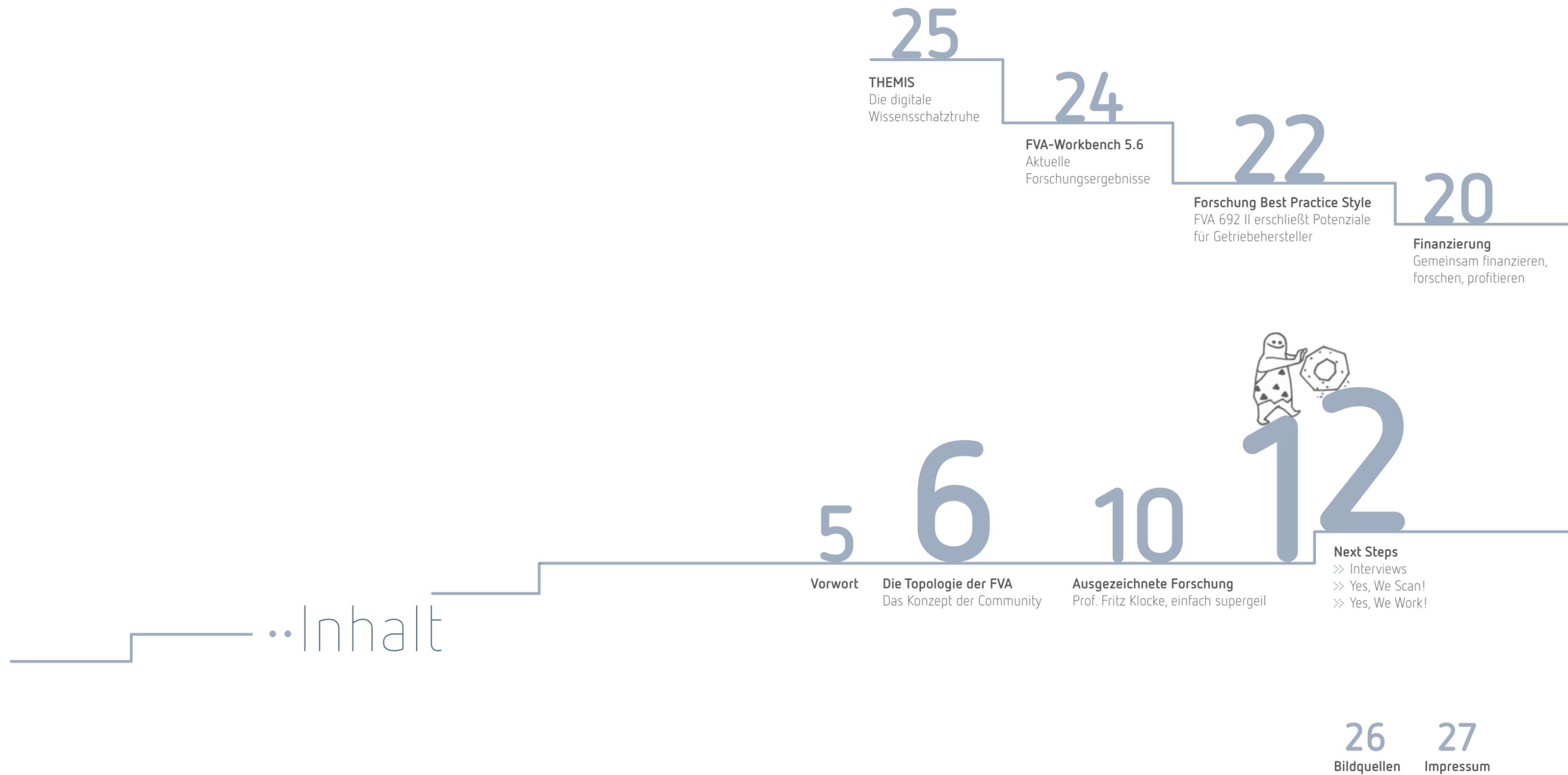


PROFIL

... Geschäftsbericht 2019

Vorgelegt anlässlich der Mitgliederversammlung
am 05. Dezember 2019 in Würzburg.
Berichtszeitraum 05.12.2018 bis 05.12.2019.



The table of contents is presented as a staircase graphic. The steps descend from right to left. Each step is labeled with a page number and a title. The numbers 25, 24, 22, 20, 5, 6, 10, 12, 26, and 27 are placed above their respective steps. The number 12 is notably large and features a cartoon character holding a gear on top of it. The word 'Inhalt' is written in a large, light blue font on the left side of the staircase.

