

FVV PRIMEMOVERS. TECHNOLOGIES.

# The FVV Transfer + Networking Event | Herbst 2022

Wissens- und Technologietransfer | Neues Forschungsprogramm



Science for a  
moving society



## Wissens- und Technologietransfer

Klimaneutralität und Emissionsreduzierung in Energiewandlungssystemen wie Motoren und Turbinen, aber auch die Optimierung von Hybridantrieben und Brennstoffzellen, sind globale Herausforderungen der heutigen Zeit. Die von der FVV koordinierte vorwettbewerbliche Industrielle Gemeinschaftsforschung befähigt Unternehmen, dabei auftretende Forschungs- und Technologieprobleme gemeinsam auf wissenschaftlicher Grundlage zu lösen.

Mit der Herbsttagung 2022 am 6. Oktober in Würzburg bot die FVV den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Gelegenheit, sich über den Stand aktueller Forschungsprojekte zu informieren, Ergebnisse auszutauschen und das Netzwerk zu erweitern.

Bei den Emissionen von Pkw und Nutzfahrzeugen konnten die Forschungsergebnisse dem grundlegend neuen Betrachtungsansatz der ›Zero-impact Emissions‹ zugeordnet werden, während bei Schiffsantrieben vor allem die Verbrennung und Kraftstoffe im Fokus standen.

Zero-Impact-Emissionen:  
Immissionsschutz und technische  
Luftreinhaltung // vollständige Projektdaten ab S. 20

PROJEKT 1357 · Gemischhomogenisierung Otto II  
SCHWERPUNKT Entwicklungswerkzeuge  
EXPERTENGRUPPE Motoren ANWENDUNGEN Pkw und Kleintransporter

PROJEKT 1368 · Innovative HD Brennverfahrensauslegung  
SCHWERPUNKTE Emissionen, Komponenten  
EXPERTENGRUPPE Motoren ANWENDUNG Lkw

# Der Weg zum Zero-Impact Vehicle

Ein ›Zero-Impact Vehicle‹ ist ein Fahrzeug, dessen Emissionen so gering ausfallen, dass es keine messbaren Auswirkungen auf die Luftqualität hat und somit ›Zero-Impact Emissions‹-Anforderungen erfüllt. Wie die FVV in grundlegenden Studien schon zeigen konnte, sind die Basistechnologien zur Umsetzung eines ZIV vorhanden. Bei weiteren Forschungsaktivitäten geht es nun vor allem darum, sie so zu erschließen, dass ihre Potenziale bestmöglich eingesetzt werden.

## Weniger Impact, mehr Effizienz durch optimale Verbrennung

Daniel Ismail Mir vom Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS) der Universität Stuttgart und Fabian Steeger vom Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (TME) der RWTH Aachen stellten Ergebnisse des FVV-Forschungsprojekts ›**Gemischhomogenisierung Otto II**‹ vor. Der Ansatzpunkt dieses Forschungsvorhabens war die Emissionsoptimierung von Ottomotoren mit stöchiometrischer und homogen-magerer Verbrennung. Homogen-magere Motorkonzepte werden künftig aufgrund des großen Wirkungsgradsteigerungspotenzials, verbunden mit einer CO<sub>2</sub>-Reduktion bei der Verwendung fossiler Kraftstoffe, voraussichtlich an Marktrelevanz gewinnen. Da beim Magerbetrieb der Einsatz eines konventionellen Dreiwegekatalysators zur Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen nicht zielführend ist, gewinnt die verlässliche Vorhersage der Rohemissionen an Bedeutung. Das gilt auch für stöchiometrisch betriebene Ottomotoren mit starker Hybridisierung, da

es dort häufig zu Motorstarts bei ausgekühltem und damit vermindert wirksamem Abgasnachbehandlungssystem kommen kann. »Die Bildung von NO<sub>x</sub> und CO bei der Kraftstoffverbrennung im Motor hängt maßgeblich vom lokalen Luft-Kraftstoff-Mischverhältnis und der Temperatur im verbrannten Gemisch ab. Entsprechend haben Gemischinhomogenitäten einen erheblichen Einfluss auf die Emissionsbildung, allerdings werden diese in aktuellen OD/1D-Simulationsansätzen nicht hinreichend abgebildet«, erklärte Steeger. Abhilfe soll ein phänomenologisches OD/1D-Modell zur Beschreibung der Kraftstoff- und Temperaturinhomogenitäten im verbrannten Gemisch schaffen, das im vorgestellten Forschungsprojekt erarbeitet wird [ABBILDUNG 1]. »Das Inhomogenitätsmodell ermöglicht dann eine genauere Vorhersage der NO- und CO-Rohemissionen, mit der die Abgasnachbehandlungskomponenten besser dimensioniert und abgestimmt werden können«, so Mir.



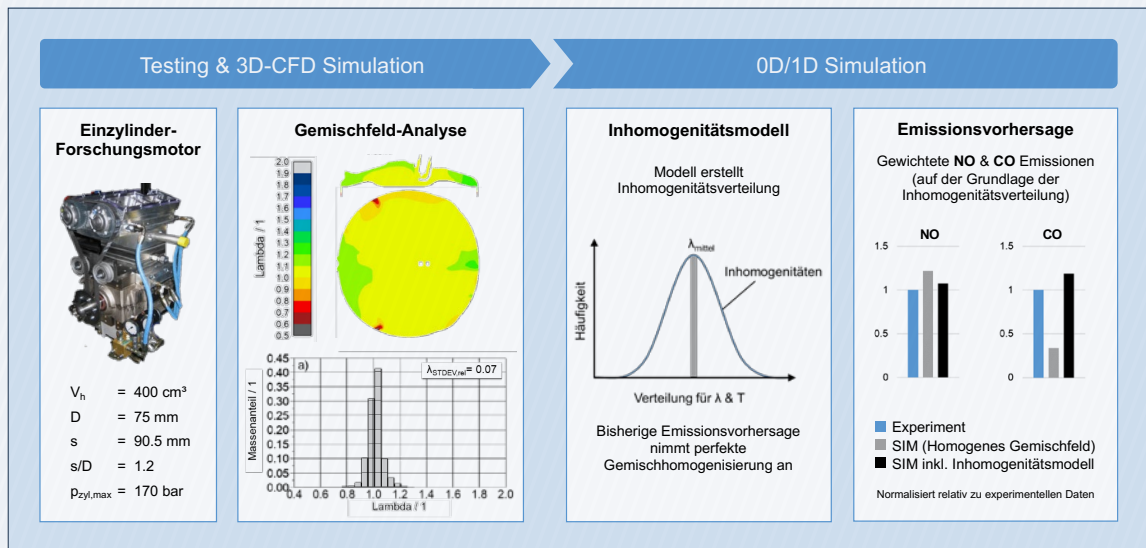


ABBILDUNG 1

Schematischer Ablauf der Inhomogenitätsmodellentwicklung und Visualisierung der verbesserten Emissionsvorhersage basierend auf experimentellen Messdaten vom Einzylinder-Forschungsmotor // IFS | TME

Damit sind die Ergebnisse ein wichtiger Baustein für die Entwicklung künftiger ZIV. Zudem ist das Forschungsvorhaben von großer wirtschaftlicher Bedeutung, da die Ergebnisse unmittelbar in die Motorauslegung sowie die Entwicklung von Systemkomponenten, Simulationssoftware, Entwicklungswerkzeugen und Motorsteuersystemen einfließen können.

### Kolben aus dem Drucker

Im Bereich der Heavy-Duty-Anwendungen werden Motoren mit Dieselbrennverfahren auch künftig eine wichtige Rolle spielen. Bei ihrer Verbrennungsentwicklung unter besonderer Berücksichtigung alternativer CO<sub>2</sub>-neutraler oder CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoffe muss eine Balance zwischen niedrigen Rohemissionen und hohem Wirkungsgrad gefunden werden. Das gilt insbesondere für den Zielkonflikt zwischen Ruß- und NO<sub>x</sub>-

Ausstoß, der sich durch verschiedene Ansätze wie optimierte Einspritzsysteme oder die Einführung von Abgasrückführungs- und modernen Abgasnachbehandlungssystemen lösen lässt. Um den Systemwirkungsgrad weiter zu steigern, müssen jedoch auch das Emissionsniveau und die Effizienz des Verbrennungsprozesses selbst optimiert werden. Dabei ist die Kolbengeometrie ein Schlüsselaspekt, allerdings sind die Gestaltungsmöglichkeiten heutiger Schmiede- oder Gusskolben durch den Herstellungsprozess stark eingeschränkt.

An dieser Stelle setzt das Forschungsvorhaben »**Innovative HD-Brennverfahrensauslegung**« an. Wie Jannis Reusch vom Fachgebiet Simulation reaktiver Thermo-Fluid-Systeme (STFS) der TU Darmstadt und Behrend Bode vom Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) der Leibniz



**ABBILDUNG 2**  
3D-gedruckter  
Heavy-Duty-Kolben mit  
optimierter Mulde nach  
erstem Motortest // IPeG

Universität Hannover in ihrem Vortrag zeigten, wird im Rahmen des Projekts ein Kolben mit innovativer Kolbenmuldengeometrie und optimiertem Kühlungsdesign entwickelt und durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt [ABBILDUNG 2].

»Aufgrund der notwendigen Gestaltungsfreiheit bei Mulde und Kühlkanälen sowie der erforderlichen Dauerfestigkeit auch unter hoher Temperatur werden die Kolben durch selektives Laser-Strahlschmelzen hergestellt«, so Bode.

Ausgangspunkt für die Optimierung der Muldengeometrie waren die Ergebnisse der Modellierung von Wärmeströmen und der Verbrennung mittels Computational Fluid Dynamics (CFD). Iterativ wurde so die Kolbenmuldengeometrie optimiert und diese auf eine Kolbenkonstruktion übertragen. »Auf dem Motorprüfstand bestätigte sich das große Potenzial der Optimierung zur weite-

ren Verbrauchs- und Emissionsreduzierung durch die gedruckte Kolbenmuldenform«, sagte Reusch. Der hohe Freiheitsgrad bei der Konstruktion ermöglicht darüber hinaus eine gezielte Anpassung der Verbrennung für alternative Kraftstoffe, wobei eine gemeinsame Optimierung von Kolbengeometrie und Einspritzsystem zielführend ist. Wie die Forscher zudem darstellten, verspricht eine Hybridfertigung, bei der nur die Kolbenmulde gedruckt und der Rest konventionell hergestellt wird, erhebliche geringere Produktionskosten als rein additive Verfahren. //



Siehe auch:  
**FVV-Jahresmagazin 2021**  
»Additive Fertigung«, S. 64–69  
→ [www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)

## Zero-Impact-Emissionen: Umweltfreundliche Schiffsantriebe

// vollständige Projektdaten ab S. 20

PROJEKT 1394 · Vorentflammungsmodell Gasmotoren  
SCHWERPUNKT Entwicklungswerkzeuge  
EXPERTENGRUPPE Nachhaltige Antriebssysteme ANWENDUNG Schiffe

PROJEKT 1341 · Einfluss neuer siliziumhaltiger Kraftstoffe auf  
Abgasnachbehandlungskomponenten SCHWERPUNKT Emissionen  
EXPERTENGRUPPE Zero-Impact-Emissionen ANWENDUNG Schiffe



