

FVV JAHRESMAGAZIN

PrimeMovers.

2021 | »Vernetzt zu null Emissionen«



»Vernetzt zu null Emissionen«

*Prof. Dr. Peter Gutzmer, Vorstandsvorsitzender der FVV,
über den Wert von Netzwerken in Zeiten der Transformation*

Liebe Mitglieder der FVV,
liebe Leserin, lieber Leser,

ziemlich exakt vor fünf Jahren feierte die FVV ihr 60-jähriges Jubiläum. Wer heute in dem zu diesem Anlass herausgegebenen Buch blättert, wird zwei Dinge feststellen: Anders als in den techniklastigen vorangegangenen Jubiläumsschriften standen Menschen im Vordergrund. Menschen, die sich bei uns engagieren, vor allem Ingenieure in der Industrie und Forscher an Hochschulen. Menschen, die mit Leidenschaft und Engagement Technik für den Fortschritt entwickeln. Damit hatten wir den eigentlichen Wert der FVV in den Mittelpunkt gestellt: die Vernetzung kluger Köpfe. Bereits damals haben wir aber auch den Wandel thematisiert, der 2016 längst eingesetzt hatte. Eine Zwischenüberschrift in einem mit mir für das Buch geführten Interview lautet: »Wir stehen vor massiven Veränderungen«. Im Jahr 2021 ist dieser Wandel noch immer nicht abgeschlossen, er hat hingegen an Geschwindigkeit zugenommen – und vor allem ist er so umfassend, dass sich der ursprünglich eher auf gesellschaftliche Systeme angewandte Begriff »Transformation« in der freien Wirtschaft etablieren konnte. Wie viele Begriffe lässt er einen weiten Interpretationsspielraum zu. Deshalb will ich im Folgenden erläutern, wie wir Transformation in der FVV leben – sowohl was die Inhalte unserer Arbeit als auch deren Organisation betrifft.

»Eine systemische Erforschung, die eine Vielzahl von Energieträgern und Energiewandlern einbezieht, verlangt ein großes, interagierendes Netzwerk.«

Die von der FVV organisierte vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung war lange Jahre geprägt durch die Arbeit an detaillierten Forschungsfragen: Welchen Einfluss hat die Geometrie eines Kolbenbodens auf die Effizienz eines direkteinspritzenden Verbrennungsmotors? Oder wie kann die Lebensdauer eines innovativen, besonders hochtemperaturfesten Werkstoffs für eine Flugturbine exakt vorhergesagt werden? Wie sieht das ideale Reduktionsmittel für eine Stickoxid-Abgasnachbehandlung aus? Es waren – und sind noch immer – solche Projekte, mit denen die Menschen in der FVV den technischen Fortschritt beflügeln, effizientere Maschinen schaffen und Emissionen vermindern. Ohne diese Forschung wären mehr Schadstoffe in unserer Atemluft und mehr klimaschädliche Stoffe in unserer Atmosphäre. Und ohne diese Forschung könnte die Industrie nicht auf gleichermaßen hervorragend ausgebildete Ingenieure zurückgreifen.

Aber wir sind uns auch bewusst: Den Weg hinein in eine klimaneutrale Welt werden wir durch Detailoptimierung nicht schaffen. Es reicht nicht mehr, allein jene Maschinen zu betrachten, die der Energiewandlung dienen, wenn es darum geht, die Welt so umzubauen, dass nur noch erneuerbare Energieträger zum Einsatz kommen. Vielmehr ist eine Gesamtsystemoptimierung notwendig, die sogar über die klassischen Sektorengrenzen von Energie und Verkehr hinausreicht. Vorstand und Wissenschaftlicher Beirat der FVV haben deshalb in den letzten Jahren die Beschäftigung mit sogenannten alternativen Energieträgern forciert. Die Kraftstoffstudien waren und sind dafür ein wichtiges Instrument des Erkenntnisgewinns. So zeigt die vierte, dieser Tage veröffentlichte Studie, dass eine

Einhaltung des Treibhausgas-Budgets im Sinne des Pariser Klimaschutzabkommens nahezu unmöglich ist, wenn man sich ausschließlich auf emissionsfreie Neufahrzeuge konzentriert und für den weltweiten Fahrzeugbestand keine nachhaltigen Alternativen schafft [[-> Seite 16](#)]. Wichtig ist mir aber auch: Solche Metastudien sollen nicht nur Orientierung innerhalb unseres branchenübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerks stiften, sondern auch unserer Forschung immer wieder neue Richtungen aufzeigen.

Noch ausgeprägter ist diese Wegweisung bei den Forschungsprogrammen, die der FVV-Vorstand initiiert und teilweise massiv durch Eigenmittel anschiebt. Dabei geht es darum, die wichtigsten Innovationsfragen für Digitalisierung und Klimaneutralität zu identifizieren und durch geeignete Projekte zu beantworten. Der rege Zuspruch, den unsere jüngsten Forschungsinitiativen zu Hybridantrieben oder zu Energiewandlern in einer Wasserstoffwirtschaft gefunden haben [[-> Seite 28](#)], ermutigt mich sehr. Eine erhebliche inhaltliche Erweiterung unserer Arbeit stellt die Brennstoffzellenforschung dar. Neben den Verbrennungsmotoren und den Turbomaschinen widmen wir uns damit einem dritten Energiewandler, der in einer auf erneuerbaren Energieträgern basierenden Welt große Bedeutung erlangen kann.

Die bislang abgeschlossenen und geplanten Brennstoffzellen-Vorhaben zeigen auch, dass effiziente Energiewandlung auch in Zukunft ein wesentliches Forschungsthema darstellen wird. Auf absehbare Zeit bleibt die Herstellung aller erneuerbaren chemischen Energieträger kostenintensiver als die Förderung und Verarbeitung fossiler Energierohstoffe, zumindest solange diese nicht durch Regulierung deutlich ver-

teuert werden. Die Effizienz in den Energiewandlungsprozessen wiederum kann in einem praxisorientierten Forschungsnetzwerk wie der FVV zu neuen Höhen gesteigert werden und damit zur Marktakzeptanz neuer Technologien wesentlich beitragen. Die klassischen Tugenden der Gemeinschaftsforschung haben also alles andere als ausgedient. Im Gegenteil, könnte man argumentieren: Eine systemische Erforschung, die eine Vielzahl von Energieträgern und Energiewandlern einbezieht, verlangt ein großes, interagierendes Netzwerk.

Zum einen sind wir in einem engen Austausch mit internationalen Partnern wie dem japanischen Forschungsverbund AICE [→ Seite 50] oder der im maritimen Bereich wesentlichen Technikorganisation CIMAC [→ Seite 52]. Zum anderen aber arbeiten wir noch enger mit der Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) zusammen, wenn es um elektrifizierte Antriebe geht. Die FVV ist zwar eine unabhängige Forschungsvereinigung, sie hat ihren Sitz aber im größten Industrieverband Europas, dem VDMA. Dadurch ist ein ständiger Abgleich zwischen politischer Arbeit des Verbandes und der wissenschaftlichen Expertise der FVV gesichert [→ Seite 38].

Reicht das alles schon angesichts der Größe der Transformation? Wir haben zweifellos viel erreicht und noch mehr auf den Weg gebracht. Doch über die Zukunft der FVV werden nicht allein die Mitglieder oder gar der Vorstand entscheiden, sondern die gesellschaftliche Akzeptanz für bestimmte Technologien. Dieses gilt in zweierlei Hinsicht: Einerseits bedingen Erzeugung und Nutzung regenerativer Energieträger weitere Forschung und relativ rasch dann auch den Aufbau entsprechender Infrastrukturen. Ohne öffentliche Mittel und ohne staatlich gebahnte internationale Kooperationen wird das schwer zu realisieren sein. Andererseits kann Deutschland seine führende Rolle in vielen der benötigten Technologien von der Elektrolyse bis zur Flugturbinen nur verteidigen, wenn ausreichend qualifizierter



Foto: Uwe Nölke

akademischer Nachwuchs vorhanden ist. Wir müssen also sowohl Politik und Gesellschaft als auch jungen Menschen überzeugende Angebote machen.

Um zu verdeutlichen, dass die FVV für Forschung an der Zukunft steht, haben wir unseren Außenauftritt – unter anderem durch dieses Magazin – in den letzten Jahren konsequent erneuert. Die Transformation unseres Forschungsprogramms in Richtung Digitalisierung und Klimaneutralität soll sich zukünftig auch in unserem Gesamtauftritt wiederfinden. Die Ergebnisse dieses Prozesses liegen bei Redaktionsschluss noch nicht vor. Ich bin mir aber sicher, dass uns hier ein wesentlicher Schritt nach vorn gelingen wird. Abgeschlossen wird der Wandel aber auch dann nicht sein. Darum geht es auch gar nicht: Unsere Aufgabe besteht darin, die Zukunft offen zu halten!

Lassen Sie uns in diesem Sinne weiter gemeinsam und verstärkt global vernetzt an den technologisch-wissenschaftlichen Grundlagen für null Emissionen in Energiewandlungssystemen arbeiten. //

PROF. DR. PETER GUTZMER
Vorstandsvorsitzender

Nachhaltigkeit

14

Menschen
Dr. Dirk Hilberg



54

Menschen
Dr. Zeljana Beslic

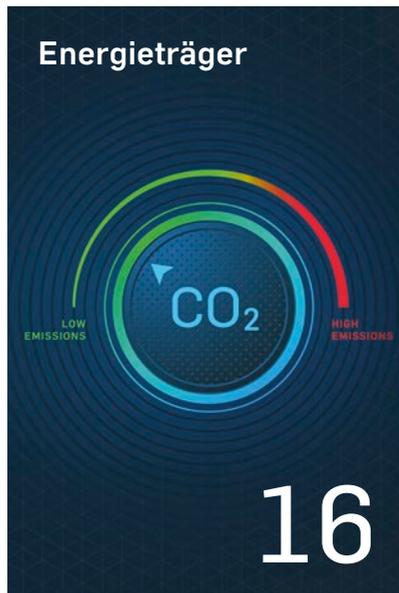


22

Hybridantriebe |
Wasserstoff

28

Energieträger



16

Additive
Fertigung



64

Zwischenruf

Karl Haeusgen

44

Transformation

Dietmar Goericke

08

Menschen

Dr. Ekkehard Pott

32

Radial- verdichter

60

Multiplizierter Nutzen

38

48

Zwischenruf

Stefanie Engelhard

46

Vernetzung 70

FVV Geschäftsbericht 2020/2021

75

Die Menschen
hinter moderner
Forschung 76

Forschungsprogramm 86
Schwerpunkte 88
Planungsgruppen 94

Zahlen kompakt –
Das Geschäftsjahr
2020 118

Wer treibt die Zukunft an?

Ein ausführliches Verzeichnis unserer Mitglieder finden Sie unter → www.fvv-net.de | Die FVV | Mitglieder



Innovation in Motion



NISSAN MOTOR CORPORATION



nexiss



CORNING



AM METALS



EMISSION PARTNER





»Mitten in einer **Zwillings- transformation**«



Das Ziel der Klimaneutralität steht für **FVV-Geschäftsführer**

Dietmar Goericke im Zentrum der Gemeinschaftsforschung.

Zu erreichen ist es nur durch CO₂-neutrale Energieträger und effiziente Energiewandler. Dafür erweitert die FVV ihr Netzwerk und setzt auf moderne digitale Methoden wie den Einsatz Künstlicher Intelligenz.

Herr Goericke, über das Ende des Verbrennungsmotors wird öffentlich diskutiert. Ist damit die Forschung an Verbrennungskraftmaschinen obsolet?

Man muss genauer hinschauen, bevor man so pauschale Äußerungen trifft. Je kleiner das Fahrzeug, desto wahrscheinlicher ist eine vollständige Elektrifizierung. Doch für viele Formen der Mobilität, für den breit gefächerten Einsatz von Motoren in Arbeitsmaschinen, aber auch in unserem Energiesystem sind chemische Energieträger auf Dauer unersetzlich. Um diese nutzen zu können, braucht es effiziente Energiewandler, also Motoren, Turbomaschinen und Brennstoffzellen, deren praxisnahe Erforschung wir organisieren.

Schlägt die Debatte also nicht auf die Arbeit der FVV durch?

Wenn man nur auf die nackten Zahlen schaut: Nein. Wir hatten 2020 die höchsten Forschungsausgaben in unserer mehr als 60-jährigen Geschichte. Und wir konnten in den letzten Jahren viele neue Mitglieder gewinnen, darunter zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen, die in Zeiten des Wandels von den Ergebnissen der Gemeinschaftsforschung profitieren wollen.

Und wenn man auf die inhaltlichen Aspekte Ihrer Arbeit schaut?

Da dominiert naturgemäß mittlerweile die Forschung an klimaneutralen Energiewandlern. Wir bekennen uns klar zu den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens. Die können wir aber nur erreichen, wenn wir Entscheidungen über technische Wege wissenschaftsbasiert einschlagen. Deshalb haben wir die klassischen Forschungsvorhaben zu einzelnen Technologien ergänzt durch sogenannte Orientierungsstudien. In diesen Studien führen wir das Wissen vieler Mitgliedsunternehmen über einzelne Technologiepfade zusammen und identifizieren faktenbasiert den Handlungs- und Forschungsbedarf, etwa bei Wasserstofftechnologien oder synthetischen Kraftstoffen.

Gegen den Einsatz synthetischer Kraftstoffe spricht vor allem deren geringe Effizienz. Warum sollte Forschung an Energiewandlern, die auf solche Kraftstoffe angewiesen sind, aus öffentlichen Mitteln bezahlt werden?

Dafür sprechen zwei Gründe: Erstens ist ein Energiesystem, das vollständig auf regenerativ erzeugten Strom basiert, auf große Energiespeicher

angewiesen. Chemische Energieträger bieten genau diese Speichermöglichkeit, und zwar ohne gewaltige Mengen an Rohstoffen einzusetzen. Und zweitens muss man immer die Effizienz der gesamten Kette von der Stromerzeugung bis hin zum Rad – oder auch Propeller – betrachten. Und da schlagen sich chemische Energieträger nicht schlecht. Sie können in Weltregionen erzeugt werden, in denen die Produktivität von Solaranlagen oder Windkraftanlagen um ein Vielfaches höher ist als bei uns. Richtig ist aber: Wir brauchen entlang der gesamten Kette effiziente Energiewandler. Und Effizienz ist bei uns seit jeher zentrales Forschungsthema.

Dabei ist allerdings die Wechselwirkung zwischen Energieträger und Energiewandler entscheidend.

Deswegen verbreitern wir die Basis der an der Gemeinschaftsforschung mitwirkenden Unternehmen ständig und freuen uns über Mitglieder aus der Mineralölwirtschaft, die ebenfalls nach Wegen weg von fossilen Energierohstoffen suchen. Synthetische Energieträger haben übrigens das Potenzial, die Effizienz von Verbrennungskraftmaschinen und Brennstoffzellen deutlich zu erhöhen. Das zeigt beispielsweise das laufende Vorhaben ›ICE 2030‹, wo wir an Fahrzeugantrieben mit einem Motorwirkungsgrad von 50 Prozent arbeiten.

Dabei handelt es sich allerdings um eine Hybridkonfiguration.

Richtig. Warum aber denn auch nicht? Hybridantriebe bieten nicht nur in



DIPL.-ING. DIEMAR GOERICKE

leitet die Geschäftsführung der FVV seit 2000. Als Geschäftsführer Forschung und Entwicklung des VDMA verantwortet er die vorwettbewerbliche gemeinsame Forschung von Industrie und Wissenschaft und die europäische Forschungspolitik des Verbandes. Goericke verfügt über langjährige Erfahrung in Fragen der nationalen/europäischen Energie- und Verkehrswende und innovativen Mobilitätskonzepten. Er ist Mitglied in verschiedenen Beiräten, wie der Kopernikus-Projekte für die Energiewende (BMBF) und der Begleitforschung für die Energiewende im Verkehr (BEniVer/BMWi). Sein Studium zum Diplomingenieur Luft- und Raumfahrttechnik an der Technischen Universität Berlin beendete er 1987.

Pkw, sondern auch in vielen anderen Anwendungen wie Fähren oder Baumaschinen große Chancen, weil sie die Rekuperation mechanischer Energie erlauben. Wir haben im vergangenen Jahr sogar explizit ein eigenes Hybridforschungsprogramm gestartet. Es ist an der Zeit, mit dem Gegeneinander von Elektroantrieb und Verbrennungsmotor aufzuhören. Verschiedene Energieträger und -wandler können sich in einem Energiesystem wunderbar ergänzen.

»Für unsere Mitglieder ist die Digitalisierung neben der Klimaneutralität eine weitere große Herausforderung.«

In der FVV findet sich ein bunter Strauß an kleinen und großen Mitgliedsunternehmen, von Pkw-Herstellern über Zulieferer für Brennstoffzellen bis zu Anbietern sehr großer Turbomaschinen für die Luft- oder Schifffahrt. Profitieren Ihre Mitglieder von dieser Vielfalt? Meine Beobachtung ist: In dieser Zeit eines raschen Technologiewandels wächst das Interesse am wissenschaftlichen Austausch über die Grenzen einzelner Anwendungen hinweg. Natürlich unterscheiden sich die Lebensdaueranforderungen an eine Brennstoffzelle je nachdem, ob sie in einem Pkw oder einem Kreuzfahrtschiff eingesetzt werden. Aber viele Basistechnologien, ob im Materialbereich oder bei der Entwicklung von Simulationswerkzeugen sind eben doch übertragbar – oder zumindest lohnt sich der Blick, ob eine Übertragung möglich ist. Gemeinschaftsforschung lebt immer auch davon, herauszufinden, was definitiv nicht geht.

Neuerdings gibt es in der FVV auch Vorhaben, die sich mit Künstlicher Intelligenz beschäftigen. Ist das nur ein Modethema?

Überhaupt nicht! Schließlich befinden wir uns mitten in einer Zwillings-transformation: Für unsere Mitglieder ist die Digitalisierung neben der Klimaneutralität eine weitere große Herausforderung. In der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung der FVV haben wir uns von jeher mit

der Entwicklung leistungsfähiger Simulationswerkzeuge beschäftigt. Damit tragen wir zu einem starken Mittelstand in Deutschland bei, der sich ansonsten entsprechende Methodenkompetenz nicht immer leisten könnte. Wenn nun neue, auf Verfahren der Künstlichen Intelligenz beruhende Rechenwerkzeuge entstehen, dann ist das nur eine konsequente Fortführung unserer bisherigen Arbeit. Zumal wir gute Voraussetzungen mitbringen: In unseren Vorhaben entstanden immer schon große Datenmengen, etwa zu Werkstoffeigenschaften, die vorwettbewerblich sind und daher von allen Mitgliedern genutzt werden können.

Wie sehr hat die Corona-Pandemie die Arbeit der FVV beeinträchtigt?

Es hat mich begeistert, wie gut die Arbeit in den Planungsgruppen trotz der Pandemie vorangeschritten ist. An den digitalen Arbeitskreissitzungen der einzelnen Vorhaben war die Beteiligung teilweise höher als je zuvor – auch weil keiner dafür reisen musste. Trotzdem freue ich mich sehr auf die erste Informationstagung als Präsenzveranstaltung im November. Ein Netzwerk wie das der FVV lebt eben nicht ausschließlich von organisierten Online-Treffen, sondern insbesondere vom spontanen und vertrauensvollen persönlichen Austausch.

Herr Goericke, herzlichen Dank für das Gespräch. //

›Zwillingstransformation‹ im Kontext vorwettbewerblicher Gemeinschaftsforschung

Die Gemeinschaftsforschung schafft wissenschaftsbasierte Erkenntnisse, die jedem unserer Netzwerkpartner auf der ›**Straße des Wandels**‹ zur Verfügung stehen.

Neben den Grundlagenthemen installiert die FVV Forschungsschwerpunkte, die der Erreichung der Transformationsziele Schub verschaffen.

Dekarbonisierung

Die Verringerung der Menge an Treibhausgasen, die durch Industrie, Verkehr und Stromerzeugung entsteht, ist wesentlich für die Einhaltung der globalen Temperaturziele des Pariser Abkommens.



Digitalisierung

Die Doppelstrategie des Aufbaus nachhaltiger Strukturen und Systeme durch effizienten Klimaschutz und den Einsatz digitaler Technologien sichert die Zukunftsfähigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft.



›Vernetzt zu
null Emissionen‹

Nachhaltigkeit schafft Orientierung

Um auf unbekanntem Wegen voranzukommen, braucht man Erfahrungswissen und Orientierungsvermögen. Darum erfordert die Transformation, in der wir uns derzeit befinden, politische Zielgerichtetheit und einen klaren technologischen Kompass. Mit ihren Orientierungsstudien erarbeitet die FVV Vorschläge zu Zukunftstechnologien, die einen nachhaltigen ökonomischen, ökologischen und sozialen Wandel im Blick haben.

Die FVV trägt mit wissenschaftlich fundierten und auf neutralen Fakten beruhenden Studien dazu bei, dass sich Entscheider aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu komplexen technischen Fragestellungen orientieren können. Klimaneutrale, regenerative Energieträger, zum Beispiel Strom aus Erneuerbaren Energien, Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe, die wir für eine nachhaltige Transformation und Ressourcenwende dringend benötigen, nehmen im Forschungsprogramm eine zentrale Rolle ein: Unabhängig vom Energiewandler können Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen, Flugzeuge, Boote, Schiffe und Stromerzeuger die Ziele Ressourcenschonung, Treibhausgasneutralität und Netto-Null-emissionen nur mit klimaneutralen Energieträgern erreichen.

Da in den Studien zu zukünftigen Energieträgern alle Anwendungsbereiche und auch alle Optionen der Energieerzeugung und -bereitstellung betrachtet werden, sind die Forscher in der Lage, innovative Technologien übergreifend zu bewerten.

FVV-Orientierungsstudien sind offen für die beste Lösung: technisch, wirtschaftlich und klimapolitisch.

FVV-Orientierungsstudien ›denken systemisch‹, berücksichtigen ökonomische Aspekte von Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit und stellen in einem globalen Energie- und Kohlenstoffsystem mit einem CO₂-Budget im Sinn einer bis zum Jahr 2050 verbleibenden Restmenge an emittierbaren Treibhausgasemissionen das Prinzip von Lebenszyklusemissionen in den Mittelpunkt aller Betrachtungen.

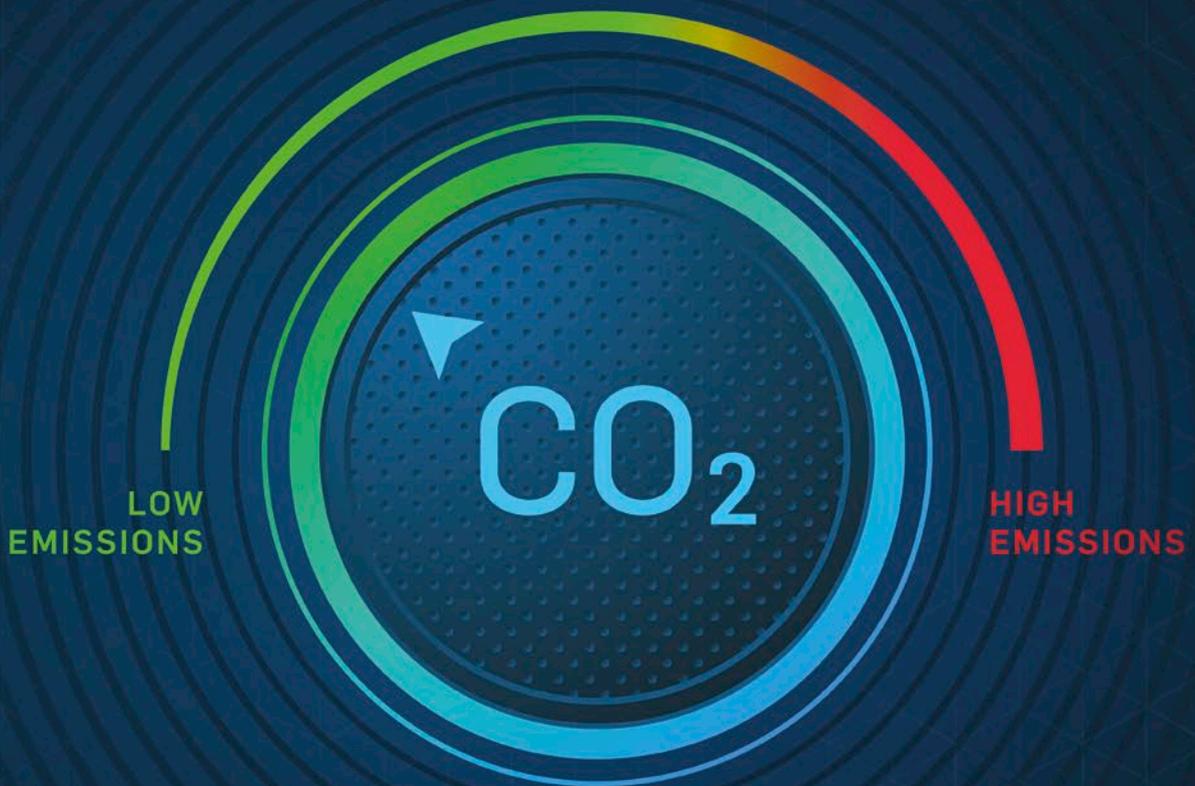
»Entscheidungen sind fast immer eine Frage von Nachhaltigkeit«. Die Vereinten Nationen haben im Jahr 2015 in der Agenda 2030 siebzehn globale Ziele für nachhaltige Entwicklung festgelegt. Sie richten sich an die Regierungen weltweit genauso wie an die Zivilgesellschaft, die Privatwirtschaft und nicht zuletzt die Wissenschaft. Darum lässt sich die FVV bei der Erarbeitung der Orientierungsstudien gleichberechtigt von sechs UN-Nachhaltigkeitszielen leiten. //



Die FVV folgt auf dem Weg zur Klimaneutralität diesen Nachhaltigkeitszielen:

- [7] Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern.
- [8] Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum und menschenwürdige Arbeit für alle fördern.
- [9] Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen.
- [12] Nachhaltig produzieren und konsumieren.
- [13] Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.
- [17] Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen.

Integralrechnung für das Klima



Die neue, vierte Kraftstoffstudie der FVV erweitert den Rahmen der vorherigen Studien in vielerlei Hinsicht: Sie vergleicht neben gesellschaftlichen Kosten und vielen Umweltfaktoren insbesondere die kumulierten CO₂-Emissionen für verschiedene Energieträger und Antriebe und setzt sie zu dem CO₂-Budget Europas in Beziehung. Dabei wird deutlich, dass eine Einhaltung eines 1,5-Grad-Ziels nicht möglich ist, ohne die Bestandsflotte zu berücksichtigen.

Für das Klima zählt nur das Integral //

Denn nicht die CO₂-Neutralität im Jahr 2050 entscheidet darüber, ob die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens eingehalten werden, sondern die absolute Menge der bis dahin ausgestoßenen Treibhausgase. Ziel der Studie ist es, Technologiepfade herauszuarbeiten, die geeignet sind, das Pariser Klima-Ziel bezogen auf den europäischen Verkehrssektor einzuhalten.

Anders als in zahlreichen anderen Studien zum gleichen Thema wählte das Team um Projektleiter Ulrich Kramer einen ganzheitlichen Cradle-to-grave-Ansatz, der alle relevanten Emissionen von der Fahrzeugproduktion und dem Aufbau einer nachhaltigen Energiebereitstellung über die Nutzung bis hin zum Recycling berücksichtigt. Dafür wurden auch jene Emissionen einbezogen, die durch den Aufbau der Infrastruktur entstehen, also etwa durch den Bau von Windrädern, Elektrolyseuren oder Ladesäulen. Mit diesem Ansatz wurden die bis zum Jahr 2050 kumulierten Emissionen für sechs verschiedene Energieträger und sieben unterschiedliche Antriebstechnologien untersucht. Durchgeführt wurde die Studie, für die rund 60 Mitgliedsunternehmen der FVV Daten und Wissen bereitstellten, von dem auf Energiefragen spezialisierten Beratungsunternehmen Frontier Economics, gemeinsam mit dem Heidelberger Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), das die Umweltauswirkungen der einzelnen Technologiepfade beleuchtete sowie das zur Verfügung stehende CO₂-Budget errechnete.

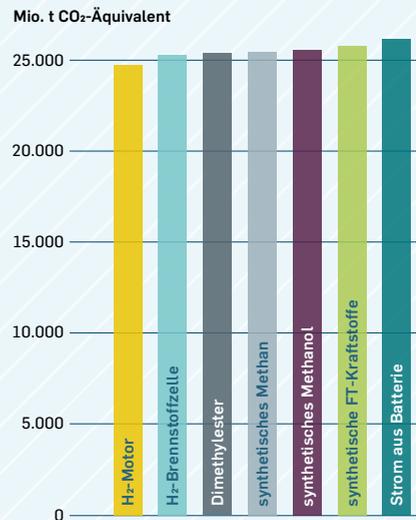
Das wichtigste Ergebnis vorweg: Unabhängig davon, für welche der 42 untersuchten Technologiepfade sich Europa entscheidet, wird das für Europa angesetzte Treibhausgas-Budget allein durch die Emissionen des Verkehrs bereits um das Jahr 2032 überschritten. Ursache dafür ist der dominierende Anteil der bis 2050 auslaufenden Bestandsflotte an den Gesamtemissionen. Dieser beträgt, unabhängig vom Szenario, bei identischer Einführungsgeschwindigkeit rund 70 Prozent der Gesamtemissionen. Kramer zieht daraus folgende Schlussfolgerung: »Je schneller eine Technologie oder ein Mix aus Technologien den Einsatz fossiler Kraftstoffe im Verkehr substituieren kann, desto besser für das Klima. Die Einführungsgeschwindigkeit nachhaltiger Energie im Transportsektor ist der Schlüsselfaktor, um die CO₂-Ziele zu erreichen.«

Bei gleicher Einführungsgeschwindigkeit unterscheiden sich die verschiedenen Technologiepfade nicht allzu sehr hinsichtlich der kumulierten CO₂-Emissionen im Zeitraum 2021 bis 2050: Die Bandbreite zwischen dem klimafreundlichsten Szenario – einer Umstellung auf grünen Wasserstoff und dessen Nutzung in Verbrennungskraftmaschinen – und dem schlechtesten Fall, der Nutzung in Deutschland produzierter Fischer-Tropsch-Kraftstoffe, beträgt gerade einmal 14 Prozent. Verzögerungen oder Beschleunigungen bei der Einführung eines Technologiepfades ändern diese Reihenfolge drastisch. »Die möglichen Einführungsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen, ist daher essenziell für die Festlegung effizienter Klimastrategien«, so Kramer.

In vielen anderen Punkten unterscheiden sich die untersuchten Technologien durchaus. So schwankt die Menge der für den Verkehrssektor benötigten Energie zwischen 2.000 und 10.000 Terrawattstunden, wobei batterieelektrische Fahrzeuge erwartungsgemäß am günstigsten abschneiden. Allerdings zeigt die Studie auch: Werden synthetische Kraftstoffe in sonnen- oder windreichen Regionen außerhalb Europas produziert, wird für Brennstoffzellen nur etwa zweimal, für Verbrennungsmotoren etwa drei- bis viermal so viel Strom eingesetzt wie für eine rein batterieelektrische Mobilität. Zudem werden auch für den Betrieb reiner Elektrofahrzeuge in einem völlig nachhaltigen Energiesystem erhebliche Elektrolysekapazitäten benötigt, um in sogenannten ›Dunkelflauten‹ die Energieversorgung für den Verkehr zu sichern. Bis 2050 erfordert rein elektrische Mobilität aus heimischen Quellen den Aufbau einer Elektrolysekapazität von rund 1.000 Gigawattstunden und damit fast so viel, wie für ein reines Brennstoffzellenszenario benötigt wird. Andere Pfade erfordern bis zu 2.200 Gigawatt installierte Kapazität. Zum Vergleich: Aktuell plant die EU, bis zum Jahr 2030 für alle Sektoren eine Elektrolysekapazität von 40 Gigawatt zu errichten.

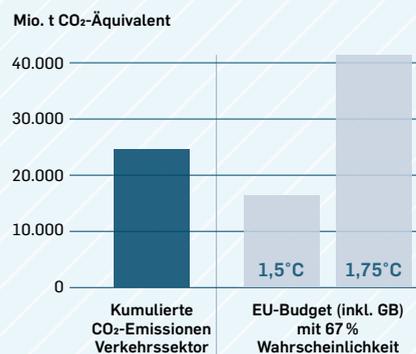
Rechnet man alle Kosten für den Infrastrukturaufbau sowie die Mehrkosten für alternative Antriebe bis zum Jahr 2050 zusammen, ergibt sich in der volkswirtschaftlichen Gesamtbetrachtung ein anderes Bild: Die günstigste Alternative für einen klimaneutralen Verkehr besteht darin, auf Basis von Grünstrom erzeugtes Methanol als Energieträger einzusetzen. In der Bestandsflotte einzusetzende Diesel- und Benzinkraftstoffe, nachhaltig nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren hergestellt,

Kumulierte Treibhausgas-Emissionen des europäischen Verkehrssektors 2021 bis 2050



→ Bezieht man alle Treibhausgas-Emissionen aus der kompletten Energiekette und dem Aufbau der Energie-Infrastruktur ein, bestehen nur geringe Unterschiede zwischen verschiedenen Energieträgern.

Vergleich der kumulierten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 mit dem EU-Budget (inkl. GB)



→ Unabhängig von der Wahl alternativer Energieträger und -wandler dominiert der Fahrzeugbestand die Gesamtemissionen aus dem Transportsektor.

liegen auf Platz drei des Rankings. Am teuersten ist batterieelektrische Mobilität, gefolgt von der Kombination aus Wasserstoff und Brennstoffzelle. »Das liegt an den hohen Fahrzeug-Mehrkosten, die die Gesamtkosten dominieren«, erläutert Kramer. »Erfreulich ist, dass die komplette Defossilisierung des europäischen Verkehrs nicht mehr als circa ein Prozent des europäischen Bruttonutzenproduktes pro Jahr über 30 Jahre kosten muss.«

Aufgabe der Studienmacher war zudem, mögliche Engpässe beim Hochlauf verschiedener Technologiepfade zu identifizieren. Landnutzung, also die in Anspruch genommene Fläche, ist für keinen der Technologiepfade ein Hindernis, auch weil keine Szenarien untersucht wurden, in denen Biomasse zum dominanten Primärenergieträger für den Straßenverkehr würde. Anders sieht es bei den Rohstoffen für eine vollständige Elektrifizierung des Verkehrssektors aus. Zumindest bei einem schnellen Hochlauf – wie er anlässlich des geringen CO₂-Restbudgets wünschenswert wäre – könnte es bei der Lithium- und der Kobaltversorgung für Batterien zu Engpässen kommen. Für Brennstoffzellenantriebe könnte sich der hohe Platinbedarf als Engpass erweisen.

Dass die neue, insgesamt vierte Kraftstoffstudie der FVV wiederum mit 100-Prozent-Szenarien arbeitet, sieht Projektleiter Kramer als entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Studien: »Nur so ist es möglich, die kompletten Energieketten einschließlich der Infrastruktur hinsichtlich CO₂-Bilanz und Kosten sauber zu vergleichen.« Auf der so gewonnenen Datenbasis könnten später Mix-Szenarien berechnet werden. »Eine Folgestudie, in der die zeitlichen Engpässe bei der Einführung verschiedener Energie- und Antriebspfade detailliert untersucht werden, halte ich daher für sinnvoll«, sagt der Experte.

