Standard entsprechender Dieselmotorenprüfstand für die Forschung und Entwicklung zur Verfügung stehen. Folgende Forschungsschwerpunkte sollen zukünftig abgedeckt werden:

- > Innovative Diesel-Partikelfilter (DPF): Abgasnachbehandlung zur Reduktion von Rußemissionen
- > SCR Mischer / SCR Katalysatoren: Analyse von Konzentrationsprofilen zur Optimierung von Strömungs- und Reaktionsvorgängen
- > Komponenten zur Wärmerückgewinnung mit Keramikstrukturen (Fokus auf hohe Temperaturen und chemisch robuste Systeme und Materialien/Beschichtungen)

Das Solar-Institut Jülich ist seit vielen Jahren ein zuverlässiger Forschungspartner für Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen wie z.B. dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Langjährige Erfahrung in der Beantragung und erfolgreichen Durchführung öffentlich geförderter Projekte sowie Praxisnähe und die Entwicklung neuer For-



Das „m<sup>2</sup>c lab“ unter der Leitung von Prof. Ritz

schungsansätze zusammen mit den kooperierenden Unternehmen zeichnen das SIJ aus. Mit modernster Infrastruktur bietet sich das SIJ auch als Auftragnehmer für Forschungsfragen der Industrie an.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Ulf Herrmann  
ulf.herrmann@sjj.fh-aachen.de

## mobile media & communication lab. FH Aachen (m<sup>2</sup>c lab)

Im m<sup>2</sup>c lab werden innovative, interaktive Systeme konzipiert und entwickelt; dabei liegt der Fokus auf mobilen Lösungen. Die Kompetenzen in den Bereichen Usability Engineering, Innovations- und Kreativitätsmanagement, mobilen Informationssystemen, eCommerce und Elektromobilität fließen sowohl in öffentliche Fördervorhaben als auch in industrielle Projekte. Zur Ausstattung gehören ein konventionell betriebenes Fahrzeug, ein Elektrofahrzeug, ein einfacher Fahrsimulator, eine Eye-Tracking-Anlage, alle gängigen Mobile Device Plattformen sowie entsprechende Entwicklungsumgebungen. Weiterhin verfügt das Labor über ein mobiles Usability Labor sowie ein mobiles Usability Schulungslabor für maximal acht Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz  
ritz@fh-aachen.de

## Labor der Stadt- und Verkehrsplanung

Das Labor im Lehrgebiet Verkehrswesen und Infrastrukturplanung des Fachbereichs Bauingenieurwesen verfügt über ein breites Spektrum an Instrumenten zum Entwurf von Verkehrsanlagen, zur Überprüfung und Optimierung von Verkehrsabläufen, zur Prognose und Abwicklung von Verkehrsaufkommen sowie zur Wirkungsanalyse:

- > VestraCad – Trassierung von Straßen als ACAD-Aufsatz
- > PROVI – Trassierung von Straßen und Schienen als ACAD-Aufsatz

- > Autoturn – Simulation von Schleppkurven als ACAD-Aufsatz
- > CARD – Trassierung von Straßen und Schienen
- > VISUM – Makroskopische Verkehrsstromsimulation
- > VISSIM – Mikroskopische Verkehrsflusssimulation
- > MapInfo, ArcGIS, QGIS – Geoinformationssystem
- > RLus – Berechnung von Luftschadstoffen aus Straßenverkehr
- > ANKE, FAKTUS, SLS, FBS – Analytische Untersuchung von Eisenbahnstrecken, Fahrplانبearbeitungssystem
- > KNOSIMO – Verkehrsqualität von Knotenpunkten
- > KREISEL – Verkehrsqualität von Kreisverkehren
- > KNOBEL – Verkehrsqualität von Knotenpunkten
- > AMPEL – Berechnung von LSA-Anlagen (mit und ohne Koordinierung)

Das Leistungsangebot umfasst das gesamte Spektrum der Forschung und Entwicklung im Bereich Verkehrskonzepte, Verkehrsinfrastruktur, Mobilitäts- und Verkehrsmanagement sowie der Simulation von Verkehr auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel  
hebel@fh-aachen.de

## Labor für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik (LTV)

Das Labor im Lehrgebiet Thermodynamik und Verbrennungstechnik im Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik verfügt über verschiedene moderne Forschungseinrichtungen zur Entwicklung aktueller und zukünftiger Antriebssysteme:

- > Einzylinder-Forschungsmotor mit variabler elektromagnetischer Ventilsteuerung (in Aachen)
- > Einzylinder-Forschungsmotor mit umfangreicher Abgasanalytik (in Melbourne)
- > Vier Motorenprüfstände mit Konditioniersystemen für Kühlmittel-, Öl- und Ansaugvolumenströme
- > Fahrzeugrollenprüfstand zur stationären Abgasemissions- und Kraftstoffverbrauchsmessung
- > Fahrzeugteststrecke für Fahrleistungsmessungen und Ausrollversuche



- > Brennkammerprüfstand für Verbrennungssystem-Analysen
- > Weitere Labore und Werkstätten zur Unterstützung des Prüfstandbetriebs

