



# AIMM – Artificial Intelligence for Material Models

## Problemstellung

In der Fahrzeugentwicklung und im Leichtbau kommen heute größtenteils stark erfahrungsbasierte und oftmals gebiets- und bereichsweise definierte Materialmodelle zum Einsatz. Im Bereich der aktuellen strukturellen Finite-Elemente Simulation ist die Prognosegüte von Crash-, Misuse- oder Impactlastfällen stark von der Qualität und Komplexität der Werkstoffmodelle abhängig. Qualitativ hochwertige Ergebnisse setzen aber auch heute noch enorm lange Rechenzeiten voraus, was zu langen Entwicklungszeiten und zu sehr komplexen Iterationsprozessen führt.

## Projektziel

Das Ziel des Forschungsprojektes AIMM ist es, diese klassischen Materialmodelle, die in jeder FEM-Simulation implementiert und damit für praktisch alle Lastfallsimulationen relevant sind, durch eine alternative datengetriebene Materialmodellierung zu ersetzen und somit Rechenzeit während der computergestützten Produktentwicklung (Computer Aided Engineering – CAE) zu reduzieren. Hierfür soll im Projekt eine KI-basierte, materialmodellfreie Materialmodellierung für Kunststoffe und Metalle auch anhand einiger exemplarischer Umformprozesse definiert werden.

## Durchführung

Als Grundlage dienen zunächst definierte herkömmlich Materialkartierungen, anhand derer auch das Umformverhalten abgebildet werden kann. Im weiteren Projektverlauf werden simulative Trainingsdaten erzeugt, auf deren Basis eine Entwicklung von ML-Modulen für die Materialmodellierung erfolgen soll. Hierfür sind auch neuartige Charakterisierungsversuche für das Training der KI-Modelle notwendig, die ebenfalls im Projekt entwickelt werden sollen. Die Praxistauglichkeit der datengetriebenen Modelle wird am Ende des Vorhabens evaluiert.



Projektlogo: AIMM

**Verbundkoordinator**  
Mercedes-Benz AG

**Projektvolumen**  
4,88 Mio. €  
(davon 70% Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
01/2021 – 12/2023

**Projektpartner**

- ElringKlinger AG
- DYNAmore GmbH
- Universität Stuttgart (IFB, IFU)
- Fraunhofer-Gesellschaft

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Jürgen Frenzel  
Tel.: +49 221 806 - 4155  
E-Mail: [juergen.frenzel@de.tuv.com](mailto:juergen.frenzel@de.tuv.com)



# ARTE – Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen

## Problemstellung

Die Digitalisierung und Elektrifizierung im Schienenverkehr schreitet in Deutschland und europaweit voran. Eine wesentliche Komponente ist die streckenseitige Ausrüstung mit dem Zugbeeinflussungssystem ETCS, welches wiederum Bestandteil des europäischen Eisenbahnverkehrssystems ERTMS ist. ETCS ist auch Basis für die Automatisierung des Schienenverkehrs (ATO over ETCS). Der flächendeckende Ausbau der Schienenstrecken mit ETCS wird noch Jahrzehnte in Anspruch nehmen, um insbesondere auch für den Regionalverkehr nutzbar zu sein.

## Projektziel

Das Forschungsvorhaben soll aufzeigen, wie der begleitete, automatisierte Fahrbetrieb im heutigen Streckennetz mit bestehender Streckeneinrichtung auch ohne streckenseitiges ETCS funktionieren kann. Als Lösungsansatz wird die fahrzeugseitige Aufrüstung mit ETCS sowie die Ausrüstung mit Kamerasystemen für die Hindernis- und Signalerkennung identifiziert und beides soll im vorliegenden Projekt erforscht und erprobt werden. Des Weiteren soll das Projekt Aufschluss darüber geben, inwiefern diese Fahrzeugumrüstung die zulassungsrelevanten Regularien berücksichtigt. Weiterhin soll untersucht werden, welche personellen Konsequenzen ein automatisierter Schienenverkehr hinsichtlich Funktionsbeschreibungen und Qualifikationen hätte.

## Durchführung

Das Projekt beginnt mit der Erstellung technischer Lastenhefte, der Entwicklung eines geeigneten ATO-Konzepts sowie Betriebskonzepten. Es erfolgt eine Umrüstung von zwei Fahrzeugen sowie die Simulation zunächst im Prüflabor. Die Zulassungsfragen werden sowohl für die Probefahrt im laufenden Betriebs als auch generisch für ATO-Konzepte geprüft. Des Weiteren erfolgen Stakeholderanalysen- und Interviews für die Erarbeitung der Auswirkungen von ATO auf die Bahnbranche.

### Verbundkoordinator

Alstom Transport Deutschland GmbH

### Projektvolumen

10,9 Mio. €

(davon 57 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

01/2022 – 09/2024

### Projektpartner

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Technische Universität Berlin
- ALSTOM Signal GmbH

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Marie Godemann

Tel.: +49 30 756874-404

E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)



# BrakeClean – Produkt- und Prozessentwicklung für nachhaltige („clean“) Bremsen im Automobilbereich

## Problemstellung

Die Energiewende ist ein großer Trend und Notwendigkeit unserer Zeit, woraus sich besondere Herausforderungen für die Automobilindustrie ergeben. Hier wird die Kreislaufwirtschaft in der Produktion anvisiert, um den Verbrauch an Material- und Energieressourcen zu reduzieren. Leichte und recyclingfähige Bauteile nehmen einen steigenden Stellenwert ein, da sie zur Erhöhung der Effizienz beitragen und ökologische Belastungen verringern. Eine Fahrzeugkomponente mit diesem Potential ist die Bremsscheibe, welche in ihrer konventionellen Grauguss-Bauweise ein hohes Gewicht aufweist und durch den Bremsabrieb für zusätzliche Feinstaubemissionen sorgt. Einen Lösungsansatz bieten gesinterte Aluminiumbremsscheiben, welche sowohl das Gewicht reduzieren als auch die Nachhaltigkeit durch geringen Verschleiß erhöhen.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, ein gesamtheitliches Konzept zur Entwicklung und Herstellung von leichten und nahezu verschleißfreien Aluminiumbremsscheiben zu erstellen. Die anvisierte Prozesskette ist auf eine Kreislaufwirtschaft ausgelegt und beinhaltet die Produktion, Wiederaufbereitung und das Recycling dieser Komponente. Die Bremsleitung soll dabei gemäß dem heutigen Stand der Technik erhalten bleiben.

## Durchführung

Das Projekt wird in parallellaufenden Strängen durchgeführt, in denen die verschiedenen Prozessschritte gesondert bearbeitet werden. Dies umfasst den Recycling- und Gießprozess, den Sinterprozess sowie den Prozess zur Bearbeitung und Wiederaufbereitung der Bremsscheiben. Gleichzeitig werden kontinuierlich Laboruntersuchungen zur Werkstoffoptimierung durchgeführt. Abschließend erfolgt die Evaluation der Bremsscheiben, indem die Leistung anhand von Fahrzeugerprobungen ermittelt wird.

**Verbundkoordinator**  
Mercedes-Benz AG

**Projektvolumen**  
14,1 Mio. €  
(davon 59% Förderung durch das BMWK)

**Projektlaufzeit**  
01/2023 – 12/2025

**Projektpartner**

- ZaSu Group GmbH
- DTS GmbH
- ENA-Elektrotechnologien und Anlagenbau GmbH
- Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)
- FH Münster – University of Applied Sciences

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Okan Keskin  
Tel.: +49 221 806 – 6289  
E-Mail: [okan.keskin@tuv.com](mailto:okan.keskin@tuv.com)



# BZ\_Turbolader – Entwicklung eines rekuperativen Lufladesystems für Brennstoffzellen

## Problemstellung

Um das internationale Klimaziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen, kann grüner Wasserstoff als speicherbarer Energieträger einen wesentlichen Beitrag leisten. In der Mobilität besteht vor allem bei Nutzfahrzeugen großes Potential für Wasserstoffantriebe. In der Betrachtung aller Kosten (TCO – Total Cost of Ownership) ist der Brennstoffzellenantrieb für Anwendungen in Nutzfahrzeugen jedoch noch nicht wirtschaftlich. Daher sind bezüglich Kosten und Wirkungsgrad weitere Optimierungen notwendig.

## Projektziel

Das FE-Projekt hat zum Ziel, die TCO zu senken, indem ein Brennstoffzellen-Turbolader entwickelt wird, welcher den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle erhöht. Im Brennstoffzellensystem ist der Ladeluftverdichter jedoch auch einer der Energieverbraucher. Der zu entwickelnde Turbolader nutzt die Energie des Reaktionsprodukts (Wasser) und kann so den elektrischen Energiebedarf für den Antrieb des Laders senken (Steigerung Gesamtwirkungsgrad). In Kombination mit einer Kostenoptimierung der Komponenten werden sowohl die Anschaffungskosten als auch die Betriebskosten von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieben verringert.

## Durchführung

Um Kosten- und Wirkungsgradpotentiale zu heben, wird der zu entwickelnde Turbolader im Kontext des Gesamtsystems betrachtet. Auf diese Weise können die Komponenten des Turboladers ganzheitlich optimiert entwickelt und optimal aufeinander abgestimmt werden. Die Gestaltung eines energieeffizienten Steuerungskonzepts stellt sicher, dass die Rekuperation und der Antrieb durch einen integrierten Elektromotors optimal auf den Leistungsbedarfs abgestimmt sind.

### Verbundkoordinator

IHI Charging Systems International GmbH

### Projektvolumen

11,3 Mio. €

(davon 57 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

01/2022 – 09/2024

### Projektpartner

- Silver Atena GmbH
- Technische Universität Chemnitz – Professur Alternative Fahrzeugantriebe

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Moritz Berkelmann

Tel.: + 49 221 806 - 4003

E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# CaraSave - Entwicklung eines crashsicheren Leichtbaufahrzeugaufbaus für Reisemobile

## Problemstellung

Die Nachfrage nach Wohnmobilen nimmt seit vielen Jahren stetig zu. Zugleich haben sich teil- und vollintegrierte Wohnmobile hinsichtlich ihrer Stabilität in Unfallsituationen nicht wesentlich weiterentwickelt. Während umgebaute Kastenwägen und Vans durch originale Außenkarosseriekonstruktion geschützt sind, ist die Crashsicherheit bei klassischen Aufbauten nicht vorhanden, da hier Crash-Energieabsorbierende Komponenten (wie etwa Säulen, Schweller) in den Leichtbauaufbauten aus Sandwichplatten mit dünnen Decklagen nicht vorhanden sind. Häufige Unfallarten sind Auffahr- sowie Seitenaufprallunfälle. Hier ist bei Wohnmobilen mit schweren Schäden und einer Gefährdung der Insassen zu rechnen, da die leichten Sandwichplatten mit dünnen GFK- oder Aluminiumdecklagen, niedrigfesten Schäumen und Holzeinlegern sowie die oft ungünstige Gepäckverteilung und herumfliegende Inneneinrichtung keinen ausreichenden Insassenschutz bieten.

## Projektziel

Zielstellung des Projekts ist die Entwicklung und Erprobung eines skalierbaren und integrierbaren Crashsicherheitsmoduls für den Insassenschutz. Dieses soll aus angepassten Aufprallschutzelementen, insbesondere FKV-Profilen, Knoten und Schwellern bestehen. Dabei sollen Leichtbaulösungen Berücksichtigung finden, um das Gewicht des Wohnmobils nicht wesentlich zu erhöhen.

## Durchführung

Im Rahmen des Projekts werden crashsichere Bauweisenkonzepte entwickelt, normgerechte Prüfkörper erstellt, Profilstrukturen aus Hybridverbunden hergestellt, Methoden zur Integration von Kraffteinleitungselementen sowie die Füge-technologie und Systemintegration entwickelt und anschließend die entwickelten Crashprofile in Frontal- und Seitenaufprallcrashes getestet.

### Verbundkoordinator

Capron GmbH

### Projektvolumen

2,9 Mio. €

(davon 60 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

06/2021 – 05/2024

### Projektpartner

- LAKOWA - Gesellschaft für Kunststoffbe- & -verarbeitung mbH
- Lätzsch GmbH – Kunststoffverarbeitung
- LSE - Lightweight Structures Engineering GmbH

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Marie Godemann

Tel.: +49 30 756874-404

E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)



# DauerPower – SiC-Inverter-Elektronik für maximale Dauerleistung im Antriebsstrang EV

## Problemstellung

Elektro- und Hybridfahrzeuge überzeugen nicht nur mit ihren Vorteilen für die nachhaltige Mobilität, sondern auch mit ihrer Agilität. Jedoch können rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge die vom Kunden gewünschten Fahrleistungen im Gegensatz zu ihren verbrennungsmotorisch betriebenen Konkurrenzmodellen nur für kurze Zeit abrufen. Die Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs überhitzen, weshalb die Fahrleistungen zum Schutz der Komponenten begrenzt werden. Um diese Lücke zwischen elektrisch und verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen weiter zu schließen, muss die Dauerleistungsfähigkeit der Komponenten stark erhöht werden. Dazu gehören neben Batterie und E-Maschine auch Komponenten wie der Antriebsumrichter, der den Hauptgegenstand des Projekts DauerPower darstellt.

## Projektziel

Ziel des Projekts ist die Auslegung, Realisierung und Demonstration eines SiC-basierten Antriebsumrichters in einem elektrischen Antriebsstrang, der eine deutlich höhere maximale Dauerleistung gegenüber derzeitigen vergleichbaren Lösungen verfügt. Die bereitstellbare Dauerleistung soll dabei möglichst nah an den Wert der Spitzenleistung herangeführt werden. Auf Fahrzeug-Systemebene soll diese Innovation dazu beitragen, die Fahrleistungen von hoch-performanten elektrifizierten Fahrzeugen an das Niveau von rein verbrennungsmotorischen Fahrzeugen anzugleichen.

## Durchführung

Die Reduzierung der Masse des Das Projektziel soll durch die Auslegung, Fertigung und Demonstration des zu entwickelnden Antriebsumrichters erreicht werden. Zur Verfolgung des Projektziels werden zahlreiche Teilinnovationen umgesetzt, die vor allem darauf abzielen, das Gesamtsystem thermisch zu optimieren. Dazu wird nicht nur das Kühlungssystem neu ausgelegt, sondern auch das Betriebsfenster hinsichtlich Betriebstemperaturen nach oben hin erweitert.

Am Ende des Projekts wird der neuartige SiC-Inverter auf einem Prüfstand in Betrieb genommen und validiert.

# DauerPower

Projektlogo: DauerPower

**Verbundkoordinator**  
Robert Bosch GmbH

**Projektvolumen**  
3,08 Mio. €  
(davon 62 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
06/2021 – 05/2024

**Projektpartner**  
• Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG  
• Fraunhofer-Gesellschaft

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 – 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)

# DE4LoRa - Universelles hochintegriertes 800V-Hybrid-Antriebssystem mit ganzheitlich optimierter Ökologie und Ökonomie

## Problemstellung

Der Wandel hin zur Elektromobilität ist mit zahlreichen Herausforderungen verbunden. So werden derzeit große Batteriesysteme verbaut, um die vom Kunden geforderte Langstreckentauglichkeit der Fahrzeuge sicherzustellen. Diese Batteriesysteme gehen jedoch neben hohen Kosten und einem gesteigerten Fahrzeuggewicht mit signifikantem Energiebedarf einher, woraus ein wesentlicher CO<sub>2</sub>-Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs resultiert. Außerdem werden – bedingt durch die feste Übersetzung – zum Teil hohe Leistungen verbaut, um dem Zielkonflikt zwischen hohem Anfahrmoment und Höchstgeschwindigkeit zu begegnen. Diese Antriebskonfigurationen sind aufgrund des überwiegenden Teillastbetriebs des Motors wiederum mit Effizienzeinbußen verbunden.

## Projektziel

Ziel des Projektes ist es, ein universelles und hybrides Antriebskonzept für PKW zu entwickeln, welches sich ökologische und ökonomische Attraktivität miteinander vereint. Dabei soll sowohl auf die Vorteile von langstreckentauglichen rein elektrischen Fahrzeugen (BEV) als auch auf Stärken von aktuellen Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) zurückgegriffen werden.

## Durchführung

Der Projektansatz ist mehrteilig und gliedert sich in die Entwicklung eines Hochvoltsystems mit 800V für Hybridfahrzeuge, eines neuartigen Antriebsstrangs mit hohem Schaltkomfort, einer kombinierten Leistungselektronik sowie in die Realisierung eines parallel-seriellen dezidierten Hybridantriebs mit zwei hochintegrierten E-Maschinen in Verbindung mit einem monovalenten CNG-Motor. Das Konzept soll dabei zu Projektende prototypisch an zwei Versuchsfahrzeugen erprobt werden.