»Dabei muss auch die erreichbare Hochlaufgeschwindigkeit des Einsatzes synthetischer Kraftstoffe in der Bestandsflotte berücksichtigt werden.« Eines zeigt die FVV-Studie schon jetzt eindeutig: Nur mit Hilfe der Modellierung des gesamten Energiesystems kommt man zu validen Ergebnissen.



»Nur mit Hilfe der Modellierung des gesamten Energiesystems kommt man zu validen Ergebnissen.«

»Ein komplettes Bild«

Dr. Ulrich Kramer, Projektleiter für die FVV-Kraftstoffstudien, erläutert, was ihn an der aktuellen Studie selbst überrascht hat.

Herr Dr. Kramer, Sie waren Projektleiter für die neue Kraftstoffstudie der FVV. Welches Ergebnis hat Sie persönlich am meisten überrascht? Als Ingenieure schauen wir immer nach vorn und wollen sinnvolle, neue Technologien voranbringen. Dass die sich bereits im Markt befindenden Benzin- und Dieselfahrzeuge die Gesamtbilanz so stark dominieren, war für mich eine neue Erkenntnis. Das gilt sogar dann, wenn wir die Treibhausgas-Emissionen für den Aufbau neuer Infrastrukturen einberechnen. Meine Schlussfolgerung ist, dass wir den Fahrzeug-Bestand auf jeden Fall im Blick behalten müssen, wenn wir neue, klimafreundliche Technologien in den Markt bringen.

DR. ULRICH KRAMER
ist Experte für fortschrittliche und alternative Kraftstoffe bei der Ford-Werke GmbH



Die Studie betrachtet nicht nur die Klimabilanz der Fahrzeuge von der Produktion bis zum Recycling, sondern bezieht auch den Aufbau der kompletten Energie-Infrastruktur ein. Machen Sie es damit nicht ein wenig kompliziert?

Einen so umfassenden Ansatz hat bislang meines Wissens keine andere Studie verfolgt, zumal wir nicht nur die Treibhausgase, sondern auch andere Umweltfaktoren und insbesondere die volkswirtschaftlichen Kosten betrachten. Aber es lohnt sich, weil wir nur so ein komplettes Bild darüber bekommen, wie stark wir mit verschiedenen Technologieoptionen das verbleibende CO₂-Budget in Anspruch nehmen und was uns der jeweils verursachte Aufwand kostet.

War das auch der Grund, warum Sie die Emissionen, die aus dem Bau von Infrastrukturen resultieren, nicht über deren Lebensdauer abschreiben?

Richtig. Eigentlich sind den ISO-Regeln zufolge CO₂-Emissionen aus der Herstellung über die Nutzungsdauer der Anlage abzuschreiben. So gerechnet ist beispielsweise die Windstromproduktion nie völlig CO₂-frei. Betrachtet man das zur Verfügung stehende CO₂-Budget, dann fallen die Emissionen jedoch in dem Jahr an, in dem die Anlage errichtet wird und das CO₂ faktisch in die Atmosphäre gelangt. Diese konventionelle Betrachtungsweise verhindert durch die künstliche Abschreibung real auftretender Emissionen eine effiziente Optimierung des Gesamtsystems. Daher haben wir einen ehrlicheren Weg gewählt.

Bedeutet das, dass wir eigentlich die falsche Debatte führen, wenn wir uns nur auf emissionsfreie Fahrzeugantriebe konzentrieren?

Das ist in der Tat eine Debatte, die an der Realität des Klimawandels vorbeiführt. Beispielsweise können wir in einer klimaneutralen Welt im Jahr 2050 Windräder weitgehend so errichten, dass wir keine Treibhausgase produzieren. Heute aber geht das nicht, und das berücksichtigen wir in der Studie. Weiterhin stellen wir bei ganzheitlicher Betrachtung fest, dass Sektorenziele, wie wir sie heute kennen, kontraproduktiv sein können. So ist es volkswirtschaftlich beispielsweise deutlich günstiger, ein Windrad mehr zu bauen als die Fahrzeugflotte technologisch aufzurüsten. Der Platz für die Windräder ist da. Weiterhin kann Fahrzeug-Leichtbau – getrieben durch ehrgeizige Tank-to-Wheel-Ziele – sogar hinsichtlich der kumulierten Treibhausgas-Emissionen kontraproduktiv sein.

Man könnte die Studie auch sehr pessimistisch lesen, in dem Sinn: Es ist ohnehin vergebens, weil nicht die Wahl der Zukunftstechnologie, sondern der heutige Bestand entscheidet.

So sehe ich das nicht. Zunächst einmal entscheidet die Geschwindigkeit des Hochlaufs neuer Technologien darüber, wie viel CO₂ aus dem Verkehrssektor in der Atmosphäre landet. Das wollen wir in einer Folgestudie detailliert berücksichtigen. Zudem kann man Technologien kombinieren. Dabei sollten unbedingt Technologieoptionen berücksichtigt werden, die auch in der Bestandsflotte emissionsenkend wirken. Vieles spricht für einen Technologiemix, zum Beispiel aus Elektromobilität, versorgt mit europäischem Strom, und Verbrennungskraftmaschinen, die mit synthetischen, in den sonnigen und windigen Regionen dieser Welt effizient hergestellten Kraftstoffen betrieben werden. Genauer werden wir das in der geplanten Folgestudie ausarbeiten. //

Die Zuverlässigkeits- ingenieurin

Von der Zahnradflanke zur Wicklungsisolation:
Die Ingenieurin **Dr. Zeljana Beslic** forscht an Schäden,
um nachhaltigere Produkte zu ermöglichen.





Ein einziges Grübchen an der Flanke eines einzelnen Zahns, eine einzige Fehlstelle an der Wicklung einer elektrischen Maschine //

Für das Auge kaum sichtbar, könnte ein solcher Defekt zum Totalausfall eines Fahrzeugs führen – und dadurch zu völligem Stillstand. Damit es dazu nicht kommt, muss man den Dingen auf den Grund gehen, sich mit Schadensmechanismen beschäftigen, langdauernde Messreihen durchführen, viel rechnen und auf Abhilfe sinnen. In dieser Welt fühlt sich Zeljana Beslic zuhause. Wenn die 33-jährige Maschinenbauerin über ihren Beruf spricht, sagt sie schon mal: »Ich als Zuverlässigkeitsingenieurin...«

Als zuverlässig hat Beslic sich in ihrem Werdegang erwiesen. Die kindliche Neugier, was sich denn hinter

dem Schalthebel im Auto verbirgt und wie sich das Fahrzeug fortbewegt, wusste der Vater zu stillen. Der Mechaniker nahm sie, das einzige Kind, mit in die Werkstatt. Und so geht Beslic den Weg vieler Ingenieure, hat in der Schule Spaß an Mathe, Physik und Chemie und weiß schon mit dem Abitur, dass sie Maschinenbau studieren will. Zwar hat sie mit der Kunst eine zweite Leidenschaft, aber die soll Hobby bleiben.

Auch wenn Beslic in der Autometropole Stuttgart aufwächst, gestaltet sie ihr Studium offen. Das Interesse für Antriebe ist durchaus vorhanden, so hört sie die Verbrennungsmotor-Vorlesungen bei Professor Michael Bargende. Besonders angetan haben es ihr aber die Maschinenelemente und so entscheidet sie sich schließlich für den Schwerpunkt Konstruktionstechnik. Damit sie die Maschinenelemente auch in der industriellen Praxis kennenlernt, beginnt sie nach dem Vordiplom als Werkstudentin bei Bosch. Dort erstellt sie schließlich



auch ihre Diplomarbeit: Sie soll ein Planetengetriebe für ein Abgaswärme-Rückgewinnungssystem experimentell untersuchen. Damals, im Jahr 2013, ist Beslic wie viele weitaus erfahrenere Ingenieure noch davon überzeugt, dass alternative Antriebe irgendwann interessant werden, es vorerst aber vor allem darum geht, Verbrennungsmotoren effizienter zu machen.

Nach dem Diplom will sich Beslic intensiver mit einer wissenschaftlichen Fragestellung auseinandersetzen. Sie bleibt am Institut für Maschinenelemente, unterrichtet junge Studenten, leitet das CAD-Labor und sucht nach einem Thema für ihre Promotion. »Ich habe erst einmal viel gelesen, denn ich wollte eine innovative und wissenschaftlich relevante Fragestellung bearbeiten«, blickt Beslic zurück.

»... denn ich wollte eine innovative und wissenschaftlich relevante Fragestellung bearbeiten.«

Schließlich entscheidet sie sich für tribologische Schäden an Zahnrädern, sogenannte Grübchen-Schäden. Eine große Herausforderung besteht darin, dass man den Schaden erst einmal provozieren muss, um ihn analysieren zu können – das ist mit langdauernden Testreihen verbunden. Zudem muss der Schaden rechtzeitig erkannt werden, ohne die Tests laufend zu unterbrechen und die Zahnräder auszubauen.

Beslic nutzt daher ein akustisches Messverfahren. »Man kann den Zustand einzelner Zähne zwar nicht mit dem menschlichen Ohr, aber durch eine entsprechende Frequenzanalyse nachvollziehen.« Basierend auf ihren Erkenntnissen entwickelt sie mit Unterstützung ihres Instituts anschließend ein mittlerweile zum Patent angemeldetes Verfahren, mit dem ein Getriebe so geschaltet werden kann, dass ein vorgeschädigter Zahn so gering wie möglich belastet wird.

2018 ist die Arbeit weitgehend abgeschlossen, nun steht der Schritt ins Berufsleben an. Beslic entscheidet sich für SEG Automotive, einen aus Bosch hervorgegangenen Zulieferer für Startergeneratoren, der seinen Schwerpunkt mittlerweile auf elektrische Traktionsmotoren verschoben hat. »Mir war in der Zwischenzeit klar geworden, dass alternative Antriebe einen hohen Marktanteil gewinnen werden«, erläutert sie. »Ich will Teil dieses Veränderungsprozesses sein und genauso wie SEG Automotive, das ebenfalls seinen Ursprung in den konventionellen Antrieben hat, den Fokus stetig weiter auf die Elektrifizierung lenken.« So bringt sie ihre Expertise ein, um die Zuverlässigkeit elektrischer Antriebe zu erhöhen. Allerdings verändern sich Schadensmechanismen in elektrifizierten Antrieben, deshalb besteht ein nicht unwesentlicher Teil ihrer Arbeit derzeit darin, geeignete Validierungsmethoden und Erprobungsstrategien zu entwickeln. Nur so ist es möglich, am Ende des Entwicklungsprozesses sicherzustellen, ob das Produkt alle

Anforderungen erfüllt, die das lange Produktleben auf der Straße später mit sich bringt.

Beslic ist kaum mehr als zwei Monate bei SEG Automotive, da fragt ihr Abteilungsleiter Dr. Dieter Eppinger, der innerhalb der FVV die Planungsgruppe Gestaltfestigkeit und Tribologie leitet, per E-Mail, wer Ideen für neue FVV-Projekte habe. Die junge Ingenieurin antwortet mit dem Vorschlag, die Lebensdauer der Wicklungs-isolation in elektrischen Maschinen zu untersuchen. Ein durchaus relevantes Thema, denn auch hier gilt: Ein minimaler Schaden an der Isolation könnte zu einem Kurzschluss und damit zum



DR.-ING. ZELJANA BESLIC, Jahrgang 1988, studierte Maschinenbau an der Universität Stuttgart und promovierte zur Modellierung der Schadensdegradation von Zahnradgrübchen bei Fahrzeuggetrieben. Seit 2018 arbeitet die Zuverlässigkeits- und Versuchsingenieurin bei SEG Automotive in Stuttgart. Innerhalb der FVV engagiert sie sich als Koordinatorin des im März 2021 gestarteten Vorhabens »Lebensdauer Wicklungs-isolation«.



Totalausfall der E-Maschine führen. Beslic ist vor Ort, als die FVV-Planungsgruppe tagt und über den Vorschlag entscheidet. Die Mehrheit ist dafür, es gibt aber auch ablehnende Stimmen, weil es sich nicht um ein klassisches Verbrennungsmotor-Thema handelt. Seit März 2021 läuft das Vorhaben, Beslic hat die Projektkoordination selbst übernommen.

Auf die FVV blickt sie einerseits begeistert. Dass das Wissen aus der Gemeinschaftsforschung allen zur Verfügung steht, helfe insbesondere kleineren Unternehmen. Andererseits wünscht sie sich einen jüngeren ›Spirit‹ und mehr Aufgeschlossenheit für elektrische Antriebe. Dabei ist ihr wichtig zu betonen: »Ich halte gar nichts von einem Radikalumstieg auf Elektromobilität. Es ist sinnlos, Elektroautos mit Kohlestrom zu versorgen.« Deshalb sei es auch berechtigt, den konventionellen Triebstrang weiter zu optimieren, sowohl hinsichtlich des Verbrauchs als auch der Abgasemissionen.



Unabhängig von der Antriebsart gilt: Nachhaltig ist nur, was dauerhaft zuverlässig funktioniert. »Wir sollten immer auf den kompletten Produktlebenszyklus schauen«, zeigt sich Beslic überzeugt. Kein Wunder, dass die Ingenieurin von der 1883 fertiggestellten Brooklyn Bridge fasziniert ist. Während eines New York-Besuchs vor einigen Jahren bittet sie ihren heutigen Ehemann, am nächsten Tag besonders früh aufzustehen, um die Brücke im Morgenlicht zu malen. //

»Wir sollten immer auf den kompletten Produktlebenszyklus schauen.«

Programmatisch

Hybridantriebe und Wasserstoff als Energieträger sind nicht nur wesentliche Elemente auf dem Weg in die Klimaneutralität, sondern auch Schwerpunkte von zwei neuen Forschungsprogrammen der FVV. Die zahlreichen Einzelvorhaben sollen wissenschaftlich fundierte Antworten auf drängende Fragen liefern.

Nicht nur das Ziel, sondern vor allem der Weg zählt // Weil sich die meisten Treibhausgase in der Atmosphäre nur langsam abbauen, kommt der Frage, mit welchen Technologien sich die Emissionen schnell senken lassen, große Bedeutung zu. Einer der Wege besteht in der Hybridisierung verbrennungsmotorischer Antriebe, ein anderer in dem direkten Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor. Vor diesem Hintergrund hat der Vorstand der FVV in den letzten zwölf Monaten sowohl ein Hybrid- als auch ein Wasserstoff-Forschungsprogramm gestartet. Hinter beiden Programmen stehen zahlreiche Einzelvorhaben, in denen Unternehmen und Forschungsstellen nach konkret umsetzbaren technischen Lösungen suchen.

Hybridantriebe sind heute zwar bereits in Serienautos verbreitet. Dennoch verbleiben wichtige Forschungsfragen. So bieten hybride Antriebsstränge vielfältige Kombinationsmöglichkeiten aus elektrischen und mechanischen Komponenten. Doch wie können diese Komponenten so kombiniert werden, dass der Umweltnutzen maximal, die Produktionskosten hingegen

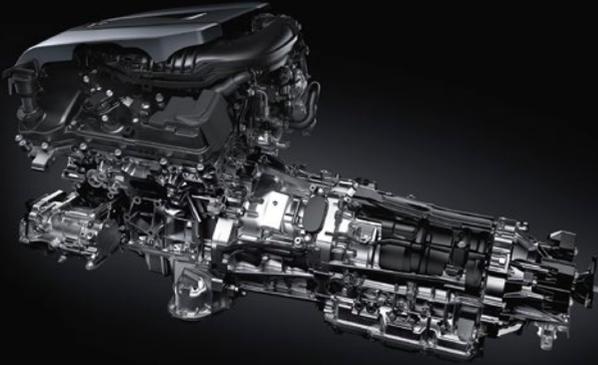
minimal ausfallen? Die Technische Universität Darmstadt untersucht im Auftrag der FVV diese Frage und entwickelt bis Ende 2022 unter anderem ein Software-Programm, das auch für mittelständische Zulieferer nutzbar sein soll. Die Wissenschaftler verfolgen dabei einen objektorientierten Ansatz aus der Informatik, der hohe Modularität der Systemarchitektur mit verkürzten Rechenzeiten in der Simulation verknüpft. An der RWTH Aachen untersuchen Forscher hingegen die Frage, wie die Betriebsstrategie eines Hybridfahrzeugs optimiert werden kann, um den lokal emissionsfreien elektrischen Fahranteil zu maximieren. Dafür sind klassische Fahrzyklen nur bedingt geeignet, weil sie beispielsweise Sonderemissionszonen oder auftretende Staus nicht berücksichtigen. Mit einem prädiktiven Reisemanagement, wie es die Aachener entwickeln, wäre dies hingegen möglich.

Ein weiteres relevantes Forschungsthema ist die Kombination von synthetischen Kraftstoffen und Hybridantrieben für all jene Verkehrsträger, die sich nicht vollständig elektrifizieren lassen.

Effizienz ist für solche Antriebe besonders wichtig: Ein hoher Motor-Wirkungsgrad sorgt für eine besonders effiziente Energiekette und senkt damit den Bedarf an Sonnen- und Windstrom, der für die Kraftstoffproduktion eingesetzt werden muss. Dass mit synthetischen Kraftstoffen grundsätzlich das Potenzial besteht, den thermischen Wirkungsgrad zu steigern,

→ Hybridantriebe (unten) haben bereits einen hohen Reifegrad. Forschungsbedarf besteht vor allem bei der Betriebsstrategie. Für Wasserstoffmotoren (rechts) gilt es unter anderem, die Leistungsdichte zu steigern.

Fotos: Toyota (unten), BMW (rechts)



hatte bereits das im vergangenen Jahr abgeschlossene FVV-Projekt ›ICE 2025+‹ gezeigt. Im nun angelaufenen Nachfolgeprojekt ›ICE 2030‹ wollen Wissenschaftler aus Aachen, Braunschweig, Darmstadt und Stuttgart nachweisen, dass ein thermischer Wirkungsgrad von mindestens 50 Prozent zu erreichen ist.

Betrachtet man nur das Molekül, ist Wasserstoff der einfachste aller synthetischen Kraftstoffe. Wird er per Elektrolyse aus Sonnen- und Windstrom hergestellt, ermöglicht er den klimaneutralen Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen. Das macht Wasserstoffmotoren zu einer attraktiven und vor allem schnell verfügbaren Alternative, wo sich – wie im Schwerlastverkehr – eine vollständige Elektrifizierung in absehbarer Zeit noch nicht umsetzen lässt. Für den Wasserstoffbetrieb müssen jedoch wesentliche Motorsysteme, vor allem Gemischbildung und Zündung, an den neuen Energieträger angepasst werden. Hierfür sind teilweise noch grundlegende Phänomene zu untersuchen, beispielsweise um die Leistungsdichte deutlich zu steigern, gleichzeitig

aber unkontrollierte Selbstzündungen zu vermeiden. Daran forscht im FVV-Auftrag unter anderem das Karlsruher Institut für Technologie. In einem weiteren, von der IAV initiierten Vorhaben entsteht ein Simulationsmodell für die Wasserstoff-Direkteinblasung.

Das Verständnis für die im Motor auftretenden Phänomene und deren realitätsnahe Simulation waren schon immer Schwerpunkte der Gemeinschaftsforschung in der FVV. »Mit der Umstellung auf den Energieträger Wasserstoff stellen sich nun viele Forschungsfragen neu«, erläutert Martin Nitsche, stellvertretender Geschäftsführer der FVV. Das gilt ebenso für die Forschung an Betriebssicherheit und Werkstoffen. Da die Ergebnisse allen Mitgliedsunternehmen zur Verfügung stehen, können sie die Einführung neuer Technologien beschleunigen und stärken gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Zulieferer.

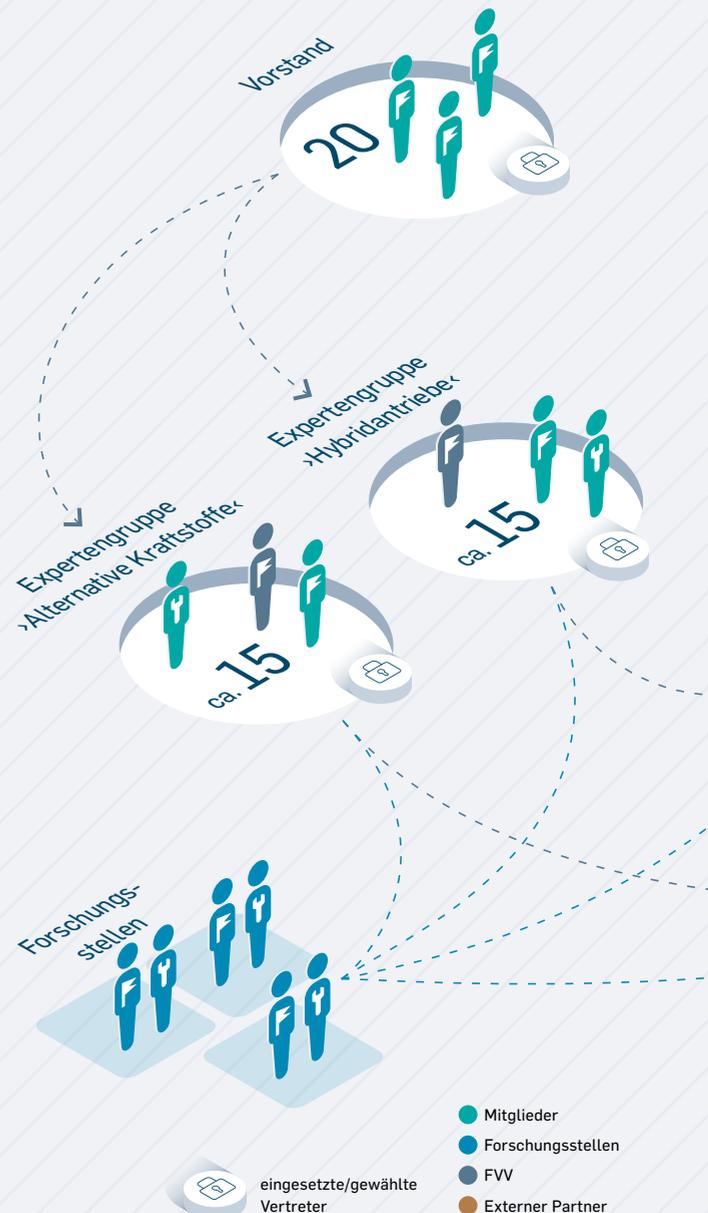
Das Wasserstoff-Forschungsprogramm der FVV bezieht ausdrücklich den Einsatz von Brennstoffzellen als Energiewandler ein. Schwerpunkt

der in einer eigenen Planungsgruppe organisierten Brennstoffzellenforschung sind Betriebsverhalten und Systemauslegung. Nicht der Stack alleine, sondern vor allem dessen Verhalten unter realen Einsatzbedingungen bestimmen letztendlich die Kosten und damit auch die Marktdurchdringung der Technologie, so das Kalkül. In den laufenden Projekten werden beispielsweise das Kaltstartverhalten und die Luftversorgung untersucht.

Das Hybrid- und das Wasserstoffforschungsprogramm sind konkrete Ergebnisse eines Transformationsprozesses, mit denen der FVV-Vorstand auf den schnellen Wandel hin zu klimaneutralen Energie- und Verkehrssystemen reagiert. So wurden für die Programme zunächst vom Vorstand und dem Wissenschaftlichen Beirat strategische Forschungsfragen formuliert. Die mit der FVV zusammenarbeitenden Forschungsstellen konnten daraufhin konkrete Projektvorschläge einreichen. »Damit ergänzen wir den bisherigen Bottom-up-Ansatz durch ein Top-down-Vorgehen«, erläutert Nitsche. »Das ermöglicht uns, die Industrielle Gemeinschaftsforschung noch stärker auf jene Fragen zu konzentrieren, die einer dringenden wissenschaftlichen Antwort bedürfen.« //

Wie kommen neue Zukunftsthemen schnell auf die ›Straße des Wandels‹?

Die Leitungsebene der FVV kann den in der IGF üblichen Bottom-up-Innovationsprozess [→Seite 90] in Schlüsselbereichen der Transformation beschleunigen und über Expertengruppen zentral steuern.

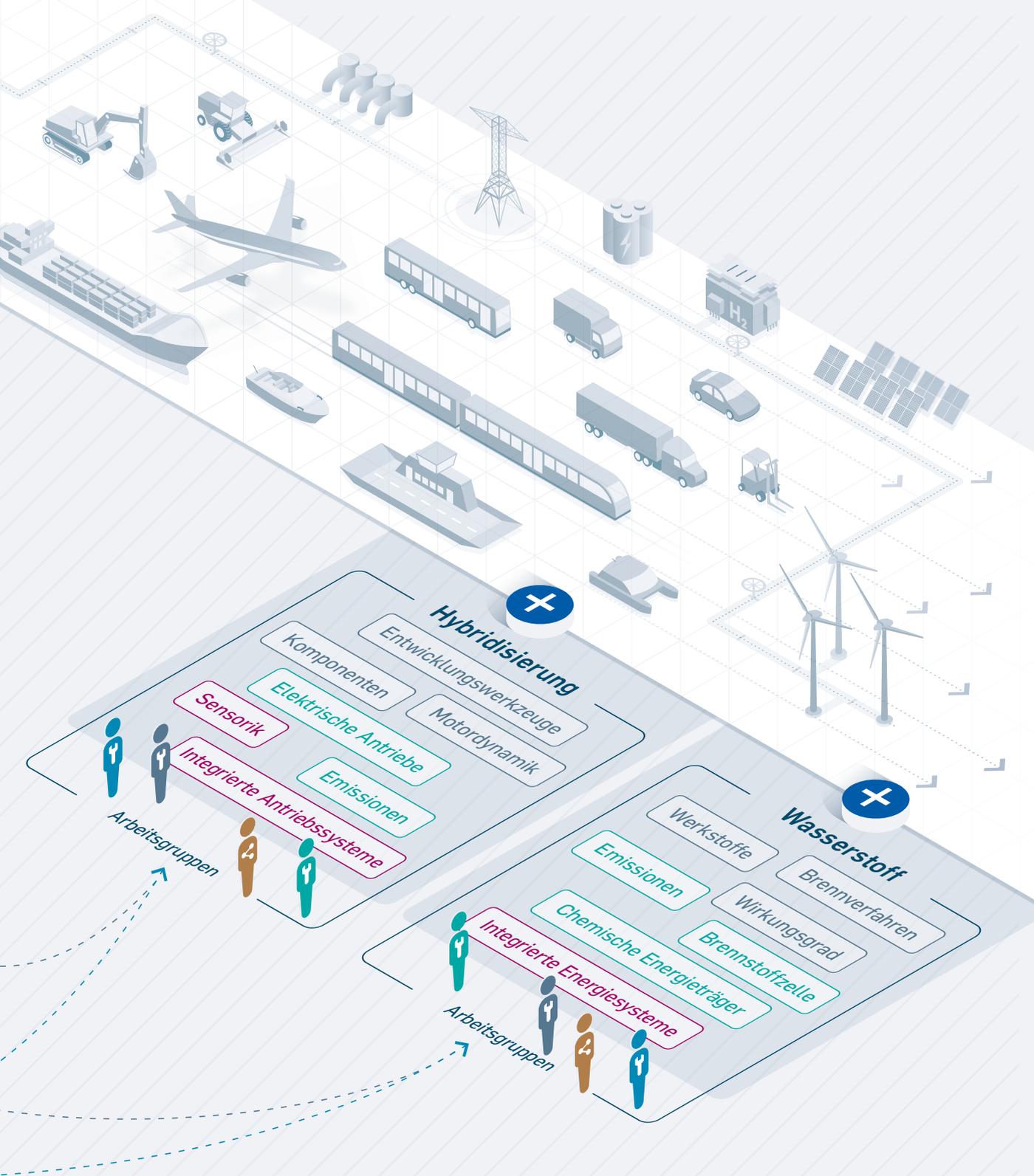


PROGRAMM
HYBRIDE



PROGRAMM
WASSERSTOFF





- Der **Vorstand** kann für Schlüsseltechnologien zum Erreichen des Nullemissionsziels **Expertengruppen** zur Ideenfindung einsetzen.
- Zusammen mit den **Forschungsstellen** werden konkrete Projektideen erarbeitet, aus denen ein Forschungsprogramm entsteht.
- Für die Einzelvorhaben werden **Arbeitsgruppen** gebildet, deren Ergebnisse allen Mitgliedern zur Verfügung stehen.

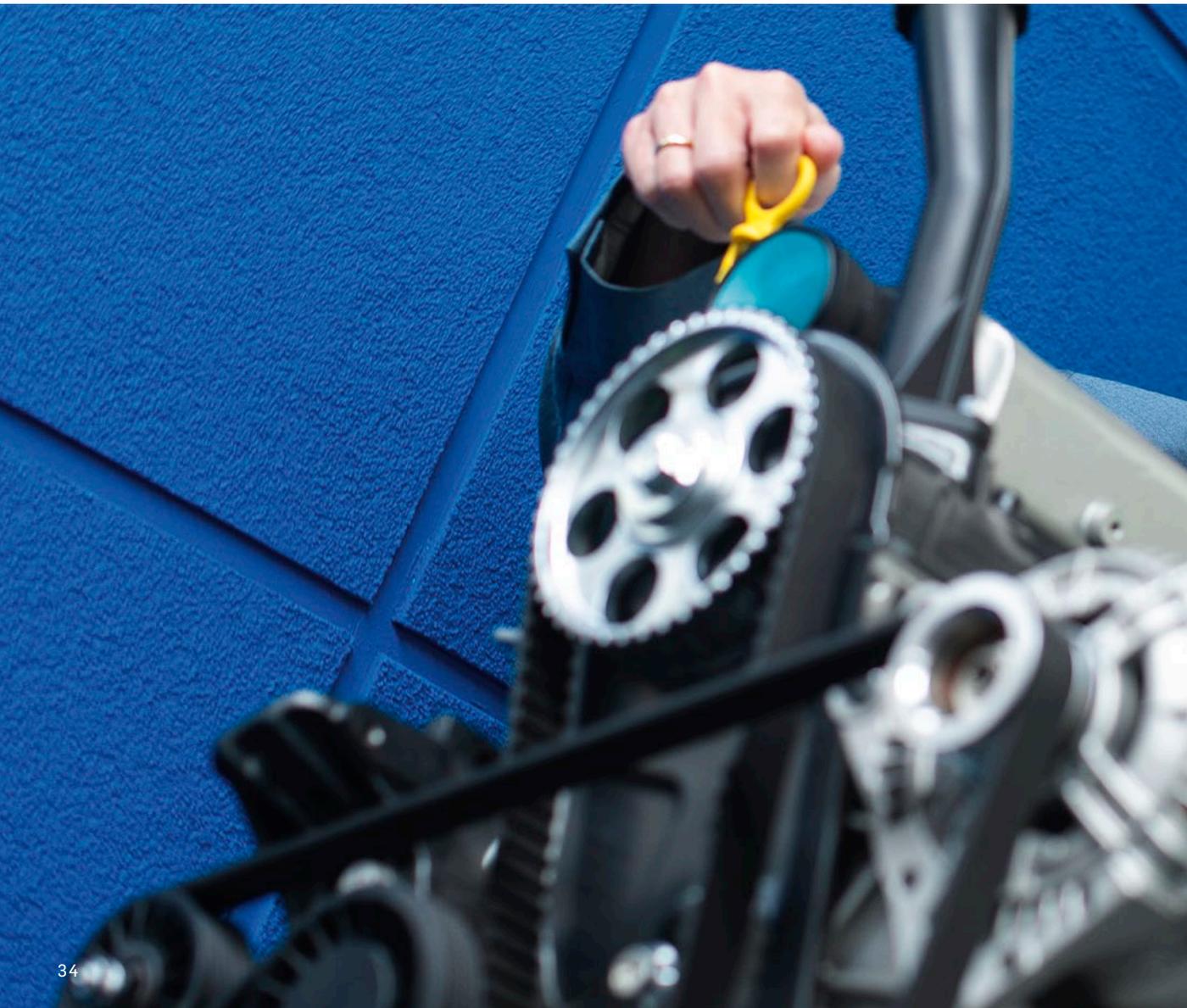
Die Tugenden des Ingenieurs

Faktenorientiert und geradlinig arbeitet **Dr. Ekkehard Pott** seit drei Jahrzehnten an Verbrennungsmotoren mit immer geringeren Emissionen.



Fakten statt Emotionen // Für einen geradlinigen Ingenieur wie Ekkehard Pott ist das eine Tugend. Kein Zufall also, dass er dazu beiträgt, alle Benzin- und Dieselantriebe von Volkswagen auf die kommende Euro 7-Norm vorzubereiten. Nüchtern schaut er auf Grenzwerte und Technologien, das eine muss zum anderen passen, da gibt es keine Diskussion. Im persönlichen Gespräch wirkt Pott immer konzentriert und bleibt hartnäckig bei der Sache. Über seine eigene Person spricht er wenig, viel hingegen über Baureihen, Technik und physikalische Zusammenhänge.

Geradlinigkeit zeichnet auch Potts Lebenslauf aus. Schon in der Oberstufe weiß er, dass er den Ingenieurberuf ergreifen will. Dass er sich dann für Maschinenbau entscheidet, liegt am technischen Zustand der Bundeswehr-Lkw, die er während des Wehrdienstes immer wieder warten darf. Zu früh festlegen will er sich nicht und studiert Kraftfahrwesen. »Da habe ich einen 360-Grad-Blick auf die gesamte Fahrzeugtechnik mitnehmen können«, sagt Pott heute. Im Rahmen einer Studienarbeit kommt er erstmals mit Volkswagen in Berührung und optimiert eine Vorderwagenstruktur auf Unfallsicherheit hin.



»Uns war damals schon klar, dass wir uns dem Problem der NO_x-Emissionen stellen müssen.«



»Die haben mich als Neuling sofort ernst genommen«, erinnert er sich. Für Pott steht fest: Das wird mein Arbeitgeber. Nach dem Diplom startet er 1991 tatsächlich in Wolfsburg als technischer Volontär und absolviert, was man heute ein Trainee-Programm nennen würde.

In den folgenden 30 Jahren, in denen er seinem Arbeitgeber nie untreu wird, fokussiert sich Pott rasch auf den Verbrennungsmotor. Die Abgasreinigung spielt dabei schon zu Anfang eine wichtige Rolle, denn seine erste Aufgabe in der Aggregate-Forschung besteht darin, Emissionsminderungskonzepte für Magermotoren zu entwickeln. »Uns war damals schon klar, dass wir uns dem Problem der NO_x-Emissionen stellen müssen.« Berufsbegleitend promoviert er innerhalb von vier Jahren an der Technischen Universität Berlin. In seiner Arbeit entwickelt er ein fahrzeugbezogenes Simulationsprogramm, mit dem nicht nur Schadstoffemissionen, sondern auch der Verbrauch vorhergesagt werden können. Erstmals sind die wechselseitigen Abhängigkeiten darstellbar. Ab 1997 gehört die Entwicklung eines NO_x-Speicherkatalysators für magerlaufende Ottomotoren mit Direkteinspritzung zu seinen Kernaufgaben, ein Projekt, mit dem er schließlich in die Vorentwicklung der Ottomotoren wechselt. 2000 geht die Technik mit dem Lupo erstmals in Serienproduktion. Fragt man Pott, ob er darauf stolz gewesen sei, antwortet er wieder nüchtern: »Es musste so funktionieren, technisch gab es damals keinen Plan B.«

2002 wird Pott gebeten, die Vorentwicklung für Ottomotoren zu leiten. »Das fühlte sich an wie ein Sechser im Lotto«, erinnert sich Pott. Eine große Herausforderung ist die neue Aufgabe dennoch. Pott führt plötzlich 60 statt fünf Mitarbeiter, muss gleichwohl fachlich tief im Detail bleiben, weil Volkswagen gerade die erste Generation der Benzindirekteinspritzer mit Turboaufladung entwickelt, die später als TSI-Motoren vermarktet werden. »Mit dieser Technik konnten wir nicht nur die Verbrauchsziele erreichen, die wir uns gesetzt hatten, sondern dem Autofahrer durch den Zugewinn an Drehmoment auch deutlich mehr Fahrspaß bieten.« Am Erfolg hat auch die FVV ihren Anteil: »In vielen Vorhaben wurden sehr grundlegende Ergebnisse zur Direkteinspritzung bei Ottomotoren erzielt.« Zudem kann Pott einige Mitarbeiter gewinnen, die durch Diplom oder Promotion innerhalb eines FVV-Vorhabens bereits einschlägige Kenntnisse mitbringen.