# Zero-Impact- Emissionstechnologien für die Schifffahrt

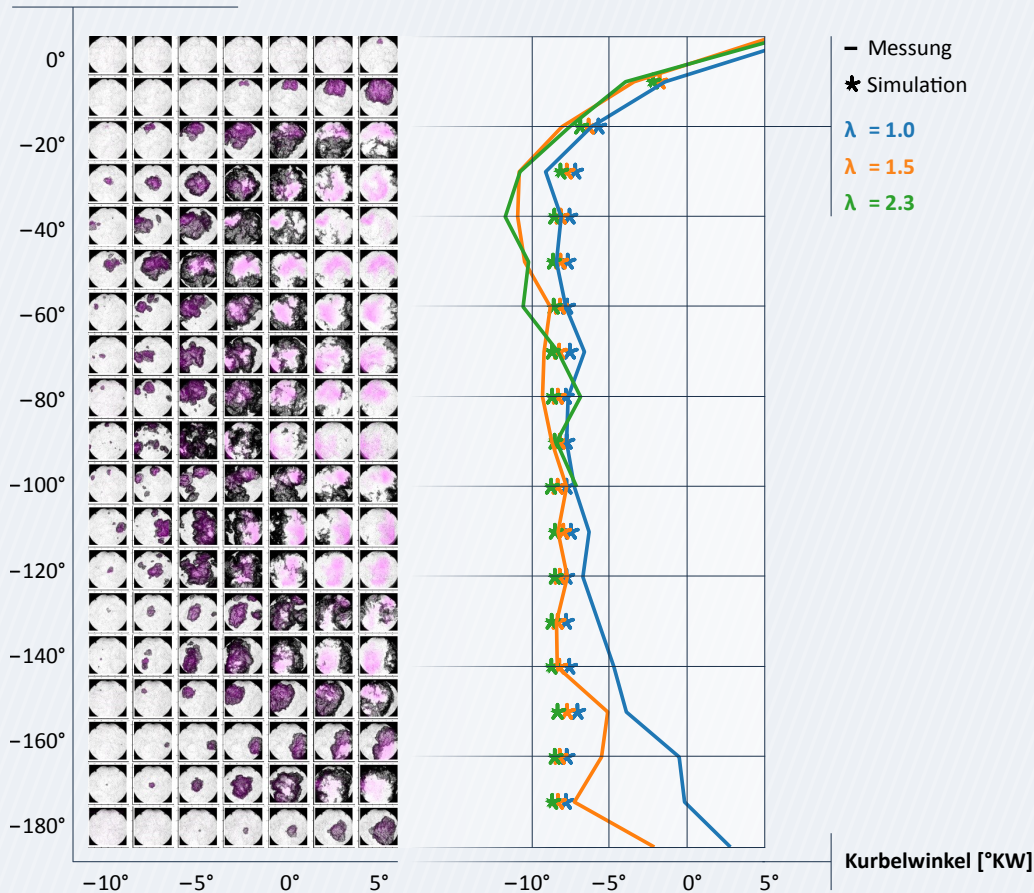
Nach Informationen des Deutschen Umweltbundesamts werden derzeit weltweit etwa 70 Prozent aller Güter – bezogen auf die Transportleistung, gemessen in Tonnenkilometern – auf dem Seeweg transportiert. Von etwa der Hälfte der weltweiten Schiffsbewegungen liegt der Ziel- oder Abfahrtschiffhafen in der EU. Nord- und Ostsee gehören damit zu den am häufigsten und dichtesten befahrenen Meeren der Welt. Zero-Impact-Emissionstechnologien tragen daher maßgeblich dazu bei, Luftqualität, Gesundheit und Klima zu verbessern. Nicht nur in Gewässern der EU, sondern auch auf den Weltmeeren.

## Modellierung optimaler Motorbetriebsstrategien für den Schiffsantrieb der Zukunft

Durch strengere Emissionsvorschriften in der Schifffahrt in Bezug auf Stickoxid ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeloxid ( $\text{SO}_x$ ) hat der Marktanteil von Gas- und Dual-Fuel-Motoren als Schiffsantrieb in den vergangenen Jahren stetig zugenommen. Ein Phänomen, das den Betriebsbereich derartiger Motoren stark beeinflusst, ist die Vorentflammung, die durch Schmieröltropfen im Brennraum ausgelöst wird. Da umfangreiche Versuchskampagnen – speziell im Bereich der Großmotoren – mit hohen Kosten verbunden sind, ist ein grundlegendes Verständnis dieses Phänomens und dessen simulationsbasierte Vorhersagemöglichkeit branchenweit von hoher wirtschaftlicher Bedeutung.

Aus diesen Gründen wird im FVV-Vorhaben **›Vorentflammungsmodell Gasmotoren‹** mittels einer quasidimensionalen Prozessrechnung ein phänomenologisches, prädiktives Vorentflammungsmodell entwickelt, das unter anderem Anwendung bei der Optimierung und Auslegung von Motorbetriebsstrategien finden soll.

Lukas Wißmann vom Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS) und Patrick Albrecht vom Institut für Thermo- und Fluid-Engineering (ITFE) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) gaben in Würzburg einen Einblick in das Resultat der engen Zusammenarbeit der beiden Institute. Während

**Beginn der  
Schmierölzugabe [°KW]**

**ABBILDUNG 3**

Optische Messung schmierölinduzierter Vorentflammung bei  $\lambda = 1,5$  für einen variierenden Beginn der Zugabe [LINKS] und Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit dem Simulationsmodell [RECHTS] // ITFE-FHNW | IFS

die Motorversuche am ITFE stattfanden, erarbeitete das IFS die Modellierung. Die entsprechenden Messdaten wurden am ITFE mithilfe eines hochflexiblen, optisch zugänglichen Versuchsträgers ermittelt. »Mit ihm lassen sich Vorentflammungen stabil erzeugen und unter unterschiedlichsten Randbedingungen wie variierenden Gemischzusammensetzungen, verschiedenen

Drücken und Temperaturen und bei unterschiedlichen Strömungsbedingungen, also variabler Turbulenz, messen«, so Albrecht. Im vorliegenden Fall konnte das ITFE damit den Einfluss minimaler Mengen ( $\approx 0,08$  mg) oder sogar einzelner Schmieröltropfen auf die Vorentflammung in einem zündfähigen Methan-Luft-Gemisch untersuchen. Am IFS wurde daraus das phänomenologische

Vorentflammungsmodell entwickelt. »Wie sich herausstellte, entsteht einerseits keine Vorentflammung ohne Schmieröleintrag in den Brennraum, andererseits ist die Verdampfung der Schmieröltropfen ausschlaggebend für den Verlauf der Vorentflammung«, erklärte Wißmann. Aus diesem Grund wurde am IFS zusätzlich ein Tropfenverdampfungsmodell entwickelt, das die Randbedingungen für die Reaktionskinetik festlegt. Darauf aufbauend konnte das Forscherteam dann den Zeitpunkt der Vorentflammung genau berechnen [ABBILDUNG 3]. Da das Modell rein auf physikalischen Annahmen basiert, müssen für die Prognosen, anders als bei anderen Ansätzen, keine weiteren Parameter zur spezifischen Abstimmung erhoben werden. Das vereinfacht die Modellanwendung bei künftigen Motorentwicklungen und ermöglicht unmittelbare Effizienzsteigerungen im Entwicklungsprozess.

### **Schwefelarme Kraftstoffe sind gut für die Luftqualität in Küstengewässern, ihr Siliziumgehalt birgt jedoch große Risiken für Katalysatoren und Abgassensoren**

Das Pariser Klimaschutzabkommen 2015 und die Beschlüsse der UN-Klimaschutzkonferenz in Katowice im Dezember 2018 haben den Kurs der maritimen Schifffahrt klar auf den Einsatz schwefelarmer Kraftstoffe gesetzt. Internationale Übereinkommen sehen eine stufenweise Reduzierung des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen auf 0,5 Prozent ab dem 1. Januar 2020 vor. In den Schwefelemissions-

Überwachungsgebieten (SO<sub>x</sub> Emission Control Areas, SECA) auf Nord- und Ostsee sowie entlang der Nordamerikanischen Küste und der US-Karibik geht die Reduzierung weiter: Seit Anfang 2015 wurde der Grenzwert in den SECA in einem weiteren Schritt auf 0,1 Prozent reduziert.

Probleme mit schwefelarmen Kraftstoffen für Schiffsmotoren haben die Forscherinnen und Forscher des FVV-Projekts **›Einfluss neuer siliziumhaltiger Kraftstoffe auf Abgasnachbehandlungskomponenten‹** im Blick. Um die Schwefelemissionen zu reduzieren, dürfen seit 2015 in Schiffen, wenn sie über keine Abgasentschwefelung verfügen, in definierten Umweltzonen (SECAs) nur noch Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von maximal 0,1 Prozent verwendet werden. In der Regel wird ein sogenanntes Ultra-Low Sulphur Fuel Oil (ULSFO) eingesetzt. Bei diesen Kraftstoffen handelt es sich häufig um Blends, die Rückstände aus dem Raffinationsprozess und Destillatfraktionen enthalten, damit sie die gesetzlichen Schwefelanforderungen erfüllen. Allerdings gab es seither einige Rückläufer von SCR-Katalysatoren, die eine dünne Siliziumdioxidschicht auf der Katalysatoroberfläche aufwiesen. Die Katalysatoraktivität nahm dadurch teilweise nach nur 8000 Stunden Motorbetrieb drastisch ab.

Dr. Marit Kolb vom Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie (IÖNC) der TU Braunschweig und Lars Wesemann vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen (ivb) der TU Braunschweig stellten die im Laufe der Forschungsarbeiten gewonnenen

