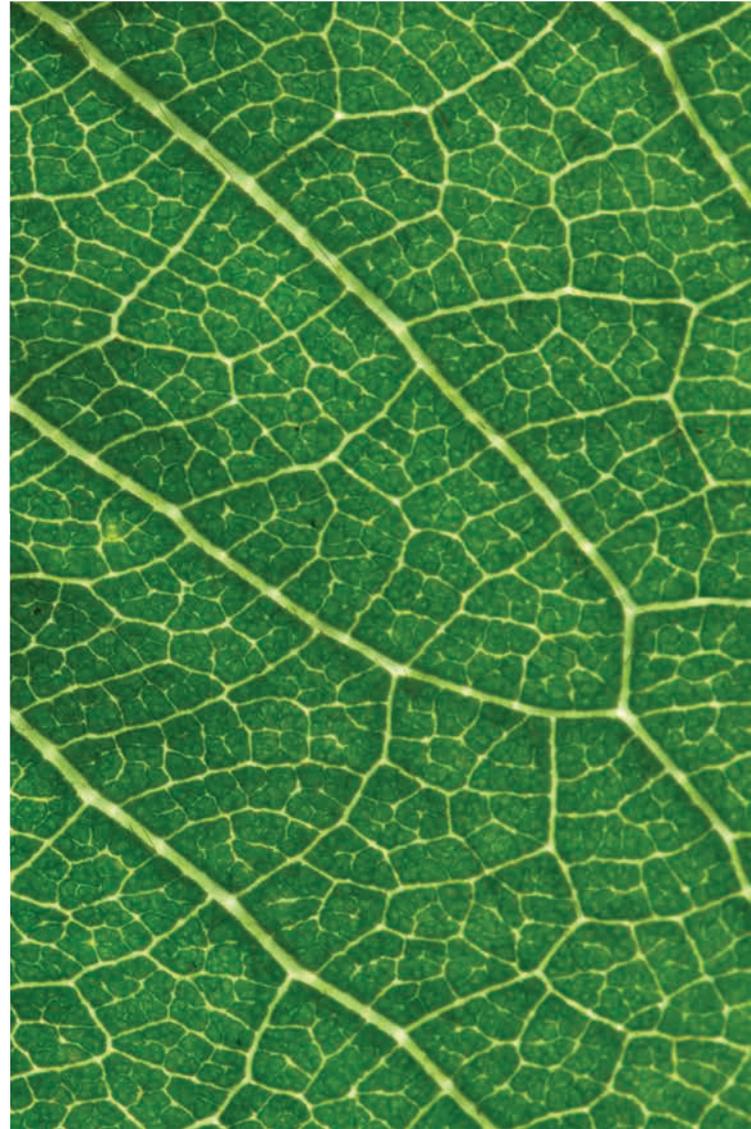


# 2021

Jahresbericht  
*Annual Report*

ECSM | European Center  
for Sustainable Mobility





# Inhaltsverzeichnis

## Table of Contents

---

Vorworte	4
----------	---

---

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

---

Kooperationen	10
Kooperationen auf Projektebene	10
Kooperationen auf Netzwerkebene	12

---

Projekte	14
SkyCab Part II	16
Güterwagen 4.0, SAMIRA & IMechE	20
ZuRad	24
KAMÄLEON	26
PV-eCarPort	30

---

Ausstattungen und Labore des ECSM-Instituts	32
--	----

---

Veranstaltungen, Vorträge und Veröffentlichungen	42
---	----

---

Impressum	47
-----------	----

---

<i>Forewords</i>	<i>4</i>
------------------	----------

---

<i>Profile</i>	<i>6</i>
<i>Fields of Activity of the European Center for Sustainable Mobility</i>	<i>6</i>
<i>Structure of the Institute</i>	<i>7</i>

---

<i>Cooperations</i>	<i>10</i>
<i>Cooperations at Project Level</i>	<i>10</i>
<i>Cooperations at Network Level</i>	<i>12</i>

---

<i>Projects</i>	<i>14</i>
<i>SkyCab Part II</i>	<i>16</i>
<i>Güterwagen 4.0, SAMIRA &amp; IMechE</i>	<i>20</i>
<i>ZuRad</i>	<i>24</i>
<i>KAMÄLEON</i>	<i>26</i>
<i>PV-eCarPort</i>	<i>30</i>

---

<i>Equipment and Laboratories of the ECSM Institute</i>	<i>32</i>
---	-----------

---

<i>Events, Lectures and Publications</i>	<i>42</i>
--	-----------

---

<i>Imprint</i>	<i>47</i>
----------------	-----------

# Vorworte

## Forewords



### Vorwort des Rektors

Das Jahr 2021 war ein Jubiläumsjahr für die FH Aachen. Im Oktober leuchteten das Rathaus und der Katschhof mintfarben und im Rahmen einer Ausstellung zeigte die Hochschule auf 25 Stelen 50 Erfolgsgeschichten aus 50 Jahren FH Aachen. Die Stelen stehen heute an den beiden Standorten in Aachen und Jülich, erinnern uns an Erfolgsgeschichten der Vergangenheit – und motivieren uns, die Zukunft auch weiterhin aktiv und verantwortungsvoll zu gestalten.

Die FH Aachen zeichnet sich als Hochschule für Angewandte Wissenschaften durch ihre Anwendungsnahe sowie Forschungsstärke aus. In zahlreichen Projekten in Lehre und Forschung generieren unsere Hochschulangehörigen jeden Tag neue Erkenntnisse und stärken unsere Hochschule sowie auch die Region. Im Bereich der Forschung bildet das Institut „European Center for Sustainable Mobility“ (ECSM) eine zentrale und über die Standorte in Aachen und Jülich hinausreichende Organisationseinheit, in welcher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Mobilität der Zukunft mitdenken und mitgestalten.

Das ECSM-Institut arbeitete im Jahr 2021 an zahlreichen und vielfältigen Forschungsprojekten mit stets interdisziplinärer Ausrichtung. Es wurden zukunftsfähige Lösungsansätze in den Schwerpunkten integrierte Mobilitätsplanung, Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßen- und Schienenverkehrs sowie Klimaschutz und Digitalisierung erarbeitet.

Dazu warben die Forscherinnen und Forscher im Jahr 2021 ein Drittmittelbudget in Höhe von 1,3 Mio. € ein. Dies unterstreicht, dass „Nachhaltige Mobilität“ einer der zentralen Forschungsschwerpunkte an der FH Aachen ist. Der vorliegende Jahresbericht verdeutlicht dies anhand der Darstellung von Projekten, Kooperationen und Laboren des ECSM-Instituts.

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

**Prof. Dr. oec. Bernd P. Pietschmann**  
Rektor der FH Aachen

### Foreword by the Rector

*The year 2021 was an anniversary year for FH Aachen. In October, the town hall and Katschhof were lit up in mint colours and, within the framework of an exhibition, the university showed 50 success stories from 50 years of FH Aachen on 25 steles. Today, the steles are on display at the two campuses in Aachen and Jülich, reminding us of past success stories – and motivating us to continue shaping the future actively and responsibly.*

*As a university of applied sciences, FH Aachen is characterised by its application orientation and research strength. In numerous projects in teaching and research, our university members generate new findings every day and strengthen our university as well as the region. In the field of research, the European Center for Sustainable Mobility (ECSM) is a central organisational unit extending beyond the Aachen and Jülich campuses, where researchers contribute to developing and shaping the mobility of the future.*

*In 2021, the ECSM Institute worked on numerous and diverse research projects with a consistently interdisciplinary orientation. Sustainable solutions were developed in the areas of integrated mobility planning, vehicles and infrastructure of road and rail transport as well as climate protection and digitalisation.*

*To this end, researchers raised a third-party budget of € 1.3 million in 2021. This underlines the fact that "Sustainable Mobility" is one of the central research areas at FH Aachen. This annual report illustrates this by presenting the projects, cooperations and laboratories of the ECSM Institute.*

*I wish you, dear reader, an inspiring read.*

**Prof. Dr. oec. Bernd P. Pietschmann**  
Rector of FH Aachen – University of Applied Sciences

## Vorwort des Geschäftsführenden Direktors

Auch das Jahr 2021 stand weiterhin stark unter dem Einfluss der Corona-Pandemie. Es gab viele, teilweise sprunghafte Entwicklungen, die auch Auswirkungen auf das alltägliche Mobilitätsverhalten hatten. Weiterhin gestörte Lieferketten, zum Beispiel bei Computerchips, waren hemmende Faktoren in den Entwicklungen sowohl von Fahrzeug- und Antriebstechnologien als auch bei der Digitalisierung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen.

Dennoch konnte das Team des ECSM-Instituts auch im Jahr 2021 an diversen und vielfältigen Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Themenkomplex nachhaltige Mobilität tätig sein. Das inter-modale Mobilitätskonzept rund um die Entwicklung des Lufttaxi „SkyCab“ konnte maßgeblich vorangetrieben werden: Fragestellung zum Thema der Crashesicherheit, der Luftraumintegration wie auch der städtebaulichen Integration konnten weiterentwickelt werden; der Aufbau eines Demonstrators steht kurz bevor. Auch im Bereich der Konzeptionierung innovativer Güterverkehrslösungen, KI-basierter multisensorischer Umfelderkennung und von nachhaltiger Energiegewinnung durch Photovoltaik-Anlagen für großflächige Parkplätze konnten Meilensteine erreicht werden.

Die ECSM-Fachtagung musste wegen der Corona-Pandemie leider nach 2020 auch im Jahr 2021 abgesagt werden. Wir gehen davon aus, dass es die Rahmenbedingungen zulassen, Sie zur Fachtagung 2022 begrüßen zu dürfen.

Der Jahresbericht 2021 gibt Ihnen eine Übersicht der verschiedenen Aktivitäten sowie ausgewählter Ergebnisse aus aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Zusätzlich werden die Labore vorgestellt, um einen gesamtheitlichen Eindruck über das Leistungsspektrum des Instituts zu erhalten.

Verschiedene Professorinnen und Professoren des ECSM-Instituts engagieren sich im Promotionskolleg für angewandte Forschung in Nordrhein-Westfalen (PK.NRW). Als gemeinsame wissenschaftliche Einrichtung hat das neu im Hochschulgesetz von 2019 verankerte PK.NRW den hochschulgesetzlichen Auftrag, Promotionen an Hochschulen für angewandte Wissenschaften anbieten und durchführen zu können. Das Promotionskolleg befindet sich gerade im Akkreditierungsprozess, der hoffentlich in 2022 abgeschlossen werden kann.

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

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

## Foreword by the Executive Director

The year 2021 continued to be strongly influenced by the Corona pandemic. There were many developments, some of them erratic, which also had an impact on everyday mobility behaviour. Supply chains that continued to be disrupted, e.g. for computer chips, were inhibiting factors in the developments of vehicle and powertrain technologies as well as in the digitalisation of vehicles and transport infrastructures.

Despite this, the team at the ECSM Institute was able to continue working on diverse and wide-ranging research and development projects in the field of sustainable mobility in 2021. The intermodal mobility concept around the development of the "SkyCab" air taxi was significantly advanced: Issues relating to crash safety, airspace integration as well as urban integration were further developed; the set-up of a demonstrator is imminent. Milestones have also been reached in the areas of the conceptual design of innovative freight transport solutions, AI-based multisensory environment recognition and sustainable energy generation through photovoltaic systems for large-scale car parks.

Due to the Corona pandemic, the ECSM symposium unfortunately had to be cancelled in 2021 as well as 2020. We assume that the framework conditions will allow us to welcome you to the 2022 symposium.

The annual report 2021 gives you an overview of the various activities as well as selected results from current research and development projects. In addition, the laboratories are presented to give you an overall impression of the institute's range of services.

Some professors of the ECSM Institute are involved in the Doctoral College for Applied Research in North Rhine-Westphalia (PK.NRW). As a joint scientific institution, the PK.NRW, newly established in the Higher Education Act of 2019, has the mandate under higher education law to be able to offer and conduct doctorates at universities of applied sciences. The doctoral college is currently undergoing the accreditation process, which will hopefully be completed in 2022.

I wish you an interesting and exciting read and look forward to an exchange with you!

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel**  
Executive Director



## Tätigkeitsfelder des European Center for Sustainable Mobility

Das European Center for Sustainable Mobility führt Forscherinnen und Forscher der FH Aachen aus diversen Kompetenzbereichen wie Energieversorgung, Elektromobilität, Digitalisierung von Mobilität, KI-basierter Sensortechnik, Stadt- und Mobilitätsplanung, Automatisierung sowie Fahrzeuge und Antriebe im Straßen-, Schienen- und Luftverkehr zusammen, um ganzheitlich Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen im Bereich der nachhaltigen Mobilität zu erbringen. 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.

Mit Gründung dieses Instituts, das sich durch die Interdisziplinarität auszeichnet, trug die FH Aachen zur Deckung aktueller Forschungsbedarfe bei. Zur Bearbeitung von FuEul-Projekten stehen dem ECSM hervorragend ausgestattete Labore und Einrichtungen zur Verfügung.

### **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

## Fields of Activity of the European Center for Sustainable Mobility

*In order to provide holistic research and development services in the field of sustainable mobility, the European Center for Sustainable Mobility brings together FH Aachen researchers from different areas of competence, such as energy supply, electromobility, digitalisation of mobility, AI-based sensor technology, urban and mobility planning, automation as well as vehicles and drives in road, rail and air transport. Both commercial enterprises and contracting authorities make decisions for the future in this field, which require technical and scientific support resulting from well-founded expertise in a wide range of disciplines.*

*With the foundation of this institute, which is characterised by its interdisciplinary approach, FH Aachen has contributed to meeting current research needs. Well-equipped laboratories and facilities are available to the ECSM for R&D&I projects.*

### **Field of Activity: Research**

- > *The implementation of interdisciplinary as well as national and international research and development projects in the field of sustainable mobility*
- > *The initiation and implementation of cooperative doctoral studies with universities in the field of sustainable mobility*
- > *Market research on mobility-relevant issues*

### **Field of Activity: Consulting**

- > *Consulting on the holistic and individual design of mobility systems*
- > *Consulting for public administrations and clients from industry and science*
- > *The ECSM serves as an interface and initiator for cooperations with partners dealing with the topic of sustainable mobility*

### **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

## 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 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie hochrangigen Industrievertreterinnen und -vertretern. 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.

**3. Geschäftsführender Direktor** | Er vertritt das Institut nach innen und nach außen und führt dessen Geschäfte in eigener Zuständigkeit.

**4. Mitgliederversammlung** | Die Mitgliederversammlungen 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.

### **Field of Activity: Project Development**

- > *The strategic planning and development of mobility concepts for both contracting authorities and private clients*
- > *Establishment of “living labs” (e.g. field tests on the topics of car sharing and acceptance of electromobility), i.e. “hands-on research to involve the public”.*
- > *Bringing together science and industry in the development of innovative mobility concepts*

## Structure of the Institute

*The Institute consists of the following bodies:*

**1) Advisory Board** | *To ensure the scientific quality and economic relevance of the results of the ECSM Institute, an advisory board was formed. It consists of renowned scientists and high-ranking industry representatives for a term of four years. The advisory board meets at least once a year.*

**2) Executive Board** | *The institute is managed by an executive board consisting of four board members (three founding professors and one research assistant).*

**3) Executive Director** | *He represents the Institute internally and externally and is responsible for managing its business.*

**4) General Meeting** | *The general meetings take place in the second quarter of the fiscal year or are convened for extraordinary meetings on relevant topics.*

**5) Staff Meeting** | *The staff meeting is made up of the employees who support the respective project leader in the implementation of individual projects.*



Prof. Braun

Prof. Dahmann

Prof. Hillgärtner

Prof. Enning

Prof. Esch

Prof. Feyerl



Prof. Hebel



Prof. Pfaff



Prof. Stöckert



Prof. Jochim



Prof. Schmitz



Prof. Schuba



Prof. Weber



Prof. Kemper



Prof. Ritz



Prof. Herrmann



Prof. Elsen



Prof. Ringbeck



Prof. Röth



Prof. Janser



Prof. Hartung



Organigramm des  
ECSM-Instituts  
ECSM Organisational Chart

**Vorstand**

**Executive Board**

Prof. Dr.-Ing. C. Hebel (Geschäftsführender Direktor)  
Prof. Dr.-Ing. T. Ritz\* (stellv. Geschäftsführender Direktor)  
Prof. Dr.-Ing. T. Esch | T. Merkens M.Eng.

