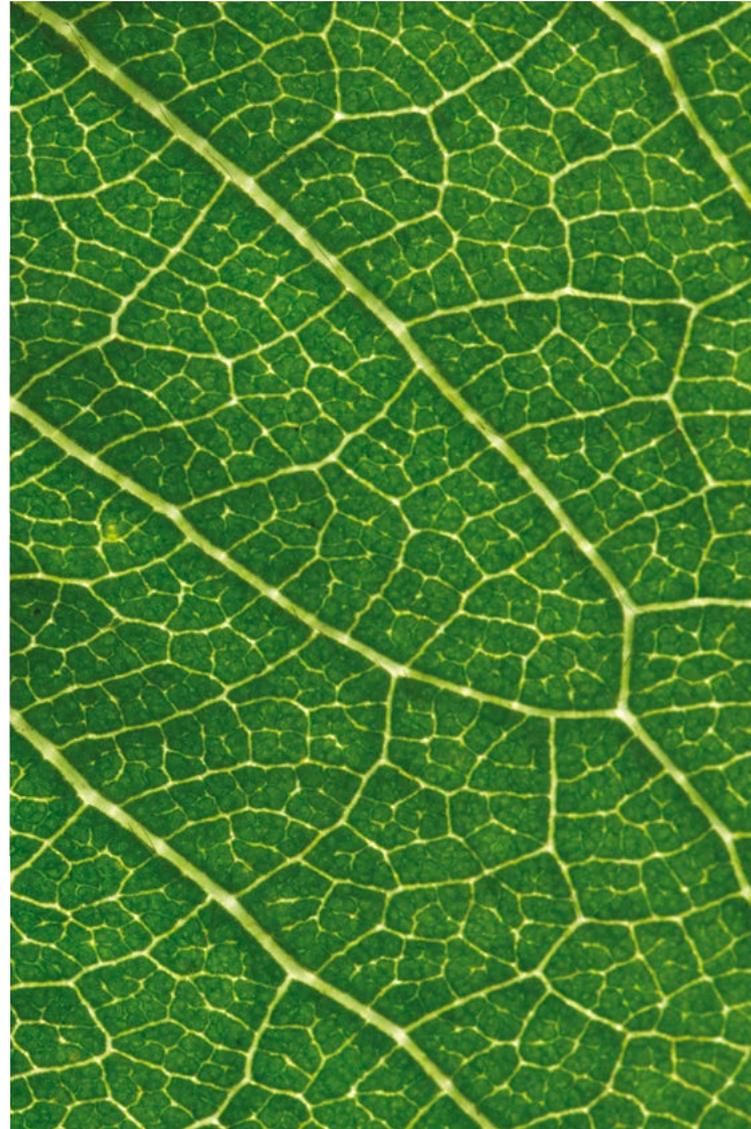


2020

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
Integrierte Mobilitätsplanung	16
Klima, Energie und Mobilität	22
Digitalisierung der Mobilität	24
Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßenverkehrs	26
Fahrzeuge und Infrastruktur des Schienenverkehrs	30

Ausstattungen und Labore des ECSM-Instituts	36
--	----

Veranstaltungen, Vorträge und Veröffentlichungen	46
---	----

Impressum	51
-----------	----

<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>Integrated Mobility Planning</i>	<i>16</i>
<i>Climate, Energy and Mobility</i>	<i>22</i>
<i>Digitalisation of Mobility</i>	<i>24</i>
<i>Vehicles and Infrastructure of Road Transport</i>	<i>26</i>
<i>Vehicles and Infrastructure of Rail Transport</i>	<i>30</i>

<i>Equipment and Laboratories of the ECSM Institute</i>	<i>36</i>
---	-----------

<i>Events, Lectures and Publications</i>	<i>46</i>
--	-----------

<i>Imprint</i>	<i>51</i>
----------------	-----------

Vorworte

Forewords



Vorwort des Rektors

Die Corona-Pandemie hat im vergangenen Jahr auch das Mobilitätsverhalten der Menschen nachhaltig beeinflusst. Während der Personenverkehr aufgrund der Infektionsgeschehnisse zwischenzeitig starke Rückgänge zu verzeichnen hatte, ließ sich diese Entwicklung für den Güterverkehr nicht feststellen.

Die FH Aachen mit ihren Standorten in Aachen und Jülich widmet sich in diesem Zusammenhang mit ihrem Institut „European Center for Sustainable Mobility“ (ECSM) auch der Fragestellung, welche Auswirkungen die Pandemie auf die Mobilität der Zukunft haben wird. Dabei spielt neben dem Forschungs- und Entwicklungsbereich ebenso das Thema „Aus- und Weiterbildung“ eine wesentliche Rolle.

Das ECSM-Institut wirkte auch im Jahr 2020 an zahlreichen und vielfältigen Forschungsprojekten mit und zeichnete sich dabei immer wieder durch seine interdisziplinäre Ausrichtung aus. So konnten Lösungsansätze in folgenden Bereichen erarbeitet werden:

- > integrierte Mobilitätsplanung, sowohl mit Blick auf urbane als auch regionale Luftmobilität,
- > Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßen- und Schienenverkehrs, u.a. auch aus dem Bereich Güter- und Wirtschaftsverkehr,
- > sowie im Kontext des Klimaschutzes und der Digitalisierung

Dabei stand den Forscherinnen und Forschern im Jahr 2020 ein Drittmittelbudget in Höhe von 1,2 Mio. Euro zur Verfügung. „Nachhaltige Mobilität“ war einer der hervorragenden Forschungsschwerpunkte an der FH Aachen. Der vorliegende Jahresbericht verdeutlicht dies anhand einer Darstellung von Projekten, Kooperationen und Laboren des ECSM-Instituts.

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

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

Foreword by the Rector

Last year, the Corona pandemic had a lasting impact on people's mobility behaviour as well. While passenger traffic temporarily experienced strong declines due to the infection events, this development could not be observed for freight traffic.

In this context, FH Aachen with its locations in Aachen and Jülich and its "European Center for Sustainable Mobility" (ECSM) institute is also addressing the question of what impact the pandemic will have on the mobility of the future. In addition to the area of research and development, the topic of "training and further education" plays an important role here.

In 2020, the ECSM Institute was again involved in numerous and diverse research projects and repeatedly distinguished itself through its interdisciplinary orientation. As a result, solution approaches could be developed in the following areas:

- > *Integrated mobility planning, both with regard to urban and regional air mobility,*
- > *vehicles and infrastructure of road and rail transport, including freight and commercial traffic,*
- > *as well as in the context of climate protection and digitalisation*

In 2020, the researchers had a third-party budget of €1.2 million at their disposal. "Sustainable mobility" was one of the outstanding main research areas at FH Aachen. This annual report illustrates this with a presentation of projects, cooperations and laboratories of the ECSM Institute.

I wish you, dear reader, an inspiring read.

Prof. Dr. rer. nat. Marcus Baumann
Rector of FH Aachen – University of Applied Sciences



Vorwort des Geschäftsführenden Direktors

Neben der Entwicklung neuer Fahrzeug- und Antriebstechnologien, einer zunehmenden Digitalisierung bei Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen und dem steigenden Trend zu Sharing-Modellen ist durch die Corona-Pandemie auch die Auswirkung aktueller Entwicklungen im Handel und der Arbeitswelt Gegenstand der Forschungen im ECSM. Stark sinkende Nachfrage im öffentlichen Verkehr und geänderte Tagesganglinien der Verkehrsnachfrage sind eine Folge. Dabei wird es aus Sicht der Mobilitätsforschung spannend zu beobachten sein, welche Effekte sich auch unter „normalen“ Rahmenbedingungen dauerhaft etablieren werden.

Darüber hinaus gewinnt das Thema „Nahmobilität“ im urbanen Kontext zunehmend an Bedeutung. Hierbei geht es auch um eine stadtverträgliche Nutzung der (nur knapp) verfügbaren öffentlichen Räume. Im Zusammenhang mit dem sich abzeichnenden bzw. bereits eingetretenen Bedeutungswandel der Citys bieten sich neue Chancen für die Innenstadt, die mit passenden Mobilitätskonzepten für den Personen- und Wirtschaftsverkehr unterstützt werden müssen.

Die ECSM-Fachtagung musste wegen der Corona-Pandemie leider abgesagt werden. Sobald es die Rahmenbedingungen wieder zulassen, freuen wir uns bereits darauf, Sie wieder in der FH Aachen begrüßen zu dürfen.

Der Jahresbericht 2020 gibt Ihnen eine Übersicht der verschiedenen Aktivitäten sowie ausgewählter Ergebnisse aus aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Weiterhin werden auch die Labore vorgestellt, um einen besseren Eindruck über das erweiterte Leistungsspektrum des Instituts zu erhalten.

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

Prof. Dr.-Ing. Christoph Hebel
Geschäftsführender Direktor

Foreword by the Executive Director

In addition to the development of new vehicle and drive technologies, increasing digitalisation in vehicles and transport infrastructures, and the growing trend towards sharing models, the impact of current developments in trade and the world of work is also the subject of research at ECSM due to the Corona pandemic. Strongly decreasing demand in public transport and changed daily hydrographs of transportation demand are one consequence. From the point of view of mobility research, it will be exciting to observe which effects will become permanently established even under "normal" conditions.

In addition, the topic of "local mobility" is becoming increasingly important in the urban context. This is also a matter of using the (only scarcely) available public spaces in a way that is compatible with the city. In connection with the emerging or already occurring shift in the significance of the cities, there are new opportunities for the city centres, which must be supported with suitable mobility concepts for passenger and commercial traffic.

Unfortunately, the ECSM symposium had to be cancelled due to the Corona pandemic. As soon as the framework conditions allow it again, we are already looking forward to welcoming you again at FH Aachen.

The Annual Report 2020 gives you an overview of the various activities as well as selected results from current research and development projects. Furthermore, the laboratories are also presented in order to get a better impression of the institute's extended range of services.

I wish you an interesting and exciting time reading this brochure and look forward to exchanging ideas 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 (siehe Kapitel 4 dieses Berichts).

Tätigkeitsfeld: Forschung

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

Tätigkeitsfeld: Beratung

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

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 (see chapter 4 of this report).

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.*



Organigramm des
ECSM-Instituts
ECSM Organisational Chart

<p>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</p>	<p>Vorstand Executive Board Prof. Dr.-Ing. C. Hebel (Geschäftsführender Direktor) Prof. Dr.-Ing. T. Ritz (stellv. Geschäftsführender Direktor) Prof. Dr.-Ing. T. Esch T. Merkmens M.Eng.</p>	<p>Rektorat FH Aachen Rectorate FH Aachen University of Applied Sciences</p>
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="545 884 863 1915"> <p>Projektleiterinnen und Projektleiter / Project Leaders 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</p> </td> <td data-bbox="863 884 1275 1915"> <p>Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Staff Members Dipl.-Ing. A. Anthrakidis M.Eng. K. Babilon M.Sc. Dipl.-Ing. M. Bagheri M. Blumenschein M.Eng. N. Böhnisch M.Sc. J. Böker B.Eng. Dipl.-Ing. D. Busse F. Finger M.Sc. T. Franzke M.Eng. Dipl.-Betriebsw. B. Fuchs L. Gerber B.Eng. M. Görög B.Eng. C. Granrath M.Sc. T. Grodzki B.Eng. Dipl.-Päd. C. Hornig-Flöck W. Janzen B.Eng. M. Kleinen M.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 A. Sayadkooh B.Sc. S. Scholtes B.Eng. O. Schopen M.Sc. M. Schöttler M.Sc. Dipl.-Ing. T. Tappert Dipl.-Ing. J. Theis M.Eng. A. Thoma M.Sc. P. Wiesen M.Sc. D. Wilbring B.Eng.</p> </td> </tr> </table>	
<p>Projektleiterinnen und Projektleiter / Project Leaders 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</p>	<p>Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Staff Members Dipl.-Ing. A. Anthrakidis M.Eng. K. Babilon M.Sc. Dipl.-Ing. M. Bagheri M. Blumenschein M.Eng. N. Böhnisch M.Sc. J. Böker B.Eng. Dipl.-Ing. D. Busse F. Finger M.Sc. T. Franzke M.Eng. Dipl.-Betriebsw. B. Fuchs L. Gerber B.Eng. M. Görög B.Eng. C. Granrath M.Sc. T. Grodzki B.Eng. Dipl.-Päd. C. Hornig-Flöck W. Janzen B.Eng. M. Kleinen M.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 A. Sayadkooh B.Sc. S. Scholtes B.Eng. O. Schopen M.Sc. M. Schöttler M.Sc. Dipl.-Ing. T. Tappert Dipl.-Ing. J. Theis M.Eng. A. Thoma M.Sc. P. Wiesen M.Sc. D. Wilbring B.Eng.</p>	

Mitglieder des Institutsbeirats

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

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Vaeßen

Geschäftsführerin Region Aachen - Zweckverband

Prof. Dr.-Ing. Jakob Andert

Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der RWTH Aachen University, Fachgebiet „Mechatronische Systeme am Verbrennungsmotor“

Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz

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

Dipl.-Volkswirt Dieter Rehfeld

Vorsitzender der Geschäftsführung regio IT GmbH

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

Prof. Dr.-Ing. Jakob Andert

Chair of Internal Combustion Engines at RWTH Aachen University, Department of "Mechatronic Systems for Internal Combustion Engines"

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 Partnern aus Industrie, Forschung und Lehre auch über die Landesgrenzen hinweg zusammengearbeitet. Diese Kooperationsformen und wichtige strategische Partnerschaften des ECSM-Instituts, die sowohl mit externen Partnern als auch FH-intern mit In-Instituten bestehen, werden im Folgenden beschrieben.