Projektlogo: DE4LoRa

### Verbundkoordinator

Vitesco Technologies Germany GmbH

### Projektvolumen

9,81 Mio. €  
(davon 64 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

04/2021 – 03/2024

### Projektpartner

- APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH
- AVL Software and Functions GmbH
- BMZ Batterien-Montage-Zentrum GmbH
- Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH
- Isar Getriebetechnik GmbH & Co. KG
- Windschiegl Maschinenbau GmbH
- Compredict GmbH
- TU Darmstadt

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 – 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# DMEplusX – DME-haltige erneuerbare Kraftstoffe für den Einsatz in der Bestandsflotte

## Problemstellung

Dieselmotoren können in Automobilen nahezu CO<sub>2</sub>-neutral (Gesamtbilanzbetrachtung) eingesetzt werden, wenn sie mit erneuerbar hergestellten alternativen Kraftstoffen betrieben werden. Dimethylether (DME) ist eine solche Alternative, welche sich bei der Verbrennung im Dieselmotor durch Vorteile hinsichtlich Wirkungsgrad sowie sonstiger Schadstoffemissionen auszeichnet und welcher über synthetische Verfahren als Teil der Sektorkopplung hergestellt werden kann. Bisher ist es allerdings aufgrund von Verträglichkeitsproblemen nicht gelungen, DME im Markt zu etablieren und für den Einsatz wären aktuell Neuentwicklungen des Motors und des Kraftstoffsystems notwendig.

## Projektziel

Daher hat das FE-Projekt zum Ziel, DME als Kraftstoff in Fahrzeugen der Bestandsflotte mit minimalem Umrüstungsaufwand zu etablieren. Hierbei sollen Mischungen von reinem DME mit konventionellem Dieselmotorkraftstoff sowie DME mit Zusatz bestimmter chemischer Additive untersucht werden. Auf diese Weise kann eine beschleunigte Einführung von DME als Kraftstoff und DME-tauglicher Komponenten erfolgen und die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Bestandsflotten verbessert werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden verschiedene Kraftstoff-Blends definiert und anschließend an Komponenten- und Motorenprüfständen erprobt. Einzelne Komponenten wie das Tanksystem werden angepasst. Zum Schluss werden anhand eines Fahrzeugdemonstrators das Konzept und die optimalen DME-haltigen Kraftstoffgemische mitsamt Additiven gesamthaft erprobt. Die Ergebnisse werden in Normungs- und Standardisierungsaktivitäten eingebracht.

### Verbundkoordinator

Ford-Werke GmbH

### Projektvolumen

2,74 Mio. €

(davon 64 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

02/2021 – 01/2024

### Projektpartner

- ASG Analytik-Service AG
- TEC4FUELS GmbH
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Malte Nedkov

Tel.: +49 30 756 874 - 423

E-Mail: [malte.nedkov@de.tuv.com](mailto:malte.nedkov@de.tuv.com)



# drivEcomp-II – Weiterentwickelte Compositelösungen für elektrische Antriebe zur Steigerung der Leistungsdichte in erdgebundenen Mobilitätsanwendungen

## Problemstellung

Für elektrische Mobilitätsanwendungen auf der Straße und der Schiene besteht ein großes Potential für Gewichtseinsparungen und Leistungssteigerungen durch den Einsatz der Faserverbundtechnik in Motorkomponenten. Nach dem aktuellen Stand der Technik sind diese in metallischen Werkstoffen wie Stahl, Guss und Aluminium ausgeführt. Hierbei können durch die Integration von System- und Stoffleichtbau große Vorteile im Hinblick auf die Effizienz der einzelnen Bauteile, aber vor allem auf systemischer Ebene des Antriebsstranges erreicht werden.

## Projektziel

Ziel des Vorhabens ist es, innovative Leichtbaukonzepte auf die Komponenten Spaltröhre, Motorlagerschilde und Rotorkonstruktion anzuwenden. Alle anzuwendenden Innovationsrichtungen nutzen die einstellbare Multifunktionalität der Compositewerkstoffe zur Erzielung maßgeschneiderter Lösungen, die alle Anforderungen hinsichtlich Gewicht sowie struktureller, thermischer und elektrischer Bauteilintegrität erfüllen.

## Durchführung

Basierend auf den Ergebnissen eines Vorgängerprojektes, in welchem erste Potentiale gezeigt werden konnten, werden im Rahmen der Arbeiten vor allem Themen der Systemfunktionalität adressiert. Die Komponenten werden im Hinblick auf Anforderungen der Betriebsfestigkeit, Systemschnittstellen und Optimierung der Fertigungstechnik entwickelt, gebaut und im Rahmen einer Systemintegration erprobt.

**Verbundkoordinator**  
Siemens AG

**Projektvolumen**  
3,02 Mio. €  
(davon 54% Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
10/2020 – 10/2023

**Projektpartner**

- CirComp GmbH
- Gustav Gerster GmbH & Co KG
- Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Robert Kutz  
Tel.: +49 30 756 874 – 201  
E-Mail: [robert.kutz@de.tuv.com](mailto:robert.kutz@de.tuv.com)



# ECo2Floor – Entwicklung CO<sub>2</sub> optimierter Fahrzeugunterböden – leicht ohne ölbasierte Ressourcen

## Problemstellung

Die Verwendung von Kunststoffbauteilen wird im Automobilbau vor allem aus Gewichts-, Funktionalitäts- und Kostengründen an vielen Stellen forciert. Viele der daraus resultierenden Kohlenwasserstoffpolymere werden aus Erdöl hergestellt. Mit dem Pariser Klimaschutzabkommen und dem Beschluss des VW-Konzerns bis ins Jahr 2050 zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Produktion zu gelangen, müssen auch diese Rohstoffpfade neu gedacht werden. Hier setzt das Projekt ECo2Floor an und versucht mit CO<sub>2</sub>-neutralen Biokunststoffen oder neuartigen Faseranteilen (Holz) die rohölbasierten Polymere zu substituieren.

## Projektziel

Das Ziel des Vorhabens ist es, für den anspruchsvollen Unterbodenbereich Bauteile aus sogenanntem Lightweight Reinforced Thermoplastic (LWRT) aus Biokunststoffen aufzubauen und diese teilweise mit Holzfasern zu verstärken. Die technischen Entwicklungsziele liegen dabei vor allem in der Darstellung einer betriebstauglichen Materialkomposition sowie der Fügbarkeit des Unterbodens. Die unterschiedlichen Unterbodensegmente müssen vor allem mit den feuchten Außenbedingungen zurechtkommen. Zusätzlich soll noch Gewicht gegenüber den Standardbauteilen eingespart werden.

## Durchführung

Zunächst soll vor allem vom Partner TITK und dem Fraunhofer WKI mit dem dort angesiedelten Anwendungszentrum für Holzfas erforschung (HOFZET) an den Materialeigenschaften geforscht werden, um prax isgerechte Bauteile abmustern zu können. Die Auslegung des eigentlichen Bauteils und der Fertigungsprozess mit den komplexen Spritzgusswerkzeugen wird von den Projektpartnern Röchling und BBP übernommen. Die Audi AG validiert die Anforderungen aus dem Lastenheft mit einem Versuchsprogramm.

**Verbundkoordinator**  
AUDI Aktiengesellschaft

**Projektvolumen**  
2,21 Mio. €  
(davon 59 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
08/2020 – 07/2023

**Projektpartner**

- Fraunhofer-Gesellschaft
- Thüringisches Institut für Textil- und Kunststofftechnik (TITK)
- Röchling Automotive SE & Co. KG
- BBP Kunststoffwerk Marbach Baier GmbH

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: + 49 221 806 - 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# EP\_4\_0 – Aufbau einer Entwicklungsplattform 4.0

## Problemstellung

Die Entwicklung von aktuellen Fahrzeugsystemen, wie z.B. Antriebsstränge oder Fahrerassistenzsysteme, ist mit unterschiedlichen Herausforderungen verbunden. So steigen u.a. durch die stetig voranschreitende Technik die Anforderungen an die Ingenieure, da ein umfangreiches Wissen aus verschiedenen Disziplinen notwendig ist. Zudem besteht im Automotive-Bereich ein Wettbewerbsdruck bei OEMs und in der Dienstleistungs- und Zulieferindustrie hinsichtlich effektiver und innovativer Entwicklungsprozesse.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, eine KI-gestützte Entwicklungsplattform zu erforschen und zu erarbeiten, die Anwender bei der Produktentwicklung unterstützt. Aufgaben des sogenannten „KI-Expertensystems“ sind u.a. die Hilfe bei der Analyse großer Datenmengen, die Verknüpfung von Simulations- und Testdaten, die Verkettung von Simulationswerkzeugen, die Sicherstellung der Nachverfolgbarkeit von Entwicklungsprozessen und das Wissensmanagement.

## Durchführung

Zu Projektbeginn erfolgt zunächst die Spezifizierung und Entwicklung eines Verbundsystems aus Simulations- und Testdatenmanagement. Die darauf aufbauenden Entwicklungsschritte werden mit Hilfe eines Testsystems durchgeführt, mit dem ein beispielhafter Entwicklungsprozess durchlaufen wird (z.B. zum Abgleich der Daten von Simulationsmodellen und Prüfstandtests). Weiterhin wird im Projekt der Einsatz sogenannter „Ultra-Fast-Running-Models“ (UFRM) untersucht, welche auf neuronalen Netzen basieren und zeitlich verändernde Zustände schneller als in Echtzeit abbilden können. Abschließend sind die Integration der Teillösung in das Expertensystem sowie die Validierung anhand eines realen Entwicklungsprozesses geplant.

**Verbundkoordinator**  
SEGULA Technologies GmbH

**Projektvolumen**  
3,67 Mio. €  
(davon 66 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
06/2021 – 05/2024

**Projektpartner**

- em engineering methods AG
- Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (FKFS)

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Jürgen Frenzel  
Tel.: +49 221 806 - 4155  
E-Mail: [juergen.frenzel@de.tuv.com](mailto:juergen.frenzel@de.tuv.com)



# e-Tractiv – energieeffiziente Traktionsantriebs- Innovationen für den Schienen-Verkehr

## Problemstellung

Der Schienenpersonenverkehr ist schon heute der umweltfreundlichste motorisierte Verkehrsträger. Trotzdem besteht weiterhin die Notwendigkeit, Emissionen zu reduzieren, um die von der Bundesregierung anvisierten Ziele des Klimaschutzplans 2050 zu erreichen. Hierzu kann auch der Schienenverkehr durch gezielte Maßnahmen im Bereich der Antriebstechnik beitragen.

## Projektziel

Der Forschungsverbund „e-Tractiv“ hat sich das Ziel gesetzt, durch verschiedene Maßnahmen im Bereich der Antriebstechnik für ein typisches S-Bahnfahrzeug eine Reduzierung des Energieverbrauches um ca. 15% zu erreichen.

## Durchführung

Zur Erreichung der o.g. Zielstellung sollen Innovationen im Bereich des Traktionssystems erforscht und untersucht werden (Beitrag zur Energieverbrauchsreduzierung ca. 12%). Kern der Innovationen stellt die Nutzung von SiC-Leistungshalbleitern dar, die neue Ansätze im Gesamtsystem Traktion ermöglicht. Weiterhin soll ein energieoptimales Kühlsystem zur Stromrichter Kühlung entwickelt und erprobt werden, welches insbesondere auf die Hilfsbetriebe (z.B. Klimaanlage) zielt. Hiervon verspricht man sich eine Energieverbrauchsreduzierung um etwa 3%. Weitere Schwerpunkte im Projekt liegen in der Erforschung einer optimierten Ansteuerungstechnik.



Projektlogo: e-Tractiv

**Verbundkoordinator**  
Infineon Technologies AD

**Projektvolumen**  
6,21 Mio. €  
(davon 47 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2020 – 06/2023

**Projektpartner**

- Siemens Mobility GmbH
- TLK-Thermo GmbH
- Universität Bayreuth

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Marie Godemann  
Tel.: +49 30 756 874 - 404  
E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)



# EVoReso– EMV optimierte Resonanzinverter- topologie im autonomen Fahrzeug

## Problemstellung

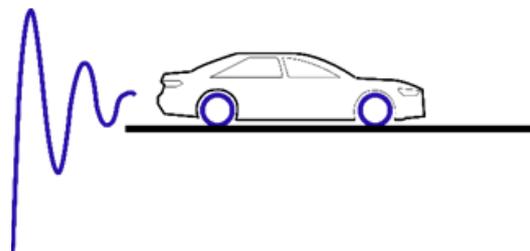
Die zunehmende Elektrifizierung des automobilen Antriebsstrangs erfordert innovative Lösungen und Weiterentwicklungen, um eine emissionsame und ressourcenschonende Mobilität zu realisieren. Herkömmliche Systeme sind erhebliche Störquellen im Fahrzeugbetrieb, die sich auf kritische hochsensible Fahrfunktionen im beispielsweise autonomen Fahrzeug auswirken können.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist die Untersuchung und Entwicklung eines neuartigen Fahrzeugantriebes auf Basis einer Resonanzinvertertopologie, welche hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Verträglichkeit als deutlich unauffälliger Störquelle, bei gleichzeitig verbesserter Effizienz, erhebliche Vorteile gegenüber einer konventionellen Topologie aufweist.

## Durchführung

Die Erzeugung des Phasenstroms des Elektromotors soll bei Verwendung einer einstellbaren Kapazität und der Motorinduktivität als Schwingkreis mit deutlich reduzierter Schaltfrequenz der Leistungselektronik realisiert werden. Zur Evaluation der Topologie sollen die Reduktion der Störungen, die Steigerung der Effizienz sowie Kosten und Komplexität mit einer konventionellen Topologie verglichen werden, um daraus weiteres Optimierungspotential abzuleiten.



Projektlogo: EVoReso

### Verbundkoordinator

EMC Test NRW GmbH electromagnetic compatibility

### Projektvolumen

3,9 Mio. €  
(davon 68 % Förderanteil durch BMWK)

### Projektlaufzeit

01/2023 – 12/2025

### Projektpartner

- embeX GmbH
- Voltavision GmbH
- Hochschule Ruhr West
- RWTH Aachen University

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Maximilian Graf  
Tel.: +49 221 806 - 4104  
E-Mail: [maximilian.graf@tuv.com](mailto:maximilian.graf@tuv.com)

# FaeBS – Funktionsauslegung und -erprobung eines innovativen Brennstoffzellen-Systems

## Problemstellung

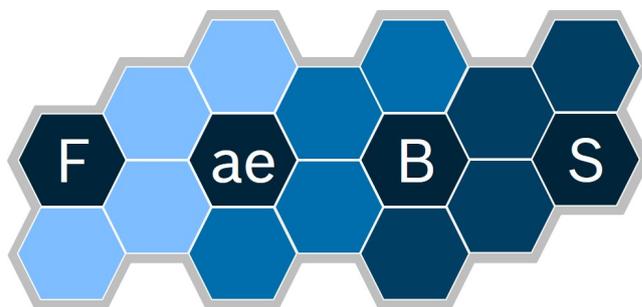
Im Zuge einer technologieoffenen Betrachtung zukünftiger klimaneutraler Antriebsformen zeichnen sich auch die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff als Energieträger der Zukunft ab. Insbesondere die Wasserstoffbrennstoffzelle in Verbindung mit einem Elektromotor erscheint mit Gesamtwirkungsgraden von über 50% und hohen realisierbaren Reichweiten eine Alternative zur batterieelektrischen Mobilität darzustellen. Entscheidend für die Markteinführung dieser Technologie ist jedoch, die benötigten Antriebskomponenten kompakt in den Bauraum zukünftiger Elektrofahrzeuge integrieren zu können. Insbesondere die Masse und das Volumen eines Brennstoffzellengesamtsystems stellt nach wie vor eine große Hürde in Bezug auf die technologische Umsetzung dieser Technologie, insbesondere in PKW, dar.

## Projektziel

Das Ziel des Projektes FaeBS ist es, einen Prototyp eines leistungsstarken innovativen Brennstoffzellensystems (FCS) sowie dessen Einzelkomponenten kompakt und effizient zu entwickeln und anwendungsnah zu untersuchen. Dabei steht neben hoher Beständigkeit im Hinblick auf Froststart und Lebensdauer eine Volumenreduktion von 30 % im Fokus der Projektarbeiten. Überdies wird ein optimiertes Wärmemanagement adressiert, um insgesamt ein System zu realisieren, welches deutlich über den aktuellen Stand der Technik hinausgeht. Die Projektergebnisse sollen eine wesentliche Grundlage für weitere Entwicklungsschritte der beteiligten Akteure bilden und ein neues Fahrzeugangebot gegen Ende des Jahrzehnts ermöglichen.

