

FVV JAHRESMAGAZIN

PrimeMovers.

2022 | »Neues schaffen«



Science for a
moving society



»Neues schaffen«

Liebe Mitglieder der FVV,
liebe Leserin, lieber Leser,

die Zeitenwende hin zu nachhaltigen Antrieben und Energieträgern ist längst Realität. Industrielle Gemeinschaftsforschung, die ihrer gesellschaftlichen Rolle gerecht werden will, muss daher einerseits zur Klimaneutralität, andererseits aber auch zu einer resilienten und global wettbewerbsfähigen Volkswirtschaft beitragen. Wie so oft im Leben gilt auch hier, dass es bedeutend einfacher ist, ein Ziel zu setzen, als sich dem Ziel Schritt für Schritt zu nähern, insbesondere wenn dabei einige Höhenmeter zu bewältigen sind. Die FVV hat sich dennoch bereits vor Jahren auf diesen Weg gemacht, weil wir der festen Überzeugung waren und sind, dass die große Aufgabe einer Transformation nur durch Innovation innerhalb der diskutierten gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen zu lösen ist. Entwickelt werden Technologien von Forschern, Ingenieuren, Technikern und Naturwissenschaftlern, die mit Leidenschaft nicht nur Vorhandenes kontinuierlich verbessern, sondern immer wieder Neues schaffen wollen. Entscheidend für den Erfolg sind dabei Netzwerke, die sich ständig erweitern. Mit der FVV bieten wir ein solches Netzwerk aus Unternehmen, Forschungsstellen und Verbänden – und damit den Nährboden, auf dem das Neue entstehen kann. Als Forschungsvereinigung war es für uns eine entscheidende Frage, an welchen Zukunftstechnologien wir arbeiten wollen.

Vor diesem Hintergrund hatten Vorstand, Ausschuss Forschung und Geschäftsführung der FVV aktiv eine Grundsatzdiskussion darüber angestoßen, wie wir unser Forschungsprogramm, orientiert an den aktuellen sozialen, gesellschaftlichen und politischen Diskussionen und Entscheidungen, neu ausrichten wollen. Dieser Prozess, an dem sich die Vertreter vieler Mitgliedsunternehmen konstruktiv beteiligt haben, ist Mitte 2022 zum Abschluss gekommen. Zusammenfassen lässt sich das Ergebnis mit der allen Ingenieuren geläufigen Darstellung eines V-Modells, das wir auf [→Seite 14](#) abbilden. Am Anfang des Prozesses, der durch das Modell abgebildet wird, stehen die großen Fragen nach einer nachhaltigen Energieversorgung, insbesondere für den Bereich der Mobilität, in der technische und makroökonomische Aspekte zu berücksichtigen sind. Die vom Vorstand initiierten Orientierungsstudien konnten in der Vergangenheit bereits einen wesentlichen Beitrag zu einer faktenorientierten Debatte leisten und werden das auch weiterhin tun.

Auf der darunter liegenden Systemebene geht es einerseits darum, das Potenzial neuer, auf regenerativen Ressourcen basierender Energieträger und Energiewandler zu untersuchen. Andererseits gilt es, die Entwicklung der relevanten Antriebssysteme nachhaltiger und effizienter zu machen. Da die konkrete Auslegung von Antriebssystemen nicht Gegenstand der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung sein kann, bedarf dieser Punkt einer Erläuterung. Die zunehmende Komplexität von Antriebssystemen, die häufig mehrere Energieträger- und wandler kombinieren (etwa Strom und Wasserstoff in einem Brennstoffzellen-Hybridsystem), erfordert neue Entwicklungsmethoden, die auch von kleineren und mittleren Unternehmen genutzt werden können. Mit der Bereitstellung entsprechender Methoden trägt die FVV wesentlich zu einem gemeinsamen Verständnis und vor allem einem wettbewerbsfähigen Mittelstand bei.

Wir erarbeiten wissenschaftliche Fakten, auf deren Basis Innovationen für kontinuierlichen Wandel und Fortschritt der Gesellschaft entstehen.

Selbstverständlich sind und bleiben die verschiedenen Energiewandler – von der Kraft- und Turbomaschine über die Brennstoffzelle bis hin zur E-Maschine – Teil des Forschungsprogramms. Arbeiten zu elektrischen Maschinen sind dabei Teil des E-MOTIVE-Programms, das in Zusammenarbeit mit VDMA und FVA durchgeführt wird. Höchste Energieeffizienz sowie der schadstofffreie Betrieb im Sinne von ›Zero Impact‹-Immissionen motiviert uns dabei zu weiterer Forschung. Weitere Facetten von Nachhaltigkeit adressiert die Arbeit an Werk- und Betriebsstoffen und deren Eigenschaften. Sie legt unter anderem die Grundlagen für lange Haltbarkeit, aber auch für Recyclingfähigkeit in einer Kreislaufwirtschaft.

Um auf all diesen Gebieten neues Wissen zu schaffen, mit dem unsere Mitgliedsunternehmen innovative Lösungen entwickeln und auf den Markt bringen können, hatte sich in der Vergangenheit eine Struktur bewährt, in der Forschungsvorhaben vorrangig von Mitgliedsunternehmen angestoßen werden. Nach intensiver Diskussion in verschiedenen Gremien sind wir nun sicher: Die FVV soll ihren Charakter als ›Mitmachverein‹ erhalten. Gerade dadurch, dass die von uns initiierte Forschung sich aus den Ideen der Mitglieder speist, steigt die Wahrscheinlichkeit einer



Foto: Uwe Nölke

industriellen Anwendung erheblich. Wichtig bleibt zudem die Förderung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses, der durch die Arbeit in den FVV-Projekten frühzeitig die Sicht von Industrieunternehmen auf Forschungsergebnisse kennenlernt.

Den Aufbruch in eine neue Zeit soll auch unser Name signalisieren: Er muss die gesamte Breite unserer Forschung abdecken, die längst über die Verbrennungskraftmaschine hinausgewachsen ist. Gleichzeitig soll er eine Kontinuität in unserer wissenschaftlichen Arbeitsweise signalisieren, die in der Energie- und Mobilitätswelt hohe Anerkennung erfährt. Und nicht zuletzt muss er die gesellschaftliche Relevanz unserer Arbeit verdeutlichen. Nach einem intensiven Diskussionsprozess, in den viele Stakeholder einbezogen waren, haben wir uns dafür entschieden, den Namen FVV zu behalten und die Neuausrichtung durch einen ergänzenden Claim zu verdeutlichen.

Der neue Claim ist ein Versprechen, für das wir auch persönlich stehen: Wir erarbeiten wissenschaftliche Fakten, auf deren Basis Innovationen für kontinuierlichen Wandel und Fortschritt der Gesellschaft entstehen. Dies auch in der Außenkommunikation deutlich zu machen, sehen wir als Chance, insbesondere in einer Zeit, wo immer mehr nicht-faktische oder zumindest nicht überprüfbare Informationen zirkulieren.

Dass durch die Arbeit der FVV nicht nur nützliche, sondern auch äußerst faszinierende Technik entsteht, können Sie auf den folgenden Seiten unseres Jahresmagazins erleben. //

Wir freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit und den Austausch mit Ihnen!

PROF. DR. PETER GUTZMER
Vorsitzender des Vorstands

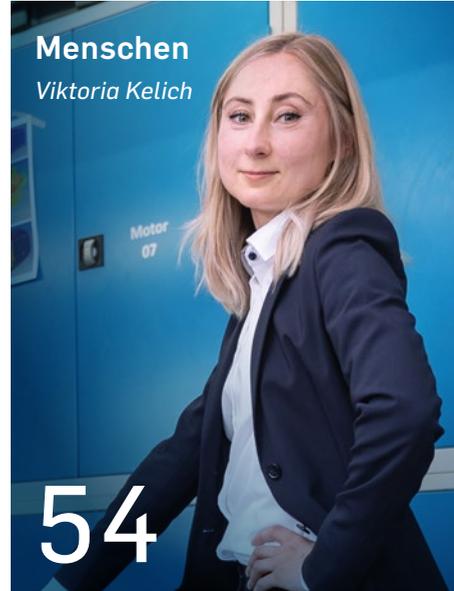
DIETMAR GOERICKE
Geschäftsführung



Science for a
moving society

Entwicklungs-
methodik

50



Wandel



Material-
wissenschaften

34

Wasserstoff

30



Wasserstoff
Dr. Michael Ladwig

38



Wissenschaft
Prof. Dr. Thomas Koch

68



Menschen
Martin Urban

40

Effizienz

60

**Nachwuchs-
wissenschaftler**

64

Digitalisierung

46

Vernetzung	72
FVV Geschäftsbericht 2021/2022	
77	
Die Menschen hinter moderner Forschung	78
Forschungsprogramm	86
Zahlen kompakt – Das Geschäftsjahr 2021	110

Wer treibt die Zukunft an?

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



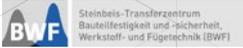
Innovation in Motion



oerlikon



SCHAEFFLER



Heraeus

ISUZU



LIEBHERR

KEWOU



NESTE



SIEMENS



Ansys



FEV



+GF+

KST.



INTERKAT



Make it **new**

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

FUTURE FACTS

FORSCHUNG

SUSTAINABLE SOLUTIONS

VERANTWORTUNG

SCIENCE

WISSENSCHAFT

Wir sind die treibende Kraft hinter allen Antrieben

In unserem Innovationsnetzwerk forschen global agierende Hersteller von Energieanlagen und Energieträgern, Antriebssystemen, Fahrzeug-/Indusriemotoren, Brennstoffzellen, Flugzeugtriebwerken und Turbomaschinen sowie deren Zulieferer und Entwicklungsdienstleister gemeinsam und wettbewerbsfähig mit Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen an Zukunftstechnologien. Das Ziel ist, Motoren, Hybridantriebe, Turbinen, Kompressoren, Verdichter und Brennstoffzellen in neuen, (teil-)elektrifizierten, integrierten und digitalisierten Energiewandlungssystemen noch effizienter, sauberer und nachhaltiger mit regenerativen Energieträgern zu betreiben – zum Vorteil von Gesellschaft, Klima, Umwelt und Industrie.

Wir halten die Zukunft offen

Gemeinsam und global vernetzt forscht die FVV an technologisch-wissenschaftlichen Grundlagen für Klimaneutralität und Zero-Impact-Emissionen in nachhaltigen Energiewandlungssystemen. Dabei haben wir einen klaren faktenbasierten Kompass. Wir sind immer offen für die beste Lösung: technisch, wirtschaftlich und politisch. Wir organisieren themenoffene Forschung entlang der Wertschöpfungsketten, die Unternehmen mit gleichen Interessen unabhängig von Größe und Wirtschaftskraft zusammenbringt. Wir vernetzen kluge Köpfe und profitieren von ihrem Wissen. Wir denken voraus und eröffnen dem wissenschaftlichen Nachwuchs Wege in die Welt von morgen. So entsteht aus innerem Antrieb und Leidenschaft Technik für den Fortschritt der Gesellschaft.



Science for a moving society

Das FVV-Modell

Das V-Modell ist ein in der Entwicklung bewährtes Vorgehensmodell, das die FVV für die IGF-Projektplanung übernommen hat: Gesellschaftliche und sich daraus ergebende technologische Anforderungen an nachhaltige Energiewandlungssysteme werden von der System- bis tief in die Komponentenebene spezifiziert und in Forschungsprojekten implementiert.

GESELLSCHAFTLICHE ERWARTUNGEN

Mit den **UN-Nachhaltigkeitszielen** der Agenda 2030 haben die Vereinten Nationen globale Ziele für nachhaltige Entwicklung festgelegt.



NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Die FVV forscht an nachhaltigen Energiewandlungssystemen. Dabei hat sie die gesellschaftlichen Erwartungen und technologischen **Megatrends** stets im Blick.

GESELLSCHAFTLICHE VERANTWORTUNG

Mit Orientierungsstudien lenkt der **Vorstand** der FVV den Austausch mit der Wissenschaft zu technologiebezogenen Zukunftsfragen.

VORWETTBEWERBLICHE FORSCHUNGSTHEMEN

Um neues Wissen zu schaffen, mit dem Unternehmen innovative Lösungen entwickeln und auf den Markt bringen können, hat sich eine Struktur bewährt, in der Forschungsprojekte vorrangig von Vertretern der Mitgliedsfirmen in **Experten-**gruppen angetrieben werden.

WETTBEWERBLICHE IMPLEMENTIERUNG

Die Entwicklung von innovativen Produkten, die sich auf dem **Markt** vom Wettbewerb unterscheiden, ist die natürliche Systemgrenze der vorwettbewerblichen IGF.

WISSENSTRANSFER

Industrielle Gemeinschaftsforschung bietet Zugang zu einem kontinuierlichen Strom von neuem Wissen, das die **Mitglieder** für die Entwicklung eigener Produkte und Verfahren effektiv nutzen können.

FORSCHUNG VON MORGEN

WIRTSCHAFT VON MORGEN

Gesellschaftliche Verantwortung

Die Vereinten Nationen haben in der Agenda 2030 siebzehn globale Ziele für nachhaltige Entwicklung festgelegt. Die FVV lässt sich in ihrer Arbeit gleichberechtigt von sechs UN-Nachhaltigkeitszielen leiten.

GESELLSCHAFTLICHE ERWARTUNGEN

Bezahlbare und saubere Energie

Zugang zu bezahlbarer, verllässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern.

Maßnahmen zum Klimaschutz

Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum und menschenwürdige Arbeit für alle fördern.

Industrie, Innovation und Infrastruktur

Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern, Innovationen unterstützen.

Nachhaltig/r Konsum und Produktion

Nachhaltig produzieren und konsumieren.

Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum

Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.

Partnerschaften zur Erreichung der Ziele

Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen.

WIRTSCHAFT
UND FORSCHUNG
VON MORGEN

- Lebenszyklusbetrachtung
- Energiewende
(Defossilisierung, erneuerbare Energieträger)
- Verkehrswende
(Dekarbonisierung, nachhaltige Mobilitätslösungen)

- Industrialisierung, Digitalisierung
- Ressourcen- und Energieeffizienz, Kreislaufwirtschaft
- Umweltverträglichkeit (Luft, Wasser, Boden)

- Globalisierung, Rohstoffketten
- Wirtschaftsgeographie, industrielle Standorte
- Qualifizierung (Bildung, Wissenschaft, Forschung)

Forschung von morgen

Die vorwettbewerbliche Forschung der FVV ermöglicht Unternehmen, gemeinsame Technologieprobleme und Fragestellungen zu Lebenszyklen, Materialien und Kreislaufwirtschaft wissenschaftlich fundiert zu lösen.

NACHHALTIGKEIT | GESELLSCHAFT

Die FVV steht für zukunftsgerichtete, faktenbasierte Forschung. Wir denken voraus und eröffnen dem wissenschaftlichen Nachwuchs Wege in die Welt von morgen. → **Zukunftsthemen, Orientierungsstudien** → **Universitäre Forschung, Nachwuchsförderung und -qualifizierung**

VORWETTBEWERBLICHE FORSCHUNGSTHEMEN

SYSTEM

Energieinfrastruktur/-speicherung

Zusammenspiel von Energieträgern und Systemkomponenten, Energieinfrastruktur und externer Speicherung. → **Chemische Energieträger und alternative Kraftstoffe außerhalb der Anwendung** → **Normung** → **Lebenszyklusanalysen**

METHODEN UND WERKZEUGE

- **Entwicklungswerkzeuge**
- **Künstliche Intelligenz**
- **Emissionierung/EMV**

Nachhaltige Antriebssysteme

Straßen- und Schienenfahrzeuge: klassischer Powertrain (ICEV), teil-/elektrifiziert (PHEV, BEV, FCEV), Triebwerke Luftfahrzeuge, Schiffe, Arbeitsmaschinen, Stromerzeuger. → **Energiespeicherung in der Anwendung** → **Systemwirkungsgrad** → **Luftverunreinigung, Erderwärmung, Geräusche, Schall, Strahlen** → **E-Maschine zusammen mit Batterie**

SUBSYSTEME

Energiewandlungssysteme

Innovative bzw. optimierte Energiewandlungssysteme mit minimalen Umwelteffekten und maximaler Prozesseffizienz. → **Motoren** → **E-Maschinen** → **Brennstoffzellen** → **Turbomaschinen** → **Zero-Impact-Emissionen**

KOMPONENTEN

Werkstoffwissenschaften und Recycling

Klassische Werkstoffthemen in Verbindung mit neuen Energieträgern, Produktionsmethoden und recycelten Materialien. → **Festigkeit** → **Tribologie** → **Recycling**

Wirtschaft von morgen

Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) ist zukunftsgerichtet und themenoffen. Eines ihrer Kernelemente ist der Wissenstransfer, der mit der wettbewerblchen Implementierung der Forschungsergebnisse seine natürlche Systemgrenze erreicht. Ab hier nutzen die Unternehmen das neue Wissen für die Entwicklung eigener Produkte, Verfahren und Dienstleistungen.



Wissenschaftliche Leitung

Die FVV ist ein »Mitmachverein«: Industrienaher Forschung kann nur dann gelingen, wenn sie gemeinsam entwickelt und gestaltet wird. In den Expertengruppen wird unter der Leitung erfahrener Mitglieder der gemeinsame Forschungsbedarf ermittelt und entsprechend Projekte konzipiert.

SYSTEM

Energieinfrastruktur/-speicherung

NN

Nachhaltige Antriebssysteme

Thorsten Oberpenning, Rolls-Royce Solutions

SUBSYSTEME

Energiewandlungssysteme

→ **Motoren** | Dr. Christian Weiskirch, MAN Truck & Bus

→ **E-Maschinen** | Carsten Weber, Ford-Werke

→ **Brennstoffzellen** | Dr. Volker Formanski, BMW Group

→ **Turbomaschinen** | Dr. Dirk Hilberg, Rolls-Royce Deutschland

→ **Zero-Impact-Emissionen** | Dr. Volker Schmeißer, Daimler Truck

KOMPONENTEN

Werkstoffwissenschaften und Recycling

Dr. Dieter Eppinger, SEG Automotive Germany

EXPERTEN-GRUPPEN



Kooperation

E-Maschine, Brennstoffzelle, klimaneutrale Energieträger – der Wandel in der Mobilität ist vielschichtig. Damit es auch in Zukunft alternative Lösungen für nachhaltige Antriebssysteme gibt, organisieren wir Kooperationsprojekte mit unseren Netzwerkpartnern.



MAKE IT NEW
(ToR)



E-MOTIVE
BY FVA



»Neues Selbstverständnis«

In einer Transformation gute Entscheidungen angesichts vielfältiger Technologieoptionen zu treffen, verlangt neben Mut auch profundes Wissen. Fünf Stimmen aus den Mitgliedsunternehmen zum neuen FVV-Claim »**Science** for a moving society«.



Science for a
moving society

Brücken in eine klimaneutrale Gesellschaft



Natalia Cochin,
Expertin für Antriebsentwicklung,
Toyota Motor Europe

Wir alle wollen das Ziel einer klimaneutralen Gesellschaft unbedingt erreichen. Darum hat die Wirtschaft und allen voran die Automobilindustrie einen ungekannten Transformationsprozess gestartet. Politik und Zivilgesellschaft haben durch zahlreiche Aktivitäten diesen Prozess befördert. Einzelmaßnahmen lassen jedoch manchmal kein klares Gesamtbild erkennen. Für die Automobilindustrie ist die FVV ein wichtiges Kooperationsforum: Hier lassen sich im gegenseitigen Austausch optimale Gesamtlösungen finden. Immer auf der Grundlage wissenschaftlicher Fakten und intensiver Forschung. Die FVV, gegründet einst als Forschungsvereinigung für Verbrennungskraftmaschinen, hat in den letzten Jahren selbst eine erhebliche Transformation durchlaufen, um den Bedarf an Grundlagenforschung für eine von fossilen Energieträgern unabhängige Gesellschaft decken zu können. Vor allem in den Kraftstoffstudien konnten wir eindeutig herausarbeiten, dass die gewünschte klimaneutrale Mobilität nicht durch eine einzige Technologie erreicht werden kann. Ich sehe die FVV als Chance, unser Wissen über die Brücken und Pfade in eine klimaneutrale Gesellschaft stetig zu erweitern.



Das Potenzial von Technologie aufzeigen

Mats Hultman,
Leiter OEM-Partnerschaften,
Neste

Es ist wichtig, das Ziel, Treibhausgase mit einem technologieneutralen Ansatz zu reduzieren, stets vor Augen zu haben. Denn keine der Alternativen wie Elektrifizierung oder erneuerbare Kraftstoffe wird allein ausreichen, insbesondere aufgrund des straffen Zeitplans. Auf eine einzige Lösung zu fokussieren, wäre ein schwerer Fehler. Die technischen Lösungen existieren oder stehen zumindest kurz vor dem Durchbruch. Alles, was wir tun müssen, ist eine Arbeitsumgebung und eine Kultur zu schaffen, die es uns ermöglicht, Technologien gegen den Klimawandel optimal einzusetzen. Die FVV und ihre Mitgliedsunternehmen spielen eine wichtige Rolle dabei, das Potenzial verfügbarer und künftiger Technologien wie erneuerbare Kraftstoffe aufzuzeigen. Neues schaffen bedeutet für uns bei Neste, dass wir Lösungen entwickeln, die es uns ermöglichen, fossile Kraftstoffe und Energieträger zu ersetzen, in dem wir sie mit effizienten Antrieben kombinieren. Die FVV ist dafür ein großartiges Forum, da hier Wissen aus vielen verschiedenen Sektoren zusammenfließt und neues Potenzial schafft.



Wissenschaft schafft Wissen

Marc Sens,
Leiter Vorentwicklung Antriebe
und Nachhaltigkeit, IAV

›Wissen ist Macht.« Dieser Ausspruch gilt heute genauso wie zu Francis Bacons Zeiten.
Möglicherweise trifft er heute sogar noch mehr zu als damals, insbesondere wenn im Kontext komplexer Fragestellungen wie dem Klimawandel weitreichende Entscheidungen getroffen werden müssen. Es gibt so viele Einflussfaktoren und Dinge, die interagieren, dass es ohne tiefgreifendes Wissen kaum möglich ist, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Und wer schafft Wissen? Die Wissenschaft! Genau an dieser Stelle tritt die FVV ins Rampenlicht. Seit ihrer Gründung im Jahr 1956 wird im Bereich der Energiewandler und seit einigen Jahren auch der Energiesysteme des Mobilitätssektors eine unglaubliche Menge an Wissen geschaffen und allen interessierten Fraktionen zur Verfügung gestellt. Wird dieses Wissen nun genutzt, um Entscheidungen, etwa zur Energie- und Mobilitätswende, nicht nur auf Basis von Bauchgefühl und Ideologie zu treffen, so ist der Wert der vorwettbewerblichen Forschung der FVV für die Gesellschaft nicht hoch genug einzuschätzen.



Es braucht Innovationstreiber

Prof. Dr. Gunnar Stiesch,
Leiter Motorenentwicklung,
MAN Energy Solutions

Unsere Gesellschaft steht vor ihrer größten Herausforderung: Spätestens bis 2050 müssen nahezu alle Bereiche unseres Lebens klimaneutral werden. Doch das eröffnet auch Chancen. Denn es wird ein globaler Markt für klimaneutrale Energiewandlungs- und Antriebssysteme entstehen – mit vielversprechenden wirtschaftlichen und industriepolitischen Perspektiven. Wir befinden uns bereits in einer guten Ausgangsposition. Um diese allerdings zu festigen, braucht es Innovationstreiber wie die FVV, die wissenschaftlich-fundiert, politisch-neutral und technologieoffen nachhaltige und klimaneutrale Technologien erforschen. Nur mit einer branchenübergreifenden Vernetzung von Industrieunternehmen und Technologieanbietern mit Universitäten und Forschungseinrichtungen können diese so wichtigen Innovationen entstehen. Mit ihrer konsequenten Förderung der akademischen Forschung und damit auch von angehenden Spitzeningenieuren, trägt die FVV maßgeblich dazu bei, Deutschlands und Europas technologische Führungsposition auch in Zukunft zu sichern und den Maschinenbau als attraktiven Arbeitgeber zu positionieren.



Technologiehebel für den Klimaschutz

Dr. Marco Warth,
Vice President Entwicklung
Motorsysteme, MAHLE

Dass der Verkehrssektor seinen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten hat, steht außer Frage und ist unser aller Ziel – bis hin zur CO₂-Neutralität. Die weitere Marktdurchdringung mit batterieelektrischen Antrieben sowie die Etablierung von Wasserstofftechnologie und -infrastruktur insbesondere für den Schwerlastverkehr sind daher äußerst wichtig. In einer globalen Betrachtung jedoch wird der Verbrennungsmotor noch eine ganze Weile eine tragende Rolle spielen. Darum ist die Expertise, wie sie in der FVV gebündelt und erarbeitet wird, weiterhin entscheidend, um ihn noch effizienter und sauberer zu machen. Für uns bei Mahle liegt ein wichtiger Schlüssel zur global nachhaltigen Mobilität – und damit zum notwendigen Beitrag zum Klimaschutz – nicht in der Abkehr vom Verbrennungsmotor, sondern im Umstieg von fossilen Kraftstoffen auf klimaneutrale E-Fuels. Je nach regionalen Marktspezifika und infrastrukturellen Voraussetzungen sowie abhängig von Fahrzeugklasse und Einsatzzweck können sie im Rahmen einer gelebten Technologieoffenheit ein äußerst effektiver Ansatz sein. //



Die Zeit ist reif

Thomas Korn arbeitet schon lange am Wasserstoffmotor. Als Gründer des Unternehmens Keyou sieht er nun den Durchbruch am Horizont.



Sonne und Wasser überall //

5.000-mal mehr Energie strahlt die Sonne auf die Erde ein, als die Menschheit nutzt. Und die Erdoberfläche ist zu 71 Prozent mit Wasser bedeckt. Die Lösung vieler Energie- und Umweltprobleme liegt für Thomas Korn auf dem Tisch. Ein Schlüsselerlebnis hat er, als er nach einer Lehre zum Informationselektroniker an der Fachhochschule München Physikalische Technik studiert. Dort untersucht er, wie sich verschmutztes Wasser wieder reinigen lässt. »Schon damals habe ich gedacht, wir arbeiten am falschen Ende. Wir müssen da ansetzen, wo die Verschmutzungen entstehen«, sagt Korn. Und so ist Wasserstoff für ihn der ultimative Kraftstoff für Verbrennungskraftmaschinen, weil er kein Kohlenstoff enthält und CO₂-frei verbrennt.