25	THEMIS Die digitale Wissensschatztruhe
24	FVA-Workbench 5.6 Aktuelle Forschungsergebnisse
22	Forschung Best Practice Style FVA 692 II erschließt Potenziale für Getriebehersteller
20	Finanzierung Gemeinsam finanzieren, forschen, profitieren
5	Vorwort
6	Die Topologie der FVA Das Konzept der Community
10	Ausgezeichnete Forschung Prof. Fritz Klocke, einfach supergeil
12	Next Steps ❖ Interviews ❖ Yes, We Scan! ❖ Yes, We Work!
26	Bildquellen
27	Impressum

..Inhalt

Vorwort

Liebe Mitglieder,

die Antriebstechnik zählt zu den faszinierendsten Bereichen unserer Industrie! Sie ist der Motor für Entwicklung, Fortschritt, Leben und Zukunft.

Die Antriebstechnik voranbringen: durch mehr Wissen, mehr Effizienz und mehr Innovationen – das ist das Ziel der Forschungsvereinigung Antriebstechnik.

Doch Spitzenforschung ist kostenintensiv und zeitaufwendig. Ressourcen zu vereinen und durch gemeinschaftliche vorwettbewerbliche Grundlagenforschung voranzutreiben, ist mehr als eine gute Idee – es ist ein Erfolgsmodell. Die FVA ist mit ihren über 200 Mitgliedsfirmen das weltweit größte und führende Forschungs- und Innovationsnetzwerk der Antriebstechnik geworden.

Damit dies so bleibt, ist es Aufgabe der FVA, zusammen mit ihren Mitgliedern die Anforderungen der globalen Trends für die Antriebstechnik frühzeitig zu erkennen und das passende Forschungsportfolio für die Zukunft zu entwickeln. Wir können stolz darauf sein, schon früh den Wandel in der Antriebstechnik nicht nur zu höherem Wirkungsgrad, sondern auch zu mehr Nachhaltigkeit als Forschungsthema erkannt zu haben. Schon vor über 10 Jahren haben wir das aktuelle Schwerpunktthema E-MOTIVE in unsere Forschungsagenda aufgenommen.

Dadurch konnten wir bis heute zahlreiche Forschungsergebnisse zur Elektromobilität bereitstellen. Um Zukunftsthemen rechtzeitig und gezielt in eine Forschungsstrategie zu integrieren, haben wir letztes Jahr das Projekt „Technologie-Trendradar“ gestartet: „Yes, We Scan“. Wir beobachten und analysieren Trends, um Forschung aktiv zu steuern.

Das reicht aber nicht! Auch wir selbst entwickeln uns weiter. Um den Change im „Doing“ der FVA zu realisieren, wurde aus unserer Mitgliedschaft heraus von unserem Wissenschaftlichen Beirat die Initiative „Next Steps“ gestartet. Hier engagieren sich Expert*innen der Industrie, um gemeinsam den Change-Prozess zu erarbeiten und umzusetzen. Wir sind auf einem guten Weg und haben die ersten Zukunftsprojekte identifiziert und gestartet.

Die Gemeinschaft ist die Stärke und die Basis des Erfolgs der FVA. Für diese weltweit einzigartige und erfolgreiche Zusammenarbeit möchten wir all den vielen Mitarbeiter*innen in unseren Mitgliedsunternehmen, in den Forschungsstellen, bei unseren Förderern, vor allem dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) für ihre Unterstützung ganz herzlich danken.



Dr. Arbogast Grunau
Vorsitzender des Vorstands
der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.



Hartmut Rauen
Geschäftsführer
Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.



Hinter jeder Idee steht ein Mensch.

Die Topologie der FVA

Das Konzept der Community

Vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung im weltweit größten Netzwerk der Antriebstechnik. Wie kann das klappen? Warum engagieren sich Menschen und Unternehmen für diese Idee? Und was macht sie so einzigartig?

Es ist die Topologie der FVA. Die Lehre von den räumlichen Beziehungen, die Struktur eines Netzwerks – genau das beschreibt, warum diese Idee einfach funktioniert.

Neugier treibt uns an

Vor über 50 Jahren hatten acht Unternehmen innerhalb des VDMA Fachverbands Antriebstechnik eine Idee:

Probleme gemeinsam lösen, um Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Das ist unsere Basis.