## Durchführung

Die notwendigen Entwicklungsarbeiten erfolgen zunächst auf Komponentenebene und adressieren die Bauteile Brennstoffzellenstack, Membranbefeuchter, Anoden-Subsystem, H<sub>2</sub>-Sensoren, Spannungswandler sowie die Werkstoffqualifika-



### Verbundkoordinator

Bayerische Motoren Werke AG

### Gesamtkosten

11,6 Mio. €

(davon 54,6 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

11/2021 – 10/2023

### Projektpartner

- Robert Bosch GmbH
- Zollner Elektronik AG
- MANN+HUMMEL GmbH
- Woco Industrietechnik GmbH
- Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH
- Gemeinnützige KIMW Forschungs-GmbH

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Lennart Korsten

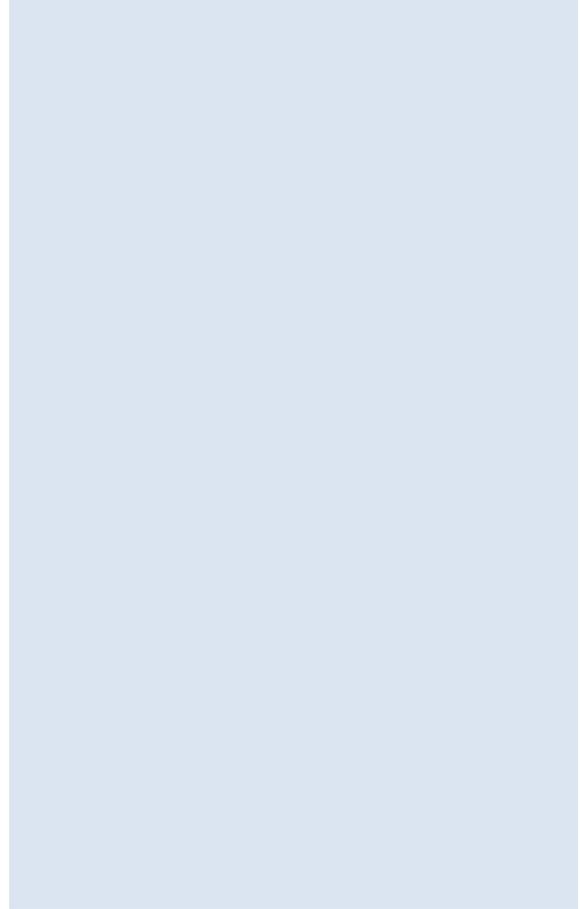
Tel.: 0221 806 - 3210

E-Mail: [Lennart.Korsten@de.tuv.com](mailto:Lennart.Korsten@de.tuv.com)



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

tion. Übergreifend findet eine Gesamtsystemintegration und –prüfung statt. Eine Reihe von KMUs unterstützt das Konsortium im Unterauftrag.





# fedeRo – Leichte, effiziente Traktionsantriebe durch federnde Rotorkomponenten

## Problemstellung

Eine wesentliche Anforderung an energieeffiziente Elektrofahrzeuge ist ein geringes Gewicht. Dies gilt für alle Komponenten und somit auch für den Antriebsstrang. Bei permanentmagneterregten Synchronmaschinen trägt der Rotor mit ca. 20% der Gesamtmasse eines elektrischen Traktionsantriebes maßgeblich zum Gewicht bei. Dies liegt an der massiven Auslegung der Welle, die heute Drehzahlen bis zu 20.000 Umdrehungen pro Minute leisten muss. Hier versucht das Projekt mit einem neuen, funktionsintegrierten gefederten Rotorkonzept anzusetzen und so das Gewicht des Rotors zu senken und damit die Leistungsdichte des Elektromotors zu steigern.

## Projektziel

Das Ziel des Forschungsprojektes fedeRo ist es, anstatt der oben erwähnten massiven, einteiligen Rotorwelle eine dreiteilige Rotorwelle mit einem gefederten Mittelteil als Polygonrohr zu entwickeln. Zusätzlich soll die Breite der Magnetstege reduziert werden, was ebenfalls zu einer geringeren Magnetmasse führt. Als weitere Komponente des E-Rotors soll eine federnde Wuchtscheibe mit Pressverbindung implementiert werden. Insgesamt soll das Rotorgewicht um ca. 15% reduziert werden, wobei noch zusätzlich systemische Vorteile z.B. im Bereich der Wärmeleitfähigkeit erreicht werden sollen.

## Durchführung

Neben der eigentlichen konstruktiven Auslegung sind in diesem Vorhaben die Fertigung der gefederten Rotorwelle und die Validierung von besonderer Bedeutung. Für die Validierung werden spezielle Prüffelder aufgebaut, mit denen die Leistungsfähigkeit des Konzeptes nachgewiesen werden kann. Als Referenz dient ein aktueller Serienmotor eines etablierten Automobilzulieferers.

### Verbundkoordinator

Muhr und Bender KG

### Projektvolumen

3,25 €

(davon 63% Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

10/2021 – 09/2024

### Projektpartner

- MS-Schramberg Werkzeug GmbH & Co. KG
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Produktentwicklung
- RWTH Aachen, Institut für Elektrische Maschinen
- Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Moritz Berkelmann

Tel.: + 49 221 806 - 4003

E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)

# FlexHy – Effiziente und kraftstoff-FLEXible Verbrennungsmotoren basierend auf innovativen Werkstoff-, Schichtsystemen und Hybrid- bauweisen

## Problemstellung

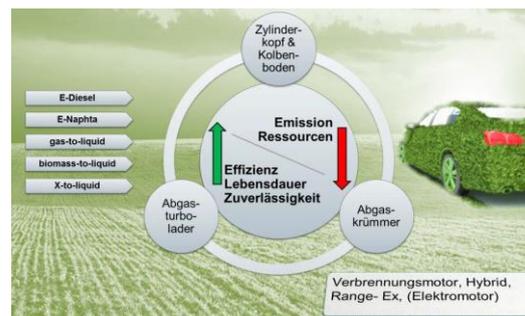
Moderne Verbrennungsmotoren sind hochkomplexe Systeme, deren Effizienzsteigerung eine signifikante Herausforderung darstellt. Insbesondere starke thermische Lasten durch hohe Temperaturen in Verbindung mit synthetischen Kraftstoffen bedürfen innovativer, neuartiger Konzepte, um die Effizienz, die Lebensdauer sowie die Zuverlässigkeit zukünftiger Motorengenerationen zu steigern.

## Projektziel

Ziel des Projekts ist es, durch neuartige Entwicklungen für die Bereiche Brennraum, Abgaskrümmen und Abgasturbolader basierend auf optimierten Werkstoff- und Schichtsystemen sowie angepassten Fügetechnologien eine signifikante Effizienzsteigerung des Motors auch unter hohen thermischen Lasten zu realisieren. Einen weiteren Schwerpunkt stellt dabei die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der einzelnen Entwicklungen dar.

## Durchführung

Zum Erhalt der Integrität bei hohen thermisch-korrosiven Beanspruchungen im Zylinderkopf- und Kolbenboden erfolgt im Projekt die Entwicklung keramischer Schutzschichten. Zusätzlich erfolgt die Erforschung einer Mischbau-Fügetechnologie für eine strömungs- und gewichtsoptimierte direkte Anbindung des Abgaskrümmers aus Stahl an den Aluminium-Zylinderkopf. Zentraler Inhalt des Projektes ist zudem die Auslegung und Herstellung keramischer Leichtbau-Turboladerturbinenräder, optimierter Keramik-Metall-Fügetechnologie und reibungsarber Laser-Oberflächen-Strukturierung. Die neu entwickelten Komponenten sollen anschließend, integriert in ein Gesamtsystem, demonstriert und bezüglich ihres Potentials umfassend bewertet werden.



Projektlogo: FlexHy

**Verbundkoordinator**  
Mercedes-Benz AG

**Projektvolumen**  
4,71 Mio. €  
(davon 64 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
03/2021 – 02/2024

**Projektpartner**

- SITEC Industrietechnologie GmbH
- Rauschert Heinersdorf-Pressig GmbH
- GTV Verschleißschutz GmbH
- FCT Systeme GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Lennart Korsten  
Tel.: +49 221 806 - 3210  
E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)



# FlexHyBat – Inkrementelle Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe für leichte Nutzfahrzeuge auf Basis 3D rollgeformter Profile

## Problemstellung

Zukünftige Fahrzeuggenerationen müssen zur Effizienzsteigerung und für einen nachhaltigen Ressourceneinsatz hinsichtlich Leichtbau optimiert ausgelegt werden. Gleichzeitig erhöht sich in Zukunft die Antriebs- und Anwendungsvielfalt von leichten Nutzfahrzeugen. Neben der Kraftstoffverbrauchsverbesserung kann durch eine fahrzeugeigene Gewichtsreduktion bei leichten Nutzfahrzeugen die Nutzlast, welche durch das zulässige Gesamtgewicht von 3,5 t begrenzt ist, als wichtige Kenngröße erhöht werden.

## Projektziel

Das FE-Projekt setzt sich daher zum Ziel, eine variantenreiche Leichtbauweise für leichte Nutzfahrzeuge zu entwickeln, welche für verschiedene Anforderungen und Antriebsformen flexibel in der Entwicklung angepasst werden kann. Dabei wird die Fahrzeugbodengruppe als tragende Struktur mithilfe hochfester Stähle, innovativer Leichtbau-Fertigungsverfahren und einer flexiblen Konstruktionsweise in den Vordergrund gestellt. Letztendlich sollen so wirtschaftlich tragfähige Produktionen von vielfältigen Modellen mit unterschiedlichen Antrieben ermöglicht werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden die Anforderungen an die Fahrzeugbodengruppe analysiert und Konzepte für eine flexible Konstruktions- und Fertigungsweise erarbeitet. Anschließend werden die einzelnen Prozesse, wie unter anderem Laser-Highspeed-Cutting, 3D-Walzprofilieren oder 3D-MAG-Auftragsschweißens, im Einzelnen untersucht. Abschließend werden alle Entwicklungsstränge zusammengeführt und die Leichtbau-Fahrzeugbodengruppe prototypisch umgesetzt, erprobt und mittels Lebenszyklusanalyse bewertet.

## Verbundkoordinator

EDAG Engineering GmbH

## Projektvolumen

3,55 Mio. €

(davon 61 % Förderung durch das BMWi)

## Projektlaufzeit

11/2020 – 03/2023

## Projektpartner

- Carl Cloos Schweißtechnik GmbH
- data M Sheet Metal Solutions GmbH
- BILSTEIN GmbH & Co. KG
- Protomaster GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft

## Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Malte Nedkov

Tel.: +49 30 756 874 – 423

E-Mail: [malte.nedkov@de.tuv.com](mailto:malte.nedkov@de.tuv.com)



# FlexSbus-LR – Flexibler Schienenbus für den ländlichen Raum

## Problemstellung

Im Fahrzeuge im Schienenverkehr kennzeichnen sich durch hohe Fertigungs- und Instandhaltungskosten; zugleich weisen Schienenfahrzeuge eine zunehmende technische Komplexität sowie steigende Anforderungen an die Beförderungsqualität auf. Insbesondere in dünn besiedelten Regionen, in denen bspw. Streckenreaktivierungen zur Debatte stehen, werden diese Fahrzeuge aus Kostengründen nicht eingesetzt. Vor diesem Hintergrund soll das neuartige Fahrzeugkonzept des Schienenbusses nicht auf die Beförderung großer Fahrgastzahlen ausgerichtet sein, sondern für dünn besiedelte Regionen schnelle, emissionsarme und weniger kostenintensive Anbindungen ermöglichen. Solche Fahrzeuge sind aktuell nicht entwickelt und könnten ein mögliches Transportkonzept für die Takterhöhung auf bestehenden Nebenstrecken sowie zur schrittweisen Reaktivierung von stillgelegten Strecken in Zukunft darstellen.

## Projektziel

Zielstellung des Projekts ist die konzeptionelle Entwicklung und Fertigung eines neuartigen modular aufgebauten, batterieelektrisch betriebenen und in Leichtbauweise konstruierten Schienenfahrzeugs, das sich durch bauliche Trennung von Chassis und Fahrgastzelle kennzeichnet.

## Durchführung

Im Vorhaben werden die Fahrgastzelle und das Chassis zunächst separat konzeptionell entwickelt, anschließend die Schnittstellen definiert und entwickelt und die Anforderungsliste erstellt. Auch die zulassungsrechtlichen sowie eisenbahnspezifischen Anforderungen werden berücksichtigt. Anschließend erfolgt die Montage der Fahrzeugkomponenten sowie die gesamthafte Fertigung von Chassis und Fahrgastzelle. Es folgt die dynamische und statische Inbetriebnahme des Demonstratorfahrzeugs inklusive Test- und Demonstrationsfahrten.

### Verbundkoordinator

LBBZ Laser- und Bearbeitungszentrum NRW GmbH

### Projektvolumen

12,24 Mio. €  
(davon 67 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

06/2021 – 05/2024

### Projektpartner

- Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
- Schaeffler Technologies AG und Co. KG
- Isatec GmbH
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- MV Engineering GmbH & Co. KG

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Marie Godemann

Tel.: +49 30 756 874-404

E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)

# GESIR – Gasmotoren mit energieeffizienten Systemtechnologien und integraler Robustheit

## Problemstellung

Zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs im Verkehr ist die Erhöhung der Effizienz von Antrieben von eminenter Bedeutung. Daher sind effiziente Gasmotoren aus vielen Gründen sehr attraktiv.

In diesem Projekt sollen die Belastbarkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer thermisch und tribologisch höchstbeanspruchten Komponenten in Gasmotoren verbessert werden, um weitere motorische Erhöhungen des Wirkungsgrads zu ermöglichen, Emissionen zu reduzieren und die Verbrennung diverser Kraftstoffe zu erlauben.

## Projektziel

Gegenstand dieses Forschungsvorhabens ist es, die oben genannten Ziele durch verbesserte Werkstoffe und Schmierstoffe für Motorkomponenten in den, speziell bei Gasmotoren, thermisch und tribologisch höchstbelasteten Bereichen des Ventiltriebs sowie mittels einer präzisen Abstimmung der Betriebsbedingungen auf die Belastungsgrenzen der Motorkomponenten zu erreichen.

## Durchführung

Zur Umsetzung der Zielstellungen werden folgende Entwicklungsschwerpunkte verfolgt:

- Entwicklung und Einsatz neuester Metalle und Beschichtungen im Bereich des Ventiltriebes
- Qualifizierung und Verwendung von thermisch und chemisch hoch beständigen und darüber hinaus effizienz-steigernden Motorölen
- Entwicklung und Erprobung von Konzepten zur Wirkungsgradsteigerung und Emissionsreduzierung von Gasmotoren
- Systemoptimierung zur Abstimmung der Betriebsbeanspruchungen auf die Belastungsgrenzen der Werkstoffe
- Demonstration eines Konzeptes für langlebige, effiziente und emissions-reduzierte Gasmotoren anhand eines realen Gasmotors

# GESIR

Projektlogo: GESIR

### Verbundkoordinator

IAVF Antriebstechnik GmbH

### Projektvolumen

2,75 Mio. €

(davon 54 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

07/2019 – 03/2023

### Projektpartner

- FUCHS LUBRICANTS GERMANY GmbH
- Bleistahl Produktions-GmbH & Co. KG
- Fraunhofer-Gesellschaft

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Malte Nedkov

Tel.: +49 30 756 874 - 423

E-Mail: [malte.nedkov@de.tuv.com](mailto:malte.nedkov@de.tuv.com)



# GroKuBat – Großserienfähiges Kunststoff-Batteriegehäuse

## Problemstellung

Faserverstärkte Kunststoffe bieten die Möglichkeit, leichtbauoptimierte Strukturen bei gleichzeitig guten mechanischen Eigenschaften zu realisieren. Bei batterieelektrischen Fahrzeugen besteht insbesondere für konventionell aus Stahl oder Aluminium gefertigte Batteriegehäuse ein Potential zur Gewichtsreduktion. Es bestehen jedoch zahlreiche Anforderungen wie eine hohe Crashesicherheit zum Schutz der Batteriezellen und Brandschutzkonformität. Weiterhin ist der Produktionsprozess für diesen Werkstoff noch nicht ausgereift und somit nicht für eine Großserie geeignet.

## Projektziel

Ziel des Vorhabens ist die Realisierung eines Kunststoff-Batteriegehäuses, welches den hohen Anforderungen gerecht wird und gleichzeitig mittel- bis langfristig wirtschaftlich in einer Großserie produzierbar ist. Dadurch sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen lebenszyklusübergreifend gesenkt werden.

## Durchführung

Zunächst wird das Batteriegehäuse designtechnisch ausgelegt, konstruiert und simuliert. Um das Verhalten im Gesamtfahrzeug abbilden zu können, wird auch eine geeignete Karosseriestruktur aufgebaut. Durch die Anbindung werden Aussagen zu der auftretenden Lastverteilung ermöglicht. Gleichzeitig ist die Weiterentwicklung des thermoplastischen Faserverbundmaterials erforderlich, um den Anforderungen für die Fertigung und den Einsatz im Bauteil gerecht zu werden. Des Weiteren wird ein automatisierter Prozessablauf umgesetzt, in denen kurze Taktzeiten für eine serienfähige Fertigung sichergestellt werden sollen. Unter diesen Fertigungsbedingungen werden dann prototypische Bauteile hergestellt und in experimentellen Versuchen hinsichtlich ihrer Crashperformance validiert. Über die gesamte Projektlaufzeit wird zudem ein Life Cycle Assessment (LCA) durchgeführt, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck über die gesamte Prozesskette zu bestimmen.

**Verbundkoordinator**  
MAHLE Filtersysteme GmbH

**Projektvolumen**  
5,65 Mio. €  
(davon 66 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
01/2022 – 09/2024

**Projektpartner**

- Gerlinger Industries GmbH
- Gebrüder Ficker GmbH
- In2p GmbH
- Wickert Maschinenbau GmbH
- Fraunhofer ICT
- Technische Universität Chemnitz

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Okan Keskin  
Tel.: 0221 806 - 6289  
E-Mail: [okan.keskin@tuv.com](mailto:okan.keskin@tuv.com)

# H2 ICE Democar – Leichtes Nutzfahrzeug mit Wasserstoffmotor und Hybrid-Antriebsstrang

## Problemstellung

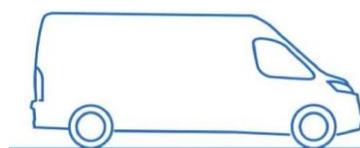
Um die hochgesteckten CO<sub>2</sub>-Ziele in der Europäischen Union und in Deutschland zu erreichen, wird der Anteil erneuerbarer Energieträger im Verkehrssektor zukünftig steigen. Regenerativ hergestellter Wasserstoff (H<sub>2</sub>) bietet ein großes Potential, CO<sub>2</sub>-neutrale Lösungen für mobile Anwendungen zu ermöglichen. Neben dem Einsatz in der Brennstoffzelle kann Wasserstoff auch für H<sub>2</sub>-Motoren genutzt werden.