Das energiereiche Gas zieht sich wie ein roter Faden durch seine Karriere. Während des Studiums absolviert Korn ein Praktikum bei dem Energieversorger Bayernwerk, der gemeinsam mit BMW und dem Industriegasproduzenten Linde eine Wasserstoffversuchsanlage betreibt. Im Laufe des Praktikums bietet ihm der leitende Ingenieur an, für die BMW-Forschung zu arbeiten – der Schritt in die Automobilindustrie ist getan. Seine Diplomarbeit schreibt er über die Ferndiagnose eines Wasserstofffahrzeugs. Als von Energiewende noch gar keine Rede war, ist Korn bereits davon überzeugt, dass Wasserstoff ein Schlüsselement für die Mobilität der Zukunft sein wird. Er entwickelt maßgeblich einen BMW 7er mit Wasserstoffmotor mit, bevor er 2005 für die Münchner in die USA geht, um in Kalifornien das Wasserstoff-Fahrzeugprogramm aufzubauen. Doch gesetzliche Vorgaben vereiteln den Erfolg, einige Jahre später zieht sich BMW komplett aus dem Wasserstoff-Verbrennungsmotor zurück. Die Zeit war noch nicht reif. »Mir war aber klar, was für ein Potenzial in Wasserstoff steckt und dass ich an dem Thema dranbleiben will. Also habe ich BMW verlassen und bei Alset Erfahrung mit dem Aufbau eines Unternehmens gesammelt«, berichtet Korn. Für Alset, ein Start-up, das aus der Technischen Universität Graz heraus entsteht, entwickelt er Zweistoffmotoren und rüstet einen Aston Martin auf Wasserstoffverbrennung um. Das Fahrzeug absolviert



erfolgreich das 24-Stunden-Rennen auf dem Nürburgring. Die Technik ist solide, die Finanzierung fragil. Alset meldet 2014 Insolvenz an.

Ein Jahr später gründet Korn das Unternehmen Keyou, um seine Vision von emissionsfreier Mobilität zu verwirklichen. Im Nutzfahrzeug, wo es auf Robustheit und Kosteneffizienz ankommt, sei der Wasserstoffverbrennungsmotor der Brennstoffzelle überlegen, dem Elektroantrieb sowieso. Korn knüpft Kontakte und überzeugt Investoren von der Technik – keine einfache Aufgabe, weil batterieelektrische Antriebe zunächst als einzige Zukunftstechnik gelten. Der Motorenhersteller Deutz stellt einen Motor für Prüfstandläufe bereit und die ersten

Als von Energiewende noch gar keine Rede war, ist Korn bereits davon überzeugt, dass Wasserstoff ein Schlüsselement für die Mobilität der Zukunft sein wird.

Ergebnisse sind überraschend gut. Bald zeigt sich auch: Ein von ihm mitentwickelter Wasserstoffmotor auf Basis des Deutz-Aggregats hält mit einem Wirkungsgrad von 44,5 Prozent den Weltrekord als effizientester Verbrennungsmotor im Nutzfahrzeugbereich. »Aber da kommt noch einiges!«, sagt Korn mit einem

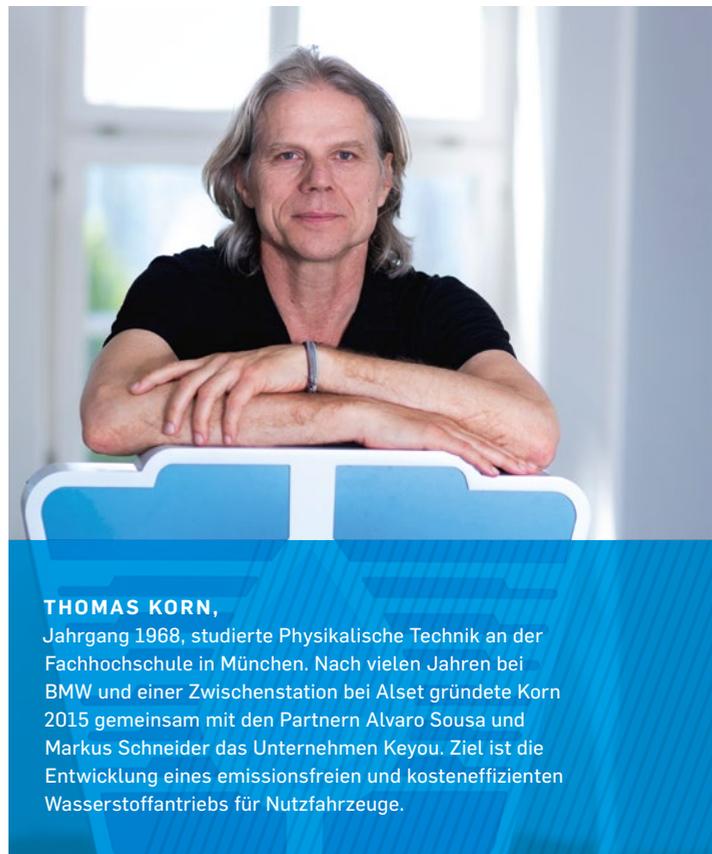
verschmitzten Lächeln, 50 Prozent seien machbar. Seine Ingenieure entwickeln Komponenten und Brennvorfahren. Die Euro-6-Abgasnorm erreichen sie ohne teure Abgasnachbehandlungssysteme.

Die Zeit ist reif. Nach und nach nimmt das Interesse an dem alternativen Kraftstoff zu. Die CO₂-Gesetzgebung sowie die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung spielen Keyou in die Karten. Das Unternehmen sammelt mehrere Millionen Euro bei Investoren ein. Mittlerweile arbeiten 70 Angestellte für Korn. Wann und wo sie das tun, ist dem Chef nicht wichtig, solange die vereinbarten Meilensteine erreicht werden und die Qualität stimmt. Flache Hierarchien, Agilität und kurze Entscheidungswege zeichnen Start-ups aus. Die Tür des CEOs steht immer offen.

In Bad Dürkheim betreibt Keyou mit dem Partner KST Motorenversuch mehrere Motorenprüfstände, doch Konstruktion und Simulation sind in München angesiedelt. Anfang 2020 tritt Keyou der FVV bei: »Die FVV bietet ein sehr interessantes Netzwerk für unsere Entwickler«, sagt Korn. »Es gibt einige Themen, zu denen sich meine Kollegen mit anderen austauschen. Und wir können sicher auch einiges beitragen.« Die größere Herausforderung für den Durchbruch des Wasserstoff-Verbrennungsmotors liegt in der teuren Speichertechnik. Doch Korn hat ein weiteres Unternehmen gegründet, das an neuartigen Speichern arbeitet, mit denen sich die Kosten deutlich redu-

zieren lassen. Das Konzept setzt auf Wechselstationen und Tauschtanks, die zentral befüllt werden, damit in einer Region nicht viele teure Wasserstofftankstellen stehen, sondern nur eine, die aber voll ausgelastet ist und sich schnell amortisiert. Doch dafür ist die Zeit noch nicht reif.

Im Sommer 2022 sind die ersten beiden Prototypenfahrzeuge mit Keyou-Motoren im Einsatz, ein 18-Tonner und ein Stadtbuss. Im kommenden Jahr sollen acht Fahrzeuge bei Kunden betrieben werden, ein Jahr später bereits 48. Den regulären Marktstart peilt Keyou für 2025 an. Zwar gibt es noch keinen Markt, keine Infrastruktur, alles muss erst aufgebaut werden. Doch Korn ist sicher: »Für Speditionen



THOMAS KORN,

Jahrgang 1968, studierte Physikalische Technik an der Fachhochschule in München. Nach vielen Jahren bei BMW und einer Zwischenstation bei Alset gründete Korn 2015 gemeinsam mit den Partnern Alvaro Sousa und Markus Schneider das Unternehmen Keyou. Ziel ist die Entwicklung eines emissionsfreien und kosteneffizienten Wasserstoffantriebs für Nutzfahrzeuge.

und Verkehrsbetriebe wird das schnell ein Businesscase, weil wir wettbewerbsfähig zum Dieselmotor sind. Aufgrund der Mautbefreiung werden die Umrüstkosten überkompensiert.«

Der Ingenieur ist angetreten mit der Überzeugung, dass man auch als kleines Unternehmen etwas bewirken und einen Beitrag zur Energiewende leisten kann. »Jede Generation kann

die Welt ein Stück besser machen. Wir machen es mit Wasserstoff«, sagt Thomas Korn. Der 54-Jährige arbeitet viel, um seine Vision umzusetzen, auch für die Zukunft seiner beiden Kinder. Doch hin und wieder gönnt er sich eine Auszeit und Ruhe. An kleinen Bergbächen schwingt er die Fliegenrute, konzentriert sich ganz auf den Köder. Ohne Stress. Ohne Straßenlärm. Nur im Hier und Jetzt. //



Als erstes Unternehmen präsentiert KEYOU zeitgleich einen 12m-Stadtbus und einen 18t-Lkw mit Wasserstoffmotor. Seit Sommer 2022 sind die beiden Prototypenfahrzeuge im Testeinsatz. Der Marktstart ist für 2025 geplant.

Foto: KEYOU

Karrieropotenzial

Wasserstoffmotoren ermöglichen klimaneutrale Mobilität oder dienen als Baustein einer sicheren Energieversorgung. Aktuelle Forschungsvorhaben der FVV zeigen weiteres Potenzial.



Vorbildliche Eigenschaften // Wasserstoff ist aus Sicht vieler Thermodynamiker der ideale Energieträger. Der gravimetrische Heizwert ist rund dreimal höher als der von Benzin. Wasserstoff ist zündwillig und enthält keinen Kohlenstoff, der Kohlendioxid bilden oder zu Verbrennungsrückständen wie Partikeln führen kann. Und vor allem bietet er als Speichermedium für Sonnen- und Windstrom die Möglichkeit, Energieerzeugung und -nachfrage räumlich und zeitlich zu entkoppeln. Kraftmaschinen, die direkt mit Wasserstoff betrieben werden, können den anderorts geernteten und chemisch gespeicherten Grünstrom nutzen und ermöglichen so klimaneutrale Mobilität oder sind ein Baustein einer sicheren Energieversorgung. Insbesondere schwere Nutzfahrzeuge im Langstreckeneinsatz oder mobile Maschinen, die rund um die Uhr im Einsatz sind, können mit Wasserstoffmotoren rasch klimaneutral werden.

Doch auch wenn der Musterschüler bereits erste Erfolge feiert: Um den Zenit seiner Karriere zu erreichen, muss der Wasserstoffmotor noch die eine oder andere Prüfung meistern. Die vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung der FVV leistet einen Beitrag dazu. Ein Beispiel stellt das Projekt ›Akustik von Wasserstoffhubkolbenmotoren‹ dar. Es setzt dort an, wo der Wasserstoffmotor eigentlich einen großen Vorteil hat: Die Stoffumsetzung während der Verbrennung erfolgt sehr schnell. Die Flammenfront bewegt sich um ein Mehrfaches rascher durch den Zylinder als bei kohlenstoffhaltigen Kraftstoffen. So effizient das ist: Für die Akustiker sind die resultierenden hohen Druckgradienten eine Herausforderung.

Um die akustischen Eigenschaften eines Motors bereits in einem frühen Entwicklungsstadium abschätzen zu können, wurden in früheren FVV-

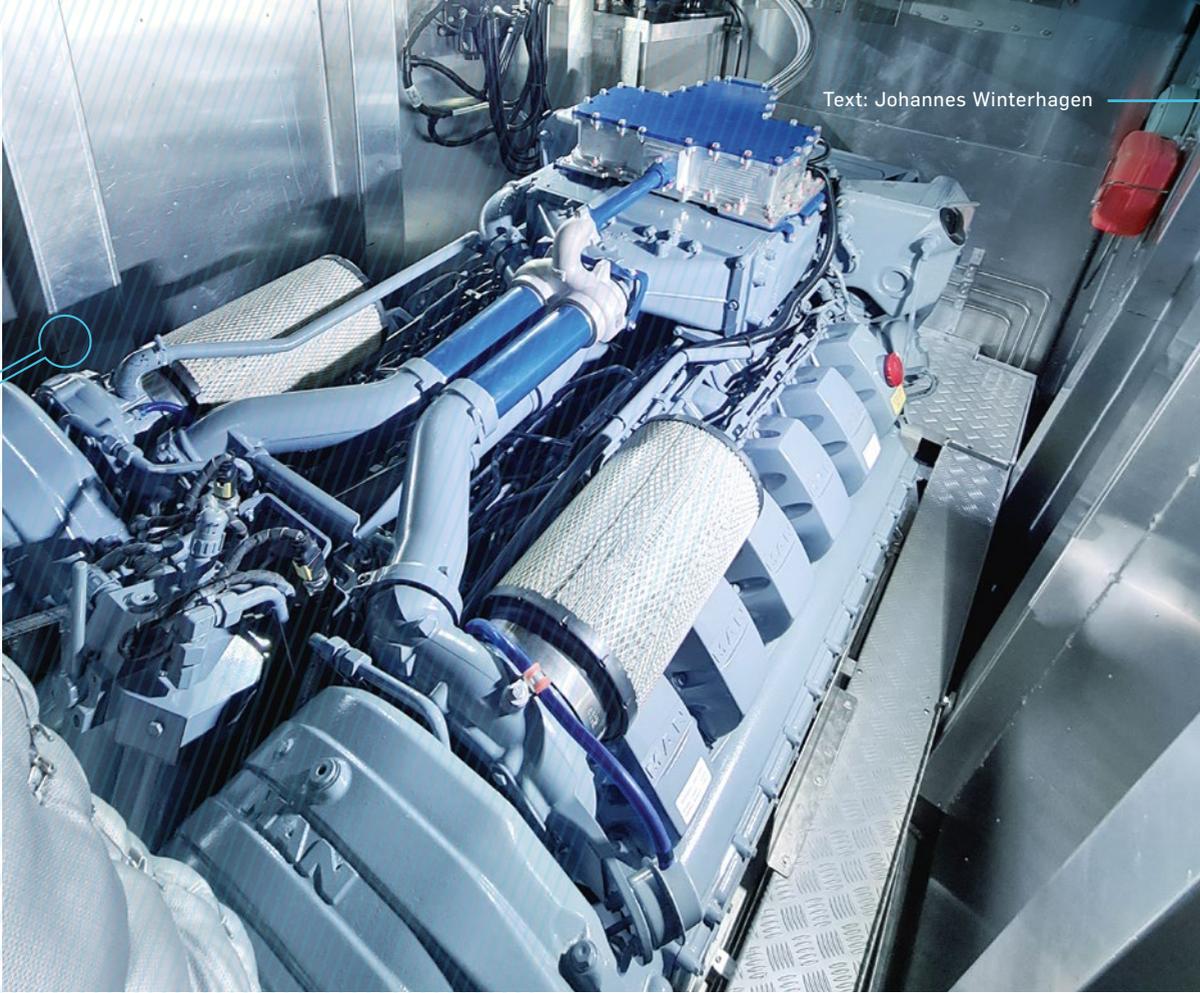


Foto: MAN Truck & Bus

Vorhaben bereits ausgefeilte Simulationsmodelle erstellt. Dr. Stefan Heuer, in der Entwicklung von MAN Truck & Bus für Akustik und Schwingungen verantwortlich, hatte vor rund 25 Jahren im Rahmen eines FVV-Vorhabens dazu promoviert. Als Projektleiter betreut er nun das Mitte 2022 gestartete neue Vorhaben, mit dem die bestehenden Simulationsmodelle auf die Wasserstoffverbrennung erweitert werden können. »Dafür müssen wir die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung besser verstehen«, erläutert Heuer. »Wir müssen die Stellschrauben für bestimmte akustische Phänomene genau kennen, um die Geräuschabstrahlung zu optimieren.«

Eine Besonderheit des Vorhabens liegt darin, dass die Daten, die die Forschungsstelle an der RWTH Aachen nutzt, gar nicht im Projekt selbst entstehen. Stattdessen greifen die

Forscher auf Prüfstandsdaten zurück, die in fünf weiteren Wasserstoff-Projekten der FVV erzeugt werden. »Ansonsten wäre es gar nicht möglich, in nur zwölf Monaten Projektlaufzeit zu validen Ergebnissen zu kommen«, sagt Heuer. Er ist davon überzeugt, dass vernetztes, institutsübergreifendes Forschen in der FVV insbesondere bei der Untersuchung neuer Brennvorgänge einen Mehrwert schaffen kann. »So kommen wir mit verhältnismäßig wenig Geld in kürzerer Zeit zum Ziel.«

Wasserstoffmotoren sollen allerdings nicht nur akustisch akzeptable Eigenschaften aufweisen. Sie müssen auch alle aktuellen und künftigen Abgasgrenzwerte einhalten. Während das für kohlenstoffhaltige Schadstoffe relativ einfach ist, stellen die Stickoxide eine größere Herausforderung dar. Gerade die hohen Brennraten und die hohen Spitzentemperaturen führen dazu,

dass sich Sauerstoff nicht nur mit dem Wasserstoff, sondern – abhängig vom Luft-Kraftstoffverhältnis – auch mit dem in der angesaugten Umgebungsluft vorhandenen Stickstoff verbindet. Von nichts kommt nichts, daher liegt die Idee nahe, die Umgebungsluft durch ein Trägergas zu substituieren, das an der Verbrennung nicht teilnimmt. Dem Motor werden dann reiner Sauerstoff und Wasserstoff zugeführt, während das Trägergas im Kreis geführt wird – man spricht daher von einem »Closed-Cycle-Motor«.

In einem Ende 2021 abgeschlossenen FVV-Vorhaben untersuchten Forscher der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg das Potenzial eines selbstzündenden Closed-Cycle-Wasserstoffmotors. Eine wesentliche Frage, die dafür beantwortet werden musste: Gibt es überhaupt einen Stoff, der sich als Trägergas eignet? Mit Hilfe eines an einem realen Wasserstoffmotor kalibrierten Simulationsmodells wurden drei potenzielle Gase untersucht: Argon, Helium und Neon. In der Kombination aller Eigenschaften war den Forschern bald klar: Argon erfüllt die Anforderungen der Thermodynamiker am besten. Zudem ist das Edelgas auch aus ökologischer Sicht völlig unbedenklich: Mit einem Anteil von fast einem Prozent ist es ohnehin in der Atmosphäre und dritthäufigster Bestandteil in der Atemluft.

Projektleiter Dr. Markus Wenig, Abteilungsleiter des Großmotorenentwicklers WinGD, weist darauf hin: »Nicht zuletzt ist Argon auch die wirtschaftlichste Lösung, weil es sich positiv auf den Gesamt-Wirkungsgrad auswirkt.« Hinzu kommen die Kosten für das Edelgas. Denn auch wenn es an der Verbrennung nicht teilnimmt, muss es doch nach rund 60 Betriebstagen aus-

getauscht werden. Ursache ist die allmähliche Verunreinigung mit Kohlendioxid, das aus der Verbrennung von Schmieröl resultiert. In Summe zeigten die auf 20 Jahre angelegten Wirtschaftlichkeitsanalysen der Universität einen zehnpromtigen Kostenvorteil für den Closed-Cycle-Betrieb, weil die Abgasnachbehandlung entfallen kann.

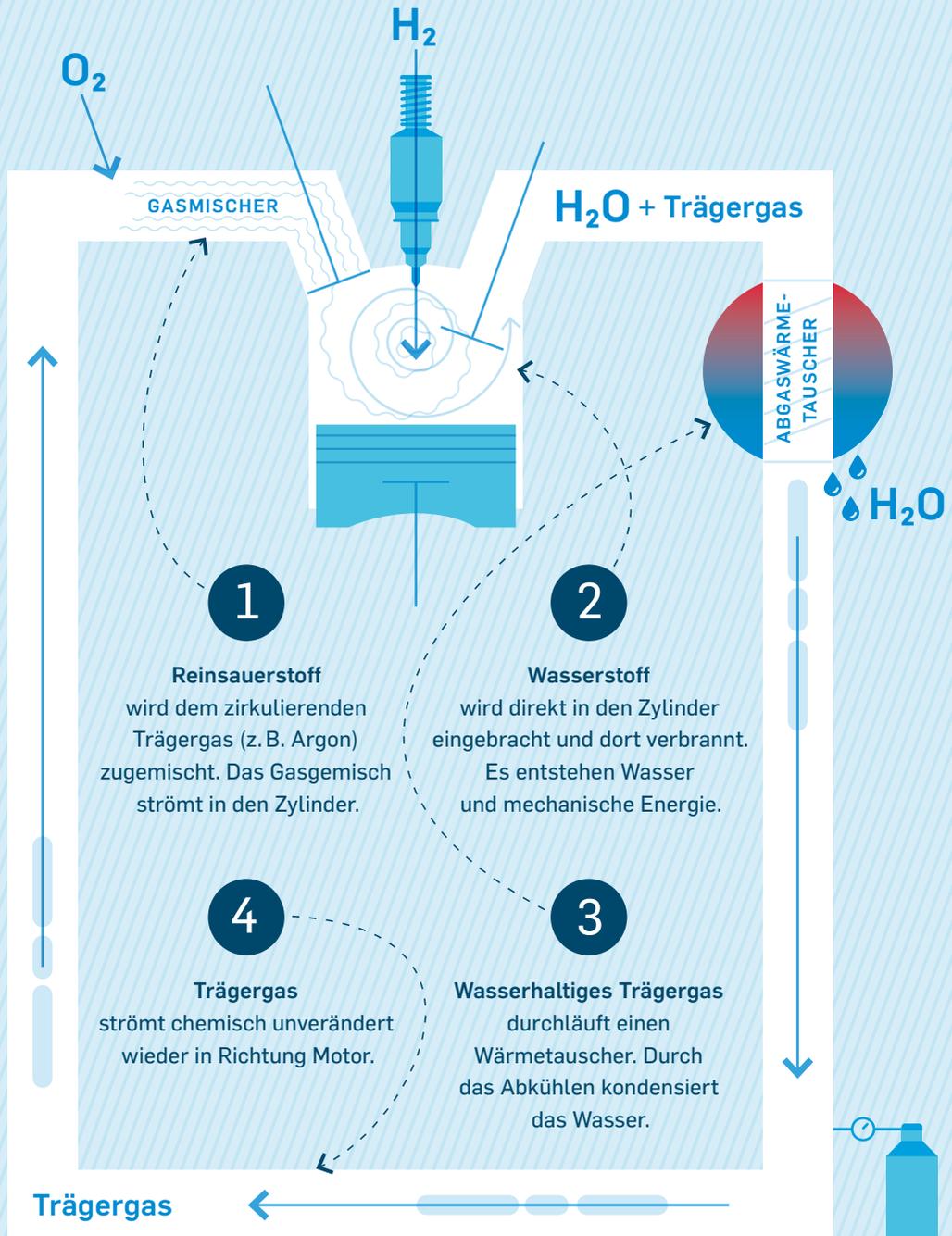
»Für mobile Anwendungen eignet sich das Closed-Cycle-Prinzip eher nicht«, sagt Wenig. »Interessanter sind stationäre Betriebsweisen, etwa zur Stabilisierung von Stromnetzen.« Eine direkte Kopplung mit Elektrolyseuren sei denkbar, denn die stellen nicht nur Wasserstoff aus Grünstrom her, sondern erzeugen auch den Reinsauerstoff als Nebenprodukt. Immerhin rund 53 Prozent beträgt der von den Forschern berechnete Wirkungsgrad für ein solches Energie-Rückgewinnungssystem. »Es lohnt sich auf jeden Fall, das Thema weiter zu verfolgen«, sagt Wenig. »Es ist klasse, dass wir als kleines Unternehmen mit weniger als 500 Mitarbeitern über die FVV die Möglichkeit haben, solche grundlegenden Themen zu untersuchen.« //

Beispielhafte FVV-Projekte zum Forschungsschwerpunkt Wasserstoff:

- »Akustik von Wasserstoffhubkolbenmotoren [1457]«
FÖRDERUNG: FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Stefan Heuer (MAN Truck & Bus) // FORSCHUNGSSTELLE: Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen
- »Selbstzündender Closed-Cycle-Wasserstoffmotor [1405]« FÖRDERUNG: FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Markus Wenig (Winterthur Gas & Diesel) // FORSCHUNGSSTELLE: Institut für Mobile Systeme (IMS-EMA), Otto von Guericke Universität Magdeburg

So funktioniert ein Closed-Cycle-Motor

Da ein Closed-Cycle-Motor nicht mit Umgebungsluft arbeitet, gelangt kein Stickstoff in den Brennraum. So beugt er Stickoxidemissionen an der Quelle vor.



Im Zeichen der

Energie- wende

Mit der Energiewende laufen thermische Maschinen und Anlagen wie Turbinen verstärkt zyklisch statt im kontinuierlichen Dauerbetrieb. Die resultierenden Wechselbelastungen und zusätzlichen Spannungen durch Temperaturänderungen können Risse im Material verursachen, deren Wachstum genau beobachtet und bewertet werden muss, damit Ausfälle ausgeschlossen werden können. Die Erarbeitung der erforderlichen Methoden ist eine der vielfältigen Aufgaben der seit 40 Jahren arbeitenden Projektgruppe W14 ›Hochtemperatur-Rissverhalten‹ der Forschungsvereinigung für warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe (FVWHT) und der FVW.



Wenig beachtete Säule der Energiewende //

Der Anteil erneuerbarer Energien aus Quellen wie Wasser- und Solar- oder Windkraft am deutschen Energiemix wächst kontinuierlich an. Weniger im Fokus der öffentlichen Wahrnehmung steht, dass auch die konventionelle Kraftwerktechnik mit Turbinen eine tragende Säule dieser Strategie ist. Denn die Menge der durch Sonnen- und Windkraft erzeugten Energie ist von den Wetterbedingungen und der Sonneneinstrahlung abhängig und unterliegt damit einer hohen Schwankungsbreite. Produzieren Windparks und Solaranlagen weniger Strom als benötigt, ergänzen konventionelle thermische Kraftwerke die Energieerzeugung. Steht mehr Strom aus Sonnen- und Windenergie zur Verfügung als abgenommen werden kann, soll die überschüssige Energie künftig zwischengespeichert werden. Aus elektrischem Strom werden dazu gasförmige oder flüssige Stoffe erzeugt, die sich bei Bedarf wieder in elektrische Energie umwandeln lassen. Auch diese Rückverstromung

erfolgt in thermischen Kraftwerken. »Durch die mit der Energiewende einhergehende Einspeisung von regenerativen Energien werden konventionelle Kraftwerke vermehrt zyklisch betrieben, damit verändern sich auch die Belastungen der thermisch beanspruchten Bauteile, beispielsweise in den Turbinen. Dies erfordert eine Neubewertung von Kraftwerkskomponenten zur Bestimmung der Restlebensdauer in Bezug auf Fehlstellentoleranz, Risseinleitung und Rissausbreitung«, erklärt Dr. Shilun Sheng, Leiter der Projektgruppe W14 »Hochtemperatur-Rissverhalten« der Forschungsvereinigung für warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe (FVWHT) und der FVV.