Heute ist die FVA ein lebendiges, heterogenes Netzwerk. Es verbindet Unternehmen aus den unterschiedlichsten Disziplinen der Antriebstechnik mit den führenden Forschungsinstituten.

Das Zusammenwirken aller Beteiligten gründet auf gemeinsamen Zielen, auf Vertrauen und Regeln. Neugier ist das, was uns antreibt – der Drang nach Entwicklung, der sich in der Forschung widerspiegelt. Das daraus resultierende Wissen schafft Vorteile und bringt uns weiter.

Ein Prinzip, das seit jeher das Überleben sichert. Heute hilft es unseren Mitgliedern, ihre Wettbewerbsfähigkeit und Marktposition auszubauen. Konjunktur und Welthandel sind aktuell unkalkulierbaren Einflüssen ausgesetzt. Umso wichtiger ist es, eigene Stärken zu nutzen und Vorteile zu generieren. Das gemeinsam in der FVA zu realisieren – diese Überzeugung teilen wir alle.

Der FVA-4KernProzessor

Das FVA-Netzwerk wird wie ein 4KernProzessor angetrieben: Vier Kräfte, die zusammenwirken und gleichzeitig unsere Arbeit beschreiben – sie erklären, warum sich Engagement lohnt:

Menschen verbinden

Neugier, Ideen, Engagement und Ziele – diese Faktoren treiben Forschung und Industrie an. Dafür bringen wir Menschen mit gleichen Interessen zusammen: für innovatives und effizientes Arbeiten.

Das ist unsere Vision.

Wissen teilen

Menschen, Unternehmen und Forschungsinstitute profitieren vom ständigen Austausch untereinander. Das gemeinsam erarbeitete Wissen stellen wir daher allen Mitgliedern auf der Datenbank THEMIS zur Verfügung. In dieser digitalen Schatztruhe befinden sich die Ergebnisse von über 3.600 Projekten aus über 50 Jahren Forschung. Mit diesem transparenten Wissensaustausch treiben wir Entwicklung voran.

Das ist unsere Mission.

Ressourcen bündeln

Spitzenforschung ist kosten- und zeitintensiv. Daher generieren wir staatliche Fördergelder und erhöhen signifikant das Forschungsbudget unserer Eigenmittel. Wir finden die Projektpartner, deren Möglichkeiten sich optimal ergänzen. Damit sichern wir für jedes Projekt die Finanzierung und eine effektive Umsetzung.

Das ist unser Know-how.

Ideen verwirklichen

Unsere Mitglieder bringen Fragen und innovative Ideen bei uns ein. Wir diskutieren und bewerten diese gemeinsam. Zeigt sich dabei echtes Potenzial, wird daraus ein konkretes Forschungsprojekt. So wandeln wir Ideen in anwendbaren Nutzen für die Gemeinschaft um.

Das ist unsere Kompetenz.



Gemeinsam geht mehr.



Physikalische Topologie

In jedem Netzwerk sind die Verbindungen der Knoten stets anwendungsspezifisch gestaltet.

Aus diesem Grund gibt es im FVA-Netzwerk auch keine starre Bus-, Stern- oder Ringtopologie.

Benötigt wird ein vitales Netzwerk, in dem mit „drive“ genau dort Kontakt entsteht, wo er im Fluss der Prozesse gebraucht wird. Das ergibt eine Meshed-Topologie, bei der je nach Anforderung die Mitglieder der FVA-Community über entsprechend eingerichtete Verbindungen Knotenpunkte, beispielsweise Vorstand oder Wissenschaftlicher Beirat, direkt ansteuern. Zusätzlich gibt es Tools wie THEMIS (Wissen und Kommunikation) und das FVA-Trendradar (Foresight), die unseren Mitgliedern zugänglich sind. In diesem verzweigten Gebilde ist die FVA der Administrator, dessen installierte Prozesse das Zusammenspiel effizient machen.

Einzigartig drahtlos kommunizieren

Mit Menschen zusammenkommen, die man außerhalb seiner Homebase kennenlernen und treffen kann.

- ❖ Neue Kontakte und Projektpartner finden
- ❖ Unkomplizierter persönlicher Austausch mit Expert*innen aus den verschiedenen Bereichen der Industrie und Forschung
- ❖ Sein Netzwerk erweitern und die Möglichkeiten der Community nutzen

Ob in den projektbegleitenden Ausschüssen, den Fachbeiräten oder auf anderen Plattformen – diese Kommunikation läuft permanent auf allen Ebenen. Besondere Gelegenheit dafür bieten die großen FVA-Themenkongresse.