## Projektziel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines hybrid-elektrischen Antriebsstrangs für ein leichtes Nutzfahrzeug unter Einbeziehung eines Wasserstoffverbrennungsmotors. Dabei steht die ganzheitliche Betrachtung des Gesamtsystems im Fokus, sodass sowohl der Motor mit den relevanten Komponenten als auch die Abgasnachbehandlung, Motorsteuerung sowie die Fahrzeugintegration und Betriebsstrategie betrachtet werden. Die Entwicklungen sollen in zwei Prototypenfahrzeug realisiert und erprobt werden.

## Durchführung

Ein übergeordnetes Ziel und eine zwingende Voraussetzung für die Entwicklung und spätere Markteinführung von H<sub>2</sub>-Motoren, ist die Sicherstellung niedrigster Abgaswerte unter allen Betriebsbedingungen. Dazu wird im Rahmen des Projektes ein H<sub>2</sub>-spezifisches Brennverfahren erforscht und entwickelt, welches im Hinblick auf Temperatur, Verbrennungsrückstände etc. neue Anforderungen für die Komponenten mit sich bringen wird. Zielstellung für dieses Brennverfahren sind eine hohe spezifische Leistung, sowie ein hoher Wirkungsgrad bei gleichzeitig niedrigen Rohemissionen. Zusätzlich wird eine effiziente Abgasnachbehandlung erforscht, deren Fokus auf der Entwicklung eines, zumindest lokalen, „Zero-Impact-Systems“ liegt.



H<sub>2</sub> ICE DemoCar

Projektlogo: H2 ICE Democar

**Verbundkoordinator**  
Robert Bosch GmbH

**Projektvolumen**  
12,14 Mio. €  
(davon 56 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2021 – 06/2024

**Projektpartner**

- Ford Werke GmbH
- MAHLE GmbH
- Umicore AG & Co. KG
- Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart
- Institut für Fahrzeugtechnik, Universität Stuttgart
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Malte Nedkov  
Tel.: +49 30 756 874 - 423  
E-Mail: [malte.nedkov@de.tuv.com](mailto:malte.nedkov@de.tuv.com)



# Heat2Comfort – Abwärmebasierte Klimatisierung von Brennstoffzellen-Triebzügen

## Problemstellung

Ein wesentlicher Faktor für die Einsetzbarkeit von Brennstoffzellentriebzügen im Schienenpersonennahverkehr ist ihre garantierte Mindestreichweite zwischen zwei Tankfüllungen. Der gesamte Betriebsablauf ist auf diese Reichweite ausgerichtet. Nach dem Antriebssystem weist die Fahrzeugklimatisierung den größten Energiebedarf auf und ist damit ein wesentlicher Einflussfaktor für die Reichweite. Heutige Fahrzeuge benötigen bis zu 25% des Gesamtenergiebedarfs für die Klimatisierung von Fahrgastraum und Fahrerstand. Zudem schwankt dieser Bedarf stark in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur.

## Projektziel

Primäres Ziel des Verbundvorhabens besteht in der Entwicklung eines neuartigen Klimatisierungssystems, das auf der Nutzung der Abwärme der Brennstoffzelle als primäres Energiewandlungssystem des Fahrzeugs beruht:

- 70 % der im Jahresverlauf für die Klimatisierung benötigten Energie sollen durch Abwärme bereitgestellt werden
- Der thermische Komfort der Passagiere soll nachweisbar erhöht werden
- Der Schalleistungspegel des für die Klimatisierung benötigten Aggregats soll um mindestens 3 dB(A) gesenkt werden

## Durchführung

Durch einen neuen Ansatz in der Abwärmenutzung für die Fahrzeugklimatisierung soll die Mindestreichweite von Brennstoffzellen-Triebzügen um 20% erhöht werden. Der Komfort der Reisenden soll dabei sowohl aus thermischer, als auch aus akustischer Sicht gesteigert werden. Thermisch aktive Komponenten des Innenausbaus ermöglichen hierfür signifikante Energiespareffekte bei gleichzeitiger Gewährleistung eines hohen thermischen Komforts. Für einen möglichst hohen Nutzungsgrad der Abwärme soll bei diesem aus komplexen Abhängigkeiten bestehenden System eine prädiktive und lernfähige Klimatisierungsregelung implementiert werden. Diese soll eine Vielzahl von Betriebs- und Umgebungsinformationen auswerten und gleichzeitig eine deutlich höhere Anzahl von Regelgrößen bedienen, als heutige Regelalgorithmen.

**Verbundkoordinator**  
Hörmann Vehicle Engineering GmbH

**Projektvolumen**  
2,96 Mio. €  
(davon 63 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
03/2021 – 02/2024

**Projektpartner**

- WäTaS – Wärmetauscher Sachsen
- ILK – Institut für Luft- und Kältetechnik GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Robert Benning  
Tel.: +49 30 756 874 - 202  
E-Mail: [robert.benning@de.tuv.com](mailto:robert.benning@de.tuv.com)

# iBMS – Entwicklung eines intelligenten Batterie-Management-Systems zur Lebensdaueroptimierung einer Hochvoltbatterie

## Problemstellung

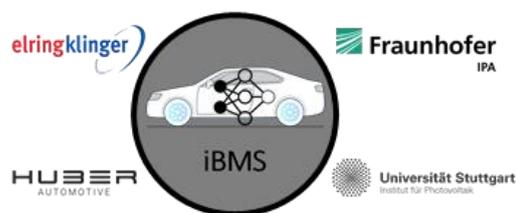
In der Automobilindustrie zeichnet sich ein klarer Trend hin zu batterieelektrischen Antriebslösungen ab. Einen begrenzenden Faktor stellt dabei die Batterie dar. Heutige Batteriesysteme werden in Bezug auf Lebensdauer, Leistung und Kapazität nicht optimal genutzt; eine genaue Vorhersagefähigkeit wesentlicher Zustandsparameter ist dabei nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. In der Folge verringert sich die Fahrzeugreichweite durch mangelnde Kenntnis des Ladezustandes sowie die Gesamtlebensdauer durch ein fehlerhaftes Batteriemangement.

## Projektziel

Ziel des Projektes ist es, mithilfe von Künstlicher Intelligenz ein neuartiges Batteriemangementsystem zu entwickeln, welches die Vorhersage der Temperatur, des Ladezustands, des Alterungszustands und der Lebensdauer optimiert sowie das Thermomanagement der Batterie selbstständig regelt. Dieses Ziel soll durch einen hybriden Ansatz eines echtzeitfähigen und KI-basierten Algorithmus auf dem Steuergerät und eines externen verlagerten rechenintensiveren, physikalischen Modells realisiert werden, wodurch die Vorteile beider Konzepte bestmöglich ausgenutzt werden können. Insgesamt bietet das Projekt das Potential, mit aktuellen Batteriesystemen höhere Reichweiten, Leistungsfreigaben und Lebensdauern zu erreichen.

## Durchführung

Zunächst erfolgt im Rahmen des Projektes eine parallele Entwicklung eines echtzeitfähigen intelligenten Algorithmus und eines Digitalen Zwillings zur Abbildung der physikalischen Vorgänge der Batterie. Basierend auf den Algorithmen und dem physikalischen Modell soll zudem eine Fahrzeugsimulation aufgebaut werden, um Leistungsanforderungen an die Batterie präzise definieren zu können. Ebenfalls ist zu Projektende der Aufbau einer HV-Batterie und eines Fahrzeugdemonstrators geplant, um die Ergebnisse unter realitätsnahen Umgebungsbedingungen validieren zu können.



Projektlogo: iBMS

**Verbundkoordinator**  
ElringKlinger AG

**Projektvolumen**  
5,59 Mio. €  
(davon 64 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
05/2021 – 04/2024

**Projektpartner**  
• Huber Automotive AG  
• Fraunhofer-Gesellschaft  
• Universität Stuttgart (IPV)

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Lennart Korsten  
Tel.: +49 221 806 - 3210  
E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)

# IdenT - Identifikation dynamik- und sicherheitsrelevanter Trailerzustände für automatisiert fahrende Lastkraftwagen

## Problemstellung

Derzeit integrieren viele Zugmaschinenhersteller im Nutzfahrzeubereich (teil-) autonome Fahrfunktionen und Sensoren, die zukünftig ein hochautomatisiertes Fahren ermöglichen sollen. Diese Entwicklungen werden aber derzeit isoliert von den Herstellern der Zugmaschinen vorangetrieben ohne auf die Daten der Trailer bzw. Trailerzustände zurückzugreifen. Dadurch werden vor allem im Bereich der Fahrdynamik und damit der Verkehrssicherheit nicht alle verfügbaren Informationen verwendet.

## Projektziel

Das Ziel dieses Vorhabens ist es, einen Trailer so mit Sensorik auszustatten, dass Trailerzustände, die eine Sicherheitsrelevanz besitzen oder auch wichtige Informationen z.B. zur Fahrdynamik beinhalten, identifiziert werden und über eine entsprechende Schnittstelle dem Zugfahrzeug zur Verfügung gestellt werden können.

## Durchführung

Hierfür wird im Projekt IdenT ein geeignetes Sensorkonzept aufgebaut und in einen realen Versuchstrailer integriert. Neben der rein messtechnischen Erfassung wird auch ein virtueller digitaler Zwilling aufgebaut, in den Modelle integriert sind, die eine Prognose und Interpretation der Fahrzustände zulassen. Der digitale Zwilling soll in Echtzeit arbeiten können, was eine der größten Herausforderungen im Projekt darstellt. Die Zusammenarbeit mit dem Hersteller einer Zugmaschine wird im Projekt noch nicht in Angriff genommen, da zuerst eine leistungsfähige und automotivetaugliche Zustandserkennung entwickelt werden soll.

### Verbundkoordinator

BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft

### Projektvolumen

3,78 Mio. €  
(davon 68 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

02/2020 – 04/2023

### Projektpartner

- Universität Hannover
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Industrial Science GmbH
- The smart systems solutions GmbH
- VISCODA GmbH

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Marie Godemann  
Tel.: +49 30 756 874 – 404  
E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)

# INES – „Intelligentes Niedrigstemissionssystem“ für die Diesel PKW Anwendung

## Problemstellung

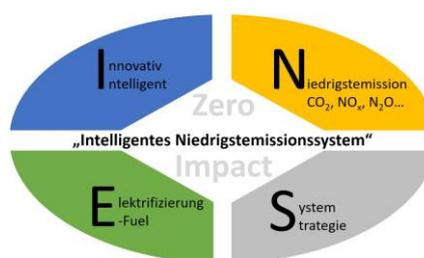
Der steigende Druck auf die Politik und die Gesellschaft, eine nachhaltige Mobilität zu gestalten, lässt sich in der laufenden Dekade nur zu einem kleinen Anteil durch die Elektromobilität realisieren. Dem Verbrennungsmotor kommt dabei im Rahmen der Energiewende eine tragende Funktion zu. Abgasnachbehandlungssysteme müssen weiter deutlich verbessert werden, um die zukünftigen Anforderungen bzw. Schadstoffgrenzwerte insbesondere im Realfahrbetrieb und im städtischen Raum zu erfüllen. Gleichzeitig muss ein möglichst effizienter Betrieb gewährleistet werden.

## Projektziel

Ziel ist die Entwicklung eines zukunftsorientierten CO<sub>2</sub>-optimierten elektrifizierten PKW-Diesel-Antriebsstrangs, der einen „Zero Impact“-Emissionsansatz im gesamten Fahrzeugbetrieb realisiert. Neben urbanen Niedrigstemissionen wird eine gezielte Entwicklung des Systems für das komplette Einsatzspektrum eines PKWs angestrebt. Der Zielkonflikt zwischen „Near Zero Emissions“ und „Low-CO<sub>2</sub>“ soll unter Einsatz der Elektrifizierung in diesem Projekt gelöst werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden die Anforderungen an die Elektrifizierung, prädiktive Betriebsstrategien und die Emissionsuntersuchung analysiert. Im weiteren Verlauf erfolgt eine systemische Entwicklung einer kombinierten Vor- und Nach-Turboabgasreinigung sowie die Entwicklung neuer Katalysatoren auf simulativer und praktischer Ebene. Die Demonstration der Projektergebnisse erfolgt über ein real validiertes Antriebsstrangmodell am Engine-in-the-Loop Prüfstand.



Projektlogo: INES

**Verbundkoordinator**  
Umicore AG & Co. KG

**Projektvolumen**  
2,94 Mio. €  
(davon 61 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
11/2020 – 10/2023

**Projektpartner**  
• BIN Boysen Innovationszentrum Nagold GmbH & Co. KG  
• Technische Universität Darmstadt

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: + 49 221 806 - 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# INTEGRAL – Integratives Leichtbaudach für Schienenfahrzeuge

## Problemstellung

Moderne Stadt- und Straßenbahnen sind gekennzeichnet durch eine Vielzahl an Funktionen und entsprechenden Systemen zur Erhöhung des Fahrgastkomforts (z.B. Klimaanlage, Einstiegshilfen). Mit der wachsenden Anzahl an zusätzlichen Systemen steigt ebenfalls das Fahrzeuggewicht, einhergehend mit steigendem Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

## Projektziel

Eine entscheidende Komponente beim Fahrzeuggewicht stellt die Dachstruktur dar, die bedingt durch die Aufnahme und Lastübertragung vieler Anbauteile hohen statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt ist und in bisheriger Metallbauweise selbst über ein hohes Bauteilgewicht verfügt. Hier wird eine Gewichtsreduzierung um ca. 40% angestrebt. Darüber hinaus sind konventionelle Straßebahndächer gekennzeichnet durch eine vierteilige Differentialbauweise, die einen hohen Montageaufwand zur Folge hat. Hier soll der Montageaufwand um 70% reduziert werden.

## Durchführung

Das Projekt zielt auf die Entwicklung hochintegrativer Großkomponenten in Leichtbauweise aus belastungsoptimierten Faser-Kunststoff-Verbund-Materialien (FKV) für moderne Schienenfahrzeuge. Hierbei stehen die oben genannten Aspekte (Gewichtseinsparungen, statische und dynamische Belastungen, Montageaufwand) im Vordergrund der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Zur Demonstration der Projektergebnisse wird eine prototypische FKV-Leichtbaudachstruktur hergestellt, unter wirklichkeitsnahen Bedingungen getestet sowie im Fahrzeug durch angepasste Fügeverfahren integriert.

## Verbundkoordinator

Hörmann Vehicle Engineering GmbH

## Projektvolumen

11,72 Mio. €

(davon 59 % Förderung durch das BMWi)

## Projektlaufzeit

09/2020 – 08/2023

## Projektpartner

- Fraunhofer-Gesellschaft
- Arno Hentschel GmbH - Metallerzeugnisse und Werkzeugbau
- RCS GmbH Rail Components and Systems

## Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Marie Godemann

Tel.: +49 30 756 874 – 404

E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)



# InThElekt – Integrale Thermoplast-Sandwich-Struktur Bauteile mit adaptierten Elektroniken für E-Fahrzeuge

## Problemstellung

Bis 2030 sind die gesamten Treibhausgasemissionen gemäß deutschem Klimaschutzgesetz im Vergleich zum Jahr 1990 um 65% zu reduzieren, was die deutsche Automobilindustrie vor große Herausforderungen stellt. Insbesondere der Trend zu höheren Leermassen von Pkw zugunsten der Insassensicherheit, des Fahrkomforts und der Fahrzeugleistung erschwert die Zielerreichung. Ein wichtiges Instrument zum Gegensteuern sind Leichtbaustrategien für Fahrzeugstruktur sowie Interieurbereich. Diese müssen funktionsintegrierend sein und großserientaugliche Fertigungstechnologien aufweisen. Eine Möglichkeit besteht in dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoff (FVK) Sandwich-Bauteilen, welche jedoch hinsichtlich grundsätzlich möglicher Großserientauglichkeit optimiert werden müssen.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, ein gesamtheitliches Konzept zur Entwicklung und Fertigung von großflächigen, strukturelevanten Bauteilen in integraler Sandwichbauweise mit adaptierten Elektronikkomponenten zu erforschen. Der Fokus liegt dabei auf innovativen thermoplastischen FVK-Schaum-Sandwichstrukturen, denen ein enormes Potential bei der Herstellung von Leichtbaustrukturen mit hoher Funktionsintegration beigemessen wird.

## Durchführung

Zu Projektbeginn wird zunächst ein Bauteil- und Technologiescreening durchgeführt. Die ausgewählten Bauteile und Fertigungstechnologien werden im weiteren Projektverlauf genauer spezifiziert. Parallel dazu erfolgen die Optimierung des thermoplastischen Sandwichbauteils inkl. des Herstellungsprozesses sowie der Elektronikkomponenten hinsichtlich thermischer Leitfähigkeit und Zuverlässigkeit. Die Ergebnisse münden in einem gemeinsamen Demonstratorbauteil, welches eine strukturelevante Baugruppe im Fahrzeug darstellt.