Kooperationen auf Projektebene

Die FH Aachen führt Projekte mit einer Vielzahl an regionalen und auch überregionalen Partnern durch und erzielt darüber hinaus auch immer wieder Kooperationen mit strategischen Partnern, die ein langfristiges und engeres Zusammenarbeiten insbesondere in der Region erleichtern und nachhaltig verbessern. In diesem Zusammenhang liefert das ECSM einen maßgeblichen Beitrag, indem die Gelegenheit genutzt werden konnte, durch Kooperationen 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, the ECSM makes a significant contribution in that it has been able to use the opportunity to gain additional research funds through cooperations. This allows the ECSM to help shape the mobility of tomorrow in close collaboration.



Darüber hinaus finden auf Projektebene auch Kooperationen mit weiteren FH Aachen-Instituten statt. So arbeitete das ECSM-Institut im Jahr 2020 erfolgreich an dem Projekt „InKa-Mobil“ mit dem FH-Institut NOWUM-Energy zusammen. Auch gibt es eine enge Partnerschaft mit dem Solar-Institut Jülich (SIJ) der FH Aachen. Insbesondere der Motorenprüfstand (Darstellung in Kapitel 4), der seit 2014 im Besitz des SIJ ist, bildet immer wieder die Grundlage für Anwendungen in Forschung und Lehre zwischen den beiden Instituten.

Im Folgenden werden die FH Aachen-Institute vorgestellt:

NOWUM-Energy

Das Team des Instituts NOWUM-Energy am Campus Jülich, geleitet von Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans, erforscht und entwickelt Konzepte, Verfahren und Technologien zu den Themenschwerpunkten Klimaschutz, Biomasse und Biogas, Energiesysteme und Energiemanagement sowie Umweltverfahrenstechnik. Weitere Informationen unter www.nowum.fh-aachen.de

Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene |
InKa-Mobil-Projekt

Solar-Institut Jülich

Das Solar-Institut Jülich (SIJ) ist eine 1992 gegründete zentrale wissenschaftliche Einrichtung der FH Aachen. Ein 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

Kooperation mit dem ECSM auf Projektebene |
SHAREuregio-Projekt und Motorenprüfstand

In addition, there are also cooperations at project level with other FH Aachen institutes. In 2020, the ECSM Institute, for example, successfully collaborated with FH Institute NOWUM-Energy on the "InKa-Mobil" project. Furthermore, there is a close partnership with the Solar Institute Jülich (SIJ) of FH Aachen. In particular, the engine test bench (shown in chapter 4), which has been owned by the SIJ since 2014, repeatedly serves as the basis for applications in research and teaching between the two institutes.

The FH Aachen institutes are presented below:

NOWUM-Energy

The team of the institute NOWUM-Energy at Campus Jülich, headed by Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans, researches and develops concepts, processes and technologies in the fields of climate protection, biomass and biogas, energy systems and energy management as well as environmental process engineering. Further information is available at www.nowum.fh-aachen.de

Kooperation with the ECSM at project level |
InKa-Mobil project

Solar Institute Jülich

The Solar Institute Jülich (SIJ), founded in 1992, is a central scientific institution of FH Aachen - University of Applied Sciences. A 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.sij.fh-aachen.de

Kooperation with the ECSM at project level |
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.

Synergetic Automotive/Aerospace Engineering (SAAE)

Die vom Ministerium für Innovation, Wirtschaft und Forschung des Landes NRW eingerichteten Kompetenzplattform "Synergetic Automotive & Aerospace Engineering" ist der interdisziplinäre Zusammenschluss von mehreren Forschungsschwerpunkten aus den Fachbereichen der FH Aachen: Luft- und Raumfahrt-technik, 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 Programmenthemen auf, wo dann auch Berührungspunkte existieren:

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

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

PUMAc-Fx

Das ECSM ist an PUMAc-Fx beteiligt. PUMAc-Fx steht für ein Innovationsbündnis aus Industrie & 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, z.B. in modernen Air Taxis, genauso gut geeignet ist wie zur stationären Stromversorgung oder als Schiffsantrieb. Weitere Informationen unter <https://pumac-fx.de>

Cooperations at Network Level

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

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.

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/>

Erlebniswelt Mobilität Aachen (EMA)

Seit diesem Jahr ist das ECSM Partner im lokalen Netzwerk „Erlebniswelt Mobilität Aachen“. Im Rahmen dieser Initiative werden mit Partnern aus der Wirtschaft, Forschung und Kommunen gemeinsam Lösungen für die Mobilität der Zukunft entwickelt und implementiert. Die Akteure bilden zusammen ein urbanes Innovationsnetzwerk.

Das Ziel der Initiative besteht darin, die Mobilität der Aachener Bürgerinnen und Bürger ganzheitlich zu betrachten. Vernetzte Technologien wie beispielsweise das automatisierte Fahren, intermodale Reiseplanung, Digitalisierung, innovative Geschäftsmodelle, flexible Prozesse und eine sozio-ökologische Integration sind die Grundpfeiler für eine nachhaltige, intelligente und lebenswerte Stadt. Innovative Mobilitätslösungen bilden hier den Schlüssel für die zukünftige Ausrichtung.

Die Gründungsmitglieder der im Mai 2018 entstandenen Initiative zählen ASEAG, Stadt Aachen, e.GO Mobile AG, Ericsson, FEV Europe GmbH, Ford-Werke GmbH, Lumileds Germany GmbH und RWTH Aachen University. Bereits anderthalb Jahre später gehören diesem Netzwerk über 30 Organisationen an. Weitere Informationen unter www.erlebniswelt.ac.

Erlebniswelt Mobilität Aachen (EMA)

As of this year, the ECSM has been a partner in the local network “Erlebniswelt Mobilität Aachen”. Within the framework of this initiative, solutions for future mobility are developed and implemented, together with partners from industry, research and local authorities. These actors jointly form an urban innovation network.

The initiative’s objective is to take a holistic view of the mobility of Aachen’s citizens. Networked technologies such as automated driving, intermodal travel planning, digitalisation, innovative business models, flexible processes and socio-ecological integration are the cornerstones for a sustainable, intelligent city worth living in. Innovative mobility solutions are the key to future orientation.

The founding members of the initiative, which was launched in May 2018, include ASEAG, the City of Aachen, e.GO Mobility AG, Ericsson, FEV Europe GmbH, Ford-Werke GmbH, Lumileds Germany GmbH and RWTH Aachen University. Just one and a half years later, more than 30 organisations have become members of this network. Further information is available at www.erlebniswelt.ac.

Projekte Projects

Das Team des ECSM-Instituts war im Jahr 2020 insgesamt an 13 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. 1,2 Mio. € zur Verfügung. Die Projekte können den folgenden fünf Forschungsschwerpunkten zugeordnet werden:

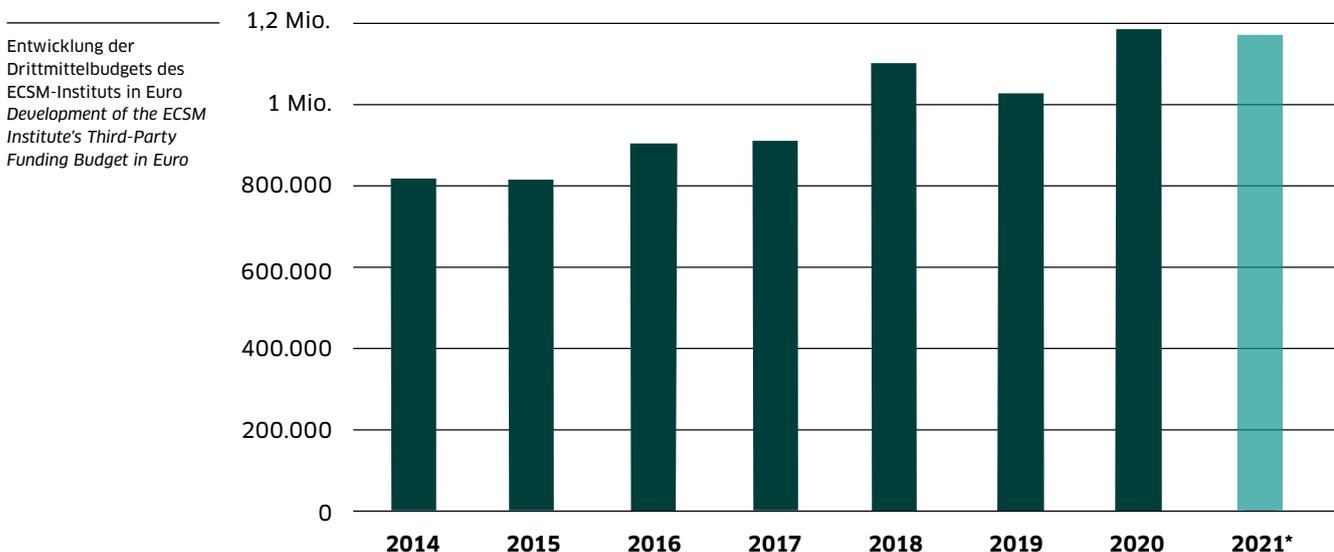
- > Integrierte Mobilitätsplanung
- > Klima, Energie und Mobilität
- > Digitalisierung der Mobilität
- > Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßenverkehrs
- > Fahrzeuge und Infrastruktur des Schienenverkehrs

Seit der Gründung des Instituts ist eine positive Entwicklung der Budgets, die dem Team des ECSM in den Drittmittelprojekten zur Verfügung standen, erkennbar. Und für das Jahr 2021 konnte bereits jetzt die Höhe des Mittelvolumens aus dem aktuellen Berichtszeitraum bestätigt werden.

In 2020, the team of the ECSM Institute was involved in altogether 13 research and development projects in the field of sustainable mobility. This year, the researchers had access to a budget of approximately €1.2 million in third-party funding. 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*

Since the founding of the Institute, a positive development of the budgets available to the ECSM team for third-party funded projects has been noticeable. And for the year 2021, the amount of funds from the current reporting period has already been confirmed.



*die bisher bereits für 2021 akquirierten Drittmittel
*Third-party funding already acquired for 2021

Kurztitel und Titel des Projektes Short Title and Title of the Project	Projektleiter Project Leader	Drittmittelprojekte, die 2020 bearbeitet wurden (nach Projektleiter sortiert) <i>Third-party funded projects that were worked on in 2020 (sorted by Project Leaders)</i>
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-Bereich auf ein Flugtaxi <i>Development of an Intermodal Mobility Concept for the Pilot Region NRW/Rhine-Maas 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)	Prof. Braun	
Aircraft Noise Bewertung von Lärmmessungen für neue Flugzeugkonfigurationen - Teil I+II <i>Evaluation of noise measurements for new aircraft configurations - Part I+II</i>		
Exowing Entwurf und Produktion von einem ultraleichten mantragenden modularen elektrischen Segelflugzeug <i>Design and production of an ultra-lightweight man-carrying modular electric glider</i>		
Güterwagen 4.0 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: Development of basics for actuator, sensor and predictive maintenance (mit/with Prof. Pfaff, Prof. Schmidt)	Prof. Enning	
DAAD Integrierter internationale Studiengang in International Automotive Engineering mit Doppelabschluss am Royal Melbourne Institute of Technology in Australien <i>Integrated international degree programme in International Automotive Engineering with double degree from the Royal Melbourne Institute of Technology in Australia</i>	Prof. Esch	
InKa-Mobil Integration des Themas „Klimafolgenanpassung“ in den Masterstudiengang International Automotive Engineering <i>Integration of the topic "Climate Impact Adaptation" into the Master's Degree Programme "International Automotive Engineering"</i>		
UNITED 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)		
COSTART 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)	Prof. Hebel	
SHAREuregio 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)		
Elemente-Katalog Zusammenstellung der für regionale Netze einsetzbaren Radverkehrsanlagen und deren Einsatzgebiete <i>Compilation of the cycling facilities that can be used for regional networks and their areas of application</i>		
SAMIRA Rangierassistent & Überwachungsschnittstelle für autonome Bahnanwendungen <i>Shunting Assistant & Monitoring Interface for Autonomous Rail Applications</i>	Prof. Pfaff	
KAMÄLEON 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>	Prof. Ringbeck	

Integrierte Mobilitätsplanung

Integrated Mobility Planning

Im Kontext von integrierter Mobilitätsplanung werden Verkehrs- und Mobilitätskonzepte entwickelt, deren Anforderungen durchaus komplex sind. Diese Komplexität spiegelt sich in den Bedürfnissen von Menschen und Städte wieder, da beispielsweise die demografische Entwicklung, die steigende Urbanisierung sowie die Änderungen der wirtschaftlichen, ökologischen und gesundheitlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden müssen. Eine integrierte Planung umfasst dabei unter anderem Konzept zur Förderung des Umweltverbundes (Fuß, Rad, ÖV) bzw. alternativer Mobilitätsangebote wie Sharing Mobility.