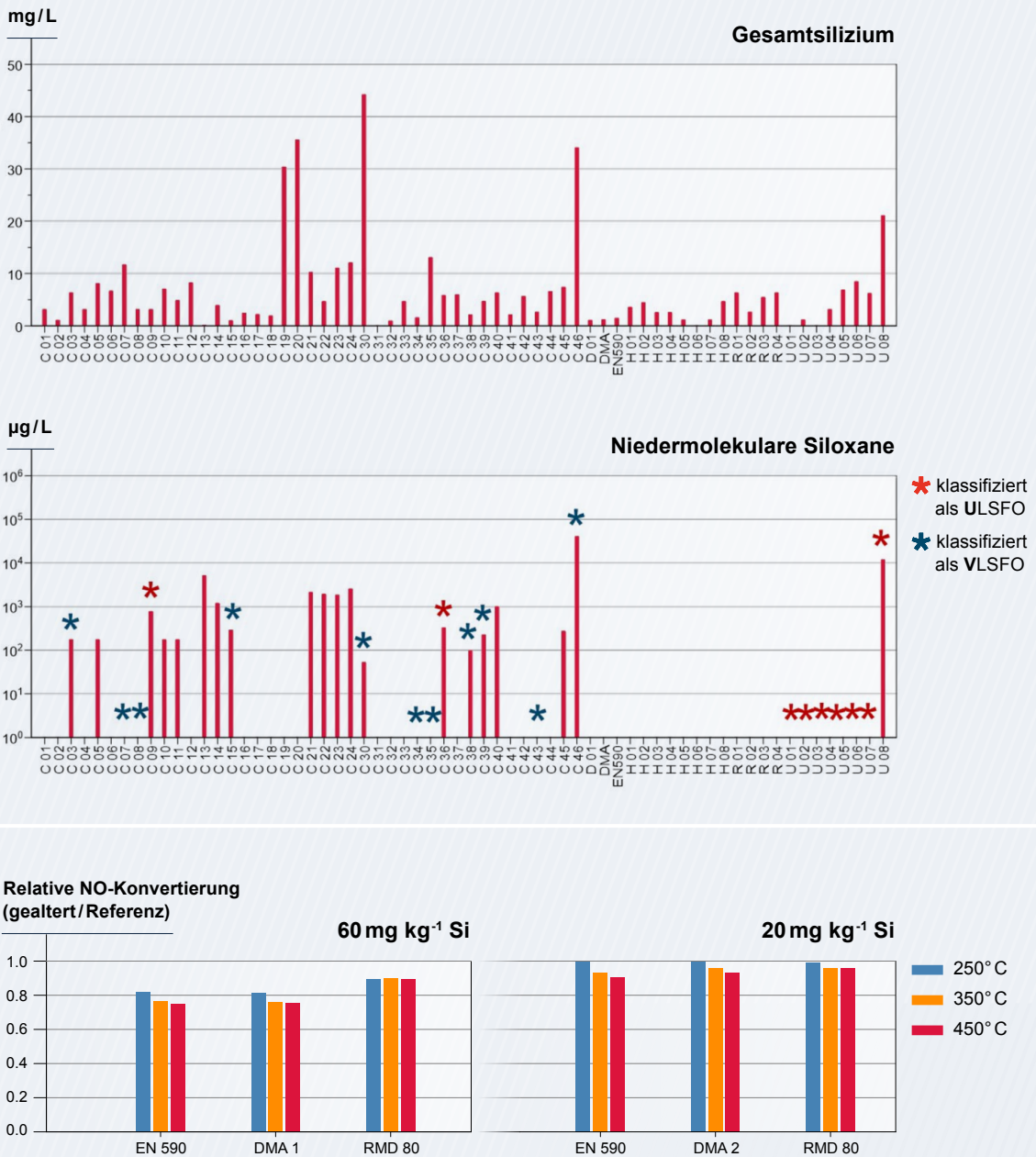


ABBILDUNG 4

Analysenergebnisse Kraftstoffproben: Gehalte an Gesamtsilizium und an niedermolekularen Siloxanen ( $\sum D_4, D_5, D_6, L_4, L_5$ ) in marinen Kraftstoffproben [OBEN] und Versuchsergebnisse Kraftstoffbrennerprüfstand: SCR-Katalysatordeaktivierung durch schwefelarme Kraftstoffe (0,1 % S) dotiert mit organischen Siliziumverbindungen [UNTEN] // IÖNC | ivb



Erkenntnisse über das Phänomen vor. Im Rahmen des Projekts wurden mehrere Schiffskraftstoffe auf eine Kontamination mit verschiedenen Siliziumverbindungen untersucht und die Auswirkungen dieser Verbindungen auf SCR-Katalysatoren ermittelt [ABBILDUNG 4]. »Bei der chemischen Analyse von 64 Schiffskraftstoffen konnten wir bei 30 Prozent der Proben Siloxane, das sind chemische Verbindungen mit Silizium, in einer Konzentration zwischen 0,052 und 40 mg/l nachweisen. Dabei haben wir keine Korrelation zwischen der Siloxankonzentration und dem Gesamtsiliziumgehalt im Kraftstoff festgestellt«, sagte Kolb. Am Kraftstoffbrennerprüfstand führten die siloxandotierten Kraftstoffe durch die Bildung einer Siliziumdioxidschicht auf der Oberfläche des Monolithen zu einer schnellen Deaktivierung des Katalysators. »Selbst niedrige Siloxankonzentrationen im Kraftstoff bewirkten einen messbaren Verlust der SCR-Aktivität. Dieser Vorgang scheint unabhängig von der chemischen Struktur der organischen Siliziumverbindung abzulaufen. Einzig die Gesamtkonzentration der organischen Siliziumverbindungen im Kraftstoff ist maßgebend für den Grad der Katalysatordeaktivierung«, erklärte Wesemann. Unterschiede im Rückgang der

SCR-Aktivität traten bei der Verwendung unterschiedlicher Brennstoffe auf. »Bei Verbrennung von Destillatkraftstoffen führten organische Siliziumverbindungen zu einer stärkeren Deaktivierung als bei der Verbrennung von rückstandsöhlhaltigen Brennstoffen«, erläuterte Wesemann. Als Maßnahmen zur Verhinderung der Siliziumdioxidablagerungen auf dem Katalysator bleiben entweder, Kraftstoffe ohne siliziumorganische Verbindungen als Entschäumer in der Raffination zu verwenden, die Katalysatoren entsprechend zu dimensionieren, um die Toleranz gegenüber solchen Katalysatorgiften zu erhöhen, oder weltweit verbindliche Grenzwerte für die Konzentration organischer Siliziumverbindungen in ULSFO festzulegen. Die hierfür erforderliche chemische Analytik wurde im Projekt entwickelt. //

Rund **300** Teilnehmerinnen und Teilnehmer  
beteiligten sich an regen Diskussionen

Insgesamt **31 Projekte** zu technologisch-wissenschaftlichen  
Grundlagen für Klimaneutralität und Zero-Impact-Emissionen  
in nachhaltigen Energiewandlungssystemen wurden vorgestellt

Am **30. März 2023** findet der  
nächste Transfer + Networking Event statt

# Wir halten die **Zukunft** offen

Insgesamt rund 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmer von Unternehmen, Forschungsstellen und Verbänden informierten sich in Würzburg über neueste Ergebnisse laufender und kürzlich abgeschlossener FVV-Forschungsprojekte. Das große Interesse und rege Diskussionen im Anschluss an die Vorträge zeigten, dass die dargestellten Forschungsinhalte von großer Relevanz für die Entwicklung sparsamer und sauberer Energieanlagen und Antriebssysteme sind. Ein besonderen Stellenwert hat dabei der pragmatische, neutrale Ansatz der FVV-Forschung, der das Potenzial einer Technologie zur Problemlösung in den Vordergrund stellt.

Um auch den künftigen Anforderungen an die Forschung gerecht zu werden, hat die FVV in den vergangenen Monaten das Forschungsportfolio und die Forschungsgruppen neu strukturiert. Die von der FVV organisierte vorwettbewerbliche Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) schafft damit das Fundament für die Entwicklung noch umweltverträglicherer und ressourcenschonenderer Motoren, Hybridantriebe, Turbinen, Kompressoren, Verdichter und Brennstoffzellen.

Der Erfolg der diesjährigen FVV-Herbsttagung zeigt, dass Live-Tagungsveranstaltungen nach wie vor ein wichtiges Medium zum Informations- und Gedankenaustausch und zur Erweiterung des wissenschaftlichen Netzwerks sind. Die nächste FVV-Transferveranstaltung wird vom 29. bis 31. März 2023 wieder in Würzburg stattfinden.



Siehe auch:  
**The FVV Transfer + Networking  
Event | Frühjahr 2023**  
→ [www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)

Kraftstoffe und Energieträger  
der Zukunft: Transformation des europäischen  
Verkehrssektors // vollständige Projektdaten ab S. 20

PROJEKT 1452 · FVV-Kraftstoffstudien · Ergänzungsstudie IVb  
SCHWERPUNKT Orientierungsstudie EXPERTENGRUPPEN Vorstand,  
Nachhaltige Antriebssysteme ANWENDUNGEN Pkw, Transporter, Lkw



# Keynote: Wie schnell geht **nachhaltig**?

Diversität ist auch in der Wissenschaft essentiell, damit wir Zukunft nicht nur offen denken, sondern auch effizient und nachhaltig ermöglichen können. Technologieverbote sind dabei kritisch zu betrachten, da sie den Wandel hin zu CO<sub>2</sub>-neutralen Antrieben eher verzögern als beschleunigen. Wie man so früh wie möglich Treibhausgasneutralität im europäischen Verkehrssektor erreichen und dabei Hochlaufpotenziale einzelner Technologiepfade berücksichtigen kann, hat eine weitere Studie der FVV zu zukünftigen Kraftstoffen analysiert.

## FVV stellt weitere Thesen zur Klimaneutralität des europäischen Verkehrssektors vor

Die europäische Automobilindustrie steht vor vielen Herausforderungen – steigende Energiepreise, Rohstoffknappheit und Unterbrechungen von Lieferketten, um nur einige zu nennen – und die Zukunft ist mehr als ungewiss. Ist es vor diesem Hintergrund klug, »alles auf eine Karte zu setzen«? Bräuchte eine stärkere Diversifizierung nicht Vorteile mit Blick auf die Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zukünftiger Antriebstechnologien?

Diesen Fragen ging eine im Oktober 2021 veröffentlichte, umfassende Studie zur **»Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter«** nach. Die Ergebnisse einer Ergänzungsstudie wurden nun in Würzburg auf der Herbsttagung der FVV vorgestellt.

Sie enthält vier wichtige Merkmale:

- » Stärkere Fokussierung auf den Straßensektor
- » Hinzunahme neuer Kombinationen aus Antrieb und treibhausgasneutralen Energieträgern (Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge und Methanol-to-Gasoline-Drop-in-Kraftstoff)
- » Berücksichtigung des technischen Ausbaupotenzials defossiler Transformationspfade für den europäischen Straßenverkehr (EU27+UK)
- » Betrachtung eines Technologiemixes, der den Weg zur Treibhausgasneutralität bestmöglich unterstützt

Insbesondere werden in der Ergänzungsstudie die erreichbaren »Ramp-ups« neuer Fahrzeugtechnologien, die Stromerzeugungs- und -verteilungsinfrastruktur sowie die Rohstoffversorgung auf quantitativer Basis berücksichtigt. Das Hochlaufpotenzial defossiler Transformationspfade ist von großer Bedeutung, um das verbleibende theoretische THG-Budget einzuhalten, das für Europa gemäß den Pariser Klimazielen angenommen wird.

Der neue modellbasierte Optimierungs- und Analyserahmen, der in dieser Studie zur Anwendung kommt, befasst sich ausdrücklich mit der Frage, wie die kumulierten THG-Emissionen im Straßensektor der EU27+UK minimiert werden könnten. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Mix aus kohlenstoffneutralen Transformationspfaden den Übergang zur Treibhausgasneutralität im Vergleich zu Szenarien mit einer einzigen Technologieoption deutlich beschleunigen kann. Ein Technologiemix reduziert somit die kumulierten Treibhausgasemissionen im Laufe der Zeit erheblich.