### Verbundkoordinator

ElringKlinger AG

### Projektvolumen

7,9 Mio. €

(davon 57% Förderung durch das BMWK)

### Projektlaufzeit

01/2023 – 12/2025

### Projektpartner

- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- EDAG Engineering GmbH
- Berliner Nanotest und Design GmbH
- NetCo Professional Services GmbH
- Symate GmbH
- Technische Universität Chemnitz

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Okan Keskin

Tel.: +49 221 806 – 6289

E-Mail: [okan.keskin@tuv.com](mailto:okan.keskin@tuv.com)

# KIARA – Künstliche Intelligenz zur Alterungs- identifikation realer Anwendungen von Abgaskatalysatoren

## Problemstellung

Der Wandel des Verkehrssektors im Kontext der Energiewende lässt sich innerhalb der nächsten Dekade nur zu einem begrenzten Anteil durch Elektromobilität realisieren. Erhebliche technische und ökonomische Herausforderungen machen den Einsatz des Verbrennungsmotors, z.B. in Hybridanwendungen, insbesondere im Nutzfahrzeugbereich, in naher Zukunft unabdingbar. Heutige Fahrzeuge mit modernen Abgasnachbehandlungssystemen weisen bereits ein geringes Schadstoff-Emissionsniveau auf, welches jedoch mit zunehmender Laufleistung durch Alterungseffekte kontinuierlich zunimmt. Gegenmaßnahmen werden gegenwärtig zwar in die Fahrzeugfunktionen implementiert, aber weisen noch erhebliche Schwächen in Bezug auf die Varianz der Nutzungsprofile auf.

## Projektziel

Im Projekt KIARA sollen Alterungsmuster von Abgasnachbehandlungssystemen über den Lebenszyklus der Fahrzeuge im Realbetrieb mithilfe von Ansätzen der Künstlichen Intelligenz identifiziert, analysiert und Lösungen zur Reduzierung der Alterungseffekte entwickelt werden, um auch bei hoher Fahrzeuglaufleistung geringe Abgasemissionen zu garantieren und einen hohen katalytischen Wirkungsgrad zu realisieren. Angestrebt wird dabei eine Einhaltung zukünftiger Abgasnormen (Post-Euro 6) über eine verlängerte Laufleistung.

## Durchführung

Die bereits in der OBD (On-Bord-Diagnose) vorhandenen Datenmengen werden als Trainingsdaten über lange Zeiträume mittels einer robusten Künstlichen Intelligenz ausgewertet, um die Alterung quantifizieren und mit bekannten Alterungsmechanismen sowie Motor- und Fahrzeugtests abgleichen zu können. Dabei kommen sowohl Diesel- und Otto-PKW zum Einsatz als auch sogenannte Light-Commercial-Vehicle und LKW.



Projektlogo: KIARA

**Verbundkoordinator**  
Umicore AG & Co. KG

**Projektvolumen**  
5,2 Mio. €  
(davon 62 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2021 – 06/2024

**Projektpartner**

- AVL Deutschland GmbH
- AVL Schrick GmbH
- NorCom Information Technology GmbH & Co. KG KGaA
- Technische Universität Darmstadt

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 - 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# KI-Embedded – KI-Grundlagenentwicklung für Embedded Systems mit Leitanwendungen Virtuelle Sensorik und Brennstoffzellenregelung

## Problemstellung

Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) weisen besondere Vorteile bei der Beschreibung und Regelung komplexer Systeme auf und haben daher großes Potential bei der Anwendung in Antriebssträngen zukünftiger Fahrzeuge. Allerdings ist der Ressourcenbedarf zur Darstellung komplexer KI-Algorithmen aktuell zu hoch, um KI echtzeitfähig in im Fahrzeug verbauter Hardware einzusetzen. Hierfür sind neuartige Verfahren zur Überführung der komplexen Modelle in Anwendungen auf eingebetteten Systemen und entsprechende Werkzeugketten erforderlich.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, neue Verfahren zur Modellierung und Regelung von Antriebssystemen basierend auf KI-Technologie zu entwickeln und unter Anwendung eines Hardwarebeschleunigers zwei prototypische Anwendungen umzusetzen. In diesem Zuge soll eine unterstützende Werkzeugkette entwickelt und die Echtzeitfähigkeit und Effizienz von KI-Algorithmen auf eingebetteten Systemen untersucht werden. Teilergebnisse sollen als Open-Source-Elemente veröffentlicht werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden zunächst die Anforderungen und Realisierungsmöglichkeiten von KI-basierten Regelungsverfahren sowie die Reduzierung der Komplexität solcher Modelle untersucht. Anschließend werden Konzepte, Methoden und Werkzeuge zur Anwendung der KI-Modelle auf Steuergeräten unter Anwendung der Hardwarebeschleuniger entwickelt. Die Funktionsweise, Effizienz und Korrektheit werden in iterativen Optimierungsschritten überprüft. Schließlich werden die Methoden prototypisch anhand von zwei Anwendungsfällen (Virtueller Sensor zur Emissionsreduktion in verbrennungsmotorischen und hybriden Antriebssträngen sowie Brennstoffzellenregelung) erprobt.

### Verbundkoordinator

Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter Haftung

### Projektvolumen

7,84 Mio. €  
(davon 66 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

09/2021 – 06/2024

### Projektpartner

- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- itemis AG
- OFFIS e.V.
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- pls Programmierbare Logik & Systeme GmbH
- Technische Universität Darmstadt

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Maximilian Graf  
Tel.: +49 221 806-4604  
E-Mail: [maximilian.graf@tuv.com](mailto:maximilian.graf@tuv.com)



# KI-LaSt – KI-Basierte Strategie zur optimalen Auslegung von additiv gefertigten Gitterstrukturen (Lattice Structures) für Crash Anwendungen

## Problemstellung

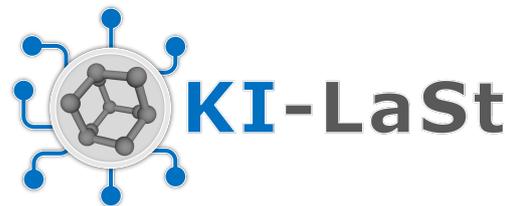
Die additive Fertigung bietet den Vorteil, gewichtseffiziente und belastungsoptimierte Strukturen zu fertigen. Dies stellt den Konstrukteur vor die Herausforderung die Vielzahl an möglichen Parametern optimal zu kombinieren, um zeitkritische und unwirtschaftliche Korrekturschleifen zu vermeiden. Vor allem in crashbeanspruchten Bauteilen bieten sich Gitterstrukturen an, die gewichtseffizient und belastungsoptimiert die notwendigen Strukturen im Fahrzeug abbilden können.

## Projektziel

Additiv gefertigte Strukturen ermöglichen eine BauteilAuslegung, die Leichtbau, Crashesicherheit und Kosteneffizienz vereint. Ziel des Vorhabens ist die optimale Auslegung und Erzeugung von Gitterstrukturen mittels KI-Unterstützung, die durch den Freiheitsgrad der additiven Fertigung unzählige Gestaltungsmöglichkeiten bieten. So können Bauteile KI-gestützt auf den jeweiligen (Crash-) Lastfall optimal angepasst werden.

## Durchführung

Zunächst werden Daten zu den Gitterstrukturen in Form von physikalischen Tests und Simulationen erhoben. Auf Basis dieser Versuche werden adäquate Werkstoffe und Versagensmodelle definiert und in Materialkarten systematisch validiert. Eine KI-Architektur wird aufgebaut, um mittels Machine-Learning den automatischen Auslegungsprozess der Gitterstrukturen zu konzeptionieren. Darauf aufbauend wird eine Methodik entwickelt, welche die bereitgestellten Gitterstrukturen lokal optimiert, indem lokale Bauteil- oder Materialeigenschaften verändert werden und die neue Crash-Performance untersucht und dementsprechend angepasst wird. Ferner erfolgt der Aufbau eines Demonstrators, um die entwickelte Methodik und KI mittels Abgleich zur Fahrzeuganwendung zu validieren sowie Test und Simulation miteinander zu vergleichen.



Projektlogo: KI-LaSt

### Verbundkoordinator

Ford-Werke GmbH

### Projektvolumen

3,3 Mio. €

(davon 64 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

09/2021 – 08/2024

### Projektpartner

- AM Metals GmbH
- DYNAmore GmbH
- Eberhard Karls Universität Tübingen
- RWTH Aachen

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Okan Keskin

Tel.: 0221 806 - 6289

E-Mail: [okan.keskin@tuv.com](mailto:okan.keskin@tuv.com)



# KI-LOK – KI-Lokomotivsysteme – Prüfverfahren für KI-basierte Komponenten im Eisenbahnbetrieb

## Problemstellung

In verschiedenen Bereichen des Schienenfahrzeugbaus und -betriebes bietet der Einsatz von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Dies gilt vor allem bei Echtzeitbetriebsstrategien oder im Bereich des automatisierten Fahrbetriebes. Derzeit existieren für KI-Bahntechnikkomponenten jedoch noch keine Absicherungs- oder Abnahmeprozesse. Der wesentliche Hinderungsgrund ist der Mangel an Transparenz (Black-Box-Modelle, Trainingsdaten) bzw. die fehlende Fähigkeit einer KI zur Erklärung einer Entscheidung. Das ist bisher jedoch eine zwingende Voraussetzung für die Zulassung von sicherheitskritischen Bahntechnikkomponenten.

## Projektziel

Das Ziel des Forschungsprojektes KI-LOK ist es, diese Prozesse zur Validierung und Verifikation von KI-basierten Bahntechnikkomponenten von den Modellen über die Trainingsdaten bis in die implementierten KI-Algorithmen anhand von zwei verschiedenen Fallbeispielen zu beschreiben. Dabei wird besonders auf die Übertragbarkeit der Prozessschritte auf beliebige KI-Komponenten Wert gelegt. Die in diesem Vorhaben erarbeiteten Ergebnisse sollen in die zuständigen Standardisierungs- und Normierungsgremien auf nationaler und europäischer Ebene getragen werden.

## Durchführung

Anhand von Fallbeispielen aus der Odometrie und der Objekterkennung sollen KI-Komponenten mit einer entsprechenden Modellierung in einen Technologieträger implementiert werden. Die dort gewonnenen Erfahrungen werden dann in Absicherungs- und Zulassungsprozesse übertragen.

**Verbundkoordinator**  
ITPower Solutions GmbH

**Projektvolumen**  
2,4 Mio. €  
(davon 72 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
04/2021 – 03/2024

**Projektpartner**

- Neurocat GmbH
- ITPower Solutions GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Jürgen Frenzel  
Tel.: +49 221 806 - 4155  
E-Mail: [juergen.frenzel@de.tuv.com](mailto:juergen.frenzel@de.tuv.com)



# KI-MeZIS - KI-Methoden in der Zustandsüberwachung und bedarfsangepassten Instandhaltung von Schienenfahrzeugstrukturen

## Problemstellung

Die Überwachung von Fahrzeugzuständen sowie die Instandhaltung bewegen sich im Bahnbereich noch immer im zyklischen, oftmals analogen Umfeld. In Pilotprojekten sowie im Rahmen von neuen Fahrzeugproduktionen werden inzwischen Technologien zur Erfassung der Zustände einzelner Fahrzeugmodule eingesetzt. Dies dient insbesondere zur Umsetzung in der Instandhaltung (predictive maintenance), eine Schadensanalyse bspw. nach Aufprall- oder Überrollunfällen profitiert hier von noch nicht.

## Projektziel

Zielstellung des Projekts ist es, Methoden der künstlichen Intelligenz zur Überwachung und Evaluierung von Schienenfahrzeugstrukturen zu erschließen und so zur Leistungssteigerung des Schienenverkehrs zu nutzen. Dabei sollen mittels KI sowie basierend auf Sensoren und Messprinzipien Einschläge, Schädigungen, Kollisionen oder Überrollungen erkannt werden und drei Anwendungsfälle ermöglichen: die kurzfristige Ableitung von Handlungsempfehlungen, die Informierung hinsichtlich notwendiger Instandhaltungen, die bedarfsgerechte Auslegung der Fahrzeuge.

## Durchführung

Im Rahmen des Verbundprojekts wird das Sensor-konzept zur Zustandsüberwachung sowie die dazugehörige KI-Software entwickelt. Zwecks automatisierter Schadensbewertung wird eine Schadensbibliothek eingerichtet sowie die instandhaltungsbezogene Zustandserkennung durch KI-Algorithmen entwickelt. Des Weiteren wird ein FE-Modell der tragenden Fahrzeugstruktur auf Basis von 3D-CAD-Daten erstellt. Die Erprobung erfolgt zunächst im Zug in Laborkomponenten sowie anschließend unter Nutzung des advanced Train Lab (aTL).



Projektlogo: KI-MeZIS

**Verbundkoordinator**  
DB Netz AG

**Projektvolumen**  
3,35 Mio. €  
(davon 71 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
10/2021 – 09/2024

**Projektpartner**

- DB AG
- Industrial Analytics GmbH
- DLR – Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt
- Universität Stuttgart

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Marie Godemann  
Tel.: +49 30 756874-404  
E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)

# KIRA – KI-Methoden zur optimierten Regelung elektrischer Traktionsantriebe

## Problemstellung

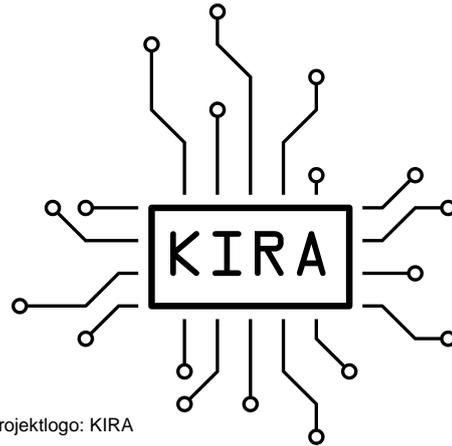
Der Markt elektrisch angetriebener Fahrzeuge stetig am Wachsen und wird vor dem Hintergrund künftiger Klimaneutralität des Verkehrs eine zentrale Rolle spielen. Die begrenzte Reichweite elektrischer Fahrzeuge stellt jedoch für viele Kunden nach wie vor ein großes Hindernis dar. Neben einem Einsatz immer größerer ressourcenintensiver Batterien ist eine effiziente Nutzung der vorhandenen Energie eine alternative Möglichkeit diese Reichweite zu erhöhen. Elektrische Antriebe weisen jedoch heute schon einen Wirkungsgrad von über 85% oder mehr auf, wodurch eine weitere signifikante Erhöhung der Effizienz deutlich erschwert wird.

## Projektziel

Das Projekt KIRA setzt sich das Ziel den Betrieb von elektrischen Traktionsantrieben durch den Einsatz von Methoden basierend auf künstlicher Intelligenz (KI) ganzheitlich zu optimieren. Dazu sollen innovative Regelungs- und Ansteuerungskonzepte entwickelt werden, die zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades, einer Erhöhung der Leistungsdichte, einer Reduktion der Geräuschentwicklung sowie einer Steigerung der Drehmomentengenauigkeit beitragen. Mit KI-basierten Betriebsstrategien können sowohl in der Entwicklung als auch im Betrieb hochkomplexe Systeme bestmöglich dargestellt und neue Freiheitsgrade optimal ausgenutzt werden

## Durchführung

Zur Erreichung dieser Ziele verfolgt der Verbund ein ganzheitliches Konzept über alle relevanten Antriebs-ebenen vom übergeordneten Fahrzeugsystem über den Antriebsstrang bis hin zur Berücksichtigung der Unterkomponenten. Der Grundansatz unterteilt sich dabei in Konzepte zur Regelung und zur Modellierung des Antriebssystems die sowohl offline im Rahmen der Entwicklung sowie online in Echtzeit während des Betriebs verfügbar sein sollen. Die erarbeiteten Metho-



Projektlogo: KIRA

## Verbundkoordinator

Robert Bosch GmbH

## Projektvolumen

9,1 Mio. €

(davon 59% Förderung durch das BMWi)

## Projektlaufzeit

08/2021 – 07/2024

## Projektpartner

- AVL SET GmbH
- AVL Software and Functions GmbH
- Siemens AG
- Infineon Technologies AG
- metaphacts GmbH
- AixControl GmbH
- MACCON Elektroniksysteme GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (IISB)
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule

## Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Lennart Korsten



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

den und Ergebnisse werden zu Projektende an geeigneten Prüfständen sowie einem skalierten Fahrzeugdemonstrator prototypisch nachgewiesen.

Tel.: +49 221 806 - 3210

E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)

---

# KISS– KI-Basiertes Schadens- und Verschleiß- erkennungssystem zur cloudbasierten Zu- standsüberwachung von Hybrid-Container- Fahrzeugen

## Problemstellung

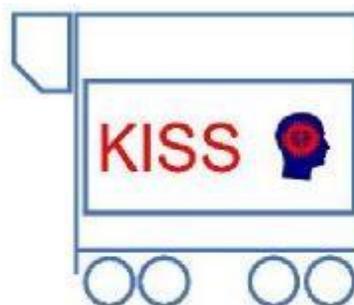
Die Anforderungen an die Antriebstechnik, welche oft das Herzstück von Maschinen und Anlagen bildet, sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Die Erwartungen der Kunden bezüglich Dimensionierung, Anschaffungskosten, Energieverbrauch, aber vor allem Lebensdauer und Wartung im Betrieb folgen dem Trend zu nachhaltigem Handeln.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist unter Nutzung der Künstlichen Intelligenz (KI) eine intelligente Überwachung der Zustände der Radantriebe von Sonderfahrzeugen in Echtzeit zu entwickeln. Diese soll eine frühzeitige Erkennung von Schäden sowie die automatische Entscheidung zu Wartungsaktivitäten ermöglichen. Im geplanten Vorhaben ist die Herausforderung die Erkennung von unterschiedlichen Verschleißerscheinungen und spontan auftretenden Schäden, sowie Leckagen an verschiedenen Komponenten von Containerfahrzeugen im Hafen oder Untertage Transportfahrzeugen.