Nachdem Pott durch seine Arbeit dazu beigetragen hat, dass der Rückstand des Benziners auf den Diesel deutlich schrumpft, wechselt er 2007 die Seite und leitet fortan die Serienentwicklung großer Dieselmotoren – wobei mit »groß« der Fünfzylindermotor und dessen Ableitung als V10-Motor gemeint sind. Haupteinsatzgebiet des Fünfzylinders sind leichte Nutzfahrzeuge, vor allem die Transporter-Baureihe. Die Umstellung auf Vierventil- und Common-Rail-Technik steht an, gleichzeitig will der Konzern die Anzahl der Motorvarianten verringern. So gilt es, den Vierzylinder-Dieselmotor für den Transporter fit zu machen, wobei Belastungsanforderungen und Bauraum eine Nutzfahrzeug-spezifische Ausführung erfordern. 2009 ist es soweit, viele Bullifahrer trauern um den Fünfzylinder. Pott erwidert: »Man darf sich bei solchen Entscheidungen nicht von Emotionen leiten lassen. Der Vierzylinder hat sich als kostengünstiger, sparsamer und zuverlässiger erwiesen.«

2017 laufen in der Aggregateentwicklung von Volkswagen nach dem Dieselskandal die Aufräumarbeiten. Pott, der Geradlinige, entscheidet sich gegen eine erweiterte Führungsaufgabe, will wieder



DR.-ING. EKKEHARD POTT,

Jahrgang 1964, studierte Maschinenbau mit Fachrichtung Kraftfahrwesen an der RWTH Aachen. Seit seinem Berufseinstieg 1991 arbeitet er in verschiedenen Positionen in der Aggregateforschung und -entwicklung von Volkswagen. Derzeit verantwortet er die Baukastenentwicklung Berechnung, Methoden und Abgasnachbehandlung. In der FVV engagiert sich Pott als Leiter des Wissenschaftlichen Beirats.



stärker fachlich arbeiten. Das passt zum Anspruch des Konzerns, der mit der Vorbereitung seiner Aggregate auf die Euro-7-Abgasnorm hundertprozentige Regelkonformität nachweisen muss. »Dieser Aufgabe stelle ich mich gern«, sagt Pott. Gleichzeitig engagiert er sich wieder stärker bei der FVV, die er 1995 bereits als junger Ingenieur kennengelernt hatte. 2020 übernimmt er den Vorsitz im Wissenschaftlichen Beirat der Forschungsvereinigung, in einer Phase der starken Transformation hin zu klimaneutralen Antrieben. »Die Impulse, die vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung in dieser Phase leisten kann, sind wichtiger denn je zuvor«, zeigt sich Pott überzeugt.

So nüchtern Pott als Ingenieur argumentiert: Als er für den Fotografen seinen eigenen rot-weißen T2 öffnet, strahlt er pure Lebensfreude aus. Den Transporter, Baujahr 1979, hat er über einen Händler in Arizona gefunden und restaurieren lassen. Persönlich hat er sich dennoch um jedes Detail gekümmert. Die Schalter zum Beispiel sind Originalteile aus anderen Fahrzeugen. Gefahren wird der T2 nur bei gutem Wetter. Ziehen doch Wolken auf, stehen noch weitere Oldtimer in seiner Garage. Zu Lasten seiner Ehe geht das Hobby nicht: Seine Frau teilt die Leidenschaft zu alten Autos und fährt mit ihm immer wieder auch Rallyes. //



FVA

Forschungs- und
Innovationsnetzwerk in
der Antriebstechnik

VDMA

Arbeitsgemeinschaft
›Power-to-X
for Applications‹

FVV

Competence Center
Klima & Energie

VDMA

Multiplizierter Nutzen

Seit Gründung organisiert der VDMA, Sprachrohr des Maschinen- und Anlagenbaus in Deutschland und Europa, die Geschäftsstelle der FVV. Entstanden ist dadurch ein Netzwerk, das weit über die Grenzen der Forschungsvereinigung hinausreicht. Mitgliedsunternehmen der FVV wie MAN Energy Solutions, Rolls-Royce Power Systems oder ZF engagieren sich mehrfach und multiplizieren so ihren Nutzen.

Die Systemfrage

Die Perfektion einer Zahnflanke // Sie symbolisiert jene Tugend, die den deutschen Maschinenbau zum Exportschlager gemacht hat. Doch mechanische Eigenschaften sind längst nur mehr notwendig, nicht aber hinreichend für den Erfolg auf dem Weltmarkt. Das hat Auswirkung auf die Arbeit der **Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA)**, deren Geschäftsstelle analog zur FVV im Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) des VDMA organisiert ist. »Elektronik-Hardware und Software gewinnen mit zunehmender Elektrifizierung an Bedeutung«, erläutert Dr. Otmar Scharrer, Forschungs- und Entwicklungsleiter für elektrische Antriebe bei dem Zulieferer ZF und Vorstandsmitglied der FVA. Vor allem das System-Know-how ver helfe künftigen Antrieben zu differenzierenden Eigenschaften. Ein Hybridantrieb beispielsweise sei ein technisches Wunderwerk, dessen akustisches Verhalten vom Zusammenspiel aller Subsysteme abhängt, von der Ansteuerung

genauso wie von der Motor- und der Getriebemechanik und den elektrischen Komponenten. Die Gemeinschaftsforschung spielt für Scharrer dabei eine zweifache Rolle: »Einerseits verhilft sie auch kleinen, mittelständischen Zulieferern zur Kenntnis grundlegender Zusammenhänge. Und andererseits lernen die an den Forschungsprojekten beteiligten Nachwuchssingenieure von vorne herein systemisches Denken.«

Analog zum Bedarf der Mitgliedsunternehmen wandeln sich auch die Forschungsschwerpunkte der FVA. »Wir haben die Arbeit an elektrifizierten Antrieben frühzeitig ins Portfolio übernommen«, sagt Hartmut Rauen, langjähriger Geschäftsführer der FVA. »Gemeinsam mit der FVV generieren wir durch das E-MOTIVE Expertenforum Elektrische Fahrzeugantriebe Wissen, von dem die Mitglieder beider Forschungsvereinigungen profitieren.« Rauen, der auch stellvertretender Hauptgeschäftsführer des VDMA ist, blickt noch aus anderer Perspektive auf die Gemeinschaftsforschung: »Gemeinsam bilden FVA und FVV die komplette Breite nicht nur an Energiewandlern, sondern auch der Anwendungen ab.« Wenn die Gemeinschaftsforschung allen mobilen Anwendungen, vom Flurförderfahrzeug bis zum schweren Minen-Lkw, zu klimaneutralen und gleichzeitig wettbewerbsfähigen Antrieben verhilft, dann nutzt das dem gesamten Maschinenbau.



DR. OTMAR SCHARRER
Forschungs- und Entwicklungsleiter
für elektrische Antriebe
(ZF Friedrichshafen)

Das Timing

Den richtigen Zeitpunkt erwischen //

Für Dr. Uwe Lauber, den Vorstandsvorsitzenden von MAN Energy Solutions, steht fest, dass eine klimaneutrale Welt nur mit grünem Wasserstoff und darauf basierenden synthetischen Energieträgern zu erreichen ist. Allein in der Schifffahrt würden derzeit rund 300 Millionen Tonnen Kraftstoff verbrannt, von denen nur ein kleiner Teil durch direkte Stromnutzung zu ersetzen sei. Stattdessen könnten synthetisch hergestelltes Ammoniak oder Methanol an Bord zum Einsatz kommen. »Forschung und Entwicklung sind weit gediehen«, so Lauber. »Spätestens im Jahr 2030 könnten wir aus technischer Sicht fossile Energieträger in den meisten Anwendungen vollständig ersetzen.« Die eigentliche Herausforderung, so Lauber, bestehe in dem Produktionshochlauf für synthetische Kraftstoffe. »Wir reden hierbei über große Anlageninvestitionen in Regionen außerhalb Europas.« Das bedinge einerseits die technische Zusammenarbeit vieler spezialisierter Unternehmen, andererseits politischen Gestaltungswillen, etwa für die Zusammenarbeit mit Staaten, in denen Sonne und Wind eine effiziente, kostengünstige Strom- und damit Wasserstoffproduktion ermöglichen. Bei beidem hilft die VDMA-Arbeitsgemeinschaft ›Power-to-X for Applications‹ (P2X4A), dessen Vorsitzender Lauber ist. »Wir bringen Politik und wirtschaftliche Akteure zusammen, um beispielsweise realistische Roadmaps zu entwickeln.« Zuletzt ist das für den Luftverkehr gelungen, an einer Roadmap für den Marinesektor wird gearbeitet.

Peter Müller-Baum, Geschäftsführer des VDMA-Fachverbandes Motoren und Systeme, leitet die Arbeitsgemeinschaft seit ihrer Gründung 2018. »Wir haben in kurzer Zeit hohe Aufmerksamkeit für das Thema Power-to-X schaffen können«, berichtet er. In Berlin und Brüssel sei die Schlüsselrolle synthetischer Energieträger mittlerweile in vielen Köpfen verankert. Zudem gäbe es einen regen technischen Austausch unter den Mitgliedern, zu denen nicht nur die großen Anlagenhersteller, sondern auch viele mittelständische Zulieferer, etwa von Kompressoren oder Pumpen, zählen. Der europäische Maschinen- und Anlagenbau steht in den Startlöchern.



DR. UWE LAUBER
Vorstandsvorsitzender
(MAN Energy Solutions)

Die Regeln

Wasserstoff als Tafelwasser der Energiewende // Die regenerative Erzeugung, so die Forderung von Dr. Daniel Chatterjee, verantwortlich für die Technologiestrategie von Rolls-Royce Power Systems, soll deutlich kostengünstiger werden. Allein der technische Fortschritt wird jedoch nicht reichen, damit Wasserstoff und darauf basierende synthetische Kraftstoffe billiger werden als fossile Energieträger. »Die Regulierung spielt hierbei eine entscheidende Rolle«, erläutert Chatterjee, der sich im VDMA als Vorsitzender des Klima- und Energieforums engagiert. »In allen Sektoren, in denen sehr hohe Energiedichten benötigt werden, besteht die Bereitschaft, auf klimaneutrale Energieträger umzustellen. Doch kein Unternehmen wird deshalb seine wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit riskieren.« Die Politik in Berlin und Brüssel konstruktiv-kritisch zu begleiten, sei eine Kernaufgabe des Verbandes. »Viele Mitgliedsunternehmen sind hochspezialisierte Mittelständler, die auf sich allein gestellt kein Gehör finden würden«, so Chatterjee. Einen großen Vorteil sieht der Physiker auch darin, dass innerhalb des Verbandes global tätige Unternehmen aus allen Sektoren vertreten sind. »Die Klimaschutzpolitik der Zukunft darf nicht an den Grenzen einzelner Länder oder Sektoren Halt machen. Wir stehen für globale Lösungen.« Die Orientierungsstudien der FVV, lobt Chatterjee, lieferten für die politische Arbeit des Verbandes wichtige Grundlagen.

Da die Klimapolitik für den gesamten Maschinenbau eine Schlüsselrolle spielt, hat der VDMA ein eigenes **Competence Center Klima & Energie** gegründet. Geleitet wird es von Matthias Zelinger, der in der FVV in seiner Rolle als stellvertretender Geschäftsführer den Forschungsbereich Turbomaschinen betreut. Seine wichtigste Aufgabe sieht er darin, der Branche die Möglichkeit zur Innovation zu erhalten. »Ich habe durchaus Verständnis dafür, dass der Staat vor großen Investitionen in Infrastrukturen auch Technologie-Entscheidungen trifft«, sagt Zelinger. Allerdings sollte immer bedacht werden, dass Klimaschutz eine globale Aufgabe ist und dass die Wirtschaft zusammen mit den Gesetzgebern global tragfähige Lösungen entwickeln will. //



DR. DANIEL CHATTERJEE
Leiter Technologiestrategie
(Rolls-Royce Power Systems)

Das Zusammenspiel

Durch die Vereinigung der unterschiedlichen Disziplinen multiplizieren Mitglieder ihr Know-how und ihre Handlungsfähigkeit auf der »Straße des Wandels«.

→ Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist ein Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik und Träger der Industriellen Gemeinschaftsforschung auf diesem Gebiet. Mit rund 200 Mitgliedsunternehmen und 100 Forschungsinstituten hat die FVA bislang mehr als 2.000 Projekte realisiert.

→ fva-net.de

→ Die Arbeitsgemeinschaft »Power-to-X for Applications« organisiert den politischen und technischen Austausch entlang der kompletten P2X-Wertschöpfungskette. Sie wirbt in Öffentlichkeit und Politik für Alternativen zur direkten Elektrifizierung und eine technologieoffene Betrachtung der Energiewende.

→ p2x4a.vdma.org

Elektrische Antriebe

Chemische Energieträger

Synthetische Kraftstoffe

→ Im Competence Center Klima & Energie führt der VDMA die klima- und energiepolitischen Aktivitäten des Verbandes zusammen und bündelt das technologische Know-How der Branche zum Thema Nachhaltigkeit und Energie.

→ vdma.org/nachhaltigkeit-energie

E-MOTIVE
BY FVA



EMISSION-0
BY VDMA



»Der Schwarm- intelligenz vertrauen!«

Karl Haeusgen, VDMA Präsident,
über die Vorteile eines technologieoffenen Wandels

Auf die globale Herausforderung Klimawandel müssen wir mit der Transformation unserer zu großen Teilen auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft reagieren – soweit reicht der Konsens. In welcher Form dieser Wandel zu gestalten ist, darüber werden wir intensiv zu diskutieren haben. Jetzt. Besonders laut äußern sich in dieser Debatte bislang jene Kräfte, die ›Transformation‹ mit einer radikalen Abkehr von bisherigen Geschäftsmodellen und Technologien übersetzen. Meist gehen solche Äußerungen mit Forderungen nach stärkerer staatlicher Lenkung einher. Ich frage mich dann immer: Woher stammt die Zuversicht, dass der Staat für uns alle die richtigen Entscheidungen trifft, insbesondere wenn es darum geht, welche Technologien verfolgt werden sollen und welche nicht?

Wenn ich auf die Landkarte des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus schaue, sehe ich etwas anderes: die Schwarmintelligenz eines starken Mittelstandes in nahezu allen Regionen. Dieses auf einem freien Markt mit klaren und konsequent durchgesetzten Regeln basierende Wirtschaftsmodell hat uns zum Ausrüster von Fabriken

und kritischen Infrastrukturen überall in der Welt gemacht. Dass innerhalb eines solchen Marktes schnell Antworten auf drängende Umweltschutzfragen gefunden werden können, ist vielfach nachgewiesen. So hat die 1964 erstmals erlassene ›Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft‹ nicht nur den blauen Himmel über dem Ruhrgebiet zurückgebracht, sondern deutschen Unternehmen auch zur Technologieführerschaft in der industriellen Abluftreinigung verholfen – ohne jedoch konkrete Technologien vorzuschreiben. Ich sehe keinen Grund, warum ein offener Technologiewettbewerb nicht auch beim Klimaschutz zu global erfolgreichen Technologien führen sollte, zumindest so lange nicht massive staatliche Infrastrukturinvestitionen die Einschränkung technischer Vielfalt gebieten.

Es gibt, jenseits der Schwarmintelligenz, einen zweiten Erfolgsfaktor für den deutschen Mittelstand: den europäischen Einigungsprozess. Im globalen Wettbewerb mit den beiden anderen großen Wirtschaftsböcken China und USA stellt der starke europäische Heimatmarkt ein sicheres Basislager dar. Auch wenn



die Konsensbildung in einem Verbund demokratischer Staaten mitunter schwierig ist, sollten wir alles daran setzen, nicht nur gemeinsame Ziele, sondern auch von allen Mitgliedsstaaten geteilte Regeln zu definieren. Dass die technischen Antworten – etwa in den Energiesystemen – wiederum eine Vielfalt aufweisen, sollten wir nicht als Bedrohung, sondern als Chance begreifen. Denn dass sich die gesamte Welt in Richtung Klimaneutralität bewegt, ist spätestens im Jahr 2020 klar geworden. Extrem unwahrscheinlich dürfte es jedoch sein, dass dabei alle Staaten weltweit, unabhängig von gesellschaftlichen und geographischen Gegebenheiten, die gleichen Wege beschreiten.

Je offener wir dem Wandel begegnen und je mehr kluge Köpfe nach Antworten suchen, desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass ›Made in Germany‹ zusammen mit der europäischen CE-Kennzeichnung weltweit für die besten Klimaschutztechnologien steht. Deshalb sind wir froh darüber, die von der FVV betriebene Industrielle Gemeinschaftsforschung an nachhaltigen Antriebs- und Energiewandlungssystemen in unserem Netzwerk zu wissen. //

Der Familienunternehmer **KARL HAEUSGEN**, Jahrgang 1966, engagiert sich seit langem im VDMA. Im Oktober 2020 wurde er zum Präsident des Verbands gewählt. Der Betriebswirt arbeitete nach seinem Studium zunächst in verschiedenen Unternehmen des Maschinenbaus, bevor er zu HAWE Hydraulik wechselte, wo er 1996 Geschäftsführer des Unternehmens und 2008 Sprecher des Vorstandes wurde. Heute ist er Vorsitzender des Aufsichtsrats.

»Ingenieure gefragt!«

Stefanie Engelhard, Gründerin,
über den Beitrag von Ingenieuren zum Klimaschutz

Dass die von Menschen gemachte Luftverschmutzung zu einer globalen Erwärmung führt, legen Forschungsergebnisse seit Mitte der 1970er Jahre nahe. Inzwischen gehen Wissenschaftler sogar davon aus, dass der Klimawandel bereits um 1830 mit dem Beginn der industriellen Revolution einsetzte. Lange Zeit wurden die Warnungen allerdings in den Wind geschlagen, Wissen führte nicht zum Handeln. Das hat sich zum Glück seit einigen Jahren geändert. Die Politik ist international größtenteils bereit zu handeln.

Nur wie? Die Reduzierung von Emissionen ist in den Köpfen der Menschen häufig mit Verzicht geprägt: weniger Reisen, weniger heizen, weniger exotische Lebensmittel oder Fleisch konsumieren, langsamer fahren, weniger Kleidung kaufen. Dabei ist statt einfach nur »weniger« auch »anders« möglich. Dafür sind nun wir, die Ingenieure, gefragt. Nur wir können neue Technologien entwickeln, mit denen wir unser Alltagsleben nachhaltiger gestalten können. Ich bin optimistisch, dass neue Technologien und neue Verfahren eine Anpassung an das sich verändernde Klima ermöglichen und zusätzlich eine Verschärfung der Krise vermindern können. Jeffrey Sachs, Advokat und Vordenker der

»Sustainable Development Goals«, schrieb bereits 2018: »Beim Klimaschutz sind jetzt die Ingenieure dran.« Und das wollen wir auch! Allerdings fehlen teilweise noch die notwendigen Rahmenbedingungen, damit wir richtig durchstarten können.

Die größte Herausforderung sehe ich hier im Bereich der Finanzierung. Es gibt zwar bereits Investoren, die Schwerpunkte im Bereich Nachhaltigkeit setzen, aber solche Kriterien werden noch viel zu selten auf Wagniskapital angewendet. Zudem können wir der Klimakrise nicht allein durch Software-Lösungen begegnen, es sind vor allem innovative Hardware-Lösungen gefragt. Die Investitionssummen sind dabei deutlich höher und die Investitionslaufzeiten länger. Allerdings lassen sich auf Hardware auch handfeste Patente anmelden. Für viele Wagniskapitalgeber ist das Neuland. Dies behindert uns Ingenieure darin, unser volles Potenzial auszuschöpfen. Innovationen entstehen deshalb häufig gar nicht oder nur im Ausland.

Ich spreche aus eigener Erfahrung. Mein Mann Lars und ich haben das High-Tech Startup »Unleash Future Boats« gegründet und entwickeln umweltfreundliche, autonom fahrende



Schiffe für eine saubere und nachhaltige Mobilität auf dem Wasser. Unsere Boote verfügen über einen elektrischen Antrieb mit Brennstoffzellen und grünem Wasserstoff. Dadurch sind sie vollständig emissionsfrei. Gerade haben wir unseren Prototypen ›ZeroOne‹ vorgestellt. Ab Frühjahr 2023 werden die ersten emissionsfreien Kleinfähren, auf der Schlei, einem Meeresarm in Schleswig-Holstein, unterwegs sein.

Wir erhalten sehr viel Zuspruch durch die Politik und stoßen bei Metropolen im In- und Ausland auf Interesse. Trotzdem ist es auch für uns eine Herausforderung, deutsche Investoren für unser Projekt zu gewinnen. Aus dem Ausland haben wir bereits einige Anfragen – wir würden unser Wissen und unsere Innovationen aber lieber dem Standort Deutschland zur Verfügung stellen. //

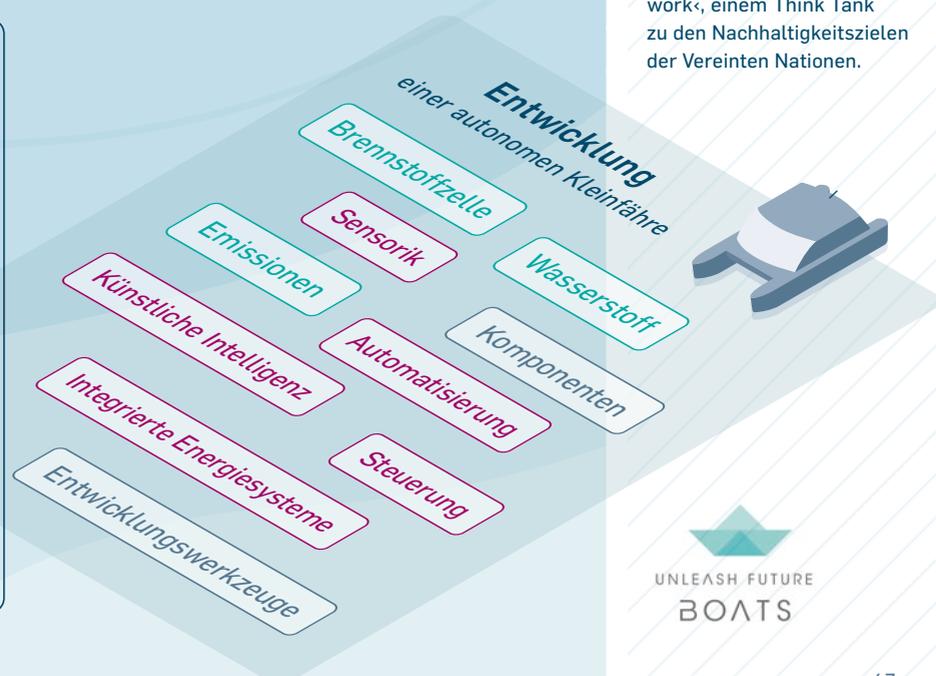
STEFANIE ENGELHARD

ist Mitgründerin von Unleash Future Boats, einem Start-up, das emissionsfreie und hochautomatisierte Kleinfähren entwickelt. Die Elektroingenieurin arbeitet nach ihrem Studium zunächst für mehrere namhafte Unternehmen, zuletzt als Projektleiterin bei Audi, entschied sich dann aber für die Selbständigkeit, gründete ein Ingenieurbüro und war Teilhaberin mehrerer Start-ups. Ehrenamtlich engagiert sie sich unter anderem im ›Viable World Design Network‹, einem Think Tank zu den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen.

→ Mit emissionsfreien Kleinfähren wollen Engelhard und ihr Mann die ›Wasserstraße des Wandels‹ erobern. Sie tragen damit zu sieben UN-Nachhaltigkeitszielen bei.



Vollständige Listung der Nachhaltigkeitsziele auf Seite 15.





Japanische
Schwesterorganisation
AICE



Internationaler
Dachverband der
Großmotorenindustrie



Global ist nicht egal

Klimaschutz ist eine globale Aufgabe. Die Entwicklung wettbewerbsfähiger Produkte für den Weltmarkt ebenso. Um neue Technologien – ob für Pkw oder für Containerschiffe – schneller in den Markt zu bringen, ist die Zusammenarbeit mit internationalen Partnern nicht nur sinnvoll, sondern auch inspirierend. Daher verbindet die FVV eine lange Partnerschaft mit der japanischen Forschungsvereinigung AICE und dem internationalen Dachverband der Großmotorenindustrie CIMAC.

Auf Augenhöhe

Einwählen, Ton anstellen, Präsentation hochladen // Schon vor der Corona-Pandemie gehörten Videokonferenzen zum Handwerkszeug von Christine Burkhardt und Yoshihiro Imaoka. Weitgehend über digitale Kanäle koordinierten sie das erste gemeinsame Projekt von FVV und der **japanischen Forschungsvereinigung AICE**. In dem Projekt sollten wichtige Grundlagen erforscht werden, um die Abgasemissionen im realen Fahrbetrieb zu verringern: Welche chemischen Mechanismen laufen während der Nachoxidation im Abgaskrümmer ab? Ist es möglich, diese durch ein einfaches Modell abzubilden? »Wir hatten die Forschungsaktivitäten in der Vergangenheit auf die Vorgänge im Zylinder konzentriert und wussten nicht genug über die Nachoxidation«, sagt Imaoka. Und er berichtet, sein Arbeitgeber Nissan setzt das eindimensionale Simulationsmodell, das in dem 2020 abgeschlossenen Forschungsvorhaben entstand, mittlerweile ein.

Dass die weitere Forschung an Verbrennungskraftmaschinen lohnt, steht für Imaoka außer Frage. So sieht die Roadmap von AICE vor, den Wirkungsgrad durch innovative Technologien bis zum Jahr 2030 auf mehr als 50 Prozent zu erhöhen – vergleichbar dem FVV-Vorhaben »ICE 2030«. Sogar 60 Prozent hält der Fachmann in der Zukunft für erreichbar. In Kombination mit Elektrifizierung, synthetischen Kraftstoffen und einer CO₂-Abscheidung aus der Luft soll bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts eine vollständig klimaneutrale Mobilität möglich werden. Sogar die CO₂-Abscheidung an Bord des Fahrzeugs soll zumindest als Option untersucht werden. »Durch die Zusammenarbeit mit der FVV gewinnen wir an Geschwindigkeit bei der Lösung komplexer Probleme«, sagt Imaoka.



YOSHIHIRO IMAOKA
Forschungsleiter
(Nissan Motor Corp)



CHRISTINE BURKHARDT
Geschäftsführerin
(EnginOS)

Burkhardt bestätigt, dass das auch für die mittelständisch geprägten Zulieferer und Ingenieurdienstleister in Deutschland gilt. »Japan und Deutschland sind in der Motorenforschung und -entwicklung technisch auf Augenhöhe. Wenn wir zusammenarbeiten, kommen wir schneller ans Ziel.« Das Nachoxidationsprojekt zeige gut, wie sich Kompetenzen ergänzen: Die deutsche Seite hat ihre Erfahrung in eindimensionaler Simulationsrechnung eingebracht, während in Japan spezielle Messtechnik vorhanden war, mit der die Simulationsergebnisse verifiziert werden konnten.

Neben der wissenschaftlichen Erkenntnis gibt es für AICE und FVV einen weiteren Gewinn aus den Gemeinschaftsvorhaben: die praxisnahe Ausbildung des Ingenieur-

nachwuchses. »Junge Menschen lernen so in einem frühen Stadium ihrer Ausbildung, wie man in globalen Teams zusammenarbeitet«, berichtet Imaoka. Zumal die Bearbeiter an den Universitäten oft weitere kulturelle Hintergründe einbrächten. In den Videokonferenzen während des Nachoxidations-Projekts referierten regelmäßig aus Tokio ein in Indien geborener Jungingenieur und aus Stuttgart ein wissenschaftlicher Mitarbeiter, der aus Italien stammt.

→ Die »Research Association of Automotive Internal Combustion Engines« (AICE) wurde im Jahr 2014 von acht japanischen Automobilherstellern gegründet, um nach dem Vorbild der FVV Industrielle Gemeinschaftsforschung durchzuführen.

→ aice.or.jp

→ Das im Text erwähnte Projekt »PostOxidation« (FVV-Projekt Nummer 1336) startete 2017 und wurde über Mittel des COLlective Research NETworkings CORNET gefördert (Fördernummer 234 EN), mit denen das Bundeswirtschaftsministerium transnationale Vorhaben der Industriellen Gemeinschaftsforschung teilfinanziert.



Forschen und Regeln

Rotterdam – Shanghai // Rund 11.000 Seemeilen trennen die beiden Seehäfen, die Route gehört zu den meistbefahrenen in der internationalen Handelsschifffahrt. Dr. Dirk Bergmann, Technikchef für die Turbolader-Sparte von ABB, nutzt das Beispiel gern, um die Herausforderungen zu skizzieren, vor denen die Schifffahrt steht. Ein klimaneutraler Energieträger muss nicht nur hinreichende Energiedichte aufweisen, damit mehr als 300 Meter lange Containerschiffe nonstop zwischen den Knotenpunkten des Welthandels fahren können. Es muss auch eine globale Übereinkunft getroffen werden, um welchen Energieträger es sich handelt. »Je nachdem, ob es sich beispielsweise um Ammoniak oder um Methanol handelt, müssen der Schiffsantrieb und Tankanlage anders ausgelegt werden«, erläutert Bergmann. »Das gilt überdies für die gesamte Infrastruktur im Hafen.« Deshalb engagiert er sich als Leiter der Strategiegruppe Treibhausgase für **CIMAC**, einem globalen Verband, der die Interessen der Hersteller und Betreiber von Großmotoren vertritt. Die Schifffahrt ist dabei nur eine Anwendung, aber für den Klimaschutz besonders wichtig: Rund drei Prozent der globalen CO₂-Emission werden durch Schiffe verursacht, Tendenz steigend.

Eigentlich zuständig für die Vereinbarung globaler Standards im Marinesektor ist die Internationale Seeschifffahrts-Organisation (IMO), eine Unterorganisation der Vereinten Nationen. Aktuell reichen deren Regularien jedoch nur bis ins Jahr 2026; bis dahin sollen die auf die Transportkapazität der Schiffe umgerechneten CO₂-Emissionen um elf Prozent sinken. »Wir bräuchten eigentlich eine deutlich langfristige Zielsetzung«, sagt Bergmann. »Handelsschiffe, die in den nächsten Jahren ihren Stapellauf erleben, werden zum größten Teil im Jahr 2050 noch auf den Meeren unterwegs sein.« Deshalb müssen deutlich klimaneutralere Antriebe, die 2030 verbaut werden sollen, bereits heute intensiv erforscht werden. Die nächste Überprüfung der IMO-Ziele ist allerdings erst für das Jahr 2025 vorgesehen. Um die Technologieentwicklung

DR. DIRK BERGMANN
Technikchef der Turbolader-Sparte
(ABB Schweiz)



dennoch voranzutreiben, arbeitet die CIMAC-Strategiegruppe an einem Ausblick, der die technischen Optionen aufzeigt und auch bewertet. Ein erstes Positionspapier wurde bereits Anfang vergangenen Jahres veröffentlicht.

»Die wissenschaftliche Arbeit in der FVV ist für diesen Prozess essentiell«, sagt Bergmann. So gilt beispielsweise Ammoniak als vielversprechender Energieträger, weil es bei der Verbrennung kein Kohlendioxid freisetzt. Doch die Zündwilligkeit von Ammoniak ist gering. »Das ist, als ob Sie mit nassem Holz Feuer machen wollen«,

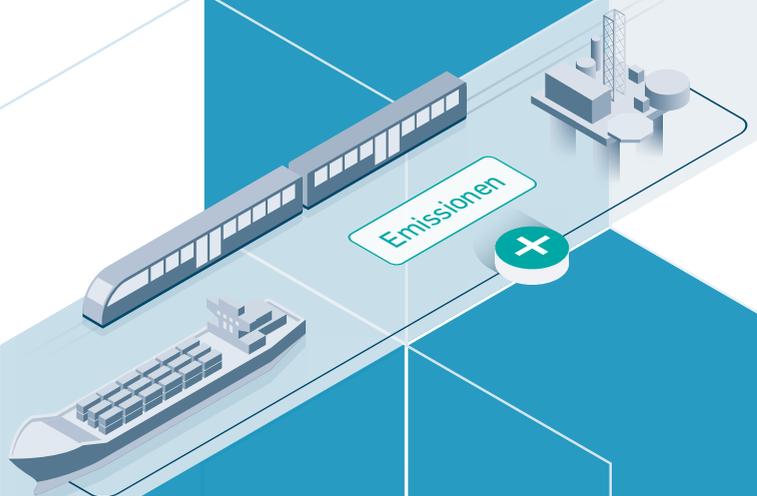
vergleicht Bergmann. Durch weitere Forschung, die sich intensiv mit dem Ammoniak-Brennverfahren beschäftigt, sei das Problem aber lösbar. »Die FVV liefert mit ihrer Forschung die Grundlagen, auf deren Basis wir bei CIMAC Vorschläge für neue Regelwerke entwickeln können.«

Denn über die Schifffahrt hinaus gilt: Ohne verbindliche Regeln für alle Marktteilnehmer werden sich klimaneutrale Energieträger schwertun. //

→ CIMAC vertritt die weltweiten Interessen der Großmotoren-Branche gegenüber Regulierungsbehörden und Normungsgremien. Mitglieder sind sowohl die Produzenten als auch die Betreiber von Großmotoren – entweder direkt als Unternehmensmitglieder oder über Verbandsmitgliedschaften.