Within the context of integrated mobility planning, transport and mobility concepts are developed, where the requirements are quite complex. This complexity is reflected in the needs of people and cities, since, for example, demographic development, increasing urbanisation and changes in the economic, ecological and health framework conditions must be taken into account. Integrated planning includes, among other things, concepts for the promotion of environmental connectivity (walking, cycling, public transport) or alternative mobility offers such as Sharing Mobility.



SHAREuregio | Entwicklung, Implementierung und Etablierung eines euregionalen elektromobilen Car- und Bikesharing-Angebotes für die Städte Venlo, Roermond, Mönchengladbach und den Kreis Viersen

Development, Implementation and Establishment of a Euregional Electric Car and Bike Sharing Offer for the Cities of Venlo, Roermond, Mönchengladbach and the District of Viersen

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. C. Hebel, hebel@fh-aachen.de mit/with Prof. Dr.-Ing. U. Herrmann, ulf.herrmann@sij.fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. T. Ritz, ritz@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. T. Röth, roeth@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Dipl.-Ing. Anette Anthrakidis M. Eng., Mirjam Schöttler M. Sc., Till Franzke M. Eng., Thomas Grodzki B. Eng., Torsten Merkens M. Eng.

Förderlinie/Funding line | INTERREG V A-Programm Deutschland-Niederland 2014-2020

Projektvolumen /Project volume | 376.055 €

Das INTERREG-Projekt „SHAREuregio“ verfolgt die Entwicklung und Integration eines flexiblen elektromobilen Car- und Bikesharing-Systems für die Gemeinden Venlo, Roermond, den Großraum Mönchengladbach und den Kreis Viersen. Das ECSM fungiert im SHAREuregio-Projekt als Maßnahmenleiter für das Arbeitspaket „Konzeptionierung und Implementierung des Sharing-Systems“ und ist dabei in den folgenden vier Forschungsaufgaben tätig:

FlexSHARE-Mobilität

Das Forschungsteam des Fachbereiches Bauingenieurwesen entwickelte auf Basis der Analysen von Nutzerpotenzialen sowie räumlichen, (infra-)strukturellen und angebotsseitigen Rahmenbedingungen eine Methodik zur verkehrsplanerischen Auswahl der Sharing-Betriebsform. Dabei wurden Auswahlkriterien, sogenannte „Bedingung A“- und „Bedingung B“-Kriterien, beschrieben, um die Implementierungsmöglichkeiten von elektromobilem Car- und Bikesharing bewerten zu können.

WitCar & WitBike

Das Automobiltechniklabor des Fachbereiches Luft- und Raumfahrttechnik hat die Untersuchungen zur Auswahl des richtigen Carsharing-Fahrzeuges detailliert und weiter spezifiziert. Im Zuge dessen wurde die EV-Benchmarking-Plattform um weitere, im Laufe des Jahres erschienene Fahrzeugmodelle erweitert. Zusätzlich wurde eine Methodik entwickelt, wie man mit einigen wenigen Kriterien Fahrzeuge am besten benchmarken bzw. letztlich auswählen kann.

The INTERREG project "SHAREuregio" pursues the development and integration of a flexible electromobile car and bike sharing service for the municipalities of Venlo, Roermond, the greater Mönchengladbach area and the district of Viersen. In the SHAREuregio project, ECSM acts as action leader for the work package "Conceptual Design and Implementation of the Sharing System" and is involved in the following four research tasks:

FlexSHARE mobility

Based on the analysis of user potentials as well as spatial, (infra-)structural and supply-side conditions, the research team of the Faculty of Civil Engineering has developed a methodology for the transport planning selection of the sharing mode of operation. In the process, selection criteria, so-called "Condition A" and "Condition B" criteria, were described in order to be able to evaluate the implementation possibilities of electromobile car and bike sharing.

WitCar & WitBike

The Automotive Engineering Lab of the Faculty of Aerospace Engineering has detailed and further specified the research on selecting the right car sharing vehicle. As part of this, the EV benchmarking platform was expanded to include additional vehicle models released during the year. Additionally, a methodology was developed on how to best benchmark or ultimately select vehicles using a few criteria.

Sharing Experience

Auf Basis des Komponentenbaukastens zur Konzeption von Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI) für Sharing-Anwendungen hat das mobile media & communication lab des Fachbereiches Elektrotechnik und Informationstechnik digitale Komponenten zum Implementieren einer Sharing-Anwendung entwickelt. Mit dem Open-Source-UI-Entwicklungskit Flutter werden Widgets entwickelt, die sich später zu einer Cross-Plattform-Anwendung zusammenfügen lassen. Die einzelnen Widgets bündeln die Logik, Interaktion und Darstellung.

FlexSHARE-Energie

Das Team des SIJ erstellte zunächst ein "business as usual"-Szenario mit repräsentativen CO₂-Emissionen (g/km). Zusätzlich wurde über aktuelle Studien zu Car- und Bikesharing-Systemen das Substitutionspotenzial (Ersatz MIV durch FlexShare) in Abhängigkeit der gewählten Betriebsform und Einwohnerdichte abgeschätzt und zu erwartende durchschnittliche Strecken und Buchungsvorgänge pro Fahrzeug ermittelt. Abschließend wurden die Emissionen des im Projekt ausgewählten Fahrzeugs (Renault Zoe) ermittelt und dem "business as usual"-Szenario gegenübergestellt.

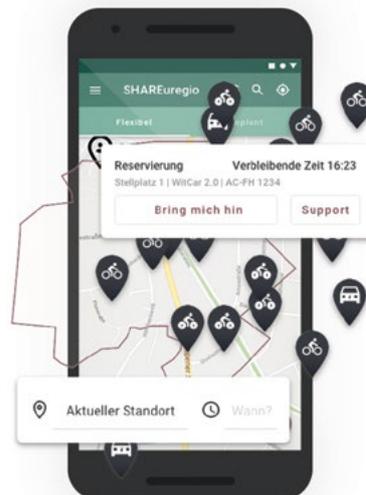


Sharing Experience

Based on the component kit for designing human-machine interfaces (HMI) for sharing applications, the mobile media & communication lab of the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology has developed digital components for implementing a sharing application. The open-source UI development kit Flutter is used to develop widgets that can later be combined into a cross-platform application. The individual widgets bundle logic, interaction, and presentation.

FlexSHARE Energy

The SIJ team first created a "business as usual" scenario with representative CO₂ emissions (g/km). In addition, current studies on car- and bike sharing systems were used to estimate the substitution potential (replacement of MIV by FlexShare) depending on the selected mode of operation and population density, and to determine the expected average distances and booking processes per vehicle. Finally, the emissions of the vehicle selected in the project (Renault Zoe) were determined and compared to the "business as usual" scenario.





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-Maas Euregio and Creation of Full Customer Acceptance by Transferring Standards From the Passenger Car Segment to an Air Taxi

Projektleitung/Project Leader | 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.
Förderlinie/Funding line | Unbemannte Luftfahrtanwendungen und individuelle Luftmobilitätslösungen, mFund des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
Projektvolumen/Project volume | 1.378.436 €

Das Projekt „SkyCab“ beschäftigt sich mit der Entwicklung eines intermodalen Mobilitätskonzeptes für die Pilotregion NRW/Rhein-Maas und EUREGIO. Nachdem in einem ersten Projektteil im Jahr 2019 die Machbarkeit eines entsprechenden Lufttaxi-Service gezeigt werden konnte, wurde im Projektjahr 2020 damit begonnen auf einer deutlich höheren Detailebene die Umsetzung zu untersuchen.

Im Rahmen der intermodalen Einbindung des neuen Verkehrsmittels wurden bestehende und zukünftige Verkehrsnetze und Mobilitätsangebote betrachtet, um daraus auch zukünftige Bedarfsrüfen identifizieren zu können. Dabei werden beispielsweise mögliche Synergien einer Implementierung von SkyCab wie z.B. die Ergänzung an bestehende Angebote des Flughafens Mönchengladbach analysiert. Durch die austauschbare People Transport Unit können durch das SkyCab weitere Anwendungsfälle wie Logistik und Medizinische Transporte ermöglicht werden.

Um der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung fundierte Annahmen zugrunde legen zu können, ist parallel zur Definition der Routen ein Flugtaxi-Konzept entwickelt worden. In einem iterativen Prozess wurden die Anforderungen an das Fluggerät und die Flugmission aneinander angepasst und ein Lastenheft für das technische Gerät entwickelt. Sicherheits- und Komfortanforderungen aus dem Automobilbereich wurden dabei von Beginn an in die Konzeptentwicklung

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 project year 2020 began to examine the implementation at a much higher level of detail.

As part of the intermodal integration of the new vehicle, existing and future transport networks and mobility services were examined in order to identify future gaps in demand. This includes, for example, the analysis of possible synergies of an implementation of SkyCab, such as the addition to existing services at Mönchengladbach Airport. Due to the interchangeable People Transport Unit, further use cases such as logistics and medical transports can be made possible by the SkyCab.

In order to be able to base the profitability analysis on well-founded assumptions, an air taxi concept was developed in parallel to the definition of the routes. In an iterative process, the requirements for the flight device and the flight mission were aligned and requirements specifications for the technical device were developed. Safety and comfort requirements from the automotive sector were integrated into the concept development from the very beginning. The integration of new aspects from the automotive sector resulted in completely new requi-



eingebunden. Durch die Integration neuer Aspekte aus dem Automobilbereich ergaben sich gänzlich neue Anforderungen an das Fluggerät, welche einen gravierenden Einfluss auf die Gesamtkonzeptentwicklung haben. Diese gewonnenen Erkenntnisse beeinflussen über die Abschätzung der Massen- und Leistungsparameter die Spezifizierung der Struktur, Systeme und des Antriebsstranges. Aus dieser Differenzierung heraus kann wiederum die Massen- und Leistungsabschätzung weiter präzisiert werden.

Neben den rein technischen Aspekten werden auch Methoden zu Flugdurchführung und Luftraumintegration eines solchen Services untersucht. Mithilfe einer Drohne, welche den gleichen Luftraum-Regeln und Verfahren eines Flugtaxis unterliegen, soll 2021 die Durchführung eines Fluges und somit auch die Luftraumintegration simuliert werden. Hierzu konnten 2020 erste Genehmigungen eingeholt werden und das weitere Vorgehen mit der Deutschen Flugsicherung festgelegt werden.

Da der Buchungsprozess ein integraler Bestandteil eines jeden Service-Angebots ist, wurde eine App entwickelt, welche bereits jetzt einfache Buchungsvorgänge für das SkyCab erlaubt. Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern wurden geschaffen, um ein intermodales Buchen von Reisedestrecken zu ermöglichen.

Schließlich wurden neben den wirtschaftlichen und technischen Aspekten, Sorgen und Anregungen der Öffentlichkeit durch einen steten Bürgerdialog in alle Entwicklungsstufen eingebunden.

rements for the flying device, which have a serious influence on the overall concept development. These findings influence the specification of the structure, systems and powertrain through the estimation of mass and performance parameters. From this differentiation, the mass and power estimation can be further defined more precisely.

In addition to the purely technical aspects, methods for flight execution and airspace integration of such a service are also being investigated. With the help of a drone, which is subject to the same airspace rules and procedures as an air taxi, the execution of a flight and thus also the airspace integration is to be simulated in 2021. For this purpose, initial approvals were obtained in 2020 and the further procedure could be determined with "Deutsche Flugsicherung" (German Air Traffic Control).