Schon seit 40 Jahren beschäftigt sich die Projektgruppe mit der Entwicklung und der Absicherung von Methoden zur Beschreibung der Risseinleitung und des Risswachstums unter Hochtemperaturbeanspruchung in Werkstoffen für den thermischen Maschinen- und Anlagenbau. Von der Projektgruppe wurden bis jetzt

19 geförderte Forschungsvorhaben durchgeführt, zwei Vorhaben sind in der Bearbeitung. »Die Aufgabenstellungen variierten dabei im Laufe der Zeit, orientierten sich jedoch immer am Bedarf der Industrie, denn für uns steht die anwenderorientierte Forschung im Vordergrund«, so Sheng. Aus der Kooperation der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (MPA) und dem Institut für Werkstoffkunde (IfW) der Technischen Universität Darmstadt mit der Industrie ist so eine breite Basis an Berechnungsmethoden sowie wertvollen Langzeitdaten für eine Vielzahl von Werkstoffen entstanden. Dazu gehören beispielsweise moderne Stähle und Nickelbasislegierungen mit Grobkornstruktur.

Ein weiterer Aspekt der Projektgruppe umfasst die internationale Zusammenarbeit, etwa durch gemeinsame Forschungsaktivitäten und Vergleiche im Rahmen des European Creep Collaborative Committee (ECCC). Auf Grundlage des gesammelten Know-hows hat die Projektgruppe im Jahr 2019 einen Technischen Leitfaden für die Bewertung von Kriechrissen in Bauteilen erstellt. »Damit versetzen wir Betreiber, Hersteller und insbesondere nationale Berechnungs- und Service-Dienstleister in die Lage, Studien wie die Nachbewertung der jetzt stärker zyklischen Belastung bei veränderten

Nutzungsbedingungen durch die Energiewende wettbewerbsfähig durchzuführen, ohne die Sicherheit eines Weiterbetriebs einzuschränken«, erklärt Dr. Andreas Klenk, Stellvertretender Direktor der MPA.

Aktuell arbeitet die Projektgruppe an einer Erweiterung der für bruchmechanische Analysen und Bewertungen seit Jahren etablierten, aber bisher ausschließlich auf Raumtemperaturanwendungen beschränkten Richtlinie »Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis« des Forschungskuratoriums Maschinenbau (FKM), die unter Mitwirkung des IfW im Jahr 2001 erarbeitet wurde. »Im deutschsprachigen Raum existiert derzeit keine Richtlinie, die eine abgesicherte Bewertung des Rissverhaltens unter Kriech- oder Kriechermüdungsbeanspruchungen ermöglicht. Eine Handlungsempfehlung zur Berechnung der Lebensdauer von Komponenten würde Verbesserungspotenziale im gesamten Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus eröffnen«, so Dr. Falk Müller, Stellvertretender Leiter des Kompetenzbereichs Hochtemperaturwerkstoffe am IfW.

Eine Zielgruppe der FKM-Richtlinie sind kleine und mittelständische Ingenieurdienstleister, die Aufgaben bei der Auslegung und Überwachung thermischer Anlagen übernehmen, aber auf-

40 Jahre Forschung – Arbeitsschwerpunkte der W14-Projektgruppe

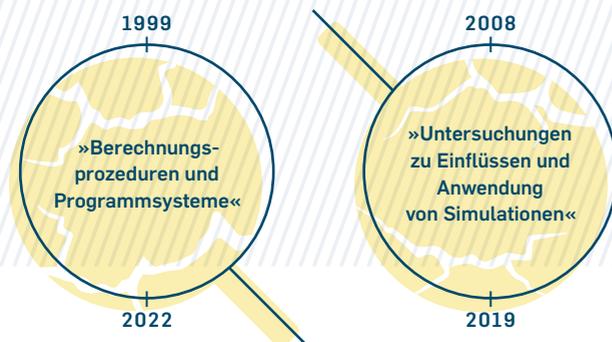


grund ihrer Größe keine eigenen Forschungen und Entwicklungen durchführen können. Für die Bewertung von Fehlstellen, sowohl bei Entwicklung und Inbetriebnahme als auch am Ende der Bauteillebensdauer, müssen sie auf Richtlinie zugreifen können, die den Stand der Technik definieren und abbilden. Die FKM-Empfehlung gibt diesen Unternehmen wissenschaftliches Know-how an die Hand, das direkt umgesetzt werden kann, auch wenn bisher nur ein geringer Erfahrungsschatz zur bruchmechanischen Bewertung vorhanden ist. Um sicherzustellen, dass dieser Wissenstransfer ohne Schwierigkeiten erfolgt, ist vorgesehen, Berechnungen von KMU gegen eine Eigenbeteiligung zu bewerten. Eventuelle Schwierigkeiten bei der Übertragung in die praktische Anwendung können so schon vor der Projektumsetzung ausgeräumt werden. Aber auch große Unternehmen profitieren von der FKM-Richtlinie, etwa bei der Weiterentwicklung ihrer Maschinen und Anlagen für die thermische Nutzung alternativer Energieträger. »Wasserstoff beispielsweise stellt ganz eigene, spezifische Anforderungen an die Bauteile. Die Erweiterung der FKM-Richtlinie würde die Effizienz der darauf ausgerichteten Entwicklung erhöhen und zur schnelleren und abgesicherten Markteinführung der Anlagen beitragen«, so Sheng. //

Bauteile sicher und effizient auslegen

Die FVV forscht gemeinsam mit der FVWHT (Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe) an Langzeitmaterialprüfungen im Temperaturbereich von 450 °C bis 1200 °C. Werkstoffhersteller kooperieren mit Werkstoffanwendern, Herstellern von Energieerzeugungsanlagen und Forschungsinstituten, um das Langzeitverhalten kriechbeständiger Werkstoffe und ihrer Schweißverbindungen zu untersuchen. Im Zentrum des von der FVV gemanagten Forschungsprogramms stehen Hochtemperaturermüdung (W10), Relaxationsverhalten (W11) und Kriechrisswachstum (W14).

Im Fachkreis »Bauteilfestigkeit« des Forschungskuratoriums Maschinenbau (FKM) werden Richtlinien erarbeitet, die Verfahren für Festigkeitsnachweise für Maschinenbauteile beschreiben. Die Forschungsergebnisse der »W14« fließen dabei in die Richtlinie ein. Durch den Einsatz standardisierter Verfahren im Konstruktionsalltag können Bauteile nach dem aktuellen Stand der Technik sicher und effizient ausgelegt werden.



»Noch **Raum** für Forschung«

Gaskraftwerke sollen langfristig auf grünen Wasserstoff umgestellt werden und so einen Beitrag zur Versorgungssicherheit in einem vor allem auf Sonnen- und Windstrom basierenden Energiesystem leisten.

Was dafür noch getan werden muss, erläutert
FVV-Vorstandsmitglied **Dr. Michael Ladwig** von GE Gas Power.

Wasserstoff statt Erdgas heißt es nun allerorten. Funktioniert das denn technisch?

Die Gasturbine hat einige immanente Vorteile für die Energieversorgung eines Landes. Die Hersteller arbeiten daher schon seit längerem daran, diese Vorteile auch in einem vollständig klimaneutralen Umfeld zu nutzen. Deshalb haben wir uns innerhalb von EU Turbines auf eine definierte Roadmap verpflichtet. Bis zum Jahr 2030 werden demnach Turbinen zur Verfügung stehen, die zu 100 Prozent mit Wasserstoff betrieben werden können. Seit dem Ausbruch des Ukraine-Krieges steht die Frage im Raum, wie weit wir diesen Prozess beschleunigen können, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Gasturbinen sind, insbesondere in Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, für extrem hohe Wirkungsgrade bekannt. Bleibt das auch im Wasserstoffbetrieb so?

Wir kommen heute auf einen elektrischen Wirkungsgrad von 64 Prozent. Rechnet man die Wärmeauskopplung hinzu, erreicht ein Gaskraftwerk einen Energie-Ausnutzungsgrad von mehr als 90 Prozent. Die Umstellung auf Wasserstoff beeinflusst den Wirkungsgrad marginal. In Details, etwa im Wärmeübergang des Wasserdampfs, gibt es durchaus Unterschiede, aber die werden die Bilanz nicht entscheidend trüben.

Und die Gasturbinen kommen mit dem Wasserstoff auch zurecht?

Es gibt schon noch ein paar Punkte, die zu klären und für die nun intensivere Forschungsanstrengungen notwendig sind. Die Wasserstoffverbrennung erfolgt zwar CO₂-frei, aber durch die höheren Verbrennungstemperaturen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich Stickoxide bilden. Das lässt sich technisch beispielsweise durch eine Absenkung der Verbrennungstemperatur erreichen, was allerdings den Wirkungsgrad verschlechtern würde. Also: Da ist noch Raum für Forschung.

Aber gibt es nicht bereits Turbinen, die als >H₂ ready< vermarktet werden?

Diese Produkte gibt es, und sie können bis zu 100 Prozent mit Wasserstoff betrieben werden. Wir reden dabei aber über Turbinen, die nicht so extrem auf maximalen Wirkungsgrad >gezüchtet< wurden und die in der Regel auch etwas kleiner sind. Bei den ganz großen Turbinen sind wir heute so weit, dass ein Wasserstoffanteil von 50 Prozent unproblematisch ist.

Wie sieht es denn mit der Nachrüstfähigkeit heutiger Kraftwerke aus?

Jeder, der heute in ein Gaskraftwerk investieren will, fragt nach der Fähigkeit, es eines Tages mit Wasserstoff zu betreiben. Die Hersteller müssen die Nachrüstfähigkeit bereits heute nachweisen.

Es wird ja auch viel über die Beimischung von Wasserstoff zum fossilen Erdgas diskutiert. Welcher Wasserstoffanteil ist denn aus technischer Sicht ideal?

Geringe Wasserstoffanteile bis 20 Prozent können heute bereits die meisten Gasturbinen ohne Weiteres vertragen. Aber das ist eher Kosmetik. Um CO₂-Emissionen spürbar zu senken, muss man auf deutlich höhere Anteile kommen. 50 Prozent CO₂-Reduktion werden erst bei 70 Prozent Wasserstoffanteil erreicht. Ursache dafür ist der auf das Volumen bezogene höhere Energieinhalt des Erdgases.

Dann wiederum stellt sich das Problem der Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff.

Klar, das ist das Thema. Technologisch sehen wir keine entscheidenden Hürden mehr. Aber wenn Sie an ein Gas-und-Dampfkraftwerk mit einer kombinierten Leistung von 800 Megawatt denken, braucht man sehr, sehr viel Wasserstoff. Und den gibt es nicht, zumindest nicht solcher, der nicht ohnehin auf Erdgas basiert.

Wobei in den meisten Szenarien Gaskraftwerke nicht kontinuierlich, sondern stark zyklisch betrieben werden. Würde das nicht dazu führen, wieder kleinere und flexiblere Turbinen zu bauen?
Das kann man so nicht sagen. Die Lösungen sind stark vom Energiemix in einzelnen Ländern abhängig. Ein Beispiel: Wenn ein Gaskraftwerk ein Kernkraftwerk ablösen soll, dann existiert vor Ort die Netzstruktur, um 1 Gigawatt elektrische Leistung zu verteilen. Dann ist es sinnvoll, eine große, hoch effiziente Turbine dort einzusetzen. Es gibt aber auch Szenarien, wo wir kleine Gasturbinen bevorzugen.

**Herr Dr. Ladwig,
herzlichen Dank für das Gespräch! //**



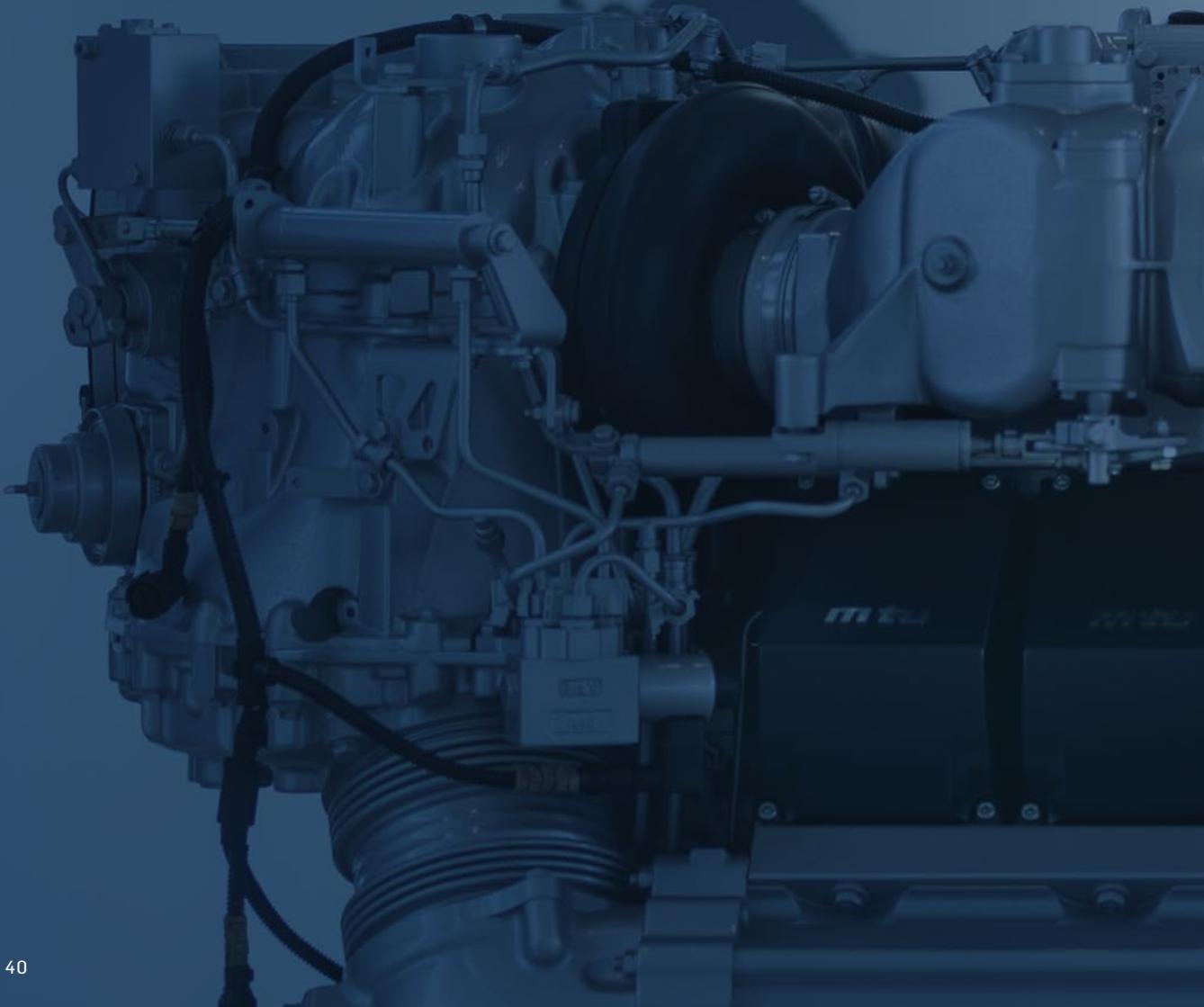
**DR.-ING.
MICHAEL LADWIG**

ist bei GE Gas Power in der Schweiz für die Wissenschaftliche Kooperation verantwortlich und engagiert sich daher auch seit langem in der FVV, aktuell als Mitglied des Vorstandes. Als Präsident des europäischen Herstellerverbandes »EU Turbines« trieb er die Entwicklung einer herstellerübergreifenden Selbstverpflichtung für die Umstellung auf erneuerbare Gase voran.



Mit dem **Motor** zum **System**

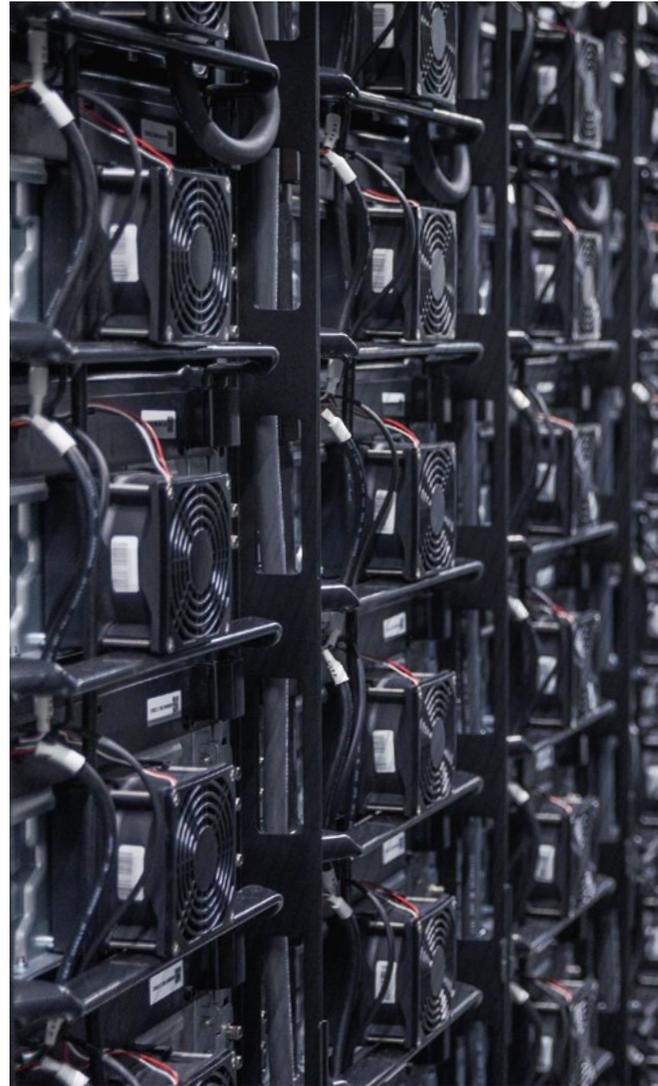
Als »Ingenieur mit Portemonnaie«, so seine Selbstbeschreibung, arbeitet **Martin Urban** an wirtschaftlichen Lösungen für ein klimaneutrales Energiesystem. Entscheidend sind für den Entwicklungschef von Rolls-Royce Power Systems nicht einzelne Komponenten, sondern der Blick aufs System.





Geht doch! // Immer Sonntag abends ist Bastelstunde. Der Vater, Geisteswissenschaftler mit handwerklichem Geschick, teilt seine Passion für den Modellflugzeugbau mit Martin Urban und dessen Geschwistern. Zwölf Jahre ist der Junge alt, als er sein erstes eigenes Flugzeug baut – nicht aus einem Bausatz, sondern anhand einer Konstruktionszeichnung. »Es gab schon Momente der Frustration, wenn nicht alles gleich so funktioniert hat, wie es sollte«, erinnert sich Urban heute. »Aber das hat mich nicht davon abgehalten, immer wieder etwas Neues auszuprobieren.« Das erste Modell fliegt mit einem kleinen Einzylinder-Verbrennungsmotor. Später rüstet er auf einen Elektroantrieb um und merkt: Das geht auch, aber der Akku hält nicht lange. Wenn Urban als Jugendlicher gefragt wird, was er später machen will, antwortet er: »Ich will Flugzeuge bauen.«

So wundert es kaum, dass Urban in Aachen Luft- und Raumfahrttechnik studiert und sich für die Vertiefung anspruchsvolle Fächer aussucht: Drehflügler und Flugantriebe. Neben dem Hauptstudium arbeitet er als Praktikant und Werkstudent im Flugversuch bei der DASA am Standort Manching. Urban lernt nicht nur Fachliches, sondern auch einen persönlichen Energieerhaltungssatz: »Ich kann sehr viel Energie in eine Sache hineinstecken, wenn ich dann mindestens so viel wieder herausbekomme.« Und so schließt Urban sein Studium trotz des Nebenjobs fast in der Regelstudienzeit ab.



Dass ihn sein Weg dann doch nicht in den Flugzeugbau führt, sondern zur stationären Gasturbine, ist einer Verkettung verschiedener Umstände geschuldet – vor allem aber der Tatsache, dass Urban sich in sehr unterschiedlichen Positionen bei Siemens, seinem ersten Arbeitgeber nach dem Studium, bewährt. Nach zwei Jahren als Versuchsingenieur am Standort Mülheim darf er in die Welt hinaus und Messungen an Kundenanlagen vornehmen. Im Jahr 2000 folgt ein erster Ritterschlag: Urban bekommt die Verantwortung



für den großen Gasturbinen-Prüfstand in Berlin. An dem mitten im Stadtteil Moabit errichteten Traditionsstandort unterstützt Urban den Elektrokonzern dabei, eine Gasturbine mit dem damals weltweit höchsten Wirkungsgrad von 43 Prozent zu entwickeln. Doch die Energiewelt verändert sich rasch, es werden verstärkt Gas-und-Dampf-Kraftwerke gebaut. Dabei zählt der Systemwirkungsgrad mehr als der absolute Bestwert für die Gasturbine. Um den Systemwirkungsgrad zu steigern, sind höhere Abgastemperaturen notwendig – und damit ein neues

»Wenn wir als Ingenieure technische Lösungen entwickeln, müssen die für die Gesellschaft einen volkswirtschaftlichen Wert haben.«

Brennverfahren. Ein solches entwickelt Urban ab 2003 mit einem Team in Orlando, Florida. Einige Jahre zuvor hat Siemens das nicht-atomare Kraftwerkgeschäft von Westinghouse zugekauft, nun gilt es, gemeinsame technische Standards zu entwickeln.

Als Urban 2006 die Verantwortung für die Produktlinien-Entwicklung der Siemens-Gasturbinen übernimmt, beginnt die Arbeit am Gas-und-Dampfkraftwerk Irsching, das ab der Inbetriebnahme bis 2016 den Wirkungsgrad-Weltrekord hält. Dementsprechend niedrig sind die CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde. Allerdings kommt das Kraftwerk schon nach kurzer Zeit durch das Strommarktdesign nur noch auf wenige Volllaststunden. Als »Ingenieur mit Portemonnaie«, wie er sich selbst bezeichnet, schaut Urban nüchtern-analytisch in die Vergangenheit und versucht, daraus für die Zukunft zu lernen. »Wenn wir als Ingenieure technische Lösungen entwickeln, müssen die für die Gesellschaft einen volkswirtschaftlichen Wert haben.«

Nach weiteren Stationen übernimmt Urban 2014 die Entwicklungsverantwortung für den noch jungen Siemens-Geschäftszweig ›Distributed Power Generation‹, der auf kleine, verteilte Stromerzeugungsanlagen setzt. Im Zentrum einer solchen Anlage steht noch immer eine Gasturbine, mit maximal 65 Megawatt. Allerdings erkennt Urban sofort: »Einzelkomponenten zählen in einem solchen Geschäft nicht. Es kommt immer auf die Systemperformance an.«

Drei Jahre später klopft Andreas Schell, dessen Amtszeit als Vorstandsvorsitzender von Rolls-Royce Power Systems gerade begonnen hat, bei Urban an – und der übernimmt die Verantwortung für die Systementwicklung. »Das war eine Zeit, in der noch nicht für alle erkennbar war, mit welcher Wucht der Wandel kommen würde. Wir konnten vorarbeiten und haben uns damit in eine Situation gebracht, in der unser Kunde heute die Wahl hat.« Das gewachsene Spektrum des Anbieters, der für seine Produkte nach wie vor das Logo der Motoren- und Turbinenunion nutzt, verdeutlicht ein ›Validation Center‹, das ein Gesamtsystem aus den neuen Produkten realistisch und anschaulich nachbildet. Es besteht aus einem Batteriespeicher, der den auf den Dächern der Fabrik erzeugten Solarstrom speichert, einem Stromerzeugungsmodul, in dem vier Brenn-

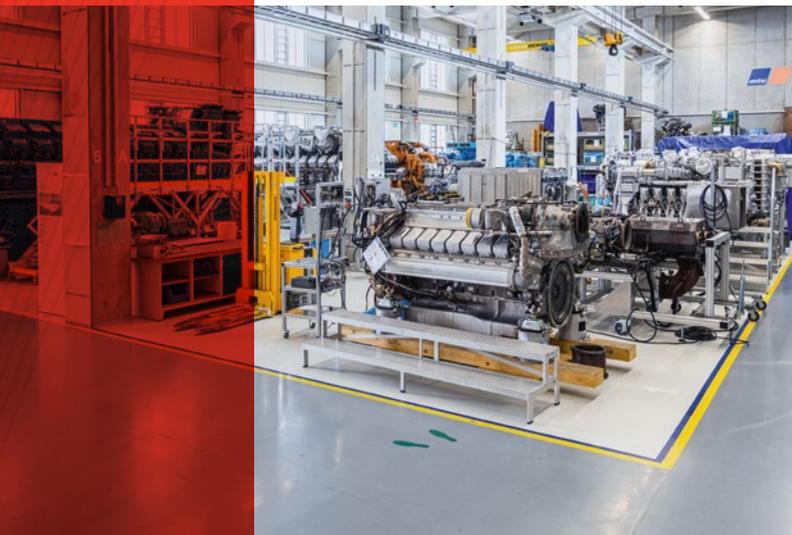


MARTIN URBAN,

Jahrgang 1971, studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der RWTH Aachen. Nach seinem Diplom stieg er gleichwohl bei Siemens ein und absolvierte in 21 Jahren eine Karriere, in der er zuletzt die Entwicklungsverantwortung für das Geschäft mit verteilter Energieerzeugung hatte. 2017 folgte der Wechsel zu Rolls-Royce Power Systems. Seit Januar 2022 ist er für die komplette Entwicklung des Anbieters von Antriebs- und Energielösungen verantwortlich.

Martin Urban engagiert sich ehrenamtlich als Mitglied des Vorstandes in der FVV.

stoffzellen zum Einsatz kommen und der kompletten Automatisierung für dieses Micro Grid. Außerdem sind Blockheizkraftwerke und Diesel-Generators eingebunden. Ein Modul mit einem Wasserstoff-Verbrennungsmotor ist während des Besuchs kurz vor Fertigstellung, später soll auch ein Elektrolysemodul hinzukommen, das die Technik des Start-ups Hoeller aus Wismar nutzt, an dem Rolls-Royce Power Systems sich gerade zu 51 Prozent beteiligt hat.