**Projektleiterinnen und Projektleiter / Project Managers**

Prof. Dr.-Ing. C. Braun |  
Prof. Dr.-Ing. P. Dahmann |  
Prof. Dr.-Ing. M. Enning |  
Prof. Dr.-Ing. I. Elsen |  
Prof. Dr.-Ing. G. Feyerl |  
Prof. Dr.-Ing. H. Jochim |  
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. rer. nat. K. Melcher |  
Prof. Dr.-Ing. R. Pfaff |  
Prof. Dr.-Ing. T. Ringbeck |  
Prof. Dr.-Ing. T. Röth |  
Prof. Dr.-Ing. B. Schmidt |  
Prof. Dr.-Ing. G. Schmitz |  
Prof. Dr. rer. nat. M. Schuba |  
Prof. Dr.-Ing. U. Stöckert |  
Prof. Dr.-Ing. T. Weber |

**Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Staff Members**

Dr. H. Annepu M.Eng. |  
Dipl.-Ing. A. Anthrakidis M.Eng. |  
K. Babilon M.Sc. |  
Dipl.-Ing. M. Bagheri,  
K Birmans B.Sc. | D. Bistry M.Eng. |  
M. Blumenschein M.Eng. |  
N. Böhnisch M.Sc. | J. Böker B.Eng. |  
Dipl.-Ing. D. Busse | D. Erberich B.Sc. |  
T. Franzke M.Eng. | L. Gerber B.Eng. |  
M. Hahn M.Sc. | W. Janzen B.Eng. |  
E. Köppen M.Eng. | R. Konratt B.Eng. |  
M. Kramer M.Eng. |  
L. Laarmann M.Sc. |  
Y. Hon Ng M.Eng. |  
Dipl.-Ing. N. Potuschnik |  
P. Samuel, M.Sc. | P. Sardar M.Sc. |  
A. Sayadkooh B. Sc. |  
S. Scholtes B.Eng. |  
O. Schopen M.Sc. | M. Schöttler M.Sc. |  
P. Tambornino B.Sc. |  
Dipl.-Ing. T. Tappert |  
Dipl.-Ing. C. Teixeira Boura |  
Dipl.-Ing. J. Theis M.Eng. |  
A. Thoma M.Sc. | P. Wiesen M.Sc. |  
Dipl.-Ing. M. Y. Lazardjani

**Beirat**

**Advisory Board**

Prof. Dr. rer. nat.  
Christiane Vaeßen\* |  
Prof. Dr.-Ing. Jakob  
Andert\* |  
Prof. Dr.-Ing. R. Pütz |  
Dipl.-Vw. D. Rehfeld |  
Dipl.-Ing. L. Ullrich |  
B.Ec. H. Weken

**Rektorat**

**FH Aachen  
Rectorate  
FH Aachen  
University of  
Applied Sciences**

\* Amtszeit bis/term until 31.12.2021

## Mitglieder des Institutsbeirats

Der Beirat des Instituts setzt sich aus renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und hochrangigen Industrievertreterinnen und -vertretern zusammen:

**Prof. Dr. rer. nat. Christiane Vaeßen**

Geschäftsführerin Region Aachen – Zweckverband  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

**Prof. Dr.-Ing. Jakob Andert**

Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der RWTH Aachen University, Fachgebiet „Mechatronische Systeme am Verbrennungsmotor“  
(Amtszeit bis 31.12.2021)

**Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz**

Lehrstuhlhaber 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

**Dipl.-Ing. Lars Ullrich**

Vice President Marketing, Infineon Technologies Americas Corp.

**B.Ec. Harm Weken**

Geschäftsführender Gesellschafter FIER Automotive, Helmond (NL)

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

## *Members of the Institute's Advisory Board*

*The Institute's advisory board is made up of renowned scientists and high-ranking industry representatives:*

***Prof. Dr. rer. nat. Christiane Vaeßen***

*Managing Director Region Aachen – Zweckverband  
(Term of office until 31.12.2021)*

***Prof. Dr.-Ing. Jakob Andert***

*Chair of Internal Combustion Engines at RWTH Aachen University, Department of “Mechatronic Systems for Internal Combustion Engines”  
(Term of office until 31.12.2021)*

***Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz***

*Chair of Commercial Vehicle Technology and Internal Combustion Engines Landshut University of Applied Sciences, Managing Director of the An-Institut für angewandte Nutzfahrzeugforschung und Abgasanalytik (BELICON GmbH)*

***Dipl.-Volkswirt Dieter Rehfeld***

*Chairman of the Management Board regio IT GmbH*

***Dipl.-Ing. Lars Ullrich***

*Vice President Marketing, Infineon Technologies Americas Corp.*

***B.Ec. Harm Weken***

*Managing Partner FIER Automotive, Helmond (NL)*

***The ECSM regards itself as an interdisciplinary competence platform, open to other colleagues of FH Aachen.***

# Kooperationen Cooperations

Das Institut geht im Rahmen seiner Tätigkeiten in den Bereichen Forschung, Beratung und Projektentwicklung Kooperationen auf Projektebene sowie auf Netzwerkebene ein. Dabei wird mit Partnerinnen und 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 Partnerinnen und Partnern als auch FH-intern mit In-Instituten bestehen, werden im Folgenden beschrieben.

## Kooperationen auf Projektebene

Die FH Aachen führt Projekte mit einer Vielzahl an regionalen und auch überregionalen Partnerinnen und Partnern durch und erzielt darüber hinaus auch immer wieder Kooperationen mit strategischen Partnerinnen und 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 die Gelegenheit genutzt werden konnte, durch Kooperationen wie zum Beispiel mit dem Ford Forschungszentrum zusätzliche Forschungsgelder zu gewinnen, um in enger Zusammenarbeit die Mobilität von morgen mitzugestalten.

*Within the framework of its activities in the areas of research, consulting and project development, the Institute establishes cooperations at the project level as well as at the network level. It also works with partners from industry, research and education across national borders. These forms of cooperation and important strategic partnerships of the ECSM Institute, which exist with external partners as well as with in-house institutes of FH Aachen, are described below.*

## Cooperations at Project Level

*FH Aachen carries out projects with a large number of regional and national partners and also repeatedly enters into cooperations with strategic partners, which facilitate and sustainably improve long-term and closer collaborations, especially in the region. In this context, ECSM makes a significant contribution in that it has been able to take advantage of the opportunity to gain additional research funding through collaborations such as with the Ford Research Center in order to help shape the mobility of tomorrow on the basis of close cooperation.*





Kooperationen auf Projektebene mit FH Aachen-Instituten: Das ECSM-Institut hat eine enge Partnerschaft mit dem Solar-Institut Jülich (SIJ) der FH Aachen. Insbesondere der Motorenprüfstand, der seit 2014 im Besitz des SIJ ist, bildet immer wieder die Grundlage für Anwendungen in Forschung und Lehre zwischen den beiden Instituten.

#### **Solar-Institut Jülich**

**Kurzprofil** | Das Solar-Institut Jülich (SIJ) ist eine 1992 gegründete zentrale wissenschaftliche Einrichtung der FH Aachen. Ein hochmotiviertes, junges Team aus über 50 Beschäftigten unterschiedlicher Disziplinen forscht in direkter Zusammenarbeit mit der Industrie, Hochschulen und Forschungseinrichtungen daran, dass der begonnene Transformationspfad – weg von fossilen und hin zu erneuerbaren Energien – erfolgreich und bezahlbar bleibt. Weitere Informationen unter [www.sij.fh-aachen.de](http://www.sij.fh-aachen.de)

**Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene** | PV-eCarPort-Projekt, SHAREuregio-Projekt und Motorenprüfstand

*Cooperations at project level with FH Aachen institutes: The ECSM Institute has a close partnership with the Solar Institute Jülich (SIJ) of FH Aachen. In particular, the engine test bench, which has been owned by the SIJ since 2014, repeatedly serves as the basis for applications in research and teaching between the two institutes.*

#### **Solar Institute Jülich**

**Short Profile** | The Solar Institute Jülich (SIJ), founded in 1992, is a central scientific institution of FH Aachen – University of Applied Sciences. A highly motivated, young team of more than 50 employees from various disciplines works in direct cooperation with industry, universities and research institutions to ensure that the transformation path – away from fossil fuels and towards renewable energies – remains successful and affordable. Further information is available at [www.fh-aachen.de/en/research/solar-institute-juelich](http://www.fh-aachen.de/en/research/solar-institute-juelich)

**Cooperation with the ECSM at project level** | PV-eCarPort project, SHAREuregio project and engine test bench



## Kooperationen auf Netzwerkebene

Das ECSM-Institut ist als Partner in verschiedenen Netzwerken aktiv. Daraus ergeben sich Synergien für das gesamte Spektrum der Institutstätigkeiten.

### **PUMAc-Fx**

Das ECSM ist an PUMAc-Fx beteiligt. PUMAc-Fx steht für ein Innovationsbündnis aus Industrie und Forschung zum Aufbau ultraleichter Wasserstoff-Gasturbinen-Aggregate in Aachen (Power Units Made in Aachen - Fuel X). Im Schulterschluss zwischen Industrie und Forschung wird ein neues, klimafreundliches Antriebssystem geschaffen, welches modular aufgebaut, für Luftfahrtanwendungen, zum Beispiel in modernen Air Taxis, genauso gut geeignet ist wie zur stationären Stromversorgung oder als Schiffsantrieb. Weitere Informationen unter <https://pumac-fx.de>

Das ECSM ist seit 2021 Mitglied der "PUMAc-Fx".

## Cooperations at Network Level

*The ECSM Institute is active as a partner in various networks. This results in synergies for the entire spectrum of the institute's activities.*

### **PUMAc-Fx**

*The ECSM is involved in PUMAc-Fx. PUMAc-Fx stands for an innovation alliance of industry & research to build ultra-light hydrogen gas turbine power units in Aachen (Power Units Made in Aachen - Fuel X). In close cooperation between industry and research, a new, climate-friendly propulsion system is being created, which is modular in design and just as suitable for aviation applications, e.g. in modern air taxis, as for stationary power supply or as ship propulsion system. Further information is available at <https://pumac-fx.de/en/home/>*

*The ECSM has been a member of "PUMAc-Fx" since 2021.*



Prüfstandsgebäude (PSG) mit EMV-Prüfstand, Powertrain Testing Center, Energiespeicherprüfstand, Allradrollenprüfstand  
*Test stand building with electromagnetic compatibility test stand, Powertrain Testing Center, energy storage test stand, all-wheel roller test stand*



Kompetenzzentrum Mobilität Aachen (KMAC) mit Hörsälen, Seminar- und Lernräumen, Prüfständen, Labor- und Büroräumen, Mensa, Schienenfahrzeugtechniklabor  
*Competence Center Mobility Aachen with lecture halls, seminar and learning rooms, test benches, laboratory and office rooms, cafeteria, laboratory for Rail Vehicle Technology*

### Synergetic Automotive/Aerospace Engineering (SAAE)

Die vom Ministerium für Innovation, Wirtschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen eingerichtete Kompetenzplattform "Synergetic Automotive & Aerospace Engineering" ist der interdisziplinäre Zusammenschluss von mehreren Forschungsschwerpunkten aus den Fachbereichen der FH Aachen: Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau und Mechatronik, Design 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 weisen jedoch große Übereinstimmung in den wichtigsten Programmthemen auf, wo dann auch Berührungspunkte existieren:

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

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

### Synergetic Automotive/Aerospace Engineering (SAAE)

*The competence platform "Synergetic Automotive & Aerospace Engineering", established by the Ministry for Innovation, Economy and Research of the State of North Rhine-Westphalia, is the interdisciplinary merger of several research focuses from FH Aachen faculties: aerospace engineering, mechanical engineering and mechatronics, design as well as applied natural sciences and technology.*

*In SAAE, researchers from FH Aachen deal with the question of whether synergies exist between the different branches of industry such as aerospace and automotive technology. Both industries, however, show a high degree of agreement in the most important programme topics, where there are also points of contact:*

- > Conservation of resources
- > Environmental compatibility
- > Vehicle safety
- > Traffic engineering
- > Economic efficiency

*The ECSM has been a member of "Synergetic Automotive/Aerospace Engineering" since 2013.*

# Projekte Projects

Das Team des ECSM-Instituts war im Jahr 2021 insgesamt an elf Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Themenkomplex nachhaltige Mobilität tätig. Dabei stand den Forscherinnen und Forschern in diesem Jahr ein Budget an Drittmitteln in Höhe von ca. 1,3 Millionen Euro zur Verfügung. Die Projekte werden den folgenden fünf Forschungsschwerpunkten zugeordnet:

- > Integrierte Mobilitätsplanung
- > Klima, Energie und Mobilität
- > Digitalisierung der Mobilität
- > Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßenverkehrs
- > Fahrzeuge und Infrastruktur des Schienenverkehrs

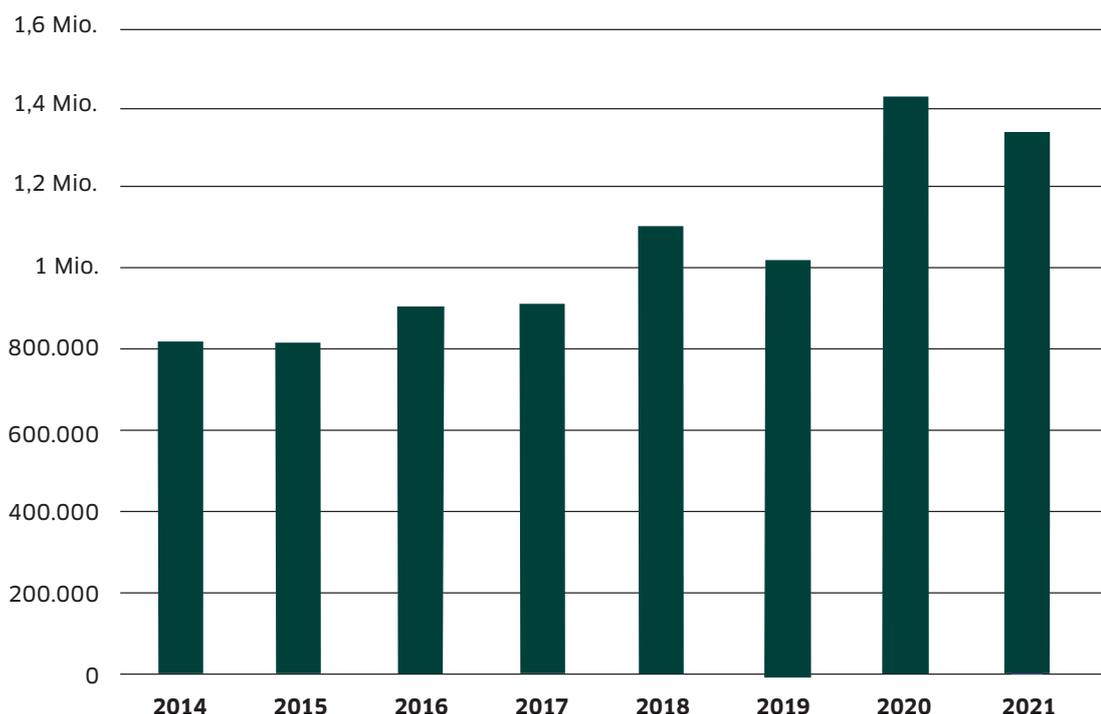
Im Folgenden zeigt der ECSM-Jahresbericht einen Querschnitt über die Projekte und Forschungsschwerpunkte aus dem Jahr 2021. Die gekennzeichneten Projektvolumina beziehen sich immer auf den Anteil des ECSM-Instituts und weisen nicht die Gesamtbudgets der jeweiligen Projektkonsortien aus.