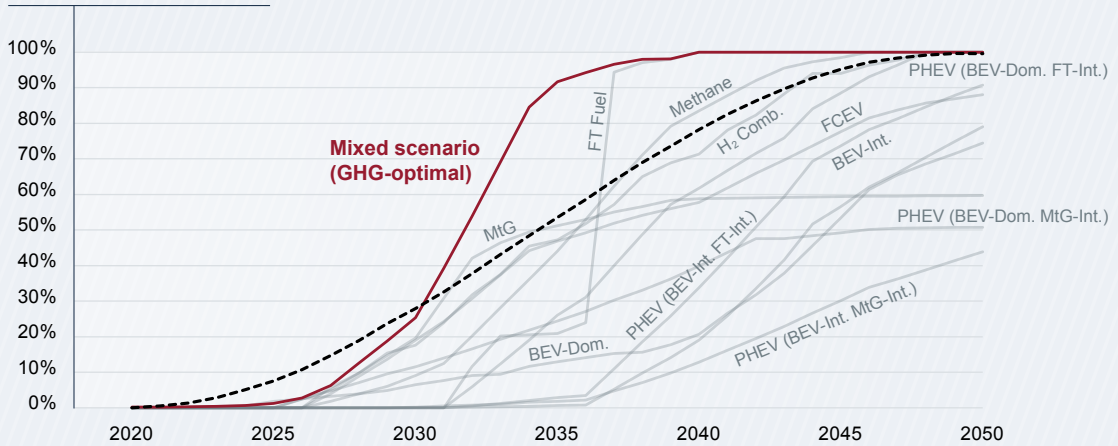
### Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- › Ein Mix aus THG-neutralen Energieträgern bzw. Fahrzeug-Antriebspfaden kann den Übergang zur THG-Neutralität für den Straßenverkehrssektor der EU27+UK beschleunigen: Die Studie zeigt, dass alle THG-neutralen Antriebspfade mit technischen Engpässen (»Bottlenecks«) verschiedener Art konfrontiert sind, die den maximalen Hochlauf für jede einzelne THG-neutrale Technologie einschränken.

Ein Technologiemix kann daher den Hochlauf THG-neutraler Fahrzeug-Antriebe erheblich beschleunigen [ABBILDUNG 5+6]. Eine Kombination von Antriebstechnologien könnte somit die kumulierten Treibhausgasemissionen erheblich reduzieren: Beispielsweise führt ein Szenario, das sich auf batterieelektrische Fahrzeuge (mit europäischer Energieversorgung) als einzige verfügbare THG-neutrale Antriebstechnologie konzentriert, zu 39 Prozent höheren kumulierten THG-Emissionen bis 2050 im Vergleich zu einem Mix aus THG-neutralen Antriebstechnologien. Weiterhin wird bei Konzentration auf BEV als einzige verfügbare THG-neutrale Antriebstechnologie nur eine Defossilisierungsrate von 76 Prozent des EU27+UK-Fahrzeugbestands bis 2050 erreicht. Demgegenüber ermöglicht das THG-optimierte Technologiemix-Szenario bereits bis zum Jahr 2039 Klimaneutralität (100 Prozent Defossilisierungsrate).

- › Entscheidend für die Minimierung der THG-Emissionen ist der schnellstmögliche Ausstieg aus fossilen Energieträgern – Infrastruktur- und Rohstoffengpässe müssen schnell behoben werden: Um die THG-Emissionen im Straßenverkehrssektor der EU27+UK zu minimieren, müssen Infrastruktur- und Rohstoffengpässe schnell behoben werden. Dies gilt insbesondere für den notwendigen Hochlauf der benötigten Infrastruktur für alternative Antriebsarten und die Verfügbarkeit von Materialien für die verschiedenen Technologien.

**Share of final energy demand (TtW)  
for carbon-neutral vehicles**

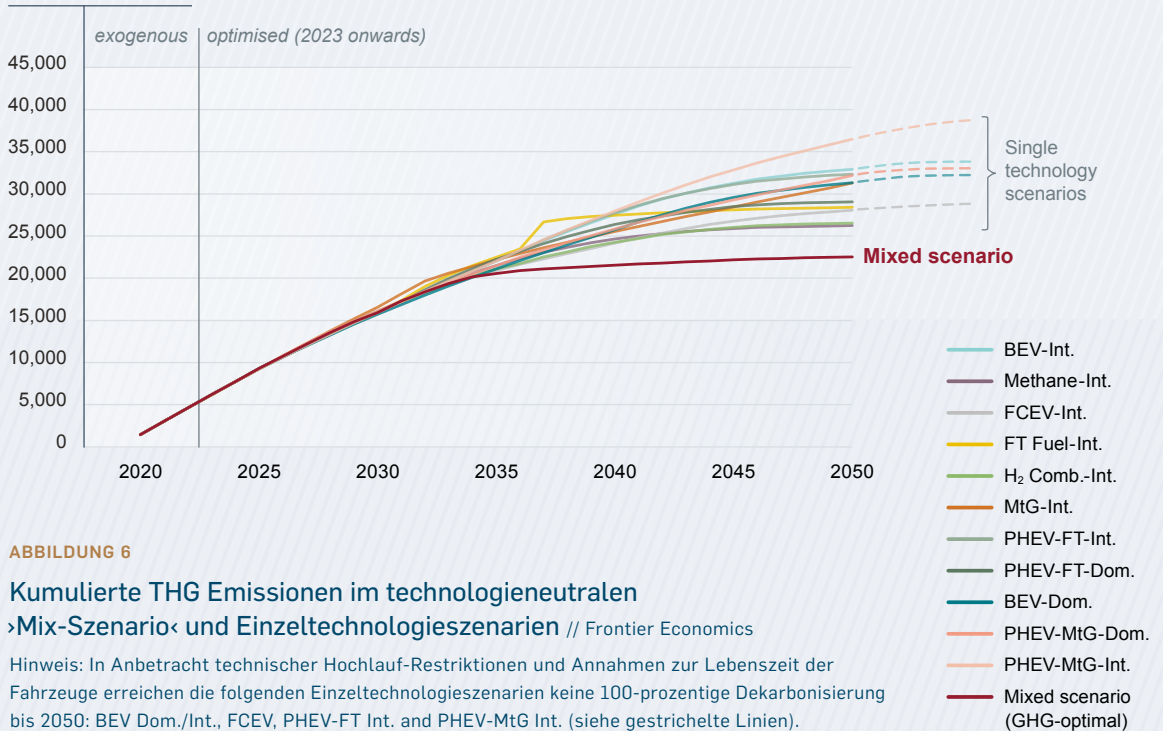


**ABBILDUNG 5**

Anteil THG-neutraler TtW Energiebedarf im THG-optimal  
technologieneutralen Mix-Szenario; Einzeltechnologieszzenarien  
in grau hinterlegt // Frontier Economics

- Reference ramp-up (FS IV)
- Mixed scenario (GHG-optimal)

**Million tons CO<sub>2</sub>eq**



**ABBILDUNG 6**

Kumulierte THG Emissionen im technologieneutralen  
»Mix-Szenario« und Einzeltechnologieszzenarien // Frontier Economics

Hinweis: In Anbetracht technischer Hochlauf-Restriktionen und Annahmen zur Lebenszeit der Fahrzeuge erreichen die folgenden Einzeltechnologieszzenarien keine 100-prozentige Dekarbonisierung bis 2050: BEV Dom./Int., FCEV, PHEV-FT Int. and PHEV-MtG Int. (siehe gestrichelte Linien).

- BEV-Int.
- Methane-Int.
- FCEV-Int.
- FT Fuel-Int.
- H<sub>2</sub> Comb.-Int.
- MtG-Int.
- PHEV-FT-Int.
- PHEV-FT-Dom.
- BEV-Dom.
- PHEV-MtG-Dom.
- PHEV-MtG-Int.
- Mixed scenario (GHG-optimal)

› **E-Fuels bieten eine einzigartige technologische Option für den klimaneutralen Betrieb der Bestandsflotte:** Rückwärtskompatible Kraftstoffe wie synthetisches Benzin und synthetischer Diesel (z. B. über Methanol-to-Gasoline- und Fischer-Tropsch-Herstellungspfade) ermöglichen eine schnelle Defossilisierung der bestehenden Flotte, sobald diese in großem Maßstab verfügbar sind. Trotz der langen Vorlaufzeiten und Planungshorizonte für die Errichtung der notwendigen Synthesenanlagen können E-Fuels daher die THG-Reduktion deutlich beschleunigen.

› **Ein Verbot von Verbrennungsmotoren ab 2035 würde zu höheren THG-Emissionen führen als nötig:** Zwar ließe sich eine Defossilisierung des Straßenverkehrssektors der EU27+UK in der vorliegenden Modellierung ohne Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor erreichen, doch würde dies die kumulierten THG-Emissionen und kumulierten Gesamtkosten bis 2050 gegenüber dem technologieneutralen Mix-Szenario erhöhen. Ein Verbot von Verbrennungsmotoren verstärkt die Abhängigkeiten gegenüber kritischen technischen Hochläufen der notwendigen Infrastruktur für alternative Antriebstechnologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Es schränkt zudem die Möglichkeit ein, die weitere Defossilisierung der Fahrzeug-Flotte durch den Einsatz kompatibler synthetischer Energieträger (E-Benzin, E-Diesel) in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zu beschleunigen.<sup>1</sup>

› **Die Umstellung des Lastkraftverkehrs und schwerer Nutzfahrzeuge auf THG-neutrale Antriebe ist ein wichtiger Hebel, um erhebliche Emissionseinsparungen zu realisieren:** Während der Lastkraftverkehr und schwere Nutzfahrzeuge nur ca. 2 Prozent des Fahrzeugbestands in der EU27+UK ausmachen, sind sie für ca. 45 Prozent des heutigen Gesamtkraftstoffverbrauchs im europäischen Straßenverkehrssektor verantwortlich.<sup>2</sup> Sie bergen damit enormes Potenzial für die Einsparung von Treibhausgasemissionen bei Umstellung auf THG-neutrale Antriebe. //

<sup>1</sup> Wir stellen fest, dass es in den in dieser Studie betrachteten Szenarien für das Verbot von Verbrennungsmotoren immer noch möglich ist, die bereits zugelassene Bestandsflotte bis zum Ende ihrer Lebensdauer mit E-Fuels zu betreiben. Im Gegensatz dazu können Neufahrzeuge, die nach einem effektiven Verbrenner-Verbot (d. h. im Jahr 2035) zugelassen werden, nicht mit E-Kraftstoffen betrieben werden und sind daher auf Technologiepfade ohne Verbrennungsmotoren angewiesen. Auch wenn dieser Ansatz im Rahmen des derzeitigen EU-Pakets »Fit for 55« unrealistisch erscheint, entspricht er unserer allgemeinen Annahme in dieser Studie, die von idealen finanziellen und rechtlichen Bedingungen für alle verfügbaren Antriebstechnologien ausgeht. Siehe auch Council of the EU (2022), »Fit for 55 package: Council reaches general approaches relating to emissions reductions and their social impacts«, <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/29/fit-for-55-council-reaches-general-approaches-relating-to-emissions-reductions-and-removals-and-their-social-impacts/> (zuletzt abgerufen: 08.09.2022)

<sup>2</sup> Analyse von Frontier auf Basis von ACEA-Daten. Siehe auch ACEA (2022), »Vehicles in use Europe 2022«, <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf> (zuletzt abgerufen: 08.09.2022)



Siehe auch:  
**Weiterführende Informationen  
in der Science Story**  
»Wie schnell geht nachhaltig?«  
→ [www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)



DR.-ING. ULRICH KRAMER

Unsere Modellierung wagt den Blick in die Zukunft und zeigt, was technologisch möglich und mit Blick auf das Ziel sinnvoll wäre. Sie ist aber keine Prognose. // FVV