Der Verbrennungsmotor, das macht Urban klar, ist dabei nicht nur aktuell der wichtigste Umsatzträger, sondern wird auch künftig eine wichtige Rolle behalten. »Das ist der Kern unseres Geschäfts. Mit dem Motor-Know-how haben wir dem Kunden bewiesen, dass wir sein Vertrauen Wert sind.«

Mit dem Motor zum System – das ist auch die Botschaft, die Urban in die Mannschaft trägt, in der sich klassische Motorenentwickler zunehmend mit den Mitarbeitern zugekaufter Start-ups mischen. Die unterschiedlichen Kulturen sind Urban zufolge vor allem durch eins zu überwinden: gemeinsame Arbeit, teilweise forciert dadurch, dass Projektteams auch physisch in gemeinsame Räume ziehen. Der Austausch ist neben wissenschaftlichen Ergebnissen für Urban auch der größte Wert, den die FVV generieren kann.

»Es sind so viele Fragen offen, beispielsweise dazu, welche Kombinationen aus Energiewandlern und Energieträgern für welche Anwendungen sinnvoll sind. Die FVV ist ein wichtiges Forum, um solche Fragen wissenschaftlich fundiert zu besprechen.«

Was den Modellflugzeugbau betrifft, ist die Frage nach dem idealen Antrieb ebenfalls weiterhin offen. Martin Urban bastelt mittlerweile wieder regelmäßig mit seinem 13-jährigen Patensohn. //

Schneller ans Ziel

Moderne IT-Verfahren können die Entwicklung innovativer Energiewandler und kompletter Antriebsstränge beschleunigen. Im Rahmen von FVV-Vorhaben untersuchen Forscher deshalb die Anwendbarkeit innovativer Methoden wie objektorientierte Architekturen und maschinelles Lernen.

Variantenvielfalt bewältigen //

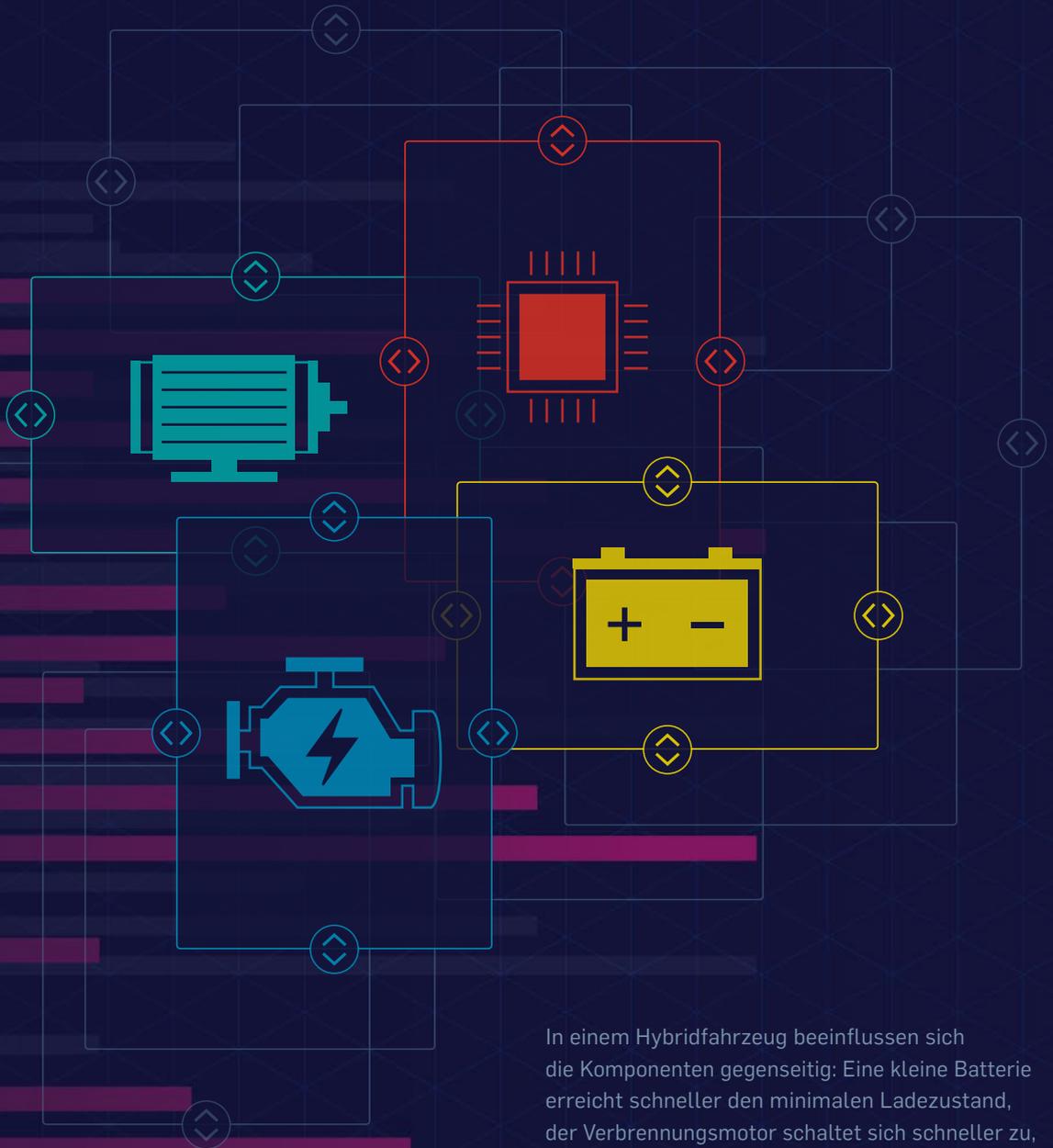
Die Entwicklung von Hybridantrieben stellt Ingenieure vor große Herausforderungen. Komplexe Architekturen, verschiedene Antriebe, mehrfache Energiewandlung und Interaktionen der Teilsysteme sowie die Abhängigkeit der Komponenten untereinander steigern die Komplexität. Künftig wird die Variantenvielfalt weiter zunehmen, da verschiedene Verbrennungsmotoren, Batterien und Elektromotoren kombiniert werden können. Um das in der Entwicklung zu berücksichtigen, sind eine erhöhte Modularität sowie eine objektorientierte Architektur nötig.

Im FVV-Projekt »Modularer Hybridantriebsstrang« entwickeln Forscher der Technischen Universität Darmstadt einen ganzheitlichen Ansatz, um unterschiedliche Marktanforderungen effizient erfüllen zu können. In der Konzeptphase geht es darum, eine Datenbasis für objektorientierte Designs zu finden und sie auf modulare Strukturen für hybride Antriebssysteme und die einzelnen Antriebsstrangkomponenten zu übertragen. »Man kann sich das wie bei einem Computer vorstellen, bei dem

einzelne Komponenten wie Maus, Monitor, Tastatur und Drucker ein Gesamtsystem bilden. Jede Komponente ist ein Objekt, das mit den anderen vernetzt ist und kommuniziert«, erklärt Prof. Dr. Christian Beidl, Leiter des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe der TU Darmstadt.

Übertragen auf ein Hybridfahrzeug lässt sich das Prinzip am Beispiel der Traktionsbatterie darstellen. Sie bestimmt mit ihrer Kapazität maßgeblich die Betriebsstrategie des Fahrzeugs. Eine kleine Batterie erreicht schneller den minimalen Ladezustand, der Verbrennungsmotor schaltet sich früher zu, die thermische Belastung des Akkus steigt. Unterm Strich ergibt sich ein völlig anderes Lastprofil als mit einer größeren Batterie. In der objektorientierten Architektur müssen die Forscher elektrische, mechanische und softwarebasierte Eigenschaften und Abhängigkeiten berücksichtigen. Dazu braucht es eine weitere Standardisierung der Schnittstellen, durch die sich eine große Flexibilität beim Hinzufügen, Entfernen und Skalieren von Komponenten ergibt.

Objektorientierte Architekturen in der Antriebsentwicklung



In einem Hybridfahrzeug beeinflussen sich die Komponenten gegenseitig: Eine kleine Batterie erreicht schneller den minimalen Ladezustand, der Verbrennungsmotor schaltet sich schneller zu, die thermische Belastung der Akkus steigt.

Die elektrischen, mechanischen und softwarebasierten Eigenschaften und Abhängigkeiten werden daher in der objektorientierten Architektur berücksichtigt.

Aus FVV-Sicht bietet sich der Vorteil, dass sich mit der objektorientierten Komponentendefinition auch die Möglichkeiten für Zulieferer in der Interaktion mit dem OEM verbessern. »Mit einer gemeinsamen Beschreibungsbasis weiß jeder Zulieferer, welche Eigenschaften das Bauteil haben muss. Dann kann jeder Integrator diese Komponente einbinden«, erklärt Professor Beidl. Die Untersuchungen werden auf existierenden Simulationsstrukturen des VKM basieren, die bereits über ein flexibles und modulares Design verfügen. Mittels zweier beispielhafter Hybridkonfigurationen wird der entwickelte Ansatz validiert, zudem wird eine Matrix zur Bewertung der Eignung von Architekturen bereitgestellt.

In einem weiteren Projekt geht es ebenfalls um die wachsende Variantenvielfalt. Denn auch in der klassischen Motorenentwicklung steigt die Anzahl der Parameter: Hub/Bohrung, Ventilansteuerung, Aufladestrategie oder Zylinderanzahl – jedes Detail lässt sich variieren. Ergebnis ist jeweils eine völlig andere Motorauslegung. Während der Grundauslegung neuer Motoren ist die null- oder eindimensionale Simulation ein unverzichtbares Entwicklungswerkzeug.

»Diese Verfahren bieten den Vorteil relativ kurzer Rechenzeiten. Jedoch können auch hier multidimensionale Optimierungsprobleme in der Berechnung sehr zeitaufwendig sein«, erklärt Dr. Christian Schnapp, Entwicklungsingenieur bei Toyota Gazoo Racing Europe. Wertvolle Zeit, die während der Entwicklung an anderer Stelle fehlt. Im Forschungsprojekt »Heuristic Search and Deep Learning« suchen Schnapp und Mitarbeiter vom Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme der RWTH Aachen sowie vom Institut für Fahrzeugtechnik der Universität Stuttgart

nach Möglichkeiten, wie sich die Rechenzeit verringern lässt. Simuliert werden soll in diesem speziellen Projekt der Hochdruckverlauf im Brennraum.

»Wir wollen untersuchen, wie uns Künstliche Intelligenz im Entwicklungsprozess unterstützen kann, indem wir die Simulation über neuronale Netze abbilden. Dabei verfolgen wir zwei Ansätze«, erklärt Projekt-Obmann Schnapp. Im ersten kommt Deep Learning zum Einsatz, bei dem die Forscher zunächst mit einem detaillierten Modell viele Millionen Datensätze generieren, mit denen sie anschließend ein neuronales Netz, eine Künstliche Intelligenz, trainieren. Der KI-Algorithmus basiert auf in der Programmiersprache Python frei zugänglichen Bibliotheken, aus denen sich die Ingenieure bedienen. »Das ist gängiger Standard und so können auch andere Forscher oder Unternehmen den Algorithmus nutzen«, sagt Schnapp.

Beispielhafte FVV-Projekte zum Forschungsschwerpunkt Digitalisierung:

→ »Modular Hybrid Powertrain [1428]« // **FÖRDERUNG:** FVV // **PROJEKTLEITUNG:** Dr. Veit Held (Stellantis Opel Automobile) // **FORSCHUNGSSTELLE:** Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe (vkm), TU Darmstadt

→ »Heuristic Search and Deep Learning [1426]« // **FÖRDERUNG:** BMWk/AiF (21407 N) // **PROJEKTLEITUNG:** Dr. Christian Schnapp (TOYOTA GAZOO Racing Europe) // **FORSCHUNGSSTELLEN:** Lehr- und Forschungsgebiet Mechatronik in mobilen Antrieben (MMP), RWTH Aachen / Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen / Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS), Universität Stuttgart

Die ersten Daten sind beeindruckend: Die KI kommt 50-mal schneller zu einem Ergebnis, ohne dass die Genauigkeit leidet. Damit lassen sich die Modelle künftig in Echtzeitanwendungen einbinden oder auch höherdimensionale Optimierungsprobleme lösen. Etwa, wenn mehrere Bauteile im Gesamtsystem optimiert werden sollen.

Ein weiterer Ansatz ist das sogenannte »Reinforcement Learning«. Bislang untersucht ein Simulationsingenieur während der Entwicklung verschiedene Motorkonzepte, für die jedoch noch eine optimale Regelstrategie fehlt. Diese wird dann auf dem Prüfstand von einem weiteren Ingenieur entwickelt. Die Idee ist nun, diese Aufgabe, etwa die Ansteuerung eines E-Boosters, die Wastegate-Ansteuerung oder die Einstellung des Zündzeitpunkts, einem Reinforcement-Learning-Agenten zu überlassen. »Durch viele Simulationen versucht der Agent sich selbst die beste

Regelstrategie beizubringen«, erklärt Christian Schnapp und ergänzt: »Das gelingt, in dem der Agent für einen Erfolg belohnt wird und so immer hinzulernt.« Ein zeitaufwendiges Unterfangen, jedoch lässt sich die Berechnungszeit durch parallele Simulationen verkürzen. Denkbar ist, dass die trainierte Strategie künftig direkt in die ECU implementiert wird.

Das Projekt läuft noch bis zum 30. April 2023, doch für einen schnellen Wissenstransfer können FVV-Mitglieder schon bald von den ersten Ergebnissen profitieren: »Es gibt durchaus Interesse an dem Code. Daher werden wir einen Workshop abhalten, bei dem der Code aus dem ersten Arbeitspaket zur Verfügung gestellt wird«, erklärt Schnapp. Die abschließende Dokumentation und ein sofort einsatzfähiges Simulationstool werden zum Projektende bereitgestellt. //

Reinforcement Learning für die Konzeptentwicklung von Ottomotoren



→ Der **HEUTIGE MOTORENTWICKLUNGSPROZESS** besteht aus zwei voneinander getrennten Schritten. Das führt zu suboptimalen Auslegungen, weil das transiente Motorverhalten bereits in der Konzeptfindung berücksichtigt werden sollte.

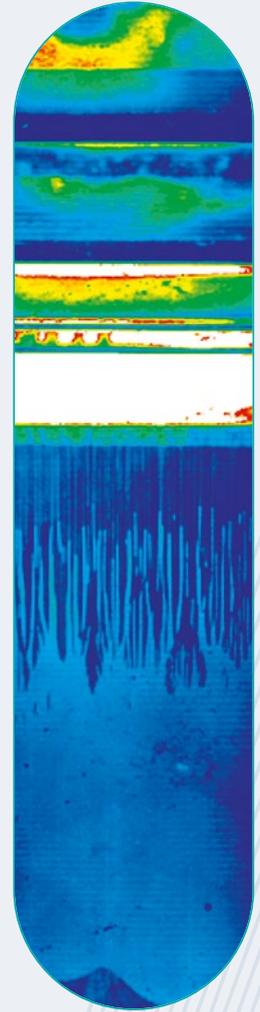
→ Ein Reinforcement-Learning-Agent findet für jede Motorauslegung die optimale Regelstrategie. Durch Integration des **RL-AGENTEN** bereits in die Konzeptfindung kann eine angemessene Bewertung einer Regelstrategie schon im ersten Schritt erfolgen.

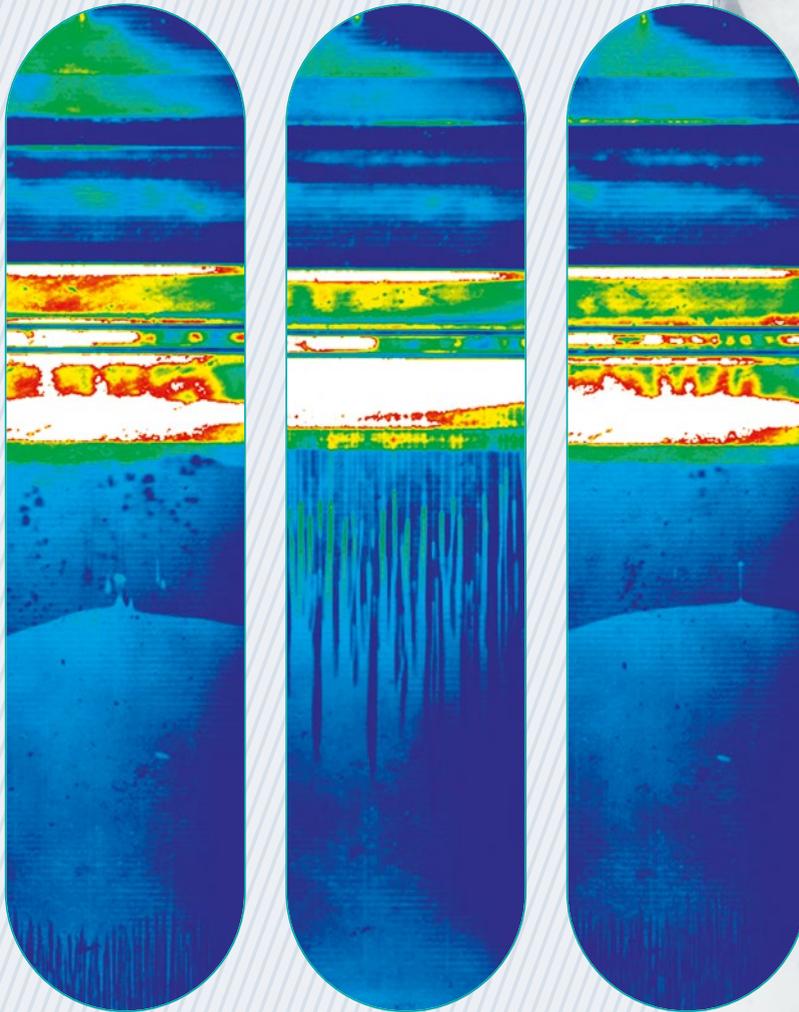
Molekülen auf der Spur

Während der Motorenentwicklung bleibt die Arbeit am Prüfstand unverzichtbar, trotz immer besserer Simulationsmöglichkeiten. In einem deutsch-japanischen Gemeinschaftsprojekt machen Forscher Ölbewegungen in der Kolbengruppe eines Motors sichtbar. In einem weiteren Projekt sorgen vernetzte Prüfstände für kürzere Entwicklungszeiten.

Mehrere Wege führen zum Ziel // Ein Pfad zur klimaneutralen Mobilität führt über den Energieträger Wasserstoff. Da Wasserstoff keinen Kohlenstoff enthält, entsteht bei der Verbrennung kein CO₂. Für den raschen Einsatz von Wasserstoff eignen sich klassische Verbrennungsverfahren im Hubkolbenmotor. Eine Herausforderung besteht dabei darin, Emissionen aus dem Schmieröl zu minimieren. Dafür muss der Öltransport aus dem Kurbelgehäuse in den Brennraum reduziert werden. »In den vergangenen 20 Jahren konnte der Ölverbrauch halbiert werden. Eine weitere Reduzierung um 30 bis 40 Prozent ist sicher möglich«, formuliert Dr. Marcus Gohl, Entwicklungsingenieur bei APL Automobil-Prüftechnik Landau ein ehrgeiziges Ziel. Er ergänzt: »Obwohl das System seit Jahren erforscht wird, sind die einzelnen Mechanismen wegen der hochdynamischen Bewegungen immer noch nicht im Detail verstanden.«

Wenn es darum geht, den Brennraum abzudichten, ist die bewährte Kombination von Kolben und Kolbenringen noch immer das System der Wahl, weil es eine kostengünstige und effiziente Lösung darstellt. Doch durch die nicht komplett abdichtenden Kolbenringe kann Öl aus dem Kurbelgehäuse in den Brennraum gelangen; von oben kann ein Kraftstoffeintrag in das Öl erfolgen, etwa durch eine unvollständige Verbrennung. Die Ingenieure haben es mit einem Zielkonflikt zu tun: »Der Eintrag von Schmieröl in den Brennraum hat die unangenehme Eigenschaft, selbst bei kleinen Mengen viele feine Partikel zu generieren«, erklärt Gohl. Auch wenn diese in der Abgasnachbehandlung anschließend wieder





→ Durch das eingepresste Saphirglasfenster im Zylinder regen die Forscher mit einem Laserstrahl einen Marker im Motorenöl an. Je dicker der Ölfilm an einer Stelle, desto höher die Leuchtintensität.

Fotos: TU München

herausgefiltert werden, soll die Rohemission so gering wie möglich ausfallen. Zugleich braucht es einen Ölfilm auf der Zylinderlaufbahn, um Verschleiß zu vermeiden; die Schichtdicke beträgt wenige Mikrometer. Während des Motorbetriebs können jedoch einige Moleküllagen pro Arbeitsspiel abdampfen. Ist der verbleibende Ölfilm zu dünn, kommen die Kolbenringe mit der Zylinderlaufbahn in Kontakt, ein Motorschaden droht.

Im deutsch-japanischen Gemeinschaftsvorhaben »Fuel Oil Flow Measurement« untersuchen Forscher der Tokai-Universität, der Tokyo City Universität, der Technischen Universität München und des Instituts für

Analytische Messtechnik Hamburg die Öltransportvorgänge in der Kolbengruppe. Dazu wurde in München ein Einzylinder-Ottomotor aufgebaut, in dessen Zylinderlaufbahn für die Versuche ein längliches Saphirglasfenster eingepresst ist. Durch dieses Fenster können die Forscher mittels zweier optischer Verfahren Ölansammlungen und -bewegungen beobachten. Bei der laserinduzierten Fluoreszenz bringen die Forscher einen Marker in das Öl ein, der mit dem Laser angeregt wird und dadurch leuchtet. Je nach Ölmenge an einer bestimmten Stelle ändert sich dort die Leuchtintensität – ein dicker Ölfilm leuchtet kräftiger. Marcus Gohl ist begeistert: »Wir können auf den Filmaufnahmen sogar im

befeuerten Motor unter Volllast die Öltransportmechanismen beobachten und mit dem Massenspektrometer parallel einzelne Kohlenwasserstoffe messen, etwa abdampfende Ölmoleküle.«

Die Ingenieure in Japan entwickelten mit der Photochromie das zweite optische Messverfahren, das ebenfalls auf einem Marker im Öl basiert. »Die Photochromie eignet sich dazu, den Öl- und Kraftstofffilmfluss zu bestimmen und eine Bewegung sichtbar zu machen«, erklärt Projektleiter Dr. Motoichi Murakami von Toyota. »Dazu erzeugt der Laser eine relativ langlebige, kleinformatige farbige Markierung an einer beliebigen Stelle des Ölfilms und zu einem beliebigen Zeitpunkt. So können wir beobachten, wie sich das Öl bewegt, etwa von oben nach unten, oder durch die Stöße der Kolbenringe«, sagt Murakami. Neben der Ölfilmmessung sei die Möglichkeit der Kraftstoffilmmessung sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren ein wichtiges Ergebnis, da dieser zuvor mit dieser Technik noch nie erfasst wurde.

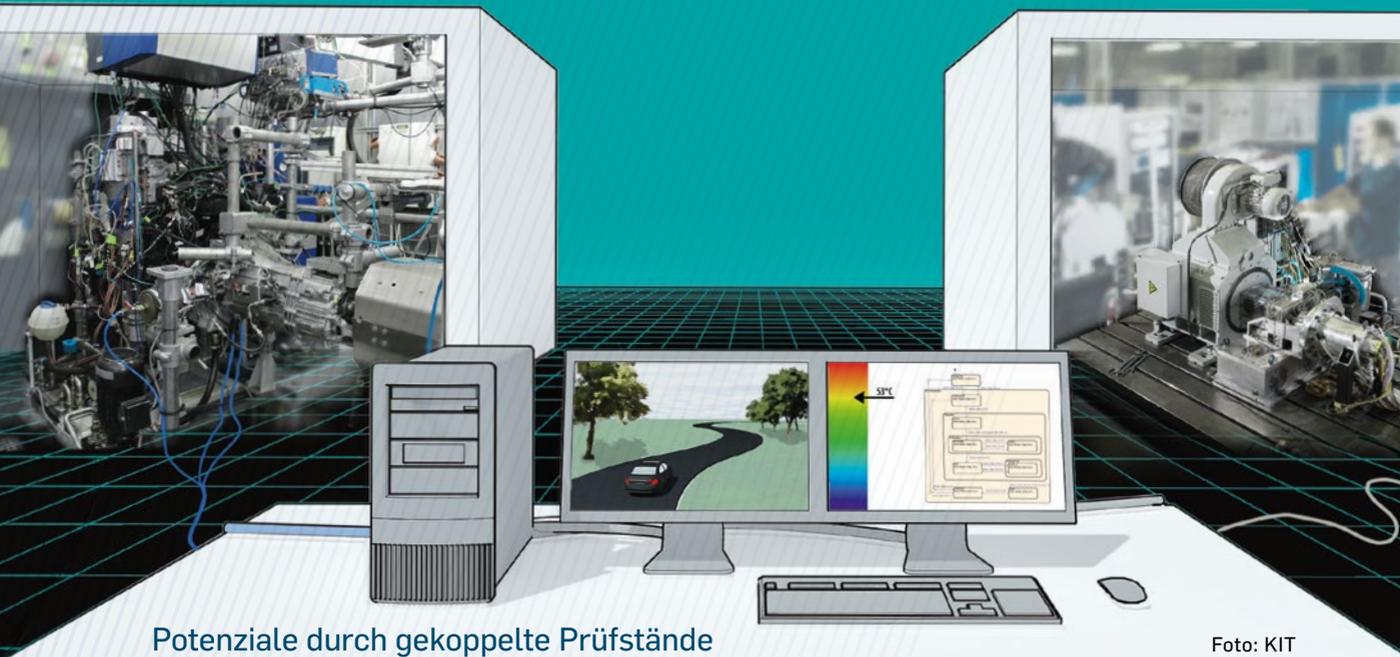
An neuen Entwicklungsmethoden arbeiteten Ingenieure auch im weiteren, kürzlich abgeschlossenen FVV-Projekt »Methodik Hybriderprobung«. Pkw verfügen immer häufiger über Hybridantriebsstränge, deren Entwicklung und Erprobung jedoch mit einer großen Komplexität einhergeht. Prüfstände für Gesamtantriebe sind jedoch teuer, meist ausgelastet und können im Vergleich zu Komponenten-Prüfständen nur bedingt mit Messtechnik ausgestattet

Beispielhafte FVV-Projekte zum Forschungsschwerpunkt Entwicklungsmethodik:

→ » Fuel Oil Flow Measurement [1396]« // FÖRDERUNG: CORNET // PROJEKTLEITUNG: Dr. Motoichi Murakami (Toyota Motor Corporation) / Dr. Marcus Gohl (APL Automobil-Prüftechnik Landau) // FORSCHUNGSTELLEN: Tokai University / Faculty of Engineering, Tokyo City University / Institut für Analytische Messtechnik Hamburg – IAM-Hamburg e. V. / Lehrstuhl für Nachhaltige Mobile Antriebssysteme, TU München

→ » Methodik Hybriderprobung [1363]« // FÖRDERUNG: FVV // PROJEKTLEITUNG: Dr. Marcus Gohl (APL Automobil-Prüftechnik Landau) // FORSCHUNGSTELLEN: Elektrotechnisches Institut (ETI), KIT Karlsruhe / Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), KIT Karlsruhe / Institut für Kolbenmaschinen (IFKM), KIT Karlsruhe

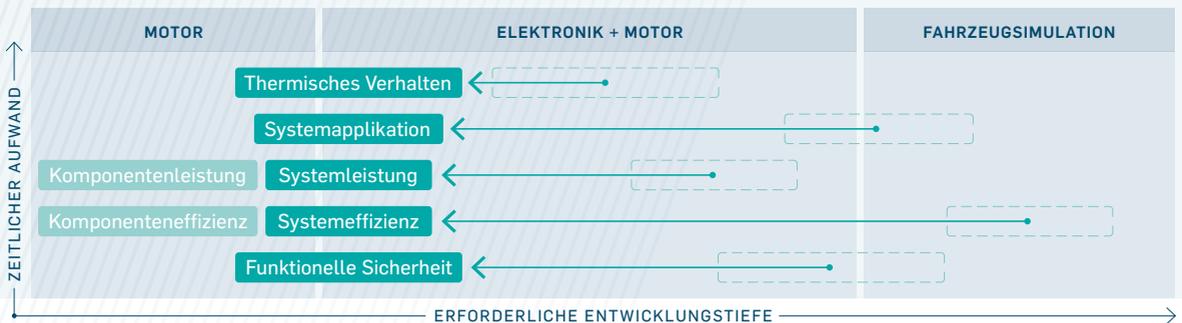
werden. Forscher unterschiedlicher Bereiche des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben nun eine Methodik entwickelt, die verschiedene Komponenten-Prüfstände vernetzt, um virtuell Hybridantriebsstränge abzubilden. So kann bereits in frühen Entwicklungsphasen der Einfluss unterschiedlicher Komponenten auf das Gesamtsystem betrachtet werden. Zudem lassen sich durch den Einsatz entsprechender Messtechnik detaillierte Aussagen treffen über Belastungen, Kraftstoff- und elektrischen Energiebedarf sowie Emissionen. Davon profitieren kleine und mittelständische Automobilzulieferer, die ihre Produkte nun ebenfalls frühzeitig anpassen können.