*In 2021, the team of the ECSM Institute was involved in a total of 11 research and development projects in the thematic area of sustainable mobility. This year, the researchers had a third-party funding budget of approximately 1.3 million € at their disposal. The projects are assigned to the following five main research areas:*

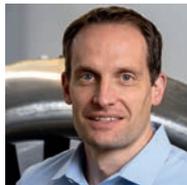
- > *Integrated Mobility Planning*
- > *Climate, Energy and Mobility*
- > *Digitalisation of Mobility*
- > *Vehicles and Infrastructure of Road Transport*
- > *Vehicles and Infrastructure of Rail Transport*

*In the following, the ECSM Annual Report shows a cross-section of projects and research priorities from 2021. The marked project volumes always refer to the share of the ECSM Institute and do not show the total budgets of the respective project consortia.*

Entwicklung der Drittmittelbudgets des ECSM-Instituts in Euro  
*Development of the ECSM Institute's Third-Party Funding Budget in Euro*



<b>Kurztitel und Titel des Projektes</b> <b>Short Title and Title of the Project</b>	<b>Projektleiter:in</b> <b>Project Manager</b>	Drittmittelprojekte, die 2021 bearbeitet wurden (nach Projektleiter:in sortiert) <i>Third-party funded projects that were worked on in 2021 (sorted by Project Managers)</i>
<b>SkyCab Part II</b>   Entwicklung eines intermodalen Mobilitätskonzeptes für die Pilotregion NRW/Rhein-Maas Euregio und Schaffung voller Kundenakzeptanz durch Transfer von Standards aus dem Pkw-Bereich auf ein Flugtaxi <i>Development of an intermodal mobility concept for the pilot region NRW/Rhine-Meuse Euregio and creation of full customer acceptance by transferring standards from the passenger car segment to an air taxi</i> (mit/with Prof. Hebel, Prof. Kemper, Prof. Ritz, Prof. Röth)	<b>Prof. Braun</b>	
<b>Aircraft Noise</b>   Bewertung von Lärmessungen für neue Flugzeugkonfigurationen - Teil I+II <i>Evaluation of noise measurements for new aircraft configurations - Part I+II</i>		
<b>Exowing</b>   Entwurf und Produktion von einem ultraleichten mantragenden modularen elektrischen Segelflugzeug <i>Design and production of an ultra-lightweight man-carrying modular electric glider</i>		
<b>Güterwagen 4.0</b>   Neue Elektronik- und Kommunikationssysteme für den intelligenten, vernetzten Güterwagen; Teilprojekt: Entwicklung von Grundlagen für Aktorik, Sensorik und Predictive Maintenance <i>New electronics and communication systems for the intelligent, networked freight wagon</i> Subproject: <i>Development of basics for actuator, sensor and predictive maintenance</i> (mit/with Prof. Pfaff, Prof. Schmidt)	<b>Prof. Enning</b>	
<b>UNITED</b>   Einheiten für den Wissenstransfer im Ingenieurwesen zur Steigerung der Beschäftigungsfähigkeit der Studierenden und der regionalen Entwicklung <i>Engineering knowledge transfer units to increase students' employability and regional development</i> (mit/with Prof. Roeth)	<b>Prof. Esch</b>	
<b>COSTART</b>   Strategie zur Integration von Elektrobussen in öffentliche Verkehrssysteme <i>Comprehensive strategy to accelerate the integration of electric-buses into existing public transport systems</i> (mit/with Prof. Feyerl, Prof. Kemper)	<b>Prof. Hebel</b>	
<b>SHAREuregio</b>   Entwicklung, Implementierung und Etablierung eines euregionalen elektromobilen Car- und Bikesharing-Angebotes für die Städte Venlo, Roermond, Mönchengladbach und den Kreis Viersen <i>Development, implementation and establishment of a euregional electromobile car and bike sharing service for the cities of Venlo, Roermond, Mönchengladbach and the district of Viersen</i> (mit/with Prof. Herrmann, Prof. Ritz, Prof. Roeth)		
<b>PV-eCarPort</b>   Digitalisierter Photovoltaik-Energie-CarPort für großflächige Parkplätze <i>Digitalised photovoltaic energy CarPort for large-scale car parks</i>	<b>Prof. Herrmann</b>	
<b>SAMIRA</b>   Rangierassistent & Überwachungsschnittstelle für autonome Bahnanwendungen <i>Shunting assistant &amp; monitoring interface for autonomous rail applications</i>	<b>Prof. Pfaff</b>	
<b>KAMÄLEON</b>   Konstruktiv adaptive Mobilität bei Leichtfahrzeugen durch dynamische Fahrzeuganpassung mit KI-basierter multisensorischer Umfelderkennung <i>Constructively adaptive mobility for light vehicles through dynamic vehicle adaptation with AI-based multisensory environment detection</i>	<b>Prof. Ringbeck</b>	
<b>ZuRad</b>   Erfassung und Bewertung des baulichen Zustandes von städtischen Radverkehrsanlagen <i>Recording and assessment of the structural condition of urban cycling facilities</i> (mit/with Prof. Hebel)	<b>Prof. Stöckert</b>	



Prof. Braun



Prof. Ritz



Prof. Röth



Thoma, M.Sc.



Prof. Hebel



Prof. Kemper



Köppen, M.Eng.



Laarmann, M.Sc.



Tambomino, B.Sc.



Franzke, M.Eng.

## SkyCab Part II

Entwicklung eines intermodalen Mobilitätskonzeptes für die Pilotregion NRW/Rhein-Maas Euregio und Schaffung voller Kundenakzeptanz durch Transfer von Standards aus dem PKW  
*Development of an Intermodal Mobility Concept for the Pilot Region NRW/Rhine-Meuse Euregio and Creation of Full Customer Acceptance by Transferring Standards From the Passenger Car Segment to an Air Taxi*

**Projektleitung/Project Manager** | Prof. Dr.-Ing. C. Braun, c.braun@fh-aachen.de mit/*with* | Prof. Dr.-Ing. C. Hebel, hebel@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. H. Kemper, h.kemper@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. T. Ritz, ritz@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. T. Röth, roeth@fh-aachen.de

**Mitarbeitende/Staff** | Andreas Thoma M.Sc. M.Eng.; Till Franzke M.Eng.; Torsten Merkens M.Eng.; Elisabeth Köppen M.Eng.; Lukas Laarmann M.Sc.; Lukas Gerber M.Sc.; Paramjotsingh Sardar M.Sc.; Philipp Tambornino B.Sc.; Jörg Böker B.Eng.; David Erberich B.Sc.; Katrin Birmans B.Sc.

**Förderlinie/Funding line** | Unbemannte Luftfahrtanwendungen und individuelle Luftmobilitätslösungen, mFund des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur

**Projektvolumen/Project volume** | 1.435.871 €

**ECSM-Forschungsschwerpunkt/Research area** | Integrierte Mobilitätsplanung/*Integrated Mobility Planning*

Das Projekt „SkyCab“ beschäftigt sich mit der Entwicklung eines intermodalen Mobilitätskonzeptes für die Pilotregion NRW/Rhein-Maas und EUREGIO. Nachdem in einem ersten Projektteil 2019 eine grundsätzliche Machbarkeit eines entsprechenden Lufttaxi-Service gezeigt werden konnte, wird in diesem Teil auf einer deutlich höheren Detailebene die genaue Umsetzung untersucht.

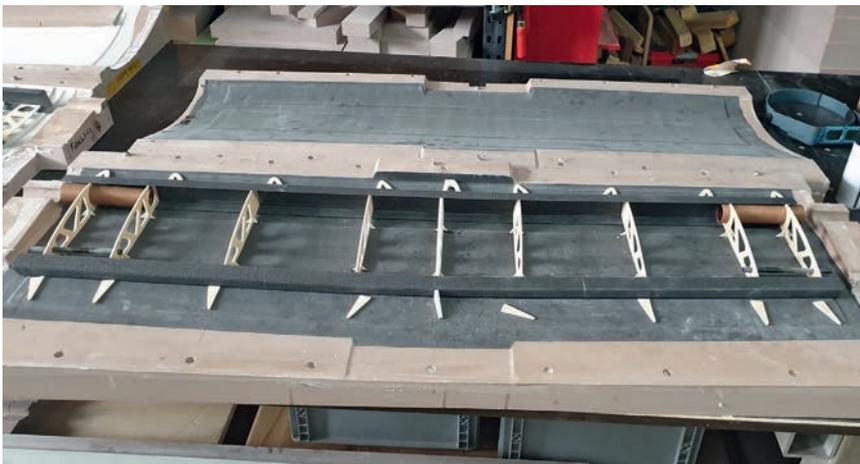
Im Jahr 2020 lag der Projektfokus insbesondere in der Definition sinnvoller Rand- und Rahmenbedingungen, wie der Definition sinnvoller Strecken, eines Lastenhefts und einer ungefähren Flugzeugkonfiguration. 2021 wurden das SCII, so wie wir das Flugtaxi des Projekts nennen, technisch weiterentwickelt. Das Hauptaugenmerk teilt sich dabei auf zwei Bereiche auf: Die Flight Propulsion Unit (FPU), welche das Fluggerät in die Luft bringt, und die People Transport Unit (PTU), welche dem Kunden komfortabel und sicher transportiert

*The "SkyCab" project deals with the development of an intermodal mobility concept for the pilot region NRW/Rhine-Meuse and EUREGIO. After the feasibility of a corresponding air taxi service was demonstrated in the first part of the project in 2019, the exact implementation will be examined at a significantly higher level of detail in this part.*

*In 2020, the project focus was primarily on the definition of sensible boundary and framework conditions, such as the definition of sensible routes, a requirements specification and an approximate aircraft configuration. In 2021, the SCII, as we call the project's flight taxi, was technically further developed. The main focus is divided into two areas: The Flight Propulsion Unit (FPU), which gets the aircraft into the air, and the People Transport Unit (PTU), which transports the customer comfortably and safely.*



Halbschale des Seitenleitwerks und Trägers des Flugdemonstrators inklusive Montageplatte und Schubmotor  
*Half shell of the flight demonstrators vertical tail and boom including mounting plate and pusher motor*



Innenflügel des Flugdemonstrators  
*Flight demonstrators inner wing*

### Die Flight Propulsion Unit

Um lokale Emissionen zu vermeiden und langfristig umweltfreundlich fliegen zu können, kommt bei SkyCab ein vollelektrischer Ansatz zum Einsatz. Das bedeutet, dass das Fluggerät durch Elektromotoren angetrieben wird, die mit einer aufladbaren Batterie angetrieben werden. Gleichzeitig bietet die Möglichkeit zum senkrechten Starten und Landen, flexible Einsatzfelder innerhalb der Stadt, um strategisch wichtige Punkte direkt anfliegen zu können. Unsere vorherigen Analysen haben gezeigt, dass eine Reichweite von 100 km und eine Reisegeschwindigkeit von 240 km/h benötigt wird. All diese Anforderungen zusammenzubringen ist technisch hoch herausfordernd. Nicht nur eine hohe aerodynamische Effizienz wird benötigt, sondern auch ein leichter und sicherer Antriebsstrang. Um dies zu untersuchen wurde ein digitales Modell der FPU entwickelt und optimiert. Nachdem eine bestimmte Grundeffizienz des Entwurfs sichergestellt war, wurden zusätzliche Aspekte wie Komfort mit in die Betrachtung einbezogen. Neben dem Originalmodell des SCII wurde auch ein skaliertes

### Die Flight Propulsion Unit

*In order to avoid local emissions and to be able to fly in an environmentally friendly way over the long-term, SkyCab uses an all-electric approach. This means that the aircraft is powered by electric engines powered by a rechargeable battery. At the same time, the ability to take off and land in a vertical position offers flexible operational areas within the city to fly directly to strategically important spots. Our previous analyses have shown that a range of 100 km and a cruising speed of 240 km/h are required. Bringing all these requirements together is extremely challenging from a technical point of view. It requires not only high aerodynamic efficiency, but also a lightweight and safe powertrain. In order to study this, a digital model of the FPU was developed and optimised. After a certain basic efficiency of the design had been ensured, additional aspects such as comfort were also taken into consideration. In addition to the original model of the SCII, a scaled model was also developed for real flight testing. Since mass and volume scale*



Sitzkiste der People-Transport-Unit | Mock-up of the people transport unit

Modell zur realen Flugerprobung entwickelt. Da Masse und Volumen unterschiedlich skalieren, musste für dieses Modell ebenfalls ein eigener Antriebsstrang ausgelegt werden. Das skalierte Modell wird voraussichtlich im Sommer 2022 seinen Erstflug haben.

### People Transport Unit

Ein wesentliches Aufgabenpaket im Projekt SkyCab stellt die Entwicklung der People-Transport-Unit dar. Hierzu wurden zunächst gesetzliche und kundenorientierte Anforderungen identifiziert. Auf dieser Basis wurden technische Zielgrößen für Crash, Package, Komfort und Wirtschaftlichkeit abgeleitet. Es wurden technische Entwicklungs-Hardpoints definiert, die in ein einheitliches Design integriert wurden. Mittels Handskizzen wurden Konzepte erarbeitet, die im Verlauf des Projektes validiert und bewertet wurden. Ein besonderer Fokus lag hierbei auf der Crashesicherheit und der Ergonomie der Insassen. Final ausgewählte Konzepte wurden in 2D-Schnittansichten ausgearbeitet und digitalisiert. Sie dienen als Grundlage für die konstruktive Umsetzung. Im Rahmen der weiteren Ausarbeitung des digitalen Vorentwurfs (ML1) fand eine Unterbeauftragung der Firma Forward Enginee-

*differently, a separate powertrain had to be designed for this model as well. The scaled model is expected to have its first flight in summer 2022.*

### People Transport Unit

*An essential task package in the SkyCab project is the development of the People Transport Unit. The first step was to identify legal and customer-oriented requirements. On this basis, technical target values for crash, package, comfort and economy were derived. Technical development hard points were defined and integrated into a uniform design. With the help of hand-drawn sketches, concepts were developed that were validated and evaluated throughout the course of the project. Special focus was placed on crash safety and the ergonomics of the occupants. The concepts that were finally selected were worked out in 2D sectional views and digitalised. They serve as the basis for the constructive implementation. As part of the further development of the digital preliminary design (ML1), the company Forward Engineering GmbH was subcontracted to support the Automobiltechniklabor (ATLab) in generating the 3D CAD design, particular-*



Sitzkiste der People-Transport-Unit | Mock-up of the people transport unit

ring GmbH statt, die das Automobiltechniklabor (ATLab) bei der Generierung des 3D-CAD-Entwurfs insbesondere hinsichtlich CFK-Konstruktion und -Fertigung unterstützte. Der digitale Vorentwurf (ML1) konnte abgeschlossen werden.

Die Ergebnisse dienen als Basis zur Erstellung des technischen 1:1 Mockups. Für die Fertigungsbeauftragung des SkyCab-Mockups wurde ein Dokument mit technischen und designrelevanten Anforderungen erstellt und ausgeschrieben. Das technische Mockup soll zukünftig interessierten Personengruppen zugänglich gemacht werden und Projekterkenntnisse und -ergebnisse veranschaulichen. In der Zwischenzeit wird der digitale Vorentwurf (ML2) erarbeitet, der als Grundlage für weitergehende Simulationsumfänge dienen wird.