Since the booking process is an integral part of any service offering, an app was developed that already allows simple booking processes for the SkyCab. Interfaces to other modes of transport were created to enable intermodal booking of travel routes.

Finally, in addition to the economic and technical aspects, concerns and suggestions from the public were incorporated into all stages of development through a constant dialogue with citizens.

Aircraft Noise | Bewertung von Lärmessungen für neue Flugzeugkonfigurationen – Teil I+II

Evaluation of noise measurements for new aircraft configurations - Part I+II

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. C. Braun, c.braun@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Nils Böhnisch M.Sc.

Förderlinie/Funding line | Royal NLR - Netherlands Aerospace Centre, EASA - European Union Aviation Safety Agency

Projektvolumen/Project volume | 59.000 €

Im Kontext individueller Mobilität im städtischem Umfeld wurden in den vergangenen Jahren diverse Luftfahrtgestützte Fahrzeugkonzepte vorgestellt. Im Gegensatz zu konventionellen Flugzeugen streben diese neuen Konzepte erhebliche betriebliche Unterschiede an. So sollen Sie beispielsweise als Flug-Taxi im städtischen Raum eingesetzt werden. Die Akzeptanz dieser Fluggeräte stellt gerade in Bezug auf die akustische Wahrnehmung noch eine offene Frage dar. Durch Unterschiede der akustischen Signatur und dem neuen Einsatzgebiet ist mit einer anderen Wahrnehmung der Bevölkerung zu rechnen.

Dieses Projekt befasst sich mit der Bewertung akustischer Bewertungsschemata (Metriken) und deren Anwendbarkeit im Luftfahrttechnischen Zertifizierungsprozess. In enger Zusammenarbeit mit der EASA (European Union Aviation Safety Agency) und dem Royal NLR (Netherlands Aerospace Centre) werden bestehende Metriken für die Lärmbeurteilung bewertet. Dafür wurde ein angemessener Testablauf definiert, um vorhandene akustische Messungen in einer Probandenstudie zu testen. Die Durchführung der Studie wird seitens des NLR betreut und durchgeführt. Die Ergebnisse der Probandenstudie werden hinsichtlich akustischer Wahrnehmung und unter Berücksichtigung psychoakustischer Größen ausgewertet. Starker Fokus liegt dabei auf bestehende Metriken und deren Bewertung im Vergleich zu konventionellen Luftfahrzeugen. Das Projekt bildet damit die Grundlage für weitere Untersuchungen hinsichtlich der akustischen Wahrnehmung neuartiger Flugzeugkonfigurationen.

In the context of individual mobility in urban environments, various airborne vehicle concepts have been introduced in recent years. In contrast to conventional aircraft, these new concepts aim to achieve significant operational differences. For example, they are intended to be used as air taxis in urban areas. The acceptance of these vehicles is still an open question, especially with regard to acoustic perception. Due to differences in the acoustic signature and the new operational range, a different perception by the population is to be expected.

This project deals with the evaluation of acoustic evaluation schemes (metrics) and their applicability in the aeronautical certification process. In cooperation with EASA (European Union Aviation Safety Agency) and Royal NLR (Netherlands Aerospace Centre), existing metrics for noise assessment are evaluated. For this purpose, an appropriate test procedure has been defined to test available acoustic measurements in a subject study. The implementation of the study will be supervised and carried out by NLR. The results of the subject study will be evaluated with regard to acoustic perception and under consideration of psychoacoustic parameters. The focus will be on existing metrics and their evaluation in comparison to conventional aircraft. The project thus forms the basis for further investigations with regard to the acoustic perception of novel aircraft configurations.

Exowing | Entwurf und Produktion von einem ultraleichten mantragenden modularen elektrischen Segelflugzeug

Design and production of an ultra-lightweight man-carrying modular electric glider

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. C. Braun, c.braun@fh-aachen.de

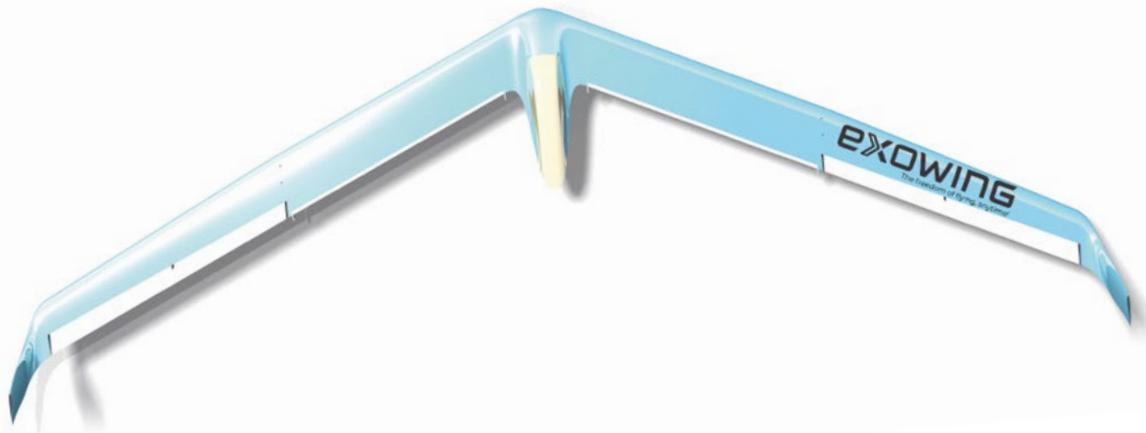
Mitarbeitende/Staff | Rico Konratt B.Eng., Adel Sayadkooh B. Sc.

Förderlinie/Funding line | EFRE.NRW, Europäische Union, Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Projektvolumen/Project volume | 266.400 €

Exowing verfolgt die Entwicklung und Fertigstellung modulare Ultraleichtflugzeuge mit elektrischem Antriebssystem. Das geringe Gewicht von unter 120 kg ermöglicht sehr vorteilhafte Zulassungs- und Außenlanderrichtlinien, die Leichtbauweise in Kombination mit der eigens entworfenen Pfeilflügelkonfiguration ermöglichen eine extrem niedrige Start- und Landeschwindigkeit, was die notwendige Start- und Landestrecke stark verkürzt und die Sicherheit des Flugzeugs und des Piloten wesentlich verbessert. Das Flugzeug wird, durch steckbare, zweiteilige Flügel und einem

Exowing is pursuing the development and completion of modular ultralight aircrafts with an electric propulsion system. The low weight of less than 120 kg allows for very advantageous certification and offfield landing guidelines, the lightweight construction in combination with the specially designed back-swept wing configuration allow for an extremely low take-off and landing speed, which greatly reduces the necessary take-off and landing distance and significantly improves the safety of the aircraft and the pilot. The aircraft will be quickly



abnehmbaren Antriebssystem, schnell und selbstständig auf- und abbaubar sein und im verpackten Zustand auf dem Autodach transportiert und im eigenen Zuhause gelagert werden können.

Airmobility | Das Flugzeug ist darauf ausgelegt, sämtliche für Luftfahrzeuge und Paraglider vorhandene und in Zukunft entstehende Infrastruktur nutzen zu können. So wird die Nutzung von Segelflugwinden, Gleitschirmwinden, kleinen Flugplätzen oder der einfache Start von einem Berg bzw. einer Wiese möglich sein und wird dabei den Anforderungen an Sicherheit, aerodynamischer Leistung, Praktikabilität und Marktfähigkeit gerecht.

Technik: Aerodynamik und Struktur | Die spezifische, aerodynamische Ausgestaltung des Flügels und des Rumpfes ermöglichen es, in der Luft das Antriebssystem abzuschalten und nur mit der thermischen Energie der Sonne wie ein Segelflugzeug zu fliegen. Detaillierte aerodynamische Analysen mit Hilfe von Computational Fluid Dynamics (CFD)-Methoden haben dazu beigetragen, die bestehenden Laminar-Flow Profile zu verbessern.

Entwurf | Das Fluggerät besteht aus einem Flügel (Pfeilflügel) mit 14m Spannweite, welcher in vier ca. 0,8 x 4m große Einzelteile zerlegt werden und somit auf dem Autodach transportiert werden kann. Die konsequente Leichtbaustruktur aus Kohlefaserverbundmaterialien und das konfigurationsbedingte Weglassen des Rumpfes und des Leitwerkes ermöglichen ein sehr geringes Strukturgewicht von 40 kg (reiner Segler), was Frauen wie Männern gleichermaßen die Fähigkeit des Fußstartes ermöglicht. Um die Freiheit zu bieten, jede verfügbare Infrastruktur nutzen zu können und um möglichst viele Batterien zu tragen, ist ein Fahrwerk vorgesehen. Die maximale Reichweite richtet sich nach der Anzahl der Batterien und wird voraussichtlich in der Vollausstattung über 300 km betragen.

Ziel des Projekts "Exowing" ist die Airmobility für Privatpersonen durch ein tragbares, ökonomisches und erschwingliches Fluggerät extrem zu vereinfachen sowie die Verjüngung der Flugsportbranche anzustoßen.

and independently assembled and disassembled by means of pluggable, two-part wings and a detachable propulsion system,, and can be transported in its packed state on the roof of a car and stored in one's own home.

Airmobility | *The aircraft is designed to be able to use all existing, and future, infrastructure for aircraft and paragliders. Thus, the use of glider winches, paraglider winches, small airfields or simple take-off from a mountain or meadow will be possible, meeting the requirements of safety, aerodynamic performance, practicality and marketability.*

Engineering Aerodynamics and Structure |

The specific, aerodynamic design of the wing and fuselage allow for the propulsion system to be switched off in the air and to fly like a glider using only the thermal energy of the sun. Detailed aerodynamic analyses using Computational Fluid Dynamics (CFD) methods have helped to improve the existing laminar flow profiles.

Design | *The aircraft consists of a wing (back-swept wing) with a 14m span, which can be disassembled into four individual parts measuring approx. 0.8 x 4m and can thus be transported on the roof of a car. The consistent lightweight structure made of carbon fibre composite materials and the omission of the fuselage and the tail unit due to the configuration allow for a very low weight of 40kg, which gives women and men alike the ability of foot launching. To provide the freedom to use any available infrastructure and carry as many batteries as possible, a landing gear is provided. The maximum range depends on the number of batteries and is expected to be over 300 km when fully equipped.*

The goal of the "Exowing" project is to simplify "air-mobility" for private individuals through a portable, economical and affordable flying machine, as well as to initiate the rejuvenation of the air sports industry.

Klima, Energie und Mobilität

Climate, Energy and Mobility

Eine entscheidende Rolle für den Erfolg der Energiewende kommt der Weiterentwicklung und Etablierung von Elektromobilität zu. Elektrofahrzeuge sind leise und stoßen weder klimaschädliches CO₂ noch gesundheitsschädliche Schadstoffe aus. Die zentrale Grundlage für die Verwendung sauberer Mobilitätsformen ist eine nachhaltige Energieproduktion und der flächendeckende Ausbau von Ladeinfrastruktur. Einen Beitrag zum Klima leisten inzwischen neben dem Automobil Fahrzeugklassen aller Art, wie elektronisch angetriebene Roller und E-Bikes, aber auch elektrifizierte Lastkraftwagen und Busse, die vermehrt in Flotten von Städten und Kommunen eingesetzt werden. Dies trägt wesentlich zur besseren Integration und Akzeptanz von Elektromobilität in der Bevölkerung bei.

The further development and establishment of electromobility will play a decisive role in the success of the energy turnaround. Electric vehicles are quiet and emit neither climate-damaging CO₂ nor harmful pollutants. The central basis for the use of clean forms of mobility is sustainable energy production and the comprehensive expansion of charging infrastructure. In addition to automobiles, all kinds of vehicles, such as electronically driven scooters and e-bikes, but also electrified lorries and buses, which are increasingly being used in city and municipal fleets, are now making a contribution to the climate. This greatly facilitates the integration and acceptance of electromobility among the population.

InKa-Mobil | Integration des Themas „Klimafolgenanpassung“ in den Masterstudiengang „International Automotive Engineering“
Integration of the Topic "Climate Impact Adaptation" into the Master's Degree Programme "International Automotive Engineering"

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. T. Esch, esch@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Oliver Schopen B.Eng.