Potenziale durch gekoppelte Prüfstände

Foto: KIT

→ Schematische Darstellung der zeitlichen Verschiebung einzelner Gesamtfahrzeug-Testfälle in die Komponenten-Testphase. Durch vernetzte Prüfstände ergibt sich eine **deutliche Zeit- und Kostenersparnis**.



Ein besonderer Fokus wurde auf die fahrzeugnahe Abbildung der thermischen Systeme gelegt, sodass neue Thermomanagement-Konzepte frühzeitig erprobt werden können. Direkt Bezug darauf nimmt das Folgeprojekt, in dem es darum geht, deutlich strengere, noch nicht definierte Abgasnormen zu erfüllen. Vor allem der erweiterte Temperaturbereich von -10 bis +40 °C stellt für Hybridfahrzeuge eine große Herausforderung dar, weil sowohl das Abgasnachbehandlungssystem als auch die Batterie innerhalb kurzer Zeit auf Betriebstemperatur gebracht werden müssen. Für die Antriebsentwicklung erfordert dies möglichst flexible Entwicklungs- und Testmethoden. Im Projekt wird dazu

der Ansatz gekoppelter Prüfstände verfolgt. Die bereits vernetzten verbrennungsmotorischen und elektromotorischen Prüfstände werden um einen Batterieprüfstand ergänzt, den das KIT in das bestehende Netzwerk integriert. Die Prüfstände werden mit einer Start-Stopp-Automatik, dynamisch einstellbaren Konditioniersystemen und schneller Abgasmesstechnik ausgestattet, um realistische Euro-7-Kaltstartbedingungen abbilden zu können. In Abhängigkeit von der Antriebstopologie, der Betriebsstrategie sowie den resultierenden Temperaturen, Effizienzen und Emissionen kann in der Folge das energetisch beste Kühlkonzept ermittelt werden. //

Kompetenzen koordinieren

Am Institut für Fahrzeugtechnik der Universität Stuttgart koordiniert **Viktoria Kelich** die Forschungsvorhaben. Dabei verbindet sie ihre Liebe zur Technik mit betriebswirtschaftlichem Wissen und Organisationstalent.



Ohne Partner geht es nicht // Gute Forschung gelingt nicht allein im stillen Kämmerlein, sondern nur im Austausch von Experten, deren Kompetenzen sich ergänzen. Viktoria Kelich hat es sich zur Aufgabe gemacht, die richtigen Leute miteinander zu vernetzen, um moderne Fahrzeugantriebe zu entwickeln. Die Leidenschaft für Technik, die sie dabei ausleben kann, wird bereits als Kind geweckt. Ihr Vater, ein Elektroingenieur, repariert abends auf dem Küchentisch Fernseher und Videorekorder von Freunden und Bekannten. Die sechsjährige Tochter schaut zunächst interessiert zu. Als Teenager baut sie gemeinsam mit ihm eine Stereoanlage, die sie heute noch regelmäßig nutzt.

Die Affinität für Technik und Wissenschaft bleibt, und während ihre Mitschüler in der Oberstufe auf dem Wirtschaftsgymnasium Fächer wie Physik oder Chemie abwählen, belegt sie nur naturwissenschaftliche Fächer. »Nach dem Abitur wusste ich, dass ich Betriebswirtschaftslehre studieren möchte, aber auch etwas mit Technik. Daher war der Studiengang ›Technisch orientierte BWL‹ in Stuttgart perfekt für mich«, sagt Kelich. Das technische Grundstudium eines Ingenieurs wird mit der klassischen Betriebswirtschaftslehre kombiniert. Werkstoffkunde, Fertigungs- und Festigkeitslehre gehören ebenso zum Lehrplan wie Marketing, Makroöko-

nomik oder Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler. Kelich belegt mit Kfz- und Produktionstechnik zwei Wahlpflichtfächer, obwohl eines reicht.

»Mich hat beides interessiert und auf diese Weise konnte ich mein technisches Profil breiter aufstellen.«

Um mehr Mädchen und junge Frauen für ein Ingenieurstudium zu begeistern, engagiert sie sich bis heute für den VDI als Botschafterin, besucht Schulen und Berufsorientierungsmessen.

In der Formula Student übernimmt Kelich für das Rennteam der Uni Stuttgart von 2016 bis 2018 die Organisationsleitung. Sie entscheidet, wer was wann wo macht, koordiniert Abläufe während der Rennsaison, organisiert Sponsoring und PR. Alles muss laufen, die Vorbereitungen sind komplex und dauern Wochen. Der von ihr organisierte Rollout des 2017er-Rennwagens vor 1.000 Gästen in der Carl Benz Arena in Stuttgart bleibt ihr als ganz besondere Veranstaltung im Gedächtnis. Die Teams der folgenden Jahre bitten sie regelmäßig um Rat. In dieser Zeit erwirbt Kelich Fähigkeiten, die ihr heute täglich helfen: Den Überblick über das große Ganze behalten, sich nicht in winzigen Details verlieren, Aufgaben an die richtigen Leute delegieren. Sie sagt: »Jeder muss dort eingesetzt werden, wo seine Stärken liegen, und meine Stärken liegen darin, mit vielen Dingen gleichzeitig zu jonglieren«.



»Jeder muss dort eingesetzt werden,
wo seine Stärken liegen, und meine
Stärken liegen darin, mit vielen Dingen
gleichzeitig zu jonglieren.«



Dass sie koordinieren kann, muss sie auch sofort beweisen, als sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Fahrzeugtechnik (IFS) der Universität Stuttgart anfängt. Ihr Chef Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende hat gleich zu Beginn eine besondere Aufgabe für sie: Eine Woche nach ihrem Dienstantritt findet die FVV-Herbsttagung statt und Kelich soll nicht nur teilnehmen, sondern auch gleich die Berichterstattung des IFS mit organisieren. In den folgenden Monaten und Jahren arbeitet sie sich intensiv ein, lernt die Strukturen kennen und baut gute Beziehungen zur FVV auf. Ohne technisches Verständnis geht hier gar nichts. Und das hat Kelich zweifellos, zudem kann sie schwierige Sachverhalte allgemeinverständlich erklären. Eine Fähigkeit, die ihr während des Master-Studiums zugutekommt, als sie als Tutorin Übungen für Studierende leitet. Eine angedachte Promotion im Bereich Marketing verwirft Kelich, sie will lieber weiterhin mit Technik zu tun haben.

Als Forschungsmanagerin am IFS kümmert sich Viktoria Kelich um die Koordination von circa 30 öffentlich geförderten Forschungsvorhaben, übernimmt dabei Aufgaben in jeder einzelnen Phase, von Projektakquise bis -abschluss. Neben der Erstellung von Präsentationen und Antragsunterlagen sucht sie nach neuen Fördermöglichkeiten und Projektpartnern, betreut Doktoranden, organisiert Veranstaltungen und kümmert sich um den Außenauftritt. Zu ihrer Arbeit gehört auch die Koordination internationaler Forschungsvorhaben im Rahmen der

FVV, etwa im CORNET-Programm, das vom AIF gegründet wurde mit dem Ziel, die internationale Zusammenarbeit zu stärken.

Aktuell betreut Kelich die Antragstellung für ein Projekt, in dem das IFS gemeinsam mit der RWTH Aachen und der Politecnico di Torino an Wasserstoff-Brennverfahren mit Wassereinspritzung forschen soll. »Hier soll mittels Direkteinspritzung das Klopfverhalten verbessert und die Bildung der NO-Emissionen bei Wasserstoffmotoren reduziert werden. Dafür müssen sowohl experimentelle als auch simulative Untersuchungen durchgeführt, Wasserverdampfung, Gemischbildung, Spray-Geometrie und Verbrennungsprozesse untersucht werden, um daraus Einspritzstrategien abzuleiten«, erklärt Kelich den komplexen Forschungsansatz. Da hilft nur Teamarbeit: Der Versuchsmotor soll in Aachen stehen, die 3D-Simulation wird voraussichtlich in Stuttgart bearbeitet werden, die 0D-/1D-Simulation in Turin. Kelich koordiniert Kompetenzen.

Über mangelnde Abwechslung im Job kann die junge Frau nicht klagen, die große Bandbreite an Aufgaben, die ihr Job mit sich bringt, gefällt ihr. Lockt dennoch manchmal der Ruf der Industrie? »Forschung und Entwicklung ist durchaus spannend, aber auch der Motorsport hat mich nie losgelassen. Als Mannschaft mit viel Mühe und Energie etwas zu schaffen, was kaum möglich schien, und dann noch gewinnen, das ist ein tolles Gefühl!«, sagt Kelich begeistert. Vielleicht





würden ihr aber die Konferenzen fehlen, die Organisation, der Austausch, die Kontakte, eben alles, was Forschungsmanagement ausmacht. Um den Kopf freizubekommen, steigt die 34-Jährige dreimal pro Woche nach Feierabend in ihren knallgelben Mercedes und fährt zum Ballett. Ein jeweils 90-minütiges Workout. Wie sie das zeitlich schafft? »Alles eine Frage des Selbstmanagements.« //



VIKTORIA KELICH,
M. Sc., Jahrgang 1987, studierte Technisch orientierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Stuttgart. Nach dem Master-Studium schreibt sie sich für Elektrotechnik ein und besucht drei Semester lang verschiedene Vorlesungen. Im Rennteam der Uni Stuttgart übernimmt sie für zwei Jahre die Organisationsleitung. Seit 2018 koordiniert Kelich am Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS) die Forschungsprojekte; im Rahmen des CORNET-Programms der FVV engagiert sie sich für die internationale Zusammenarbeit verschiedener Universitäten.

Der rote Faden

Unabhängig davon, welche Energiewandler und welche Energieträger künftig zum Einsatz kommen: Effizienz in der Energiewandlung ist eines der wichtigsten Forschungsgebiete der FVV.

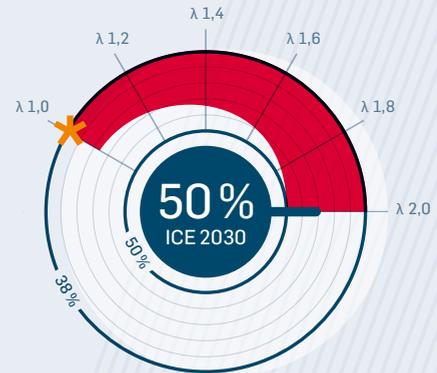
Jede Kilowattstunde zählt // Das gilt nicht nur für Strom und Gas und nicht nur im Hier und Heute. Schon immer war Effizienz ein primäres Entwicklungsziel für Kraftmaschinen. Der effizientere Umgang mit dem Brennstoff verhalf der Dampfmaschine eines James Watt zum Durchbruch, ebenso dem selbstzündenden Hubkolbenmotor des Rudolf Diesel. Und erst recht gilt das für die Energiewandler in einer klimaneutralen Zukunft, in der regenerativ erzeugte Gase und synthetische Kraftstoffe als Energieträger zum Einsatz kommen. Wie ein roter Faden ziehen sich daher Projekte zur Effizienzsteigerung durch das Forschungsprogramm der FVV, von der Steigerung des Systemwirkungsgrads in hybriden Antriebssträngen bis zur Komponentenoptimierung für Brennstoffzellen.

Der Weg zu höherer Effizienz führt seit einigen Jahren durch neues Terrain, wie Prof. Dr. Stefan Pischinger erläutert: »Früher ging es vor allem darum, den Wirkungsgrad in jenen Betriebsbereichen zu verbessern, in denen der spezifische Kraftstoffverbrauch besonders hoch ist. In modernen Hybridantrieben kann der Verbrennungsmotor in der Regel in der Nähe des Bestpunkts betrieben werden – also

geht es vor allem darum, den Verbrauch in diesem Bereich zu verbessern.« Als Inhaber des Lehrstuhls für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme an der RWTH Aachen forscht Pischinger mit drei weiteren Forschungsstellen der Universitäten Braunschweig, Darmstadt und Stuttgart im Auftrag der FVV genau daran. Im Projekt »ICE 2030« soll das technische Konzept für einen Pkw-Verbrennungsmotor entwickelt werden, der einen Wirkungsgrad von mindestens 50 Prozent im Bestpunkt erreicht.

Dass das zu schaffen ist, steht für Pischinger außer Frage – schließlich gibt es bereits Nutzfahrzeug- und Großmotoren, die die 50-Prozent-Marke überschreiten. »Doch bei kleineren Motoren ist der Anteil der tribologischen und thermischen Verluste höher«, skizziert er die Herausforderung. Wie schon im Vorläuferprojekt »ICE 2025+« betrachten die vier Institute nicht nur die Motorentechnik isoliert, sondern berücksichtigen auch den Einfluss des Kraftstoffs auf den Wirkungsgrad. So wird beispielsweise die gezielte Beimischung von Wasserstoff untersucht. Der ist extrem zündwillig und erlaubt daher eine Verbrennung auch bei hohem Luftüberschuss. »Es geht darum, Grenzen auszuloten«, sagt Pischinger. Einen Sekundärnutzen sieht er darin, dass Wasserstoffmotoren auch auf einen flexiblen Betrieb ausgelegt werden könnten. Wenn Hubkolbenmotoren im Wasserstoffbetrieb einen Wirkungsgrad von 50 Prozent erreichen, kämen sie der Brennstoffzelle ziemlich nah.

Das Ziel: Ein Wirkungsgrad von mindestens 50 % im Bestpunkt



* Ausgangspunkt ist ein moderner Ottomotor, der bei einem Kraftstoff-Luft-Verhältnis Lambda = 1 einen Wirkungsgrad von 38,5 Prozent aufweist.

Das aus Eigenmitteln der FVV finanzierte Projekt läuft noch bis Anfang 2023. Sind die Ergebnisse noch relevant, wenn europäische Hersteller im Jahr 2025 oder 2026 die letzte Generation Pkw-Verbrennungsmotoren auf den Markt bringen? »Mit Sicherheit«, sagt Pischinger entschieden. »Auch im Jahr 2035 werden 40 bis 50 Prozent aller neuen Pkw weltweit mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet. Und wenn diese Fahrzeuge im realen Straßenverkehr 20 Prozent weniger Kraftstoff verbrauchen, ist das mit Sicherheit relevant!«.

Blick in den Zylinderkopf des Forschungsmotors

Position des Wasserinjektors

Mögliche Position des H₂-Injektors

Sturzklappe

Hochdruck-Kraftstoffeinspritzdüse

→ Die hohe Zündwilligkeit des Wasserstoffs ermöglicht eine Verbrennung auch bei hohem Luftüberschuss.

»Wir geizen mit jedem Kilowatt.«

Für Brennstoffzellen, die auf Polymer-elektrolytmembranen (PEM) basieren, sind 50 Prozent Wirkungsgrad eher die untere Grenze. Aber dabei muss es nicht bleiben. Denn neben der kontinuierlichen Verbesserung der Zellen beziehungsweise des Zellstapels existiert ein zweites Optimierungsfeld: Die sogenannte Peripherie, die vor allem aus Zuführung von Luft und Wasserstoff sowie der Abführung von Wasser besteht. Das Problem in der Praxis: Die Komponenten, die für die Medienführung wichtig sind, basieren aufgrund der aktuell geringen Stückzahlen meist auf Bauteilen, die eigentlich für Verbrennungsmotoren entwickelt wurden. Das gilt beispielsweise für die Verdichtung der Luft, die einen direkten Einfluss auf den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle und des Systems hat.

Aktuell kommen meist Radialverdichter zum Einsatz, die von Abgasturboladern abgeleitet werden. »Grundsätzlich funktioniert das schon. Statt des Abgas-Massenstroms übernimmt dann ein kleiner Elektromotor

den Antrieb des Verdichters«, erklärt Projektleiter Thomas Hildebrandt, Gründer des auf Strömungsmaschinen spezialisierten Ingenieurbüros Numeca. »Für den E-Motor werden bei einem 100-Kilowatt-Stack circa zwölf Kilowatt Leistung benötigt.« Jede Einsparung hier käme vollständig dem Systemwirkungsgrad zu gute. Das mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte FVV-Projekt setzt genau hier an. Es untersucht, wie ein Verdichter aussähe, der speziell auf die Anwendung im Luftsystem einer Brennstoffzelle ausgelegt ist. »Die geometrische Gestaltung entscheidet über den Wirkungsgrad«, ist sich Hildebrandt sicher.

Ein geeignetes Design gibt es noch nicht, deshalb werden mit Hilfe eines numerischen Optimierungsverfahrens zunächst einige wenige aus den Tausenden theoretischer Varianten ausgewählt. In zwei Stufen müssen sich diese Verdichter dann bewähren: Zunächst geht es in Originalgröße auf einen kleinen Prüfstand, auf dem die grundsätzliche Funktion bestätigt wird. Das Problem: Im Original ist der Verdichter viel zu klein, um ihn mit um-



fassender Messtechnik auszustatten – erst recht, wenn dabei das Messergebnis nicht verfälscht werden soll. Deshalb wird ein um den Faktor drei vergrößerter Prototyp mit der idealen Geometrie anschließend auf einem großen Radialverdichterprüfstand an der RWTH Aachen getestet. Dieser Prüfstand wurde von der FVV mitfinanziert (siehe PrimeMovers 2021, S. 60 f.) und kommt nun erstmals für ein Brennstoffzellen-Vorhaben zum Einsatz. Am Ende des noch bis Sommer 2023 laufenden Projekts soll eine Kette von Entwicklungswerkzeugen stehen, mit denen auch kleine und mittlere Unternehmen an der Auslegung von Verdichtern für Brennstoffzellen mitwirken können.

»Wir zeihen mit jedem Kilowatt«, sagt Thomas Hildebrandt, der seit Jahrzehnten Strömungsmaschinen auslegt. Der Satz könnte auch den roten Faden bilden, der die Forschung der FVV über alle Energiewandler und Energieträger hinweg verbindet. //

Prüfstand für Brennstoffzellen-Komponenten bei Mahle: Für die optimale Entwicklung von Zellkomponenten ist eine perfekt angepasste Prüfumgebung entscheidend.

Beispielhafte FVV-Projekte zum Forschungsschwerpunkt Effizienz:

→ »ICE2030 [1434]« // FÖRDERUNG: FVV // PROJEKTLEITUNG: Arndt Döhler (Stellantis Opel Automobil) // FORSCHUNGSSTELLEN: Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen / Institut für Verbrennungskraftmaschinen (ivb), TU Braunschweig / Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe (vkm), TU Darmstadt / Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS), Universität Stuttgart

→ »Brennstoffzellen-Verdichterauslegung [1439]« // FÖRDERUNG: BMWK/AiF (21644 N) // PROJEKTLEITUNG: Dr. Thomas Hildebrandt (NUMECA Ingenieurbüro) // FORSCHUNGSSTELLEN: Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen / Institut für Strahltriebwerke und Turbomaschinen (IST), RWTH Aachen



»Keiner schafft es alleine«

Seit 2006 vergibt die FVV einen Nachwuchsförderpreis für herausragende wissenschaftliche Leistungen von Studenten. Die Preisträger **Dr. Denise Chan**, **Bastian Lehrheuer** und **Marcus Wiens** sprechen über ihre Erfahrung in FVV-Projekten und ihre Ansprüche an Ingenieure und Naturwissenschaftler.

Sie alle haben während Ihres Studiums in FVV-Vorhaben mitgearbeitet. Was konnten Sie in dieser Zeit für ihre spätere Berufstätigkeit mitnehmen?

! Neben den fachlichen Erkenntnissen waren das drei Punkte: Erstens konnte ich einen Einblick in die industrielle Forschung gewinnen, das war sehr wertvoll. Zweitens konnte ich erste Erfahrungen im Projektmanagement gewinnen. Als besonders bereichernd empfand ich die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Im Arbeitskreis musste ich die chemischen Zusammenhänge vielen Maschinenbauern verständlich machen. Ich habe dadurch gelernt, wie wichtig es ist, eine gemeinsame Kommunikationsebene zu finden. Wenn das einem gelingt, kann man die Expertise aus verschiedenen Fachbereichen vereinen – die beste Voraussetzung um komplexe Probleme zu lösen. Das zieht sich tatsächlich bis heute durch mein ganzes Berufsleben.

! Fachlich bewege ich mich bis heute nicht allzu weit weg von den Fragestellungen, die mich im Studium beschäftigten. Die Methodik, um solche Fragen zu beantworten, habe ich erstmals durch die Studienarbeit in einem FVV-Vorhaben erlernt. Ein Modell zu erstellen und dann im Versuch zu überprüfen, dieses strukturierte Vorgehen ist bis heute hilfreich. Außerdem fand ich es cool, nicht nur einfach eine schriftliche Studienleistung abzugeben, die bewertet wird und dann in einer Schublade verschwindet. Eine Arbeit zu erstellen, auf der andere aufbauen konnten und die in den Abschlussbericht einfluss, empfand ich als sehr motivierend.

! Ich kann das alles nur unterschreiben. Meine Bachelorarbeit im Rahmen des FVV-Projekts war das erste Thema, das ich als Nachwuchswissenschaftler eigenständig bearbeitet habe. Dazu gehört auch die Erfahrung, dass nicht immer alles auf Anhieb so funktioniert, wie man es sich vorgestellt hat. Dann etwas Neues auszuprobieren, etwas, was nie zuvor jemand gemacht hat, das reizt mich bis heute an der Wissenschaft. Was ich auch mitgenommen habe: Mein Thema im Bereich der Kraftstoffumsetzung hatte einige chemische Aspekte, die mir damals komplett neu waren. Sich davon nicht abschrecken zu lassen, sondern Experten um Erklärungen zu bitten, das war auch später in meinem Leben immer wieder wichtig.

Wie sehen Sie heute auf die gesellschaftliche Verantwortung von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern?

! Man muss immer das Ganze sehen. Ich forsche heute an der Stromerzeugung aus Windkraft. Doch für die Nutzung dieses Stroms sind noch viele Fragen zu beantworten. Und vermutlich wird es auch nicht nur eine Antwort geben. So könnte es sein, dass wir in Zukunft alle Kleinwagen elektrifizieren, schwerere Fahrzeuge, insbesondere im Warentransport, aber mit Wasserstoff und E-Fuels betreiben. Ich sehe durchaus noch Potenzial für den Verbrennungsmotor.

! Das Wichtigste ist, dass Ingenieure und Naturwissenschaftler neugierig bleiben und immer weiter nach neuen Antworten suchen – und das möglichst interdisziplinär und ergebnisoffen. Wie man das systematisch tut, haben wir in unserem Studium gelernt.

! Das gilt insbesondere für die Transformation zu einer nachhaltigen Welt. Wir haben das Wissen, um gezielt nach neuen Antworten zu suchen, zum Beispiel für die Umstellung auf erneuerbare Energien und effektive Speichertechnologien. Ein anderes Beispiel: Beim chemischen Recycling besteht noch sehr viel Forschungsbedarf, sowohl hinsichtlich der Katalysatoren als auch der Verfahrenstechnik. Letztlich steuern wir auf eine Welt zu, in der Kohlenstoff aus fossilen Quellen nicht mehr zur Verfügung steht.

Was ist aus Ihrer Sicht jenseits der Technik für diese Transformation wichtig?

! Das ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit! Kein Unternehmen und auch keine Branche schafft die Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft alleine. Es müssen alle an einem Strang ziehen, weil man die komplette Lieferkette dafür benötigt und den gesamten Lebenszyklus der Produkte betrachten muss. Dafür ist auch die Politik gefragt, sie muss die richtigen Rahmenbedingungen schaffen. Es gibt da viele gute Ansätze, doch in der Umsetzung hängt es an vielen Punkten. So brauchen beispielsweise Genehmigungen selbst für den Umbau bestehender Anlagen viel zu lang. Planungssicherheit wäre schon sehr hilfreich.

! Die Politik muss Rahmenbedingungen setzen, die die fundamentalen Probleme adressieren anstatt Technologie-Entscheidungen vorzugeben. Momentan macht es sich die Politik zu einfach. Sie arbeitet mit Verboten, ohne dass diese einen fundierten wissenschaftlichen Hintergrund haben. Wir reden davon, dass das Haus brennt. Und wir haben drei Feuerlöscher, die Elektromobilität, den Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe. Anstatt alle drei Feuerlöscher einzusetzen, diskutiert die Politik, welchen Feuerlöscher wir nehmen dürfen.