Nächste Chance dazu ist die BearingWorld vom 31.03. bis 01.04.2020 in Hannover.

Einen weiteren interessanten Blick auf die persönliche Zusammenarbeit völlig heterogener FVA-Netzwerker werfen Sie im Kapitel „Next Steps“.

Moderator der Kooperation

Ein Netzwerk dieser Größe und Möglichkeiten für die Industrie und ihre Menschen, plus die Unterstützung der Forschungsinstitute bzw. der Ingenieurausbildung durch unsere Forschungsaufträge – das macht die Forschungsvereinigung Antriebstechnik weltweit einmalig. Wir sind dabei der Moderator. Dadurch machen wir erfolgreiche Forschung möglich. Gemeinsam geht mehr!

Unternehmen und Institute mit Menschen, die sich engagieren und forschen: Das ist die FVA-Community.



Wissen teilen für mehr Vorsprung.

Ausgezeichnete Forschung

Prof. Fritz Klocke, einfach supergeil

Herr Professor Klocke, was liegt Ihnen bei Ihrer Arbeit besonders am Herzen?

Die Naturwissenschaften sind erkenntnisgetrieben, Ingenieure wollen mit ihren Arbeiten Probleme lösen, die praktisch und wissenschaftlich relevant sind. In diesem Umfeld mit jungen Menschen, die studieren und forschen wollen, zusammenzuarbeiten, ist einfach wunderbar. Motivation und Kreativität sind bei den jungen Menschen intrinsisch vorhandene Treiber, die immer wieder neue Ideen hervorbringen, von denen viele in praktische Lösungen überführt werden können.

Gibt es dabei eine Art persönlichen Antrieb?

Mir ist es ein besonderes Anliegen, zeitgemäße Lehre aus Forschungsergebnissen abzuleiten. Wenn dies gelingt, weil die Theorie direkt auf die Praxis trifft, kann man mit realen Fallbeispielen die Studierenden auch in die Denk- und Lösungswelt der Industrie einführen. Ein zweiter wesentlicher Treiber ist die Möglichkeit, wissenschaftlich zu arbeiten, Phänomene nachzugehen, die man in der Praxis sieht, aber deren grundlegende Ursachen verborgen waren. Heute sind die Fragen des maschinellen Lernens und der datengetriebenen Modellierungen hinzugekommen, und sie eröffnen in der Zusammenarbeit mit der Informatik nochmals neue Möglichkeiten, Produktionsprozesse zielorientiert zu optimieren.

Ihre Zusammenarbeit mit der FVA – für Sie etwas Spezielles?

Ich habe im Laufe meines beruflichen Lebens in Aachen viele Forschungs- und Zusammenarbeitsformate in der Produktionstechnik kennengelernt. Alle Formate haben ihre Potenziale, und in der Gesamtheit stellen sie für den Wirtschaftsstandort Deutschland ein gewaltiges Stärkemerkmale dar. Die Industrielle Gemeinschaftsforschung ist innerhalb dieses Portfolios aber doch etwas Besonderes. Sie zielt im Wesentlichen auf den Mittelstand und motiviert Unternehmen, vorwettbewerblich

zusammenzuarbeiten, gemeinsam Probleme zu lösen und Erkenntnisse zu teilen. Das muss man erst einmal in einer durch Wettbewerb geprägten Industrielandschaft hinbekommen. Ich habe dieses Format weltweit nicht noch einmal getroffen. Das Besondere in der Zusammenarbeit mit der FVA ist für mich, dass sich hier ein gewaltiges Netzwerk aus Industrievertretern und Forschungsinstituten gebildet hat, das gesamtgesellschaftlich alle relevanten Fragen der Antriebstechnik entlang der gesamten Wertschöpfungskette repräsentiert. Im WZL haben wir einen Schwerpunkt im Bereich der Zahnradgetriebe. In diesem Teilbereich der Antriebstechnik haben wir eine besonders enge Zusammenarbeit mit der FVA und den Industriefirmen, die sich im Laufe der Jahre immer wieder bewähren muss, darüber hinaus aber auch inhaltlich gemeinsam immer weiterentwickelt und angepasst wird. So ist sichergestellt, dass die praktischen Bedarfe bekannt und in Forschungsfragen umgesetzt werden können. Wir haben aber auch zusammen nach vorne geschaut, um neue Formen der Antriebsstränge zu diskutieren und in Vorlaufforschung umzusetzen. Ein besonderes Element waren hier die Fach- und Jahrestagungen, die hervorragende Plattformen für das interessierte Fachpublikum zur Diskussion von Forschungsergebnissen bieten, aber auch den Blick in die Zukunft wagen, um mögliche Entwicklungen abzuwägen, aber durch eigene Arbeiten auch mitzugestalten.