In Zusammenarbeit mit/In collaboration with | NOWUM-Energy, Synergetic Automotive/Aerospace Engineering (SAAE)

Förderlinie/Funding line | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin, Förderprogramm „Anpassung an den Klimawandel“

Projektvolumen/Project volume | 68.591 €

Klimabedingte Wetterphänomene werden zukünftig einen erheblichen Einfluss auf den straßengebundenen Verkehr haben. Der automobilen Wirtschaftszweig reagiert aktiv auf diese Entwicklung.

Mit welchen Straßenverhältnissen ist bei Starkregen und Hurrikans zu rechnen? Inwiefern werden neue Sicherheitssysteme in Fahrzeugen erforderlich? Wie wirken sich extreme Hitze und Kälte auf Karosserien, Reifenstrukturen und die gesamte Entwicklung von (E-)Fahrzeugen aus und wie verändert sich der Mobilitätszyklus im Allgemeinen? Mit diesen Fragen haben sich erfahrene Lehrbeauftragte im Rahmen der erstmalig durchgeführten Vorlesungsreihe von Inka-Mobil in zahlreichen Vorlesungs- und Seminarveranstaltungen beschäftigt und das Thema Klimafolgenanpassung aus dem Blickwinkel verschiedener beteiligter Institutionen seitens Behörden und Industrie betrachtet.

Die Entwicklung des Lehrmoduls konnte im Laufe des zweiten Projektjahres abgeschlossen werden, sodass die Pilotveranstaltung im Wintersemester 2020/21 im Masterstudiengang „International Automotive Engineering“ erfolgreich durchgeführt wurde. Auf Basis der Pilotveranstaltung und daraus abgeleiteter Erfahrungen wird die Vorlesungsreihe in Zukunft regelmäßig im Wintersemester an der FH Aachen durchgeführt werden.

Verschiedene Lehrbeauftragte beleuchteten in einzelnen Seminaren Themen, welche die Klimafolgenanpassung fokussierten, aus einem realitätsnahen Blick-

Climate-related weather phenomena will have a considerable impact on road traffic in the future. The automotive industry is actively responding to this development.

What road conditions can be expected in the event of heavy rain and hurricanes? To what extent will new safety systems be required in vehicles? How will extreme heat and cold affect car bodies, tyre structures and the overall development of (e-)vehicles, and how is the mobility cycle changing in general? Experienced lecturers addressed these questions in numerous lectures and seminars as part of the first-ever Inka-Mobil lecture series, and looked at the topic of climate impact adaptation from the perspective of various institutions involved on the side of authorities and industry.

The development of the teaching module was completed in the course of the second year of the project, with the result that the pilot event was successfully held in the winter semester 2020/21 in the Master's degree programme "International Automotive Engineering". Based on the pilot event and the experience gained from it, the lecture series will be held regularly in the winter semester at FH Aachen in the future.

In individual seminars, various lecturers examined topics that focused on climate impact adaptation from a realistic perspective of industry and business.



winkel von Industrie und Wirtschaft. In Anlehnung an die Modulstruktur wurde so eine wöchentliche Seminarreihe realisiert. Durch den Einsatz einer E-Learning-Plattform konnten sowohl Lehrmaterialien und Vortrags-Podcasts zur Verfügung gestellt werden, als auch digitale Wissensüberprüfungen durchgeführt werden. Zu den Reihen der Lehrbeauftragten zählten beispielsweise Vertreter der Institutionen TÜV Rheinland, Deutscher Wetterdienst, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Bundesanstalt für Straßenwesen und von Here-Technology zu den Reihen der Lehrbeauftragten:

Die breit gefächerte Mischung verschiedener Tätigkeitsfelder ermöglichte ein interessantes Studienangebot, welches den Studierenden das Bewusstsein für notwendige und existente Anpassungsmaßnahmen in interessanter Weise nahebringen konnte. In den zukünftigen Vorlesungsperioden wird somit eine nachhaltige Implementierung des neuen Mastermoduls stattfinden.

Based on the module structure, a weekly seminar series was realised. By using an e-learning platform, teaching materials and lecture podcasts could be made available, and digital knowledge test could be carried out. The ranks of the lecturers included, for example, representatives of the institutions TÜV Rheinland, German Weather Service, State Office for Nature, Environment and Consumer Protection, Federal Highway Research Institute and Here-Technology:

The broad mixture of different fields of activity made it possible to offer an interesting course of study, which succeeded in making the students aware of necessary and existing adaptation measures in an interesting way. In future lecture periods, a sustainable implementation of the new Master's module will therefore take place.

Digitalisierung der Mobilität

Digitalisation of Mobility

Kommunikation und Information haben einen hohen Stellenwert bei der Entwicklung nachhaltiger Mobilität: Die IT-Systeme in Automobilen werden immer komplexer, bisher getrennte Komponenten wie Motorsteuerung, Sicherheit, Navigation etc. werden zunehmend vernetzt. Die Digitalisierung ist dabei nicht nur im Innern des Fahrzeugs wichtig, sondern wird z.B. bedingt durch die Entwicklungen im Bereich des Autonomen Fahrens zunehmend fahrzeugübergreifend. Die Vernetzung von Mobilitäts- und Fahrzeugsystemen wird zum Standard, die Anwenderfreundlichkeit rückt in den Fokus.

Communication and information have a high priority in the development of sustainable mobility: IT systems in automobiles are becoming more and more complex, and previously separate components such as engine control, safety, navigation, etc. are increasingly networked. Digitalisation is not only important inside the vehicle, but is also becoming increasingly important across vehicles, e.g. due to developments in the field of autonomous driving. The networking of mobility and vehicle systems is becoming standard, and the focus is shifting to user-friendliness.

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 Leader | 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 €

Die Elektrifizierung des Straßenverkehrs zeigt sich auch in den hohen Zuwachsraten bei alternativen E-Fahrzeugen wie Elektroroller 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 oder auch bestimmte Gruppen körperlich Eingeschränkter 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 Nutzergruppen 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 Höchstgeschwindigkeit aber auch doch weitere Anpassungen technischer Art oder der Ausstattung wie z.B. klappbare Rückspiegel oder visuelle Merkmale für den Status des Fahrzeugs, um stets die Sicherheit zu

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 rearview mirrors or visual features for the status of the vehicle, in order to always ensure safety and adapt to the specifics of the environment.



gewährleisten und sich an die Besonderheiten der Umgebung anpassen.

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 Verkehrsteilnehmer 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 Verkehrsteilnehmer und trägt zu einem gegenseitigen Vertrauen und zur friedlichen Koexistenz bei.

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

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 Aachen city region. The picture shows Goethestraße near the “Old Klinikumspark” with the vehicle and lane detection software.

Fahrzeuge und Infrastruktur des Straßenverkehrs

Vehicles and Infrastructure of Road Transport

Insbesondere der motorisierte, straÙengebundene Individualverkehr verursacht groÙe Menge an Schadstoffemissionen wie Kohlenstoffdioxid, Stickstoffdioxid und Feinstaub, die nachweislich direkten Einfluss auf die Gesundheit und das Klima haben. Mit etwa 3,5 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist Europa der drittgröÙte CO₂-Emittent weltweit. Zur Senkung des Endenergieverbrauchs sind innovative Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die z.B. die Weiterentwicklung von alternativen Antriebstechnologien und Fahrzeugkomponenten und den Ausbau sowie die Optimierung der Ladeinfrastruktur vorantreiben, unabdingbar.

Motorised individual road traffic in particular causes large amounts of pollutant emissions such as carbon dioxide, nitrogen dioxide and particulate matter, which have been proven to have a direct impact on health and the climate. With about 3.5 million tons of carbon dioxide (CO₂), Europe is the third largest emitter of CO₂ worldwide. In order to reduce final energy consumption, innovative research and development projects are indispensable, for example to advance the further development of alternative drive technologies and vehicle components and to expand and optimise the charging infrastructure.



COSTART | Strategie zur Integration von Elektrobussen in öffentliche Verkehrssysteme
Comprehensive Strategy to Accelerate the Integration of Electric Buses into Existing Public Transport Systems

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. C. Hebel, hebel@fh-aachen.de mit/with | Prof. Dipl.-Ing. H. Kemper, h.kemper@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. G. Feyerl, feyerl@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Dipl.-Ing. Daniel Busse, Torsten Merckens M.Eng.

Förderlinie/Funding line | Electric Mobility Europe Call der Europäischen Kommission in Zusammenarbeit mit der „European Green Vehicles Initiative Association“

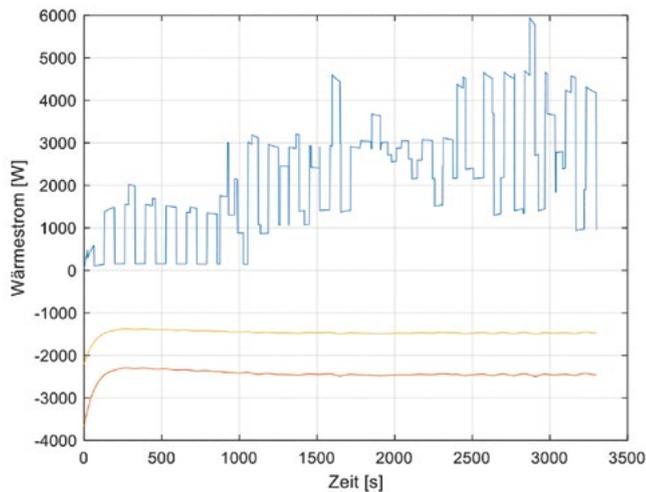
Projektvolumen/Project volume | 396.647 €

Die Umweltproblematik im Kontext der Luftreinhaltung stellt die Kommunen vor diverse Herausforderungen. Eine zentrale Frage dabei ist, unter welchen Umständen bzw. Rahmenbedingungen Elektromobilität bzw. die (schrittweise) Umstellung von ÖV-Flotten auf Elektrobusse sinnvoll ist. Im Rahmen des Forschungsvorhabens „COSTART“ wurde ein durch die lokalen Gegebenheiten fundiertes, für Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger im ÖV (Verwaltungen) handhabbares Bewertungswerkzeug auf Grundlage von Messungen realer Fahrzeugbetriebsdaten und der darauf aufbauenden Entwicklung eines technischen Simulationsmodells und dessen Verschneidung mit Kostensätzen aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Berechnung entwickelt. Die beschriebenen Anwendungen wurden in Kooperation mit und am Beispiel von der ASEAG entwickelt und umgesetzt.

Eigens für das Forschungsvorhaben wurde eine zentrale Datenspeicherung (CDMS) erfolgreich implementiert. Im Entwicklungsprozess wurde zunächst eine Anforderungsbeschreibung erstellt und die Definition der zu erfassenden Daten abgeschlossen. Im CDMS wurde definiert, welche Parameter hohe Relevanz haben und somit in dieser Datenbank aufgenommen und verwaltet werden müssen: Konkret sind dies statische Fahrzeugdaten (wie Fahrzeugtyp, Größe, Gewicht), die Liniendaten (Standort, Haltestelleninformationen) und Betriebsmessdaten Fahrzeug (Pedalstellungen, Positionsdaten, Passagierlasten, Wetterdaten etc.). Zusätzlich wurde eine Rechenlogik und Datenmanagement hinterlegt und eine Nutzerverwaltung implementiert. Abschließend wurden die Schnittstellen zu den im weiteren Verlauf des Projektes notwendigen Simulationsmodellen (AP 3) festgelegt. Es konnte eine

Environmental problems in the context of air pollution control pose various challenges for municipalities. A central question is under which circumstances or framework conditions electromobility or the (gradual) conversion of public transport fleets to electric buses makes sense. Within the framework of the research project "COSTART", an evaluation tool was developed that is based on local conditions and can be used by transport companies and public transport authorities. This tool is based on measurements of real vehicle operating data and the development of a technical simulation model and its intersection with cost rates from operational and economic calculations. The described applications were developed and implemented in cooperation with, and using the example of, ASEAG.