*ly with regard to CFRP design and production. The digital preliminary design (ML1) has been completed.*

*The results serve as a basis for the creation of the technical 1:1 mock-up. For the production order of the SkyCab mock-up, a document with technical and design-relevant requirements was drawn up and put out to tender. In the future, the technical mock-up is to be made available to interested groups of people and illustrate project findings and results. In the meantime, the digital preliminary design (ML2) is being developed, which will serve as the basis for further simulation scopes.*



Prof. Enning



Prof. Pfaff



Prof. Eisen



Prof. Jochim



Dipl.-Ing. Tappert

## Güterwagen 4.0, SAMIRA & IMechE

Innovative Güterverkehrslösungen: Die letzte Meile im Schienengüterverkehr automatisieren

*Innovative Freight Transport Solutions: Automating the Last Mile in Rail Freight Transport*

**Projektleitung/Project Manager** | Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning, enning@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. Raphael Pfaff, pfaff@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. Bernd D. Schmidt, b.schmidt@fh-aachen.de; Prof. Dr. rer. nat. Karin Melcher, melcher@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. Ingo Elsen, elsen@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. Haldor Jochim, jochim@fh-aachen.de

**Mitarbeitende/Staff** | Daniela Bistry M.Eng., Patrick Wiesen M.Sc., Katharina Babilon M.Sc., Matthias Blumenschein M.Eng., Dipl.-Ing. Tim Tappert.

**Förderlinie/Funding line** | Bundesministerium für Bildung und Forschung, Fördermaßnahme: KMU-innovativ  
LeitmarktAgentur.NRW, Leitmarkt MobilitätLogistik.NRW; SCI Verkehr GmbH

**ECSM-Forschungsschwerpunkt/Research area** | Fahrzeuge und Infrastruktur des Schienenverkehrs/Vehicles and Infrastructure of Rail Transport

Die Fachgruppe Schienenfahrzeuge im ECSM arbeitet schon länger im Bereich der Automatisierung der Prozesse der ersten und letzten Meile im Schienengüterverkehr. Derzeit findet die Arbeit in zwei Projekten statt:

- > **Güterwagen 4.0:** Ziel der Forschung ist es, einen autark mit Elektrizität versorgten und smart vernetzten Güterwagen zu entwickeln, der heute manuelle Prozesse wie die Bremsprobe oder die Zugbildung automatisiert vornimmt.
- > **SAMIRA – der Rangierassistent:** In diesem Projekt sollen Kommunikation und Sensorik genutzt werden, um Rangiereinheiten rückwärts zu bewegen und die technisch gesicherte Zugspitze des geschobenen Zugverbands aus dem Führerstand zu überwachen.

Beide Projekte reduzieren den Personalbedarf im Bereich der ersten und letzten Meile erheblich und ermöglichen so die Verbesserung der Kostensituation dieser extrem aufwendigen Teilleistungen im Schienengüterverkehr. Die Forschenden erwarten sich dadurch eine höhere Akzeptanz und letztlich eine Beschleunigung der Verlagerung von Gütern auf die Schiene.

*The ECSM Rail Vehicles Specialist Group has been working in the area of automation of first and last mile processes in rail freight transport for some time. Currently, the work is taking place in two projects:*

- > **Freight Wagon 4.0:** *The aim of the research is to develop a freight wagon that is self-sufficiently supplied with electricity and smartly networked, and which now carries out manual processes such as brake testing or train formation automatically.*
- > **SAMIRA – the shunting assistant:** *in this project, communication and sensor technology are to be used to move shunting units backwards and to monitor the technically secured train head of the pushed trainset from the driver's cab.*

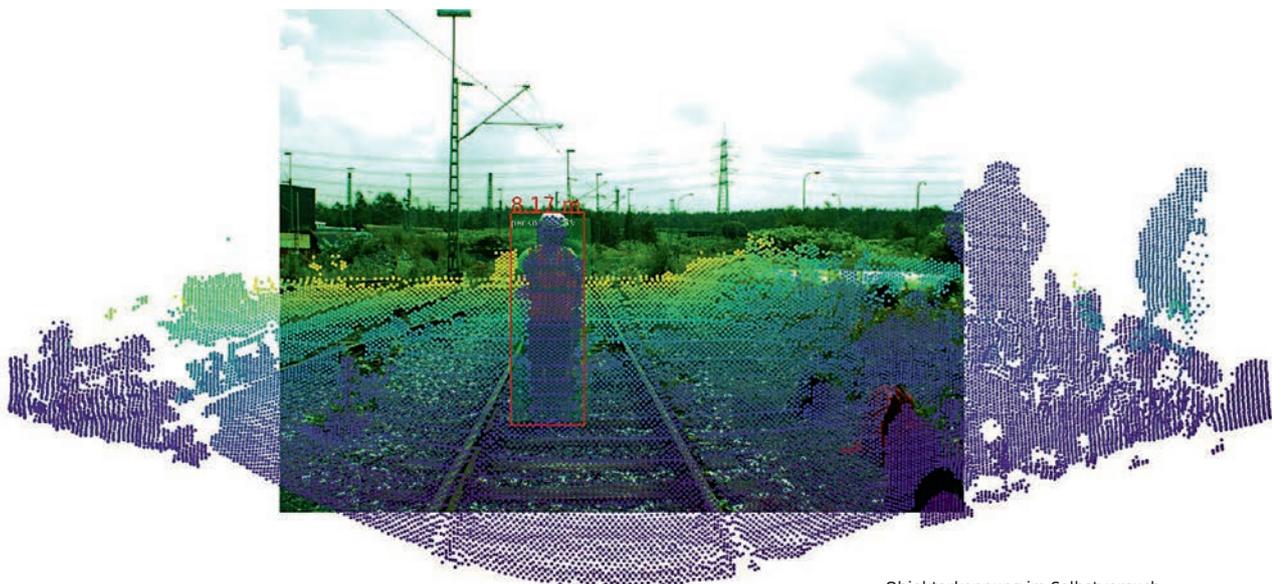
*Both projects considerably reduce the number of staff required for the first and last mile and, as a result, make it possible to improve the cost situation of these extremely costly partial services in rail freight transport. The researchers expect this to lead to greater acceptance and, ultimately, to an acceleration of shifting goods to the railways.*

Das Projekt Güterwagen 4.0 wird von Prof. Enning geleitet. Aufgaben seiner Gruppe sind unter anderem die Bremsprobe. Nach einigen Monaten im Labor, davon ein Großteil im HomeLab, hat die Hardware des Güterwagen 4.0 im Jahr 2021 den Weg in die Eisenbahnumgebung geschafft. Beim Kooperationspartner Reuschling in Hattingen fand die Integration in zwei eigens geschaffte Güterwagen statt.

Im Projekt SAMIRA arbeitet das Team der FH Aachen unter der Leitung von Professor Pfaff. Die Gruppe hat die Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung von Kamera und Lidar-Daten zur Aufgabe ebenso wie die Integration eisenbahnfachlicher Algorithmen, etwa die Vorhersage des Bremswegs der Rangiereinheiten. Insbesondere zur Datensammlung für das Training spezieller künstlicher Intelligenz sowie zur Erprobung des Echtzeitverhaltens fanden in 2021 einige Messkampagnen im Siemens Testzentrum Wildenrath, bei der RheinCargo in Bottrop sowie bei ThyssenKrupp in Duisburg statt.

*The Freight Car 4.0 project is headed by Professor Enning, and his group's tasks include developing the algorithms for train formation and automatic brake testing. After several months in the laboratory, much of it in the HomeLab, the hardware of Freight Car 4.0 made its way into the rail environment in 2021. At the cooperation partner Reuschling in Hattingen, the integration took place in two specially created freight cars.*

*In the SAMIRA project, the FH Aachen team is working under the leadership of Professor Pfaff. The group's task is to develop algorithms for evaluating camera and lidar data as well as to integrate rail-specific algorithms, such as predicting the braking distance of shunting units. In 2021, several measurement campaigns took place at the Siemens test centre in Wildenrath, at RheinCargo in Bottrop and at ThyssenKrupp in Duisburg, in particular for collecting data for the training of special artificial intelligence as well as for testing real-time behaviour.*



Objekterkennung im Selbstversuch  
Object recognition in a self-experiment



Installation des SAMIRA-Systems | Installation of SAMIRA System



Das Siegerteam der "IMechE" | The winning team of "IMechE"

### Die IMechE Railway Challenge – ein Wettbewerb für Studierende und ihre Lokomotiven

Lokomotivrennen haben insbesondere in Großbritannien eine gewisse Tradition, so verwundert es nicht, dass die Institution of Mechanical Engineers (IMechE) für ein studentisches Format auch auf einen Lokomotiv-Wettbewerb setzt.

Ähnlich wie beim historischen Vorbild, dem Lokomotiv-Rennen von Rainhill, werden auch bei der Railway Challenge technische Anforderungen und Leistungsdaten von den Lokomotiven gefordert. Im Gegensatz dazu findet die Railway Challenge jedoch auf einer Spurweite von 10 ¼“ (etwa 260 mm) statt. Die Lokomotiven, die von Studierenden, Auszubildenden und Young Professionals entworfen und gebaut werden, bleiben so mit einer Masse von ca. 1000 kg handhab- und bezahlbar.

Ebenfalls abweichend sind die recht modernen Wettbewerbskategorien, die derzeitige Anforderungen an einen leistungsfähigen Schienenverkehr abbilden – hier ein Auszug:

- > Zuverlässigkeit: das Fahrzeug kann stets fahrplan-gemäß fahren
- > Energierückgewinnung: das Fahrzeug kann aus eine Stoppbremsung die meiste Energie zurückge-winnen und wieder in Fahrbewegung umwandeln
- > Automatische Zielbremsung: das Fahrzeug hält möglichst präzise nach einer gegebenen Markie-rung an
- > Geräuschemissionen: das Fahrzeug kann besonders leise beschleunigen, dies wird gemessen während der maximalen
- > Traktionsleistung: die Lokomotive beschleunigt einen Wagenzug definierter Masse möglichst schnell bergauf.

### The IMechE Railway Challenge – a Competition for Students and Their Locomotives

*Locomotive races have a certain tradition, especially in Great Britain, so it is hardly surprising that the Institution of Mechanical Engineers (IMechE) has opted for a locomotive competition as a student format.*

*Similar to its historical role model, the Rainhill Locomotive Race, the Railway Challenge also demands technical requirements and performance standards from the locomotives. In contrast, however, the Railway Challenge takes place on a track gauge of 10 ¼" (about 260 mm). With a mass of about 1,000 kg, the locomotives designed and built by students, trainees and young professionals remain manageable and affordable.*

*Another difference are the rather modern competi-tion categories, which reflect current requirements for efficient rail transport – here is an excerpt:*

- > *Reliability: the vehicle can always drive on schedule.*
- > *Energy recovery: the vehicle can recover most of the energy from a stop braking and convert it back into driving motion.*
- > *Automatic target braking: the vehicle stops as precisely as possible in accordance with a given marker*
- > *Noise emissions: the vehicle can accelerate particularly quietly, this is measured during maxi-mum acceleration.*
- > *Traction performance: the locomotive accelerates a wagon train of defined mass uphill as quickly as possible.*



Die "Railway Challenge" von oben | The "Railway Challenge" from above



Die Siegerlok "Molly" | The winning locomotive "Molly"

Dazu kommen noch zahlreiche weitere Wettbewerbe, sowohl am Fahrzeug als auch auf Basis von Dokumenten sowie die statische und dynamische Zulassung durch erfahrene Expert:innen der IMechE.

Das Team der FH Aachen konnte den Wettbewerb 2019 für sich entscheiden, mit einem Sieg in den wichtigen Einzelkategorien Energierückgewinnung, Zielbremsung und Fahrkomfort. Im Jahr 2021 war eine Teilnahme in England durch die Pandemie nicht möglich, mit einem fliegenden Aufbau im Hof der Goethestraße und remote zugeschalteten Judges der IMechE konnten sie aber die Zielbremsung und die Innovation Challenge gewinnen. Für die Teilnahme an der Railway Challenge 2022 wurde Molly unter anderem mit neuen Drehgestellen, leistungsfähigeren Motoren und einer hochstromfesten LTO-Batterie vorbereitet. Das Team konnte auch 2022 das Rennen für sich gewinnen und belegte den ersten Platz.

*In addition, there are numerous other competitions, on the vehicle and on the basis of documentation, as well as static and dynamic approval by experienced IMechE experts.*

*The FH Aachen team was able to win the 2019 competition, with a victory in the important individual categories of energy recovery, target braking and riding comfort. In 2021, participation in England was not possible due to the pandemic, but with a reassemblable setup in the courtyard of Goethestraße and judges from the IMechE joining remotely, they were able to win the target braking and the Innovation Challenge. At present, the Molly locomotive is being prepared for participation in the Railway Challenge 2022, including new bogies, more powerful engines and a high-current LTO battery.*



Prof. Stöckert



Prof. Hebel



Merkens, M.Eng.

## ZuRad

### Erfassung und Bewertung des baulichen Zustandes von städtischen Radverkehrsanlagen *Recording and Assessment of the Structural Condition of Urban Cycling Paths*

**Projektleitung/Project Manager** | Prof. Dr.-Ing. Ulrike Stöckert, stoeckert@fh-aachen.de

mit/with | Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel, hebel@fh-aachen.de

**Mitarbeitende/Staff** | Torsten Merkens M.Eng.

**Förderlinie/Funding line** | Bundesanstalt für Straßenwesen

**Projektvolumen/Project volume** | 121.510 €

**ECSM-Forschungsschwerpunkt/Research area** | Integrierte Mobilitätsplanung/Integrated Mobility Planning

Die Bedeutung des Fahrrades für die Alltagsmobilität hat in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Das städtische und regionale Radwegenetz soll in den nächsten Jahren so ausgebaut werden, dass möglichst viele Autofahrten im Kurz- und Mittelstreckenbereich durch Fahrradfahrten ersetzt werden können. Für die Verkehrssicherung, den Betrieb und die Erhaltung des kommunalen Radverkehrsnetzes sind größtenteils Kreise, Städte und Gemeinden zuständig. Um diesen Aufgaben und den steigenden Ansprüchen der Nutzerinnen und Nutzer, wie zum Beispiel erhöhte Reisegeschwindigkeit durch Pedelecs gerecht werden zu können, wird in diesem Forschungsprojekt ein geeignetes Verfahren zur Zustandserfassung und -bewertung für städtische Radverkehrsanlagen entwickelt.

Zu Beginn des Projektes wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, um bestehende Erfahrungen auf nationaler und europäischer Ebene hinsichtlich der eingesetzten Erfassungstechniken sowie erfasster Messdaten/-parametern für die Bewertung des baulichen Zustandes von Radverkehrsanlagen zusammenzustellen. Dabei hat sich gezeigt, dass es bereits unterschiedliche Ansätze der messtechnischen Zustandserfassung von Radwegen gibt, aber insbesondere im innerstädtischen Bereich der Zustand von Radwegen, wenn überhaupt, durch eine visuelle Begutachtung erfolgt. Im Austausch mit anderen Institutionen (zum Beispiel in Schweden) hat sich herausgestellt, dass dort auch Forschungsarbeiten mit dem Ziel durchgeführt werden, neue und effektive Erfassungs- und Bewertungsmethoden speziell für Radverkehrsanlagen zu entwickeln. Hier soll ein regelmäßiger fachlicher Austausch stattfinden.