→ cimac.com

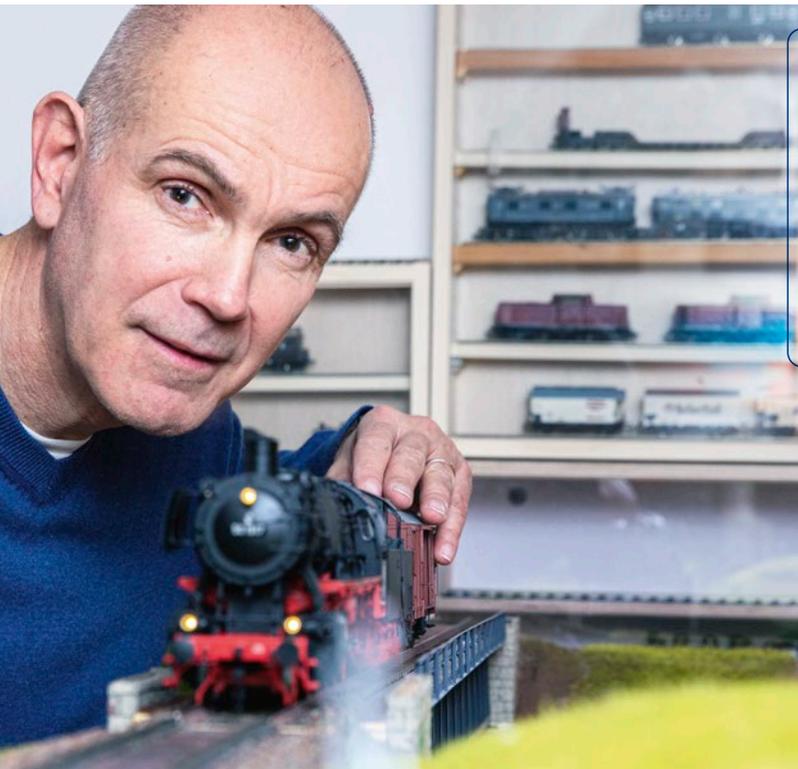
→ Die Geschäftsführung des Verbandes liegt seit 25 Jahren beim VDMA Fachverband Motoren und Systeme.



Weichen stellen

Der Luft- und Raumfahrtwissenschaftler **Dr. Dirk Hilberg** hätte fast in einer Spedition Karriere gemacht. Nun organisiert er Forschung an Zukunftstechnologien für seinen Arbeitgeber Rolls-Royce wie in der FVV. Er ist davon überzeugt: Den einen Weg gibt es nicht. Doch irgendwann muss man Entscheidungen treffen.





→ In seiner Freizeit ist Hilberg begeisterter Hobby-Eisenbahner. Beruflich hat er sich für einen anderen Verkehrsträger entschieden. Aber auch hier sind die Weichen für einen nachhaltigen Personenverkehr gestellt.

Der Einzelne gerät relativ schnell an Grenzen // Was in vielen Lebensbereichen gilt, bewahrheitet sich für engagierte Modellbahner rasch, wenn das eigene Heim zu klein für die geplante Anlage wird. Deshalb treffen sich seit den 1980er-Jahren Menschen aus zehn europäischen Ländern, Männer vor allem, die zueinander passende Module entwickelt haben. Sie verschalten die Module zu einer einzigen Anlage, bis zu 12.000 Quadratmeter groß, und spielen dann nach vorab vereinbarten Fahrplänen einen realitätsnahen Bahnbetrieb durch. Einer von ihnen ist Dirk Hilberg, im Hauptberuf Technologiemanager für Rolls-Royce. Seine Liebe zur Eisenbahn geht in die frühe Kindheit zurück. Schon im Kinderwagen verlangt er regelmäßig von der Mutter, an einen Bahnübergang geschoben zu

werden, um Züge zu beobachten. »Ich bin noch heute begeisterter Hobby-Eisenbahner«, gesteht Hilberg. Für den Triebwerksbau hat er sich trotzdem bewusst entschieden.

Als Sechzehnjähriger, Mathe und Physik sind längst die Lieblingsfächer, ist Hilberg klar: »Ich will Ingenieur werden.« An dem Beruf fasziniert ihn bis heute, dass er das Bindeglied zwischen der wissenschaftlichen und der praktischen Welt darstellt. Als die Entscheidung für einen konkreten Studiengang ansteht, wählt Hilberg Luft- und Raumfahrttechnik, eine Disziplin, die in den Jahren nach der Mondlandung als Synonym für technischen Fortschritt steht wie keine andere. »Mir war intuitiv klar, dass hier die spannendsten Aufgaben auf Ingenieure warten«, sagt er. »Und im Prinzip gilt das bis heute.«

1980 bieten nur wenige Universitäten in Deutschland den Studiengang an. Hilberg entscheidet sich für die TU Berlin, mit dem ihm willkommenen Nebeneffekt, dass Einwohner Westberlins nicht für den Wehrdienst herangezogen werden. Ein Studentenzimmer in einem Hinterhof, Kohleheizung, das Bad auf dem Flur und



eine große, anonym erscheinende Universität – den wohl behütet in Marburg aufgewachsenen Hilberg schockiert die Großstadt zunächst geradezu. Der Einstieg in das Studium fällt ihm schwer, Hilberg sucht sich einen Nebenjob bei einer kleinen Spedition, zunächst als Fahrer. Später steigt er gar zum Leiter der Berliner Niederlassung auf, arbeitet 40 bis 50 Stunden in der Woche, verdient relativ gut, kommt aber im Studiengang kaum voran.

Erst nach Jahren folgt der Moment, in dem Hilberg weiß: Er muss jetzt Weichen stellen. Er kündigt den Job und absolviert das komplette Hauptstudium inklusive Diplomarbeit am Triebwerksinstitut innerhalb von vier Semestern. Ein Angebot von Lufthansa

»Mir war intuitiv klar, dass hier die spannendsten Aufgaben auf Ingenieure warten.«

Technik schlägt er aus, stattdessen tritt er eine Promotionsstelle an der TU Berlin an. Hilberg beschäftigt sich mit turbulenten Strömungen, analysiert Strukturen und entwickelt Berechnungsmethoden. Wissenschaftliche Grundlagenforschung, die ihm 1994 ein Post-Doc-Stipendium der Alexander-von-Humboldt-Stiftung an der Stony-Brook-Universität ermöglicht und dann an die TU Berlin zurückführt.

Währenddessen hatte Rolls-Royce, zunächst noch in Zusammenarbeit mit BMW, vor den Toren Berlins mit der Entwicklung von Triebwerken für Geschäftsflugzeuge begonnen. 1997 arbeiten bereits fast 1.000 Menschen an dem Standort in Dahlewitz. Hilberg, mittlerweile verheiratet und Vater zweier Kinder, zweifelt an den Aussichten einer akademischen Karriere und startet als Entwicklungsingenieur für Luftsysteme. »Ich war gleich mittendrin in der Entwicklung der Baureihe BR 715«, erinnert sich der Ingenieur.

Die Umstellung vom akademischen Milieu in die Praxis fällt ihm nicht schwer. »Die Verantwortung für ein sicherheitskritisches Produkt und damit letztlich für Menschenleben zu haben, ist täglicher Ansporn und bereitet mindestens so viel Freude wie akademische Auszeichnungen«, sagt Hilberg. Auch das wirtschaftliche Denken, einst in der Spedition erlernt, bewährt sich jetzt wieder. Der vermeintliche Umweg war gar keiner, sondern ein gutes Training für die folgenden Positionen, als Programmmanager für das Kerntriebwerk genauso wie für das Forschungs- und Technologiemanagement, für das er ab 2018 verantwortlich ist.

Die Forschungsvereinigung lernt Hilberg schon kurz nach seinem Einstieg bei Rolls-Royce als Mitglied eines Arbeitskreises kennen. Schon bei der ersten Sitzung ist er vom hohen akademischen Niveau positiv überrascht – und engagiert sich seither. Als Stellvertretender Leiter des Wissenschaftlichen Beirats der FVV ist er mittlerweile für die grundsätzliche Ausrichtung der Gemeinschaftsforschung an Turbomaschinen verantwortlich. Dass dabei ganz unterschiedliche Strömungsmaschinen, vom kleinen Abgasturbolader über Flugturbinen bis hin zu großen stationären Gasturbinen, in einer Planungsgruppe verbunden sind, hält er für



DR. DIRK HILBERG,

Jahrgang 1960, ist als Senior Manager Research & Technology bei Rolls-Royce Deutschland für unternehmensübergreifende Forschungsprogramme verantwortlich. Der an der TU Berlin promovierte Ingenieur arbeitet seit 1997 in verschiedenen Positionen für den Triebwerkhersteller. In der FVV ist er als Stellvertretender Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats und als Leiter der Planungsgruppe PGT »Turbomaschinen« ehrenamtlich tätig.

einen Vorteil. »Wir befruchten uns gegenseitig. Strömungsmechanik oder Grundlagen der Werkstofftechnik sind schließlich nicht von der Größe einer Maschine abhängig.«

Der Einsatz von Wasserstoff als Brenn- beziehungsweise Treibstoff bietet Hilberg zufolge ebenfalls hohes Synergiepotenzial – über die Turbinen hinweg sogar zur Motorenforschung der FVV. »Es ist unser aller Aufgabe,

die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Dafür benötigen wir in bestimmten Anwendungen unbedingt chemische Energiespeicher wie Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe.«

Doch dafür benötigt es übergreifender Zusammenarbeit, schließlich muss ein komplettes, auf fossilen Energieträgern basierendes System umgebaut werden. Der Einzelne gerät dabei schon in der Forschung relativ schnell an Grenzen. //



Maximaler Wirkungsgrad in der Forschung

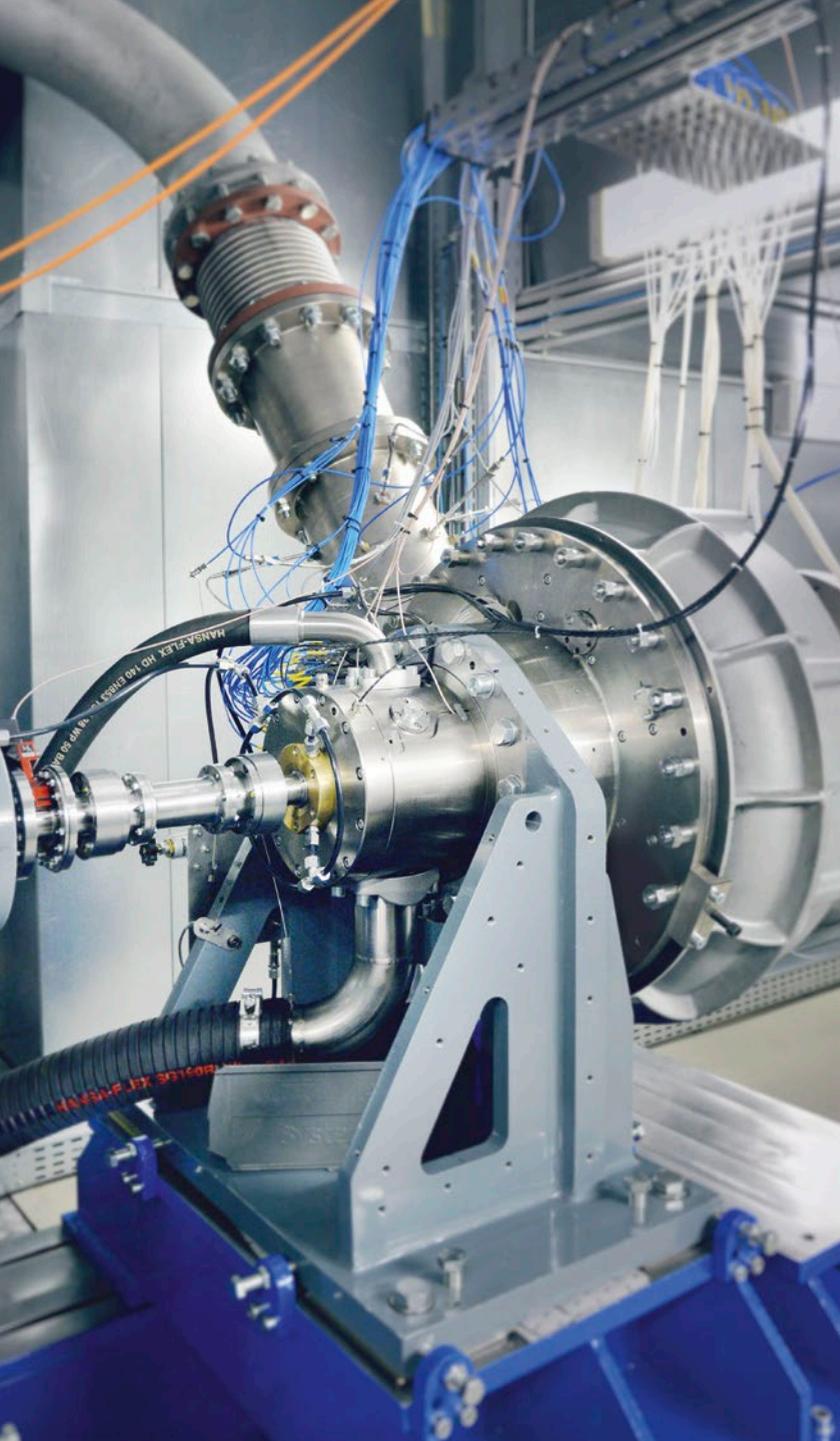
Die selten beachteten Radialverdichter spielen in einer modernen Industriegesellschaft eine Schlüsselrolle. Dass sie immer effizienter und leiser werden, dafür sorgt der FVV-Arbeitskreis ›Radialverdichterforschung‹ seit 50 Jahren. Ingenieure aus der Industrie und Wissenschaftler erzielen mit diesem Forschungsprogramm einen maximalen Wirkungsgrad bezogen auf die eingesetzten Mittel.

Das Wesentliche ist oft unsichtbar //

In Kupferhütten, die das Material für Elektromotoren herstellen, kommen Radialverdichter ebenso zum Einsatz wie bei der Produktion regenerativer Kraftstoffe. Sie versorgen Brennstoffzellen mit den nötigen Gasen, und auch die Turbolader für Pkw, Lkw oder Schiffe arbeiten mit demselben Verdichterprinzip. Eine moderne Industriegesellschaft ist ohne diese selten im Rampenlicht stehenden Maschinen kaum denkbar. Vor fünf Jahrzehnten entstand daher innerhalb der FVV der Arbeitskreis Radialverdichterforschung. Seither betreiben Industrie und Wissenschaft gemeinsam nicht nur Grundlagenforschung, sondern untersuchen praxisrelevante Phänomene wie Strömungsvorgänge, Schallentstehung und -ausbreitung sowie neue Laufradauslegungen.

Der Forschungsbedarf hält an. Im Laufe der Jahre und Jahrzehnte ändern sich Rahmenbedingungen und Anforderungen, sowohl auf gesetzlicher wie auch auf technischer Seite. So gilt die klassische Aerodynamik als nahezu vollständig erforscht; wichtiger wird nunmehr die Akustik, die sehr viel schwieriger zu erfassen und zu optimieren ist. Die Steigerung des Wirkungsgrads spielt hingegen nach wie vor eine große Rolle: »Man darf nicht vergessen, dass jede noch so geringe Wirkungsgradsteigerung über die gesamte Lebensdauer einer 5-Megawatt-Maschine sehr viel Energie und – sofern sie mit fossilen Brennstoffen betrieben wird – sehr viel CO₂ spart«, sagt Dr. Matthias Schleer, Obmann des FVV-Arbeitskreises Radialverdichterforschung.





»Nur mit dem Experiment kann man die Berechnungen kalibrieren, trimmen und verifizieren.«

2011 fällt die Entscheidung, am Institut für Strahltriebwerke und Turboarbeitsmaschinen (IST) der RWTH Aachen einen neuen Radialverdichterprüfstand aufzubauen. Denn trotz immer schnellerer Hochleistungsrechner und besserer Simulationsmethoden bleibt das Experiment am Prüfstand unverzichtbar: »Die Numerik ist nur eine Seite der Medaille des Erkenntnisgewinns. Aber nur mit dem Experiment kann man die Berechnungen kalibrieren, trimmen und verifizieren«, erklärt Professor Peter Jeschke, Leiter des Instituts für Strahltriebwerke und Turboarbeitsmaschinen (IST) an der RWTH Aachen. Er ist maßgeblich für den Aufbau und die Inbetriebnahme des neuen Prüfstands verantwortlich.

Mit einer Antriebsleistung von zwei Megawatt, einem Impellerdurchmesser von 400 Millimetern und der Möglichkeit, ihn mit bis zu 100 Sensoren zu bestücken, gehört der Radialverdichterprüfstand zu den größten und modernsten Einrichtungen Europas. Weltweit gibt es nur wenige vergleichbare Prüfstände mit diesen Dimensionen. Drei Millionen Euro investieren die FVV und die Mitgliedsunternehmen in das Projekt, fünf Jahre lang entwickeln Experten der RWTH Aachen gemeinsam mit Partnern aus der Turbomaschinenindustrie die nötigen Bauteile, errichten den Prüfstand und installieren die Messtechnik. Seit der Inbetriebnahme 2016 widmen sich die Forscher verschiedenen Themen: Neben aerodynamischen und akustischen Untersuchungen an verschiedenen Radialverdichterkonfigurationen entwickeln sie Methoden zur Vorhersage von Strömungsinstabilitäten, die die nutzbare Kennfeldbreite einschränken.

Lange Zeit war es üblich, dass große Turbomaschinen wochen- oder gar monatelang im Dauerbetrieb liefen. Durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energie ändert sich das: Turbomaschinen werden im flexiblen Betrieb mehrmals täglich rauf- und runtergefahren oder sie laufen häufiger im Teillastbereich. Am Radialverdichterprüfstand in Aachen untersuchen die Wissenschaftler in einem Projekt, wie sich das Kennfeld eines Verdichters verbreitern lässt, damit der Energieverbrauch an möglichst vielen Betriebspunkten optimiert ist. Möglich wird das beispielsweise durch ein variables Leitrad in der Ansaugstrecke, mit dem der Anströmwinkel der Luft auf das Laufrad geändert werden kann.

Neue Methoden, Materialien und Berechnungsverfahren sorgen für neue Erkenntnisse, mit denen sich effizientere und leisere Verdichter entwickeln lassen. Doch Forschung kostet Zeit, die meisten Vorhaben sind auf mehrere Jahre angelegt. Umbauarbeiten auf eine neue Prüfstandkonfiguration können Monate dauern, die Einarbeitung des Personals ist ebenso zeitaufwendig wie der Einbau neuer Messstellen. Vor allem aber gilt: »Wir müssen die Daten korrekt auswerten. Man muss erkennen, was ein Rauschen oder ein Fehler ist, auch eine falsche Kalibrierung vorab kann unbrauchbare Messdaten erzeugen«, sagt IST-Leiter Jeschke. Um diesem hohen Anspruch an Sorgfalt und Präzision gerecht zu werden, wird der FVV-Prüfstand bisher möglichst nur einen Tag pro Woche betrieben. In den nächsten Jahren werden sich Forschung und Wissenschaft zunehmend mit additiven Fertigungsverfahren befassen, mit denen sich komplexe



Mit der Einweihung des neuen Radialverdichterprüfstandes 2016 an der RWTH Aachen wird die Forschung unter realen Bedingungen möglich. Das Spektrum erweitert sich damit um experimentelle Vorhaben, wie:

→ » Design und Aufbau des FVV Industrieverdichters [1279]« // FÖRDERUNG: FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Matthias Schleer (Howden Turbo) // FORSCHUNGSSTELLE: Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen

→ » Umfangsinhomogene Radialverdichterströmung [1337]« // FÖRDERUNG: BMWi/AiF (20454 N) // PROJEKTLEITUNG: Dr. Thomas Hildebrandt (NUMECA) // FORSCHUNGSSTELLE: Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen

→ » Industrieverdichter mit breitem Kennfeld [1354]« // FÖRDERUNG: BMWi/AiF (20494 N) // PROJEKTLEITUNG: Dr. Matthias Schleer (Howden Turbo) // FORSCHUNGSSTELLE: Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen

→ » Akustik in Druckleitungen II [1383]« // FÖRDERUNG: DFG (258517910) und FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Irhad Buljina (MAN Energy Solutions) // FORSCHUNGSSTELLEN: Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen und Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik (ISTA), TU Berlin

→ » Radialverdichter im flexiblen Betrieb [1443]« // FÖRDERUNG: BMWi/AiF (03EE5067) und FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Matthias Schleer (Howden Turbo) // FORSCHUNGSSTELLE: Institut für Strahlantriebe und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen

1968 – 2021 Radialverdichterforschung

→ Zum Jubiläum des Arbeitskreises ›Radialverdichterforschung‹ gibt die FVV eine Sonderpublikation heraus. Sie fasst alle in den vergangenen zehn Jahren durchgeführten Forschungsvorhaben zusammen.

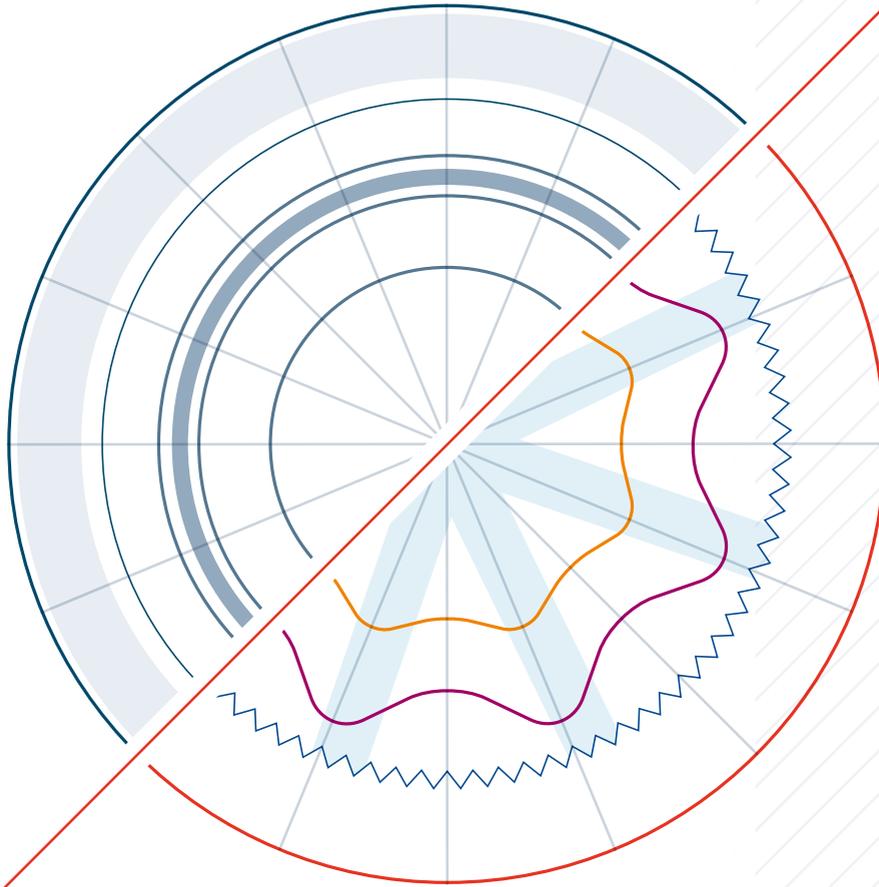
→ Und gibt einen Ausblick auf Schwerpunkte künftiger Projekte.



LaufRad-Geometrien realisieren lassen [→ Seite 68]. Auch Materialwissenschaften rücken in den Fokus, da die Impeller bei Höchstdrehzahl extrem hoch belastet sind.

Die Wissenschaftler in Aachen sitzen dabei nicht im Elfenbeinturm: Praxisnahe Forschung gemeinsam mit den Mitgliedsunternehmen aus der Industrie sorgt regelmäßig für Ergebnisse, die wiederum schnell in Industrieprodukte einfließt. So ist aus einem Projekt ein besonders effizientes Verdichterrad entstanden. Untersuchungen zur Akustik in Druckleitungen haben ein Messverfahren hervorgebracht, das deutlich einfacher und günstiger genauere Ergebnisse liefert, als es bislang der Fall war. In einem derzeit laufenden Forschungsprojekt wird dieses Messverfahren experimentell angewendet und überprüft. Institutsleiter Jeschke ist überzeugt, dass das neue Verfahren die bisherige DIN-Norm ersetzen wird.

So profitiert die Gesellschaft ebenso wie die FVV-Mitgliedsunternehmen. Arbeitskreisleiter Schleer hebt den konkreten Nutzen hervor: »Die meisten Mitglieder im Arbeitskreis könnten solche Ergebnisse nicht selbst generieren.« Denn neben großen Unternehmen sind auch viele kleinere Ingenieurdienstleister und KMU in der FVV-Radialverdichterforschung aktiv. »Durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung können sie diese Ergebnisse bei sich im Unternehmen nutzen und so ihre eigene Wettbewerbsfähigkeit stärken.« Das soll auch künftig so bleiben. //



Bauteile aus dem Drucker

Additiv gefertigte Kolben haben das Potenzial, Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen zu reduzieren. In einem FVV-Vorhaben werden zwei Kolbenvarianten für 3D-Druckverfahren ausgelegt, gedruckt, bearbeitet und experimentell untersucht. In zwei weiteren Projekten erheben Forscher Werkstoffkennwerte und erörtern Möglichkeiten zur Steigerung der Dauerhaltbarkeit additiv gefertigter Bauteile.

»Mit herkömmlichen Guss- oder Schmiedekolben lässt sich die benötigte, komplexe Geometrie kaum herstellen.«

Drucken statt Gießen // Schwere Nutzfahrzeuge für Langstrecken- oder Off-Highway-Anwendungen benötigen leistungsstarke und dauerhaltbare Motoren. In diesem Segment werden großvolumige Dieselmotoren noch einige Jahre alternativlos sein, wenn gleich batterieelektrische Antriebe oder Brennstoffzellen deutliche Entwicklungsfortschritte verzeichnen. Doch künftige NO_x- und CO₂-Grenzwerte lassen sich nur durch aufwendige Abgasreinigungssysteme oder innermotorische Maßnahmen einhalten. Bei einem strahlgeführten, diffusiven Brennverfahren beeinflussen die Kolbenform und die Mulde entscheidend die Gemischbildung und dementsprechend den Verbrennungsverlauf und die Emissionen. »Die Brennraumgestaltung hat daher Priorität, wenn man den Verbrennungsprozess optimieren möchte«, sagt Dr. Reza Rezaei, Leiter der Vorentwicklung für Nutzfahrzeugantriebe bei IAV in Gifhorn.

Im 2019 gestarteten FVV-Projekt »Innovative HD-Brennverfahrensauslegung« untersuchen Forscher der TU Darmstadt, der Leibniz Universität Hannover und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) zwei Kolbenvarianten mit komplexer Brennraumgeometrie, die mit additiven Fertigungsmethoden produziert werden. Mit herkömmlichen Guss- oder Schmiedekolben ließe sich die benötigte, komplexe Geometrie kaum herstellen, erklärt Projektkoordinator Rezaei: »Unsere Kolbenmulde ist nicht mehr rotationssymmetrisch, sondern asymmetrisch mit komplexer Geometrie, um die Gemischbildung und Verbrennung zu optimieren.« Um Wandwärmeverluste vom Kolben zu reduzieren, weisen die Kolben zudem spezielle Kühlkanäle im Inneren auf, die sich mit herkömmlichen Methoden nicht fertigen lassen.

Hohe Verbrennungsdrücke und -temperaturen erfordern ein hochbelastbares Material. Die Forscher haben sich für Inconel entschieden, eine Nickelbasis-Legierung, die sich gut für Hochtemperatur-Anwendungen eignet und auch in Raketentriebwerken zum Einsatz kommt. Zulieferer verarbeiten das Material mit dem selektiven Laserschmelz-Verfahren. Aus dem Drucker in den Motor? So einfach ist es nicht, sagt Rezaei: »Die Nachbearbeitung der Kolben ist eine Herausforderung für die Zulieferer, die damit erst noch Erfahrungen sammeln müssen.«

Eine Besonderheit des Projekts hebt Reza Rezaei hervor: »Die Institute in Darmstadt und Hannover waren zum Teil auf die Auslegungsprozesse der Industrie angewiesen, daher gab es regelmäßig und in kurzen Abständen Expertenrunden, um industrielle Erfahrung einfließen zu lassen.« Daimler Truck, Scania, Volvo Truck sowie weitere FVV-Mitglieder haben Interesse an dem Projekt und unterstützen die Forscher; der Versuchsmotor stammt von Daimler. Ab Oktober 2021 werden zwei Kolbenvarianten in dem Einzylinder-Versuchsmotor am Institut für Kolbenmaschinen des KIT in Karlsruhe experimentell untersucht. Demzufolge stehen Ergebnisse noch aus, doch die vorab durchgeführten CFD-Simulationen von Einspritzung, Gemischbildung und Verbrennung sind vielversprechend. Parallel zum

Experiment wird die zweite Kolbenvariante ausgelegt und additiv gefertigt. »Bei dieser Variante haben wir unter anderem die speziellen Kühlkanäle zur Reduktion der Wärmeverluste ausgelegt«, berichtet Rezaei.

Während interne Untersuchungen bei IAV ergeben haben, dass additiv gefertigte Kolben Spitzendrücken von mehr als 200 bar standhalten, fehlen bislang belastbare Daten zur Hochtemperaturlebensdauer. Daher entwickeln Forscher der TU Darmstadt in einem weiteren FVV-Projekt derzeit gemeinsam mit Kollegen der Universität Stuttgart ein spezielles Verfahren. Das ist nötig, da die Erhebung der Werkstoffkennwerte mit den zurzeit angewendeten Methoden sehr zeit- und kostenintensiv ist. Ein Grund hierfür ist, dass mittels additiver Fertigungsprozesse aufgrund der Vielfalt an Prozessparametern, örtlich variierender Abkühlbedingungen und geometrischen Bauteilbesonderheiten ein breites Spektrum an mikrostrukturellen Merkmalen erzielt werden kann. Dementsprechend variiert das lokale mechanische Werkstoffverhalten, unter Umständen sogar örtlich innerhalb eines Werkstücks. Um den Einfluss aller Parameter vollständig zu erfassen, wäre eine unwirtschaftlich hohe Anzahl an Versuchen nötig. Gleichzeitig würde der Vorteil eines agilen Entwicklungsprozesses entscheidend eingeschränkt. Ziel des Vorhabens ist daher die Erstellung eines Konzepts zur Evaluation solcher Bauteile basierend auf Proben-Prüfverfahren.





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



Foto: B. Bode, Prof. Dr. R. Lachmayer, IPeG, LUH

Additiv gefertigte Kolben haben sich bereits unter Rennsportbedingungen bewähren können, wie ein Projekt von Mahle und Porsche zeigte (Bild oben). In einem von der FVW initiierten Forschungsvorhaben werden nun auch Nutzfahrzeugkolben mit komplexen Geometrien untersucht (Bild unten).

»Additiv gefertigte Bauteile sind wichtige Bausteine einer smarten Produktion der Zukunft.«

Ebenfalls auf die Steigerung der Schwingfestigkeit zielt ein weiteres Vorhaben ab. Im Projekt »Additiv gefertigte Hochdruckbauteile« wollen Forscher der TU Darmstadt und der MFPA Weimar ab Oktober 2021 wissenschaftlich-technische Grundlagen zu Fertigungstechnologien, Werkstoff- und Bauteilverhalten und Berechnungsmethoden erarbeiten, mit denen sich die Schwingfestigkeit dieser Bauteile steigern und berechnen lässt. Dazu werden an der TU Darmstadt Untersuchungen zum zyklischen transienten Werkstoffverhalten, zur Ermüdungsfestigkeit und zum Risswachstum durchgeführt. An der Materialforschungs- und -prüfanstalt in Weimar widmen sich die Forscher unter anderem der Optimierung von Bauprozess und Wärmebehandlung, der Ermüdungsfestigkeit von Bauteilproben, der Mikrostruktur- und Schädigungscharakterisierung sowie Topografie- und Oberflächenanalysen.

Eine Möglichkeit, die Schwingfestigkeit zu steigern, bietet das Autofrettage-Verfahren. Hierbei werden Rohrleitungen oder Bohrungsverschneidungen einmalig mit hohem Innendruck beaufschlagt, sodass Innenbereiche plastifizieren. Die dann bei Druckentlastung entstehenden Druckeigenstressungen in den hochbeanspruchten Bauteilbereichen führen zu einer Steigerung der Bauteilschwingfestigkeit. Voruntersuchungen lassen darauf schließen, dass sich die Dauerfestigkeit durch die Autofrettage auch für additiv gefertigte Innenhochdruckbauteile um das Zweibis Dreifache erhöhen lässt. Durch dieses Verfahren kann der Einsatzbereich additiv gefertigter Bauteile um den Bereich innendruckbeanspruchter Strukturen – hierzu zählen unter anderem auch Kühlkanäle in Kolben – deutlich erweitert werden. Auch eine spezielle Wärmebehandlung verspricht zusätzliches Potenzial zur Festigkeitssteigerung.

Über alle Projekte hinweg sind sich die Forscher sicher: Additiv gefertigte Bauteile sind wichtige Bausteine einer smarten Produktion der Zukunft. Die Industrielle Gemeinschaftsforschung unterstützt insbesondere mittelständische Zulieferer dabei, die Transformation in Richtung Klimaneutralität und Digitalisierung zu unterstützen. //

Additive Fertigung von Bauteilen und Strukturen ist ein Querschnittsthema der Industriellen Gemeinschaftsforschung in der FVV. Die Ausnutzung der Gestaltungsfreiheit ist hier der Schlüssel zum Erfolg.

→ » Innovative HD Brennverfahrensauslegung [1368]« // **PLANUNGSGRUPPE:** PG 3 Selbstzündung // **FÖRDERUNG:** FVV // **PROJEKTL EITUNG:** Dr. Reza Rezaei (IAV) // **FORSCHUNGSSTELLEN:** Thermo-Fluids & Interfaces, TU Darmstadt / Institut für Kolbenmaschinen, KIT Karlsruhe / Institut für Produktentwicklung und Gerätebau, Leibniz Universität Hannover

→ » LPBF Hochtemperaturlebensdauer [1401]« // **PLANUNGSGRUPPE:** PGT Turbomaschinen // **FÖRDERUNG:** BMWi/AiF (21220 N) // **PROJEKTL EITUNG:** Dr. Roland Herzog (MAN Energy Solutions) // **FORSCHUNGSSTELLEN:** Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre, Universität Stuttgart / Zentrum für Konstruktionswerkstoffe, TU Darmstadt

→ » Additiv gefertigte Hochdruckbauteile [M1220]« // **PLANUNGSGRUPPE:** PG 4 Gestaltfestigkeit & Tribologie // **FÖRDERUNG:** BMWi/AiF (beantragt) // **PROJEKTL EITUNG:** Stefan Zimmermann (Woodward L'Orange) // **FORSCHUNGSSTELLEN:** Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik, TU Darmstadt / Materialforschungs- und -prüfanstalt, Bauhaus-Universität Weimar

Muldengeometrie und Kühlkanalgestaltung



Serienkolben
sind nur in herkömmlichen Formen kostengünstig realisierbar.



3D-gedruckte Kolben
lassen sich auch mit innovativen Formen wirtschaftlich produzieren.



Die FVV ist ein sehr lebendiges Forschungsnetzwerk: Zusammenarbeit, Vertrauen und Offenheit sind der Schlüssel unseres Erfolgs. Kreative Ideen und engagierte Menschen sichern nachhaltig den Nutzen unseres Netzwerks. An den gemeinsamen Projekten schätzen wir die kollegiale Zusammenarbeit aller Netzwerkpartner und ganz besonders die Exzellenz unserer Forschungsstellen. Und wir suchen aktiv die Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern, die unsere Ideen und Ziele teilen.

Die Menschen und Projekte, die wir in diesem Jahresmagazin vorstellen, sind nur ein kleiner Ausschnitt dessen, was die FVV im Ganzen ausmacht. Wir möchten daher unserem tollen Netzwerk an dieser Stelle ganz herzlich DANKE sagen!

Persönliche Kontakte sind nicht zu ersetzen! Werfen Sie gerne einen Blick auf unsere Veranstaltungstipps 2022 und merken Sie sich bitte die **Termine der FVV-Tagungen** vor:

Frühjahr – 31. März / 01. April 2022

Herbst – 06. / 07. Oktober 2022

Wir sehen uns!