A central data storage system (CDMS) was successfully implemented specifically for the research project. In the development process, a description of the requirements was first drawn up and the definition of the data to be collected was completed. In the CDMS, it was defined which parameters are highly relevant and, thus, have to be recorded and managed in this data bank: Specifically, these are static vehicle data (such as vehicle type, size, weight), the line data (location, stop information) and operational measurement data vehicle (pedal positions, position data, passenger loads, weather data, etc.). In addition, a calculation logic and data management were stored and a user administration was implemented. Finally, the interfaces to the simulation models required in the further course of the project (WP 3) were defined. A functional basis of the modular mean value powertrain model could



funktionstüchtige Basis des modularen Mittelwert-Antriebsstrangmodells generiert und im Projektverlauf weiter optimiert werden. Zusätzliche Hilfsmodule, die vor allem den HVAC-Leistungsbedarf und deren Einflüsse durch Passagierlasten, Umgebungstemperaturen und Sonneneinstrahlung untersuchen, wurden erfolgreich erstellt. Anschließend wurden Buslinien der ASEAG durch ihre Parameter definiert und in verschiedenen Verkehrssituationen als Eingabezyklen für die Simulationsmodelle erstellt. Auf diese Weise konnten Energieverbräuche für einzelne Streckenabschnitte und ausgewählte Linien simuliert werden. Zusätzlich konnte eine Matlab App erstellt werden, um extern Simulationen mit verschiedenen Randbedingungen durchlaufen zu lassen und „Design of Experiment“ (DOE)-Untersuchungen durchzuführen. Darauf aufbauend konnte schließlich die Funktionsfähigkeit des neu entwickelten Bewertungswerkzeugs bewiesen werden. Im Forschungsprojekt wurde das Werkzeug eingesetzt, um zu vom Projektpartner betriebenen ÖV-Linien Aussagen zu Energiekosten [€/a], Fahrzeugkosten [€/a], Durchschnittsverbrauch [l/100km oder kWh/100km] und zusätzliche Emissionskosten des Referenzfahrzeugs [€/a] zu machen. Der Verhältniswert eines Elektrobusses zu einem Dieselbus (als Referenz) basierend auf den volkswirtschaftlichen Analyseparametern liegt bei den betrachteten Linien und deren beschriebenen Randbedingungen derzeit bei etwa 0,8.

be generated and further optimised in the course of the project. Additional auxiliary modules, mainly investigating HVAC power requirements and their influences due to passenger loads, ambient temperatures and solar radiation, were successfully created. Subsequently, bus routes of ASEAG were defined by their parameters and created in different traffic situations as input cycles for the simulation models. In this way, energy consumption for individual route sections and selected lines could be simulated. In addition, a Matlab app could be created to run simulations externally with different boundary conditions and to perform "Design of Experiment" (DOE) investigations. Based on this, it was finally possible to prove the functionality of the newly developed evaluation tool. In the research project, the tool was used to make statements on energy costs [€/a], vehicle costs [€/a], average consumption [l/100km or kWh/100km] and additional emission costs of the reference vehicle [€/a] for public transport lines operated by the project partner. The ratio of an electric bus to a diesel bus (as a reference) based on the economic analysis parameters is currently about 0.8 for the lines considered and their described boundary conditions.

Linie	Referenzfahrzeug (Diesel EURO 6)			Elektro-Bus			Zusätzliche Emissionskosten des Referenzfahrzeugs [€/a]
	Energiekosten [€/a]	Fahrzeugkosten [€/a]	Durchschnittsverbrauch [l/100km]	Energiekosten [€/a]	Fahrzeugkosten [€/a]	Durchschnittsverbrauch [kWh/km]	
2	279.000	942.000	52,38	385.000	1.382.000	2,71	193.000
11	371.000	1.461.000	45,71	502.000	2.154.000	2,32	257.000
13A	33.000	115.000	53,06	48.000	171.000	2,91	23.000
41	42.000	168.000	50,65	55.000	255.000	2,49	29.000
47	511.000	1.824.000	49,62	656.000	2.677.000	2,39	354.000
51	486.000	1.832.000	46,55	675.000	2.681.000	2,42	337.000
55	146.000	523.000	50,96	195.000	774.000	2,56	101.000
73	66.000	236.000	49,33	98.000	346.000	2,74	46.000



UNITED | Einheiten für den Wissenstransfer im Ingenieurwesen zur Steigerung der Beschäftigungsfähigkeit der Studierenden und der regionalen Entwicklung *Engineering Knowledge Transfer Units to Increase Students' Employability and Regional Development*

Projektleitung/Project Manager | Prof. Dr.-Ing. T. Esch, esch@fh-aachen.de
mit/with | Prof. Dr.-Ing. T. Röth, roeth@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Dipl.-Ing. Natascha Potuschnik, Christian Granrath M.Sc., Torsten Merkens M.Eng.

Förderlinie/Funding line | Erasmus+

Projektvolumen/Project volume | 97.639 €

Ziel des Projektes UNITED ist der Wissenstransfer zwischen europäischen und asiatischen Hochschulen für Studiengänge in der Fahrzeugtechnik. Hierzu wurden bereits in 2019 von den europäischen Partnern (FH Joanneum Graz, Politecnico di Torino und FH Aachen) drei einwöchige Trainings zu den Themen „Electric Powertrain“, „From ICE to Alternative Powertrain“ und „Vehicle Design + Dynamics“ in Südostasien durchgeführt.

Im Februar 2020 konnte noch kurz vor Einsetzen der Reisebeschränkungen aufgrund des Coronavirus das vierte und letzte Training von der MAHASARAKHAM UNIVERSITY (Thailand) ausgerichtet werden. Prof. Thomas Esch organisierte einen Workshop zum Thema „EKTU: Business Plan and Vocational Trainings“. An den Trainings nahmen jeweils 2-3 Professor:innen und Senior Lecturer der sechs renommierten südostasiatischen Partner-Universitäten teil, d.h. ca. 20 Trainees plus 2-4 Trainer.

Im nächsten Schritt wurden die Trainees zu Trainern, die an ihren jeweiligen Heimatuniversitäten das neue Wissen anhand des zur Verfügung gestellten Materials an ihre Mitarbeiter:innen und Studierende weitergaben. Diese internen Workshops wurden teilweise digital durchgeführt, da auch die asiatischen Partner-Universitäten von Lockdowns und Campusschließungen betroffen waren.

Deshalb hat sich auch der Kauf der EKTU (Engineering Knowledge Transfer Units) in den asiatischen Partneruniversitäten verzögert. Diese Einrichtungen (z.B. kleine Prüfstände) werden von in den Workshops geschulten Personal betrieben und sollen die Zusam-

The goal of the UNITED project is the transfer of knowledge between European and Asian universities for degree programmes in automotive engineering. To this end, the European partners (FH Joanneum Graz, Politecnico di Torino and FH Aachen) have already held three one-week training courses on the topics of "Electric Powertrain", "From ICE to Alternative Powertrain" and "Vehicle Design + Dynamics" in Southeast Asia in 2019.

In February 2020, the fourth and last training was hosted by MAHASARAKHAM UNIVERSITY (Thailand) shortly before travel restrictions due to the coronavirus took effect. Prof. Thomas Esch organised a workshop on "EKTU: Business Plan and Vocational Trainings". The trainings were attended by 2-3 professors and senior lecturers from each of the six renowned Southeast Asian partner universities, i.e. about 20 trainees plus 2-4 trainers.

In the next step, the trainees became trainers who passed on the new knowledge to their staff and students at their respective home universities using the material provided. These internal workshops were partly conducted digitally, as the Asian partner universities were also affected by lockdowns and campus closures.

Therefore, the purchase of the EKTU (Engineering Knowledge Transfer Units) in the Asian partner universities was also delayed. These facilities (e.g. small test benches) are operated by personnel trained in the workshops and are intended to promote cooperation between the Asian partner universities and the local automotive industry. This will

1st United SAIG International Conference

21-22 APR 2021 | Chulalongkorn University, Thailand



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

menarbeit der asiatischen Partnerunis mit der Automobilindustrie vor Ort fördern. Dies wird sowohl die Lehre als auch die Jobchancen der Absolvent:innen vor Ort verbessern. Die Aufgabe des ESCM war unter anderem die Beratung und Unterstützung unserer Liaisonpartner Chula CHULALONGKORN UNIVERSITY / CKU (Thailand) und UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA / UTeM (Malaysia) bei der Auswahl von geeignetem Equipment und der Entwicklung von Trainingsmaterial.

Auch die Planung der 1. Internationalen UNITED-SAIG (Southeast Asian Automotive Interest Group) Konferenz musste an die veränderte Situation angepasst werden. Die Konferenz zum Thema „International Collaboration Towards Sustainable and Green Automotive Technology“ wurde als Online-Event statt vor Ort in Bangkok geplant. Mit der Konferenz wird auch das Netzwerk SAIG (www.saig-united.com) eröffnet. SAIG ist eine Online-Plattform für den Wissenstransfer zwischen den Projektpartnern und Zielgruppen aus der Automobilindustrie, um die regionale Entwicklung der Wirtschaft in dieser Branche zu erhöhen und die Existenz der EKTUs zu verbreiten.

improve both teaching and job opportunities for local graduates. The task of the ESCM was, among others, to advise and support our liaison partners Chula CHULALONGKORN UNIVERSITY / CKU (Thailand) and UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA / UTeM (Malaysia) in the selection of suitable equipment and the development of training material.

The planning of the 1st International UNITED-SAIG (Southeast Asian Automotive Interest Group) Conference also had to be adapted to the changed situation. The conference on "International Collaboration Towards Sustainable and Green Automotive Technology" was planned as an online event instead of on-site in Bangkok. The conference also marks the launch of the SAIG www.saig-united.com network. SAIG is an online platform for knowledge transfer between the project partners and target groups from the automotive industry in order to increase the regional development of the economy in this sector and to spread the word about the existence of the EKTUs.

Fahrzeuge und Infrastruktur des Schienenverkehrs

Vehicles and Infrastructure of Rail Transport

Der Schienenverkehrssektor hat den Sprung in die Elektromobilität bereits seit vielen Jahren erfolgreich vollzogen. Dennoch gibt es einige Themen, die sich, aufgrund der weltweiten Trends der Mobilität wie zunehmende Verstädterung, mehr und längere Pendlerwege, weniger privater Autobesitz und höheres Bedürfnis nach intermodalen Mobilitätsangeboten, ändern bzw. weiterentwickeln müssen. Insbesondere im Schienengüterverkehr liegt ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf z.B. in der Weiterentwicklung von Fahrzeugkomponenten (u.a. Bremsen, Kupplung) und den Ausbau sowie die Optimierung der Infrastruktur (u.a. Gleisanschluss). Die Interoperabilität im Schienenverkehr zeigt sich in den Schnittstellen zu Industrie 4.0 und Logistik 4.0.

For many years now, the rail transport sector has successfully made the leap into electromobility. Nevertheless, there are some issues that need to change, or further develop, due to global mobility trends such as increasing urbanisation, more and longer commuting distances, less private car ownership and a greater need for intermodal mobility services. In rail freight transport in particular, there is a great need for research and development, e.g. in the further development of vehicle components (e.g. brakes, couplers) and the expansion and optimisation of the infrastructure (e.g. sidings). Interoperability in rail transport can be seen in the interfaces to Industry 4.0 and Logistics 4.0.

Güterwagen 4.0 | Innovative Güterverkehrslösungen; Teilprojekt: Entwicklung von Grundlagen für Aktorik, Sensorik und Predictive Maintenance
Innovative Freight Transport Solutions; Subproject: Development of Basics for Actuator Technology, Sensor Technology, and Predictive Maintenance

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. Manfred Enning, enning@fh-aachen.de
mit/with | Prof. Dr.-Ing. Raphael Pfaff, pfaff@fh-aachen.de; Prof. Dr.-Ing. Bernd D. Schmidt, b.schmidt@fh-aachen.de
Mitarbeitende/Staff | Daniela Wilbring B.Eng., Patrick Wiesen M.Sc.
Förderlinie/Funding line | Bundesministerium für Bildung und Forschung, Fördermaßnahme: KMU-innovativ
Projektvolumen/Project volume | 299.442 €

Der Güterwagen 4.0 soll der Bahn die Gelegenheit geben, ihre unbestreitbaren Vorteile bezüglich Energieverbrauch und CO₂-Emissionen auszuspielen. Dafür muss jeder einzelne Güterwagen zu einem aktiven und kommunikativen Betriebsmittel werden. Stand heute ist jeder Wagen für sich allein nutzlos, da er über keinen eigenen Antrieb verfügt, keine Energieversorgung oder irgendeine digitale Infrastruktur und ist somit immer auf eine Lok angewiesen. Um für den Einzelwagenverkehr attraktiv zu werden, muss der Güterwagen im Sinne des Internet der Dinge selbständig mit den Prozessen der Intralogistik auf der einen und den Prozessen des Bahnbetriebs auf der anderen Seite kooperieren.