! Auch beim Ausbau der Windenergie ist die Politik in der Verantwortung. Wir haben doch ein ungeheuer großes Ziel. Um das zu erreichen, müssen wir gewaltige Aufgaben lösen. Wenn wir uns stattdessen mit kleinen Problemen aufhalten, ist das nicht zu schaffen. Das soll aber nicht davon ablenken, dass wir als Ingenieure in der Verantwortung stehen, viele neue Dinge anzugehen und Bestehendes immer wieder neu zu hinterfragen.



DR. DENISE CHAN

studierte Chemie am Karlsruhe Institut für Technologie. Ihre Diplomarbeit verfasste sie im Rahmen eines FVV-Projekts zur Simulation von Abgaskatalysatoren und erhielt dafür 2010 den Nachwuchsförderpreis der FVV. Nach ihrer Promotion – ebenfalls zur Abgaskatalyse – begann Chan ihren Berufsweg 2014 als Laborleiterin bei Covestro (damals: Bayer). Nach einer weiteren Station mit globaler Technologieverantwortung übernahm sie Anfang 2021 ihre heutige Position als Vorstandsassistentin des Chief Technology Officers von Covestro.



BASTIAN LEHRHEUER

studierte Maschinenbau in Aachen. Mit dem Nachwuchsförderpreis wurde 2010 seine Studienarbeit zu einem Echtzeit-Ladungswechselmodell ausgezeichnet, das im Rahmen eines FVV-Vorhabens entstand. Nach dem Ende seines Studiums arbeitete er zunächst als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am heutigen Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme der RWTH Aachen, unter anderem koordinierte er FVV-Vorhaben. 2018 wurde Lehrheuer Oberingenieur und übernahm 2019 die Geschäftsführung des Exzellenzclusters ›The Fuel Science Center‹.



MARCUS WIENS

studierte zunächst Maschinenbau an der RWTH Aachen und erstellte seine mit dem Nachwuchsförderpreis ausgezeichnete Bachelorarbeit zur Modellierung der Umsetzung von Ottokraftstoffen im Rahmen eines FVV-Projekts. Für das Masterstudium wechselte er zur Energietechnik, das er mit einer Arbeit zur Regelung von Windkraftturbinen beendete. Seit 2019 ist er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme tätig, wo er sich vor allem mit Fragen der Simulation beschäftigt.

Was empfehlen Sie mit Ihrer heutigen Erfahrung für die Ausbildung künftiger Wissenschaftler?

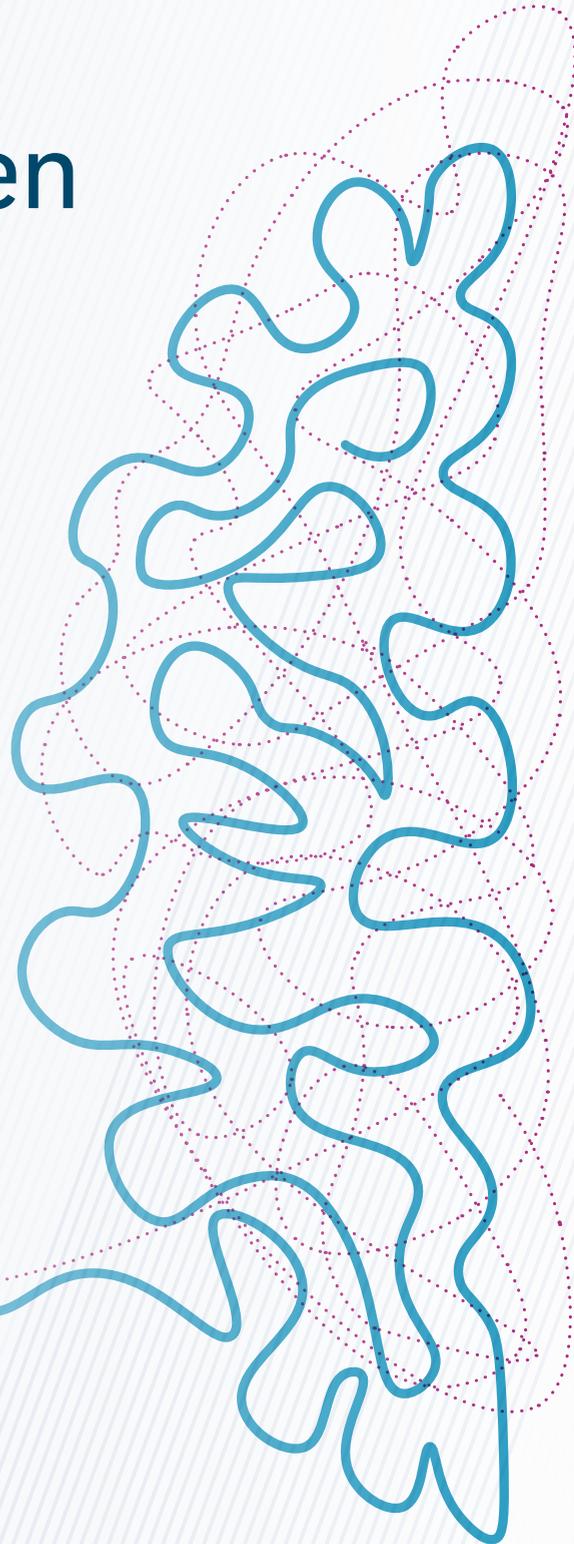
! An unserer Universität steht heute die Interdisziplinarität ganz oben auf der Agenda. Es gibt immer mehr Studiengänge, die mehrere Fakultäten durchdringen. Und auch in den FVV-Vorhaben arbeiten immer häufiger verschiedene Fachrichtungen zusammen. Spätestens wenn man nach einer Arbeitskreissitzung gemeinsam beim Bier sitzt, spielt die Fachrichtung keine Rolle mehr.

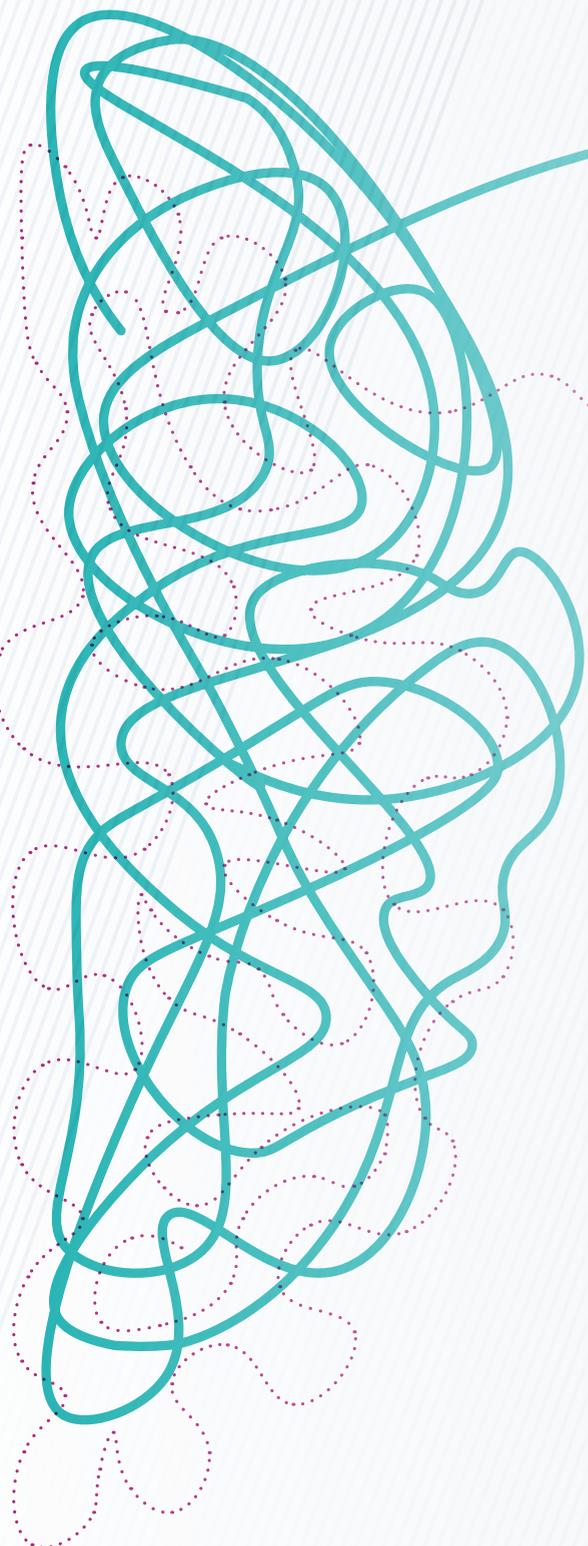
! Wir achten sehr darauf, dass junge Menschen, die zu uns kommen, nicht nur im stillen Kämmerlein gute Ergebnisse erzielen, sondern auch mit anderen zusammenarbeiten können. Ein großer Wunsch von mir: Dass in technischen Berufsfeldern und in den FVV-Projekten mehr Diversität zu erfahren ist.

! Es ist gut, dass in Deutschland Bachelor- und Masterarbeiten häufig in Industrieunternehmen oder im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung durchgeführt werden. Dadurch ist sichergestellt, dass der wissenschaftliche Nachwuchs an Themen mit Industrierelevanz arbeitet. Das sollten wir keinesfalls aufgeben! //

»Wissen wird an **Schnittstellen** generiert«

Die Ausbildung von Spezialisten für effiziente Kraftmaschinen und Motoren im Zusammenspiel mit klimaneutralen Energieträgern bleibt wichtig. **Prof. Dr. Thomas Koch**, Vorsitzender der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik, erläutert, was Nachwuchsingenieure heute lernen sollten.





Herr Professor Koch, warum sollte sich ein junger Mensch heute für ein Maschinenbau-Studium mit Schwerpunkt ›Verbrennungskraftmaschine‹ entscheiden?

Motoren treiben unzählige Maschinen an, von der handgeführten Motorsäge über Arbeitsmaschinen in der Landwirtschaft bis hin zu Schiffen. In vielen Anwendungen ist der Verbrennungsmotor in den kommenden Jahrzehnten nicht ansatzweise zu substituieren.

Hinzu kommt: Auch im Automobil hat der Verbrennungsmotor in vielen Weltregionen und eventuell auch in Europa Zukunft.

Junge Menschen wollen in der Regel die Welt verbessern. Können sie das mit einer wissenschaftlichen Ausbildung als Spezialisten für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik?

Egal ob es um Elektroantriebe, Brennstoffzellen oder Verbrennungskraftmaschinen geht: Es bleibt viel zu tun, etwa hinsichtlich der Rohstoffe, der Kosten oder der Nachhaltigkeitsbilanz.

Zugleich müssen wir darauf achten, dass wir die Lösungen hierzulande produzieren können, um hier auch Wohlstand zu erwirtschaften.

Etwas konkreter bitte: Worin liegen künftig die spannendsten Aufgaben für Forschung und Entwicklung?

Zunächst einmal sind die neuen Aufgaben die gleichen wie schon vor 30 Jahren: Den Wirkungsgrad zu verbessern und so den Energiebedarf zu senken, bleibt eine wichtige Ingenieursaufgabe. Das gilt auch dafür, die Haltbarkeit und damit die Nachhaltigkeit von Maschinen weiter zu steigern. Hinzu kommt als neue Aufgabe der Betrieb mit CO₂-neutralen Kraftstoffen.

Der konventionelle Hubkolbenmotor ist zudem in der Regel Teil eines Hybridantriebs, was neue regelungstechnische Fragen aufwirft.

Wie viel Wissen existiert zum Zusammenspiel zwischen Hubkolbenmotor und regenerativ erzeugten Kraftstoffen bereits?

Die große Herausforderung besteht darin, dass wir die Entwicklung von Energieträger und Energiewandler besser verzahnen müssen, als dies in der Vergangenheit gelungen ist. Schließlich sind die Investitionskosten für die Anlagen zur Kraftstoffproduktion sehr hoch. Wir müssen ein Gesamtoptimum erreichen, was nicht möglich ist, wenn wir nur den Motor oder den Hybridantrieb alleine betrachten. Aktuell kann noch niemand beantworten, ob ein ganzheitliches Optimum am Ende im Wasserstoff, im Methanol oder einem anderen Kohlenwasserstoff liegt.

Parallel scheint mir die Methodenentwicklung einen großen Sprung zu machen.

In den letzten 15 Jahren ging es vor allem um eine Optimierung im n-dimensionalen Raum, also die Suche nach dem Optimum bei gleichzeitiger Variation von Einspritzzeitpunkt, Abgasrückführtrate, Ladedruck oder Adblue-Dosierung, für die das »Design of Experiments« beständig weiterentwickelt wurde. Noch brauchen wir aber viel zu lange, um von einer ersten Applikationslösung zu einem fahrfähigen Prototypen zu kommen. Deshalb spielen neue Methoden, etwa Verfahren der Künstlichen Intelligenz, für die Motorenentwicklung eine immer wichtigere Rolle.

Wie verändert sich die Lehre durch die zunehmende Elektrifizierung auch verbrennungsmotorischer Antriebe?

Wir müssen alles aufnehmen, aber auch den Mut haben, an der richtigen Stelle an benachbarte Institute abzugeben, die sich beispielsweise mit Akkus oder Brennstoffzellen beschäftigen. Die Lehre muss sich aber auch besser verzahnen. So halte ich beispielsweise die Vorlesung zu Hybridantrieben gemeinsam mit einem Leiter des Elektrotechnischen Instituts an meiner Universität. Der Schulterschluss ist wichtig, denn Wissen wird an Schnittstellen generiert.



PROF. DR.-ING. THOMAS KOCH

leitet seit 2013 das Institut für Kolbenmaschinen (IFKM) am Karlsruhe Institut für Technologie (KIT). Vor seiner Berufung arbeitete er an der ETH Zürich promovierte Maschinenbauer zehn Jahre in der Motorenentwicklung der Daimler AG. Zu seinen zahlreichen ehrenamtlichen Tätigkeiten gehört das Engagement in der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorenkunde (WKM).

Foto: KIT

Welche Rolle spielt dabei die Industrielle Gemeinschaftsforschung?

Auch wenn die Beantragung teilweise etwas mühsam und bürokratisch geworden ist, halte ich die Industrielle Gemeinschaftsforschung, wie die FVV sie organisiert, für extrem wertvoll. Sie hat in der Vergangenheit die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen, vor allem aus dem Mittelstand, und den Umweltschutz deutlich gestärkt. Ein Beispiel ist die Forschung rund um die Abgasreinigung. Ich sehe keinen Grund, warum ein so erfolgreiches Instrument künftig weniger ertragreich sein sollte – zumal die Arbeit in den FVV-Vorhaben Nachwuchsingenieure gut auf ihre spätere Tätigkeit in der Industrie vorbereitet.

Wie sehen aktuell die Jobperspektiven für Nachwuchsingenieure aus?

Die Pandemie hatte zunächst eine ordentliche Schneise in den Personalmarkt geschlagen, aber aktuell spüren unsere Absolventinnen und Absolventen wieder eine verstärkte Nachfrage, auch aus der Automobilindustrie.

**Herr Professor Koch,
herzlichen Dank für das Gespräch! //**

»Make it new«



Science for a
moving society

FVV PrimeMovers. Transfer + Networking Event.

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! Bitte merken Sie sich die [Termine der FVV-Tagungen](#) vor:

Frühjahr – 30./31. März 2023

Herbst – 05./06. Oktober 2023

Wir sehen uns!

FVV PrimeMovers. Publikationen.

MTZ / ATZ – PROJEKTBERICHTE

- **MTZ 09/2022:** Untersuchung der Waste-gatekanalinteraktion zweiflutiger Turbinen // Projekt: Untersuchung zweiflutiger Turbinen [1264] // System › PG1 › Entwicklungswerkzeuge

- **MTZ 07-08/2022:** Ascheverhalten in Wandstromfiltern // Projekt: Ascheverhalten in Wandstromfiltern [1292] // Motoren › PG6 › Emission

- **MTZ 05/2022:** Prüfstandskonfiguration zur Untersuchung einer industrieähnlichen Radialverdichterstufe // Projekt: Design und Aufbau des FVV-Industrieverdichters [1279] // Turbomaschinen › PGT › Entwicklungswerkzeuge

- **MTZ 01/2022:** Potentiale durch gekoppelte Prüfstände // Projekt: Methodik Hybriderprobung [1363] // System › PG1 › Hybridantriebe

- **MTZ 12/2021:** Einfluss thermisch induzierter Spannungsgradienten auf die Ermüdungslebensdauer // Projekt: Thermisch Induzierte Spannungsgradienten (TISG) [1218] // Turbomaschinen › PGT › Entwicklungswerkzeuge

- **MTZ 11/2021:** Optimierte Modellierung von Ladungswechsel und Turbulenz in der Motorprozessrechnung // Projekt: Turbulenzmodellierung II [1233] // Turbomaschinen › PGT › Entwicklungswerkzeuge

- **MTZ 10/2021:** Modellierung und Untersuchung von Partikelbildung bei DI-Ottomotoren in transienten Fahrsituationen // Projekt: Systemische Analyse der Partikelbildung an Ottomotoren [1282] // Motoren › PG2 › Emission

- **MTZ 07-08/2021:** Öleintrag über den Kolbenfeuersteg // Projekt: Fuel in Oil II – Ölquellen im Brennraum bei Ottomotoren [1225] // Motoren › PG2 › Emission

MTZ / ATZ – FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

- **MTZ 06/2022:** Komplexität beherrschen – Vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung an Hybridantrieben // Schwerpunkt: Hybridantriebe

- **MTZ 04/2022:** Pfade zu klimaneutraler Mobilität im postfossilen Zeitalter // Schwerpunkt: Kraftstoffe

- **MTZ 09/2021:** Industriemotoren als Energiesysteme – Gemeinsam zur optimalen Auslegung // Schwerpunkt: Wirkungsgrad

WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN

- **FVV 03/2022:** Zero-Impact Fahrzeug-Emissionen (Konzeptionelle Studie) – Definition und Anforderungen von »Zero-Impact-Emissionsniveaus« aus der Perspektive der Luftgüte // Abschlußbericht Heft 1295 // Schwerpunkt: Emission

- **FVV 11/2021:** Radialverdichtorforschung – Forschungsvorhaben der letzten 10 Jahre // Heft R601 // Schwerpunkt: Entwicklungswerkzeuge

- **FVV 11/2021:** Kraftstoffstudie IV – Sechs Thesen zur Klimaneutralität des europäischen Verkehrssektors // Kurzbericht Heft R600 // Schwerpunkt: Kraftstoffe

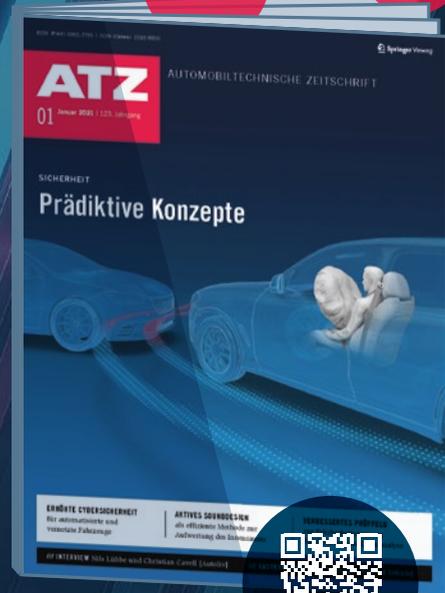
- **FVV 11/2021:** Kraftstoffstudie IV – Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter // Abschlußbericht Heft 1269 // Schwerpunkt: Kraftstoffe



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

BEV
Auf-
ladung

Hybrid-
antriebe

Ver-
brennungs-
motoren

Diesel-
motoren

Thermo-
dynamik

Car-to-X
C2X

Auto-
matisiertes
Fahren

HiL, SiL,
MiL

RDE

Fahrwerks-
technologie

Licht-
technik

FVV PrimeMovers. Themen.



Science

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

www.fvv-net.de

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 | Transfer | Newsletter

FVV GESCHÄFTSBERICHT

2021/2022



Science for a
moving society

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 Hühwohl
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 Gansloser
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	
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

↑ 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
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. Peter Rothenberger
E eCon Engineering Germany GmbH	Kirchheimbolanden	Uwe Tomm
↑ Efficient Energy GmbH	Feldkirchen	Dr. Daniel Porzig
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
↓ Erbstöh Aluminium GmbH	Velbert	
ERC Additiv GmbH	Buchholz	Dr. Martin Müller
↓ ETAS GmbH	Stuttgart	
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

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
FKFS Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart SdbR	Stuttgart	Hans-Jürgen Berner
Ford-Werke GmbH	Köln	Dr. Ulrich Kramer
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	
GF Casting Solutions AG	Schaffhausen (CH)	Ilias Papadimitriou
Gleitlagertechnik Essen GmbH	Essen	Dr. Stefan Verstege
Gleitlagertechnik Weißbacher GmbH	Alpen	Dr. Christoph Weißbacher
↑ Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG	Netphen – Werthenbach	Fabian Kapp
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
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 Büssow
INNIO Jenbacher GmbH & Co. OG	Jenbach (AT)	Dr. Stephan Laiminger

↑ eingetreten ↓ ausgetreten

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
INPROSIM GmbH	Kriftel	Hartmut Chladek
Interkat Catalyst GmbH	Königswinter	Dr. Jörg Spengler
INTES GmbH	Stuttgart	Dr. Reinhard Helfrich
ISimQ GmbH	Warngau	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 Instrumente AG	Winterthur (CH)	Dr. Dieter Karst, David Mauke
KIT Campus Transfer GmbH	Karlsruhe	Dr. Olaf Toedter
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
MAN Truck & Bus SE	München	Andreas Sommermann
MANN+HUMMEL GmbH	Ludwigsburg	Markus Kolczyk

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
Maschinenfabrik Guido GmbH	Neutraubling	Hans-Jürgen Guido
MET Motoren- und Energietechnik 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	Dr. 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  Oerlikon Friction Systems (Germany) GmbH	Bremen	Dietmar Köster
OMEGA RENK BEARINGS PVT. LTD.	Bhopal (IN)	Manbendra Bhakta
Opel Automobile GmbH	Rüsselsheim am Main	Arndt Döhler
P Pankl Turbosystems GmbH	Mannheim	Rodrigo Costa
Pierburg GmbH	Neuss	Heinrich Dismon
Piller Blowers und Compressors GmbH	Moringen	Daniel Muth
Prins Autogassystemen B.V.	Eindhoven (NL)	Bart Van Aerle
Purem GmbH	Esslingen	Dr. Rolf Jebasinski
R  Rheinmetall Automotive AG	<i>Mitgliedschaft über Pierburg GmbH</i>	
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

↑ eingetreten ↓ ausgetreten

MITGLIEDSFIRMA	STANDORT (HAUPTSITZ)	VERTRETER (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT)
RTA GmbH	St. Aegyd (AT)	Frank Haas
S Scania CV AB	Södertälje (SE)	Johan Linderyd
Schaeffler Technologies AG & Co. KG	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 Fügetechnik (BWF)	Esslingen	Dr. Stephan Issler
Subaru Corporation	Tokio (JP)	Tai Ono
↑ SYMBIO	Venissieux (FR)	Christophe Vacquier, Thomas Reiche
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 Marketing Deutschland GmbH	Berlin	Peter Scholl
TOYOTA GAZOO Racing Europe GmbH	Köln	Ashish Kamat, Paul Decker-Brentano
 Toyota Motor Corporation	<i>Mitgliedschaft über TOYOTA GAZOO Racing Europe GmbH</i>	
Turbo Science GmbH	Darmstadt	Dr. Sebastian Leichtfuß
V VEMAC GmbH & Co. KG	Aachen	Axel Koblenz
Vitesco Technologies Emitec GmbH	Lohmar	Rolf Brück
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 Motorentechnik 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
Karl Dums	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach
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
Jürgen Lehmann	Daimler Truck AG	Stuttgart
Dr. Rudolf Maier	Robert Bosch GmbH	Stuttgart
Siegfried Pint	AUDI AG	Ingolstadt
Dr. Markus Schwadertapp	DEUTZ AG	Köln
Prof. Dr. Christian Schwarz	Bayerische Motorenwerke AG	München
Prof. Dr. Gunnar Stiesch	MAN Energy Solutions SE	Augsburg
Dr. Martin Teigeler / Martin Urban	Rolls-Royce Solutions GmbH	Friedrichshafen
Dr. Simon Thierfelder	Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG	Ruhstorf
Dr. Marco Warth	MAHLE GmbH	Stuttgart
Dr. Stefan Weber	MTU Aero Engines AG	München
Dr. Peter Wehle	Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG	Oberursel
Sebastian Willmann	Volkswagen AG	Wolfsburg

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).

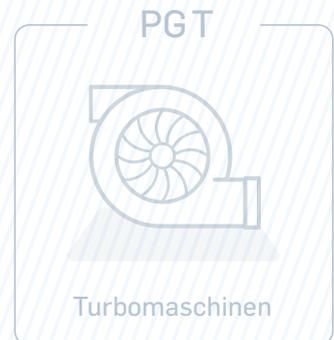
Ausschuss Forschung

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. Andreas Kufferath	Robert Bosch GmbH	Stuttgart
Jens Mühlmann	Volkswagen AG	Wolfsburg
Dr. Peter Rothenberger	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG	Weissach
Dr. Volker Schmeißer	Daimler Truck AG	Stuttgart
Marc Sens	IAV GmbH	Berlin
Carsten Weber	Ford-Werke GmbH	Köln
Dr. Christian Weiskirch	MAN Truck & Bus SE	München

Koordination und Wissenstransfer

PLANUNGSGRUPPEN (PG) | Seit 01.07.2022 neue Gruppenstruktur

Die Planungsgruppen waren der Maschinenraum der FVV:
Hier wurden die einzelnen Forschungsprojekte initiiert, diskutiert und betreut. Sie werden in einer neuen Struktur durch Expertengruppen ersetzt [→ Seite 14–17]. Das geplante und laufende Forschungsprogramm wurde den neuen Gruppen in THEMIS nach Forschungsschwerpunkten zugeordnet.



THEMIS-DATENBANK



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

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.