Multiplizierter Nutzen: Kooperationen 2022

Wer neue Ideen verfolgt, braucht manchmal einen langen Atem. Und praxisnahen Austausch. In unserem Netzwerk finden Sie beides. Gespräche zwischen Herstellern und Zulieferern, Entwicklern und Wissenschaftlern, führenden Ingenieuren aus der Industrie und renommierten Forschern aus Deutschland, Europa und der Welt fördern nicht nur das gegenseitige Verständnis, sondern stellen außerdem einen schnellen und effizienten Transfer der neu gewonnenen Erkenntnisse in die industrielle Praxis sicher.

Fotos:

›Der Antrieb von morgen‹: AVL
FVV Prime Movers: Charles Yunck
›P2X-Konferenz‹:
style-photography, iStock
Rest: Veranstalter



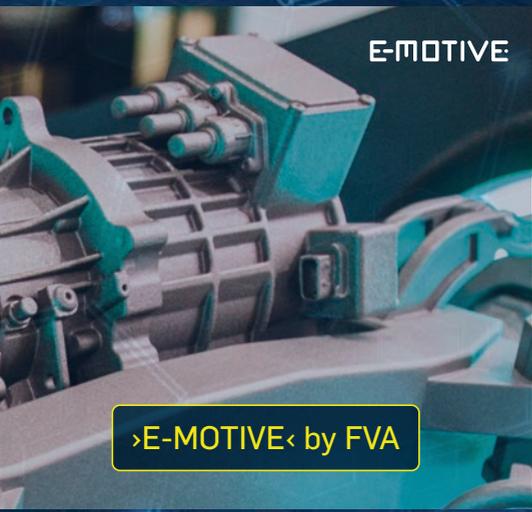
FVV PrimeMovers.
Networking Events.

›CIMAC Congress‹



FKFS
RESEARCH IN MOTION

›Internationales Stuttgarter Symposium‹



E-MOTIVE

›E-MOTIVE‹ by FVA



ATZ live



›Antriebe und Energie-
systeme von Morgen‹



FVV



VDMA

›P2X-Konferenz‹



FVV PrimeMovers. Publikationen.

MTZ / ATZ – PROJEKTBERICHTE

- **MTZ 11/2020:** Modellprädiktive Luftpfadregelung am Ottomotor // Projekt: Regelung Hochlast-Abgasrückführung [1265] › Motoren › PG 1 › Werkstoffe
- **ATZ heavyduty 02/2020:** Test zur Belagsbildungsneigung von Dieseldieselkraftstoffen in Injektoren // Projekt: JFTOT-Diesel II [1285] › Motoren › PG 4 › Werkstoffe
- **MTZ 01/2021:** Untersuchungen zur Ablagerungsbildung und -zersetzung aus Harnstoff in SCR-Systemen // Projekt: AdBlue Deposits [1262] › Motoren › PG 6 › Emission
- **MTZ 02/2021:** Thermische Beeinflussung des ATL-Gesamtsystems unter Berücksichtigung der gekoppelten Lagerstellen // Projekt: Thermisch beeinflusste ATL-Lagerreibung [1238] › Turbomaschinen › PGT › Entwicklungswerkzeuge
- **MTZ 04/2021:** Optimierung des Motorwassermantels vom Konzept bis zur Fertigungsreife // Projekt: Präzises Temperaturmanagement [1266] › Motoren › PG 1 › Entwicklungswerkzeuge
- **MTZ 05-06/2021:** CNG-DI-Brennverfahren in Kombination mit Hochlast-AGR und Miller-Verfahren // Projekt: Motor im $\lambda=1$ -Betrieb mit Hochlast-AGR [1202] › Motoren › PG 2 › Wirkungsgrad

MTZ / ATZ – FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

- **MTZ 07-08/2020:** »Wir müssen ›Return on Investment‹ denken« // Schwerpunkt: CO₂-Lebenszyklusemissionen im Mobilitätssektor
- **MTZ 09/2020:** Motorenforschung in internationalen Kooperationen // Schwerpunkt: Internationale Forschung
- **MTZ 03/2021:** Fremdgezündete Motoren – Grundlagenforschungen für eine nachhaltige individuelle Mobilität // Schwerpunkt: Fremdzündung
- **ATZheavyduty 01/2021:** Wasserstoff als Plattformtechnologie // Gastkommentar von Dietmar Goericke (Geschäftsführer der FVV)

WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN

- **FutureFuels Blog 09/2020:** Es gibt keine klare Gewinnertechnologie // Projekt: CO₂-Lebenszyklusemissionen im Mobilitätssektor [1365]
- **Aachen Colloquium 2020:** Climate Protection in Road Transport Requires a Comprehensive Approach – A Meta Analysis of CO₂-Life Cycle Studies // Projekt: CO₂-Lebenszyklusemissionen im Mobilitätssektor [1365]
- **International Vienna Motor Symposium 2021:** Taking a Systemic View // Projekt: CO₂-Lebenszyklusemissionen im Mobilitätssektor [1365]
- **ZSW Pressemitteilung 02/2021:** Spatenstich HyFaB // Projekt: Generischer Brennstoffzellenstack [1366]



MTZ Fachartikel

Die MTZ ist das internationale technisch-wissenschaftliche Fachmagazin für Ingenieure in der Antriebsentwicklung mit besonderer Ausrichtung auf die Entwicklung elektrifizierter und verbrennungsmotorischer Antriebe. Daneben berichtet sie auch über klassische Themen wie Reibungsminimierung, Aufladung oder Ladungswechsel und Ventiltrieb.

www.MTZ-magazine.com



ATZ Fachartikel

Die ATZ ist das führende internationale Technikmagazin für Entscheider in der Automobilentwicklung. Sie präsentiert seit mehr als 120 Jahren zukunftsweisende Lösungskonzepte in der Automobilentwicklung und neueste Informationen für die tägliche Arbeit der Ingenieure rund um das Gesamtfahrzeug – ob Fahrwerk oder Karosserie, Lichttechnik, Klimatisierung oder Wärmemanagement.

www.ATZ-magazine.com



FVV PrimeMovers. Themen.



FVV Themenseiten

Die Themenplattform informiert über Forschungsergebnisse wichtiger Zukunftsfragen und identifiziert zukünftigen Forschungsbedarf. Entdecken Sie Themen, die unser Denken leiten und die darauf aufsetzende Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren, die zusammen mit uns an bestmöglichen Technologien der Zukunft forschen.

www.PrimeMovers.de

FVV Newsletter

Für Mitglieder und Freunde der FVV:
Der elektronische Newsletter versorgt Sie regelmäßig mit Neuigkeiten aus unserem Innovationsnetzwerk und Wissenswertem rund um Industrielle Gemeinschaftsforschung und Technologieförderung – melden Sie sich jetzt an! Der Bezug kann jederzeit beendet werden.

www.fvv-net.de | Medien | Newsletter

FVV GESCHÄFTSBERICHT

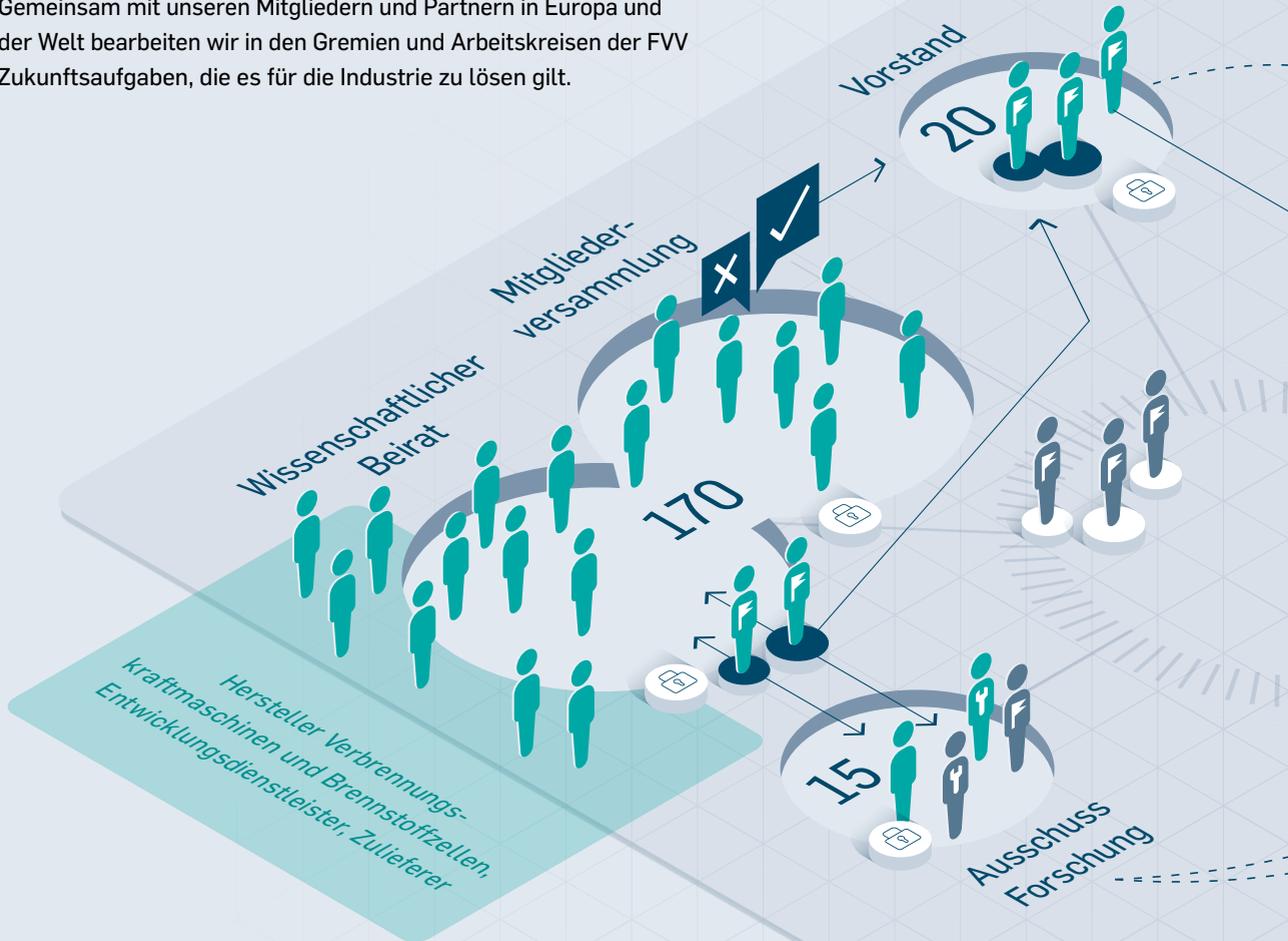
2020/2021



Vereinsstruktur

GREMIEN UND FORSCHUNGSNETZWERK

Europa ist die größte Plattform für Wissen und Innovationen weltweit. Grenzüberschreitende Zusammenarbeit in der FVV vereint die besten Köpfe und Ideen. Sie macht den Unterschied. Gemeinsam mit unseren Mitgliedern und Partnern in Europa und der Welt bearbeiten wir in den Gremien und Arbeitskreisen der FVV Zukunftsaufgaben, die es für die Industrie zu lösen gilt.



EINGESetzte/GEWÄHLTE
VERTRETER

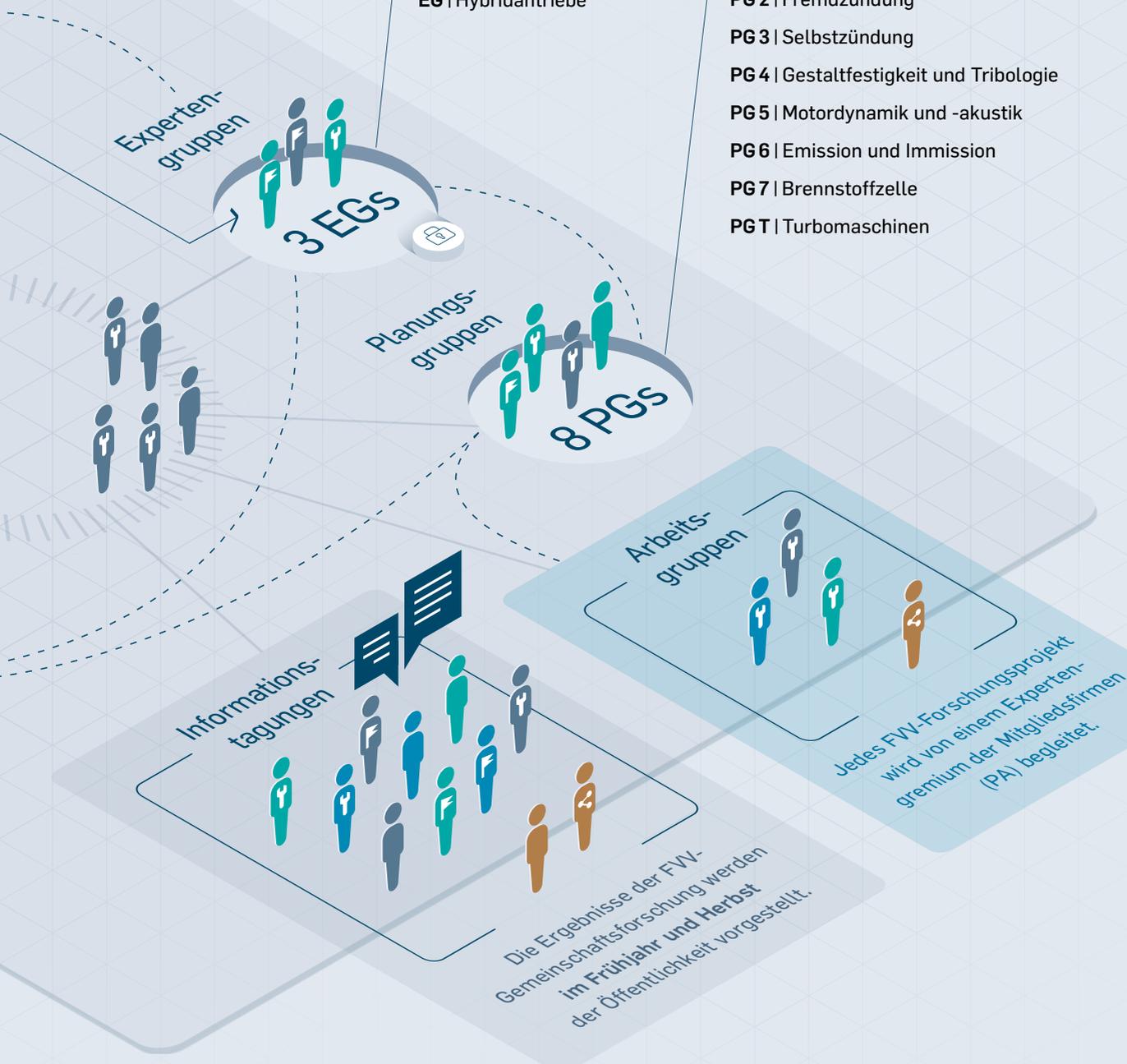


EXPERTENGRUPPEN

- EG | Alternative Kraftstoffe
- EG | Digitalisierung und KI
- EG | Hybridantriebe

PLANUNGSGRUPPEN

- PG1 | Gesamtsystem
- PG2 | Fremdzündung
- PG3 | Selbstzündung
- PG4 | Gestaltfestigkeit und Tribologie
- PG5 | Motordynamik und -akustik
- PG6 | Emission und Immission
- PG7 | Brennstoffzelle
- PGT | Turbomaschinen



Die Ergebnisse der FVW-Gemeinschaftsforschung werden im **Frühjahr und Herbst** der Öffentlichkeit vorgestellt.

Jedes FVW-Forschungsprojekt wird von einem Expertengremium der Mitgliedsfirmen (PA) begleitet.

Mitglieder

MITGLIEDSFIRMEN UND IHRE VERTRETER

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
A Aalberts Surface Treatment GmbH	Kerpen	Uwe Franz
ABB Turbo Systems AG	Baden (CH)	Dr. Dirk Bergmann
AeroDesignWorks GmbH	Köln	Georg Kröger
Afton Chemical GmbH	Hamburg	Walter Kudlich
AIP GmbH & Co. KG	Haldenwang	Christian Hartmann
AKKA GmbH & Co. KGaA	Fellbach	N.N.
Albonair GmbH	Dortmund	Dr. Georg Hühthwohl
AM Metals GmbH	Halsbrücke	Dr. Florian Wendt
ANSYS Germany GmbH	Otterfing	Dr. Wolfgang Bauer
APL GmbH	Landau	Dr. Marcus Gohl
Aramco Overseas Company B.V.	Den Haag (NL)	Dr. Patrick Gastaldi
↑ ARTECO NV	Sint-Denijs (BEL)	Dr. Serge Lievens
ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH	Neusäss	Dr. Thomas Wilharm
Atlanting GmbH	Aachen	Raimund Vedder
Atlas Copco Energas GmbH	Köln	Dr. Hauke Wittich
AUDI AG	Ingolstadt	Dr. Christian Brenneisen
AVAT Automation GmbH	Tübingen	Frank Ganssloser
AVL Deutschland GmbH	Mainz-Kastel	Dr. Moritz Frobenius
AVL List GmbH	Graz (AT)	Prof. Dr. Peter Prenninger
B B&B-AGEMA GmbH	Aachen	Dr. Karsten Kusterer
BASF Catalysts Germany GmbH	Hannover	Andrzej Bucholc
Bayerische Motorenwerke AG	München	Robert Mirlach
Benteler Automobiltechnik GmbH	Paderborn	Dr. Fabian Fricke
Bertrandt Projektgesellschaft mbH	Ehningen	Matthias Rühl
BMTS Technology GmbH & Co. KG	Stuttgart	N.N.
↻ BorgWarner Ludwigsburg GmbH	<i>Konzernmitgliedschaft BorgWarner Turbo Systems GmbH</i>	
BorgWarner Turbo Systems GmbH	Kirchheimbolanden	Dr. Stefan Münz
Bosch Engineering GmbH	Abstatt	Nico Kappel
C ↑ Cataler Corporation Europe	Düsseldorf	Dr. Carsten Stoecker
Caterpillar Energy Solutions GmbH	Mannheim	Dr. Sebastian Ohler
Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG	Kiel	Andreas Banck
CFTurbo GmbH	Dresden	Dr. Oliver Velde
↓ Clariant Produkte (Deutschland) GmbH	Bruckmühl-Heufeld	

↑ eingetreten ↓ ausgetreten

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
Convergent Science GmbH	Linz (AT)	Dr. Rainer Rothbauer
Corning GmbH	Wiesbaden	Dr. Thorsten Boger
Coryton Advanced Fuels Ltd.	Stanford-le-Hope (GB)	Arne Gimmini. Ben Lampertz
CTWe GmbH	Henfenfeld	Daniel Büschelberger
Cutting-Edge Nanomaterials UG	Waldenbuch	Dr. Seyed Schwan Hosseiny
D DAF Trucks N.V.	Eindhoven (NL)	Bram Hakstege
Daido Metals Co., Ltd.	Inuyama, Aichi (JP)	Minoru Hanahashi
Daimler Truck AG	Stuttgart	Dr. Volker Schmeißer
 Delphi Technologies	<i>Konzernmitgliedschaft BorgWarner Turbo Systems GmbH</i>	
Delta JS AG	Zürich (CH)	Dr. Joachim Schmied
DERC GmbH	Oberroth	Mario Kornprobst
DEUTZ AG	Köln	Taghi Akbarian, Dr. Heiner Bülte
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach	Dr. André Casal Kulzer
E ↑ eCon Engineering Germany GmbH	Kirchheimbolanden	Uwe Tomm
ELGAN Diamantwerkzeuge GmbH & Co. KG	Nürtingen	Hans-Peter Böhm
Emission Partner GmbH & Co. KG	Saterland	Dr. Klaus-Dieter Zanter
Engineering Center Steyr GmbH & Co. KG	Sankt Valentin (AT)	Ronald Penzinger
EnginOS GmbH	Ostfildern	Christine Burkhardt
Erbslöh Aluminium GmbH	Velbert	
ERC Additiv GmbH	Buchholz	Dr. Martin Müller
ETAS GmbH	Stuttgart	Thorsten Huber
Evonik Industries AG	Darmstadt	Michael Seemann
Exothermia SA	Pylaia (GR)	Dr. Alexis Manigrasso, Dr. Konstantinos Michos
F Faurecia Emissions Control Technologies, Germany GmbH	Augsburg	Emmanuel Jean
Federal-Mogul Burscheid GmbH	Burscheid	Thomas Bastuck
Federal-Mogul Nürnberg GmbH	Nürnberg	Klaus Lades
Federal-Mogul Valvetrain GmbH	Barsinghausen	Frank Zwein
Federal-Mogul Wiesbaden GmbH	Wiesbaden	Dr. Uwe Lehmann
FEV Europe GmbH	Aachen	Christof Schernus
FKFS Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart SdbR	Stuttgart	Hans-Jürgen Berner

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
Ford-Werke GmbH	Köln	Dr. Ulrich Kramer
↓ FPT Motorenforschung AG	Arbon (CH)	
Freyberger engineering GmbH	Köln	Dr. Christian Töpel
FUCHS SCHMIERSTOFFE GMBH	Mannheim	Dr. Manfred Harperscheid
FVTR GmbH	Rostock	Dr. Martin Reißig
G Gamma Technologies Inc.	Westmont (US)	Jan Böbel, Dr. Thomas Morel
Garrett Advancing Motion Inc.	Rolle (CH)	Jean-Sebastien Roux
GE Power AG	Mannheim	Dr. Michael Ladwig
Gehring Technologies GmbH	Ostfildern	Gerhard Flores
GF Casting Solutions AG	Schaffhausen (CH)	Ilias Papadimitriou
↓ GIE. RE. PSA – Renault	Guyancourt Cedex (FR)	
Gleitlagertechnik Essen GmbH	Essen	Dr. Stefan Verstege
Gleitlagertechnik Weißbacher GmbH	Alpen	Dr. Christoph Weißbacher
↓ GM Global Technology Operation LLC	Pontiac (US)	
GTW Technik s.r.o.	Třemošná (CZ)	Jiri Sujanec
H Haltermann Carless Deutschland GmbH	Hamburg	Dr. Jens Schaak
HEAD acoustics GmbH	Herzogenrath	Prof. Dr. Klaus Genuit
Heinzmann GmbH & Co. KG	Schönau	Anton Gromer
Hengst SE	Münster	Ingo Brunsmann
Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG	Hanau	Dominik Sperzel
Hitachi Automotive Systems, Ltd.	Chiyoda-ku (JP)	Yoshihito Yasukawa
HJS Emission Technology GmbH & Co. KG	Menden	Klaus Schrewe
↓ hofer powertrain münchen GmbH	Lenting	
Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH	Offenbach	Dr. Michael Fischer
Howden Turbo GmbH	Frankenthal	Dr. Matthias Schleer
I IAV GmbH	Berlin	Marc Sens
IAVF Antriebstechnik GmbH	Karlsruhe	Dr. Peter Berlet
↑ IBIDEN Ceram GmbH	Frauental	Dr. Irene Begsteiger
IFP Energies nouvelles	Rueil-Malmaison Cedex (FR)	Bruno Walter
IHI Charging Systems International GmbH	Heidelberg	Dr. Jan Ehrhard
Industrial Analytics Berlin GmbH	Berlin	Dr. Richard Büsow
↓ Ingenieurbüro Dr. Linnhoff	Haltern am See	

↑ eingetreten ↓ ausgetreten

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
INNIO Jenbacher GmbH & Co. OG	Jenbach (AT)	Dr. Stephan Laiminger
INPROSIM GmbH	Kriftel	Hartmut Chladek
Interkat Catalyst GmbH	Königswinter	Dr. Jörg Spengler
INTES GmbH	Stuttgart	Dr. Reinhard Helfrich
ISimQ GmbH	Wargau	Dr. Georg Scheuerer
IST GmbH	Aachen	Dr. Jochen Lang
ISUZU MOTORS Germany GmbH	Ginsheim-Gustavsburg	Ottmar Degrell
J Johnson Matthey GmbH & Co. KG	Sulzbach	Dr. Claus Görsmann
K Karl Dungs GmbH & Co. KG	Urbach	Karl Dungs, Peter Meijer
KEYOU GmbH	Unterschleißheim	Thomas Ebert
Kingsbury GmbH	Göttingen	Dr. Morched Medhioub
 Kistler Erkelenz GmbH	<i>Konzernmitgliedschaft Kistler Instrumente AG</i>	
Kistler Instrumente AG	Winterthur (CH)	Dr. Dieter Karst, David Mauke
KIT Campus Transfer GmbH	Karlsruhe	Dr. Olaf Toedter
↓ Kolben Seeger GmbH & Co. KG	Steinbach	
Kompressorenbau Bannewitz GmbH	Bannewitz	Dr. Ingolf Lehmann
KRATZER AUTOMATION AG	Unterschleißheim	Holger Mai
↑ KS Engineers Deutschland GmbH	Kernen	Frederik Eise
KST Motorenversuch GmbH & Co. KG	Bad Dürkheim	Anton Feil
L LaVision GmbH	Göttingen	Dr. Joachim Deppe, Dr. Heinrich Voges
LEC GmbH	Graz (AT)	Dr. Gerhard Pirker, Prof. Dr. Andreas Wimmer
Liebherr Machines Bulle SA	Bulle (CH)	Dr. Bouzid Seba
LOGE Deutschland GmbH	Cottbus	Vivien Günther
Lubrisense GmbH	Hamburg	Dr. Sven Krause
M M. JÜRGENSEN GmbH & Co KG	Sörup	Björn Randow
MAHLE Behr GmbH & Co. KG	Stuttgart	Dr. Marco Warth
MAHLE International GmbH	Stuttgart	Dr. Marco Warth
Main-Metall Tribologie GmbH	Altenglan	Wladimir Buchbinder, Erik Gutwein
MAN Energy Solutions SE	Augsburg	Dr. Alexander Knafel, Dr. Thomas Polklas

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
MAN Truck & Bus SE	München	Andreas Sommermann
MANN+HUMMEL GmbH	Ludwigsburg	Markus Kolczyk
Maschinenfabrik Guido GmbH	Neutraubling	Hans-Jürgen Guido
MET GmbH	Rostock	Prof. Dr. Siegfried Bludszuweit
Metal Improvement Company LLC	Unna	Oliver Schuchardt
MIBA Gleitlager Austria GmbH	Laakirchen (AT)	Dr. Rainer Aufischer
Miba Industrial Bearings Germany GmbH	Göttingen	Stephan Faulhaber
Modine Europe GmbH	Filderstadt	Dr. Martin Wierse
MOT Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft für Motorentchnik, Optik und Thermodynamik mbH	Karlsruhe	Ralf Kloiber
Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG	Ruhstorf	Sebastian Wohlgemuth
MTU Aero Engines AG	München	Heinz Knittel
MULTITORCH GmbH	Sinsheim	Dr. Christiane Kuhnert
N NEMAK Europe GmbH	Frankfurt am Main	Dirk Ragus
↑ Neste Oyj	Espoo (FIN)	Mats Hultman
nexiss GmbH	Darmstadt	Dr. Markus Kaiser
NGK Europe GmbH	Kronberg	Claus-Dieter Vogt
Nissan Motor Co., Ltd.	Kanagawa (JP)	Dr. Toru Noda
NOVA WERKE AG	Effretikon (CH)	Kurt Brüngger
NUMECA – Ingenieurbüro Dr.-Ing. Th. Hildebrandt	Altdorf	Dr. Thomas Hildebrandt
O OMEGA RENK BEARINGS PVT. LTD.	Bhopal (IN)	Manbendra Bhakta
Opel Automobile GmbH	Rüsselsheim am Main	Arndt Döhler
P Pankl Turbosystems GmbH	Mannheim	Rodrigo Costa
Piller Blowers und Compressors GmbH	Moringen	Daniel Muth
Prins Autogassystemen B.V.	Eindhoven (NL)	Bart Van Aerle
Purem GmbH	Esslingen	Dr. Rolf Jebasinski
R ↓ regineering GmbH	Pollenfeld	
Rheinmetall Automotive AG	Neuss	Heinrich Dison
Ricardo Deutschland GmbH	Schwäbisch Gmünd	Dr. Simon P. Edwards
Robert Bosch GmbH	Stuttgart	Dr. Andreas Kufferath
Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG	Oberursel	Dr. Dirk Hilberg
Rolls-Royce Solutions GmbH	Friedrichshafen	Dr. Johannes Kech,
RTA GmbH	St. Aegyd (AT)	Frank Haas

↑ eingetreten ↓ ausgetreten

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
S Scania CV AB	Södertälje (SE)	Johan Linderyd
Schaeffler AG	Herzogenaurach	Dr. Michael Elicker
Schaeffler Engineering GmbH	Werdohl	Lars Pfützenreuter
SEG Automotive Germany GmbH	Stuttgart	Dr. Dieter Eppinger
Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH	Hamburg	Dr. Ingo Mikulic
Siemens Energy Global GmbH & Co. KG	Duisburg	Olaf Bernstrauch
Siemens Industry Software GmbH	Köln	Dr. Helge Tielbörger
Steinbeis Transferzentrum Bauteilfestigkeit und -sicherheit, Werkstoff- und Füge-technik (BWF)	Esslingen	Dr. Stephan Issler
Subaru Corporation	Tokio (JP)	Daisuke Yamada
T TEC4FUELS GmbH	Herzogenrath	Dr. Klaus Lucka
Tenneco GmbH	Edenkoben	Frank Terres
↑ TESONA GmbH & Co. KG	Hörselberg / Hainich	Heiko Lantzsch
TheSys GmbH	Kirchentellinsfurt	Peter Ambros
TotalEnergies SE	Berlin	Peter Scholl
Toyota Motor Corporation	Aichi (JP)	Ashish Kamat, Paul Decker-Brentano
Turbo Science GmbH	Darmstadt	Dr. Sebastian Leichtfuß
U ↓ Umicore AG & Co. KG	Hanau	
V VEMAC GmbH & Co. KG	Aachen	Axel Koblenz
Vitesco Technologies Emitec GmbH	Lohmar	Rolf Brück
↓ Vitesco Technologies GmbH	Regensburg	
Volkswagen AG	Wolfsburg	Dr. Ekkehard Pott
Volvo Car Corporation	Göteborg (SE)	Ragnar Burenius
VOLVO Powertrain AB	Göteborg (SE)	Ulla Särnbratt
W Winterthur Gas & Diesel Ltd.	Winterthur (CH)	Dr. Wolfgang Östreicher
Woodward L'Orange GmbH	Stuttgart	Dr. Michael Willmann
WTZ Motorenteknik GmbH	Dessau-Roßlau	Dr. Christian Reiser
Z ZF Friedrichshafen AG	Schweinfurt	N.N.

Gremien

VORSTAND UND GESCHÄFTSFÜHRUNG

VORSTAND (2021 – 2022)

VERTRETER	MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)
Prof. Dr. Peter Gutzmer, <i>Vorsitzender</i>		Herzogenaurach
Christopher Steinwachs, <i>stellvertretender Vorsitzender</i>	Siemens Energy Global GmbH & Co. KG	Duisburg
Prof. Dr. Burkhard Göschel, <i>Ehrenvorsitzender</i>		
Dr. Ekkehard Pott, <i>Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats</i>	Volkswagen AG	Wolfsburg
Dr. Elmar Böckenhoff	Daimler Truck AG	Stuttgart
Karl Dums	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach
Carsten Helbing	Volkswagen AG	Wolfsburg
Dr. Jörg Henne	MTU Aero Engines AG	München
Dr. Thomas Johnen	Opel Automobile GmbH	Rüsselsheim
Dr. Evangelos Karvounis	Ford-Werke GmbH	Köln
Matthias Kratzsch	IAV GmbH	Berlin
Dr. Michael Ladwig	GE Power AG	Mannheim
Dr. Rudolf Maier	Robert Bosch GmbH	Stuttgart
Siegfried Pint	AUDI AG	Ingolstadt
Jörg Rückauf	MAHLE GmbH	Stuttgart
Dr. Markus Schwaderlapp	DEUTZ AG	Köln
Prof. Dr. Christian Schwarz	Bayerische Motorenwerke AG	München
Prof. Dr. Gunnar Stiesch	MAN Energy Solutions SE	Augsburg
Dr. Martin Teigeler	Rolls-Royce Solutions GmbH	Friedrichshafen
Dr. Simon Thierfelder	Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG	Ruhstorf
Dr. Peter Wehle	Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG	Oberursel

GESCHÄFTSFÜHRUNG

Dietmar Goericke, *Geschäftsführer*

Martin Nitsche, *stellvertretender Geschäftsführer*

Matthias Zelinger, *stellvertretender Geschäftsführer*

WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

VERTRETER	MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)
Dr. Ekkehard Pott, <i>Vorsitzender</i>	Volkswagen AG	Wolfsburg
Dr. Dirk Hilberg, <i>stellvertretender Vorsitzender</i>	Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG	Oberursel

Die Mitgliederliste des Wissenschaftlichen Beirats finden
Sie unter Mitglieder (Seiten 78 bis 83).