Tagungsband R 603  
The FVV Transfer + Networking Event | Herbst 2022  
→ [www.themis-wissen.de](http://www.themis-wissen.de)

NR	THEMA FÖRDERGEBER	FORSCHUNGSSTELLEN PROJEKTLLEITUNG	TAGUNGSBAND ABSCHLUSSBERICHT
1273	<b>Radialturbinentemperaturfeld II:</b> Temperaturfeld am Radrücken eines Radialturbinenrades > BMWK/AiF	> Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Wirsum (IKDG, RWTH Aachen) > Dr.-Ing. Tom Heuer (BorgWarner Systems Engineering GmbH)	> R603 (S. 889–936) > H1305 (2022)
1308	<b>Bidirektionale aeromechanische Kopplung I:</b> Analyse nichtlinearer aeroelastischer Wechselwirkungen beim Flattern gekoppelter Turbinenschaufeln > DFG, FVV	> Prof. Dr.-Ing. Malte Krack (ILA, Universität Stuttgart) Prof. Dr.-Ing. Reinhard Mönig (DLR-AT) > Dr. Andreas Hartung (MTU Aero Engines AG)	> R603 (S. 801–821)
1312	<b>48V-Mild-Hybrid mit teilhomogener Dieselerverbrennung:</b> Optimierung der Abgas- und Geräuschemissionen eines 48V-Mild-Hybrid (MHEV) Motors mit teilhomogener Dieselerverbrennung > BMWK/AiF/CORNET, FVV	> Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende & Prof. Dr.-Ing. Hans-Christian Reuss (IFS, Universität Stuttgart) > Dr. Achim Lechmann (IAV GmbH)	> R603 (S. 468–493) > H1299 (2022)
1325	<b>Absicherung Rissverhalten Mehrachsrig (ARIMA):</b> Absicherung, Entwicklung und Anwendung von Bewertungsverfahren des Rissverhaltens unter mehrachsigen bauteilnahen Beanspruchungssituationen > BMWK/AiF	> Prof. Dr. Karsten Buse (Fraunhofer-IPM) Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner (MPA-IfW, TU Darmstadt) > Dr.-Ing. Andreas Fischersworing-Bunk (MTU Aero Engines AG)	> R603 (S. 739–773) > H1303 (2022)
1326	<b>Relaxationsverhalten II:</b> Revisionskonzepte für hochtemperaturbeanspruchte Flansch- und Schraubenverbindungen im flexiblen Anlagenbetrieb > BMWK/AiF	> Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner (MPA-IfW, TU Darmstadt) > Dr.-Ing. Martin Reigl (GE Power AG)	> R603 (S. 594–627) > H1304 (2022)
1329	<b>Berechnungsmethoden HT-Schwellenwert:</b> Rechnerische Methoden zur Bewertung des Schwellenwert- und Ausbreitungsverhaltens physikalisch kurzer Risse bei hohen Temperaturen am Beispiel einer additiv und konventionell gefertigten Nickellegierung > BMWK/AiF	> Prof. Dr. rer. nat. Peter Gumbsch (Fraunhofer-IWM) Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner (MPA-IfW, TU Darmstadt) > Dipl.-Ing. Frank Vöse (MTU Aero Engines AG)	> R603 (S. 704–738) > H1302 (2022)
1337	<b>Umfangsinhomogene Radialverdichterströmung:</b> Numerische Untersuchung der Radialverdichterströmung unter Einfluss der durch das Spiralgehäuse induzierten umfangsinhomogenen Druckverteilung > BMWK/AiF	> Prof. Dr.-Ing. Peter Jeschke (IST, RWTH Aachen) > Dr.-Ing. Thomas Hildebrandt (NUMECA Ingenieurbüro)	> R603 (S. 937–962)
1339	<b>Kalibrierung und Validierung selbstlernender Systemregelungen:</b> Das Ziel des Forschungsprojekts ist es, mit Hilfe modernster maschineller Lerntechniken, insbesondere des Verstärkungslernens, Systemsteuerungen für Hybridantriebe zu implementieren > FVV	> Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gundolf Haase (IMSC, Universität Graz) > Dipl.-Ing. Dr. techn. Prof. h.c. Peter Prenninger (AVL List GmbH)	> R603 (S. 435–467)
1341	<b>Einfluss neuer siliziumhaltiger Kraftstoffe auf Abgasnachbehandlungskomponenten:</b> Risikominimierung bezüglich dramatischer Desaktivierung von SCR-Katalysatoren und Sensoren durch Einsatz der neuen Ultra Low Sulfur Fuel Oil (ULSFO) Kraftstoffe in marinen Anwendungen > FVV	> Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts (ivb, TU Braunschweig) Prof. Dr. agr. Robert Kreuzig (IONC, TU Braunschweig) > Dipl.-Ing. Peter Lauer (MAN Energy Solutions SE)	> R603 (S. 400–434) > H1301 (2022)
1342	<b>Sensorkonzept für E-Kraftstoffe:</b> Entwicklung eines Sensorkonzepts für synthetische Kraftstoffe > FVV	> Prof. Dr.-Ing. Jakob Albert (TMC, Uni Hamburg) Prof. Dr.-Ing. Markus Jakob (HaW Coburg) Dr. Olaf Schröder (HS Coburg) > Dr. Bernd Becker (IAV GmbH)	> R603 (S. 543–556)
1343	<b>Spraymodell für direkteinspritzende Ottomotoren:</b> Quasi-dimensionales Spraymodell und Luft-/Kraftstoff-Verteilung von Ottokraftstoffen unter Flash Boiling-Bedingungen > FVV	> Prof. Dr.-Ing. Georgios Bikas (IFZN, TH Nürnberg) Prof. Dr.-Ing. Michael (IFS, Universität Stuttgart) > Dr.-Ing. Christian Jörg (Hitachi Automotive Systems Europe)	> R603 (S. 206–240) > H1312 (2022)

NR	THEMA FÖRDERGEBER	FORSCHUNGSSTELLEN PROJEKTL EITUNG	TAGUNGSBAND ABSCHLUSSBERICHT
1346	<p><b>Potentiale von Luftpfadvariabilitäten am Nfz-Gasmotor:</b> Potenziale von Luftpfadvariabilitäten für zukünftige Nfz-Gas-Motoren zur Effizienzsteigerung und Emissionsabsenkung</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts (ivb, TU Braunschweig)</p> <p>&gt; Dipl.-Ing. Dirk Weberskirch (MAN Truck &amp; Bus SE)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 73–108)</p> <p>&gt; H1306 (2022)</p>
1348	<p><b>Kraftstoffzusammensetzung zur CO<sub>2</sub> Reduktion:</b> Wie können neue Generationen von Kraftstoffen und deren Zusammensetzung systematisch dazu beitragen, den Wirkungsgrad zu verbessern und die Emissionen für eine nachhaltige Mobilität zu reduzieren?</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger (tme, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Fabian Mauß (TDTVT, BTU Cottbus-Senftenberg)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Heinz Pitsch (ITV, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Alexander Heufer (PCFC, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Koji Kitano (Toyota Motor Corporation)</p> <p>&gt; Terutoshi Tomoda (Toyota Motor Corporation)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 557–593)</p> <p>&gt; H1308 (2022)</p>
1352	<p><b>PremixedDiesel:</b> Partiiell vorgemischte Dieselmotorenverfahren mit Mehrfacheinspritzungen</p> <p>&gt; BMWK/AiF/CORNET, FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart)</p> <p>&gt; Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos (LAV, ETH Zürich)</p> <p>&gt; Dr. Simon Schneider (MAHLE International GmbH)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 109–137)</p>
1357	<p><b>Gemischhomogenisierung Otto II:</b> Modellierung des Inhomogenitätsgrades und der Rohemissionsbildung im verbrannten Gemisch bei homogenen und insbesondere homogen-mageren Ottomotoren</p> <p>&gt; BMWK/AiF</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger (tme, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart)</p> <p>&gt; Dipl.-Ing. Marc Sens (IAV GmbH)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 278–313)</p>
1358	<p><b>Dynamik von Drall- und Strahlflammen:</b> Vorhersage der Flammentransferfunktionen von Drall- und Strahlflammen</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Christian Paschereit (ISTA, TU Berlin)</p> <p>&gt; Prof. Ph.D. Wolfgang Polifke (TFD, TU München)</p> <p>&gt; Dr. Lukasz Panek (Siemens Energy Global GmbH &amp; Co. KG)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 774–800)</p>
1367	<p><b>Wassereinspritzung bei Ottomotoren II:</b> Bewertung des Potentials und der Risiken der Wassereinspritzung zur Steigerung des Wirkungsgrades und der Last bei Ottomotoren</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Fabian Mauß (TDTVT, BTU Cottbus-Senftenberg)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Bernd Wiedemann (FZA, TU Berlin)</p> <p>&gt; Dr.-Ing. André Casal Kulzer (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 39–72)</p> <p>&gt; H1311 (2022)</p>
1368	<p><b>Innovative HD Brennverfahrensauslegung:</b> Innovative Nfz-Diesel-Brennverfahrensauslegung mittels des 3D-Druckverfahrens</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch (IFKM, KIT Karlsruhe)</p> <p>&gt; Prof. Roland Lachmayer (IPEK, Leibniz Universität Hannover)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Christian Hasse (STFS, TU Darmstadt)</p> <p>&gt; Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Reza Rezaei (IAV GmbH)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 365–399)</p>
1369	<p><b>Störgeräusche im Fahrzeuginnenraum mit elektrifizierten Antrieben:</b> Kenngrößen zur Quantifizierung der Lästigkeit von Störgeräuschen im Innenraum von Fahrzeugen mit elektrifiziertem Antrieb</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger (tme, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Prof. Dr. Jesko Verhey (EXA, OVGU Magdeburg)</p> <p>&gt; Dr. Stefan Heuer (MAN Truck &amp; Bus SE)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 494–528)</p>
1370	<p><b>Schnelle Vorhersage von klopfenden Verbrennungen in Ottomotoren:</b> Schnelles und robustes Simulationswerkzeug zur Vorhersage von klopfenden Verbrennungen für Ottomotoren</p> <p>&gt; FVV</p>	<p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger (tme, RWTH Aachen)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart)</p> <p>&gt; Dr.-Ing. Michael Fischer (Tenneco GmbH)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 241–277)</p> <p>&gt; H1296 (2022)</p>
1373	<p><b>Dynamik von ATL-Rotoren mit gekoppelter Lagerung:</b> Transiente Simulation der nichtlinearen Dynamik von Abgasturbolader-Rotoren unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Radial- und Axialgleitlagern über das Ölversorgungssystem</p> <p>&gt; BMWK/AiF</p>	<p>&gt; Jun.-Prof. Dr.-Ing. Elmar Woschke (IFME-FSK, OVGU Magdeburg)</p> <p>&gt; Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan (IFME, OVGU Magdeburg)</p> <p>&gt; Dipl.-Ing. Thomas Klümpel (Turbo Systems Switzerland Ltd.)</p>	<p>&gt; R 603 (S. 822–853)</p> <p>&gt; H1292 (2022)</p>