*In recent years, the importance of bicycles for everyday mobility has increased significantly. Over the next few years, the urban and regional cycle path network is to be expanded in such a way that as many short- and medium-distance car rides as possible can be replaced by bicycle rides. The districts, cities and municipalities are largely responsible for traffic safety as well as the operation and maintenance of the municipal cycling transport network. In order to be able to fulfil these tasks in accordance with the legal provisions and the increasing demands of users (e.g. increased travel speed due to pedelecs), a suitable procedure for recording and assessing the condition of cycling facilities is being developed within this research project.*

*At the beginning of the project, an extensive literature research was carried out in order to compile existing experiences on national and European level with regard to the applied recording techniques as well as recorded measurement data/parameters for the assessment of the structural condition of cycling facilities. It became apparent that there are various existing approaches to measuring the condition of cycle paths, but that, especially in inner-city areas, the condition of cycle paths is assessed visually, if at all. In exchange with other institutions (e.g. Sweden), it turned out that they also carry out research work with the aim of developing new and effective recording and assessment methods especially for cycling facilities. A regular exchange of expertise is planned here.*



**Messfahrrad:** Erfassung von (Un-)Ebenheiten und einzelnen Oberflächenschäden in einer Messlinie

**Measuring Bicycle:** Recording of (un)evenness

Ein wesentlicher Baustein des Projektes ist die Ableitung der für Radwege charakteristischen Zustandsindikatoren, um den baulichen Zustand und die Gebrauchstauglichkeit (Fahrkomfort) sowie Aspekte der Verkehrssicherheit bewerten zu können. Aktuell wurde mit der bautechnischen Begutachtung von Radwegen begonnen.

Schadhafte Radwege weisen Unebenheiten in Längs- und Querrichtung in verschiedenen Formen (Senkungen, Hebungen) und teilweise in sehr kurzen Abständen auf. Insbesondere durch Wurzelhebungen verursachte Schäden zeigen sich stark progressiv. Mit einem Messverfahren (zum Beispiel einem Messfahrrad), das derartige Unebenheiten nur anhand einer Messlinie erfassen kann, wird dieser Oberflächenzustand nicht realitätsnah abgebildet. Hier ist ein Messverfahren zielführender, das eine dreidimensionale Abbildung der Oberfläche ermöglicht. Auch Längs- und Querrisse, Netzrisse und Risshäufungen sind typische Schäden auf Radwegen. Für alle Schadensmerkmale müssen die Erfassungsparameter für eine messtechnische Erfassung definiert und Qualitätsanforderungen hinsichtlich der Erfassungsgenauigkeit festgelegt werden.

Im nächsten Jahr soll auf Basis der Erkenntnisse ein Messfahrzeug aufgebaut und im Frühjahr 2023 sollen Messungen durchgeführt werden. Da bei der Erfassung des baulichen Zustandes von Radverkehrsanlagen verschiedene Messgrößen erfasst werden, ist für deren weitere Verarbeitung und Verschneidung ein geeignetes Datenformat zu entwickeln. Das stellt die wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung des Bewertungsverfahrens auf Basis der erhobenen Zustandsindikatoren im Forschungsprojekt dar.



**Messfahrzeug:** Erfassung von (Un-)Ebenheiten und Oberflächenschäden auf der gesamten Fläche des Radweges sowie von Merkmalen im Straßenraum (Lichtraum, Breite etc.)

**Measuring Vehicle:** Recording of (un)evenness and surface damage on the entire surface of the cycle path as well as characteristics in the road space (structure gauge, width, etc.)

*In order to be able to assess the structural condition and usability (riding comfort) as well as aspects of road safety, an essential component of the project is the deduction of condition indicators that are characteristic for cycle paths. The technical assessment of cycle paths commenced recently.*

*Damaged cycle paths show unevenness in longitudinal and transverse direction in different forms (subsidence, heave) and, in some cases, at very short intervals. Damage caused by root heave in particular appears to be highly progressive.*

*With a measuring method (e.g. measuring bicycle), which can only detect such unevenness on the basis of a measuring line, this surface condition is not mapped realistically. It is more effective to use a measuring method that allows a three-dimensional representation of the surface. Longitudinal and transverse cracks, net cracks and crack clusters are also typical damage on cycle paths. For all damage characteristics, the recording parameters for a metrological recording have to be defined, along with quality requirements with regard to the recording accuracy.*

*Next year, a measuring vehicle is to be set up on the basis of the findings. Measurements are to be carried out in the spring of 2023. Since different measured variables are recorded during the recording of the structural condition of cycling facilities, a suitable data format needs to be developed for their further processing and intersection. This is the essential prerequisite for the development of the assessment procedure on the basis of the collected condition indicators within the research project.*



Prof. Ringbeck



# KAMÄLEON

Konstruktiv adaptive Mobilität bei Leichtfahrzeugen durch dynamische Fahrzeuganpassung mit KI-basierter multisensorischer Umfelderkennung  
*Constructively Adaptive Mobility for Light Vehicles through Dynamic Vehicle Adaptation with AI-based Multisensory Environment Detection*

**Projektleitung/Project Manager** | Prof. Dr.-Ing. T. Ringbeck, ringbeck@fh-aachen.de

**Mitarbeitende/Staff** | Yew Hon Ng M.Eng.

**Förderlinie/Funding line** | VDE/VDI Innovation + Technik GmbH

**Projektvolumen/Project volume** | 340.115 €

**ECSM-Forschungsschwerpunkt/Research area** | Digitalisierung der Mobilität/Digitalisation of Mobility

Die Elektrifizierung des Straßenverkehrs zeigt sich auch in den hohen Zuwachsraten bei alternativen E-Fahrzeugen, wie Elektrorollern und E-Bikes. Diese elektrisch angetriebenen Kleinfahrzeuge ermöglichen nicht nur eine differenziert angepasste Mobilität im urbanen Umfeld, sie können auch einen bedeutenden Beitrag zur Erhöhung der Luftqualität im Innenstadtbereich leisten. Im Vergleich zu E-Autos sind sie wegen der kleineren bewegten Massen zusätzlich auch noch wesentlich ökologischer. Für ältere Menschen oder auch bestimmte Gruppen körperlich eingeschränkter Personen werden mit diesen E-Fahrzeugen die Anreize und auch Möglichkeiten zur „Freiluftmobilität“ erst geschaffen.

Voraussetzung für eine breite Akzeptanz und Marktdurchdringung dieser Fahrzeugtypen und eine damit einhergehende ökologische und gesellschaftliche Wirkung ist, dass technische Ausstattung und technische Fähigkeiten sowie die Einsatzmöglichkeiten an die Bedürfnisse der potentiellen Gruppen von Nutzerinnen und Nutzern angepasst sind und diesen zu der angestrebten adaptiven und variablen Mobilität verhelfen.

Das Ziel des Projektes Kamäleon ist es daher, diese E-Leichtfahrzeuge (E-Dreiräder) technisch so zu modifizieren, dass sie sich – wie ein Chamäleon – an die Bedingungen der befahrenen Verkehrsfläche, an Variablen des Verkehrs (z. B. Fußgängerdichte), an das übergeordnete Verkehrsmittel (z. B. S-Bahn) oder weitere Bedingungen der Umgebung anpassen. Dies geschieht in erster Linie durch Anpassung der Höchst-

*The electrification of road traffic is also reflected in the high growth rates for alternative e-vehicles, such as electric scooters and e-bikes. These electrically powered small vehicles not only enable differentiated adapted mobility in the urban environment, they can also make a significant contribution to increasing air quality in the inner city area. Compared to e-cars, they are also much more ecological due to the smaller moving masses. For older people or also certain groups of physically impaired people, these e-vehicles create the incentives and also opportunities for "outdoor mobility" in the first place.*

*The prerequisite for broad acceptance and market penetration of these vehicle types and the associated ecological and social impact is that the technical equipment and capabilities as well as the possible applications are adapted to the needs of the potential user groups and help them achieve the desired adaptive and variable mobility.*

*The goal of the project Kamäleon is therefore to technically modify these e-light vehicles (e-tricycles) in such a way that they adapt – like a chameleon – to the conditions of the traffic area being travelled on, to traffic variables (e.g. pedestrian density), to the superordinate means of transport (e.g. suburban train) or to further conditions of the environment. This is done primarily by adjusting the maximum speed, but also by making other technical or equipment adjustments, such as folding rear-view mirrors or visual features for the status of the*



Einsatz der Fahrzeug- und Spurerkennungssoftware am Beispiel der Goethestraße  
 Use of vehicle and lane detection software using the example of Goethestraße

geschwindigkeit aber auch doch weitere Anpassungen technischer Art oder der Ausstattung, wie zum Beispiel klappbare Rückspiegel oder visuelle Merkmale für den Status des Fahrzeugs, um stets die Sicherheit zu gewährleisten und sich an die Besonderheiten der Umgebung anzupassen.

Technisch wird die Adaptivität über Sensoren (Bildsensoren, Time-of-Flight-Kameras) realisiert, die die Fahrumgebung mit ihren statischen und dynamischen Hindernissen erfassen. Mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz, wie sie auch bei autonomen Systemen eingesetzt werden, wird die befahrene Verkehrsfläche sowie andere Verkehrsteilnehmende in der Nähe automatisch erkannt und die Fahrzeugeigenschaften über die Software modifiziert. Über Software-Sicherungsmaßnahmen und sichere Steuergeräte wird sichergestellt, dass ein Missbrauch ausgeschlossen ist. Der aktuelle Fahrzustand wird über eine äußere Darstellung deutlich gemacht. Das erhöht entscheidend die Akzeptanz der anderen Verkehrsteilnehmenden und trägt zu einem gegenseitigen Vertrauen und zur friedlichen Koexistenz bei.

Zuzeit finden bereits Versuchsfahrten in Karlsruhe, Düsseldorf und in der Städteregion Aachen statt. Das Bild zeigt die Goethestraße in der Nähe vom „Alten Klinikumpark“ mit der Fahrzeug- und Spurerkennungssoftware.

*vehicle, in order to always ensure safety and adapt to the specifics of the environment.*

*Technically, adaptivity is realised via sensors (image sensors, time-of-flight cameras) that capture the driving environment with its static and dynamic obstacles. With the help of artificial intelligence methods, such as those used in autonomous systems, the traffic area being driven on and other road users in the vicinity are automatically recognised, and the vehicle characteristics are modified via the software. Software safeguards and secure control units ensure that misuse is ruled out. The current driving status is made clear via an external display. This decisively increases the acceptance of other road users and contributes to mutual trust and peaceful coexistence.*

*Currently, test drives are already taking place in Karlsruhe, Düsseldorf and in the Städteregion Aachen. The picture shows Goethestraße near the "Alter Klinikumpark" with the vehicle and lane recognition software.*



Prof. Herrmann



Dipl.-Ing. Teixeira  
Boura



Schwager, M.Sc.



Annepu, M.Eng.



Hahn, M.Sc.



Dipl.-Ing. Yousefpour  
Lazardjani

## PV-eCarPort

### Digitalisierter Photovoltaik-Energie-CarPort für großflächige Parkplätze *Digitalised Photovoltaic Energy CarPort for Large-scale Car Parks*

**Projektleitung/Project Manager** | Dipl.-Ing. Cristiano Teixeira Boura, boura@sj.fh-aachen.de mit/with | Prof. Dr.-Ing. U. Herrmann, ulf.herrmann@sj.fh-aachen.de; Christian Schwager M.Sc., schwager@sj.fh-aachen.de  
**Mitarbeitende/Staff** | Dr. Hemalatha Annepu M.Eng., Maria Hahn M.Sc., Peer Samuel M.Sc., Dipl.-Ing. Mani Yousefpour Lazardjani  
**In Zusammenarbeit mit/In collaboration with** | Solar Institut Jülich  
**Förderlinie/Funding line** | Zuwendungen des Landes Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014-2020 „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“  
**ECSM-Forschungsschwerpunkt/Research area** | Klima, Energie und Mobilität/Climate, Energy and Mobility

Im Projekt PV-eCarport entwickelt das Solar-Institut Jülich ein digitalisiertes Photovoltaik-Energie-Carport-System für großflächige Parkplätze. Das System besteht aus einer PV-Carport-Anlage, mehreren Ladesäulen sowie stationären und mobilen Batteriespeichern. Der Fokus der Entwicklungsarbeit liegt auf der Vernetzung der Teilsysteme und die Entwicklung einer digitalen Lösung für die Steuerung und das Energiemanagement der Anlage. Dadurch kann die Anlage nicht nur als solare Ladestation zum Laden von E-Fahrzeugen, sondern auch als virtuelles Kraftwerk zur Bereitstellung von Regelenergie genutzt werden.

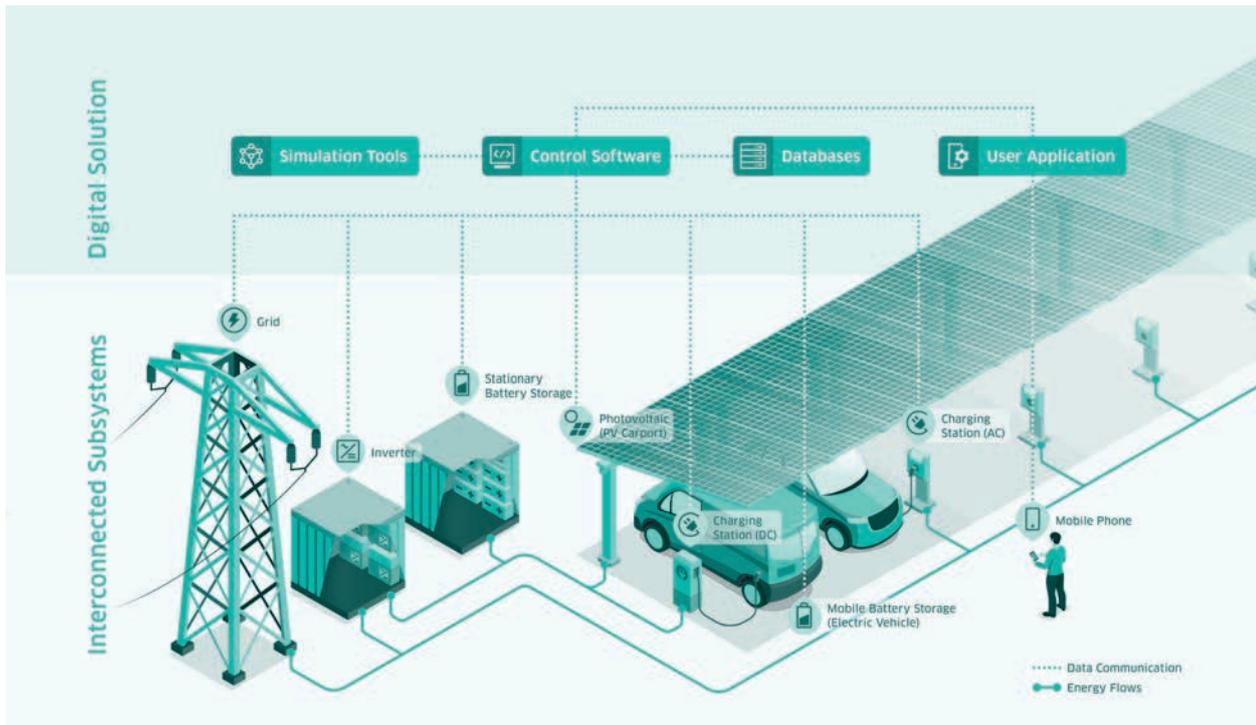
Darüber hinaus sollen die digitalisierten PV-eCarPort-Anlagen die unterschiedlichen Interessen der beteiligten Gruppen vereinen. Beispielsweise wird ein Unternehmen durch den Bau einer PV-eCarPort-Anlage auf seinem Park auch mit dem Eigenverbrauch des produzierten Solarstroms, zum Beispiel für das Laden der eigenen Firmenflotte, seine Stromkosten senken können.