## Durchführung

Die elektro-mechanischen Radantriebe stellen hierbei eine besonders hohe Herausforderung dar, da eine Vielzahl von Parametern während des Betriebs eine Rolle spielen. Daher werden neben den Schwingungssignalen der Radantriebe ebenfalls Drehzahlen, Öltemperaturen und Fahrzeugdaten, die Aufschluss über das aktuelle Fahrtszenario geben, erfasst und über KI-basierte Ansätze eine Analyse in einem Cloudsystem durchgeführt, um frühzeitig Vorschädigungen der verschleißanfälligen Radantriebe zu erkennen. Die Daten sollen zudem in dem cloudbasierten WEB Front-End analysiert und für Flottenbetreiber grafisch aufbereitet werden. Ein Fahrzeugherstellerunabhängiges Sensorsystem ermöglicht gezielte Aussagen über die verbleibende Lebensdauer der Komponenten. Diese Informationen führen zu einer effektiven Wartungs- und Instandhaltungsplanung.



Projektlogo: KISS

**Verbundkoordinator**  
ANEDO GmbH

**Projektvolumen**  
2,09 Mio. €  
(davon 74 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2021 – 06/2024

**Projektpartner**

- Kessler & Co. GmbH & Co. KG
- SEGNO Industrie Automation GmbH
- Universität Bremen, Elektronische Fahrzeug- und Mobilitätssysteme (ITEM)

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 - 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# KITE - KI-basierte Topologieoptimierung elektrischer Maschinen

## Problemstellung

Die zunehmende Marktdurchdringung der Elektromobilität und die damit wachsenden Stückzahlen führen dazu, dass der Materialaufwand für zentrale Komponenten in elektrischen Maschinen, wie z.B. Magnete, und die Energieeffizienz von elektrischen Maschinen sowohl ökonomisch wie ökologisch kritisch werden und sich die Fähigkeit, diese zu optimieren, als hochgradig wettbewerbsrelevant erweist.

## Projektziel

Ziel des Verbundvorhabens KITE ist es, hocheffiziente Motortopologien für elektrische Antriebsmaschinen zu entwickeln. Dabei helfen soll ein Modell auf Basis künstlicher Intelligenz (KI), welches den großen Lösungsraum an möglichen Topologien abbildet und neue hocheffiziente Topologien vorschlägt. Das Vorhaben hat zum einen das Ziel, den Entwicklungsprozess substantiell zu beschleunigen, indem in einer frühen Entwicklungsphase eine Vielzahl möglicher Topologien effizient hinsichtlich verschiedener Gütekriterien bewertet wird. Zum anderen soll die Auslegung selbst durch KI-Methoden unterstützt werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden zunächst Anforderungen analysiert und Spezifikationen festgelegt, um ein Konzept zur Entwicklung der elektrischen Antriebsmaschinen festzulegen. Nächste Entwicklungsschritte umfassen die KI-Modellierung, die Erweiterung der Datenbasis und den Aufbau der intelligenten Werkzeugkette. Eine der Hauptarbeiten wird das Training des Algorithmus zur Topologieoptimierung darstellen. Abgeschlossen wird das Projekt durch die prototypische Umsetzung verschiedener Antriebsmaschinen und deren Test auf Motorprüfständen.

### Verbundkoordinator

Volkswagen AG

### Projektvolumen

3,1 Mio. €

(davon 66 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

09/2021 – 08/2024

### Projektpartner

- Merantix Labs GmbH
- Universität Kassel

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Robert Benning

Tel.: +49 30 756874 - 202

E-Mail: [robert.benning@de.tuv.com](mailto:robert.benning@de.tuv.com)



# KIZAM – Künstliche Intelligenz im Ziele- und Anforderungsmanagement

## Problemstellung

Die Anforderungen an den Entwicklungsprozess in Fahrzeugen sind sehr komplex. Die Definition der Anforderungen (z.B. Lastenhefte) bildet dabei den Startpunkt für alle nachfolgenden Funktions-, Wirkungs- und Lösungsprinzipien. Deswegen ist die Qualität hinsichtlich Eindeutigkeit, Vollständigkeit und Redundanzfreiheit von enormer Bedeutung. Bisher wurde versucht, die steigenden Anforderungen durch die Variantenzahl und Komplexität mit klassische Datenbanken, Baureihen oder Baukästen zu kompensieren. Diese Methoden stoßen aber zunehmend an ihre Grenzen. Für zukünftige digitale Entwicklungsprozesse müssen daher alle komplexen Wechselwirkungen und Anforderungen beschrieben werden, ohne sie manuell aufwändig überprüfen zu müssen.

## Projektziel

Das Ziel des Forschungsprojektes KIZAM ist es, KI-Methoden in den Prozess des Anforderungsmanagements zu implementieren und so maschinenlesbare, optimierte und durchgängige Anforderungen für die digitale Fahrzeugentwicklung verfügbar zu machen. Dadurch soll ein schneller und effizienter Abgleich von Anforderungsdaten und deren Wechselwirkungen, auch auf andere Anforderungsebenen, Prozessschnittstellen und über Systemgrenzen hinaus, ermöglicht werden.

## Durchführung

Als Grundlage dienen im Projekt die Anforderungen an unterschiedliche Use-Cases, zum Beispiel dem Frontmodul, Türen oder der Hochvoltpeicher-Integration. Hier werden die neu zu entwickelnden KI-Methoden in die IT-Prozesse des Anforderungsmanagements beschrieben und implementiert. Schließlich erfolgt eine Evaluation und Bewertung der KI-basierten Anforderungen anhand der Use-Cases.

### Verbundkoordinator

BMW AG

### Projektvolumen

7,9 Mio. €

(davon 62 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

07/2021 – 06/2024

### Projektpartner

- Lösch & Partner GmbH Projektmanagement & IT Consulting
- PEM Motion GmbH
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Drive Consulting GmbH
- Schaeffler Technologies AG & Co. KG

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Jürgen Frenzel

Tel.: +49 221 806-4155

E-Mail: [juergen.frenzel@de.tuv.com](mailto:juergen.frenzel@de.tuv.com)



# MBPLE4Mobility – Durchgehend modellbasierte Entwicklung und Produktlinienentwicklung für Steuerungssysteme in der Fahrzeugtechnik

## Problemstellung

Die Automatisierung des Schienenverkehrs und die Entwicklung neuer Komponenten und Funktionen für batterieelektrische Fahrzeuge haben eine hohe Bedeutung für die Mobilität der Zukunft und erfordern die Beherrschung einer hohen Komplexität, Produkt- sowie Variantenvielfalt im Entwicklungsprozess bei gleichzeitig höchsten Anforderungen an Sicherheit und Effizienz. Innovative Methoden im Entwicklungsprozess werden daher zukünftig eine noch stärkere Bedeutung in immer kürzer werdenden Entwicklungszyklen einnehmen.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, die Ansätze des modellbasierten Systems Engineerings (MBSE) und des Product Line Engineerings (PLE) zusammenzuführen und auf Entwicklungsprozesse im Bereich Automatic Train Operation (ATO) im Schienenverkehr sowie Fahrassistenzfunktionen, Ladefunktionalität und Hochvolt-Energiespeicher für die automobilen Elektromobilität anzuwenden und den neuartigen Produkt- und Softwareentwicklungsprozess zu erproben. Als Ergebnis sollen die Kosten, Risiken und Durchlaufzeiten im Entwicklungsprozess durch die Vorhabenergebnisse reduziert werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden zunächst die allgemeinen Anforderungen sowie die speziellen Aspekte der Entwicklung mit dem MBSE-PLE-Ansatz analysiert. An einfachen Beispielen aus dem Schienen- und dem Automobilverkehr wird die Methode evaluiert, bevor Werkzeuge zur Unterstützung der Methoden und Prozesse entwickelt werden. Schließlich werden die Ansätze an die besonderen Gegebenheiten angepasst und die Vorhabenergebnisse werden evaluiert. Insbesondere wird untersucht, wie der Projektansatz zur Steigerung der Innovation sowie zur Reduktion von Entwicklungszeit, -risiken und -kosten beiträgt.

**Verbundkoordinator**  
Siemens Mobility GmbH

**Projektvolumen**  
22,09 Mio. €  
(davon 55 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2021 – 06/2024

**Projektpartner**

- AVL Deutschland GmbH
- AVL Schrick GmbH
- AVL Software and Functions GmbH
- MID GmbH
- Codewerk GmbH
- HMG Systems Engineering GmbH
- Hochschule für angewandte Wissenschaften München
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Marie Godemann  
Tel.: +49 30 756 874 – 404  
E-Mail: [Marie.Godemann@de.tuv.com](mailto:Marie.Godemann@de.tuv.com)



# MethMag – Entwicklung eines hocheffizienten Verbrennungsmotors für die Anwendung in leichten Nutzfahrzeugen durch Verwendung eines innovativen Mager-Brennverfahrens in Verbindung mit (synthetischem) Methan

## Problemstellung

Auf Methan basierende Verbrennungsmotoren weisen viele Vorteile hinsichtlich Treibhausgas- und Schadstoffemissionen sowie Wirkungsgrad auf. Bisher ist es nicht umfassend gelungen, Methanmotoren am Markt zu etablieren, obwohl sie in Zukunft bspw. für leichte Nutzfahrzeuge als Alternative zu batterieelektrischen Antrieben sehr gut genutzt werden könnten. Wenn Methan aus biologischen Prozessen oder aus erneuerbaren Energien synthetisch hergestellt wird, wäre der Betrieb leichter Nutzfahrzeuge, welche besondere Anforderungen an Reichweite und Nutzlast haben, mit Methanmotoren klimaneutral möglich.

## Projektziel

Auf Methan basierende Verbrennungsmotoren weisen viele Vorteile hinsichtlich Treibhausgas- und Schadstoffemissionen sowie Wirkungsgrad auf. Bisher ist es nicht umfassend gelungen, Methanmotoren am Markt zu etablieren, obwohl sie in Zukunft bspw. für leichte Nutzfahrzeuge als Alternative zu batterieelektrischen Antrieben sehr gut genutzt werden könnten. Wenn Methan aus biologischen Prozessen oder aus erneuerbaren Energien synthetisch hergestellt wird, wäre der Betrieb leichter Nutzfahrzeuge, welche besondere Anforderungen an Reichweite und Nutzlast haben, mit Methanmotoren klimaneutral möglich.

## Durchführung

Gemeinsam mit den Projektpartnern werden die Anforderungen an das Brennverfahren und den Motor definiert. Anschließend werden umfangreiche virtuelle Entwicklungsmethoden, insbesondere auf Basis von 3D-CFD, eingesetzt, um einen Einzylinder-Forschungsmotor auszulegen. Die Experimente am Einzylindermotor werden später auf einen prinzipiell serienfähigen Mehrzylindermotor übertragen. Auf diese Weise kann das Motorkonzept praktisch und seriennah erprobt werden.

### Verbundkoordinator

Ford-Werke GmbH

### Projektvolumen

5,82 Mio. €

(davon 66 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

11/2020 – 10/2023

### Projektpartner

- BRIGHT Testing GmbH
- Rosswag GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Lennart Korsten

Tel.: +49 221 806 - 3210

E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)

# MoBeQ100 – Batterieelektrischer-hydraulischer Mobilbagger in der 100 kW Leistungsklasse

## Problemstellung

Mobile Arbeitsmaschinen tragen zu 10 % der gesamten Partikelemissionen und 6 % der gesamten NOx-Emissionen aus motorischen Verbrennungsprozessen bei. Bei einem konventionellen Mobilbagger mit dieselmotorischen Antrieb werden nur etwa 10 % der eingesetzten Energie zur Durchführung von Arbeiten genutzt.

Durch die Elektrifizierung von Mobilbaggern bestehen Potentiale, die Gesamtenergieeffizienz zu verbessern und Schadstoff- sowie Lärmemissionen zu reduzieren.

## Projektziel

Das Ziel des Vorhabens ist es, prototypisch einen batterieelektrisch betriebenen Mobilbagger zu entwickeln, der einen achtstündigen Arbeitstag mit einer Batterieladung arbeiten kann, sehr energieeffizient ist und Rekuperationspotentiale nutzen kann bei gleichem Komfort und Einsatzfähigkeit wie bei konventionellen Mobilbaggern. Alle Subsysteme eines Baggers sollen elektrifiziert oder angepasst werden, um die wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen eines teuren Batteriespeichers zu lösen.

## Durchführung

Alle Subsysteme werden durch Simulationen und Versuche an die neuen Randbedingungen des batterieelektrischen Betriebs adaptiert. Vor allem der Batteriespeicher selbst muss entwickelt und an den rauen Arbeitsbedingungen angepasst werden. Schließlich wird die Gesamtplattform als Prototyp aufgebaut und getestet.

## Verbundkoordinator

Liebherr-Hydraulikbagger GmbH

## Projektvolumen

6,37 Mio. €  
(davon 47 % Förderung durch das BMWi)

## Projektlaufzeit

11/2019 – 07/2023

## Projektpartner

• HYDAC Cooling GmbH

## Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Malte Nedkov  
Tel.: +49 30 756 874 – 423  
E-Mail: [malte.nedkov@de.tuv.com](mailto:malte.nedkov@de.tuv.com)



# NEKKA – Neuartiges elastokalorisches Klimasystem

## Problemstellung

Batterieelektrische Fahrzeuge haben auf der einen Seite einen hohen Bedarf an Kühlleistung zur Temperierung von Batteriezellen und elektrischen Komponenten im Betrieb sowie im Sommer zur Klimatisierung des Fahrzeuginnenraums. Auf der anderen Seite müssen gerade im Winter Batterie und Fahrzeuginnenraum geheizt werden. Allerdings steht keine Abwärme von Verbrennungsmotoren mehr zur Verfügung und konventionelle Klimakompressoren benötigen Energie, welche dem Fahrzeug in der Folge nicht mehr als Reichweite zur Verfügung steht. Ein weiteres Problem konventioneller Klimasysteme ist, dass herkömmliche Kältemittel ein enormes Treibhauspotential haben und sehr umweltschädlich sind.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, den elastokalorischen Effekt, d.h. den Wärmeübergang bei der Phasenänderung von bestimmten Legierungssystemen, in einem neuartigen Klimatisierungssystem für batterieelektrische Fahrzeuge der Zukunft nutzbar zu machen und ein robustes Design eines auf dem elastokalorischen Effekt basierenden Thermo-Systems zu entwickeln, welches sowohl kühlen als auch heizen kann. Durch das neuartige Konzept werden um ein vielfaches höhere Leistungszahlen im Vergleich zu herkömmlichen Klimasystemen erwartet und ein kompletter Verzicht auf klimaschädliche Kältemittel ermöglicht.

## Durchführung

Nach einer anfänglichen Konzeptausarbeitung und Anforderungsanalyse werden im Vorhaben schrittweise die Entwicklungen auf Material-, Komponenten- und Systemebene durchgeführt, welche zur prototypischen Umsetzung eines elastokalorischen Klimatisierungssystems benötigt werden. Auf Prüfständen und in einem Fahrzeugdemonstrator werden die Verbesserungen im Vergleich zu konventionellen Systemen überprüft.

### Verbundkoordinator

Vitesco Technologies GmbH

### Projektvolumen

6,22 Mio. €

(davon 62 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

01/2021 – 09/2024

### Projektpartner

- TLK-Thermo GmbH
- Inguls GmbH
- Universität des Saarlandes

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Maximilian Graf

Tel.: +49 221 806-4604

E-Mail: [maximilian.graf@tuv.com](mailto:maximilian.graf@tuv.com)



# newAIDE – new Artificial Intelligence based Design in Engineering

## Problemstellung

Im automobilen Fahrzeugentwicklungsprozess werden mit steigenden Rechenleistungen immer mehr numerische Methoden zur Simulation und Berechnung eingesetzt. Aufwendige Fahrzeugstrukturen und steigende Qualitätsansprüche sowie die eingesetzten multidisziplinären, teils nicht-linearen Werkzeuge führen zu so komplexen Zusammenhängen, dass diese nicht mehr durch klassische Auswertemethoden bzw. ohne dezidiertes Expertenwissen bewertbar werden.