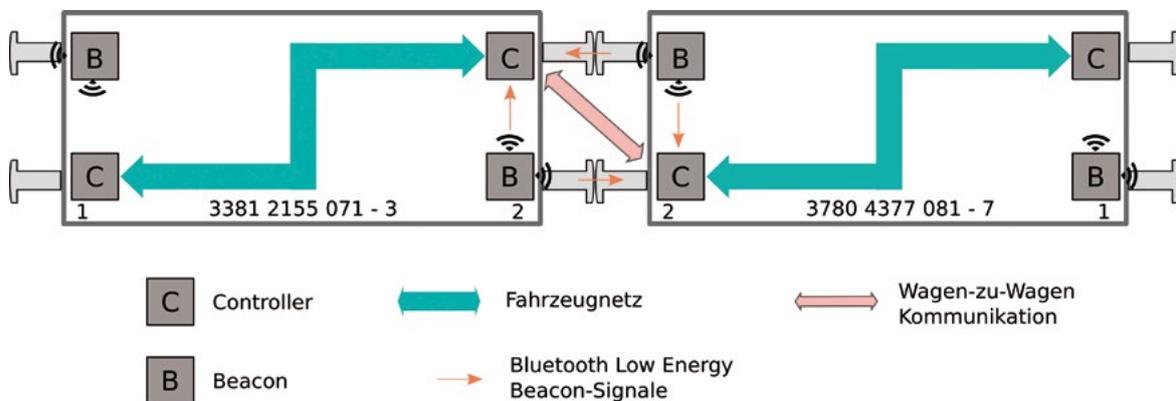
Der Güterwagen 4.0 setzt auf Automatisierung aller wichtigen Funktionen:

- > Autarke Energieversorgung nach VDI 5905
- > Ausstattung mit Sensoren zur Überwachung wichtiger Funktionen
- > Kommunikationsinfrastruktur zum Datenaustausch untereinander und nach außen
- > Automatische Bremsprobe
- > Montage eines eigenen Antriebs für Rangierfahrten

Güterwagen 4.0 – Freight Wagon 4.0 – is intended to give the railroads the opportunity to exploit their undeniable advantages in terms of energy consumption and CO2 emissions. To achieve this, each individual freight wagon must become an active and communicative operating resource. As things stand today, each wagon is useless on its own because it has no propulsion of its own, no energy supply or any digital infrastructure, and is therefore always dependent on a locomotive. In order to become attractive for single-wagon transport, the freight wagon must cooperate independently with the processes of intralogistics on the one hand and the processes of rail operations on the other in the sense of the Internet of Things.

Freight Wagon 4.0 relies on the automation of all important functions:

- > Self-sufficient energy supply in accordance with VDI 5905
- > Equipped with sensors for monitoring important functions
- > Communication infrastructure for data exchange with each other and with the outside world
- > Automatic brake test
- > Installation of a dedicated drive for shunting



Somit wird ein Investitionsanreiz bei allen Beteiligten, also vornehmlich Eisenbahnverkehrsunternehmen, Eisenbahninfrastrukturunternehmern, Versendern und Wagenhaltern geschaffen.

Diese Punkte werden in einem modularen Konzept, das die schrittweise Nachrüstung der Fahrzeuge ermöglicht, zusammengetragen. Zusammen ermöglicht die Generation Güterwagen 4.0 dann die Digitalisierung, Automatisierung oder schafft überhaupt erst die Möglichkeit zur Umsetzung vieler weiterer Prozesse. Sie ermöglichen einen halbautomatischen Gleisanschluss, mit automatischer Kupplung sogar einen vollständig automatisierten Gleisanschluss. Dies wiederum würde den gesamten Bahnverkehr, insbesondere den Einzelwagenverkehr, deutlich effizienter und planbarer und damit attraktiver machen. Zur Migration werden die Punkte in einer Railmap nacheinander aufgebaut. Sie zeigen Schritt für Schritt Verbesserungen, Kosteneinsparungen und Erhöhung von Arbeitsqualität für das Personal in Verbindung mit der Digitalisierung der Infrastruktur. Beides gemeinsam führt zum Gleisanschluss 4.0.

Die ersten Punkte der Railmap wurden im vorigen Jahr deutlich vorangetrieben. Die VDI Richtlinie 5905 wird in diesem Jahr zu einem Gründruck führen und gegen Ende des Jahres veröffentlicht. Das selbstentwickelte Framework WagonOS als Herzstück für Kommunikation, Steuerung und Auswertung wird im Laborbetrieb getestet. Die Basisautomatisierung und Überwachung von Wagen wird aktuell an Labormustern getestet und soll in diesem Jahr noch zu Demonstratoren an Demonstratoren getestet werden.

This creates an investment incentive for all parties involved, i.e. primarily rail transport companies, rail infrastructure contractors, shippers and wagon keepers.

These points are brought together in a modular concept that enables vehicles to be retrofitted step by step. Together, the Freight Wagon 4.0 generation then enables digitalisation, automation or creates the possibility for implementing many other processes in the first place. They enable semi-automated siding, and with automatic coupling even fully automated siding. This, in turn, would make all rail traffic, especially single-wagon traffic, much more efficient and plannable, and thus more attractive. For migration purposes, the points are built up one after the other in a railmap. Step by step, they show improvements, cost savings and increased quality of work for staff in conjunction with the digitalisation of the infrastructure. Combined, the two lead to Gleisanschluss 4.0 - Siding 4.0.

The first points of the Railmap were significantly advanced last year. VDI Guideline 5905 will lead to an official draft, or "green print", this year and will be published towards the end of the year. The self-developed framework WagonOS as the core for communication, control and evaluation is being tested in laboratory operation. The basic automation and monitoring of wagons is currently being tested on laboratory samples and will be turned into demonstrators this year.

SAMIRA | Rangierassistent & Überwachungsschnittstelle für autonome Bahnanwendungen *Shunting Assistant & Monitoring Interface for Autonomous Rail Applications*

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. Raphael Pfaff, pfaff@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Katharina Babilon B.Eng., Matthias Blumenschein M.Eng.

Förderlinie/Funding line | LeitmarktAgentur.NRW, Leitmarkt MobilitätLogistik.NRW

Projektvolumen/Project volume | 330.000 €

Das Shunting Assistant & Monitoring Interface for Autonomous Rail Application (SAMIRA) ist ein Projekt, bei dem durch die Verknüpfung modernster Techniken die Abläufe auf der letzten Meile im Schienengüterverkehr optimiert und digitalisiert werden. Durch eine mobile Sensoreinheit, welche am letzten Wagen der Rangierabteilung befestigt wird, kann der Gefahrenraum sicher überwacht und es können damit potenzielle Kollisionen erkannt werden. Ein zweites Modul wird an der Rangierlok befestigt, sodass Kollisionen in beiden Richtungen verhindert werden können. Die Sensoreinheiten liefern dem Triebfahrzeugführer Bilder, Daten und Warnhinweise des Gefahrenraums, die durch Künstliche Intelligenz mit Augmented-Reality versehen werden, um ein sicheres Rangieren auch ohne einen Rangierassistenten zu gewährleisten. Die sichere und nahtlose Datenübertragung an den Triebfahrzeugführer erfolgt durch ein redundantes, latenz-armes Wireless Multi-path-Mesh-Network (WMMN).

Darüber hinaus sind zusätzliche stationäre Module zur Gleisüberwachung sowie eine RTK-Station zur präzisen Positionsbestimmung an das Mesh-Netzwerk angeschlossen und ermöglichen so eine präzise, gleisselektive Positionsbestimmung des Zuges. Das Mesh-Netz ist so konzipiert, dass es mit wenig Aufwand in die vorhandene Infrastruktur eingegliedert und auch in Zukunft mit Funktionen der Logistik 4.0 schnell und einfach erweitert werden kann.

In letzter Zeit hat das Projektteam erste Ansätze zur Hinderniserkennung und Entfernungsmessung mittels LiDAR-Systemen entwickelt und mit verschiedenen Algorithmen zur Objekterkennung und -klassifizierung experimentiert. Zudem wurde eine mobile Sensoreinheit beispielhaft aufgebaut, indem alle Sensoren angeschlossen, installiert und in Betrieb

The Shunting Assistant & Monitoring Interface for Autonomous Rail Application (SAMIRA) is a project that optimises and digitalises the last-mile processes in rail freight transport by linking the latest technologies. A mobile sensor unit, which is attached to the last wagon in the shunting section, can be used to safely monitor the danger zone and thus detect potential collisions. A second module is attached to the shunting locomotive so that collisions can be prevented in both directions. The sensor units provide the driver with images, data and warnings of the danger zone, which are provided with augmented reality through artificial intelligence to ensure safe shunting even without a shunting driver. Secure and seamless data transmission to the train driver is provided by a redundant, low-latency wireless multi-path mesh network (WMMN).

Additional stationary modules for track monitoring and an RTK station for precise position determination are also connected to the mesh network, enabling precise, track-selective determination of the train's position. The mesh network is designed so that it can be integrated into the existing infrastructure with little effort and can also be quickly and easily expanded in the future with Logistics 4.0 functions.

Recently, the project team has developed initial approaches to obstacle detection and distance measurement using LiDAR systems and experimented with different algorithms for object detection and classification. In addition, a mobile sensor unit was set up as an example by connecting, installing and putting all sensors into operation. The sensors were used to record real data on a line of the

genommen wurden. Mit den Sensoren wurden auf einer Strecke der Rurtalbahn reale Daten aufgenommen, um die aktuelle Hard- und Software live zu testen und neu entwickelte Software auf vorhandenen Daten fernab der Strecke zu testen. Bisher wurden die Sensoren separat voneinander betrachtet. Der nächste Schritt ist demzufolge die Sensorfusionierung, die Funktionen wie Geschwindigkeitsempfehlungen oder Hinderniserkennung in Kurven erlaubt.

Rurtalbahn to test the current hardware and software in a live setting and to test newly developed software on existing data far away from the line. So far, the sensors have been considered separately from each other. Consequently, the next step is sensor fusion, which allows functions such as speed recommendations or obstacle detection in curves.



Innovatives Triebfahrzeug | Identifizierung von Forschungsansätzen und technischen Grundlagen zur Entwicklung eines leiseren, umweltfreundlicheren und betriebswirtschaftlich darstellbaren innovativen Triebfahrzeugs für bislang nicht elektrifizierte Netze
Identification of research approaches and technical foundations for the development of a quieter, more environmentally friendly and economically feasible innovative traction unit for previously non-electrified networks

Projektleitung/Project Leader | Prof. Dr.-Ing. Raphael Pfaff, pfaff@fh-aachen.de

Mitarbeitende/Staff | Dipl.-Ing. Tim Tappert

Förderlinie/Funding line | SCI Verkehr GmbH

Projektvolumen/Project volume | 38.150 €

Um die Dekarbonisierung im Verkehr voranzutreiben und das Ziel eines CO₂-neutralen Verkehrs im Jahr 2050 zu erreichen, hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) die vorliegende Studie in Auftrag gegeben. Das Ziel war eine Bestandsaufnahme der in Deutschland aktuell eingesetzten und durch Neuanschaffung für den Einsatz auf nicht-elektrifizierten Strecken vorgesehenen Triebfahrzeuge sowie die Erhebung und Bewertung der Lärmemission, des Schadstoffausstoßes und der CO₂-Einsparung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben. Die Darstellung des Marktüberblicks über die Triebfahrzeuge erfolgt nach Antriebsart, Altersstruktur, Verkehren und Streckencharakteristiken (Infrastruktur mit/ohne Oberleitung) sowie jeweils für den Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr.

Neben dieser Bestandsaufnahme ist der Stand der Wissenschaft und Technik von Triebfahrzeugen im Hinblick auf Möglichkeiten der Dekarbonisierung, Reduzierung von Luftschadstoffen und Minderung der Geräuschemissionen für bislang nicht elektrifizierte Netze analysiert und einschließlich der Betriebswirtschaftlichkeit und des Marktpotenzials bewertet worden. Dabei wurde nach Einsatzarten im Schienenpersonennahverkehr, im Schienenpersonenfernverkehr, im Schienengüterverkehr auf der Strecke und auf der letzten Meile sowie im Rangierbetrieb differenziert.

The Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) commissioned this study with the aim of driving forward decarbonisation in transport and achieving the goal of CO₂-neutral transport in 2050. Taking stock of the traction units currently in use in Germany and those intended for use on non-electrified lines through new acquisition, was the objective, as well as surveying and evaluating the noise emissions, pollutant emissions and CO₂ savings of vehicles with alternative drives. The market overview of traction units is presented according to type of drive, age structure, traffic and line characteristics (infrastructure with/without overhead contact line) as well as for both rail passenger and rail freight transport.

In addition to taking stock, the current state of science and technology of traction units with regard to the possibilities for decarbonisation, reduction of air pollutants and mitigation of noise emissions for previously non-electrified networks has been analysed and evaluated, including the economic viability and market potential. The study differentiates between the types of use in local passenger rail transport, long-distance passenger rail transport, rail freight transport on the line and on the last mile as well as in shunting operations.