NR	THEMA FÖRDERGEBER	FORSCHUNGSSTELLEN PROJEKTLEITUNG	TAGUNGSBAND ABSCHLUSSBERICHT
1376	<b>Rotordynamik-Gehäusemodelle und Model-Update:</b> Entwicklung nichtlinearer Gehäusemodelle und mehrstufiger Model Updating-Strategien für verbesserte rotordynamische Gesamtmodelle > BMWK/AiF	> Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume (TFD, Leibniz Universität Hannover) > Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek (IDS, Leibniz Universität Hannover) > Dr.-Ing. Joachim Schmied (Delta JS AG)	> R603 (S. 854–888) > H1317 (2022)
1380	<b>Probabilistischer Lebensdauermodellvergleich – Kriechermüdung:</b> Anwendung und Vergleich von Modellen zur Lebensdaueranalyse von Hochtemperaturbauteilen unter Kriechermüdung auf Basis fortschrittlicher probabilistischer Methoden > AVIF	> Prof. Dr. Hanno Gottschalk (Stochastik, Universität Wuppertal) > Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner (MPA-IfW, TU Darmstadt) > Dipl.-Ing. Henning Almstedt (Siemens Energy Global GmbH & Co. KG)	> R603 (S. 628–660)
1385	<b>ATL für Magerkonzepte:</b> Einstufiges Aufladesystem für Ottomotoren mit $\lambda = 2$ im WLTC-Kennfeldbereich > FVV	> Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts (ivb, TU Braunschweig) > Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume (TFD, TU Braunschweig) > Dipl.-Ing. Marc Sens (IAV GmbH)	> R603 (S. 05–38) > H1298 (2022)
1393	<b>Festigkeitsnachweis Reibdauerermüdung:</b> Erweiterung des Berechnungskonzepts für die Reibdauerermüdung auf Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffe > BMWK/AiF, FVV	> Prof. Dr. sc. Alexander Hasse (IKAT, TU Chemnitz) > Dr.-Ing. Reiner Böschen (Rolls-Royce Solutions GmbH)	> R603 (S. 342–364)
1394	<b>Vorentflammungsmodell Gasmotoren:</b> Phänomenologische Modellierung von Vorentflammung in Gasmotoren > BMWK/AiF/CORNET, FVV	> Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende (IFS, Universität Stuttgart) > Prof. Dr. Kai Herrmann (ITFE, FH Nordwestschweiz) > Dr.-Ing. Markus Wenig (Winterthur Gas & Diesel Ltd.)	> R603 (S. 314–341)
1396	<b>Fuel Oil Flow Measurement:</b> Öltransport in der Kolbengruppe von Verbrennungsmotoren mit Glasliner – neue optische Verfahren und Ölemission > BMWK/AiF/CORNET	> Prof. Dr.-Ing. Gerhard Matz (IAM-Hamburg e.V.) > Prof. Dr. Akihiko Azetsu (Tokai University) > Prof. Dr. Malte Jaensch (NMA, TU München) > Prof. Yuji Mihara (Tokyo City University) > Dr. Motoichi Murakami (Toyota Motor Corporation) > Dr.-Ing. Marcus Gohl (APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH)	> R603 (S. 138–171) > H1318 (2022)
1404	<b>Simulation Schädigungsverhalten – Validierungsversuche und Lebensdauerberechnungen:</b> Bauteilversuche zur Validierung von Berechnungsmethoden zur Lebensdauer vorhersage von Aluminiumgussbauteilen unter überlagerter thermomechanischer und hochfrequenter Last > FVV	> Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner (Fraunhofer-ICT) > Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert (HS Offenburg) > Dipl.-Ing. Jan Becker (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG)	> R603 (S. 172–205) > H1316 (2022)
1425	<b>Bidirektionale aeromechanische Kopplung II:</b> Analyse nichtlinearer aeroelastischer Wechselwirkungen bei erzwungenen Schwingungen gekoppelter Turbinenschaufeln > DFG, FVV	> Prof. Dr.-Ing. Malte Krack (ILA, Universität Stuttgart) > Prof. Dr.-Ing. Reinhard Mönig (DLR-AT) > Dr. Andreas Hartung (MTU Aero Engines AG)	> R603 (S. 801–821)
1436	<b>W14-Konzepte / FKM-Richtlinie:</b> Abgesicherte Beschreibung des Hochtemperaturrissoverhaltens innerhalb der FKM-Richtlinie »Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis« > BMWK/AiF	> Prof. Dr.-Ing. Stefan Weihe (MPA, Universität Stuttgart) > Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner (MPA-IfW, TU Darmstadt) > Dr.-Ing. Shilun Sheng (Siemens Energy AG)	> R603 (S. 661–703) > H1314 (2022)
1452	<b>FVV-Kraftstoffstudien:</b> Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter – Teil IVb > FVV	> Dr. David Bothe (Frontier Economics Ltd.) > Frank Dünnebeil (ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) > Dr.-Ing. Ulrich Kramer (Ford-Werke GmbH)	> R603 (S. 529–542) > H1313 (2022)





## Neues Forschungsprogramm

Im Innovations- + Transfernetzwerk der FVV steckt viel Bewegung, Zukunft, Verantwortung, Power: Aus vorwettbewerblicher, grundlagenorientierter Forschung entstehen nachhaltige, umweltschonende und klimaeffektive Technologielösungen.

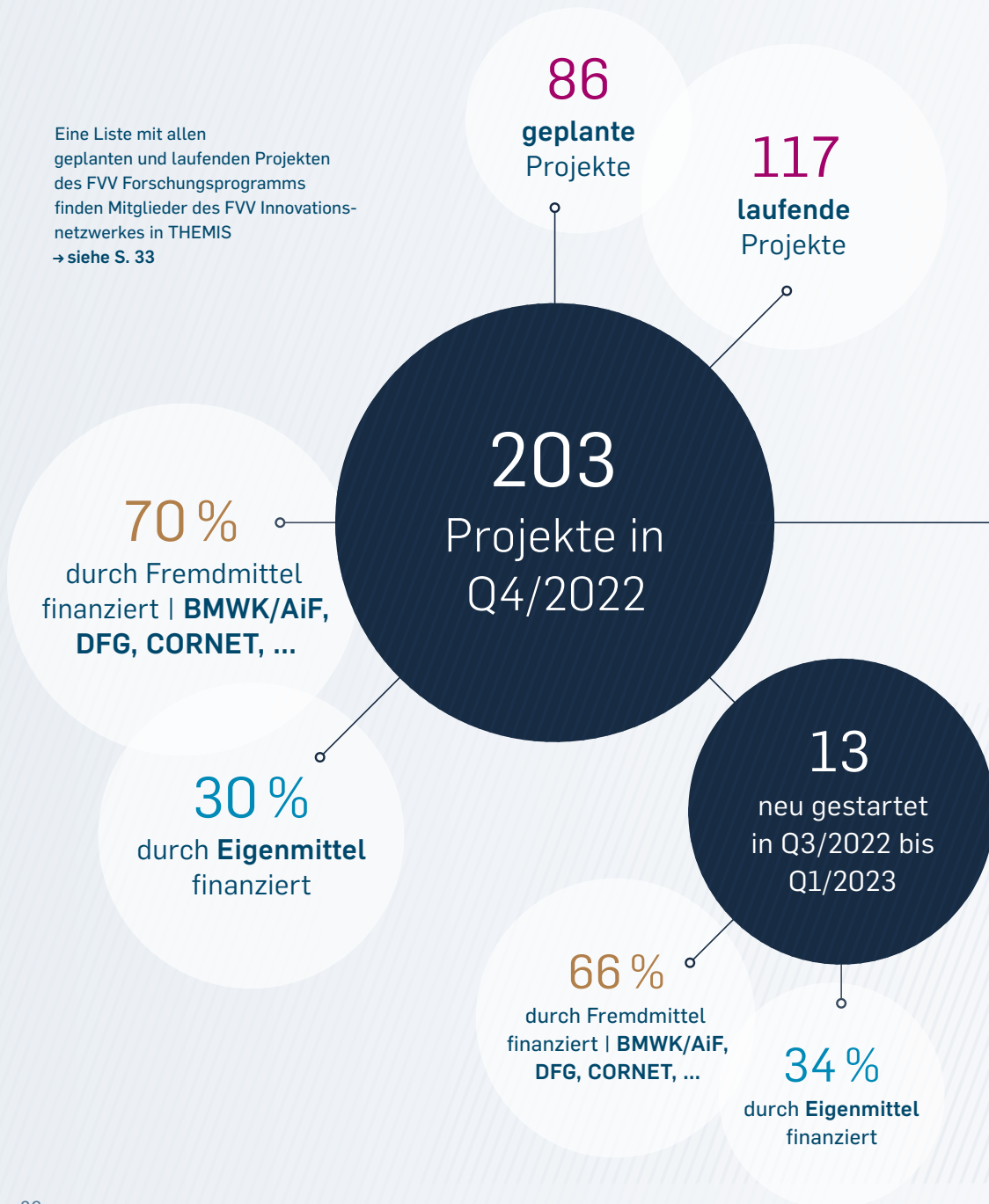
Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) ist vorwettbewerblich, zukunftsgerichtet und themenoffen. Die vorwettbewerbliche Forschung der FVV ermöglicht Unternehmen, gemeinsame Technologieprobleme und Fragestellungen etwa zu Effizienz, Lebenszyklen, Materialien und Kreislaufwirtschaft auf System- und Komponentenebene wissenschaftlich fundiert zu lösen.

Die FVV ist im Unterschied zu anderen Transfer- und Technologieplattformen ein **›Mitmachverein‹**: Industriennahe Forschung kann nur dann gelingen, wenn sie gemeinsam entwickelt und gestaltet wird. Daher treten am zweiten Tag unseres Transfer- + Networkingevents die Expertengruppen zusammen, um unter der Leitung erfahrener Mitglieder den gemeinsamen Forschungsbedarf zu ermitteln und entsprechend Projekte zu konzipieren.