Gesamtsystem

PLANUNGSGRUPPE 1

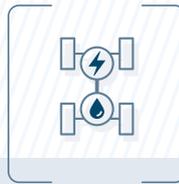
MOTOREN UND TURBOMASCHINEN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



KOMPONENTEN



HYBRIDE



BIO-
KRAFTSTOFFE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE

LEITUNG

Dr. Peter Riegger,
Rolls-Royce Solutions

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 1 »Gesamtsystem« widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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	PIFPGE Flammenausbreitung Vorentflammung Gasmotor // CORNET	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
M0522	Schmierölkonzept Großmotor III	Hans-Peter Böhm , ELGAN Diamantwerkzeuge
M1021	Adaptive Methodik zur Überwachung im Antrieb // BMWK/AiF	Dr. Christian Jörg , Hitachi Automotive Systems Europe
M1022	Light-Duty Diesel 2027	Dr. Frank Bunar , IAV
M1321	Kondensatbildung in Abgassystemen	Thorsten Reimers , Rheinmetall
M1422	Erosion in Einspritzsystemen mit alternativen Kraftstoffen	Dr. Johann Wloka , MAN Energy Solutions
M1521	Verteilte thermische Erprobung von Hybridantrieben // FVV-EM	Dr. Marcus Gohl , APL
M1522	Antriebsstrang 2040 Lkw // FVV-EM	Dr. Hagen Wegner , FEV
M1621	AI4 Fuels // FVV-EM, CORNET	Dr. Michael Bippes , Volkswagen
M1922	Reale Fahrdaten für Pkw-Anwendung // BMWK/AiF	Dr. Jochen Schwarzer , Robert Bosch
M2022	Simulation hybrider Antriebsstränge // BMWK/AiF	Marc Sens , IAV
M3320	Neues Wasserstoffspeicher-Konzept // BMWK/AiF	Kathrin Giefer , Ford-Werke

Laufende Projekte

1312	48V-Mild-Hybrid mit teilhomogener Dieselerbrennung // BMWK/AiF // 01-01-2018 bis 31-05-2022	Dr. Achim Lechmann , IAV
1321	Arbeitsspiel aufgelöster Turbinenwirkungsgrad in Stoß- und Stauaufladung // DFG, FVV-EM // 01-10-2018 bis 30-09-2022	Dr. Mathias Vogt , IAV
1339	Kalibrierung und Validierung selbstlernender Systemregelungen // FVV-EM // 01-03-2019 bis 30-09-2022	Prof. Dr. Peter Prenninger , AVL List
1342	Sensorkonzept für E-Kraftstoffe // FVV-EM, FVV-EM // 01-02-2019 bis 31-08-2022	Dr. Bernd Becker , IAV
1382	Schmierölkonzept Großmotor II // FVV-EM // 01-05-2020 bis 31-10-2022	Dr. Udo Schlemmer-Kelling , FEV Europe Dr. Tobias C. Wesnigk , M. JÜRGENSEN
1394	Vorentflammungsmodell Gasmotoren // FVV-EM, CORNET // 01-04-2020 bis 30-09-2022	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
1428	Modular Hybrid-Powertrain // FVV-EM // 01-01-2021 bis 31-12-2022	Dr. Veit Held , Stellantis Opel Automobile

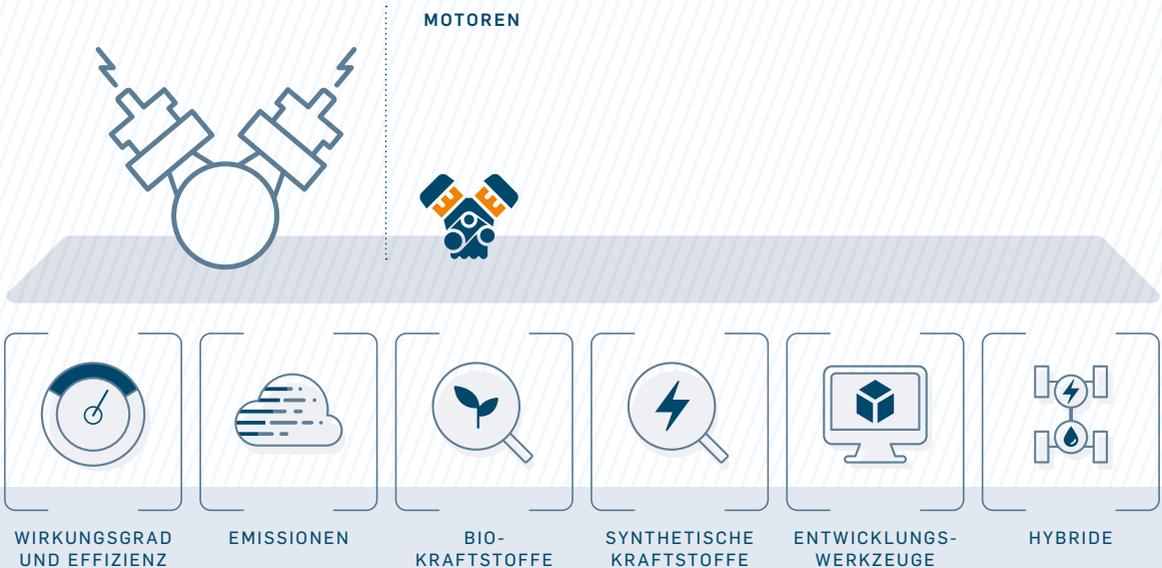
↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1429	CO ₂ -neutrale Langstrecken-NFZ-Antriebe 2050 II // FVV-EM // 01-04-2021 bis 31-03-2023	Herbert Schneider, ISUZU MOTORS Germany
1433	HyFlex-ICE // FVV-EM // 01-03-2021 bis 28-02-2023	Marc Sens, IAV
1450	Ejektor-Bypass ATL // BMWK/AiF // 01-10-2021 bis 30-09-2023	Dr. Tom Steglich, IAV
1460	On-Board Emission Conformity Monitoring (OBECOM) // FVV-EM, CORNET // 01-01-2022 bis 31-12-2023	Dr. Heike Többen, Purem
1463	Future Mobility Dialogue // FVV-EM // 01-07-2022 bis 31-01-2023	Prof. Dr. Thomas Garbe, Volkswagen
1472	Hybridantriebe für alternative Kraftstoffe // BMWK/AiF // 01-04-2022 bis 30-09-2024	Dr. Udo Schlemmer-Kelling, FEV
1473	Manövrieren mit Hybridschiffen // BMWK/AiF // 01-04-2022 bis 30-09-2024	Dr. Udo Schlemmer-Kelling, FEV
1474	Axialturbinen-ATL für Magerkonzepte // FVV-EM, BMWK/AiF // 01-04-2022 bis 31-03-2024	Marc Sens, IAV
Abgeschlossene Projekte		
1355	Antriebsstrang 2040 // FVV-EM // 01-04-2019 bis 31-12-2021	Dr. Thorsten Schnorbus, FEV Europe
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 31-12-2021	Marc Sens, IAV
1407	Zero-Impact Fahrzeug-Emissionen (Konzeptionelle Studie) // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-03-2022	Prof. Dr. Kurt Kirsten, APL
1410	SocioMotion // FVV-EM // 01-11-2020 bis 31-05-2022	Prof. Dr. Thomas Garbe, Volkswagen

Fremdzündung

PLANUNGSGRUPPE 2



LEITUNG

Dr. André Casal Kulzer,
Porsche
(bis 31.12.2021)

Carsten Weber
(ab 01.01.2022)

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

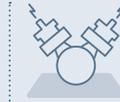
Die Planungsgruppe 2 ›Fremdzündung‹ widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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

1456	EmiRed Innovative RDE Rohemissionsminderung // FVV-EM // 01-02-2022 bis 31-03-2023	Christine Burkhardt, EnginOS
M0622	H ₂ -Brennverfahren mit Wassereinspritzung	Dr. Helmut Ruhland, Ford Werke
M0822	Untersuchung Wandwärmeübertragung in H ₂ -Motoren	Dr. David Lejsek, Robert Bosch
M0922	KI-basierte, schnelle Klopfregelung	Dr. Michael Fischer, Tenneco
M1322	KI HC / CO-Modell für zukünftige Ottomotoren	Dr. Christian Schnapp, TOYOTA GAZOO Racing Europe
M1622	Potenzial der SI-Vorkammerisolierung	Dr. Patrick Gastaldi, Aramco
M1721	Initiale Vorentflammung II // CORNET, FVV-EM	Albert Breuer, Ford-Werke
M2621	Nachhaltige LPG/DME-Blends als Autogas-Ersatz	Dr. Werner Willems, FORD Research and Innovation Center
M2821	FlameWalXfer Wandwärmeübertragung in Ottomotoren // FVV-EM, CORNET	Gabriel Dilmac, Porsche
M3720	Gemischbildung / Homogenisierung bei H ₂ -DI // BMWK/AiF	Michael Rieß, IAV
M4220	Mehrkomponenten-Kraftstoff/Wandfilm Interaktion // BMWK/AiF	Jérôme Munier, Porsche

Laufende Projekte

1343	Spraymodel für direkteinstritzende Ottomotoren // FVV-EM // 01-01-2019 bis 31-03-2022	Dr. Christian Jörg, Hitachi
1348	Kraftstoffzusammensetzung zur CO ₂ -Reduktion // FVV-EM // 01-03-2019 bis 28-02-2022	Koji Kitano, Toyota
1357	Gemischhomogenisierung Otto II // BMWK/AiF // 01-07-2019 bis 31-03-2022	Marc Sens, IAV
1367	Wassereinspritzung bei Ottomotoren II // FVV-EM // 01-10-2019 bis 31-03-2022	Prof. Dr. André Casal Kulzer, vormals Porsche
1370	Schnelle Vorhersage von klopfenden Verbrennungen in Ottomotoren // FVV-EM // 01-10-2019 bis 28-02-2022	Dr. Michael Fischer, Tenneco
1374	Kraftstoffeinfluss auf Partikeleigenschaften // BMWK/AiF // 01-09-2019 bis 30-09-2022	Dr. Wolfgang Samenfink, Robert Bosch
1387	Benchmark Plattform für skalenauflösende Simulationen // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 30-06-2022	Dr. Frank Krämer, Ford-Werke Kathrin Giefer, Ford-Werke
1426	Heuristic Search and Deep Learning // BMWK/AiF // 01-11-2020 bis 30-04-2023	Dr. Christian Schnapp, TOYOTA GAZOO Racing Europe



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1431	SACI-Verbrennungssystem mit aktiver Vorkammer // FVV-EM // 01-01-2021 bis 30-06-2023	Jonas Villforth, Porsche AG
1434	ICE2030 // FVV-EM // 01-02-2021 bis 31-01-2023	Arndt Döhler, Stellantis Opel Automobile
1435	Modelling Turbulence // CORNET, FVV-EM // 01-01-2021 bis 31-03-2023	Dr. David Lejsek, Robert Bosch
1446	DIH ₂ jet (DI-Wasserstoff-Brennverfahren) // FVV-EM, CORNET // 01-07-2021 bis 30-06-2023	Dr. Stephan Liebsch, IAV
1448	Kraftstoffzusammensetzung – RDE und Rußbildung // FVV-EM // 01-09-2021 bis 31-08-2023	Dr. Christian Töpel, Freyberger engineering Dr. Lars Menger, BMW
1449	Niedrigstmissionskonzept für H ₂ -DI-Ottomotor // FVV-EM // 01-10-2021 bis 30-09-2024	Dr. David Lejsek, Robert Bosch
1454	Prädiktion inhomogener H ₂ -SI-Verbrennung // FVV-EM // 01-06-2022 bis 30-11-2023	Dr. Maximilian Brauer, IAV
1476	Präferentielle Verdunstung alternativer Kraftstoffgemische // BMWK/AiF // 01-05-2022 bis 31-10-2024	Jérôme Munier, Porsche
1478	EKIM Klopfmodell für zukünftige Kraftstoffe // CORNET // 01-05-2022 bis 30-04-2024	NN

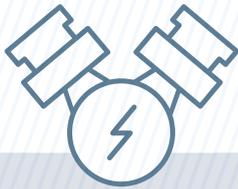
Abgeschlossene Projekte

1349	Beeinflussung Wandwärme Ottomotor // FVV-EM, BMWK/AiF // 01-01-2019 bis 31-12-2021	Dr. Thorsten Unger, Porsche
------	---	-----------------------------

Selbstzündung

PLANUNGSGRUPPE 3

MOTOREN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



EMISSIONEN



BIO-
KRAFTSTOFFE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



DIGITALISIERUNG
UND KI

LEITUNG

Dr. Christian Weiskirch,
MAN Truck & Bus

PROJEKTMANAGEMENT

Ralf Thee, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 3 ›Selbstzündung‹ widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete die Forschungslinien/-schwerpunkte:

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

PG 3 | FORSCHUNGSPROJEKTE



NR. THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT

PROJEKTLEITUNG

Geplante Projekte

M0621	Leistungsdichteanhebung selbstzündender H ₂ -Kreislaufmotoren // BMWK/AiF	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
M1919	Wirkkette Diesel // BMWK/AiF	Dr. Wolfgang Bauer , MAN Truck & Bus
M3121	Methanol als Kraftstoff für die fahrende Flotte	Dr. Philipp Henschen , MAN Energy Solutions

Laufende Projekte

1318	Air-Insulation Dieselmotor // FVV-EM // 01-07-2018 bis 31-12-2022	Dr. Patrick Gastaldi , Aramco
1346	Potenziale von Luftpfadvariabilitäten am Nfz-Gas-Motor // FVV-EM // 01-01-2019 bis 31-03-2022	Dirk Weberskirch , MAN Truck & Bus
1352	Partiell vorgemischte Dieselmotoren // CORNET, FVV-EM, BMWK/AiF // 01-01-2019 bis 30-06-2022	Dr. Simon Schneider , MAHLE International
1368	Innovative HD Brennverfahrensauslegung // FVV-EM // 01-07-2019 bis 30-06-2022	Dr. Reza Rezaei , IAV
1403	eSpray // FVV-EM, CORNET // 01-06-2020 bis 30-11-2022	Dr. Uwe Leuteritz , Liebherr-Components
1408	Rohemissionsabsenkung nach Kaltstart // FVV-EM // 01-09-2020 bis 28-02-2023	Dr. Maximilian Brauer , IAV
1442	Wasserstoffverbrennung und Vergleich PFI/DI Konzepte // FVV-EM // 01-04-2021 bis 31-03-2023	Dr. Reza Rezaei , IAV
1459	GIHPCO Gas-Hochdruckeinspritzung und Verbrennung // FVV-EM, CORNET, FVV-EM // 01-01-2022 bis 31-12-2023	Dr. Enrico Bärow , Woodward L'Orange

Abgeschlossene Projekte

1405	Selbstzündender Closed-Cycle-Wasserstoffmotor // FVV-EM // 01-09-2020 bis 15-12-2021	Dr. Markus Wenig , Winterthur Gas & Diesel
-------------	---	---

Gestaltfestigkeit und Tribologie

PLANUNGSGRUPPE 4

MOTOREN



MATERIAL UND
WERKSTOFFE



BETRIEBS-
STOFFE



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



DIGITALISIERUNG
UND KI

LEITUNG

Dr. Dieter Eppinger,
SEG Automotive Germany

PROJEKTMANAGEMENT

Max Decker, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 4 »Gestaltfestigkeit und Tribologie«
widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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
M0122	Bauteilberechnung unter Wasserstoff-Einfluss // BMWK/AiF	Dr. Stefan Averbeck, MAN Energy Solutions
M0419	Korrosionsbelastungen durch neue Antriebskonzepte	Regina Franke-Hörth, SEG
M0420	Grundmotorkomponenten für H ₂ -ICEs	Dr. Daniel Hrdina, MAHLE International
M0520	Maschinelles Lernen – ML μ σ // BMWK/AiF	Dr. Michael Berg, IAV
M0819	Auslegungskonzepte von Kupferschweißungen	Micha Haußmann, SEG Dr. Stephan Issler, Steinbeis- Transferzentrum
M1722	Funktionelle Eigenschaften von recycelten Metallen	Dr. Dieter Eppinger, SEG

Laufende Projekte

1350	Festigkeitseinfluss Lötnahtqualität // BMWK/AiF // 01-01-2019 bis 30-06-2022	Prof. Dr. Matthias Türpe, MAHLE Inter- national
1377	Wellenbohrungen // BMWK/AiF // 01-11-2019 bis 28-02-2023	Stefan Roth, MAN Energy Solutions
1379	Tribomaps reibwerterhöhende Laserstrukturen // BMWK/AiF // 01-12-2019 bis 30-10-2022	Dr. Anton Stich, AUDI
1393	Festigkeitsnachweis Reibdauerermüdung // BMWK/AiF, FVV-EM // 01-01-2020 bis 31-07-2022	Dr. Reiner Böschen, Rolls-Royce Solutions
1396	Fuel Oil Flow Measurement // CORNET // 01-01-2020 bis 31-12-2021	Dr. Motoichi Murakami, TOYOTA Dr. Marcus Gohl, APL
1402	Abgasbeaufschlagte Tribosysteme // BMWK/AiF // 01-06-2020 bis 30-11-2022	Dr. Heiko Haase, Rolls-Royce Solutions
1404	Simulation Schädigungsverhalten – Validierungsversuche und Lebensdauerberechnungen // FVV-EM, FVV-EM // 01-09-2020 bis 30-04-2022	Jan Becker, Porsche
1441	Lebensdauermodell Wicklungsisolation // BMWK/AiF // 01-03-2021 bis 31-08-2023	Dr. Zeljana Beslic, SEG
1445	Strömungserosion II // BMWK/AiF // 01-06-2021 bis 30-11-2023	Jens Strassmann, Volkswagen
1465	Dediziertes Piston Bore Interf. Layout für H ₂ -VKMs // FVV-EM // 01-09-2022 bis 31-08-2024	Dr. Mirko Plettenberg, AVL List

Abgeschlossene Projekte

1409	Maschinelles Lernen – ML μ σ (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

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

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

→ Wirkungsgrad und Effizienz des Motors

→ dynamisches und akustisches Verhalten neuer
Antriebsvarianten/Betriebsstrategien

→ Hybridisierung

Und bearbeitete 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 // BMBF	Dr. Julian Becker , HEAD acoustics
M2421	Simulation Vorbeifahrtgeräusch	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
M2921	NVH-optimierte E-Motor-Typen für HEV-Antriebe	Hans Johannesson , Volvo
M3421	Innengeräuschprognose von Elektrofahrzeugen // BMWK/AiF	Dr. Jan Herrmann , Robert Bosch
M3819	Außengeräusch von Elektrofahrzeugen	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
M4119	MExTol // BMWK/AiF	Hans Johannesson , Volvo

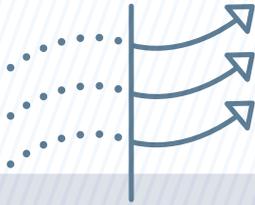
Laufende Projekte

1369	Störgeräusche im Fahrzeuginnenraum mit elektrifizierten Antrieben // FVV-EM, FVV-EM // 01-09-2019 bis 31-08-2022	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
1457	Akustik von Wasserstoffhubkolbenmotoren // FVV-EM // 01-06-2022 bis 31-05-2023	Dr. Stefan Heuer , MAN Truck & Bus
1470	NVH-Optimierung von Elastomer-Antriebslagern // BMWK/AiF // 01-07-2022 bis 30-06-2024	Hans Johannesson , Volvo

Emission und Immission

PLANUNGSGRUPPE 6

MOTOREN



WIRKUNGSGRAD
UND EFFIZIENZ



EMISSIONEN



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



BIO-
KRAFTSTOFFE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE

LEITUNG

Dr. Volker Schmeißer,
Daimler Truck

PROJEKTMANAGEMENT

Max Decker, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

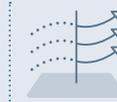
Die Planungsgruppe 6 »Emission und Immission«
widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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

M0222	Aschestruktur unter dem Einfluß von Kondenswasser	Dr. Bernhard Lüers, FEV
M0322	NH ₃ -Einfluss auf die Partikeloxidation	Dr. Marcus Gohl, APL
M1017	Regenerationsstrategien für Methan-Katalysatoren // FVV-EM, BMWK/AiF	Klaus Rusch, Rolls-Royce Power Systems
M1222	Optimierung der Abgasmassenstrommessung mit PEMS	Prof. Dr. Georg Wachtmeister, DERC
M2019	Abgaskondensat zukünftiger Kraftstoffe // BMWK/AiF	Dr. Andreas Jäger, IAVF
M2020	CCSonShips Dekarbonisierung von Schiffsantrieben // FVV-EM, CORNET // 01-06-2022 bis 31-05-2024	Klaus Meyer, Robert Bosch
M2221	NO ₂ und N ₂ O mit kohlenstofffreien Kraftstoffen // BMWK/AiF	Dr. Bernhard Lüers, FEV
M2620	Messung der Radialverteilung von Abgasen // BMWK/AiF	Nikos Symeonidis, Toyota
M2720	Sauerstoffspeicherung II // BMWK/AiF	Jeremias Bickel, Robert Bosch

Laufende Projekte

1324	CFD-Partikelemissionsanalyse // BMWK/AiF // 01-07-2018 bis 31-03-2022	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
1372	Kaltstart CNG Katalysator // BMWK/AiF // 01-08-2019 bis 28-02-2022	Dr. Michael Fischer, Tenneco
1391	Reinigungsmechanismen im Abgaspfad // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 31-08-2022	Raimund Vedder, Atlanting
1398	TWC Einfluss auf Rußeigenschaften // BMWK/AiF // 01-03-2020 bis 31-08-2022	Dr. Julie Le Louvetel-Poilly, Toyota
1400	AdBlue verursachte Ablagerungen II // FVV-EM, CORNET // 01-04-2020 bis 30-09-2022	Raimund Vedder, Atlanting
1412	Zero-Impact-Endrohrmission-Antriebsstränge // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2022	Dr. Frank Bunar, IAV
1461	Lachgas-Abgasnachbehandlung an Ammoniakmotoren // FVV-EM // 01-07-2022 bis 30-06-2024	Dr. Daniel Peitz, HUG Engineering
1464	Partikelbildung unter HWL-Einspritzung // FVV-EM // 01-08-2022 bis 31-07-2024	Dr. Jochen Hammer, Puresm
1466	HT-H ₂ -DeNO _x // BMWK/AiF // 01-07-2022 bis 30-06-2024	Dr. Frank Bunar, IAV
M0121	H ₂ -DeNO _x II // BMWK/AiF // 01-02-2022 bis 31-07-2024	Dr. Frank Bunar, IAV
M1019	TWC-Reaktion unter Hochfrequenz-Lambdaschaltung // CORNET, BMWK/AiF // 01-01-2022 bis 31-12-2023	Toshihiro Mori, Toyota
M2320	FaconSCR-Modell // BMWK/AiF // 01-02-2022 bis 31-07-2024	Dr. Harald Beck, MAN Truck & Bus

Brennstoffzelle

PLANUNGSGRUPPE 7

BRENNSTOFFZELLE



BRENNSTOFFZELLEN-
TECHNOLOGIE



ENTWICKLUNGS-
WERKZEUGE



SYNTHETISCHE
KRAFTSTOFFE



KOMPONENTEN



EMISSION

LEITUNG

Dr. Volker Formanski,
BMW Group

PROJEKTMANAGEMENT

Martin Nitsche, FVV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe 7 »Brennstoffzelle« widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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 // BMWK/AiF	Dr. Oliver Berger , Volkswagen
M0517	Simulation/Balance of Plant // FVV-EM	Stefan Rothgang , Pierburg
M0721	Flüssigwassermorphologie im Brennstoffzellensystem	Alexander Heintle , AUDI
M0817	Ganzheitliche Simulation von Brennstoffzellen // FVV-EM	Stefan Bohatsch , Volvo
M0921	Modellbildung von PEM Brennstoffzellenmembranen	Dr. Marius Zübel , FEV
M1917	Methoden für SoH Detektion // BMWK/AiF	Richard Schauerl , AVL List
M2317	BZ-schädigende Luftschadstoffe (Studie) // FVV-EM	Markus Kersting , IAV
M2521	Carbon Bipolarplatten für Heavy-duty-Anwendung	Uwe Griesmeier , ZF Friedrichshafen

Laufende Projekte

1406	Energierückgewinnung in Brennstoffzellen Anwendungen // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-03-2023	Dr. Dirk Jansen , Volkswagen
1411	Brennstoffzellen-Kaltstart // FVV-EM // 01-09-2020 bis 31-08-2022	Dr. Stefan Kaimer , Ford-Werke
1455	CFD Simulation von Tropfenabscheidern // FVV-EM // 01-06-2022 bis 30-11-2024	Dr. Michael Harenbrock , MANN+HUMMEL
1471	Kühlung Brennstoffzelle II // BMWK/AiF // 01-04-2022 bis 30-09-2024	Dr. Markus Kaiser , nexiss
M4120	Lebensdauersimulation von Ionenaustauschfiltern // BMWK/AiF // 01-06-2022 bis 30-11-2024	Dr. Michael Harenbrock , MANN+HUMMEL

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

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Planungsgruppe T »Turbomaschinen« widmete sich den Themen:

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

Und bearbeitete 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

T0121	Stabilität von IN718 bei hohen Betriebsdauern // BMWK/AiF	Dr. Dirk Kulawinski , Siemens Energy Dr. Torsten Neddemeyer , Siemens Energy
T0122	Radialverdichter Digital Twin	Dr. Matthias Schleer , Howden Turbo
T0220	Sensitivitäten und Probabilistik (KomDynA_SP) // BMWK/AiF	Dr. Andreas Hartung , MTU Aero Engines
T0222	Casing Treatment Radialverdichter	Dr. Matthias Schleer , Howden Turbo
T0321	Akustoelastisch gekoppelte Verdichter // BMWK/AiF	Klaus Steff , Siemens Energy
T0322	Verbesserte Axialgleitlagermodellierung	Michael Bottenschein , Voith
T0421	Zeitabhängiges Riss schließen // FVV-EM, DFG	Henning Almstedt , Siemens Energy
T0422	Multiaxiale Ermüdung, bauteil- & betriebsnah	Dr. Hartmut Schlums , Rolls-Royce Deutschland
T0522	Intentional Mistuning II	Thomas Winter , PBS Turbo
T0622	Luftlager in Aufladesystemen	Dr. Oliver Alber , MAN Energy Solutions
T0721	Nichtlineardynamische Kontaktidentifikation // DFG, FVV-EM	Dr. Andreas Hartung , MTU Aero Engines
T0722	Schaufelkräfte und Systemdämpfung II	Dr. Thomas Hildebrandt , NUMECA
T0820	Inverse Dynamische Analyse // DFG, FVV-EM	Dr. Andreas Hartung , MTU Aero Engines
T0821	OpenTestCase Heißgas- und Kaltluftkanal	Dr. Georg Scheuerer , ISimQ
T0822	Kombinierte Dynamische Analysen (ComDynA): Validierung	Dr. Andreas Hartung , MTU Aero Engines
T0921	Experimentelle Validierung höherer Schaufelmoden	Dr. Thomas Klauke , Rolls-Royce Deutschland
T1019	Aerodynamik des Tandemgitters III // BMWK/AiF	Dr. Henner Schrapp , Rolls-Royce Deutschland
T1021	NextGenSARA	Dr. Martin Reigl , GE Power
T1121	Vorhersage von Gasturbinen-Emissionen II	Dr. Ruud L.G.M. Eggels , Rolls-Royce Deutschland
T1221	Modellierung Primär-Zerfall von Flüssigkeitsstrahl	Dr. Ruud L.G.M. Eggels , Rolls-Royce Deutschland
T1321	Instationäre Tandemströmung II	Dr. Henner Schrapp , Rolls-Royce Deutschland
T1419	Querstrahleinmischung in Brennkammern // BMWK/AiF	Dr. Marco Konle , MTU Aero Engines

↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
T1421	Dynamik von Strahlflammen unter erhöhtem Druck	Dr. Lukasz Panek, Siemens Energy
T1521	Akustik in Saugleitungen	Vera Kress, MAN Energy Solutions
T1603	Qualifizierung bleifreier Mehrschicht-Gleitlager	Marc Witte, Rickmeier
T1618	Intelligente Hybridgleitlager	Sebastian Wolking, SAINT-GOBAIN
T1619	Korrelationsframework für ZfP Daten zu Defekten // BMWK/AiF	Dr. Christian Amann, Siemens Energy
T1621	Dämpfungsevaluierung bei Nichtlinearitäten	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
T1629	Prozessmediengeschmierte Gleitlager // BMWK/AiF	Dr. Christoph Weißbacher, GTW
T1721	Multiphasenströmung in Verdichtergehäusekanälen	Prof. Dr. Marius Swoboda, Rolls-Royce Deutschland
T1821	Einfluß von Wasserdampf auf Wärmedämmschichten WDS	Susanne Schrüfer, Rolls-Royce Deutschland
677 III	Radialkippssegmentlager Ölzuführungseinfluss III // BMWK/AiF // bis	Nico Havlik, RENK

Laufende Projekte

1270	Selbsterregte Verbrennungs-Schwingungen in Mehrbrenner Anordnungen (ROLEX) // FVV-EM // 01-05-2017 bis 31-10-2021	Dr. Michael Huth, Siemens Energy
1273	Radialturbinentemperaturfeld II // BMWK/AiF // 01-04-2017 bis 31-03-2022	Dr. Tom Heuer, BorgWarner
1325	Absicherung Rissverhalten Mehrachsrig (ARIMA) // BMWK/AiF // 01-10-2018 bis 31-03-2022	Dr. Andreas Fischersworing-Bunk, MTU Aero Engines
1326	Relaxationsverhalten II // BMWK/AiF // 01-04-2018 bis 31-03-2022	Dr. Martin Reigl, GE Power
1329	Berechnungsmethoden HT-Schwellenwert // BMWK/AiF // 01-10-2018 bis 31-03-2022	Frank Vöse, MTU Aero Engines
1337	Umfangsinhomogene Radialverdichterströmung // BMWK/AiF // 01-12-2018 bis 31-05-2022	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA
1351	TMF-Rissverlaufsrechnung für ATL-Heißeile // BMWK/AiF // 01-02-2019 bis 30-09-2022	Dr. Andreas Koch, Rolls-Royce Deutschland
1353	Radseitenraumabdichtung II // BMWK/AiF // 01-04-2019 bis 31-03-2022	Dr. Karsten Kusterer, B&B-AGEMA
1354	Industrie-Radialverdichter mit breitem Kennfeld // BMWK/AiF // 01-02-2019 bis 31-07-2022	Dr. Matthias Schleer, Howden Turbo
1358	Dynamik von Drall- und Strahlflammen // FVV-EM, FVV-EM // 01-04-2019 bis 31-08-2022	Dr. Lukasz Panek, Siemens Energy



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLLEITUNG
1360	Instationäre Tandemströmung // DFG, FVV-EM // 01-10-2019 bis 31-03-2022	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
1375	Bürstendichtungen – Statistische Betrachtung // FVV-EM // 01-12-2019 bis 31-05-2022	Joris Versluis, MTU Aero Engines
1376	Rotordynamik-Gehäusemodelle und Model-Update // BMWK/AiF // 01-11-2019 bis 31-10-2022	Dr. Joachim Schmied, Delta JS
1380	Probabilistischer Lebensdauermodellvergleich - Kriechermüdung // AVIF // 01-01-2020 bis 31-12-2022	Henning Almstedt, Siemens Energy
1383	Akustik in Druckleitungen II // FVV-EM, DFG // 01-02-2020 bis 30-09-2022	Dr. Irhad Buljina, MAN Energy Solutions
1386	Turbohochtemperaturstahl // BMWK/AiF // 01-02-2020 bis 31-01-2023	Dr. Markus Dinkel, Schaeffler
1388	Schaufelkräfte und Systemdämpfung // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 31-12-2022	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA
1389	Intentional Mistuning // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 31-12-2022	Thomas Winter, PBS Turbo
1390	Aluminium Hochtemperaturermüdung // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 31-03-2023	Dr. Reiner Böschen, Rolls-Royce Solutions
1392	Werkstoffanwendung FeAl (WAFEAL) // BMWK/AiF // 01-01-2020 bis 30-09-2022	Dr. Dan Roth-Fagaraseanu, Rolls-Royce Deutschland
1397	Vorhersage von Gasturbinen-Emissionen // FVV-EM, DFG // 01-04-2020 bis 31-12-2022	Dr. Ruud L.G.M. Eggels, Rolls-Royce Deutschland
1401	LPBF Hochtemperaturlebensdauer // BMWK/AiF // 01-05-2020 bis 30-04-2023	Dr. Roland Herzog, MAN Energy Solutions
1421	Dynamik von Drall- und Strahlflammen II // FVV-EM, DFG // 01-12-2020 bis 30-11-2023	Dr. Lukasz Panek, Siemens Energy
1422	Erweiterung Betriebsbereich YSZ // DFG, FVV-EM // 01-11-2020 bis 31-10-2023	Dr. Arturo Flores Renteria, Siemens Energy
1423	Kombinierte Dynamische Analysen (ComDynA): Analytik // BMWK/AiF // 01-10-2020 bis 30-09-2022	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
1424	Füllungsgradeinfluss // BMWK/AiF // 01-10-2020 bis 31-03-2023	Dr. Christoph Weißbacher, GTW
1425	Bidirektionale aeromechanische Kopplung II // FVV-EM, DFG // 01-11-2020 bis 31-10-2022	Dr. Andreas Hartung, MTU Aero Engines
1427	COMBROS-R/A Software Dokumentation in Englisch // FVV-EM // 01-01-2021 bis 30-04-2021	Klaus Steff, Siemens Energy

↓ Fortsetzung auf der nächsten Seite



NR.	THEMA // FÖRDERGEBER // LAUFZEIT	PROJEKTLEITUNG
1432	Partikeltransport in Verdichtergehäusekanälen // FVV-EM // 01-03-2021 bis 28-02-2022	Prof. Dr. Marius Swoboda, Rolls-Royce Deutschland
1436	W14-Konzepte / FKM-Richtlinie // BMWK/AiF // 01-01-2021 bis 30-06-2022	Dr. Shilun Sheng, Siemens Energy
1437	Quetschöldämpfer II // BMWK/AiF // 01-01-2021 bis 30-06-2023	Dr. Oliver Alber, MAN Energy Solutions
1439	Brennstoffzellen-Verdichterauslegung // BMWK/AiF // 01-03-2021 bis 31-08-2023	Dr. Thomas Hildebrandt, NUMECA
1440	Constraint-Effekt beim Komponenten-Design // BMWK/AiF // 01-03-2021 bis 31-08-2023	Dr. Christian Amann, Siemens Energy
1443	Radialverdichter im flexiblen Betrieb // FVV-EM, BMWK/AiF // 01-03-2021 bis 29-02-2024	Dr. Matthias Schleer, Howden Turbo
1444	Auslegung von Metall-Graphit-Verbunden // BMWK/AiF // 01-06-2021 bis 29-02-2024	Dr. Dan Roth-Fagaraseanu, Rolls-Royce Deutschland
1447	Flexible HD-Turbinen // DFG, FVV-EM // 15-06-2021 bis 14-06-2024	Christoph Lyko, Rolls-Royce Deutschland
1451	Aeroelastische Kaskade DELTA II // CORNET // 01-09-2021 bis 31-08-2023	Dr. Sabine Schneider, Rolls-Royce Deutschland
1453	Modellierung Primär-Zerstäubung mit SPH // FVV-EM // 01-01-2022 bis 31-03-2023	Dr. Ruud L.G.M. Eggels, Rolls-Royce Deutschland
1458	Schweißverbindungen Kriechermüdriss II // AVIF // 01-01-2022 bis 31-12-2024	Dr. Shilun Sheng, Siemens Energy
1462	Optimierung mit frequenzbereichsbasierten Methoden // FVV-EM, BMBF // 01-04-2022 bis 30-09-2024	Dr. Stephan Behre, MTU Aero Engines
1465	Kühlungsströmungsvermessung mittels MRT // BMWK/AiF // 01-07-2022 bis 31-12-2024	Dr. Robert Krewinkel, MAN Energy Solutions
1467	Heißgaseinzug in Radseitenräume // BMWK/AiF // 01-01-2022 bis 30-06-2024	Dr. Marco Konle, MTU Aero Engines
1469	Elastokinetische Kippsegmentlagermodellierung // BMWK/AiF // 01-07-2022 bis 31-12-2024	Dr. Tobias Wiedemann, MAN Energy Solutions
314 V	Schadenstoleranz an Gleitlagern // BMWK/AiF // 01-10-2016 bis 30-06-2019	Michael Lutz, MAN Energy Solutions
677 II	Radialkippsegmentlager-Ölzuführungseinfluss II // BMWK/AiF // 01-01-2018 bis 31-03-2021	Nico Havlik, RENK
803 II	Gleitlagersystemtoleranzen GL // BMWK/AiF // 01-03-2019 bis 28-02-2022	Sebastian Wolking, SAINT-GOBAIN
836 II	Alternative Lagermetalle II // BMWK/AiF // 01-03-2022 bis 31-08-2024	Dr. Christoph Weißbacher, GTW



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

PROJEKTLEITUNG

847 I Mikrostrukturierung von Gleitlagerflächen // BMWK/AiF
// 01-11-2018 bis 31-10-2021

Dr. Oliver Alber, MAN Energy Solutions

880 I Werkstoffqualifizierung // BMWK/AiF // 01-11-2019 bis 31-10-2022

Sebastian Wolking, SAINT-GOBAIN

915 I Gleitlager-Schmierstoff-Qualifizierung // BMWK/AiF
// 01-11-2020 bis 31-01-2023

**Cornelia Recker,
Klüber Lubrication München**

Abgeschlossene Projekte

1232 Sekundärlufteinfluss // FVV-EM // 01-10-2016 bis 31-12-2021

Dr. Stephan Behre, 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

1356 Dynamische Kippsegmentlagermodellierung // FVV-EM, BMWK/AiF
// 01-03-2019 bis 30-11-2021

Klaus Steff, Siemens Energy

1373 Dynamik von ATL-Rotoren mit gekoppelter Lagerung // BMWK/AiF
// 01-10-2019 bis 31-03-2022

**Thomas Klimpel,
Turbo Systems Switzerland**

1438 Verringerung des Wärmeübergangs an Gehäuseteilen // FVV-EM
// 01-07-2021 bis 28-02-2022

Norbert Pieper, Siemens Energy

836 I Alternative Lagermetalle für Gleitlager // BMWK/AiF
// 01-06-2018 bis 31-07-2021

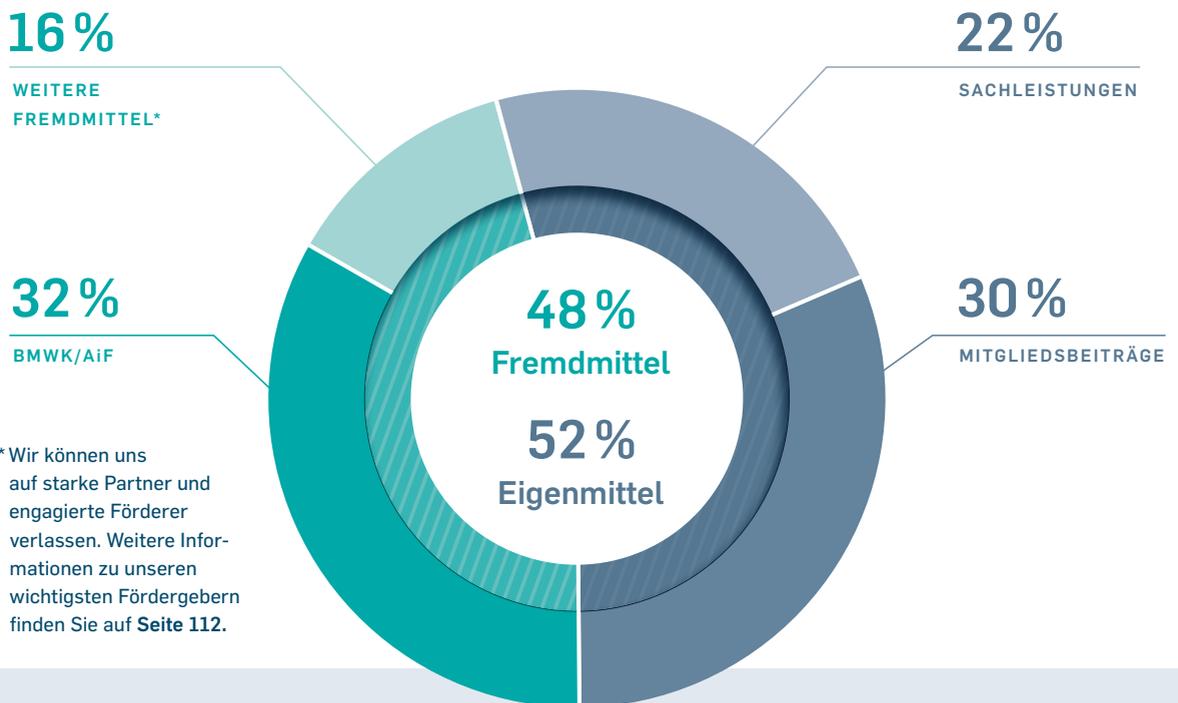
Martin Limmer, RENK

Forschungsfinanzierung

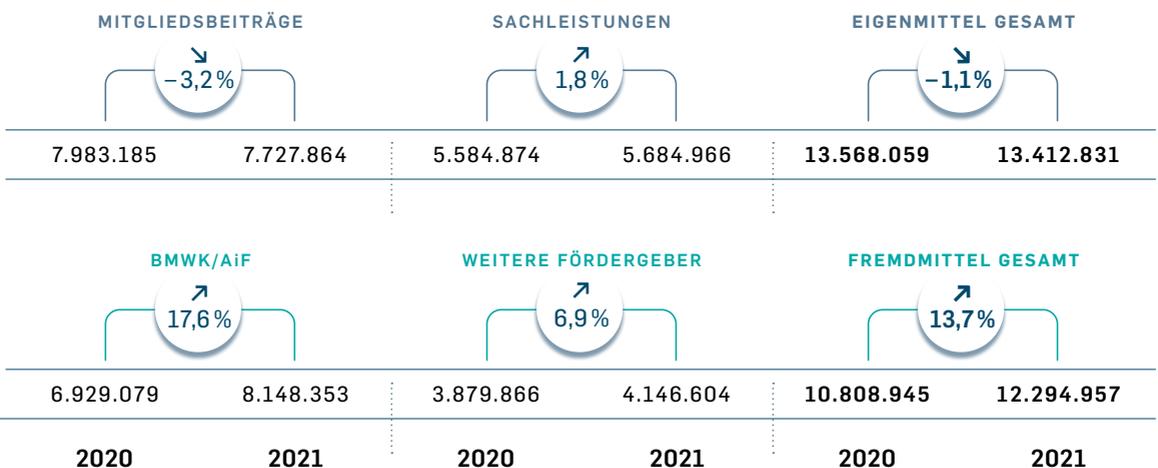
AUSGABEN FÜR FORSCHUNG



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



BMWK/AiF – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz/ Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen ›Otto von Guericke‹ e. V.

Die vorwettbewerbliche Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) findet in enger Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWK) statt. Das BMWK stellt im Rahmen der IGF aktuell rund 180 Millionen Euro für herausragende Forschungsprojekte und die Netzbildung 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



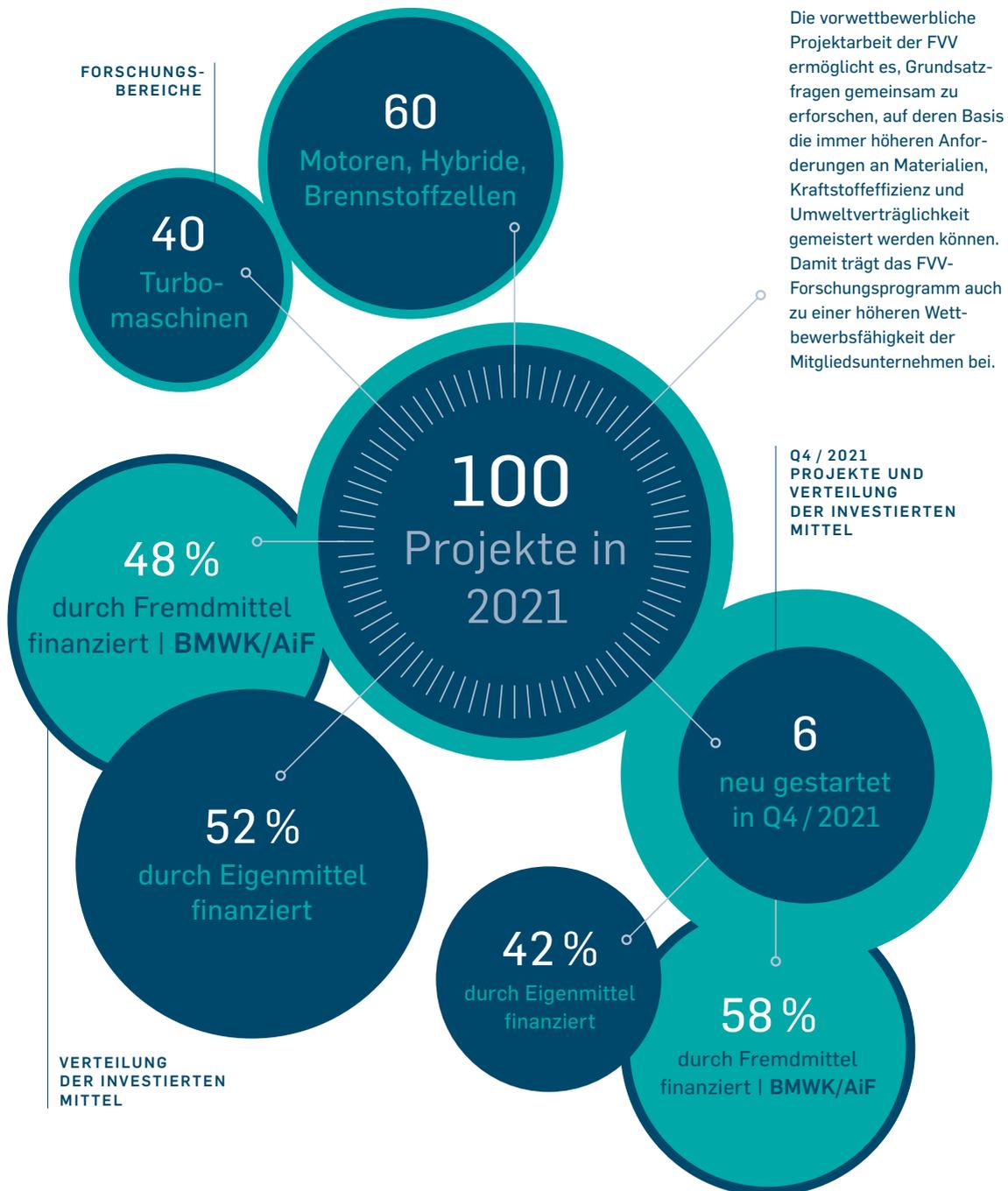
AVIF – Forschungsvereinigung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen und Metall verarbeitenden Industrie e. V.

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 + Brennstoffzellen

MITTELVERTEILUNG | BMWK/AiF UND EIGENMITTEL

STANDORT	EURO	PROZENT
Aachen	1.411.365	16,5 %
Stuttgart	1.353.269	15,9 %
Karlsruhe	852.464	10,0 %
Darmstadt	570.203	6,7 %
Hannover	570.203	6,7 %
Magdeburg	547.490	6,4 %
Braunschweig	401.596	4,7 %
Zürich/Windisch (CH)	322.423	3,8 %
Hamburg	269.507	3,2 %
Berlin	222.739	2,6 %
Duisburg	212.432	2,5 %
Freiburg	171.407	2,0 %
Erlangen-Nürnberg	165.274	1,9 %
Chemnitz	159.740	1,9 %
Wien/Graz (AT)	152.825	1,8 %
Valencia (ES)	122.112	1,4 %
München	115.344	1,4 %
Cottbus	112.029	1,3 %
Dortmund	98.150	1,2 %
Freiburg	93.053	1,1 %
Coburg	78.740	0,9 %
Flensburg	75.699	0,9 %
Rostock	73.493	0,9 %
Dresden	73.421	0,9 %
Lemgo	70.000	0,8 %
Sonstige <60.000 €	238.377	2,8 %
	8.533.355	

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

FORSCHUNGSSTELLEN



Forschungspartner Turbomaschinen

MITTELVERTEILUNG | BMWK/AiF UND EIGENMITTEL

STANDORT	EURO	PROZENT
Aachen	1.026.156	28,6 %
Stuttgart	349.164	9,7 %
Berlin	348.242	9,7 %
Freiburg	335.596	9,4 %
Darmstadt	334.583	9,3 %
Freiberg	178.641	5,0 %
Clausthal	154.566	4,3 %
München	138.487	3,7 %
Bremen	127.750	3,6 %
Karlsruhe	104.340	2,9 %
Bochum	77.271	2,2 %
Magdeburg	70.778	2,0 %
Wuppertal	69.800	2,0 %
Cottbus	69.298	1,9 %
Duisburg/ Essen	68.190	1,9 %
Dresden	54.244	1,5 %
Hannover	51.500	1,4 %
Köln	19.649	0,6 %
Frankfurt	10.428	0,3 %
	3.588.683	

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

FORSCHUNGSSTELLEN



Jahresabschluss

VERMÖGENSÜBERSICHT

AKTIVSEITE	31.12.2020		31.12.2021	
	EURO	EURO	EURO	EURO
A. Umlaufvermögen				
I. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände				
01. Geleistete Anzahlungen	3.694.060,08		1.361.846,70	
02. Sonstige Vermögensgegenstände	483.337,33		7.766,66	
		4.177.397,41		1.369.613,36
II. Kassenbestand und Guthaben bei Kreditinstituten		4.587.778,68		4.937.297,13
B. Anlagevermögen				
I. Wertpapiere		1.082.113,61		1.087.195,70
		9.847.289,70		7.394.106,19
PASSIVSEITE	EURO	EURO	EURO	EURO
A. Vortrag für Forschungsaufgaben				
01.a Eigenmittel	5.576.074,39		3.912.538,65	
01.b Eigenmittelreserve	224.000,00		224.000,00	
02. Fremdmittel	1.413.975,79		38.331,19	
		7.214.050,18		4.174.869,84
B. Rückstellungen				
01. Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen	376.720,00		423.603,00	
02. Sonstige Rückstellungen	147.503,03		162.816,09	
		524.223,03		586.419,09
C. Verbindlichkeiten				
01. Verbindlichkeiten gegenüber Forschungsinstituten	2.083.569,04		2.596.324,18	
02. Sonstige Verbindlichkeiten	25.447,45		36.493,08	
		2.109.016,49		2.632.817,26
		9.847.289,70		7.394.106,19

BERICHT DER EHRENAMTLICHEN RECHNUNGSPRÜFER

**Bericht über die Rechnungsprüfung am 8.08.2022**

Die auf der Mitgliederversammlung 2021 der FVV e.V. gewählten Rechnungsprüfer:

Arndt Döhler, Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim

Dirk Ragus, Nemark GmbH, Frankfurt

haben am 8. August 2022 in den Räumen FVV e.V., Frankfurt, die Rechnungsprüfung für das Jahr 2021 auftragsgemäß vorgenommen.

Als Unterlagen standen zur Verfügung:

Der Jahresabschluss zum 31. Dezember 2021 mit den darin aufgeführten Übersichten für:

- o Einnahmen- Ausgaben- Rechnung 2021
- o Kosten der Geschäftsstelle 2021
- o Eigenmittelausgaben 2021 für Forschungsvorhaben
- o Fremdmittelausgaben 2021 für Forschungsvorhaben
- o Gesamtmittelausgaben 2021 für Forschungsvorhaben (Fremd- und Eigenmittel)
- o Vermögensaufstellung zum 31.12.2021
- o der vom Wirtschaftsprüfer GGV GmbH, Frankfurt am Main, erstattete Bericht über die Prüfung der Jahresrechnung zum 31. Dezember 2021 vom 25. Mai 2022 über die ordnungsgemäße Rechnungslegung der FVV e.V.

Die gewählten Rechnungsprüfer haben Einsicht in die Kosten und stichprobenweise in die Einzelbelege über die Verwendung der Eigenmittel der FVV e.V. genommen (Projekte 4342, 4060, 4330), wobei Herr Goericke (GF FVV) und Frau Stupar (Projektmanagement Finanzen FVV) die gewünschten Erläuterungen gegeben haben.

Die vorgenommenen Prüfungen haben zu keinerlei Beanstandungen geführt und die Rechnungsprüfer schließen sich hinsichtlich der Verwendung der Mittel dem Bestätigungsvermerk des Wirtschaftsprüfers an.

Frankfurt, den 8.08.2022


Arndt Döhler


Dirk Ragus

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.

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

www.fvv-net.de | [Transfer](#) | [Download](#) | [Publikationen](#)



Science for a
moving society

HERAUSGEBER

FVV e.V.
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
www.fvv-net.de

AUSGABE

10 | 2022

AUTOREN

Johannes Winterhagen, Frankfurt am Main
Matthias Heerwagen, Wiesbaden
Richard Backhaus, Wiesbaden

REDAKTION

Petra Tutsch, Dietmar Goericke
und Stephanie Smieja, FVV

GRAFISCHE KONZEPTION
UND UMSETZUNG

Lindner & Steffen GmbH, Nastätten

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.

FVV e.V.

Lyoner Straße 18 | 60528 Frankfurt am Main
+49 69 6603 1345 | info@fvv-net.de

www.fvv-net.de