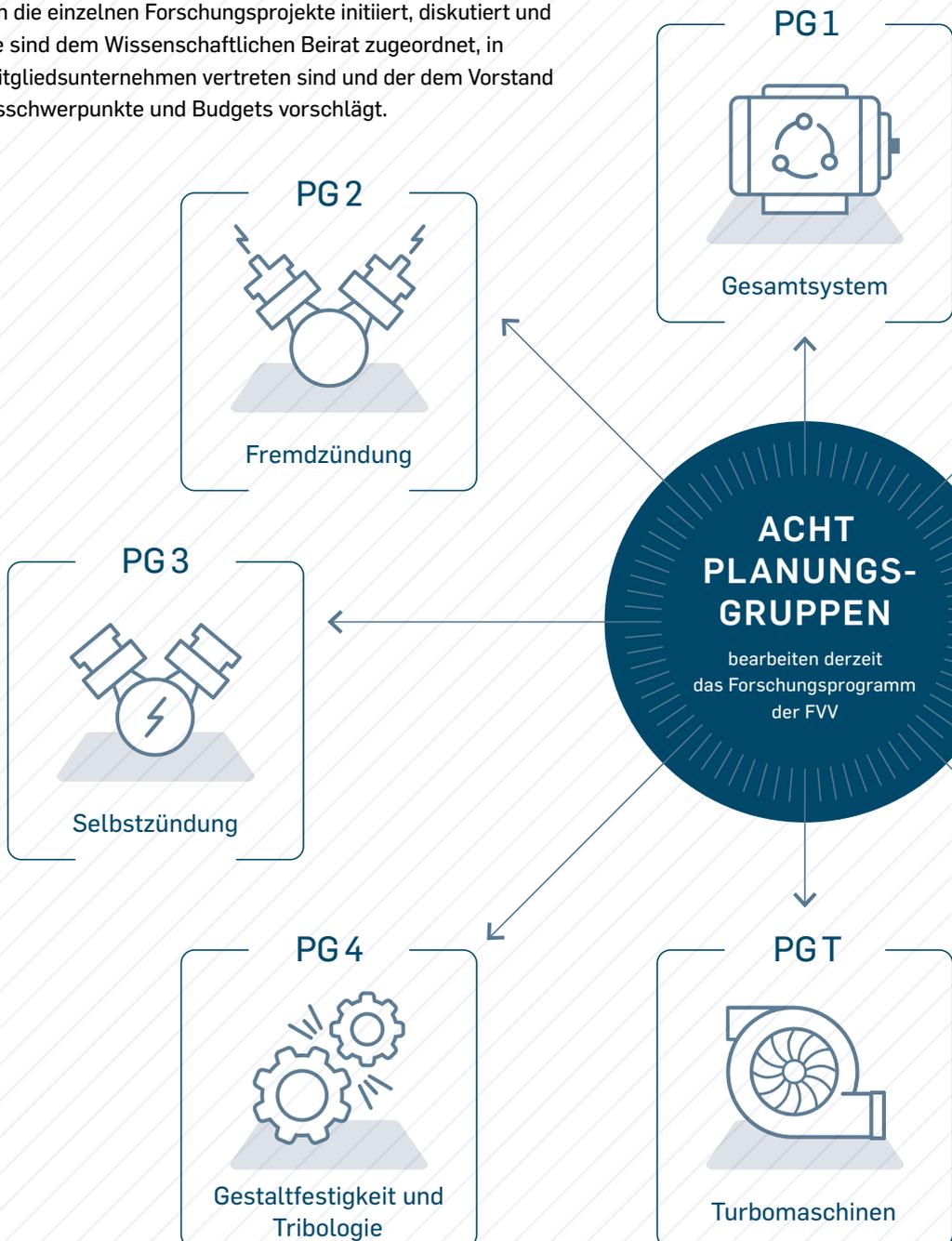
Ausschuss Forschung

Prof. Dr. Christoph Brands	Schaeffler Technologies AG & Co. KG	Herzogenaurach
Paul Decker-Brentano	TOYOTA GAZOO Racing Europe GmbH	Köln
Arndt Döhler	Opel Automobile GmbH	Rüsselsheim
Dr. Dieter Eppinger	SEG Automotive Germany GmbH	Stuttgart
Dr. Volker Formanski	Bayerische Motorenwerke AG	München
Markus Kolczyk	MANN+HUMMEL GmbH	Ludwigsburg
Dr. Ulrich Kramer	Ford-Werke GmbH	Köln
Dr. Andreas Kufferath	Robert Bosch GmbH	Stuttgart
Dr. André Casal Kulzer	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach
Dr. Peter Riegger	Rolls-Royce Solutions GmbH	Friedrichshafen
Dr. Volker Schmeißer	Daimler Truck AG	Stuttgart
Marc Sens	IAV GmbH	Berlin
Dr. Christian Weiskirch	TRATON SE	München

Koordination und Wissenstransfer

PLANUNGSGRUPPEN (PG)

Die Planungsgruppen sind der Maschinenraum der FVV:
Hier werden die einzelnen Forschungsprojekte initiiert, diskutiert und betreut. Sie sind dem Wissenschaftlichen Beirat zugeordnet, in dem alle Mitgliedsunternehmen vertreten sind und der dem Vorstand Forschungsschwerpunkte und Budgets vorschlägt.



THEMIS-DATENBANK



THEMIS ist die Kommunikations- und Wissensplattform für Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) im Maschinenbau. Hier findet sich das gesammelte Forschungswissen von fünf Forschungsvereinigungen: Maschinen- und Anlagenbau/Industrie 4.0 (FKM), Antriebstechnik (FVA), Baustoffmaschinen und Baustoffanlagen (FVB), Luft- und Trocknungstechnik (FLT) und Verbrennungskraftmaschinen (FVV).

THEMIS ermöglicht unter den mehr als 15.000 Usern, davon sind über 6.000 Personen Mitglieder des FVV-Forschungsnetzwerks, einen gleichberechtigten Wissensaustausch. Über die Plattform können Mitglieder gemeinsam Ideen für neue Forschungsprojekte erarbeiten, sich online an Projekt- und Gremienarbeit beteiligen, Termine und Kontakte organisieren, Dokumente verwalten, Wissen abrufen und sich mit Forschungspartnern vernetzen.

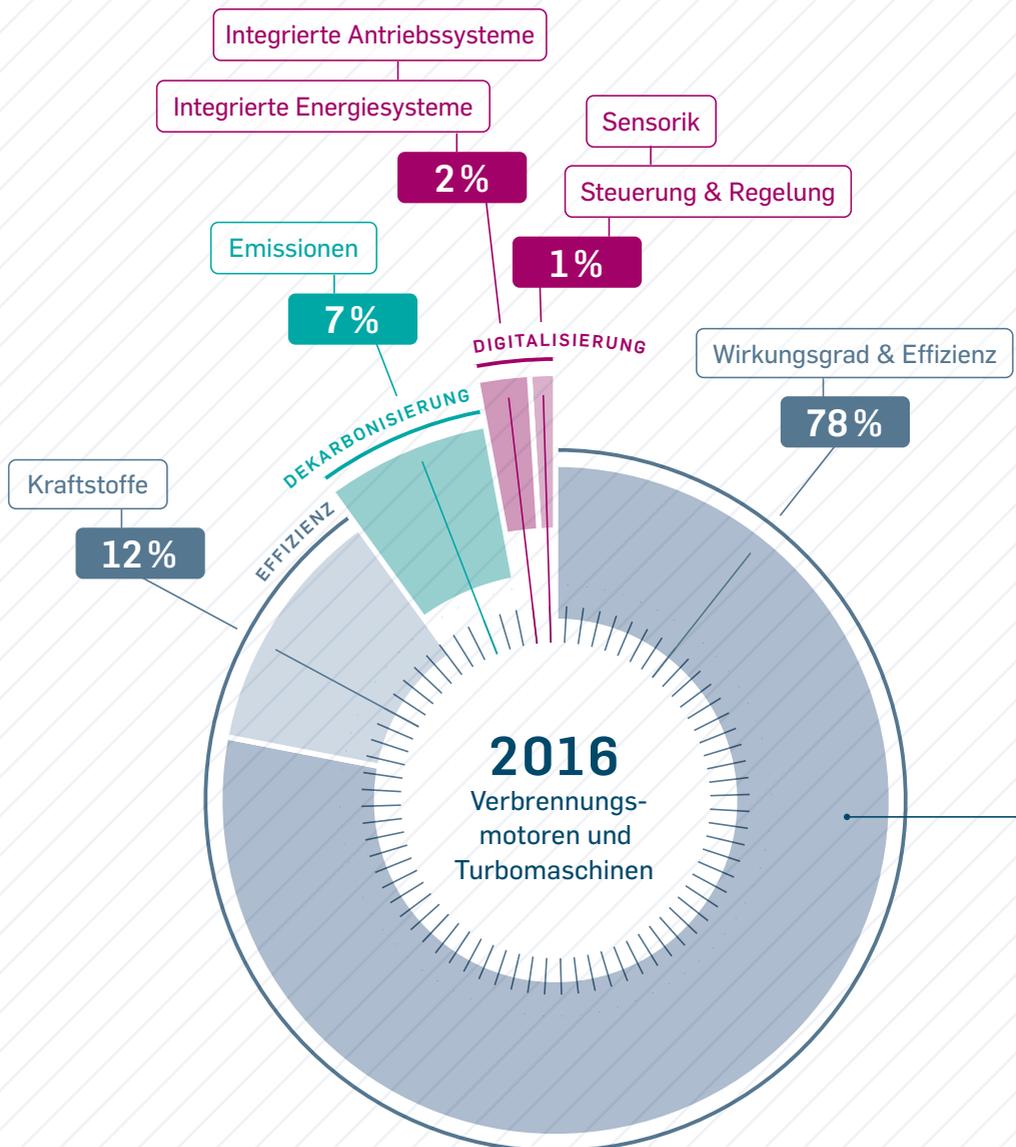
Mitglieder des FVV-Forschungsnetzwerks finden dort alle relevanten Informationen zum aktuellen Forschungsprogramm, den Planungsgruppen und Projekten sowie aktuelle Nachrichten.



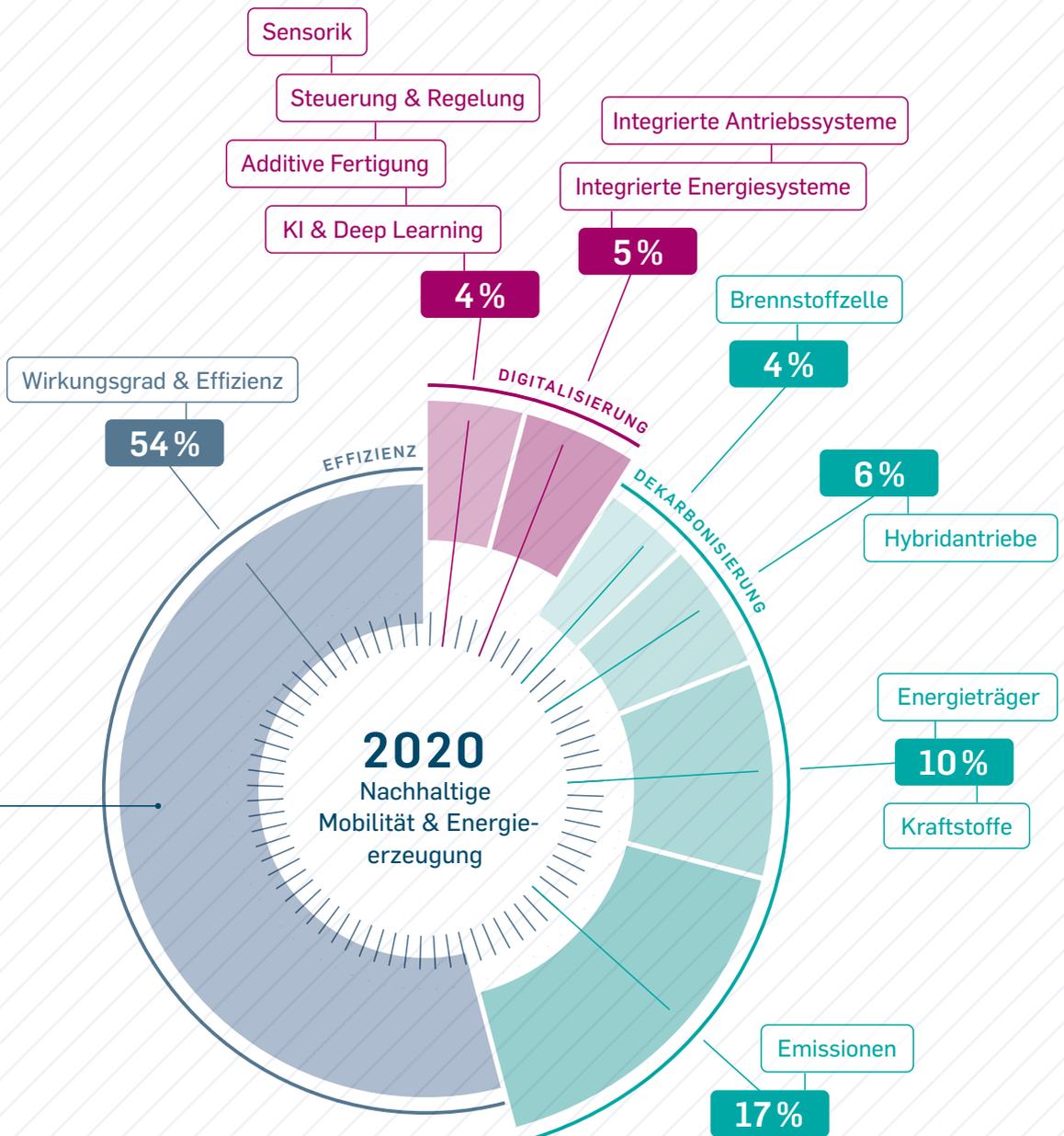
Forschungsschwerpunkte

EFFIZIENZ, DEKARBONISIERUNG & DIGITALISIERUNG

Die Gemeinschaftsforschung schafft wissensbasierte Erkenntnisse, die jedem unserer Netzwerkpartner zur Verfügung stehen. Neben den Grundlagenthemen installiert die FVV neue Forschungsschwerpunkte, die eine klimaneutrale, ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft unterstützen.



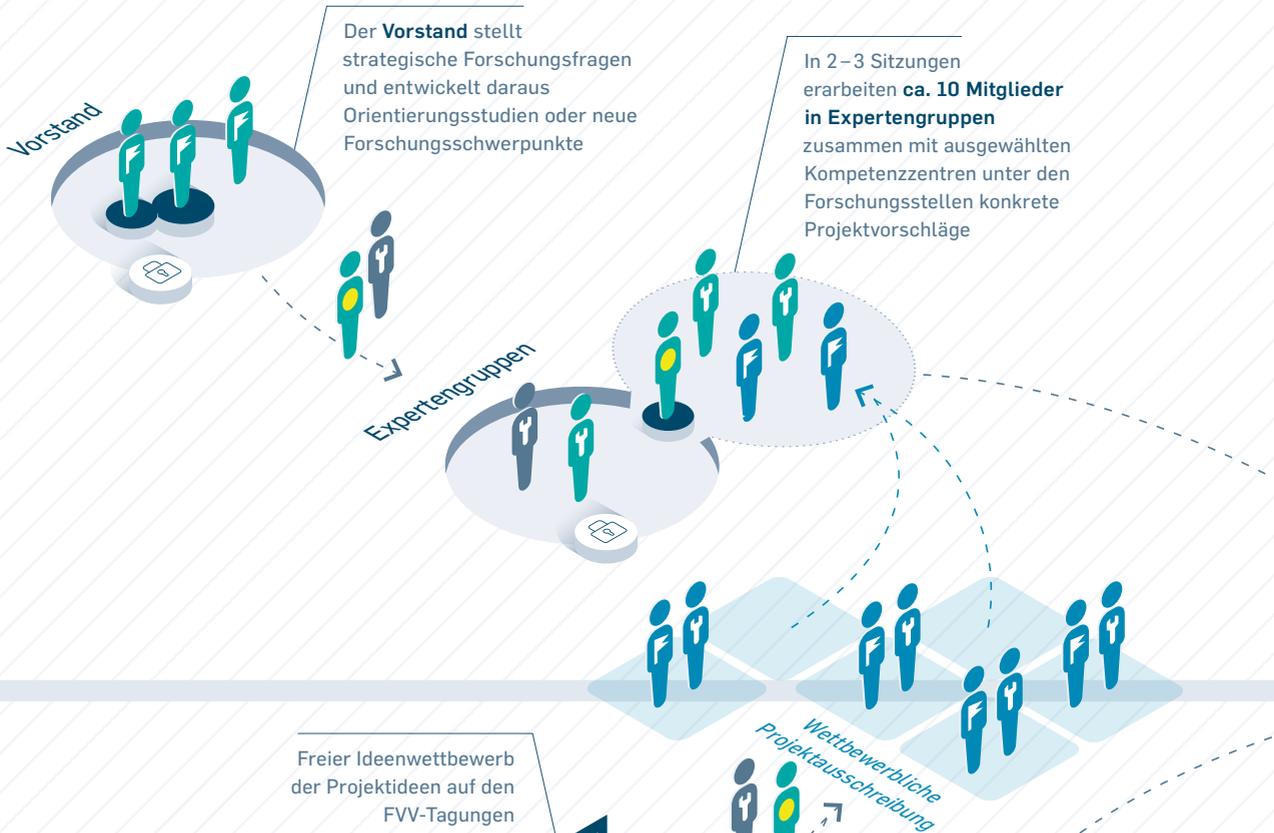
→ Das zentrale Ziel der Transformation ist Klimaneutralität [→ Seite 8]. Sie ist nur durch CO₂-neutrale Energieträger und effiziente Energiewandler zu erreichen. Dafür setzt die FVV auf neue Forschungsprogramme [→ Seite 28] und digitale Methoden wie den Einsatz Künstlicher Intelligenz.



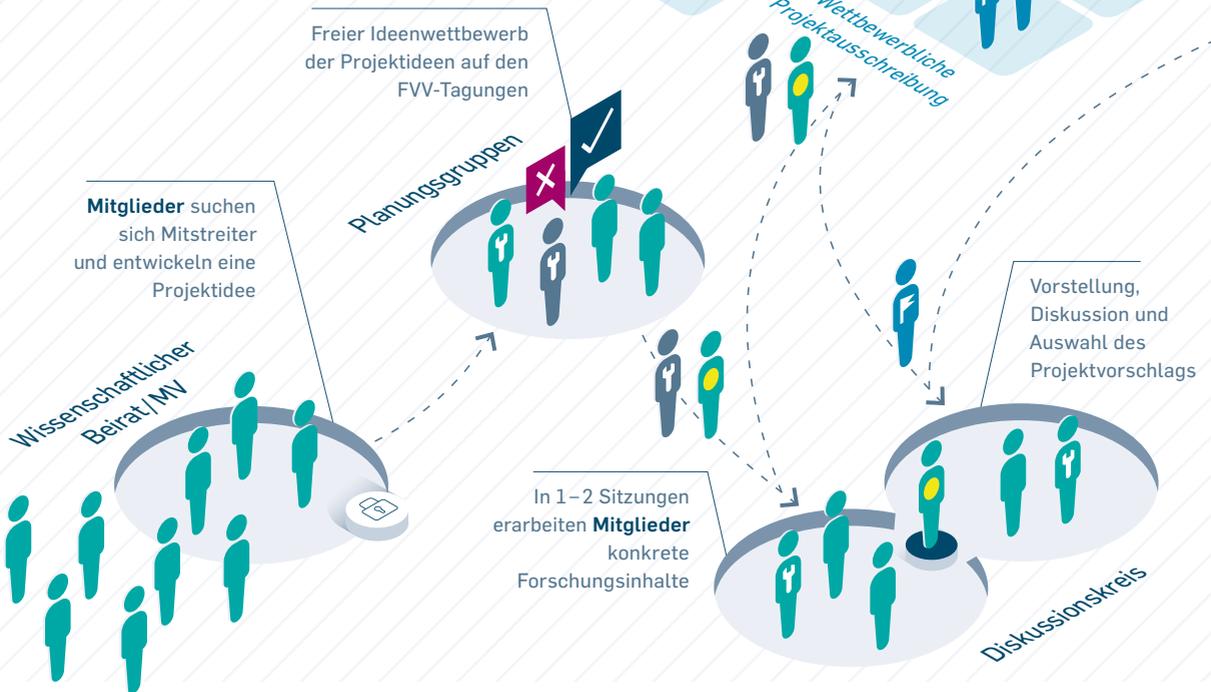
Lebenszyklus eines Forschungsprojekts

ENTWICKLUNG EINER FORSCHUNGSIDEE

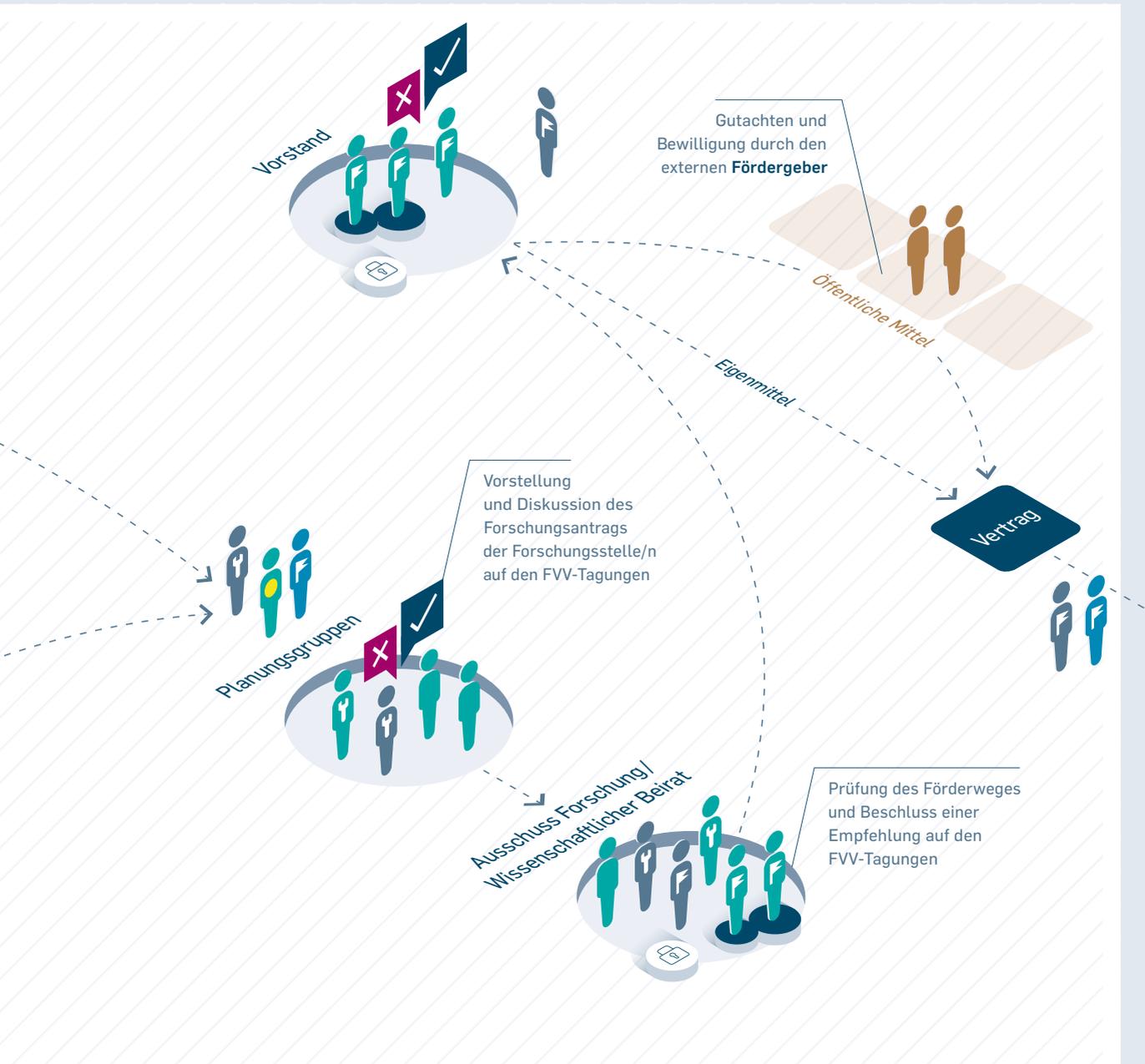
TOP-DOWN: FORSCHUNGSIDEEN DES VORSTANDS



BOTTOM-UP: FORSCHUNGSIDEEN AUS DEM MITGLIEDERKREIS

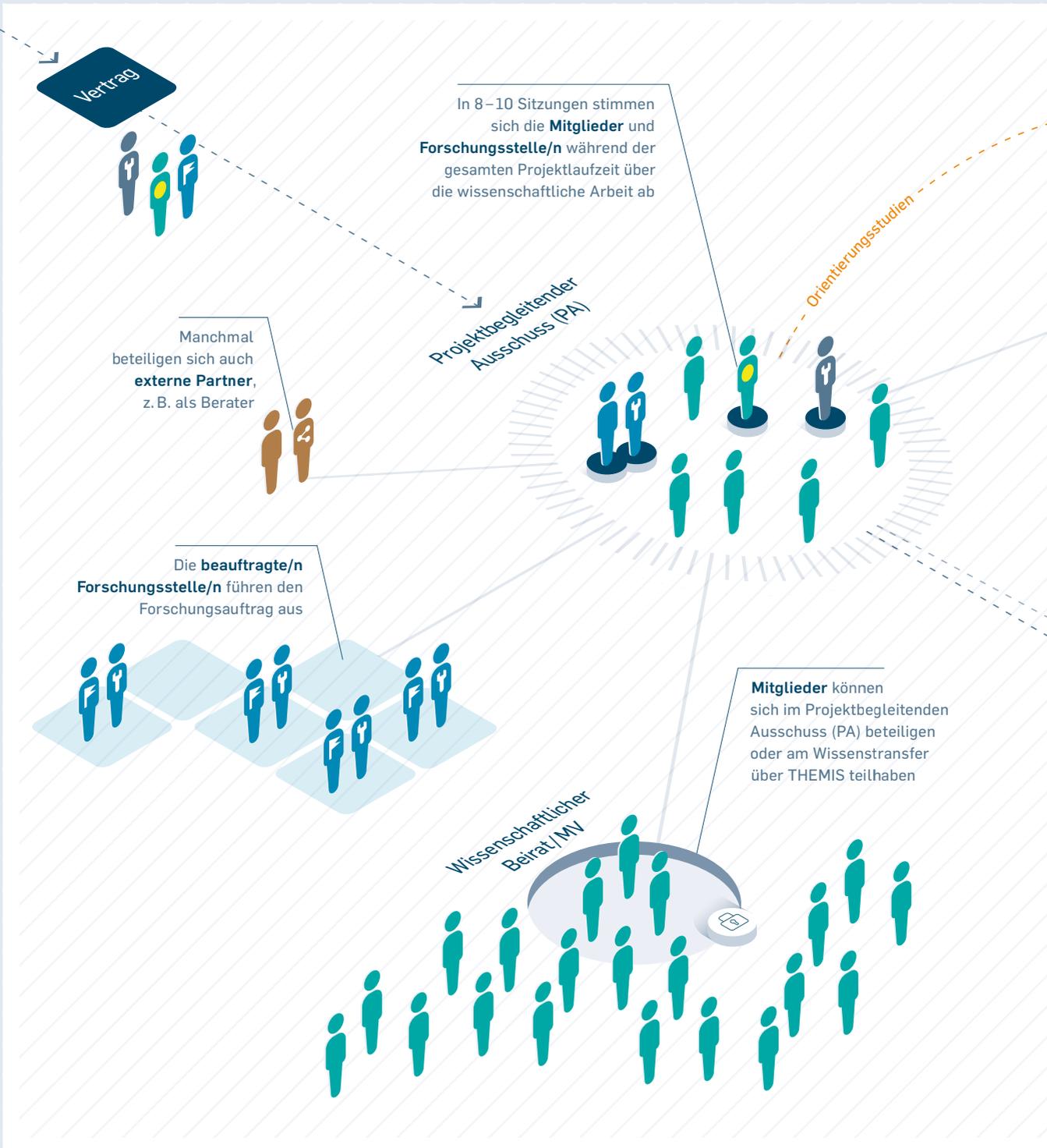


FREIGABE EINES ANTRAGS

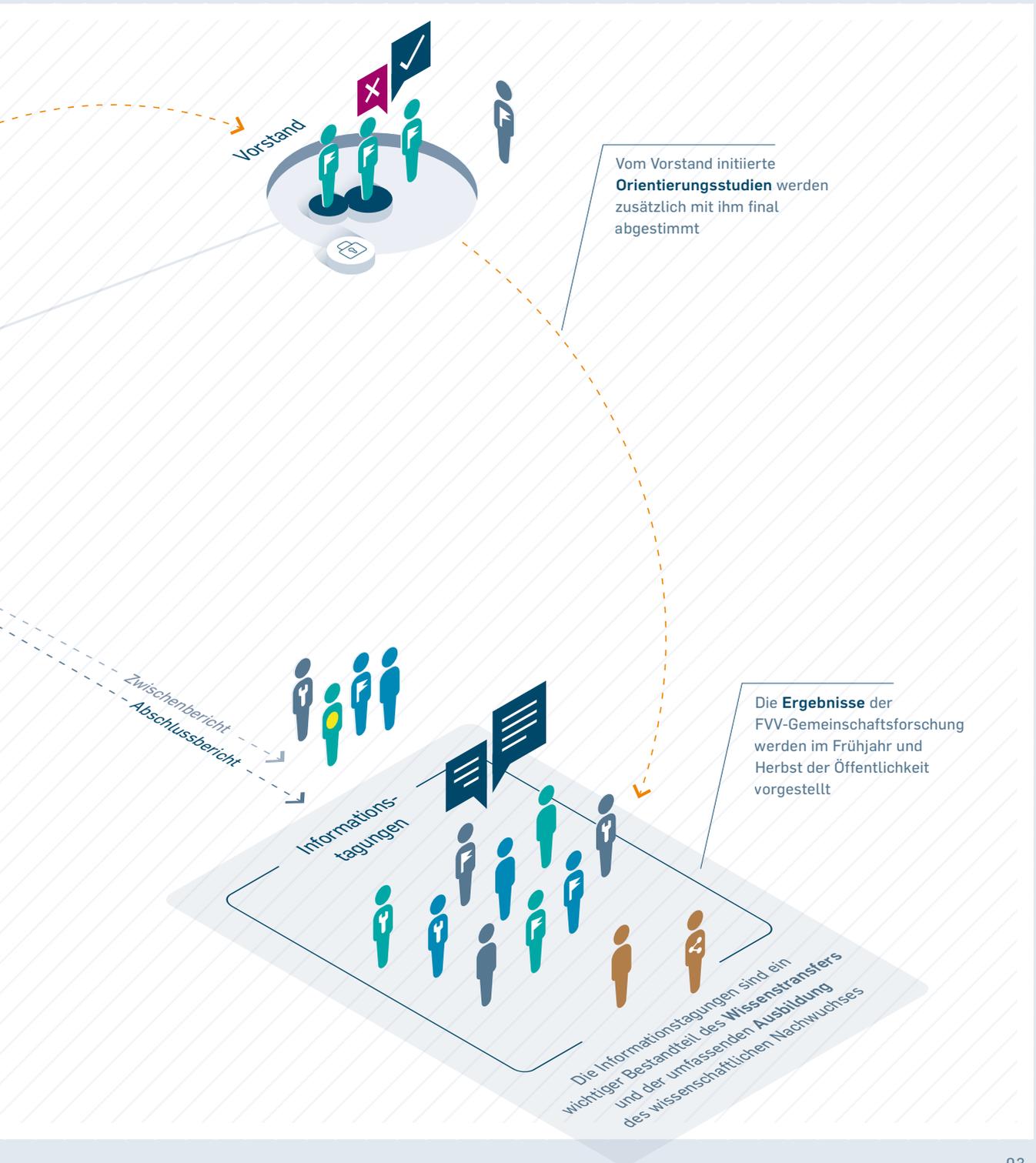


 EINGESETZTE/ GEWÄHLTE VERTRETER	 TD: MENTOR BU: INITIATOR MITGLIEDER	 LEITUNG	 KOORDINATION	 TEAM	 LEITUNG	 KOORDINATION	 TEAM	 LEITUNG	 KOORDINATION	 TEAM	 KOOPERATION	 PERSON
				FVV					EXTERN	

DURCHFÜHRUNG EINES FORSCHUNGSPROJEKTS



WISSENSTRANSFER



Gesamtsystem

PLANUNGSGRUPPE 1

MOTOREN UND TURBOMASCHINEN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



KOMPONENTEN



HYBRIDE



BIO-
KRAFTSTOFFE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE

LEITUNG

Dr. Peter Riegger,
Rolls-Royce Solutions

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

PG1 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 1 »Gesamtsystem« widmet sich den Themen:

- zukünftige Motorkonzepte, Hybridisierung
- alternative Kraftstoffe
- Digitalisierung im Antriebsstrang
- Lebenszyklusanalysen

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Systembetrachtung neuer Technologien, alternativer Antriebe und Kraftstoffe
- Verlustenergierückgewinnung
- (Tiefst-)Temperaturmanagement
- Steuerung, Regelung, Sensorik
- Aufladung
- Groß- und Offroadmotoren

PG 1 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0521	Flammenausbreitung nach Vorentflammung im Gasmotor	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
M1021	Datenbasierte Überwachung von Antriebskomponenten	Dr. Christian Jörg , Hitachi Astemo Europe
M1320	On-Board Emission Conformity Monitoring (OBECOM) // CORNET	Dr. Heike Többen , Eberspächer Exhaust Technology
M1321	Kondensatbildung in Abgassystemen	Dirk Vierkotten , Pierburg
M1521	Verteilte thermische Erprobung von Hybridantrieben // FVV-EM	Dr. Marcus Gohl , APL Automobil-Prüftechnik Landau
M1620	KI Routenoptimierung // BMWi/AiF	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
M1621	KI für Kraftstoffe	Dr. Michael Bippes , Volkswagen
M1820	Manövrieren mit Hybridschiffen // BMWi/AiF	Dr. Udo Schlemmer-Kelling , FEV Europe
M1920	Hybridantriebe für alternative Kraftstoffe // BMWi/AiF	Dr. Udo Schlemmer-Kelling , FEV Europe
M1921	Axialturbinen-ATL für Magerkonzepte	Marc Sens , IAV
M3220	Ejektor-Bypass ATL // BMWi/AiF	Dr. Tom Steglich , IAV
M3320	Neues Wasserstoffspeicher-Konzept	Kathrin Giefer , Ford-Werke

Laufende Projekte

1312	48V-Mild-Hybrid mit teilhomogener Dieselerbrennung // BMWi/AiF // 01-01-2018 bis 31-05-2022	Dr. Achim Lechmann , IAV
1321	Arbeitsspiel aufgelöster Turbinenwirkungsgrad in Stoß- und Stauaufladung // FVV-EM, DFG // 01-10-2018 bis 30-09-2022	Dr. Mathias Vogt , IAV
1339	Kalibrierung und Validierung selbstlernender Systemregelungen // FVV-EM // 01-03-2019 bis 28-02-2022	Prof. Peter Prenninger , AVL List
1342	Sensorkonzept für E-Kraftstoffe // FVV-EM // 01-02-2019 bis 28-02-2022	Dr. Bernd Becker , IAV
1355	Antriebsstrang 2040 // FVV-EM // 01-04-2019 bis 30-09-2021	Dr. Thorsten Schnorbus , FEV Europe
1382	Schmierölkonzept Großmotor II // FVV-EM // 01-05-2020 bis 30-04-2022	Dr. Tobias C. Wesnigk , M. JÜRGENSEN
1384	H ₂ im Gasnetz // FVV-EM // 01-01-2020 bis 31-12-2021	Dr. Dietrich Gerstein , DVGW Dr. Ulrich Kramer , Ford-Werke
1385	ATL für Magerkonzepte // FVV-EM // 01-04-2020 bis 31-10-2021	Marc Sens , IAV

↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



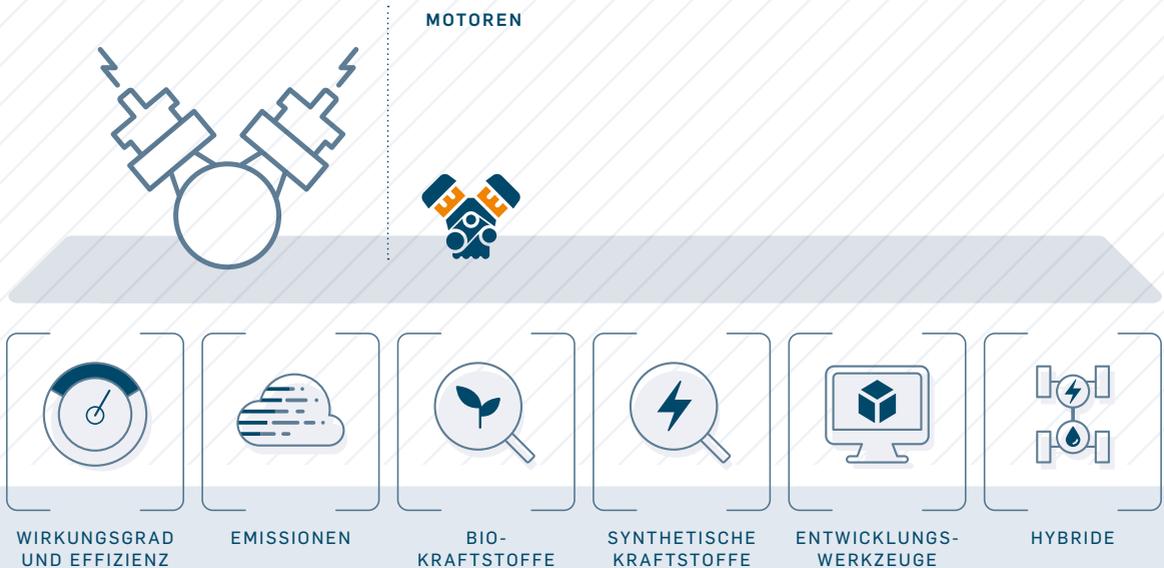
NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1394	Vorentflammungsmodell Gasmotoren // FVV-EM, CORNET // 01-04-2020 bis 31-03-2022	Dr. Markus Wenig, Winterthur Gas & Diesel
1407	Zero-Impact Fahrzeug-Emissionen (Konzeptionelle Studie) // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2021	Prof. Dr. Kurt Kirsten, APL Automobil-Prüftechnik Landau
1410	SocioMotion // FVV-EM // 01-11-2020 bis 31-10-2021	Prof. Dr. Thomas Garbe, Volkswagen
1428	Modular Hybrid-Powertrain // FVV-EM // 01-01-2021 bis 31-12-2022	Dr. Veit Held, Opel Automobile
1429	CO ₂ -neutrale Langstrecken-NFZ-Antriebe 2050 II // FVV-EM // 01-04-2021 bis 31-03-2023	Herbert Schneider, ISUZU MOTORS
1433	HyFlex-ICE // FVV-EM // 01-03-2021 bis 28-02-2023	Marc Sens, IAV