## Geplante und laufende Projekte // Stand: 01.11.2022

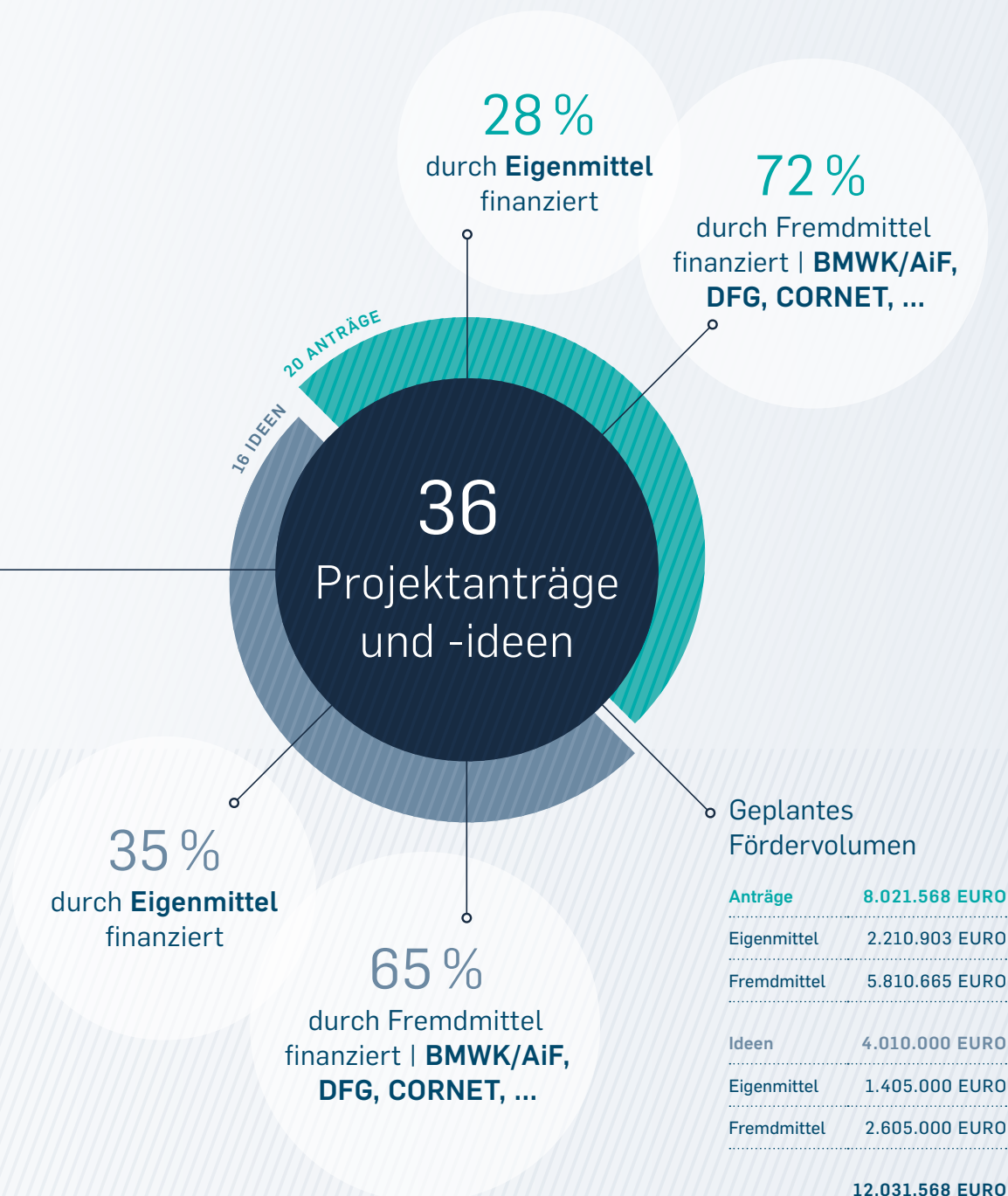
Die vorwettbewerbliche Projektarbeit der FVV ermöglicht es, Grundsatzfragen gemeinsam zu erforschen, auf deren Basis die immer höheren Anforderungen an Materialien, Kraftstoffeffizienz und Umweltverträglichkeit gemeistert werden können. Damit trägt das FVV-Forschungsprogramm auch zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit der Mitgliedsunternehmen bei.

Eine Liste mit allen geplanten und laufenden Projekten des FVV Forschungsprogramms finden Mitglieder des FVV Innovationsnetzwerkes in THEMIS  
→ siehe S. 33



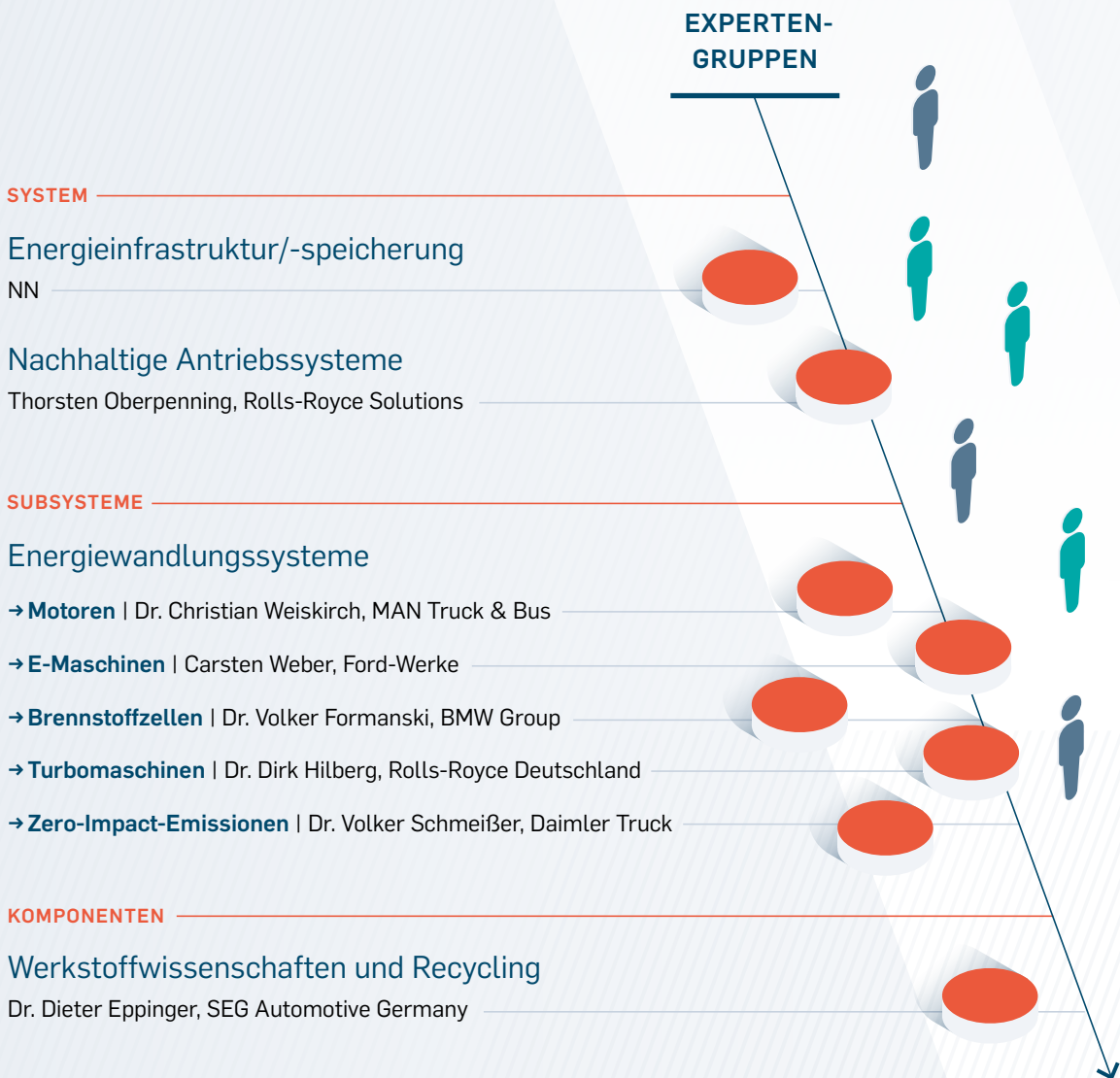
# Neue Projektanträge und -ideen // Stand: 06.10.2022

Im Herbst 2022 standen in den Präsenzmeetings der Expertengruppen in Würzburg sowie im schriftlichen Umlaufverfahren insgesamt 16 neue Projektideen und 20 Projektanträge zur Diskussion. Mit diesem Paket wurde dem Vorstand der FVV ein geplantes Fördervolumen von 12 Mio. Euro zur finalen Freigabe vorgelegt.



## Wissenschaftliche Leitung

Gemeinsam entwickeln wir Ideen für die Zukunft. In den Gruppen treffen sich Expertinnen und Experten aus den Mitgliedsunternehmen, um den gemeinsamen Forschungsbedarf zu ermitteln und entsprechend Projekte zu konzipieren. Der Wissenschaftliche Beirat der FVV ernennt für jede Gruppe Vorsitzende, die die wissenschaftliche Arbeit leiten.



Siehe auch:  
»Make it new – Science for a moving society« (ToR)  
→ [www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)



# Terms of References (ToR)

Die Zuordnung der Forschungsthemen zu den Expertengruppen, die die bisherigen Planungsgruppen ersetzen, erfolgt entlang der Systemkaskade des V-Modells.

## Energieinfrastruktur/-speicherung

Zusammenspiel von Energieträgern und Systemkomponenten, Energieinfrastruktur und externer Speicherung

### SYSTEM

- Chemische Energieträger und alternative Kraftstoffe außerhalb der Anwendung
- Normung → Lebenszyklusanalysen

+ Allgemeine Nachfrage und Verfügbarkeit von Energiequellen/-trägern

+ Produktion, Qualität, Verteilung und Verfügbarkeit von Wasserstoff, eFuels und alternativen Kraftstoffen

+ Normungsthemen zu zukünftigen Energieträgern und verwandten Fragestellungen wie Infrastruktur und Lagerung

+ Ökobilanzierung/Lebenszyklusanalysen

+ Entwicklung von Kooperationsprojekten mit anderen Organisationen im Interesse der FVV-Mitglieder (z. B. Workshop mit der Mineralölwirtschaft/Energieindustrie, ...)

## Nachhaltige Antriebssysteme

Straßen- und Schienenfahrzeuge: klassischer Powertrain (ICEV), teil-/elektrifiziert (PHEV, BEV, FCEV), Triebwerke Luftfahrzeuge, Schiffe, Arbeitsmaschinen, Stromerzeuger

- Energiespeicherung in der Anwendung
- Systemwirkungsgrad → Luftverunreinigung, Erderwärmung, Geräusche, Schall, Strahlen
- E-Maschine zusammen mit Batterie

+ Fragen der Energiespeicherung in den oben genannten Anwendungen

+ Systemeffizienz von Energieumwandlungsprozessen, z. B. Aufladung, Systemsteuerung /-regelung, Sensortechnologien, ...