Das Öffnen der Anlage für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bietet ihnen die Möglichkeit ihr Fahrzeug zeitlich flexibel und kostengünstig zu laden. Die individuellen Wünsche der Fahrzeughalterinnen und Fahrzeughalter, wie die Parkdauer oder gewünschte Ladekapazität, werden über ein mobiles Anwendungsprogramm (App) in die Anlagensteuerung einfließen. Die digitale Lösung inklusive der Steuerungssoftware wird nach Fertigstellung der Versuchsanlage

*In the PV-eCarport project, the Solar Institute Jülich is developing a digitalised photovoltaic energy carport system for large-scale car parks. The system consists of a PV carport facility, several charging columns as well as stationary and mobile battery storage units. The focus of the development work is on networking the subsystems and developing a digital solution for the control and energy management of the facility. In this way, it can be used not only as a solar charging station for e-vehicles, but also as a virtual power plant for the provision of balancing energy.*

*Furthermore, the digitalised PV-eCarPort systems are intended to unite the different interests of the groups involved. By building a PV-eCarPort facility on its parking lot, for example, a company will not only make a contribution to climate protection, but will also be able to reduce its electricity costs through own consumption of the solar power generated, such as for charging its own company fleet.*

*Opening the facility to employees gives them the opportunity to charge their vehicles flexibly and at low cost. The individual wishes of the vehicle owners, such as the parking duration or desired charging capacity, will be incorporated into the system control via a mobile application programme (app). The digital solution including the control software will be tested after completion of the test facility (Q3/2022) in the parking space of an FH Aachen building at Brainergy Park Jülich.*



Konzept des PV-eCarport | Concept of PV-eCarport

(Q3/2022) auf dem Stellplatz eines Gebäudes der FH Aachen im Brainery Park Jülich getestet.

Vor Beginn der Softwareentwicklung und dem Bau der Versuchsanlage wurden eine Markt- und Lieferkettenanalyse, eine Potenzialstudie sowie eine Fallstudie mit verschiedenen Parkplatztypen durchgeführt.

Das Ziel der Marktanalyse ist es ein umfassendes Bild der Marktsituation zu erstellen. Da das Projekt darauf ausgelegt ist die Grundlagen für eine Ausgründung zu schaffen, liegt der Fokus der Marktanalyse auf der Technologieübersicht und der Auswahl geeigneter Konzepte sowie den rechtlichen Rahmenbedingungen. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden verschiedene Geschäftsmodelle betrachtet und fortlaufend während des Projekts wird eine geeignete Roadmap erarbeitet.

In der Potenzialstudie wurden mit einer Open Source Geoinformationssystem (GIS) Software die potenziellen Parkplatzflächen in Nordrhein-Westfalen (NRW), die für die Aufstellung von PV-eCarport-Anlagen in Frage kommen, ermittelt. Die Grundlage der Analyse bilden geografische Open-StreetMap (OSM)-Daten für Parkplatzfreiflächen der Firma Geofabrik.

Anhand der Ergebnisse wurden die Parkplätze, bezogen auf ihre Fläche und örtlichen Nähe zu Klein-, Mittel- und Großstädten, kategorisiert. Mit weiteren GIS-Daten, wie beispielsweise dem Global Solar Atlas, wurde das theoretische solare Potenzial der vorhandenen Flächen analysiert. Des Weiteren wurde in einer

*Before the start of the software development and the construction of the test facility, a market and supply chain analysis, a potential study as well as a case study with different car park types were conducted.*

*The aim of the market analysis is to create a comprehensive picture of the market situation. Since the project is designed to create the basis for a spin-off, the focus of the market analysis is on the technology overview and the selection of suitable concepts as well as the legal framework conditions. Based on these findings, various business models were examined while a suitable roadmap is being drawn up on an ongoing basis during the project.*

*In the potential study, the potential car park areas in North Rhine-Westphalia (NRW) that qualify for the installation of PV-eCarport systems were determined using Open Source Geographic Information System (GIS) software. The analysis is based on OpenStreetMap (OSM) geographic data for open car park areas from the company Geofabrik.*

*Based on the results, the car parks were categorised according to their surface area and local proximity to small, medium and large cities. With further GIS data, such as the Global Solar Atlas, the theoretical solar potential of the existing surface areas was analysed. Furthermore, the degree of land utilisation, the alignment of the PV-eCarports and the evaluation of the shading were carried out in a sample of*



OpenStreetMap Datenverarbeitung in der Open Source Software QGIS.  
**Links:** NRW; **Mitte:** Bereich Jülich; **Rechts:** Parkplatz der FH Aachen Campus Jülich  
 OpenStreetMap data processing in the open source software QGIS.  
**Left:** NRW; **Centre:** Jülich area; **Right:** Car park of FH Aachen Campus Jülich.

Stichprobe von 100 Parkplatzflächen die Ermittlung des Flächennutzungsgrades, die Ausrichtung der PV-eCarports und die Bewertung der Verschattung durchgeführt, um den möglichen jährlichen Solarertrag für PV-eCarports auf den Parkplatzfreiflächen in NRW abzuleiten.

In der Fallstudie wurden drei charakteristische Fälle definiert, für die eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchzuführen ist. Die Vorgehensweise der Analyse jedes Falls umfasst drei Schritte:

1. Belegung der Parkplätze mit PV-Module und Erstellung eines Modells dessen in der Planungs- und Simulationssoftware PVSol
2. Recherche und Annahme sinnvoller Eckdaten für die Simulation: Ladezeiten, Fahrzeugtypen und maximale Anzahl der Elektrofahrzeuge, die Höhe umliegender Gebäude sowie der Eigenbedarf bzw. das Stromlastprofil des Parkplatzes Eigentümers
3. Vorläufige Bestimmung technisch optimaler Anlagenkonfiguration anhand Autarkiegrade

Auf Basis der Eckdaten werden Simulationen für verschiedene Anlagenkonfigurationen, beispielsweise für unterschiedliche Batteriegrößen oder eine variierende Anzahl von zu ladenden Elektrofahrzeugen, durchgeführt. Hieraus entsteht eine vorläufige technisch optimale Konfiguration, die wiederum auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht und iterativ angepasst wird.

100 car park areas in order to determine the possible annual solar yield for PV-eCarports on the open car park areas in North Rhine-Westphalia.

In the case study, three characteristic cases were defined for which an economic feasibility analysis is to be carried out. The procedure for the analysis of each case comprises three steps:

1. Occupancy of the parking spaces with PV modules and creation of a model of these in the planning and simulation software PVSol.
2. Researching and assuming useful key data for the simulation: charging times, vehicle types and maximum number of electric vehicles, the height of surrounding buildings as well as the car park owner's own demand or electricity load profile.
3. Preliminary determination of technically optimal facility configuration based on degrees of self-sufficiency.

Based on the key data, simulations for different system configurations are carried out, for example for different battery sizes or a varying number of electric vehicles to be charged. From this, a preliminary technically optimal configuration is developed, which in turn is examined for its economic feasibility and iteratively adapted.



Auslegung von Parkplätzen in der Simulationssoftware PVSol.

**Links:** Parkplatz der FH Aachen Campus Jülich; **Rechts:** Parkplatz des DHL Depots Aachen  
 Design of parking spaces in the PVSol simulation software.

**Left:** Car park of FH Aachen Campus Jülich; **Right:** Car park of the DHL Depot Aachen

In der folgenden Abbildung sind die Hauptkomponenten der digitalen Lösung zu sehen. Die Kommunikation der drei Tools (Steuerungssoftware, Simulationsmodell und Handy Applikation) erfolgt über die Datenbank.

Die Innovation des Systems liegt in der Einbindung der Wetterprognosedaten und Kundenwünsche in die Simulation. Das Modell simuliert die Energieflüsse für die kommenden Stunden unter Verwendung der Fahrzeugbatterien als Kurzzeitspeicher für die elektrische Energie. Durch die Einbindung der zusätzlichen Speicherkapazitäten kann auf Fluktuationen im Netz reagiert und eine netzdienliche Anlagenfahrweise angestrebt werden.

*The following figure shows the main components of the digital solution. The three tools (control software, simulation model and mobile phone application) communicate via the database.*

*The innovation of the system is in the integration of weather forecast data and customer wishes into the simulation. The model simulates the energy flows for the coming hours using the vehicle batteries as short-term storage units for electrical energy. By integrating the additional storage capacities, it is possible to react to fluctuations in the grid and to aim for a grid-serving operation of the facility.*

# Ausstattungen und Labore *Equipment and Laboratories of the ECSM Institute*

Das ECSM verfügt durch die Beteiligung der Fachbereiche 2, 5, 6 und 8 sowie dem SIJ über ein breites Leistungsspektrum in Form von Ausstattungen und Laboren, um ganzheitliche Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen im Themenkomplex nachhaltige Mobilität zu betreiben.

*Thanks to the participation of the Faculties 2, 5, 6 and 8 as well as the SIJ, the ECSM has a wide range of services in the form of equipment and laboratories to provide holistic research and development services in the field of sustainable mobility.*

## Labor für 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 Prüfstrom 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 Prüfströme 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 Prüflinge 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.

## Laboratory for Vehicle Electronics and EMC

*The Laboratory for Vehicle Electronics and EMC has a wide range of equipment for the standard-compliant investigation of the electromagnetic compatibility (EMC) of electronic vehicle assemblies. In detail, the following measuring stations are available:*

- > **BCI measuring station** | *Test of radiated immunity of control units and sensors according to ISO 11452-4 up to 400 MHz with up to 200 mA interference.*
- > **Interference voltage pulses according to ISO 7637** | *Investigation of the conducted and capacitive immunity to the interference voltage pulses specified in ISO 7637. Most tests can also be carried out in the 24 V vehicle electrical system. Depending on the test pulse, the maximum EUT current is 5 A.*
- > **Conducted interference voltage and current measurement** | *Determination of emission of electronic subassemblies according to CISPR 25. Both the interference current and the interference voltage can be measured. The existing network simulations allow EUT currents up to 200 A.*
- > **ESD measuring station** | *Verification of interference immunity to electrostatic discharge (ESD). The usual RC combinations and different test probes can be used. The maximum test voltage is 25 kV.*

*The hardware and software necessary for the analysis and monitoring of the test items is largely available. In addition to suitable oscilloscopes, with up to 4 GHz bandwidth, including optically decoupled probes up to 100 kHz bandwidth, an optically decoupled CAN bus interface for monitoring and corresponding CAN analysis tools are available. In addition, an EM nearfield scanner from EMSCAN Inc. is available for investigating the near-field characteristics of circuits. With this tool, it is possible to analyse EMC problems and verify the remedial measures even without normative field strength measurements.*

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

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. M. 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:

*For the simulative investigation of radio wave propagation and EMC problems, licenses of the software packages WinProp and FEKO from Altair are available.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. M. Hillgärtner  
hillgaertner@fh-aachen.de

## Automotive Engineering Laboratory (ATLab)

*The technical equipment of the Automotive Engineering Laboratory comprises several components, which are described in detail below.*

### **Crash sled system up to 80 km/h**

*This system is used to determine deformations from dynamic compression and bending tests and, ultimately, serves to confirm results from FEM simulations or as a functional check of components. The special features of the crash sled system are:*

- > *Highest accuracy through precise slide guidance*
- > *Variable test setups*
- > *High repetition accuracy*

### **Mechanical tension-compression test bench**

*A further component of the laboratory is the test bench for determining deformations from quasi-static compression, bending, torsion and tensile tests to verify results from FEM simulations or as a functional check of components. The special features of the mechanical tension-compression test bench are:*

- > *Transmission of very high forces*
- > *Highest accuracy due to 4-column guidance*
- > *Implementation of exceptionally high travel ranges*

*The **servohydraulic fatigue test bench** is used for static and dynamic material and component testing for tensile, compression and bending tests with static and rapid loading. Furthermore, vibration tests in the threshold and alternating load range are possible.*

*From vehicle development to the finished prototype, the “**vehicle and body construction**” area of the Automotive Engineering Laboratory offers various services:*



- > 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. Röth, roeth@fh-aachen.de

## Dieselmotorenprüfstand für die Abgasnachbehandlung am Solar-Institut Jülich

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

- > Research and Benchmark
- > Vehicle concepts
- > Design and component production
- > Simulation, calculation, testing and evaluation

The Automotive Engineering Laboratory of FH Aachen also has a **3D printer ZPrinter 450**, which is used to build three-dimensional, coloured demonstrators for design and functional testing.

A further equipment feature is the **2250I climate chamber** (-75°C to 180°C) which can be used to determine temperature- and/or moisture-dependent material and component properties and analyse them according to the desired cycle. The special feature of the system is the large test chamber and temperature range.

With the help of an **acoustic chamber**, acoustic component properties such as damping or absorption can be determined in the Automotive Engineering Laboratory. The special features of this acoustic chamber are:

- > Chamber with transmitter and receiver side
- > Variable partition walls closed or with defined openings (keyhole effect)

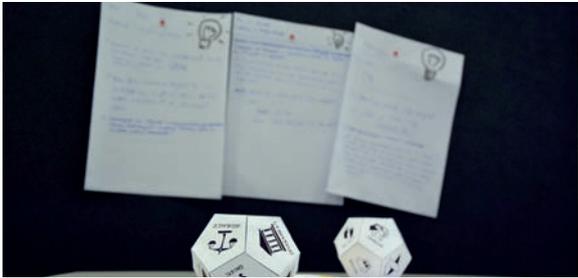
The **Ca<sub>x</sub> equipment** covers the application areas of construction, simulation, design and calculation. In this context, the laboratory has design and calculation software for all questions relating to vehicle development as well as a 60CPU cluster for crash calculations.

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Röth  
roeth@fh-aachen.de

## Diesel Engine Test Bench for Exhaust Aftertreatment at the Solar Institute Jülich

Intelligent waste heat utilisation, in combination with an efficient and reliable exhaust gas purification system, are the key to innovative exhaust gas technology.

The Solar Institute Jülich (SIJ) has been working on this task in publicly funded projects since 2004. Due to convincing research work in several publicly funded projects, the SIJ was granted a new engine



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. Seit 2016 steht dem Solar-Institut Jülich der FH Aachen auf dem Campus Jülich ein dem neusten technischen Standard entsprechender Diesel-Motorenprüfstand für die Forschung und Entwicklung zur Verfügung. Die folgenden Schwerpunkte werden abgedeckt:

- > **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 zum Beispiel 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 Forschungsansätze 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. Herrmann  
ulf.herrmann@sij.fh-aachen.de

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

Im m<sup>2</sup>c lab werden unter der Leitung von Prof. Ritz 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 Elektro-

test bench at the Jülich site by the German Research Foundation (DFG) within the framework of the "Forschungsgroßgeräte" (Large Research Equipment) programme, pursuant to article 91b GG. The research projects carried out at the location strengthen, above all, FH Aachen's declared research priorities of mobility and energy. Since 2016, the Solar Institute Jülich of FH Aachen has had a state-of-the-art diesel engine test stand for research and development at its disposal on the Jülich campus. The following focus areas are covered:

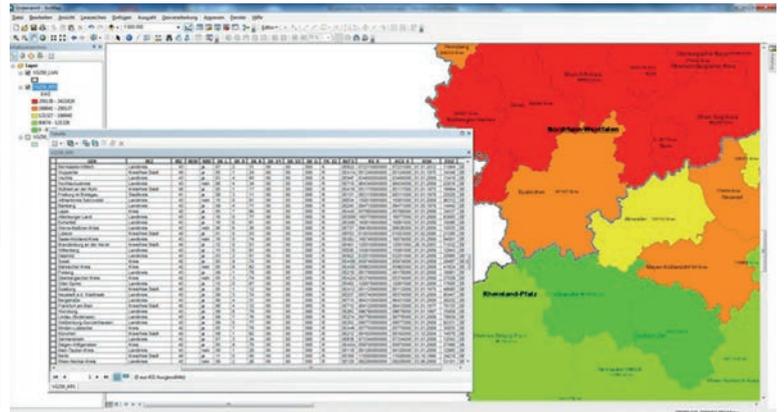
- > **Innovative diesel particulate filters (DPF):** Exhaust gas after treatment to reduce soot emissions
- > **SCR mixer/SCR catalysts:** Analysis of concentration profiles to optimise flow and reaction processes
- > **Components for heat recovery** with ceramic structures (focus on high temperatures and chemically robust systems and materials/coatings)

For many years, the Solar Institute Jülich has been a reliable research partner for industrial companies and research institutions such as the German Aerospace Center (DLR). Many years of experience in the application and successful implementation of publicly funded projects as well as practical orientation and the development of new research approaches, together with the cooperating companies, characterise SIJ. With its state-of-the-art infrastructure, SIJ also serves as a contractor for research questions of the industry.