Die Studie zeigt auf, für welche Streckenart bzw. Einsatzmöglichkeit volkswirtschaftlich relevanter Forschungsbedarf im Hinblick auf eine signifikante Reduzierung von CO₂, Luftschadstoffen und Lärmemissionen gesehen wird. Dabei wird ebenfalls die betriebswirtschaftliche Darstellbarkeit berücksichtigt. Für diesen Fall werden konkrete Anforderungen an das zu realisierende Projekt definiert und Lücken im derzeit verfügbaren Produktportfolio aufgezeigt. Ferner werden die Zeitrahmen zur Umsetzung von Projekten abgeschätzt. In der Gesamtschau werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien ersichtlich. Die konkreten Ansatzpunkte, um Hemmnisse abzubauen, sind dargestellt.

The study shows for which type of line or application there is an economically relevant need for research with regard to a significant reduction of CO₂, air pollutants and noise emissions. This also takes the economic presentability into account. In this case, concrete requirements for the project to be realised are defined and gaps in the currently available product portfolio are identified. Furthermore, the time frames for the implementation of projects are estimated. In the overall view, the advantages and disadvantages of the various technologies become apparent. The concrete starting points for removing obstacles are shown.

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 Labore, 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 Verfahwege

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_x-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)

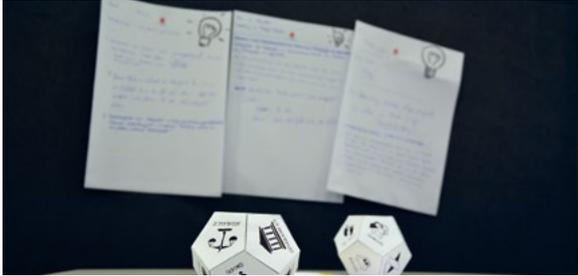
The **Ca_x equipment** covers the application areas of construction, simulation, design and calculation. In this context, the laboratory has design and calculation software for all questions relating to vehicle development as well as a 60CPU cluster for crash calculations.

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 wird 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 stehen. 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 z.B. das Deutsche 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 (m²c lab)

Im m²c 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 diesel engine test stand for research and development on Campus Jülich, that is in line with the latest technical standards. The following research focuses are to be pursued in the future:

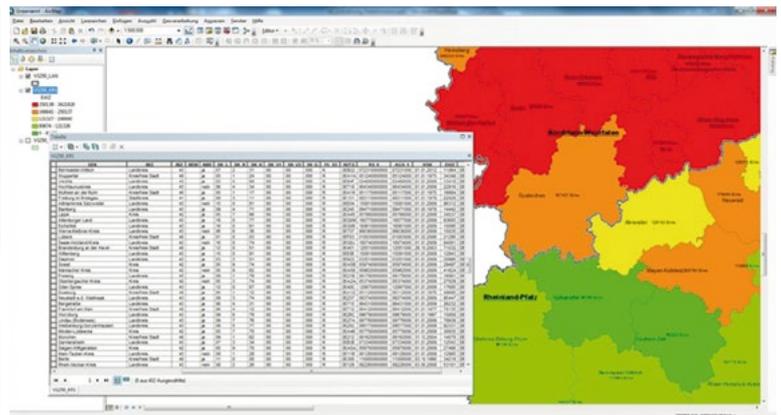
- > **Innovative diesel particulate filters (DPF):** Exhaust gas after treatment to reduce soot emissions
- > **SCR mixer/SCR catalysts:** Analysis of concentration profiles to optimise flow and reaction processes
- > **Components for heat recovery** with ceramic structures (focus on high temperatures 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 (m²c lab)

In the m²c lab, innovative, interactive systems are designed and developed under the management 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



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

operated vehicle, an electric vehicle, a simple driving 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 Universi-

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

ty als auch 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 z.B. 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 Umrichtern 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 converters

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

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

- > 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 Analyser 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

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

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

Veranstaltungen und Vorträge

Events and Lectures

Liste der Aktivitäten der
ECSM-Mitglieder im Jahr
2020 (Auszug)
*List of events and lectures
of ECSM members in 2020
(Extract)*

Datum Date	Mitglied Member	Tätigkeit Activity	Name der Veranstaltung Title of the event	Ort Venue
13.01.2020	Hebel, C.	Moderation	Workshop Mobilitätshub Merzbrück	Aachen
03.02.2020	Braun, C.; Ritz, T.; Röth, T.,; Hebel, C.; Merkens, T.; Franzke, T.; Möhren, F.; Thoma, A.; Wagner, M.	Ergebnispräsentation/ <i>Presentation of Results: SkyCab Part I</i>	Abschlussveranstaltung SkyCab Part I	Aachen
13.02.2020	Esch, T.	Workshop: EKTUs: Business Plan und Vocational Training	4th UNITED Training "Mechatronic Systems in Automotive Engineering + Testing Bays"	Mahasa- rakham/ Thailand
14.02.2020	Braun, C.; Röth, T.; Thoma, A.	Empfang der Förderurkunde zu SkyCab II	Urkundenübergabe Kategorie A mFund des BMVI	Berlin
04.03. – 05.03.2020	Röth, T.	Vortrag/ <i>Lecture:</i> LWR – Lightweight Rating of Vehicle Body Structures, Strategies in Car Body Engineering 2020	Fachtagung Karossierie- bau	Bad Nauheim
20.03.2020	Ritz, T.	Podcast-Episode: Mobilität und Digitalisierung	Podcast: Zwischen Einsen und Nullen	Virtuell
23.03.2020	Braun, C.	Vortrag/ <i>Lecture:</i> Status von SkyCab Part II	Förderaufruf „Innovative Luftmobilität“ BMVI	Aachen
16.09.2020	Ritz, T.	Vortrag/ <i>Lecture:</i> Entwicklung von bedarfsgerechten Car- und Bikesharing-Systemen	Kick-off SHAREuregio Unplug&Go	Viersen
16.09.2020	Hebel, C.; Merkens, T.	Vortrag/ <i>Lecture:</i> Mitigating various barriers for the integration of e-buses into local PT systems	Electric Mobility Europe (EMEurope), Research and Innovation Projects, Final Event	Virtuell

Datum Date	Mitglied Member	Tätigkeit Activity	Name der Veranstaltung Title of the event	Ort Venue
24.09.2020	Ritz, T.; Franz- ke, T.	Podcast-Episode: Ladesäulen, Flug- taxis und Co.	Podcast: Zwischen Einsen und Nullen	Virtuell
06.10.2020	Hebel, C.	Vortrag/Lecture: Wir bauen uns eine Stadt	Studienfelderkundung Bauingenieurwesen	Virtuell
27.10.2020	Ritz, T.	Vortrag/Lecture: Innovative Mobilitätskonzepte gemeinsam denken, gestalten und ausprobieren	Idee findet Kommune	Aachen
26.11.2020	Hebel, C.	Moderation	Expertendialog Verkehrs- management	Virtuell
18.12.2020	Hebel, C.	Podcast-Episode: Zukunft Bauen	Perspektiven der urba- nen Mobilität	Virtuell

Veröffentlichungen

Publications

Liste der Veröffentlichungen der ECSM-Mitglieder im Jahr 2020 (Auszug)
List of Publications of ECSM Members in 2020 (extract)

Autor(en) Author(s)	Titel Title	Verlag/Projekt Publisher/Project
Enning, M.; May, J.; Sutter, S.	Innovationen am Güterwagen am Beispiel der Automatischen Bremsprobe	ETR-Veröffentlichung Heft 12, ISSN: 0013-2845
Wilbring, D.; Babilon, K.	Nutzung von intelligenten Güterwagen in der Hafenlogistik	Deine Bahn, Heft 1
Wilbring, D.; Enning, M.; Pfaff, R.; Schmidt, B.	Neue Perspektiven für die Bahn in der Produktions- und Distributionslogistik durch Prozessautomation	ETR-Veröffentlichung Heft 1, ISSN: 0013-2845
Braun, C.; Ritz, T.; Röth, T.; Hebel, C.; Merkens, T.; Franzke, T.; Möhren, F.; Thoma, A.; Wagner, M.	Presseberichte zur SkyCab-Abschlussveranstaltung	Fernsehbeitrag: WDR, RTL West, BRF; Radio: Radio 90,1; Zeitungsartikel: u.a. Aachener Nachrichten, BRF, Rheinische Post
Thoma, A.; Finger, F.; Merkens, T.; Fischer, M.; Hebel, C.; Braun, C.	Adapting the Classical Aircraft Design Approach to Develop an Advanced Air Taxi Service for NRW	Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrttechnik, Ed., 2020
Thoma, A.; Laarmann, L.; Merkens, T.; Franzke, T.; Möhren, F.; Röth, T.; Hebel, C.; Ritz, T.; Braun, C.	Schlussbericht SkyCab I	Hg. V. Technische Informationsbibliothek. Leibnitz Information Centre for Science and Technology
Röth, T.; Braun, C.	Die SkyCab Erfinder im WFMG-Interview	Wirtschaftsförderung Mönchengladbach
Thoma, A.; Fisher, A.; Bertrand, O.; Braun, C.	Evaluation of Possible Flight Strategies for Close Object Evasion from Bumblebee Experiments	Vouloutsi V., Mura A., Tauber F., Speck T., Prescott T.J., Verschure P.F.M.J. (eds) Biomimetic and Biohybrid Systems. Living Machines 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12413. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64313-3_34

Autor(en) Author(s)	Titel Title	Verlag/Projekt Publisher/Project
Thoma, A.; Fisher, A.; Braun, C.	Improving the px4 Avoid Algorithm by Bio-Inspired Flight Strategies	Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrttechnik, Ed., 2020
Esch, T. et al.	Erasmus+ United CBHE Automotive International Collaboration from Euro- pean to South East Asia	Proceedings of the 2nd African International Conference on Industri- al Engineering and Operations Ma- nagement, Harare, Zimbabwe, De- cember 8-10, 2020
Esch, T. et al.	A Novel Hybrid Machine Learning Algo- rithm for Limited and Big Data Modeling With Application in Industry 4.0	Digital Object Identifier 10.1109/ ACCESS.2020.2999898, June 2020
Kreyer, J.; Esch, T.; Kemper, H. et al.	Heat Exchanger for ORC, Adaptability and Optimisation Potentials	IIR International Rankine 2020 Conference - Heating, Cooling and Power Generation - 26-29 July 2020, Glasgow, UK, PAPER ID: 1224, DOI: 10.18462/iir.rankine.2020.1224
Kreyer J.; Esch T. et al.	A calculation methodology for predicting exhaust mass flows and exhaust tempe- rature profiles for heavy duty vehicles	SAE International Journal Commer- cial Vehicle 13(2):2020, doi:10.4271/02-13-02-0009
Feyerl G. et al.	Closed-loop platoon simulation with cooperative intelligent transportation systems based on vehicle-to-X communi- cation	Science Direct - Elsevier: Simulation Modelling in Practice and Theory

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. Merkmens M.Eng., Prof. Dr.-Ing. T. Ritz (stellv. Geschäftsführender Direktor), Prof. Dr.-Ing. T. Esch

Inhaltliche Konzeption und Redaktion | Torsten Merkmens M.Eng.

Satz und Gestaltung | 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 Merkmens

Seite 4: FH Aachen / Hans Krämer

Seiten 5, 8: FH Aachen / Thilo Vogel

Seite 23 oben links: iStock, cinoby

Seite 23 oben rechts: iStock, Eric Thompson

Seite 23 unten links: Getty Images, Ray Hems

Seite 23 unten rechts: designmaniac / Photocase

Erscheinungsdatum | Juli 2021

Auflage | 300 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



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

Imprint

Publisher | The Rector
FH Aachen University of Applied Sciences, Bayernallee 11, 52066 Aachen
www.fh-aachen.de

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

Content conception and editing | Torsten Merkmens M.Eng.

Design/Layout | 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; 2nd picture from the top: FH Aachen, Press Office; 2nd picture from the bottom: Daria Merkmens

Page 4: FH Aachen / Hans Krämer

Pages 5, 8: FH Aachen / Thilo Vogel

Page 23 top left: iStock, cinoby

Page 23 top right: iStock, Eric Thompson

Page 23 bottom left: Getty Images, Ray Hems

Page 23 bottom right: designmaniac / Photocase

Date of publication | July 2021

Circulation | 300 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



The Department of Public Relations and Marketing offers comprehensive services for the design and production of print media in the university's corporate design. Contact us!
T +49. 241. 6009 51064



HAWtech
HochschulAllianz für
Angewandte Wissenschaften
German Alliance for
Applied Sciences

ZERTIFIKAT 2014



Vielfalt
gestalten
in NRW

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