## Projektziel

Ziel des Vorhabens ist die Erforschung des Einsatzes von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) in hochkomplexen, simulationsbasierten Auslegungsprozessen. Somit soll der Fahrzeugentwicklungsprozess beschleunigt, optimiert und teilweise automatisiert werden. Hierzu sollen grundlegende, ertüchtigende Datenbankstrukturen und Datenstrukturierungen erforscht sowie einzelne Auslegungsdisziplinen mittels KI-Ansätzen überarbeitet werden.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden die notwendigen Arbeiten durchgeführt, um die Datenstrukturen und Datenbanken auf den Einsatz von KI-Ansätzen vorzubereiten. Anschließend werden für vier komplexe Auslegungsprozesse Algorithmen und Methoden erarbeitet, um diese in automatisierbare, datenbasierte Entscheidungsprozesse zu überführen. Hierbei sollen grundlegende Entscheidungen nicht mehr auf menschlichen Erfahrungswerten aufbauen, sondern die KI-Tools sollen weitestgehend selbstständig Entscheidungen auf Basis von Konstruktions- und Simulationsdaten treffen. Adressiert werden die Anwendungsfälle Crash-Strukturen, Vibroakustik, Fahrwerk und Exterieur eines Fahrzeugs. Die Entwicklungen werden im Rahmen einer Demonstrationsphase mit Standardprozessen evaluiert.

**Verbundkoordinator**  
BMW AG

**Projektvolumen**  
4,9 Mio. €  
(davon 63 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
06/2021 – 05/2024

**Projektpartner**

- Altair Engineering GmbH
- Divis intelligent solutions GmbH
- MSC Software GmbH
- TWT GmbH
- Technische Universität München

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Robert Kutz  
Tel.: +49 30 756 874 – 201  
E-Mail: [Robert.Kutz@de.tuv.com](mailto:Robert.Kutz@de.tuv.com)



# OptiKath- Leistungsdichtesteigerung durch Kathodenpfadoptimierung bei Niedertemperatur-Polymerelektrolytbrennstoffzellen

## Problemstellung

Im Zuge der Batterieelektrischen Mobilität stellt sich die Frage nach der zukünftigen Verfügbarkeit der Energie sowie nach der Art dieser Energie. Eine mögliche Ergänzung zu Fahrzeugantrieben mittels Akkumulatoren ist dabei der Wasserstoffelektrische Antrieb durch Brennstoffzellen. Derzeitige Projekte arbeiten an der Optimierung von Leistungsgewicht, Wirkungsgrad und Herstellungskosten, häufig in Bezug auf das genutzte sogenannte Brennstoffzellen-Stack. Ein weiterer wichtiger Faktor stellt bei Brennstoffzellensystemen jedoch auch die Kathodenseite da, dessen Luftzufuhrsystem in Bezug auf Druckfeuchte noch Bauraum- und Leistungsoptimierungen zulässt und die Anwendungsmöglichkeiten so ausweitet.

## Projektziel

Das Vorhaben OptiKath hat zum Ziel neue Anwendungsbereiche für Brennstoffzellentechnologien zu erschließen, bei denen hohe Leistungsdichte und geringer Bauraum gefordert sind. Dies soll durch einen optimierten Kathodenpfad für ein Hochleistungs-Brennstoffzellensystem mit erhöhter volumetrischer Leistungsfähigkeit sowie verbesserter Effizienz gegenüber bisher kommerziell verfügbaren Ausführungen erreicht werden.

## Durchführung

Ein zentraler Baustein ist dabei der Membranbefeuchter, welcher vollständig oder teilweise durch ein kompakteres Wassermanagement ersetzt werden soll. Verschiedene Methoden der Kathodenluftbefeuchtung werden dazu im Projekt umfassend untersucht und bewertet. Neben einem komplexen Simulationsmodell werden Brennstoffzellen-Systeme in Prüfstandumgebungen aufgebaut und anwendungsnah demonstriert. Ein weiterer Fokus liegt zudem auf Entwicklung einer geeigneten Betriebsstrategie bezogen auf Drücke, Feuchtigkeit und Temperaturen.

### Verbundkoordinator

IAVF Antriebstechnik GmbH

### Projektvolumen

4,99 Mio. €

(davon 58 % Förderung durch das BMWK)

### Projektlaufzeit

01/2023 – 12/2024

### Projektpartner

- Bosch Engineering GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Lennart Korsten

Tel.: +49 221 806 – 3210

E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)

# PANAMERA – Entwicklung eines Predictive Maintenance Baukastens für Automotive Applikationen mittels Fahrzeug-Flottendatenanalyse

## Problemstellung

Predictive Maintenance spielt im Bereich von Fahrzeugkomponenten durch den zunehmenden Funktionsumfang von Komponenten, der technischen Komplexität des Gesamtsystems sowie der steigenden Anforderungen an erforderliche methodische Kompetenzen eine immer wichtigere Rolle. Zugleich ist die Entwicklung von Predictive Maintenance Lösungen aufwändig, langwierig, interdisziplinär und komplex.

## Projektziel

Zielstellung des Vorhabens ist die Entwicklung von Prädiktionsmodellen über Fahrzeugkomponentenverschleiß mittels eines Baukastensystems. Hierbei werden KI-Verfahren für mehrere Automobilkomponenten entwickelt, um eine Optimierung des Betriebszustands zu ermöglichen.

## Durchführung

Das Vorhaben gliedert sich in neun Arbeitspakete, innerhalb derer die einzelnen Baukastenelemente anhand von branchenüblichen Prozessmodellen (CRISP-DM) definiert werden. Dabei wird eine verteilte Entwicklung einzelner Modulkomponenten in den Kompetenzdomänen der Konsortialmitglieder angestrebt. Ziel ist es, über die Unterteilung in wiederverwendbare Komponenten anhand zahlreicher Anwendungsfälle zu ermitteln, ob die Aspekte des Komponentenbasierten Software Engineerings auf die Entwicklung von Predictive-Maintenance (PM) Modellen im Bereich der Automotive Applications effizienzsteigernd anwendbar sind. Parallel wird ein Referenzmodell für die Entwicklung von PM-Lösungen entwickelt, um deren Entwicklungszeit zu beschleunigen. Die anhand des Referenzmodells entwickelten PM-Lösungen sollen dann für die Entwicklung neuer Fahrzeuge wiederverwendet können.



Projektlogo: PANAMERA

### Verbundkoordinator

Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

### Projektvolumen

6.378.821,78 €

(davon 64 % % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

07/2021 – 06/2024

### Projektpartner

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)
- Areto consulting GmbH
- AMITRONICS GmbH
- ExxpertSystems GmbH
- Technische Universität München

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Robert Kutz

Tel.: +49 30 756874-201

E-Mail: [robert.kutz@de.tuv.com](mailto:robert.kutz@de.tuv.com)

# PerKuel – Performanter Ressourcenschonender Kunststoff Elektromotor

## Problemstellung

Der Marktbedarf an Pkw mit elektrischen Antriebssträngen steigt gegenwärtig und prognostiziert in naher Zukunft zunehmend an. Mit nachhaltiger Mobilität sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Abhängigkeit von Öl und Gas reduziert werden. Aktuell können Elektromotoren im Vergleich zu konventionelle Verbrennungsmotoren hohe Leistungen nur für kurze Zeit zur Verfügung stellen. Um den elektrischen Antriebsstrang leicht, ressourcenschonend und dennoch leistungsfähig zu gestalten, muss die Dauerleistungsdichte des Elektromotors stark erhöht werden.

## Projektziel

Ziel des Projekts ist die Auslegung, Realisierung und Demonstration eines elektrischen Traktionsmotors für elektrische Antriebsstränge, der über eine deutlich höhere Dauerleistungsdichte gegenüber derzeitigen vergleichbaren Lösungen verfügt. Ein wichtiges Teilziel ist es, das Gewicht des Motorgehäuses substanziell zu reduzieren. Außerdem soll der Traktionsmotor einen möglichst geringen Ressourcenbedarf und ein geringes Global Warming Potential über den gesamten Lebenszyklus aufweisen.

## Durchführung

Das Projektziel soll durch die Auslegung, Fertigung und Demonstration des zu entwickelnden Elektromotors erreicht werden. Zur Verfolgung des Projektziels werden zahlreiche Teilinnovationen umgesetzt, um das Gesamtsystem thermisch zu optimieren sowie besonders ressourcenschonend und leicht zu gestalten. Dazu wird nicht nur das Kühlungssystem neu ausgelegt, sondern mithilfe von neuartigen Fertigungsverfahren der Einsatz von Kunststoff als Leichtbaumaterial ermöglicht.

Am Ende des Projekts wird der neuartige Elektromotor auf einem Prüfstand in Betrieb genommen und validiert.

**Verbundkoordinator**  
MAHLE New Mobility Solutions GmbH

**Projektvolumen**  
2,59 Mio. €  
(davon 61 % Förderung durch das BMWK)

**Projektlaufzeit**  
01/2023 – 12/2025

**Projektpartner**

- RTE Akustik+Prüftechnik GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (ICT)
- Kunststoff-Institut für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH
- Beiter GmbH & Co. KG Metall- und Formenbau

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 – 4003  
E-Mail: [Moritz.Berkelmann@de.tuv.com](mailto:Moritz.Berkelmann@de.tuv.com)



# PHyMoS – Proper Hybrid Models for Smarter Vehicles

## Problemstellung

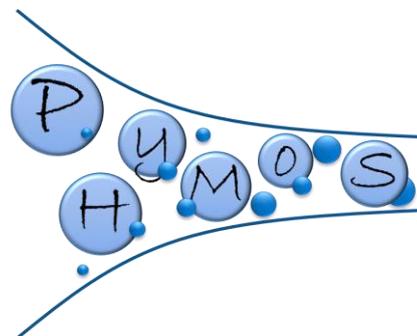
Das Fahrzeug der Zukunft ist „smart“. Mit zunehmender Selbstverständlichkeit wird erwartet, dass ein Fahrzeug auf Veränderungen in seiner Umgebung flexibel reagieren und selbstständig Entscheidungen fällen kann, um sich optimal an verändernde Randbedingungen anzupassen. Dies verlangt ein hohes Maß an „self-awareness“, also die Fähigkeit, die Auswirkung des eigenen Verhaltens in der Interaktion mit der Umgebung zu präzisieren. Derartige Modelle schnell, kosteneffizient und in Abwägung von Verlässlichkeit, Genauigkeit und Performance erstellen zu können, ist eine Schlüsselkompetenz. Klassische modellbasierte Ansätze sind häufig mit hohen Entwicklungsaufwänden verbunden und lassen sich nur bedingt auf andere Anwendungen übertragen.

## Projektziel

Ziel des Projekts ist es, Tools und Methoden bereit zu stellen und an konkreten Anwendungsfällen zu validieren. Diese sollen es ermöglichen, die durchgängige Nutzung von Modellen zu vereinfachen, den Aufwand der Modellerstellung zu reduzieren und die Modellqualität, im Sinne der Passgenauigkeit des Modells für die Fragestellung, deutlich zu erhöhen. Insgesamt verfolgt der Verbund das Ziel, den Entwicklungsprozess für das Fahrzeug der Zukunft deutlich zu vereinfachen und beschleunigen.

## Durchführung

In PHyMoS sollen hierzu KI-Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Integration von physikalischem Vorwissen adaptiert und mit klassischen physikalischen Modellierungsmethoden kombiniert werden. Hybride (daten- und physikbasierte) Ansätze werden in spezifischen Use-Cases evaluiert, um in dateneffizienter Weise skalierbare „Proper Models“ generieren zu können.



Projektlogo: PHyMoS

**Verbundkoordinator**  
Robert Bosch GmbH

**Projektvolumen**  
4,5 Mio. €  
(davon 71 % Förderanteil durch BMWi)

**Projektlaufzeit**  
03/2021 – 02/2024

**Projektpartner**

- ESI ITI GmbH
- Modelon Deutschland GmbH
- LTX Simulation GmbH
- XRG Simulation GmbH
- TLK-Thermo GmbH
- Fachhochschule Bielefeld
- TU Braunschweig
- Universität Augsburg

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Moritz Berkelmann  
Tel.: +49 221 806 - 4003  
E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)

# safe.trAIIn – Sichere KI am Beispiel fahrerloser Regionalzug

## Problemstellung

Der Schienenverkehr gilt per se als umweltfreundlich und klimaneutral. Um dieses Angebot noch zu erweitern wird eine Automatisierung in der höchsten Automatisierungsstufe (GoA4) angestrebt. Diese Stufe kann nach dem aktuellen Stand der Technik noch nicht erreicht werden, da mit klassischen Automatisierungstechnologien eine komplexe Umgebungserfassung nicht hinreichend gut bewältigt werden kann. Bei KI-basierten Verfahren der Umfelderkennung konnte vor allem im Straßenbereich eine sehr deutliche Entwicklung der Leistungsfähigkeit verzeichnet werden. Allerdings ist die Einbettung der KI-basierten Verfahren in die Anforderung und den Zulassungsprozess im Schienenverkehr noch nicht erfolgt und eine große Herausforderung. Hier setzt das Projekt safe.trAIIn am Beispiel eines fahrerlosen Regionalzuges an und will Lösungen erarbeiten.

## Projektziel

Das Ziel des Projektes ist es deswegen, den Einsatz von Verfahren der künstlichen Intelligenz, z.B. maschinelles Lernen, in einem sicherheitskritischen Umfeld nachweisbar, robust und sicher zu gestalten. Dafür sollen in safe.trAIIn neuen Validierungs- und Verifikationsmethoden entwickelt werden, die dabei helfen sollen, die KI-basierten Verfahren der Umfelderkennung prüfbar abzusichern und in nationale und internationale Normen und Standards zu überführen.

## Durchführung

Im Projekt vorgesehen sind vier technische Arbeitspakete, die mit den Anforderungen an die Sicherheitsnachweisführung beginnen und Methoden und Werkzeuge für die Absicherung der KI ableiten. Anschließend wird eine Sicherheitsarchitektur für die KI im GoA4-Betrieb entworfen, ein virtuelles Testfeld entwickelt und eine Sicherheitsbewertung durchgeführt. Die Projektergebnisse werden dann in ein technisches Regelwerk überführt und in nationalen und internationalen Normierungs- und Standardisierungsgremien überführt. Vor diesem Hintergrund sind am Projekt auch Zertifizierungsdienstleister und der DIN bzw. VDE beteiligt.



Projektlogo: safe.trAIIn

### Verbundkoordinator

Siemens AG

### Projektvolumen

24,41 Mio. €

(davon 60 % Förderanteil durch BMWK)

### Projektlaufzeit

01/2022 – 12/2024

### Projektpartner

- Siemens Mobility GmbH
- BIT Technology Solutions GmbH
- bridgefield GmbH
- Edge Case Research GmbH
- ITQ GmbH
- Merantix Labs GmbH
- SETLabs Research GmbH
- TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
- TÜV Rheinland InterTraffic GmbH
- TÜV SÜD Rail GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- Hochschule Düsseldorf
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Jürgen Frenzel

Tel.: +49 221 806 - 4155

E-Mail: [juergen.frenzel@de.tuv.com](mailto:juergen.frenzel@de.tuv.com)



# SenseTrAln - Sensorintegrierte 3D-Druck- Leichtbauteile und KI-unterstützte Zustandsüberwachung für Bahntechnikkompo- nenten und -systeme

## Problemstellung

Die Zulassung von Strukturbauteilen und die Forderung nach langlebigen Produkten in Zügen ist herausfordernd. Aufgrund der Bauteilkomplexität und des Einsatzes fordert dies derzeit noch neue Entwicklungen. Entsprechend besteht Bedarf an vernetzten, eigenständigen, rückwirkungsfreien und nachrüstbaren Sensor- und Analysekonzepten für die Bahntechnik.

## Projektziel

Der Fokus des Vorhabens SensTrAln Sensorintegrierte 3D-Druck-Leichtbauteile und KI-unterstützte Zustandsüberwachung für Bahntechnikkomponenten und -systeme zum Betriebsmonitoring für Prognostics (PHM) und Structural Health Monitoring (SHM) liegt auf der Verbesserung der prädiktiven Instandhaltung. Neue Verfahren der additiven Fertigung, der Zustandserfassung über Sensorik, der Datenaggregation und -speicherung sowie der Analyse und Verwertung mit intelligenten Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) sind die Grundlagen zur Optimierung und Enabler für Industrie 4.0. Die additive Fertigung metallischer Leichtbauteile mittels Laser Powder Bed Fusion (LPBF) besitzt dabei ein großes Potential für (zukünftige) Mobilitätskonzepte und Bahntechnik im Betrieb, der Wartung und Instandhaltung.

## Projekinhalt

Im Projekt wird ausgehend von der Use-Case-Entwicklung für Radsatzlagerdeckel und Türmechanik die notwendige Sensorik für die Projektziele ausgewählt und eine Integrationsstrategie für die Bauteile entwickelt und umgesetzt. Parallel wird die Entwicklung und Erprobung des KI-basierten Systems für Management, Analyse und Verwertung der Systemdaten durchgeführt.

**Verbundkoordinator**  
ME-Meßsysteme GmbH

**Projektvolumen**  
1,54 Mio. €  
(davon 73 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
08/2021 – 07/2024

**Projektpartner**

- Vedisys AG
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Robert Benning  
Tel.: +49 30 756 874 - 202  
E-Mail: [robert.benning@de.tuv.com](mailto:robert.benning@de.tuv.com)



# SesiM - Selbstvalidierung komplexer elektronischer Systeme in sicherheitskritischen Mobilitätsanwendungen auf Basis von Greybox-Modellen

## Problemstellung

Bei sicherheitskritischen Systemen werden aktuell starke Überauslegung oder redundante Aufbauten zur Vermeidung von Ausfällen genutzt. Neue Ansätze sind notwendig, um den Vorsprung im Bereich nachhaltiger Fahrzeugentwicklung bei zunehmender Digitalisierung und Automatisierung stetig voranzutreiben.