Mit CAE-Tools können lineare und nichtlineare (ein- und mehrdimensionale) Berechnung der Strömungsvorgänge im Brennraum sowie im Ansaug- und Abgastrakt (CFD) unter Einkopplung von reaktionskinetischen Verbrennungsmodellen vorgenommen werden. In Kooperation mit dem Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) stehen weitere Forschungseinrichtungen zur Verfügung, die für gemeinsame Forschungsvorhaben genutzt werden können. Im RMIT „Green Lab“ steht den Forschern eine Konstantvolumen-Hochdruckzelle mit optischem Zugang zur Verfügung, die die freie Variation der Zündungs-/Einspritzungs-Umgebungsbedingungen erlaubt. Diese ermöglicht eine grundlegende optische Analyse der Verbrennungs- und Einspritzvorgänge von flüssigen und gasförmigen Brennstoffen mittels Schlieren, PIV und LIF-Technologien und eine Charakterisierung der Turbulenz und anschließende Flammenausbreitung im Inneren der Brennkammer (PDPA, PIV, P-Sensor).

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thomas Esch  
esch@fh-aachen.de

# Veranstaltungen und Vorträge

(Auszug)

Datum	Mitglied	Tätigkeit	Name der Veranstaltung	Ort
24.02.2016	Hebel, C.	Elektromobilität – Die Chance für eine nachhaltige Mobilität in Aachen?	Seminar der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure in Nordrhein-Westfalen e. V.	Aachen
02.05.2016	Hebel, C.	Zwischenbilanz Elektromobilität	Studium Generale der FH Aachen	Aachen
08.09.2016	Hillgärtner, M.	Herausforderungen bei der EMV-Prüfung von Sensorsystemen für automatisierte Fahrzeuge	11. Dortmunder Autotag	Dortmund
25.09.2016	Hillgärtner, M.	Lichtfunktionen der Zukunft	Aachen 2025 – Digitalen Wandel erleben Cluster Mobilität	Aachen
28.09.2016	Hebel, C.	Erfahrungen mit der RIN und aktuelle Weiterentwicklungen	Deutscher Straßen- und Verkehrskongress	Bremen
13.10.2016	Hillgärtner, M.	Verquirelte Technik – Wie die Modenverwirbelungskammer EMV Prüfungen effizienter und realistischer gestalten kann	MBTech EMC Zukunftsforum	Waiblingen
24.-25.10.2016	Merkens, T.	Mobilitätsmanagement an Hochschulen. Maßnahmen und Erfolge an FH und RWTH Aachen	Abschlussstagung CIVITAS + emove	Aachen
09.11.2016	Hebel, C.	Fahrradfreundliches Eschweiler – Die Chance für einen verträglichen Stadtverkehr?	Eschweiler fährt Rad	Eschweiler
24.11.2016	Damm, M A., Herrmann, U. u.a.	Optimisation of a Urea-SCR System with a coated ceramic mixing element	6th International Congress on Ceramics	Dresden
24.11.2016	Hebel, C.	Mit dem Flugauto zum Bäcker? Visionen des Stadtverkehrs gestern und heute	Centre Charlemagne	Aachen
13.12.2016	Hillgärtner, M.	EMV Grundlagen im Fahrzeug	3. CDI Wissensforum EMV im Fahrzeug	Karlsruhe

Liste der Aktivitäten der ECSM-Mitglieder im Jahr 2016



**Impressum**

**Herausgeber** | Der Rektor  
FH Aachen | Bayernallee 11, 52066 Aachen  
[www.fh-aachen.de](http://www.fh-aachen.de)

**Inhaltliche Konzeption und Redaktion** | Torsten Merkens M.Eng.,  
FH Aachen

**Satz und Gestaltung** | Susanne Hellebrand, Stabsstelle für Presse-,  
Öffentlichkeitsarbeit und Marketing

**Erscheinungsdatum** | Juli 2017

**Druck/Auflage** | Druckerei Mainz/250 Exemplare

**Bildnachweise** | wenn nicht anders angegeben: FH Aachen  
außer: Titel (Blattstruktur): colourbox, Seite 4, 5, 7: FH Aachen, Thilo  
Vogel, Seite 14: FH Aachen, Daria Merkens

**Kontaktadresse ECSM**

ECSM | European Center for Sustainable Mobility  
Bayernallee 9 | 52066 Aachen  
T +49. 241. 6009 51170  
[ecsm@fh-aachen.de](mailto:ecsm@fh-aachen.de)  
[www.ecsm.fh-aachen.de](http://www.ecsm.fh-aachen.de)

Die Stabsstelle bietet einen umfassenden Service bei der Gestaltung  
und Produktion von Printmedien im Corporate Design der Hochschule.  
Sprechen Sie uns an! T +49. 241. 6009 51064





**HAW**tech  
HochschulAllianz für  
Angewandte Wissenschaften

ZERTIFIKAT 2014



Vielfalt  
gestalten  
in NRW

Gemeinsames Diversity-Audit des Stifterverbandes  
und des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft  
und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