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Herrmann  
ulf.herrmann@sij.fh-aachen.de

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

In the m<sup>2</sup>c lab, innovative, interactive systems are designed and developed under the leadership of Professor Ritz, with the focus on mobile solutions. The competences in the fields of usability engineering, innovation and creativity management, mobile information systems, eCommerce and electromobility are applied to both public funding and industrial projects. The equipment includes a conventionally operated vehicle, an electric vehicle, a simple driving



fahrzeug, ein einfacher Fahrsimulator, eine Eyetracking-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. 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, Fahrplanbearbeitungssystem
- > 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

simulator, an eye tracking system, all common mobile device platforms as well as corresponding development environments. Furthermore, the laboratory has a mobile usability lab as well as a mobile usability training lab for a maximum of eight participants.

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Ritz  
ritz@fh-aachen.de

## Laboratory of Urban and Traffic Planning

The laboratory in the subject area Transportation and Infrastructure Planning at the Faculty of Civil Engineering has a wide range of instruments for the design of traffic facilities, for the examination and optimisation of traffic flows, for the prognosis and handling of traffic volumes as well as for impact analysis:

- > VestraCad - Routing of roads as ACAD add-on
- > PROVI - Routing of roads and rails as ACAD attachment
- > Autoturn - Simulation of trailing curves as ACAD attachment
- > CARD - Routing of roads and rails
- > VISUM - Macroscopic traffic flow simulation
- > VISSIM - Microscopic traffic flow simulation
- > MapInfo, ArcGIS, QGIS - Geoinformation system
- > RLus - Calculation of air pollutants from road traffic
- > ANKE, FAKTUS, SLS, FBS - Analytical investigation of railway lines, timetable processing system
- > KNOSIMO - Traffic quality of intersections
- > KREISEL - Traffic quality of roundabouts
- > KNOBEL - Traffic quality of intersections
- > AMPEL - Calculation of LSA systems (with and without coordination)

The range of services covers the entire spectrum of research and development in the field of traffic concepts, traffic infrastructure, mobility and traffic management as well as the simulation of traffic on a microscopic and macroscopic level.

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel  
hebel@fh-aachen.de

## Labor für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik

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 Ventilansteuerung (in Aachen)
- > Einzylinder-Forschungsmotor mit umfangreicher Abgasanalytik (in Melbourne)
- > Vier Motorenprüfstände mit Konditioniersystemen für Kühlmittel-, Öl- und Ansaugvolumenströme
- > Fahrzeugrollenprüfstand zur instationären 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 Abgasstrakt (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 Forscherinnen und 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).

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Arbeiten der Forschungsgruppe fanden bislang Eingang sowohl in Promotionsverfahren mit der RWTH Aachen als auch

## Laboratory for Combustion Engines and Combustion Technology

*The laboratory in the subject area Thermodynamics and Combustion Technology at the Faculty of Aerospace Engineering has various modern research facilities for the development of current and future propulsion systems:*

- > *Single cylinder research engine with variable electromagnetic valve control (in Aachen)*
- > *Single-cylinder research engine with extensive exhaust gas analysis (in Melbourne)*
- > *Four engine test benches with conditioning systems for coolant, oil and intake volume flows*
- > *Vehicle roller test bench for transient exhaust emission and fuel consumption measurement*
- > *Vehicle test track for driving performance measurements and coasting tests*
- > *Combustion chamber test bench for combustion system analyses*
- > *Further laboratories and workshops to support the test bench operation*

*With CAE tools, linear and non-linear (single- and multi-dimensional) calculation of the flow processes in the combustion chamber and in the intake and exhaust gas tract (CFD) can be carried out by coupling reaction-kinetic combustion models. In cooperation with the Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT), further research facilities are available which can be used for joint research projects. In the RMIT “Green Lab”, researchers have access to a constant-volume high-pressure cell with optical access, which allows free variation of the ignition/injection environment conditions. This makes a fundamental optical analysis of the combustion and injection processes of liquid and gaseous fuels using streaks, PIV and LIF technologies possible as well as a characterisation of the turbulence and subsequent flame propagation inside the combustion chamber (PDPA, PIV, P-sensor).*

*The scientific results of the research group's work have so far found their way into doctoral examination procedures with RWTH Aachen University as*

in über 300 Diplom-, Bachelor- und Masterabschlussarbeiten.

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

## Labor im Bereich Bahnsystemtechnik

Das Labor für Bahnsystemtechnik wurde im Rahmen des Studiengangs Schienenfahrzeugtechnik (B.Eng.) an der FH Aachen im Jahr 2010 eingerichtet. Zur Ausstattung des Labors gehören eine Stellwerkssimulation mit vier Arbeitsplätzen, ein Führerstandsimulator und eine Modellbahn, die mit einer SpDrS60-Stellwerksimulation gesteuert wird.

### **Führerstandsimulator**

Der Führerstandsimulator setzt sich aus einem Einheitsführerstand, einem Trainerarbeitsplatz und einer Verkehrssimulation zusammen. Er wird neben der Ausbildung und Lehre, wie zum Beispiel im Modul Leit- und Sicherungstechnik, auch auf Messen und in Forschungs- und Entwicklungsprojekten eingesetzt. Die Möglichkeit, mit dem Trainerarbeitsplatz in den Simulationsablauf einzugreifen, macht die Anwendung sehr komfortabel und flexibel.

### **Stellwerksimulation**

Mithilfe der Simulation eines elektronischen Stellwerks (ESTW) können verschiedene sicherungstechnische und betriebliche Zusammenhänge aus der Sicht eines Fahrdienstleiters veranschaulicht werden. Die Simulation umfasst vier Arbeitsplätze für Studierende und wird unter anderem im Modul Leit- und Sicherungstechnik eingesetzt.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning  
enning@fh-aachen.de

## Labor im Bereich Schienenfahrzeugantriebe

Im Labor für Schienenfahrzeugantriebe können an verschiedenen elektrischen Maschinen und Umrüchtern Untersuchungen unter anderem zu Energieeffizienz, Regelungsalgorithmen und Bremsenergieerückspeisung durchgeführt werden. Dazu stehen zwei

*well as into more than 300 Diplom, Bachelor's and Master's theses.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Thomas Esch  
esch@fh-aachen.de

## Laboratory in the Field of Railway Systems Engineering

*The Laboratory for Railway Systems Engineering was set up in 2010 as part of the Railway Vehicle Engineering (B.Eng.) degree programme at FH Aachen. The equipment of the laboratory includes an interlocking simulation with four workstations, a driver's cab simulator and a model railway controlled by an SpDrS60 interlocking simulation.*

### **Driver's cab simulator**

*The driver's cab simulator consists of a standardised driver's cab, a trainer's workstation and a traffic simulation. It is used for training and teaching purposes, e.g. in the control and safety technology module, as well as at trade fairs and in research and development projects. The possibility to intervene in the simulation process with the trainer's workstation makes the application very convenient and flexible.*

### **Interlocking simulation**

*The simulation of an electronic interlocking (ESTW) can be used to illustrate various safety and operational relationships from the perspective of a train dispatcher. The simulation comprises four workstations for students and is used, among other things, in the control and safety technology module.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning  
enning@fh-aachen.de

## Laboratory in the Field of Rail Vehicle Drives

*In the laboratory for rail vehicle drives, investigations on various electrical machines and converters can be conducted with regard to, among other things, energy efficiency, control algorithms and brake energy regeneration. For this purpose, two mechanically coupled series-wound machines with 700 kW output each, freely configurable con-*

mechanisch gekuppelte Reihenschlussmaschinen mit je 700 kW Leistung, frei konfigurierbaren Umrichtern sowie eine umfangreiche Ausstattung mit Messtechnik zur Verfügung.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Bernd Schmidt  
b.schmidt@fh-aachen.de

## Labor im Bereich Schienenfahrzeugtechnik

Das Labor Schienenfahrzeugtechnik arbeitet schwerpunktmäßig in den Bereichen assistiertes, automatisiertes und autonomes Fahren. Zu den spezifischen Einrichtungen zählen neben mehreren Workstations für numerische Simulationen und CAD auch Messtechnik und Handarbeitsplätze.

### **Autonomes und automatisiertes Fahren**

Hier können Versuche mit der Modelllokomotive im Maßstab 1:5 auf der mobilen Gleisanlage durchgeführt werden. Sie verfügt über vier permanent erregte Synchronmotoren, eine Federspeicherbremse sowie umfangreiche Sensorik und Steuerungstechnik. Vorteil der Versuche im reduzierten Maßstab sind verkürzte Vorbereitungszeiten sowie reduzierte Kosten der Versuche.

### **Druckluft- und Bremstechnik**

Neben in der Lehre eingesetzten didaktischen Aufbauten stehen Druckluftherzeuger der Firma Dürr sowie eine Lokomotiv-Bremstafel zur Verfügung. Der Aufbau eines Bremsprüfstands für einen vierteiligen Zug mit Bremse nach UIC/TSI ist vorgesehen. Für Untersuchungen im Bereich Brems-Blending und regeneratives Bremsen steht ein kombinierter Antriebs- und Bremsprüfstand im Maßstab 1:5 zur Verfügung.

### **Lebensdaueranalyse**

Das Lebensdauerverhalten von Bauteilen bis zu einer Masse von 20 kg kann mit dem elektrodynamischen Shaker der Firma „MB dynamics“ bei Beschleunigungen von bis zu 30 g geprüft werden, also beispielsweise nach der DIN EN 61373 für Anbringung an Wagenkasten und Drehgestellrahmen.

**Laborleitung** | Prof. Dr. Raphael Pfaff  
pfaff@fh-aachen.de

*verters and extensive equipment with measuring technology are available.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Bernd Schmidt  
b.schmidt@fh-aachen.de

## Laboratory in the Field of Rail Vehicle Technology

*The Rail Vehicle Technology Laboratory works mainly in the areas of assisted, automated and autonomous driving. The specific facilities include several workstations for numerical simulations and CAD as well as measurement technology and manual workstations.*

### **Autonomous and automated driving**

*Here, experiments with the model locomotive on a scale of 1:5 can be carried out on the mobile track system. It has four permanently excited synchronous motors, a spring-loaded brake and extensive sensor and control technology. The advantages of the tests on a reduced scale are shorter preparation times and reduced costs of the tests.*

### **Compressed air and brake technology**

*In addition to the didactic setups used in teaching, compressed air generators from the Dürr company and a locomotive brake panel are available. The installation of a brake test bench for a four-part train with brakes according to UIC/TSI is planned. A combined drive and brake test bench on a scale of 1:5 is available for investigations in the field of brake blending and regenerative braking.*

### **Service life analysis**

*The service life behaviour of components with a mass of up to 20 kg can be tested with the electrodynamic shaker from the company "MB dynamics" at accelerations of up to 30 g, for example in accordance with DIN EN 61373 for attachment to the car body and bogie frame.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr. Raphael Pfaff  
pfaff@fh-aachen.de



## Labor für Luftfahrzeugtechnik

Das Labor für Luftfahrzeugtechnik beschäftigt sich mit der Vorauslegung von hybriden und vollelektrischen Flugzeugen. Im Fokus der Betrachtung stehen hierbei insbesondere kurz- und senkrechtstartende Konfigurationen, wie sie beispielsweise in zukunftsweisenden, luftgebundenen Mobilitätskonzepten untersucht werden. Zu diesem Zweck erarbeitet das Labor für Luftfahrzeugtechnik eigene computergestützte Vorauslegungsmethodiken, welche kontinuierlich erweitert werden.

Darüber hinaus liegt ein weiterer Themenschwerpunkt in der Auslegung von Leichtbaustrukturen der Luftfahrt sowie der aeroelastischen Betrachtung eben solcher. Das Labor untersucht die aeroelastischen Auswirkungen von elektrifizierten Antriebssträngen auf möglicherweise ummantelte Propeller. Auch hierzu werden Vorauslegungsmethodiken erarbeitet. Die Untersuchung der aeroelastischen Auswirkungen verteilter Antriebe auf die Tragflügel- und Rumpfstruktur ist hierbei eingeschlossen. Im Labor für Schwingungstechnik und Leichtbau besteht außerdem die Möglichkeit, Luftfahrtstrukturen und -komponenten festigkeits- und schwingungstechnisch zu analysieren, zu qualifizieren und zu optimieren. Die menschliche Wahrnehmung und Emission von Fluglärm, insbesondere von neuartigen Luftfahrzeugkonfigurationen wie Drohnen oder Kleinflugzeugen, bilden den dritten Kompetenzbereich des Labors für Luftfahrzeugtechnik.

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Carsten Braun  
c.braun@fh-aachen.de

## Labor für Elektronik und Halbleiterschaltungstechnik

Das Labor für Elektronik und Halbleiterschaltungstechnik verfügt über eine umfangreiche Ausstattung für die Analyse elektronischer Systeme und Sensoren. Im Einzelnen stehen folgende Messplätze zur Verfügung:

- > **12,5 GHz Echtzeitoszilloskop (MSO71254C)**
  - > Hohe Bandbreite zur Messung schneller Signale
  - > Niedriges Jitter für präzise Phasenmessungen

## Laboratory for Aircraft Technology

*The Laboratory of Aircraft Technology deals with the preliminary design of hybrid and fully electric aircraft. In particular, the focus is on short and vertical take-off configurations, such as those being investigated in forward-looking, airborne mobility concepts. For this purpose, the Laboratory of Aircraft Technology develops its own computer-aided pre-design methods, which are continuously being expanded.*

*In addition, a further focus is on the design of lightweight structures in aviation and the aeroelastic analysis of such structures. The laboratory investigates the aeroelastic effects of electrified drive trains on possibly shrouded propellers. For this purpose, design methodologies are developed as well. This includes the investigation of the aeroelastic effects of distributed propulsion systems on the wing and fuselage structure. The Laboratory for Vibration Control and Lightweight Design also offers the opportunity to analyse, qualify and optimise aerostructures and components in terms of strength and vibration.*

*The human perception and emission of aircraft noise, in particular of novel aircraft configurations such as drones or small aircraft, form the third area of competence of the Laboratory of Aircraft Technology.*

**Head of Laboratory** | Prof. Dr.-Ing. Carsten Braun  
c.braun@fh-aachen.de

## Laboratory for Electronics and Semiconductor Circuit Technology

*The Electronics and Semiconductor Circuit Technology Laboratory has extensive equipment for the analysis of electronic systems and sensors.*

*Specifically, the following measuring stations are available:*

- > **12.5 GHz real-time oscilloscope (MSO71254C)**
  - > High bandwidth for measuring fast signals
  - > Low jitter for precise phase measurements

- > Vergleich schneller elektrischer und optischer Signale durch optische Sonde
- Das Messgerät eignet sich besonders für die Analyse von Time-of-Flight Sensoren.

> **70 GHz Samplingoszilloskop (DSA8300 von Tektronix)**

- > Extrem niedriger Jitter < 100fs
- > Sehr niedriger Systemrauschpegel (450V typ. bei 60GHz)

Für eine äußerst genaue Gerätecharakterisierung bietet die DSA8300-Serie umfassende Unterstützung für optische Kommunikationsstandards, Zeitbereichsreflektometrie und S-Parameter. Das Digital Sampling Oscilloscope DSA8300 ist eine vollständige Hochgeschwindigkeits-PHY-Layer-Testplattform für die Datenkommunikation.