Abgeschlossene Projekte

1305	Abgasnachbehandlung vor Abgasturbine // FVV-EM // 01-05-2018 bis 30-06-2021	Dr. Frank Bunar, IAV
1314	ATL-Modellbedatung // BMWi/AiF // 01-01-2018 bis 30-06-2020	Dr. Panagiotis Grigoriadis, IAV
1316	Abgaszusammensetzung bei niedrigen Temperaturen // FVV-EM, FVV-EM // 01-07-2018 bis 31-10-2020	Dr. Michael Becker, Pierburg
1327	Schmierölkonzept Großmotor I // FVV-EM // 01-09-2018 bis 31-10-2020	Dr. Tobias C. Wesnigk, M. JÜRGENSEN
1363	Methodik Hybriderprobung // FVV-EM // 01-07-2019 bis 30-06-2021	Dr. Marcus Gohl, APL Automobil-Prüftechnik Landau
1430	CO ₂ -Effekte aus der Stromnachfrage // FVV-EM // 01-10-2020 bis 31-03-2021	

Fremdzündung

PLANUNGSGRUPPE 2



LEITUNG

Dr. André Casal Kulzer,
Porsche

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

PG2 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

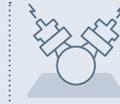
Die Planungsgruppe 2 ›Fremdzündung‹ widmet sich den Themen:

- Wirkungsgrad und Effizienz des Motors
- Hybridisierung
- alternative Kraftstoffe
- künstliche Intelligenz in der Entwicklung, Big Data & Digitalisierung

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Verbrennungsmodellierung/-simulation
- Brennverfahren und Kraftstoffaufbereitung
- Wassereinspritzung
- Wandwärmeübertragung
- Klopfen und Vorentflammung
- Partikelbildung im Brennraum
- Downsizing-Konzepte

PG 2 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0120	Öleintrag in Verbrennung II	Dr. Eike Stitterich, Hengst
M0220	DIH ₂ jet (DI-Wasserstoff-Brennverfahren) // CORNET, FVV-EM	Michael Günther, IAV
M0221	Modellierung der Klopfintensität von Motoren für zukünftige Kraftstoffe	Dr. André Casal Kulzer, Porsche
M0421	Kaltstartoptimierung für den M-100 Methanolbetrieb	Dr. Helmut Ruhland, Ford Werke
M0720	Niedrigstmissionskonzept für H ₂ -DI-Ottomotor // FVV-EM	Dr. David Lejsek, Robert Bosch Dr. Wolfgang Samenfink, Robert Bosch
M1221	Prädiktion inhomogener H ₂ -SI-Verbrennung	Dr. Maximilian Brauer, IAV
M1319	Oxyfuel Brennverfahren für Gasmotoren	Marc Sens, IAV
M1721	Initiale Vorentflammung II	Albert Breuer, Ford-Werke
M1821	Renewable EN 228 Gasoline	Rupali Tripathi, Neste Oyj
M2120	Präferentielle Verdunstung alternativer Kraftstoffgemische // BMWi/AiF	Jérôme Munier, Porsche
M2520	Prüfstandsuntersuchung gealterter Ottokraftstoffe	Dr. Bernd Becker, IAV
M2920	Innovative RDE Rohemissionsminderung	Christine Burkhardt, EnginOS Futoshi Yoshimura, Nissan Motor
M3720	Gemischbildung / Homogenisierung bei H ₂ -DI // BMWi/AiF	Michael Rieß, IAV
M4220	Mehrkomponenten-Kraftstoff / Wandfilm Interaktion // BMWi/AiF	Jérôme Munier, Porsche
M4320	Kraftstoffzusammensetzung – RDE und Rußbildung // FVV-EM	Dr. Christian Töpel, Freyberger engineering Dr. Lars Menger, BMW

Laufende Projekte

1343	Spraymodel für direktspritzende Ottomotoren // FVV-EM // 01-01-2019 bis 31-12-2021	Dr. Christian Jörg, Hitachi Astemo Europe
1348	Kraftstoffzusammensetzung zur CO ₂ -Reduktion // FVV-EM // 01-03-2019 bis 28-02-2022	Nozomi Yokoo, Toyota Motor Corporation Dr. Yoshihiro Okada, Toyota Motor Corporation Terutoshi Tomoda, Toyota Motor Corporation
1349	Beeinflussung Wandwärme Ottomotor // BMWi/AiF, FVV-EM // 01-01-2019 bis 30-09-2021	Dr. Thorsten Unger, Porsche
1357	Gemischhomogenisierung Otto II // BMWi/AiF // 01-07-2019 bis 31-03-2022	Marc Sens, IAV
1367	Wassereinspritzung bei Fremdzündungsmotoren II // FVV-EM // 01-10-2019 bis 31-03-2022	Dr. André Casal Kulzer, Porsche

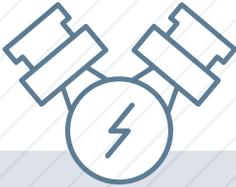


NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1370	Schnelle Vorhersage von klopfenden Verbrennungen in Ottomotoren // FVV-EM // 01-10-2019 bis 30-09-2021	Dr. Michael Fischer, Tenneco
1374	Kraftstoffeinfluss auf Partikeleigenschaften // BMWi/AiF // 01-09-2019 bis 31-08-2021	Dr. Wolfgang Samenfink, Robert Bosch
1387	Benchmark Plattform für skalenauflösende Simulationen // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 30-06-2022	Kathrin Giefer, Ford-Werke
1426	Heuristic Search and Deep Learning // BMWi/AiF // 01-11-2020 bis 30-04-2023	Dr. Aras Mirfendreski, TOYOTA GAZOO Racing Europe
1431	SACI-Verbrennungssystem mit aktiver Vorkammer // FVV-EM // 01-01-2021 bis 30-06-2023	Dr. André Casal Kulzer, Porsche
1434	ICE2030 // FVV-EM // 01-02-2021 bis 31-01-2023	Arndt Döhler, Opel Automobile
1435	Modelling Turbulence // FVV-EM, CORNET // 01-01-2021 bis 31-12-2022	Dr. David Lejsek, Robert Bosch
Abgeschlossene Projekte		
1260	Thermodynamik Feuerstegvolumen // BMWi/AiF, FVV-EM // 01-01-2017 bis 30-04-2021	Oliver Dingel, IAV
1281	Pkw-CNG-Zündstrahl // BMWi/AiF // 01-08-2017 bis 31-03-2021	Dr. Martin Schenk, BMW
1283	Öl-Eintrag in Verbrennung // FVV-EM, BMWi/AiF // 01-08-2017 bis 31-01-2020	Dr. Eike Stitterich, Hengst
1307	ICE2025+: Ultimate System Efficiency // FVV-EM, FVV-EM // 01-03-2018 bis 31-10-2020	Arndt Döhler, Opel Automobile
1311	Abgaspulsation und Turboladerinteraktion // BMWi/AiF // 01-01-2018 bis 30-06-2021	Marc Sens, IAV
1313	Basismodell Klopfen und Einflussgrößen // BMWi/AiF // 01-01-2018 bis 30-11-2020	Dr. André Casal Kulzer, Porsche
1317	Strahl Diagnostik an ottomotorischen E-Fuels // FVV-EM // 01-08-2018 bis 31-03-2020	Dr. Eberhard Kull, Vitesco Technologies
1328	Initiale Vorentflammung // CORNET, FVV-EM // 01-05-2018 bis 31-12-2020	Albert Breuer, Ford-Werke
1336	PostOxidation // CORNET, FVV-EM, BMWi/AiF // 01-10-2018 bis 28-02-2021	Christine Burkhardt, EnginOS Yoshihiro Imaoka, Nissan Motor
1395	Experimente und LES Wandwärmemodelle im Ottomotor // CORNET, FVV-EM // 01-01-2020 bis 31-03-2021	Gabriel Dilmac, Porsche

Selbstzündung

PLANUNGSGRUPPE 3

MOTOREN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



EMISSIONEN



BIO-
KRAFTSTOFFE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



DIGITALISIERUNG
UND KI

LEITUNG

Dr. Christian Weiskirch,
TRATON

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

PG3 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 3 ›Selbstzündung‹ widmet sich den Themen:

- Wirkungsgrad und Effizienz des Motors
- alternative Kraftstoffe, Wasserstoffverbrennung
- künstliche Intelligenz in der Entwicklung, Big Data & Digitalisierung

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Verbrennungsmodellierung/-simulation
- neue/duale Brennverfahren, Gas-/Zweistoffmotoren
- Kraftstoffverteilung, -aufbereitung, Hochdruckeinspritzung/Strahldiagnostik
- variable Ventiltriebssteuerung, Luftpfad
- Beschichtungen, additive Fertigung

PG 3 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLÉITUNG

Geplante Projekte

M0621	Leistungsdichte eines selbstgezündeten Wasserstoffmotors	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
M1120	NH ₃ -Brennverfahren für Großmotoren // BMWi/AiF	Christian Kunkel , MAN Energy Solution
M1121	MePICS – Methanol-Zündstrahl-Brennverfahren	Dr. Kai Deppenkemper , FEV Europe
M1919	Wirkkette Diesel // BMWi/AiF	Dr. Wolfgang Bauer , MAN Truck & Bus
M2219	KI-Integration im Rahmen der Entwicklungs-Toolkette // BMWi/AiF	Amodio Palma , Winterthur Gas & Diesel
M2818	DME Kraftstoffeigenschaften	Dr. Werner Willems , FORD Research and Innovation Center Aachen
M3020	Gas-Hochdruckeinspritzung und Verbrennung (GIHPCO) // CORNET	Ingmar Berger , Woodward L'Orange Dr. Michael Willmann , Woodward L'Orange
M3120	HyCE Truck // CORNET, BMWi/AiF	Dr. Reza Rezaei , IAV Prof. Gennadi Zikoridse , Argomotive Dr. Martin Lammert , Emission Partner Dr. Jörg Spengler , INTERKAT Catalyst
M3319	CO ₂ -Reduktion durch Brenndauerverkürzung // BMWi/AiF	Dr. Patrick Gastaldi , Aramco Fuel Research Center

Laufende Projekte

1318	Air-Insulation Dieselmotor // FVV-EM // 01-07-2018 bis 31-12-2021	Dr. Patrick Gastaldi , Aramco Fuel Research Center
1346	Potenziale von Luftpfadvariabilitäten am Nfz-Gas-Motor // FVV-EM // 01-01-2019 bis 31-12-2021	Dirk Weberskirch , MAN Truck & Bus
1352	PremixedDiesel // BMWi/AiF, FVV-EM, CORNET // 01-01-2019 bis 31-12-2021	Dr. Simon Schneider , MAHLE International
1368	Innovative HD Brennverfahrensauslegung // FVV-EM // 01-07-2019 bis 28-02-2022	Dr. Reza Rezaei , IAV
1403	eSpray // FVV-EM, CORNET // 01-06-2020 bis 31-05-2022	Dr. Uwe Leuteritz , Liebherr-Components Deggendorf
1405	Selbstzündender Closed-Cycle-Wasserstoffmotor // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-10-2021	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
1408	Rohemissionsabsenkung nach Kaltstart // FVV-EM // 01-09-2020 bis 28-02-2023	Dr. Maximilian Brauer , IAV

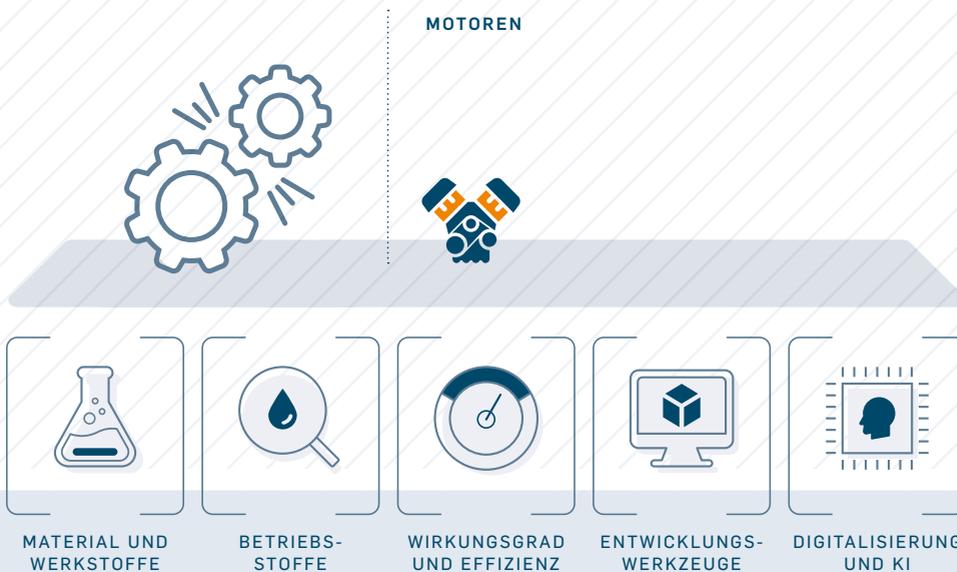
↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1442	Wasserstoffverbrennung und Vergleich PFI/DI Konzepte // FVV-EM // 01-04-2021 bis 31-03-2023	Dr. Reza Rezaei, IAV
Abgeschlossene Projekte		
1235	Emissionsmodellierung der dieselmotorischen Verbrennung mit variabler Ventilsteuerung // FVV-EM // 01-08-2016 bis 29-02-2020	Matthias Diezemann, IAV
1275	VVT für Diesel NSK-Regeneration // BMWi/AiF // 01-04-2017 bis 31-03-2021	Christine Burkhardt, EnginOS
1280	Propellerbetrieb mit Viertakt-Zweistoff-Motoren II // FVV-EM // 01-09-2017 bis 28-02-2021	Dr. Philipp Henschen, MAN Energy Solutions
1284	RCCI beim HD-Motor // CORNET, FVV-EM, BMWi/AiF, FVV-EM // 01-08-2017 bis 30-06-2020	Dr. Ingo Mikulic, Shell Global Solutions
1287	Brennraumisolierung Diesel // CORNET, FVV-EM, FVV-EM // 01-09-2017 bis 29-02-2020	Dr. Maximilian Brauer, IAV
1310	HC/CO-Modell // BMWi/AiF // 01-01-2018 bis 31-07-2020	Dr. Markus Wenig, Winterthur Gas & Diesel
1320	Strahldiagnostik zukünftiger Dieselmotoren // FVV-EM // 01-02-2019 bis 31-07-2020	Dr. Uwe Leuteritz, Liebherr-Components Deggendorf
1338	Wassereinspritzung am Dieselmotor // BMWi/AiF // 01-11-2018 bis 31-10-2020	Dr. Peter Bloch, Robert Bosch

Gestaltfestigkeit und Tribologie

PLANUNGSGRUPPE 4



LEITUNG

Dr. Dieter Eppinger,
SEG Automotive Germany

PROJEKTMANAGEMENT

Max Decker, FVV

PG4 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 4 ›Gestaltfestigkeit und Tribologie‹ widmet sich den Themen:

- Material- und Werkstoffforschung
- künstliche Intelligenz bei Berechnungsmodellen
- Digitalisierung in der Datenbeschaffung und -verarbeitung
- Wasserstoffkontakt und dessen Auswirkungen

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- neue Werkstoffe und Kühlmittel
- Tribologie und Beschichtungen
- Schädigungsverhalten verschiedener Beanspruchungen
- Lebensdauerberechnungen
- Festigkeitsberechnungen

PG 4 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0119	Gasförmige H ₂ -Inhibitoren	Patrick Fayek, Robert Bosch Angelika Schubert, Robert Bosch
M0321	Dediziertes Piston Bore Interf. Layout für H ₂ -VKMs	Dr. Mirko Plettenberg, AVL List
M0419	Korrosionsbelastungen durch neue Antriebskonzepte	Regina Franke-Hörth, SEG Automotive Germany
M0420	Grundmotorkomponenten für H ₂ -ICEs	Dr. Daniel Hrdina, MAHLE International
M0519	TMF Al-additiv // BMWi/AiF	Dr. Florian Rödl, Porsche
M0520	Maschinelles Lernen – ML μ s // BMWi/AiF	Dr. Michael Berg, IAV
M0618	Ölkreislauf und Tribosysteme von Hybridmotoren mit Wassereinspritzung // FVV-EM	Dr. Peter Berlet, IAVF Antriebstechnik
M0819	Ermüdungscharakterisierung von Kupfer	Christoph Germann, SEG Automotive Germany
M1220	Additiv gefertigte Hochdruckbauteile // BMWi/AiF	Stefan Zimmermann, Woodward L'Orange Dr. Wolfgang Scheibe, Heinzmann
M1420	Rheologie neuartiger unkonventioneller Fluide	Klaus Meyer, Robert Bosch
M1819	Verschleißprognose und Verschleißsimulation	Dr. Martina Weise, IAV
M2315	VALOEKO // BMBF	Dr. Arnim Robota, Federal-Mogul Burscheid

Laufende Projekte

1377	Wellenbohrungen // BMWi/AiF // 01-11-2019 bis 28-02-2022	Stefan Roth, MAN Energy Solutions
1379	Tribomaps reibwerterhöhende Laserstrukturen // BMWi/AiF / / 01-12-2019 bis 31-05-2022	Dr. Anton Stich, AUDI
1393	Festigkeitsnachweis Reibdauerermüdung // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 31-03-2022	Dr. Reiner Bösch, Rolls-Royce Solutions
1396	Fuel Oil Flow Measurement // CORNET // 01-01-2020 bis 31-12-2021	Motoichi Murakami, Toyota Motor Corporation Dr. Marcus Gohl, APL Automobil-Prüftechnik Landau
1402	Abgasbeaufschlagte Tribosysteme // BMWi/AiF // 01-06-2020 bis 30-11-2022	Dr. Heiko Haase, Rolls-Royce Solutions
1404	Simulation Schädigungsverhalten – Validierungsversuche und Lebensdauerberechnungen // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2021	Jan Becker, Porsche



NR. **THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT**

PROJEKTLEITUNG

1441 Lebensdauermodell Wicklungsisolation // BMWi/AiF
// 01-03-2021 bis 31-08-2023

**Dr. Zeljana Beslic, SEG Automotive
Germany**

M3420 Strömungserosion II // BMWi/AiF // 01-06-2021 bis 30-11-2023

Jens Strassmann, Volkswagen

Abgeschlossene Projekte

1276 Kolbenbolzenlagerung II // FVV-EM, BMWi/AiF, FVV-EM, FVV-EM
// 01-04-2017 bis 30-06-2020

**Dr. Rolf-Gerhard Fiedler, MAHLE
International**

1277 Tribologische Fluidmodelle II // BMWi/AiF // 01-04-2017 bis 31-03-2020

Klaus Meyer, Robert Bosch

1289 Hochdruckbauteile aus höchstfesten Stählen // BMWi/AiF
// 01-11-2017 bis 30-04-2021

Dr. Wolfgang Scheibe, Heinzmann

1309 Methode zur Reibungsmessung während Zündvorgang
// FVV-EM, FVV-EM // 01-04-2018 bis 31-03-2021

Tai Ono, SUBARU

1323 Strömungserosion // BMWi/AiF // 01-08-2018 bis 30-04-2021

Jens Strassmann, Volkswagen

1350 Festigkeitseinfluss Lötnahtqualität // BMWi/AiF
// 01-01-2019 bis 30-06-2021

**Prof. Dr. Matthias Türpe, MAHLE
International**

1409 Maschinelles Lernen – ML $\mu\sigma$ (Vorstudie) // FVV-EM
// 01-08-2020 bis 31-01-2021

Dr. Michael Berg, IAV

Motordynamik und -akustik

PLANUNGSGRUPPE 5

MOTOREN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



HYBRIDE



MATERIAL UND
WERKSTOFFE



KOMPONENTEN



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE

LEITUNG

Prof. Dr. Christoph Brands,
Schaeffler Technologies

PROJEKTMANAGEMENT

Max Decker, FVV

PG5 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 5 »Motordynamik und -akustik«
widmet sich den Themen:

→ Wirkungsgrad und Effizienz des Motors

→ dynamisches und akustisches Verhalten neuer
Antriebsvarianten/Betriebsstrategien

→ Hybridisierung

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

→ akustisches Verhalten von Antriebskomponenten

→ Interferenzen

→ Schwingungsdämpfung

→ Wahrnehmung akustischer Phänomene bei konventionellen
und neuen Antriebsvarianten

PG 5 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0620	Dissonanz (teil)elektrische Antriebe	Rainer Weber , Vitesco Technologies
M3719	Transferpfadanalyse mittels Deep Learning // BMWi/AiF	Dr. Matthias Wegerhoff , HEAD acoustics
M3819	Außengeräusch von Elektrofahrzeugen	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
M3820	Akustik von Wasserstoffhubkolbenmotoren // BMWi/AiF	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
M3920	NVH-Verhalten von Brennstoffzellenfahrzeugen // BMWi/AiF	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
M4119	E-Motor Exzentrizitätstoleranz für NVH in HEV // FVV-EM	Hans Johannesson , Volvo Car
M4219	NVH-Optimierung von Elastomer-Antriebslagern // BMWi/AiF	Hans Johannesson , Volvo Car

Laufende Projekte

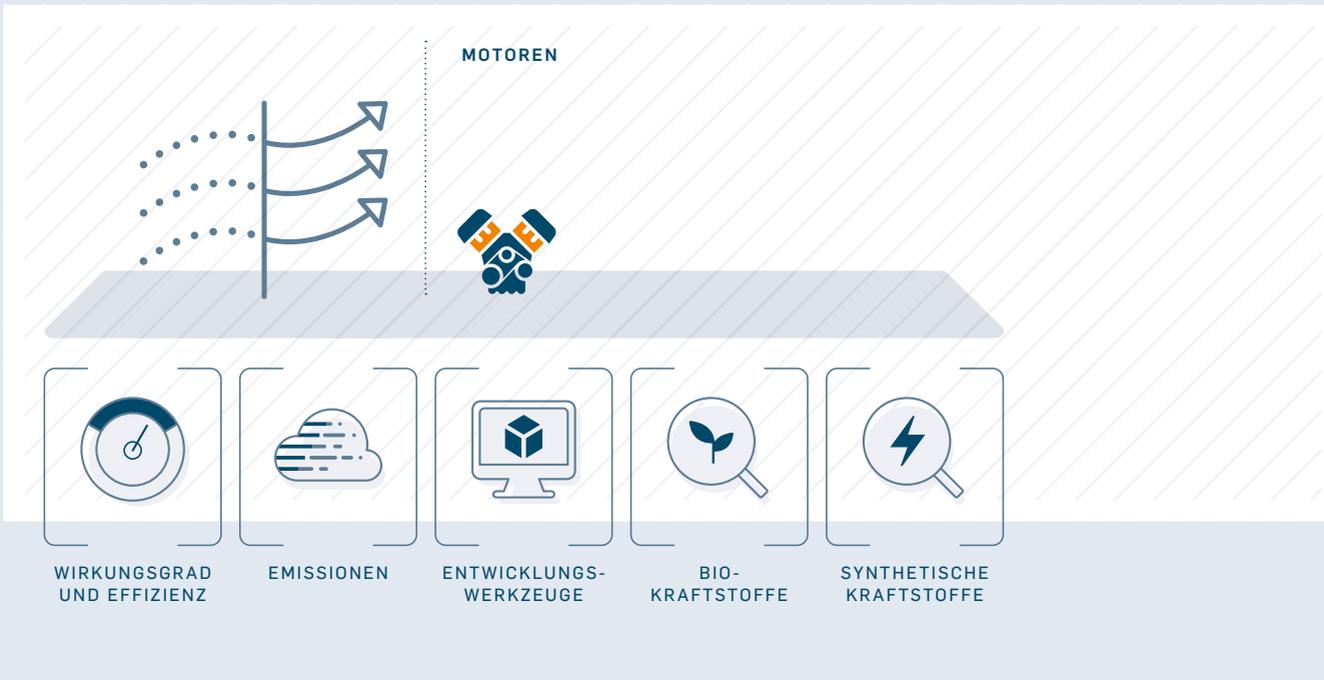
1369	Störgeräusche im Fahrzeuginnenraum mit elektrifizierten Antrieben // FVV-EM // 01-09-2019 bis 31-08-2021	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
-------------	--	---

Abgeschlossene Projekte

1304	Empfindungsgrößen niedertouriges Fahren // FVV-EM // 01-03-2018 bis 31-12-2020	Dr. Sebastian Lucas , Volkswagen Dr. Harald Stoffels , Ford-Werke
1306	Vorhersage Diesel-Rauigkeit mit TPA // FVV-EM // 01-06-2018 bis 31-05-2021	Dr. Bernd Philippen , HEAD acoustics Roland Kühn , Daimler
1340	Innengeräusch Hybrid-Antriebsstränge // FVV-EM // 01-01-2019 bis 30-06-2021	Rainer Weber , Vitesco Technologies
1361	Akustische Durchgangsdämpfung von Turboladern II // FVV-EM // 01-07-2019 bis 31-05-2020	Bernd Müller , Porsche

Emission und Immission

PLANUNGSGRUPPE 6



LEITUNG

Dr. Volker Schmeißer,
Daimler Truck

PROJEKTMANAGEMENT

Max Decker, FVV

PG6 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 6 »Emission und Immission«
widmet sich den Themen:

- Emissionen bei neuen Antriebskonzepten
- alternative Kraftstoffe
- fluktuierende Betriebsstrategien und deren Auswirkungen
- neue Materialien in abgasbeaufschlagten Bauteilen

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Abgasreinigung und -minderung, alternative Reduktionsmittel
- Modellierungsansätze für Reaktionskinetik am Katalysator
- lokale Zustandsbestimmung der Emissionen
- hochauflösende Online-Messtechniken
- Lebensdauer von Abgasreinigungskomponenten
- nicht-limitierte Abgaskomponenten

PG 6 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

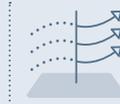
Geplante Projekte

M0121	H ₂ -DeNO _x II // BMWi/AiF	Dr. Frank Bunar, IAV
M1019	TWC-Reaktion unter Hochfrequenz-Lambdaschaltung // CORNET, BMWi/AiF	Toshihiro Mori, Toyota Motor Corporation
M1421	Lachgas-Abgasnachbehandlung an Ammoniakmotoren	Dr. Daniel Peitz, HUG Engineering
M1519	Restgasemissionen auf dem Weg zu Zero Impact // BMWi/AiF	Dr. Harald Beck, MAN Truck & Bus
M2019	Abgaskondensat zukünftiger Kraftstoffe – Zusammensetzung und Einfluss auf die Abgasnachbehandlung	Dr. Andreas Jäger, IAVF Antriebstechnik Dr. Bernhard Lüers, FEV Europe
M2020	CCS zur Dekarbonisierung von Schiffsantrieben // CORNET, FVV-EM	Klaus Meyer, Robert Bosch
M2320	FaconSCR-Modell // BMWi/AiF	Dr. Harald Beck, MAN Truck & Bus
M2420	Hochtemperatur-H ₂ -DeNO _x an H ₂ -DI-Ottomotoren	Dr. Frank Bunar, IAV
M2616	RDE Testszenariogenerierung // BMWi/AiF	Florian Rass, Honda R&D Europe
M2620	Messung der Radialverteilung von Abgasen	Nikos Symeonidis, Toyota Motor Europe
M2720	Sauerstoffspeicherung II // FVV-EM	Jeremias Bickel, Robert Bosch
M2918	Prediktive AGN in RDE-Zyklen	Dr. Bernhard Lüers, FEV Europe

Laufende Projekte

1324	CFD-Partikelemissionsanalyse // BMWi/AiF // 01-07-2018 bis 30-09-2021	Dr. Paul Jochmann, Robert Bosch
1341	Einfluss neuer siliziumhaltiger Kraftstoffe auf Abgasnachbehandlungskomponenten // FVV-EM // 01-03-2019 bis 28-02-2022	Peter Lauer, MAN Energy Solutions Andreas Döring, MAN Energy Solutions
1372	Kaltstart CNG Katalysator // BMWi/AiF // 01-08-2019 bis 31-12-2021	Dr. Michael Fischer, Tenneco
1391	Reinigungsmechanismen im Abgaspfad // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 31-12-2021	Raimund Vedder, Atlanting
1398	TWC Einfluss auf Rußeigenschaften // BMWi/AiF // 01-03-2020 bis 28-02-2022	Dr. Julie Le Louvetel-Poilly, Toyota Motor Europe
1400	AdBlue verursachte Ablagerungen II // CORNET, FVV-EM // 01-04-2020 bis 31-03-2022	Raimund Vedder, Atlanting
1412	Zero-Impact-Endrohrmission-Antriebsstränge // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2022	Dr. Frank Bunar, IAV

↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Abgeschlossene Projekte

1268	Ascheverhalten in offenporigen Partikelfiltern // BMWi/AiF // 01-03-2017 bis 29-02-2020	Dr. Bernhard Lüers, FEV Europe
1292	Ascheverhalten in Wandstromfiltern // BMWi/AiF // 01-12-2017 bis 30-11-2020	Dr. Bernhard Lüers, FEV Europe
1294	2030+ Anforderungen an die Abgasnachbehandlung –NFZ // FVV-EM // 01-02-2018 bis 31-07-2020	Dr. Claus Görsmann, Johnson Matthey Dr. Uwe Zink, BASF Catalysts Germany
1315	Sauerstoffspeicherung // FVV-EM // 01-07-2018 bis 30-09-2020	Jeremias Bickel, Robert Bosch
1319	H ₂ -DeNO _x // FVV-EM // 01-06-2018 bis 31-12-2020	Dr. Frank Bunar, IAV
1333	FaconSCR // FVV-EM // 01-11-2018 bis 31-10-2020	Dr. Harald Beck, MAN Truck & Bus Dr. Andreas Roppertz, Emission Partner
1359	NO ₂ mit Diesel-E-Fuels // BMWi/AiF, FVV-EM // 01-05-2019 bis 31-03-2021	Dr. Bernhard Lüers, FEV Europe

Brennstoffzelle

PLANUNGSGRUPPE 7



LEITUNG

Dr. Volker Formanski,
BMW

PROJEKTMANAGEMENT

Martin Nitsche, FVV

PG7 ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 7 ›Brennstoffzelle‹ widmet sich den Themen:

- Systemintegration von Brennstoffzellen in mobile/stationäre Anwendungen
- Kostenreduktion durch innovative Lösungen
- Wasserstoffkompatibilität

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Betriebsarten und -bedingungen von Brennstoffzellen
- Wasserstoffkompatibilität, Handhabung, Materialeigenschaften von wasserstofftragenden Komponenten
- Luftpfad und -filterung
- thermische Verwaltung
- Schnittstellen zur Brennstoffzelle und zu verwandten Komponenten/Aggregaten, z. B. Kompressoren, Expandern

PG 7 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0217	Innovative BZ-Luftversorgung // BMWi/AiF	Dr. Oliver Berger , Volkswagen
M0517	Simulation / Balance of Plant // FVV-EM	Stefan Rothgang , Pierburg
M0721	Minimalinvasive Messung Flüssigwassermorphologie	Sarah Städtler , AUDI
M0817	Ganzheitliche Simulation von Brennstoffzellen // FVV-EM	Stefan Bohatsch , Volvo Car
M0921	Modellbildung von PEM Brennstoffzellenmembranen	Marius Zube , FEV Europe
M1717	Simulation / Vehicle Hybridisierung // BMWi	Dr. Thorsten Schnorbus , FEV Europe
M1917	Methoden für SoH Detektion // BMWi/AiF	Richard Schauerl , AVL List
M2317	BZ-schädigende Luftschadstoffe (Studie) // FVV-EM	Markus Kersting , IAV
M2519	Kühlung Brennstoffzelle II // BMWi/AiF	Dr. Markus Kaiser , nexiss
M4120	Reinigung von dielektrischen Kühlflüssigkeiten	Dr. Michael Harenbrock , MANN+HUMMEL

Laufende Projekte

1406	Energierückgewinnung in Brennstoffzellen Anwendungen // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2022	Dr. Dirk Jenssen , Volkswagen
1411	Brennstoffzellen-Kaltstart // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2022	Dr. Stefan Kaimer , Ford-Werke

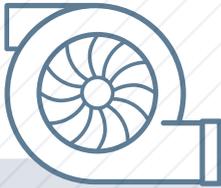
Abgeschlossene Projekte

1295	Anforderungen an die Kathodenluftqualität für LT-PEM Brennstoffzellen // FVV-EM // 15-01-2018 bis 31-12-2020	Dr. Michael Harenbrock , MANN+HUMMEL
1298	Brennstoffzellensystemsimulation – Membranbefeuchtungsmanagement // FVV-EM // 01-01-2018 bis 31-01-2020	Dr. Helge Tielbörger , Siemens Industry Software
1362	Korrosionsprodukte und Verunreinigungen im Brennstoffzellen-Wasserstoffsystem // FVV-EM // 01-08-2019 bis 31-12-2020	Dr. Christian Lucas , Volkswagen
1366	Generischer Brennstoffzellenstack // FVV-EM // 01-09-2019 bis 30-06-2020	Dr. Jan Haußmann , Schaeffler Technologies

Turbomaschinen

PLANUNGSGRUPPE T

TURBOMASCHINEN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



MATERIAL- UND
WERKSTOFFE



KOMPONENTEN



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE

LEITUNG

Dr. Dirk Hilberg,
Rolls-Royce Deutschland

PROJEKTMANAGEMENT

Dirk Bösel, FVV

PGT ONLINE



THEMIS

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe T ›Turbomaschinen‹ widmet sich den Themen:

- Wirkungsgrad und Effizienz von Turbinen, Kompressoren und Verdichtern
- alternative Kraftstoffe, Wasserstoffverbrennung
- innovative Werkstoffe und Beschichtungen

Und bearbeitet die Forschungslinien/-schwerpunkte:

- Aerodynamik von Turbomaschinen
- Wasserstoffkompatibilität, Handhabung, Materialeigenschaften von wasserstofftragenden Komponenten
- Gesamtsystem Turbine, Radial- und Axialverdichter
- Schaufelkühlung, Sekundärluftsysteme
- Bauteilbeanspruchung, Schädigungs- und Versagensmechanismen
- Hochtemperaturwerkstoffe und Beschichtung
- additive Fertigung