+ Thermomanagement

+ Zero-Impact-Emissionen, Treibhausgasemissionen (z. B. CO<sub>2</sub>), Lärm, Schall, elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

+ E-Maschine kombiniert mit Batterie / Verbrennungsmotor  
[Schnittstelle zur E-MOTIVE-Plattform]

+ Auswirkungen rechtlicher, sozialer und politischer Anforderungen an zukünftige Antriebssysteme, Kreislaufwirtschaft

+ Entwicklung / Konstruktion von Werkzeugen für z. B. die Systemarchitektur und baugruppenübergreifenden Wechselwirkungen

## Energiewandlungssysteme

Innovative bzw. optimierte Energiewandlungssysteme mit minimalen Umwelteffekten und maximaler Prozesseffizienz

### SUBSYSTEME

#### → Motoren

- + Alle konventionellen Themen der Motorenentwicklung
- + Optimierung und Entwicklung neuer Energiewandlungsprozesse mit Schwerpunkt auf z. B. der Steigerung der Prozesseffizienz künftiger Kraftstoffvarianten (einschließlich der Verwendung von Wasserstoff)
- + Verringerung der Umweltbelastungen
- + Prozessorientierte Anpassung der zugehörigen Komponenten und (Teil-) Baugruppen
- + Auswirkungen der Elektrifizierung auf das Teilsystem ›Motor‹ und seine Aggregate
- + Digitalisierung
- + Entwicklung und Verbesserung der zugehörigen Entwicklungs-/Konstruktionswerkzeuge auf Basis sich ändernder und anpassender Anwendungs-/Teilsystemanforderungen

#### → E-Maschinen [Schnittstelle zur E-MOTIVE-Plattform]

- + Verbesserung der elektromotorischen Eigenschaften in mobilen Anwendungen
- + Elektrische Energiespeichersysteme (Batterie)
- + Leistungselektronik des Elektromotors und des elektrischen Energiespeichersystems
- + Anwendungsorientierte Anpassung der zugehörigen Komponenten und (Teil-) Baugruppen
- + Entwicklung und Verbesserung der zugehörigen Entwicklungswerkzeuge, z. B. Simulationswerkzeugen, Mess- und Prüfverfahren

# Energiewandlungssysteme

Innovative bzw. optimierte Energiewandlungssysteme mit minimalen Umwelteffekten und maximaler Prozesseffizienz

## SUBSYSTEME

### → Brennstoffzellen [Schnittstelle zur E-MOTIVE-Plattform]

- + Alle konventionellen Themen der Brennstoffzellenforschung
- + Luft-/Wasserstoffsystempfad, Medienkonditionierung/-reinigung
- + Thermomanagement in Brennstoffzellensystemen
- + Optimierung von brennstoffzellenspezifischen Komponenten und (Unter-) Baugruppen, z. B. Ionenaustauscher, Kompressoren, ...
- + Forschung zu Materialien unter brennstoffzellenspezifischen Bedingungen und Belastungen, z. B. Bipolarplatten, Membranen, Dichtungen in Bezug auf Stack-Leistung, Lastverhalten, Alterung (Haltbarkeit, Degradation), Befeuchtung, ...
- + Stack-Leistung/ Effizienzverbesserungen, z. B. Performance-Effekte von Bauteil- und Montagetoleranzen
- + Sicherheitsanforderungen und Definitionen
- + Entwicklung konkreter Bewertungsmethoden in Richtung Industriestandards (generisch, ›best practice‹)
- + Technologievergleich PEM, Hochtemperatur-PEM, SOFC
- + Entwicklung und Verbesserung von brennstoffzellen-spezifischen Entwicklungswerkzeugen, z. B. Simulationswerkzeugen, Messmethoden (z. B. Impedanzanalyse)

### → Turbomaschinen

- + Alle konventionellen Themen der Turbomaschinenentwicklung
- + Optimierung der Aerodynamik
- + Optimierung von turbomaschinenspezifischen Bauteilen und (Teil-)Baugruppen
- + Erforschung von Werkstoffen für turbomaschinenspezifische Bedingungen und Belastungen; z. B. Hochtemperaturverhalten, Lastverhalten, Alterung, Schwingungen, Einsatz von Wasserstoff
- + Entwicklung und Verbesserung von turbomaschinen-spezifischen Entwicklungswerkzeugen



## Energiewandlungssysteme

Innovative bzw. optimierte Energiewandlungssysteme mit minimalen Umwelteffekten und maximaler Prozesseffizienz

### SUBSYSTEME

#### → Zero-Impact-Emissionen

- + Abgasnachbehandlungskonzepte, -systeme und -komponenten
- + Alternative Abgasnachbehandlungssysteme, Technologien und Ansätze
- + Auswirkungen des Einsatzes von alternativen Kraftstoffen und Betriebsflüssigkeiten
- + Wechselwirkungen von Abgaskomponenten, primären und sekundären Abgasarten
- + Bewertung von Nicht-Abgasemissionen aller mobilen Anwendungen (inkl. elektrifizierter Antriebe), z. B. Bremsstaub, Reifenabrieb, ...
- + Wechselwirkung Emission & Immission/ Luftqualität
- + Ansätze und Technologien zur Kohlenstoffabscheidung
- + Entwicklung und Verbesserung der entsprechenden Entwicklungswerkzeuge, z. B. Simulationswerkzeugen, Mess- und Bewertungsmethoden

## Werkstoffwissenschaften und Recycling

Klassische Werkstoffthemen in Verbindung mit neuen Energieträgern, Produktionsmethoden und recycelten Materialien

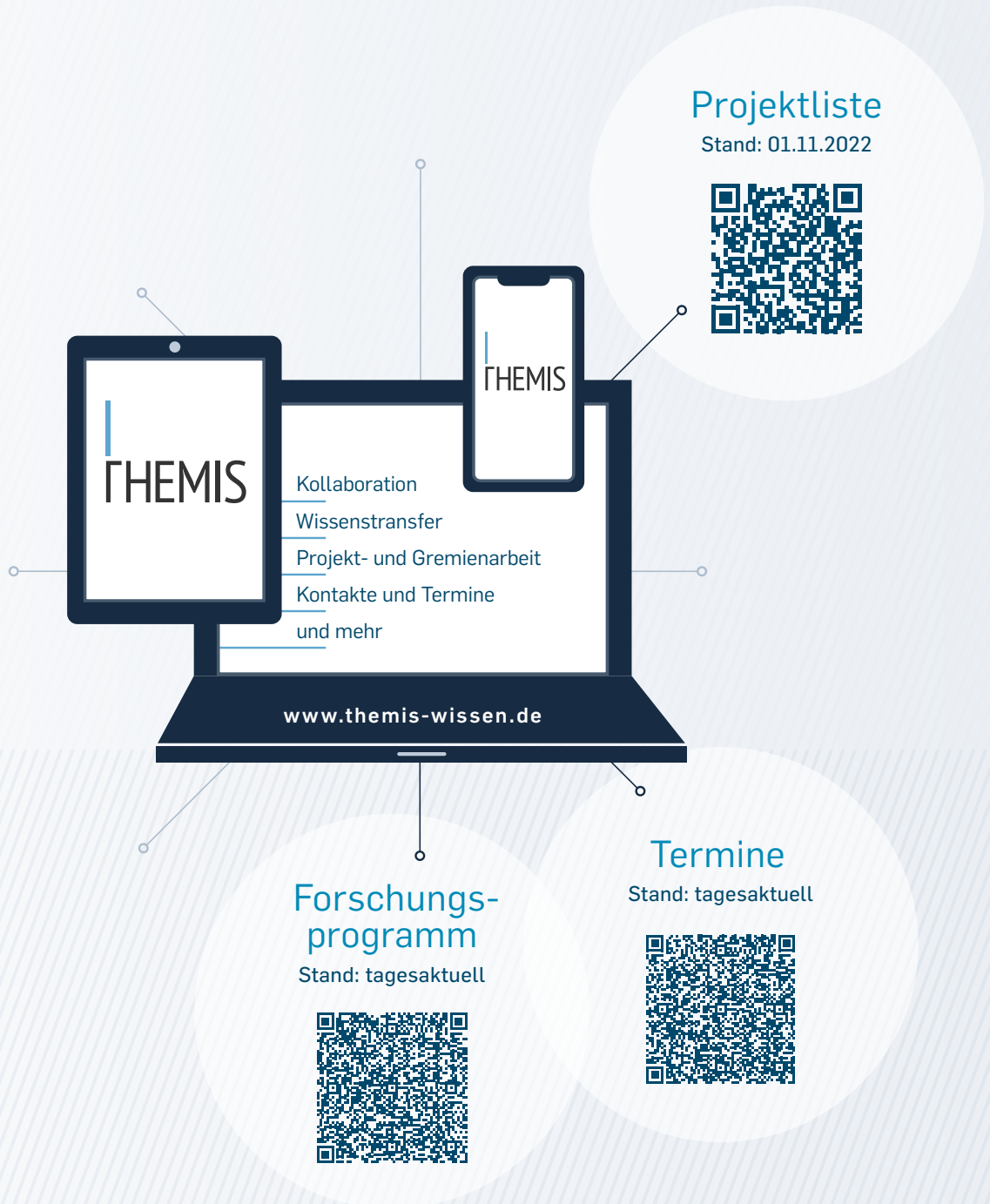
### KOMPONENTEN

#### → Festigkeit → Tribologie → Recycling

- + Tribologie, Festigkeits-/ Ermüdungsmodelle und Verbesserungen
- + Eigenschaften, Festigkeits-/ Ermüdungseigenschaften von Materialien für elektrische Antriebe (z. B. Kupfer, ...)
- + Lebensdauer und Belastbarkeit von elektrisch isolierenden Materialien (z. B. Aspekt der Teilentladung, ...)
- + Auswirkungen und Wechselwirkungen auf Komponenten und (Teil-) Baugruppen durch neue Energieträger (z. B. Wasserstoff, eFuels, Methanol, ...)
- + Durch additive Fertigung hergestellte Bauteile, ihre Eigenschaften und entsprechende Verfahrensansätze
- + Auswirkungen von recycelten Materialien auf die Materialeigenschaften
- + Energiebilanz von Komponenten und Baugruppen in Abhängigkeit zu Material und Herstellungsprozess, Kreislaufwirtschaft
- + Entwicklung und Verbesserung von gruppenbezogenen Entwicklungswerkzeugen, z. B. Simulationswerkzeugen, Mess- und Bewertungsmethoden

# THEMIS-Datenbank

Eine Liste mit allen geplanten und laufenden Projekten des FVV Forschungsprogramms finden Mitglieder des FVV Innovationsnetzwerkes ebenso wie die dazugehörigen Termine der Diskussionskreise, Workshops und projektbegleitenden Ausschüsse in THEMIS.





Alle Angaben sind ohne Gewähr, Änderungen vorbehalten.  
Vervielfältigung und Onlinestellung der Publikation – ganz oder in Teilen – ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet. Alle Rechte vorbehalten.

Die Publikation ›**The FVV Transfer + Networking Event | Herbst 2022**‹ ist online abrufbar:  
→ [www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de) | [Transfer](#) | [Downloads](#) | [Publikationen](#)



Science for a  
moving society

HERAUSGEBER

FVV e.V.  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main  
[www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)

AUSGABE

01 | 2023

AUTOREN

Richard Backhaus, Wiesbaden

REDAKTION

Petra Tutsch und  
Martin Nitsche, FVV

GRAFISCHE KONZEPTION  
UND UMSETZUNG

Lindner & Steffen GmbH, Nastätten

**Transfer**// Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) ermöglicht Unternehmen, gemeinsame Forschungs- und Technologieprobleme wissenschaftlich fundiert zu lösen. Sie bietet Zugang zu einem kontinuierlichen Strom von neuem Wissen, das für die Entwicklung eigener Produkte, Verfahren und Dienstleistungen genutzt werden kann. Industrielle Forschung und Entwicklung profitiert vom erkenntnis-/ praxisorientierten Austausch mit der Wissenschaft – Hochschulen und gemeinnützigen außeruniversitären Forschungseinrichtungen – zu technologiebezogenen Zukunftsfragen. So entsteht Innovationskraft in den Unternehmen und Exzellenz in Forschung und Lehre.

**Networking** // Die von der FVV implementierte Forschung ist auf eine dauerhafte Zusammenarbeit der Partner angelegt. Im Frühjahr und Herbst informieren sich auf den Transfer + Networking Events rund 300 Experten über das Forschungsprogramm der FVV. Der Bericht aus der Wissenschaftsreihe **FVV PrimeMovers. Technologies.** fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

**FVV e.V.**

Lyoner Straße 18 | 60528 Frankfurt am Main  
+49 69 6603 1345 | [info@fvv-net.de](mailto:info@fvv-net.de)

[www.fvv-net.de](http://www.fvv-net.de)