## Projektziel

Zentraler Aspekt von SesiM ist die Entwicklung einer KI-basierten Zustandsüberwachung für den optimierten Betrieb von Automobil- und Bahntechnik. Ein digitaler Fingerabdruck der elektro- und mechatronischen Baugruppen wird erzeugt, um auf alterungsbedingten Verschleiß und sicherheitskritische Änderungen proaktiv reagieren zu können. Sich ändernde Einflüsse von Fertigungsprozessen und Materialqualitäten, ex- und intrinsische Belastungen in der Nutzungsphase sowie systembeschreibende Sensordaten werden erfasst, bewertet und innerhalb einer innovativen Modellbildung genutzt.

## Durchführung

Der Kern des Projektes ist ein hybrider Modellansatz zur Beschreibung des elektronischen Systems im Fertigungsprozess, als fertiges Produkt und im Feldbetrieb. Hybrid bedeutet in diesem Zusammenhang die Kombination von physikalischen Degradationsmodellen und datenbasierten KI-Modellen. Auf Basis von definierten und als relevant identifizierten Systemparametern und -daten werden sogenannte Black-Box Modelle mit Methoden aus dem Bereich Computational Intelligence und Machine Learning aufgebaut und trainiert.

**Verbundkoordinator**  
Siemens AG

**Projektvolumen**  
4,3 Mio. €  
(davon 67 % Förderung durch das BMWi)

**Projektlaufzeit**  
07/2021 – 06/2024

**Projektpartner**

- Robert Bosch GmbH
- AUCOTEAM GmbH
- GÖPEL electronic GmbH
- GESTALT Robotics GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Universität Stuttgart

**Ansprechpartner**  
TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Robert Benning  
Tel.: +49 30 756 874 - 202  
E-Mail: [robert.benning@de.tuv.com](mailto:robert.benning@de.tuv.com)



# SiC-Mobil – SiC-Frequenzumrichter für Elektromobilität

## Problemstellung

Frequenzumrichtergespeiste elektrische Maschinen sind eine Stärke der deutschen Industrie. Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Leistungshalbleiter-Bauelemente mit großer Bandbreite auf der Basis von Siliziumcarbid (SiC) ermöglichen eine deutliche Steigerung des Wirkungsgrads der Umrichter bei gleichzeitiger Reduzierung von Bauraum und Gewicht im Vergleich zu den bisher eingesetzten Silizium-basierten Schaltern. Dem Einsatz der SiC-basierten Technologie stehen jedoch auch einige Nachteile gegenüber. Es entstehen hochfrequente elektromagnetische Störungen, die zum Ausfall der Umrichtersteuerung und benachbarter Elektronikkomponenten führen können. Zudem wird unweigerlich die Lebensdauer von Batterien und Antriebsmotoren beeinträchtigt.

## Projektziel

Das Ziel des Projekts ist es, ein ganzheitliches und systemgerechtes Umsetzungskonzept zur Integration von Komponenten und Subsystemen in eine funktionale Peripherie zu entwickeln und zu erproben. Im Rahmen der Arbeiten erfolgt der prototypische Aufbau eines SiC-basierten Schnellladeumrichters sowie eines SiC-basierten Antriebsumrichters.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden zunächst Anforderungen und Randbedingungen an die SiC-basierten Umrichter ermittelt. Darauf aufbauend erfolgt die Entwicklung der prototypischen Umrichter. Im weiteren Projektverlauf werden experimentelle Untersuchungen zur Lebensdauer und elektromagnetischen Verträglichkeit durchgeführt, welche parallel u.a. durch simulationsbasierte Untersuchungen begleitet werden. Weitere Teilaspekte der Entwicklungstätigkeiten sind u.a. die Entwicklung von Integrationsstrategien und Simulationsmodellen zur Vorhersage der Umrichterlebensdauer.

### Verbundkoordinator

IAV GmbH

### Projektvolumen

4,22 Mio. €

(davon 62 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

09/2021 – 08/2024

### Projektpartner

- Block Transformatoren-Elektronik GmbH
- Breuer Motoren GmbH & Co. KG
- Freqcon GmbH
- Universität Bremen

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Moritz Berkelmann

Tel.: +49 221 806 - 4003

E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)

# SkalTABS – Skalierbares Thermomanagement und Antriebsstrang für Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge

## Problemstellung

Steigendes Umweltbewusstsein und die damit verbundenen gesetzlichen Rahmenbedingungen erfordern für den Nutzfahrzeugbereich innovative, effiziente und umweltschonende Konzepte. Diese geänderten Randbedingungen führen dazu, dass das Thema der alternativen Antriebssysteme technologieoffener diskutiert wird. Die Anwendung von Batterien als Energiespeicher für Nutzfahrzeuge weist den Nachteil einer hohen benötigten Batteriekapazität auf. Große Chancen werden deshalb Brennstoffzellen-Antrieben eingeräumt, welche die Vorteile der hohen Energiedichte des Wasserstoffs mit einer lokalen Emissionsfreiheit verbinden.

## Projektziel

Im Projekt SkalTABS sollen skalierbare Powertrain- und Thermomanagement-Architekturen sowie zugehörige Hardware-Komponenten für zukünftige Antriebsstränge von Brennstoffzellen-Nutzfahrzeugen entwickelt werden. Die ganzheitliche Betrachtung der Fahrzeugenergieflüsse und deren Optimierung sollen eine hohe Gesamteffizienz ermöglichen und damit die Reichweite der Fahrzeuge erhöhen. Die skalierbare Gestaltung des Brennstoffzellen-Systems ermöglicht zum einen die Abdeckung eines breiten Spektrums von Fahrzeugen und zum anderen den Zugang für kleinere Fahrzeughersteller aufgrund der Kosteneffizienz.

## Durchführung

Bei der Entwicklung des skalierbaren Antriebsstrangs sowie des dazugehörigen Thermomanagements wird der Fokus auf drei Aspekte gelegt: die Skalierbarkeit, die Gesamteffizienz und „Total Costs of Ownership“. SkalTABS bezieht dabei einige Komponenten des Antriebsstrangs mit ein, wie z.B. die Brennstoffzelle selbst, dazugehörige Nebenaggregate, einen DC/DC-Brennstoffzellen-Wandler zum Energiemanagement sowie den Traktionsmotor inklusive zugehöriger Leistungselektronik.



Projektlogo: SkalTABS

### Verbundkoordinator

GreenIng GmbH & Co. KG

### Projektvolumen

8,42 Mio. €

(davon 60 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

08/2021 – 07/2024

### Projektpartner

- Siemens AG
- Infineon Technologies AG
- AVL Software and Functions GmbH
- AVL Thermal and HVAC GmbH
- Pankl Turbosystems GmbH
- MACCON Elektroniksysteme GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Lennart Korsten

Tel.: +49 221 806 - 3210

E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)



# SmarTram – Autonom fahrendes Transportsystem für den Stadtverkehr mit erhöhtem Passagierkomfort

## Problemstellung

Das automatisierte Fahren gewinnt auch im ÖPNV/SPNV-Bereich an Bedeutung; die Umsetzung erfolgt bisher jedoch nur mit Inselösungen in einzelnen abgeschlossenen ÖPNV-Systemen. Straßenbahnsysteme sind in der Regel keine abgeschlossenen Transportsysteme, sondern teilen sich den Verkehrsraum mit anderen Verkehrsteilnehmern. Dies bedeutet für das automatisierte Fahren, dass sich Straßenbahnen intelligent verhalten müssen, um die Aktionen anderer Verkehrsteilnehmer in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

## Projektziel

Zielstellung des Vorhabens ist es, technische Lösungen für die Nutzung von Automatisierungspotenzialen im Straßenbahnbereich zu erarbeiten und zu verbessern. Insbesondere sollen Grundlagen zu Sicherheitsanforderungen, zum Funktionsumfang und zu Schnittstellen zwischen Teilsystemen (unter anderem Fahrzeuge, Infrastruktur, Betrieb, intermodale Schnittstellen) herausgearbeitet werden, die als Anforderungen für die Entwicklung und Festlegung branchenweiter Standards genutzt werden können. Mithilfe des Projekts sollen die Betriebskosten reduziert, die Transportkapazitäten gesteigert und das Sicherheitsniveau erhöht werden.

## Durchführung

Im Projekt soll eine hybride (Fahrzeug & Infrastruktur) Kommunikationsstruktur (Cloud/Edge) zur datentechnischen Integration aller Systeme (unter Berücksichtigung von allen relevanten Datensicherheits- und Echtzeitanforderungen) entwickelt werden. Es wird ein für automatisiertes Fahren optimiertes Fahrzeugdesign unter Berücksichtigung von Performance-, Betriebs- und Sicherheitsaspekten entwickelt und eine hybride Umgebungserfassung und Kartografie angewendet. Weiterhin ist eine leitstellenbasierte Teleoperation vorgesehen. Die Erprobung erfolgt im Betriebsgeschehen.

### Verbundkoordinator

Hörmann Vehicle Engineering GmbH

### Projektvolumen

4,8 Mio. €

(davon 46% Förderung durch das BMWK)

### Projektlaufzeit

10/2022 – 09/2025

### Projektpartner

- FusionSystems GmbH
- IABG mbH
- CVAG

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Marie Godemann

Tel.: +49 30 756874-404

E-Mail: [marie.godemann@de.tuv.com](mailto:marie.godemann@de.tuv.com)



# TCOpt – Total Cost of Ownership-optimierte Kühlanlagen für Schienenfahrzeuge

## Problemstellung

Die Europäische Union strebt an, den Schienenverkehr sowie den kompletten Verkehrssektor bis spätestens zum Jahr 2050 vollständig zu dekarbonisieren. Aufgrund der langen Lebensdauer von Schienenfahrzeugen bedeutet dies für die nächsten Jahre ein hohes Innovations- und Wachstumspotenzial für die deutsche Fahrzeug- und Zulieferindustrie im Bereich der Bahntechnik. Insbesondere die sogenannten Total Costs of Ownership, also die gesamten Kosten bestehend aus Investition, Betriebs- und Wartungskosten, werden einen erheblichen Einfluss auf den Marktzugang neuer und effizienter Technologien haben. Hierbei sind energieintensive und technisch anspruchsvolle Kühlanlagen für Klimatisierung und Thermomanagement besonders hervorzuheben, welche neben den Antriebstechnologien selbst enorme Einsparpotentiale bieten.

## Projektziel

Das Vorhaben TCOpt hat zum Ziel, die Total Cost of Ownership von Kühlanlagen für Schienenfahrzeuge um 20 % im Vergleich zum Status Quo zu reduzieren. Dabei spielt die Weiterentwicklung von Materialien und deren Einsatz in Leichtbaukonzepten eine tragende Rolle, insbesondere vor dem Hintergrund der Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus.

## Durchführung

Das Vorhaben stützt sich inhaltlich auf drei Säulen. Zunächst sollen die geringen Lebenszykluskosten auf Bauteilebene über neuartige Kühlertechnologien optimiert werden. Als zweiter Ansatz stehen die Systemebene und das energieeffiziente Thermomanagement im Mittelpunkt. Zuletzt bildet die Wartungskostenreduktion über die Betriebsdauer mit „Condition Monitoring“-Ansätzen einen wesentlichen Arbeitskern. Innerhalb dieser Themenschwerpunkte werden FuE-Arbeiten von der Auslegung, Simulation und Konstruktion bis zur prototypischen Demonstration und anwendungsnahen Validierung vorangetrieben.

### Verbundkoordinator

MAHLE Industrial Thermal Systems GmbH & Co. KG

### Projektvolumen

4,54 Mio. €  
(davon 50 % Förderung durch das BMWK)

### Projektlaufzeit

01/2023 – 12/2025

### Projektpartner

• Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Lennart Korsten

Tel.: +49 221 806 – 3210

E-Mail: [lennart.korsten@de.tuv.com](mailto:lennart.korsten@de.tuv.com)



# viaMeta – Entwicklungs- und Produktionsprozesse vibroakustischer Metamaterialien für Leichtbau im Fahrzeug

## Problemstellung

Die Anforderungen an ein niedriges Gewicht beinhalten im Fahrzeugbau der Automobilindustrie zahlreiche inhärente Zielkonflikte. Den hoch priorisierten positiven Effekten hinsichtlich der Energieeffizienz steht ein sehr anfälliges Schwingungsverhalten von Leichtbaukomponenten gegenüber.

## Projektziel

Um diesen strukturdynamischen Herausforderungen gerecht zu werden, sollen neuartige vibroakustische Metamaterialien im Fahrzeugbau zum Einsatz kommen, die über eine schwingungsmindernde Mikrostruktur aus Tilgermassen und Steifigkeiten verfügen. Diese Metamaterialien besitzen neuartige Struktureigenschaften, sogenannte Stoppbänder, mit denen sich über einen breiten Frequenzbereich eine Schwingungsübertragung und damit auch Anregung vermeiden lässt. Derartige Effekte lassen sich nach dem derzeitigen Stand der Technik nur durch schwere Tilger oder zusätzliche Versteifungen realisieren.

## Durchführung

Zu Projektbeginn werden die Anforderungen aus Fahrzeug- und Entwicklungssicht definiert und eine erste Designsystematik für die Applikation der Metamaterialien abgeleitet. Ein sehr wichtiger Schritt im Projekt ist die erforderliche ganzheitliche Modellierung des NVH-Verhaltens im kompletten Fahrzeug, bei der auch Machine Learning Methoden zum Einsatz kommen sollen. Diese ganzheitliche Modellierung erfordert eine drastische Reduzierung und zusätzliche Kompatibilität innerhalb der Modellarchitekturen. Nach einer Auskonstruktion muss noch die industrielle Fertigung der Bauteile mit Metamaterialien abgesichert werden, um dann schließlich über eine Abmusterung eine praktische, messtechnische Validierung durchzuführen.



Projektlogo: viaMeta

### Verbundkoordination

Mercedes-Benz AG

### Projektvolumen

3,32 Mio. €

(davon 72 % Förderanteil durch BMWi)

### Projektlaufzeit

05/2021 – 04/2024

### Projektpartner

- BOGE Elastmetall GmbH
- Novicos GmbH
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Fraunhofer-Gesellschaft

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Moritz Berkelmann

Tel.: +49 221 806 - 4003

E-Mail: [moritz.berkelmann@de.tuv.com](mailto:moritz.berkelmann@de.tuv.com)



# WaVe – Entwicklung und prototypische Erprobung von Wasserstoff-Verbrennungsmotoren als emissionsminimierende Antriebssysteme für Nutzfahrzeuge im Medium-Duty Segment

## Problemstellung

Damit auch der Nutzfahrzeugbereich einen umfangreichen Beitrag zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten kann, ist eine Abkehr von fossilen Kraftstoffen notwendig. Hierbei zeichnet sich teilweise ab, dass batterieelektrische Antriebe nur in speziellen Anwendungsbereichen sinnvoll sind, und auch Brennstoffzellenfahrzeuge können nicht als Universallösungen etabliert werden. Mit geeigneten Kraftstoffen und Abgasnachbehandlungssystemen lassen sich auch Verbrennungsmotoren mit minimalen Emissionen betreiben. Wasserstoffbasierte Verbrennungsmotoren können ein neuartiges Element in der Palette von Antriebssystemen für Nutzfahrzeuge werden und somit Einsatzlücken schließen.

## Projektziel

Das Ziel des Projektes ist es, ein wasserstoffbasiertes Antriebssystem für Nutzfahrzeuge im Medium-Duty-Bereich zu entwickeln und anhand verschiedener Demonstratoren in Feldversuchen zu erproben.

## Durchführung

Die Kernelemente des emissionsminimierenden, wasserstoffbasierten Antriebssystems setzen sich aus einem neuartigen H<sub>2</sub>-Verbrennungsmotor mit den für den Betrieb notwendigen Systemkomponenten wie z.B. Tanksystemen, Leitungen und Regelventilen zusammen. Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus der FE-Arbeiten auf der Entwicklung neuer Brennverfahren, Motorkonzepten- und Komponenten, Abgasnachbehandlungssystemen sowie der On-Board Wasserstoffversorgung. Nach umfangreichen Prüfstandsuntersuchungen und Optimierungen erfolgt die Integration in die Demonstratoren Unimog und Raupenfahrzeug, um Feldtests unter Realbedingungen durchzuführen und die Ergebnisse in die Antriebskonzeptentwicklung rück zu spiegeln.

### Verbundkoordinator

Daimler Truck AG

### Projektvolumen

23,49 Mio. €

(davon 61 % Förderung durch das BMWi)

### Projektlaufzeit

07/2020 – 06/2023

### Projektpartner

- Cryotherm GmbH & Co. KG
- F&B Nutzfahrzeug-Technik GmbH
- Eichenauer Heizelemente GmbH & Co. KG
- HYDAC Process Technology GmbH
- FEV Europe GmbH
- Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik GmbH
- IAV GmbH
- ITK Engineering GmbH
- Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
- Technische Universität Kaiserslautern
- KEYOU GmbH
- Photonik-Zentrum Kaiserslautern e.V.
- Sensitec GmbH
- Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- THOMAS MAGNETE GmbH
- comlet Verteilte Systeme GmbH
- Mörtlbauer Baumaschinenvertriebs GmbH

### Ansprechpartner

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Christoph Blask

Tel.: +49 30 756874-242

E-Mail: [christoph.blask@tuv.com](mailto:christoph.blask@tuv.com)