> **Spektrum Analyzer bis 6,2GHz (RSA306)**

- > Frequenzbereich 9kHz bis 6,2 GHz
- > Dynamikbereich -160dBm bis 20dBm
- > Echtzeitbandbreite 40MHz

> **Temperaturkammer -70°C bis +180°C**

- > Vötsch Heraus HT7004
- > Temperaturbereich -70°C bis 180°C
- > Kammergröße 320 x 270 x 400 (h) mm
- > Leistung 2Kw

> **Messschiene zur Abstandsmessung 5m**

- > Ist/Soll-Kennlinie von Abstandssensoren (Mikrowelle, Optische, Schall)
- > Länge: 5m
- > Wiederholgenauigkeit: 0,2mm

> **Digitalmikroskop VHX-7000**

- > Analyse und Qualitätskontrolle kleinster elektronischer Baugruppen
- > Direkte Kameraanalyse ohne Okular
- > Vergrößerung bis zu 2500-fach
- > Perfekte Tiefenschärfe durch Verfahrenheit
- > 3D Aufnahmen

**Laborleitung** | Prof. Dr.-Ing. Thorsten Ringbeck  
ringbeck@fh-aachen.de

- > *Comparison of fast electrical and optical signals by optical probe*

*The measuring instrument is particularly suitable for the analysis of time-of-flight sensors*

> **70 GHz sampling oscilloscope (DSA8300 from Tektronix)**

- > *Extremely low jitter < 100fs*
- > *very low system noise level (450V typ. at 60GHz)*

*For highly accurate device characterisation, the DSA8300 series offers comprehensive support for optical communication standards, time domain reflectometry and S-parameters. The DSA8300 Digital Sampling Oscilloscope is a complete high-speed PHY Layer testing platform for data communications.*

> **Spectrum Analyser up to 6.2GHz (RSA306)**

- > *Frequency range 9kHz to 6.2 GHz*
- > *Dynamic range -160dBm to 20dBm*
- > *Real-time bandwidth 40MHz*

> **Temperature chamber -70°C to +180°C**

- > *Vötsch Heraus HT7004*
- > *Temperature range -70°C to 180°C*
- > *Chamber size 320 x 270 x 400 (h) mm*
- > *Output 2Kw*

> **Measuring rail for distance measurement 5m**

- > *Actual/target characteristic curve of distance sensors (microwave, optical, sound)*
- > *Length: 5m*
- > *Repeatability: 0,2mm*

> **Digital microscope VHX-7000**

- > *Analysis and quality control of smallest electronic assemblies*
- > *Direct camera analysis without eyepiece*
- > *Magnification up to 2500x*
- > *Perfect depth of field due to traversing unit*
- > *3D images*

**Head of Laboratory** |

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Ringbeck  
ringbeck@fh-aachen.de

# Veranstaltungen und Vorträge

## Events and Lectures

Liste der Aktivitäten der ECSM-Mitglieder im Jahr 2021 (Auszug)  
List of events and lectures of ECSM members in 2021 (Extract)

<b>Datum</b> <b>Date</b>	<b>Mitglied</b> <b>Member</b>	<b>Tätigkeit</b> <b>Activity</b>	<b>Name der Veranstaltung</b> <b>Title of the event</b>	<b>Ort</b> <b>Venue</b>
13.03.2021	Hebel,C.	Vorbereitung und Moderation	1. StädteRegionale Mobilitätskonferenz, digital-Hub, Aachen	Digital
13.04.2021	Merkens, T.	Vortrag/Lecture: Why Public Transport and Electric Mobility are important	International Week 2021 Lorraine University UAS Nancy-Brabois	Digital
21.04.2021	Röth, T.; Laarmann, L.	Präsentation/Presentation SkyCab	Reallabor „Oecher Lab“	Aachen
21.+22.4.2021	Esch, T.	Moderation of Panel Discussion "University business cooperation from the industry perspective"	1st UNITED-SAIG INTERNATIONAL CONFERENCE "International Collaboration Towards Sustainable and Green Automotive Technology" Chulalongkorn University, Thailand	Digital
21.+22.4.2021	Merkens, T.; Hebel, C.	Vortrag/Lecture: Sharing mobility concepts - flexible, sustainable, smart	1st UNITED-SAIG INTERNATIONAL CONFERENCE "International Collaboration Towards Sustainable and Green Automotive Technology" Chulalongkorn University, Thailand	Digital
21.+22.4.2021	Schopen, O.; Kemper, H.; Esch, T.	Vortrag/Lecture: Development of a Comparison Methodology and Evaluation Matrix for Electrically Driven Compressors in ICE and FC	1st UNITED-SAIG INTERNATIONAL CONFERENCE "International Collaboration Towards Sustainable and Green Automotive Technology" Chulalongkorn University, Thailand	Digital
17.06.2021	Hebel, C.; Herrmann, U.; Ritz, T.; Röth, T.; Anthrakidis, A.; Franke, T. M.Eng., Merkens T.	Vortrag/Lecture: FlexSHARE - methodisches Framework zur innovativen Gestaltung der urbanen Mobilität durch Sharing Angebote	13. Wissenschaftsforum Mobilität	Digital
14.07.2021	Merkens, T.; Hebel, C.; Köppen, E.	Vortrag/Lecture: SkyCab. Science. Not Fiction	OecherDialog: „Intelligente Mobilität und Logistik“	Aachen
31.08.2021	Röth, T.; Laarmann, L.	Konferenzbeitrag/Presentation SkyCab	Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK)	Online (Bremen)

<b>Datum Date</b>	<b>Mitglied Member</b>	<b>Tätigkeit Activity</b>	<b>Name der Veranstaltung Title of the event</b>	<b>Ort Venue</b>
01.09.2021	Gerber, L.; Thoma, A.; Braun, C.	Vortrag/Lecture: Challenges and Limitations in the Conceptual Design of an eVTOL Aircraft	DLRK 2021	Online
02.09.2021	Braun, C.; Janser, F.; et al.	Vortrag/Lecture: On the Influence of Elasticity on Propeller Performance: A Parametric Study	DLRK 2021	Bremen
02.09.2021	Braun, C.; Janser, F.; et al.	Vortrag/Lecture: Aerodynamic Analysis of Swept Propeller with BET and RANS	DLRK 2021	Bremen
13.09.2021	Laarmann, L.; Thoma, A.; Braun, C.; Gerber, L.	Messestand/Exhibition stand FB6 – SkyCab	15. Tag der Luft und Raumfahrtregion	Aachen
26.09.2021	Braun, C.; Röth, T.;	Filmportrait/Film portrait SkyCab	Forschungspreis FH Aachen	Aachen
28.09.2021	Braun, C.	Podiumsdiskussion	Vorabend der Tage der deutschen Luftfahrtregionen	Mönchengladbach
04.10.2021	Laarmann, L.; Röth, T.	Posterpräsentation/Poster-presentation SkyCab	Aachener Colloquium for Sustainable Mobility	Aachen
25.10.2021	Braun, C.; Laarmann, L.	Missionsflug/Mission flight SkyCab	Testflug SkyCab	Mönchengladbach
25.10.2021	Laarmann, L.; Röth, T.	Präsentation/Presentation SkyCab	Ramsis User Conference	Aachen
24.11.2021	Röth, T.; Laarmann, L.	Vortrag & Messestand/Lecture & Exhibition stand SkyCab	Smart City Summit	Mönchengladbach
24.11.2021	Thoma, A.; Braun C.; et al.	Vortrag/Lecture: Investigating the performance dependency on the weight of different cost functions for the 3DVFH*	Australian International Aerospace Conference	Melbourne
30.11.2021	Böhnisch, N.; Braun C.; et al.	Vortrag/Lecture: A Building-Block Approach to Study Aeroelastic Instabilities for Unconventional Aircraft Configurations	Australian International Aerospace Conference	Melbourne
14.12.2021	Enning, M.; Pfaff, R.	Vortrag/Lecture: Grenzenlos in die Zukunft – ETCS in Deutschland und Europa	DMG-West-Seminar "Grenzenlos in die Zukunft – ETCS in Deutschland und Europa", Aachen	Digital
21.12.2021	Esch, T.; Potuschnik, N.; Schopen, O.	Vortrag/Lecture: UNITED – SAIG Webinar	Introduction to Fuel Cell System Technologies, Aachen	Digital

# Veröffentlichungen

## Publications

Liste der Veröffentlichungen der ECSM-Mitglieder im Jahr 2021 (Auszug)  
*List of Publications of ECSM Members in 2021 (extract)*

<b>Autor(en)</b> <b>Author(s)</b>	<b>Titel</b> <b>Title</b>	<b>Verlag/Projekt</b> <b>Publisher/Project</b>
Braun, C.; et al.	Aerodynamic Investigations of UAV Sensor Turrets - A Combined Wind-tunnel and CFD Approach	SciTech 2021, AIAA SciTech Forum, online, WW, Jan 11-15, 2021. (2021). Seite: 1 - 12
Braun, C.; et al.	Full configuration drag estimation of short-to-medium range fixed-wing UAVs and its impact on initial sizing optimization	CEAS Aeronautical Journal. (2021)
Esch, T.; et al.	Development of UTeM United Future Fuel Design Training Center under Erasmus+ United Program	ICE-SEAM 2021, The 7th International Conference And Exhibition On Sustainable Energy And Advanced Material, 23.11.2021
Esch, T.; et al.	Automated Control System Strategies to ensure Safety of PEM Fuel Cells using Kalman Filters	ICE-SEAM 2021, The 7th International Conference And Exhibition On Sustainable Energy And Advanced Material, 23.11.2021 Best Presentation Award
Hebel, C.; Merkens, T.	Sharing mobility concepts - flexible, sustainable, smart	Proceedings of the 1st UNITED - Southeast Asia Automotive Interest Group (SAIG). 2021. Seite: 43 - 44, ISBN/ISSN: 978-3-902103-94-9
Hebel, C.; Merkens, T., Feyerl, G.; Kemper, H.; Busse, D.	Elektromobilität - Verbundprojekt „COSTARtebus“: Comprehensive strategy to accelerate the integration of electric-buses into existing public transport systems - Teilprojekt A: Berichtszeitraum: 01.01.2018-31.10.2020	Hg. V. Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek. 2021

<b>Autor(en)</b> <b>Author(s)</b>	<b>Titel</b> <b>Title</b>	<b>Verlag/Projekt</b> <b>Publisher/Project</b>
Hebel, C.; Merkens, T.	MIT DEM LUFTTAXI ZUM BÄCKER? – Innovative Mobilitätskonzepte werden mit Bauingenieuren an der FH Aachen interdisziplinär entwickelt	KARRIERESTART YOUNG PROFESSIONALS BAUINGENIEURWESEN, Juni 2021, Seiten: 46-48, ISSN: 1618-8357
Jochim, H.; et al.	Analyse der Hochschulausbildung im Schienenverkehrssektor	Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (Hrsg.); Bericht des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung, Projektnummer 2021-12-G-1202
Pfaff, R.; et al.	SAMIRA – die smarte Rückfahrkamera für Rangierabteilungen	Deine Bahn, 11:28 – 32, 2021
Pfaff, R.; et al.	Simulation of Big Data from Railway Braking	Proceedings Eurobrake 2021, online, 2021
Blumenschein, M.; Babilon, K.; Pfaff, R.	Braking curves in railway shunting and implications for the development of sensor systems for autonomous shunting	Proceedings Eurobrake 2021, online, 2021
Blumenschein, M.; Babilon, K.; Schmidt, B.D.; Pfaff, R.	Use cases in autonomous shunting	Proceedings IRSA 2021, Aachen
Bistry, D.; Enning, M.; Wiesen, P.	Migration von Güterwagen 4.0 in den Schienengüterverkehr	Proceedings IRSA 2021, Aachen
Pfaff, R.	Business Cases der Bahn-Digitalisierung, veränderte Rollen und neue Qualifikationen	Proceedings Digital Rail, München, 2021
Weber, T.; et al.	Efficiency Enhancement for CFRP-Prepreg-Autoclave Manufacturing by Means of Simulation-assisted Loading Optimization	SAMPE Europe Conference 2021, Zürich



### **Impressum**

**Herausgeber** | Der Rektor  
FH Aachen | Bayernallee 11, 52066 Aachen  
www.fh-aachen.de

Der ECSM-Vorstand | Prof. Dr.-Ing. C. Hebel (Geschäftsführender Direktor), T. Merkens M.Eng., Prof. Dr.-Ing. T. Ritz (stellv. Geschäftsführender Direktor), Prof. Dr.-Ing. T. Esch

**Inhaltliche Konzeption und Redaktion** | Torsten Merkens M.Eng.

**Satz und Gestaltung** | Beate Behrendt – Mediengestaltung;  
Susanne Hellebrand, Stabsstelle für  
Presse-, Öffentlichkeitsarbeit und Marketing

**Übersetzung** | Monika Brinkmann, Stabsstelle für  
Presse-, Öffentlichkeitsarbeit und Marketing

**Bildnachweise** | FH Aachen

außer:

Titel: Blattstruktur: colourbox, Bild oben: FH Aachen, Thilo Vogel,  
2. Bild von oben: FH Aachen, Pressestelle, 2. Bild von unten: Daria  
Merkens

Seite 11: FH Aachen, Solar Institut Jülich

Seite 12: B&B-AGEMA GmbH

Seite 13: FH Aachen, Daniel Busse

Seite 22 links: Pölösky

Seite 22 rechts: IMechE

Seite 25 links: Fietserbond

Seite 25 rechts: Schniering GmbH

Seite 26 rechts: kicktrike.de

**Erscheinungsdatum** | Juli 2022

**Druck / Auflage** | Frank Druck + Medien / 350 Exemplare

### **Kontakt ECSM**

ECSM | European Center for Sustainable Mobility  
Bayernallee 9 | 52066 Aachen  
T +49. 241. 6009 51170  
ecsm@fh-aachen.de  
www.ecsm.fh-aachen.de



### **Imprint**

**Publisher** | The Rector  
FH Aachen | Bayernallee 11, 52066 Aachen  
www.fh-aachen.de

The ECSM Executive Board | Prof. Dr.-Ing. C. Hebel (Executive Director),  
T. Merkens M.Eng., Prof. Dr.-Ing. T. Ritz (Deputy Executive Director),  
Prof. Dr.-Ing. T. Esch

**Content conception and editing** | Torsten Merkens M.Eng.

**Design/Layout** | Beate Behrendt – Mediengestaltung;  
Susanne Hellebrand, Department of  
Public Relations and Marketing

**Translation** | Monika Brinkmann, Department of  
Public Relations and Marketing

**Picture credits** | FH Aachen

except:

Front page: Leaf Structure: colourbox; picture at the top: FH Aachen,  
Thilo Vogel; 2<sup>nd</sup> picture from the top: FH Aachen, Press Office; 2<sup>nd</sup> picture  
from the bottom: Daria Merkens

page 11: FH Aachen, Solar Institut Jülich

page 12: B&B-AGEMA GmbH

page 13: FH Aachen, Daniel Busse

page 22 left: Pölösky

page 22 right: IMechE

page 25 left: Fietserbond

page 25 right: Schniering GmbH

page 26 right: kicktrike.de

**Date of publication** | July 2022

**Print / Circulation** | Frank Druck + Medien / 350 copies

### **ECSM Contact**

ECSM | European Center for Sustainable Mobility  
Bayernallee 9 | 52066 Aachen, GERMANY  
T +49. 241. 6009 51170  
ecsm@fh-aachen.de  
www.ecsm.fh-aachen.de



Mitglied von  
**DG HOCH<sup>N</sup>**  
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltigkeit  
an Hochschulen e.V.



**HAW**tech  
HochschulAllianz für  
Angewandte Wissenschaften  
German Alliance for  
Applied Sciences

**VIELFALT<sup>®</sup>**  
GESTALTEN  
RE-AUDIT  
DES STIFTERVERBANDES  
ZERTIFIKAT 2022