PG T | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

1444	Auslegung von Metall-Graphit-Verbunden // BMWi/AiF	Dan Roth-Fagaraseanu, Rolls-Royce Deutschland
836 II	Alternative Lagermetalle II // BMWi/AiF	
T0118	Flexible HD-Turbinen // DFG, FVV-EM	Christoph Lyko, Rolls-Royce Deutschland
T0121	Stabilität von IN718 bei hohen Betriebsdauern // BMWi/AiF	Dr. Dirk Kulawinski, Siemens Energy Dr. Torsten Neddemeyer, Siemens Energy
T0219	Thermik und Rotorstabilität bei Folienlagern // BMWi/AiF	Dr. Joachim Schmied, Delta JS
T0220	Sensitivitäten und Probabilistik (KomDynA_SP) // BMWi/AiF	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
T0221	Optimierung mit frequenzbereichsbasierten Methoden // FVV-EM	Dr. Stephan Behre, MTU Aero Engines
T0321	Akustoelastisch gekoppelte Verdichter // BMWi/AiF	Klaus Steff, Siemens Energy
T0419	Thermo-mechanisch induzierte Spannungsgradienten // BMWi/AiF	Frank Vöse, MTU Aero Engines
T0420	Modellierung Primär-Zerstäubung mit SPH // FVV-EM	Dr. Ruud L.G.M. Eggels, Rolls-Royce Deutschland
T0421	Zeitabhängiges Riss schließen // FVV-EM, DFG	Henning Altmstedt, Siemens
T0521	Simulation-Rissverhalten-Grobkorn II // BMWi/AiF	Markus Fried, MTU Aero Engines
T0618	Heißgaseinzug in Radseitenräume // BMWi/AiF	Dr. Marco Konle, MTU Aero Engines
T0621	Reduziertes Modell für den Radseitenraumwurf // BMWi/AiF	Dr. Karsten Kusterer, B&B-AGEMA
T0719	Optimierung mit instationären Strömungslösern // BMWi/AiF	Dr. Stephan Behre, MTU Aero Engines
T0721	Nichtlineardynamische Kontaktidentifikation // FVV-EM, DFG	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
T0818	Schmierstoffzuführungsmodell für Axialgleitlager // BMWi/AiF	Michael Bottenschein, Voith Hydro Holding
T0820	Inverse Dynamische Analyse // DFG, FVV-EM	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
T0919	Machine-Learning-basierte Werkstoffdatenanalyse // BMWi/AiF	Alexander Schult, Rolls-Royce Deutschland
T0920	Schweißverbindungen Kriechermüdriss II // AVIF	Dr. Shilun Sheng, Siemens Energy
T1019	Aerodynamik des Tandemgitters III // BMWi/AiF	Dr. Henner Schrapp, Rolls-Royce Deutschland
T1119	Thermische ATL-Lagerinteraktion // BMWi/AiF, FVV-EM	Uwe Tomm, BorgWarner Turbo Systems
T1120	Kontaktverstimmung // BMWi/AiF	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
T1419	Querstrahleinmischung in Brennkammern // BMWi/AiF	Dr. Marco Konle, MTU Aero Engines
T1420	Aeroelastische Kaskade DELTA II // CORNET	Dr. Sabine Schneider, Rolls-Royce Deutschland
T1519	Berechnungsmodell für Nassverdichtung // DFG, FVV-EM	Christoph Biela, Siemens



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
T1603	Qualifizierung bleifreier Mehrschicht-Gleitlager	Marc Witte, Rickmeier
T1618	Intelligente Hybridgleitlager	Sebastian Wolking, SAINT-GOBAIN PERFORMANCE PLASTICS PAMPUS
T1619	Korrelationsframework für ZfP Daten zu Defekten // BMWi/AiF	Dr. Christian Amann, Siemens Energy Global
T1629	Prozessmediengeschmierte Gleitlager // BMWi/AiF	Dr. Christoph Weißbacher, GTW Gleitlagertechnik Weißbacher
T1918	Kombinierte Dynamische Analysen (ComDyna): Validierung // BMWi/AiF	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
Laufende Projekte		
1232	Sekundärlufteinfluss // FVV-EM // 01-10-2016 bis 31-12-2021	Dr. Stephan Behre, MTU Aero Engines
1270	Selbsterregte Verbrennungs-Schwingungen in Mehrbrenner Anordnungen (ROLEX) // FVV-EM // 01-05-2017 bis 31-10-2021	Dr. Michael Huth, Siemens
1273	Radialturbinentemperaturfeld II // BMWi/AiF // 01-04-2017 bis 31-03-2022	Dr. Tom Heuer, BorgWarner Turbo Systems Engineering
1325	Absicherung Rissverhalten Mehrachsrig (ARIMA) // BMWi/AiF // 01-10-2018 bis 31-03-2022	Dr. Andreas Fischersworrung-Bunk, MTU Aero Engines
1326	Relaxationsverhalten II // BMWi/AiF // 01-04-2018 bis 31-03-2022	Dr. Martin Reigl, GE Power
1329	Berechnungsmethoden HT-Schwellenwert // BMWi/AiF // 01-10-2018 bis 31-03-2022	Frank Vöse, MTU Aero Engines
1345	Heißgaseinzug in Radseitenräume von Gasturbinen-Versuchsturbine // FVV-EM // 01-02-2019 bis 31-10-2021	Dr. Marco Konle, MTU Aero Engines
1351	TMF-Rissverlaufsrechnung für ATL-Heißeile // BMWi/AiF // 01-02-2019 bis 30-09-2022	Dr. Andreas Koch, Rolls-Royce Solutions
1353	Radseitenraumabdichtung II // BMWi/AiF // 01-04-2019 bis 30-09-2021	Dr. Karsten Kusterer, B&B-AGEMA
1354	Industrieverdichter mit breitem Kennfeld // BMWi/AiF // 01-02-2019 bis 31-07-2021	Dr. Matthias Schleer, Howden Turbo
1356	Dynamische Kippsegmentlagermodellierung // FVV-EM, BMWi/AiF // 01-03-2019 bis 31-08-2021	Klaus Steff, Siemens Energy
1358	Dynamik von Drall- und Strahlflammen // FVV-EM // 01-04-2019 bis 31-03-2022	Dr. Lukasz Panek, Siemens
1360	Instationäre Tandemströmung // FVV-EM, DFG // 01-10-2019 bis 30-09-2021	Dr. Henner Schrapp, Rolls-Royce Deutschland
1371	Robuste Bruchverformungskennwerte // AVIF, FVV-EM // 01-07-2019 bis 30-06-2022	Dr. Torsten-Ulf Kern, Siemens Energy Global

↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



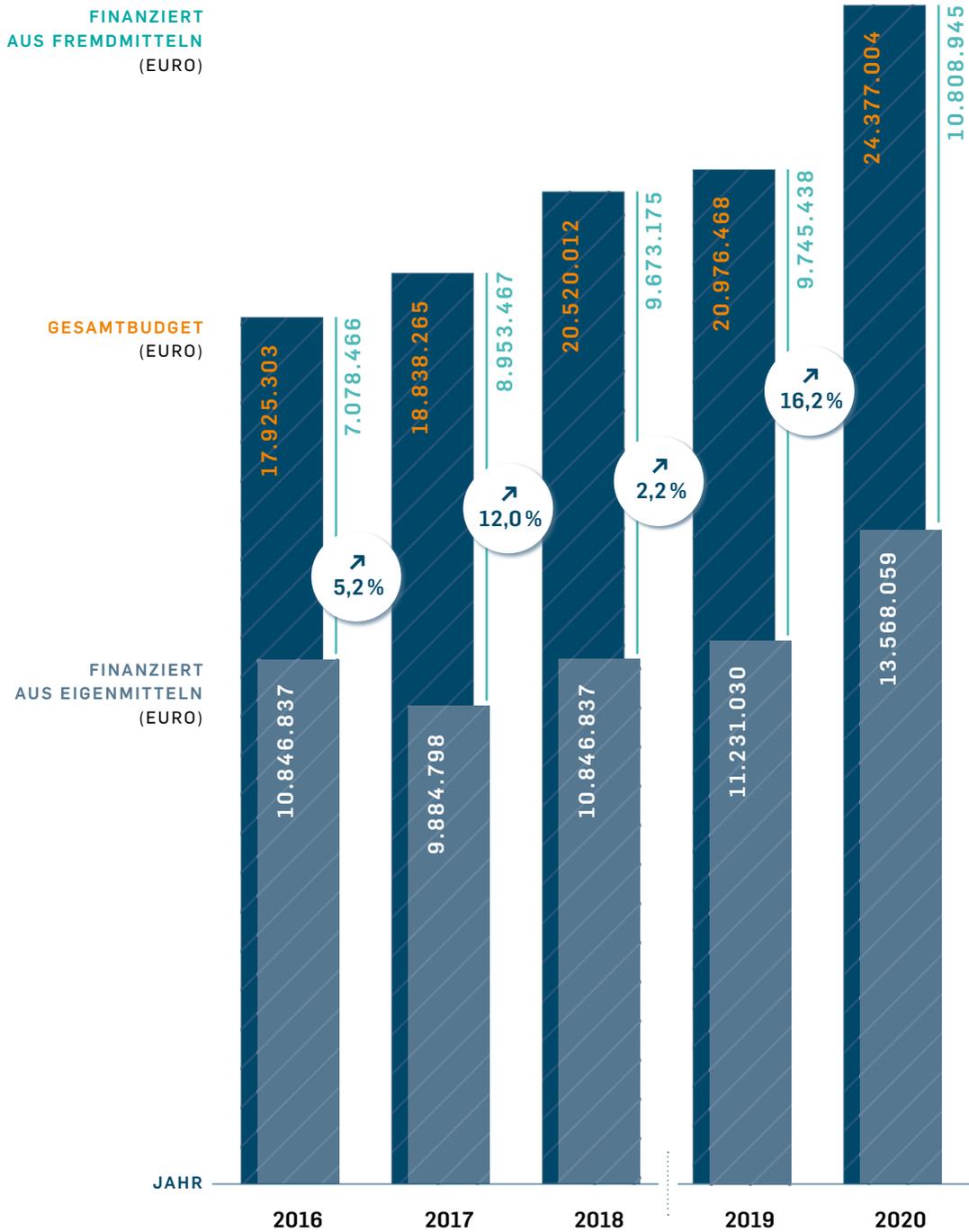
NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1373	Dynamik von ATL-Rotoren mit gekoppelter Lagerung // BMWi/AiF // 01-10-2019 bis 31-03-2022	Thomas Klimpel, ABB Schweiz
1375	Bürstendichtungen – Statistische Betrachtung // FVV-EM // 01-12-2019 bis 31-05-2022	Joris Versluis, MTU Aero Engines
1380	Probabilistischer Lebensdauermodellvergleich – Kriechermüdung // AViF // 01-01-2020 bis 31-12-2022	Henning Almstedt, Siemens
1383	Akustik in Druckleitungen II // DFG, FVV-EM // 01-02-2020 bis 31-07-2022	Dr. Irhad Buljina, MAN Energy Solutions
1386	Turbohochtemperaturstahl // BMWi/AiF // 01-02-2020 bis 31-01-2023	Dr. Markus Dinkel, Schaeffler Technologies
1388	Schaufelkräfte und Systemdämpfung // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 30-06-2022	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA
1389	Intentional Mistuning // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 30-06-2022	Thomas Winter, PBS Turbo
1390	Aluminium Hochtemperaturermüdung // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 31-03-2023	Dr. Reiner Bösch, Rolls-Royce Solutions
1392	Werkstoffanwendung FeAl (WAFEAL) // BMWi/AiF // 01-01-2020 bis 30-09-2022	Dan Roth-Fagaraseanu, Rolls-Royce Deutschland
1397	Vorhersage von Gasturbinen-Emissionen // FVV-EM, DFG // 01-04-2020 bis 31-03-2022	Dr. Ruud L.G.M. Eggels, Rolls-Royce Deutschland
1401	LPBF Hochtemperaturlebensdauer // BMWi/AiF // 01-05-2020 bis 30-04-2023	Dr. Roland Herzog, MAN Energy Solutions
1421	Dynamik von Drall- und Strahlflammen II // DFG, FVV-EM // 01-12-2020 bis 30-11-2023	Dr. Lukasz Panek, Siemens
1422	Erweiterung Betriebsbereich YSZ // FVV-EM, DFG // 01-11-2020 bis 31-10-2023	Dr. Arturo Flores Renteria, Siemens Energy
1423	Kombinierte Dynamische Analysen (ComDynA): Analytik // BMWi/AiF // 01-10-2020 bis 30-09-2022	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
1424	Füllungsgradeinfluss // BMWi/AiF // 01-10-2020 bis 31-03-2023	Dr. Christoph Weißbacher, GTW Gleitlagertechnik Weißbacher
1425	Bidirektionale aeromechanische Kopplung II // DFG, FVV-EM // 01-11-2020 bis 31-10-2022	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
1432	Partikeltransport in Verdichtergehäusekanälen // FVV-EM // 01-03-2021 bis 28-02-2022	Prof. Dr. Marius Swoboda, Rolls-Royce Deutschland
1437	Quetschöldämpfer II // BMWi/AiF // 01-01-2021 bis 30-06-2023	Thomas Klimpel, ABB Schweiz
1438	Verringerung des Wärmeübergangs an Gehäuseteilen // FVV-EM // 01-07-2021 bis 28-02-2022	Norbert Pieper, Siemens Energy
1439	Brennstoffzellen-Verdichterauslegung // BMWi/AiF // 01-03-2021 bis 31-08-2023	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA



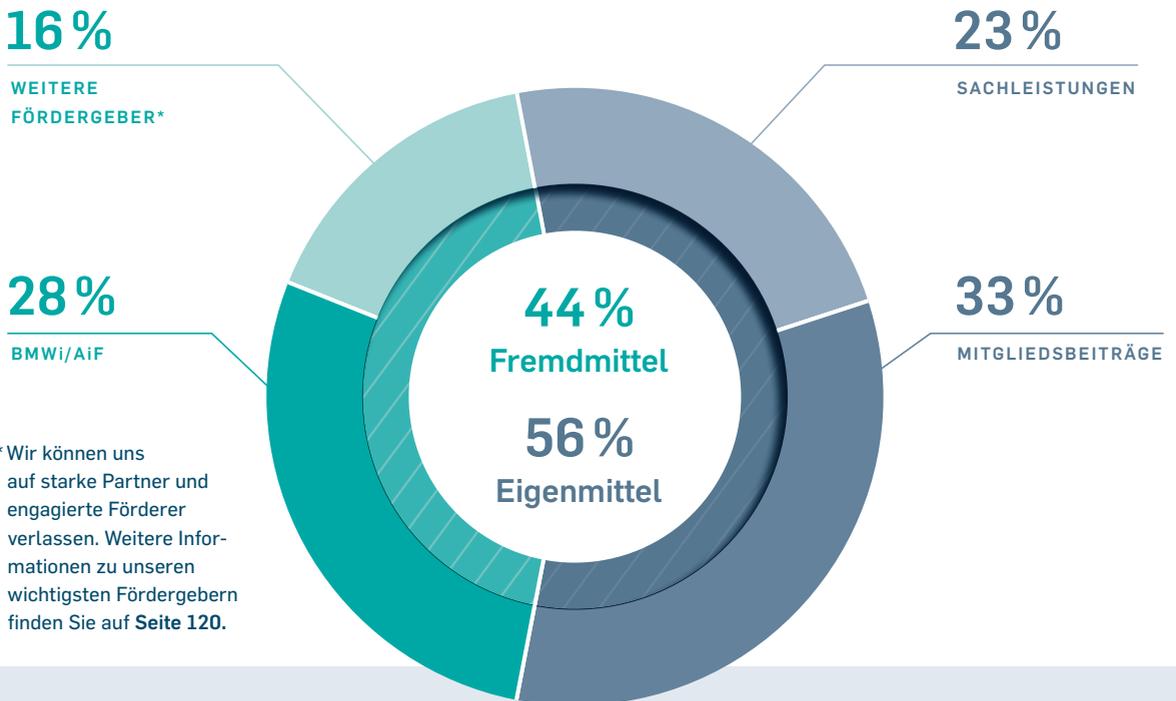
NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1440	Constraint-Effekt beim Komponenten-Design // BMWi/AiF // 01-03-2021 bis 31-08-2023	Dr. Christian Amann, Siemens Energy Global
1443	Radialverdichter im flexiblen Betrieb // BMWi/AiF, FVV-EM // 01-03-2021 bis 29-02-2024	Dr. Matthias Schleer, Howden Turbo
836 I	Alternative Lagermetalle für Gleitlager // BMWi/AiF // 01-06-2018 bis 31-07-2021	Martin Limmer, RENK
847 I	Mikrostrukturierung von Gleitlagerflächen // BMWi/AiF // 01-11-2018 bis 31-10-2021	Dr. Oliver Alber, MAN Energy Solutions
880 I	Werkstoffqualifizierung // BMWi/AiF // 01-11-2019 bis 30-04-2022	Martin Limmer, RENK
915 I	Gleitlager-Schmierstoff-Qualifizierung // BMWi/AiF // 01-11-2020 bis 31-01-2023	Cornelia Recker, Klüber Lubrication München
Abgeschlossene Projekte		
1251	Simulation-Rissverhalten-Grobkorn // BMWi/AiF // 01-11-2016 bis 31-10-2020	Markus Fried, MTU Aero Engines
1252	Versagenshypothesen II // FVV-EM, DFG // 01-12-2016 bis 31-08-2020	Dr. Ümit Mermertas, Siemens
1259	Dickwandige Gehäuse II // AVIF // 01-01-2017 bis 31-12-2020	Dr. Martin Reigl, GE Power
1261	Aerodynamik des Tandemgitters II // BMWi/AiF // 01-01-2017 bis 30-06-2021	Dr. Henner Schrapp, Rolls-Royce Deutschland
1279	Design und Aufbau des FVV Industrieverdichters // FVV-EM // 01-07-2017 bis 30-06-2021	Dr. Matthias Schleer, Howden Turbo
1288	Lebensdauermethoden, multiaxial und anisotherm (LEBEMAN) // BMWi/AiF // 01-09-2017 bis 31-05-2021	Dr. Hartmut Schlums, Rolls-Royce Deutschland
1291	Quetschöldämpfer – Optimierte Lagerabstützung // BMWi/AiF // 01-09-2017 bis 31-10-2020	Thomas Klimpel, ABB Schweiz
1299	Stützwirkung Stahlguss // AVIF // 01-01-2018 bis 31-12-2020	Henning Almstedt, Siemens Energy Global
1308	Bidirektionale aeromechanische Kopplung // FVV-EM, DFG // 01-06-2018 bis 31-05-2020	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
1330	Metall-Graphit-Verbunde für Gleitlager (MeGraV) // BMWi/AiF // 01-09-2018 bis 31-12-2020	Dan Roth-Fagaraseanu, Rolls-Royce Deutschland
1331	Aeroelastische Kaskade DELTA // CORNET // 01-06-2018 bis 30-04-2021	Dr. Sabine Schneider, Rolls-Royce Deutschland
1337	Umfangsinhomogene Radialverdichterströmung // BMWi/AiF // 01-12-2018 bis 31-05-2021	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA
1399	Thermisch induzierter Spannungsgradienten (TISG) // FVV-EM // 01-04-2020 bis 30-09-2020	Frank Vöse, MTU Aero Engines
1427	COMBROS-R/A Software Dokumentation in Englisch // FVV-EM // 01-01-2021 bis 30-04-2021	Klaus Steff, Siemens Energy

Forschungsfinanzierung

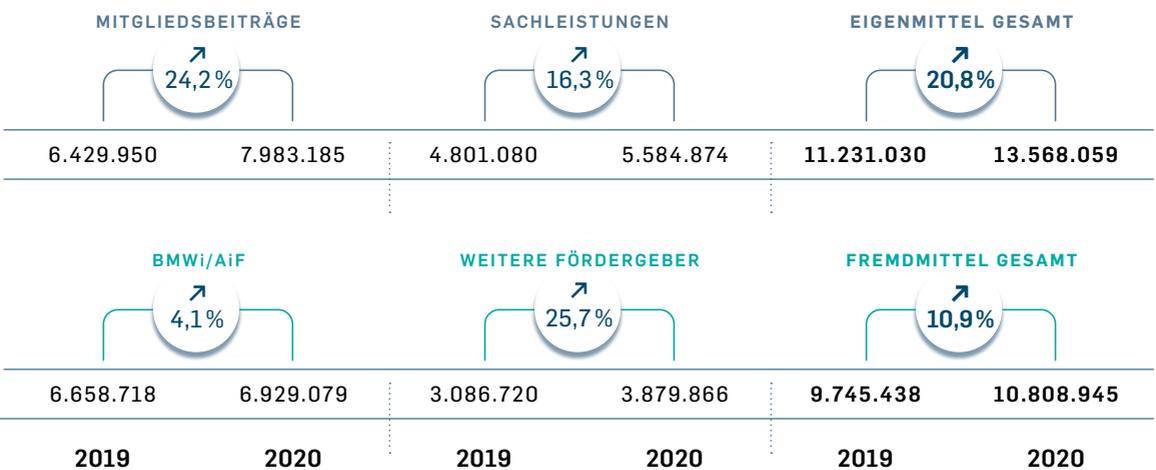
AUSGABEN FÜR FORSCHUNG



VERTEILUNG DER INVESTIERTEN MITTEL



JAHRESVERGLEICH



Forschungsförderung

FÖRDERGEBER

Innovative und nachhaltige Forschungsk Kooperationen benötigen einen stabilen Finanzierungsrahmen. Unsere Projekte werden aus den Beiträgen der Mitgliedsunternehmen, Kooperationen (z. B. AICE, DVGW, FVA) und aus Mitteln der öffentlichen Forschungsförderung finanziert. Wir bedanken uns bei allen Forschungspartnern für die großzügige Unterstützung!

EINE AUSWAHL DER FÖRDERGEBER



BMWi/AiF – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie/ Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungs- vereinigungen ›Otto von Guericke‹ e.V.

Die vorwettbewerbliche Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) findet in enger Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) statt. Das BMWi stellt im Rahmen der IGF aktuell rund 180 Millionen Euro für herausragende Forschungsprojekte und die Netzwerkbildung zwischen mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen bereit. Als Träger der Industriellen Gemeinschaftsforschung und weiterer Förderprogramme des Bundes und der Länder setzt sich die AiF für die Leistungsfähigkeit des Mittelstands ein. Sie verknüpft Wirtschaft, Wissenschaft und staatliche Förderung zu einem Innovationsnetzwerk und bietet praxisnahe Innovationsberatung an.

www.aif.de



DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist die zentrale Selbstverwaltungseinrichtung der Wissenschaft zur Förderung der Forschung an Hochschulen und öffentlich finanzierten Forschungsinstitutionen in Deutschland.

www.dfg.de



CORNET – COLlective Research NETworking

CORNET ist ein internationales Netzwerk von Ministerien und Finanzierungsagenturen, die ihre bestehenden Förderprogramme kombinieren, um die Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zu erhöhen. Auf diese Weise unterstützt CORNET neue Förderorganisationen weltweit bei der Einführung von Pilotaktionen und -programmen für vorwettbewerbliche Industrielle Gemeinschaftsforschung.

www.cornet.online



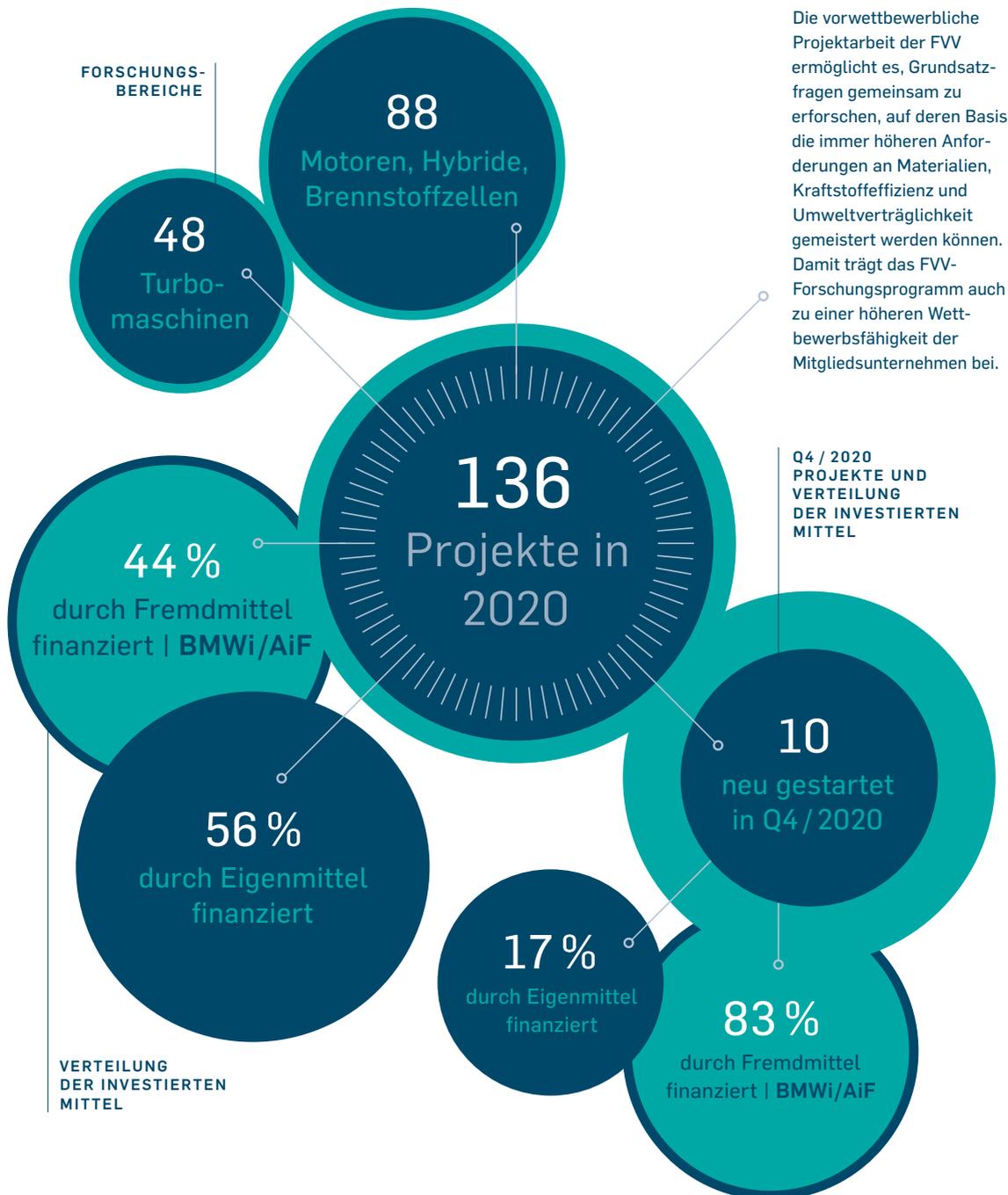
AVIF – Forschungsvereinigung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen und Metall verarbeitenden Industrie e. V.

Ziel der AVIF ist die Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Stahlverarbeitung und -anwendung in Deutschland. Seit ihrer Gründung hat die AVIF ca. 240 Forschungsprojekte mit einem Fördervolumen von 55 Millionen Euro gefördert. Sie trägt in hohem Maße dazu bei, in der stahlverarbeitenden Industrie das Wissen um die Einsatzmöglichkeiten von Stahl zu erhöhen. Steigenden Anforderungen kann so besser begegnet werden, die Wettbewerbsfähigkeit wird gestärkt.

www.avif-forschung.de

Realisierte Projekte

AUFGLIEDERUNG



Forschungspartner Motoren

MITTELVERTEILUNG | BMWi/AiF UND EIGENMITTEL

STANDORT	EURO	PROZENT
Stuttgart	2.796.441	22,7 %
Aachen	1.589.626	12,9 %
Darmstadt	1.101.035	8,9 %
Karlsruhe	1.081.716	8,8 %
Braunschweig	771.651	6,3 %
Magdeburg	576.273	4,7 %
Cottbus	355.716	2,9 %
Hannover	345.429	2,8 %
Berlin	333.437	2,7 %
Dresden	285.438	2,3 %
Freiberg	251.352	2,0 %
Hamburg	235.790	1,9 %
Zürich (CH)	222.733	1,8 %
München	219.096	1,8 %
Chemnitz	203.036	1,7 %
Erlangen	193.909	1,6 %
Coburg	182.160	1,5 %
Duisburg	175.158	1,4 %
Heidelberg	148.950	1,2 %
Rostock	140.219	1,1 %
Bremen	138.690	1,1 %
Wien (AT)	115.044	0,9 %
Weimar	109.530	0,9 %
Oldenburg	100.097	0,8 %
Ulm	99.710	0,8 %
Graz (AT)	91.790	0,7 %
Jülich	79.240	0,6 %
Freiburg	67.345	0,6 %
Sonstige <60.000 €	321.167	2,6 %
	12.331.778	

Ein ausführliches Verzeichnis unserer Forschungspartner finden Sie unter → www.fvv-net.de | Forschung

FORSCHUNGSSTELLEN



Forschungspartner Turbomaschinen

MITTELVERTEILUNG | BMWi/AiF UND EIGENMITTEL

STANDORT	EURO	PROZENT
Aachen	665.553	23,1%
Darmstadt	646.245	22,4%
Berlin	428.576	14,9%
Stuttgart	289.561	10,0%
Clausthal	161.528	5,6%
Freiburg	151.108	5,2%
Karlsruhe	119.030	4,1%
Cottbus	93.632	3,2%
Bremen	91.090	3,2%
München	65.250	2,3%
Hannover	55.783	1,9%
Freiberg	41.150	1,4%
Dresden	26.568	0,9%
Bochum	19.318	0,7%
Wuppertal	15.000	0,5%
Braunschweig	13.134	0,5%
	2.882.526	

Ein ausführliches Verzeichnis unserer Forschungspartner finden Sie unter → www.fvv-net.de | **Forschung**

FORSCHUNGSSTELLEN



Jahresabschluss

VERMÖGENSÜBERSICHT

AKTIVSEITE	31.12.2020		31.12.2019	
	EURO	EURO	EURO	EURO
A. Umlaufvermögen				
I. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände				
01. Geleistete Anzahlungen	3.694.060,08		2.765.042,77	
02. Sonstige Vermögensgegenstände	483.337,33		35.860,25	
		4.177.397,41		2.800.903,02
II. Kassenbestand und Guthaben bei Kreditinstituten		4.587.778,68		7.375.920,50
B. Anlagevermögen				
I. Wertpapiere		1.082.113,61		81.386,13
		9.847.289,70		10.258.209,65
PASSIVSEITE	EURO	EURO	EURO	EURO
A. Vortrag für Forschungsaufgaben				
01.a Eigenmittel	5.576.074,39		7.204.300,19	
01.b Eigenmittelreserve	224.000,00		224.000,00	
02. Fremdmittel	1.413.975,79		17.658,97	
		7.214.050,18		7.445.959,16
B. Rückstellungen				
01. Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen	376.720,00		281.820,00	
02. Sonstige Rückstellungen	147.503,03		123.963,94	
		524.223,03		405.783,94
C. Verbindlichkeiten				
01. Verbindlichkeiten gegenüber Forschungsinstituten	2.083.569,04		2.363.231,85	
02. Sonstige Verbindlichkeiten	25.447,45		43.234,70	
		2.109.016,49		2.406.466,55
		9.847.289,70		10.258.209,65

BESTÄTIGUNG DES WIRTSCHAFTSPRÜFERS

GGV

Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Steuerberatungsgesellschaft

- 9 -

4. Schlussbemerkung und Bescheinigung

Wir haben die Jahresrechnung unter Einbeziehung der Buchführung des Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V., Frankfurt am Main, bestehend aus der Vermögensübersicht zum 31. Dezember 2020 und der Ertrags- und Aufwandsrechnung für die Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 2020, mit Ausnahme der zu statistischen Zwecken erfassten Sachleistungen der Mitglieder, geprüft.

Wir haben unsere Prüfung unter analoger Anwendung von §§ 317 ff. HGB und Beachtung der vom Institut der Wirtschaftsprüfer (IDW) festgestellten deutschen Grundsätze ordnungsmäßiger Abschlussprüfung sowie unter Beachtung des IDW Prüfungsstandards: Prüfung von Vereinen (IDW PS 750) durchgeführt.

Nach dem Ergebnis unserer Arbeiten erteilen wir der als Anlagen I und II beigefügten Jahresrechnung des Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V., Frankfurt am Main, für das Rechnungsjahr vom 1. Januar bis zum 31. Dezember 2020 die folgende Bescheinigung:

Die Buchführung und die Jahresrechnung entsprechen nach unserer pflichtgemäßen Prüfung den Grundsätzen einer ordnungsmäßigen Rechnungslegung. Die zu statistischen Zwecken erfassten Sachleistungen der Mitglieder haben wir nicht beurteilt.

Frankfurt am Main, den 20. Mai 2021

GGV GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Steuerberatungsgesellschaft


G. Häbler
Wirtschaftsprüfer

Achim Königstein, Opel Automobile GmbH, und Prof. Dr. Christoph Brands, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, nahmen am 27.08.2021 die freiwillige Rechnungsprüfung für das Geschäftsjahr 2020 vor. Die Prüfung führte zu keinerlei Beanstandungen: Die von der Mitgliederversammlung bestellten Rechnungsprüfer schließen sich hinsichtlich der Verwendung der Eigenmittel dem Bestätigungsvermerk des Wirtschaftsprüfers an.



Der Bezug des Jahresmagazins ›PrimeMovers.« ist im FVV-Mitgliedsbeitrag enthalten. Alle Angaben sind ohne Gewähr, Änderungen vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und Onlinestellung des Magazins – ganz oder in Teilen – ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet. Alle Rechte vorbehalten.

Sie können über den QR-Code eine elektronische Kopie des FVV-Jahresmagazins 2021 herunterladen oder gerne unter kommunikation@fvv-net.de die Printausgabe bestellen.

Das FVV-Jahresmagazin ›PrimeMovers.« ist online abrufbar:

→ www.fvv-net.de | [Medien](#)



HERAUSGEBER

Forschungsvereinigung
Verbrennungskraftmaschinen e.V.
Lyoner Strasse 18
60528 Frankfurt am Main
www.fvv-net.de
www.primemovers.de

AUSGABE

11 | 2021

AUTOREN

Johannes Winterhagen, Frankfurt am Main
Mathias Heerwagen, Wiesbaden

REDAKTION

Petra Tutsch, Dietmar Goericke
und Stephanie Smieja, FVV

GRAFISCHE KONZEPTION
UND UMSETZUNG

Lindner & Steffen GmbH, Nastätten

DRUCK

DFS Druck Brecher GmbH, Köln

PrimeMovers. ist ein jährlich erscheinendes Forschungsmagazin zur Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) an nachhaltigen und effizienten Energiewandlungssystemen für mobile und stationäre Anwendungen, veröffentlicht von der Forschungsvereinigung FVV. Das Magazin beinhaltet ausgewählte Artikel zu relevanten Themen des vorangegangenen Jahres. Zudem kommen Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Wirtschaft zu Wort und weiten den Blick auf die Forschung rund um die Energie- und Verkehrswende. PrimeMovers. wird durch den Geschäftsbericht der FVV ergänzt.

Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.
Research Association for Combustion Engines

Lyoner Strasse 18 | 60528 Frankfurt/M. | Germany
T +49 69 6603 1345 | F +49 69 6603 2345 | info@fvv-net.de

www.fvv-net.de | www.primemovers.de