Womit werden sich Forschung und Industrie in den nächsten Jahren beschäftigen? Was wird sich dadurch verändern?

Der Übergang zur Elektromobilität ist prägend, insbesondere für den Fahrzeugantriebsstrang. Die Transformation der Produktion nimmt Fahrt auf, wir hören das in unseren Gesprächen mit den Industrievertretern und sehen es auch in den Wirtschaftsberichten der Zeitungen. Die Fraunhofer Gesellschaft wird demnächst eine Forschungsfabrik für die Batteriezellenfertigung initiieren, in Aachen ist ein Exzellenzcluster „Internet

of Production“ eingerichtet. Professor Brecher vom WZL leitet dieses interdisziplinäre Forschungscluster, das im wesentlichen Informatiker und Maschinenbauer zusammenbringt. Sensorik und Machine Learning bieten neue Möglichkeiten. Spannend und herausfordernd ist die Frage, wie wir den Mittelstand in diese neue Welt mitnehmen können, um zu prüfen, was praktisch anwendbar und nutzbar ist. Software spielt eine immer größere Rolle, die Grundlagen des Software Engineering werden auch Bestandteil der Maschinenbaustudiengänge. Dies sind nur einige der Entwicklungen, die unsere Ausbildungs- und Forschungslandschaft nachhaltig verändern werden.

Wie kann die FVA diese Zukunft begleiten?

Die FVA ist sehr gut strukturiert und greift auch neue relevante Fragen auf. Insbesondere der Mittelstand wird aktuell mit Schlagworten zur Digitalisierung, Vernetzung, zu Cloud-Systemen, schnellem Internet und „New Work“ heftig befeuert. Hier kann man im Tagesgeschäft der mittelständischen Industrie durchaus schon einmal den Überblick verlieren. Wichtig ist, das Notwendige und futuristisch möglich Erscheinende voneinander zu trennen, um zielführende Handlungen abzuleiten. Hier können Forschungsvereinigungen wie die FVA helfen, indem sie erläuternd, begleitend und befähigend für den Mittelstand tätig werden.

Was möchten Sie jungen Menschen mit auf den Weg geben?

Auch in jungen Jahren ist es schon wichtig, frei nach Einstein, „nicht zu verlernen, Fragen zu stellen“. Technik kann sich zum Nutzen der Menschen nur realisieren, wenn sie von der Gesellschaft akzeptiert wird. In diesem Spannungsfeld stehen Ingenieure und in anderen technischen Berufen Ausgebildete an entscheidenden Knotenpunkten des Netzwerks. Ihnen kommt eine besondere Verantwortung aber auch große Gestaltungsfreiheit zu.



Kurzvita

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dr. h. c.
Fritz Klocke

- | | |
|-----------|---|
| 1995–2017 | Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren und Mitglied des Direktoriums am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen |
| 2001–2002 | Dekan der Fakultät für Maschinenwesen |
| 2007–2008 | Präsident der Internationalen Akademie für Produktionstechnik (CIRP) |
| ab 2018 | Leitung des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung, (IPA) Stuttgart |

Auszeichnungen und Ehrungen

- | | |
|------|---|
| 1985 | Otto-Kienzle-Gedenkmünze |
| 2010 | Fraunhofer-Medaille als Würdigung der Verdienste um die Fraunhofer-Gesellschaft |
| 2012 | Berufung in das College of Fellows der Society of Manufacturing Engineers (SME) |
| 2014 | Eli Whitney Productivity Award – Detroit, USA |
| 2014 | Fellow der RWTH Aachen |
| 2017 | Fraunhofer-Münze für herausragende Verdienste um die Produktionstechnik |
| 2019 | Werkzeug & Formenbau – Ehrenmedaille für besondere Verdienste um die Branche |

Ehrendoktorwürden der Leibniz Universität Hannover, Aristoteles Universität Thessaloniki (Griechenland), Keio University Tokyo (Japan)



Next Steps

Was treibt uns morgen an?

Deutschland ist weltweit der führende Innovationsstandort für die Antriebstechnik. Die vorwettbewerbliche, gemeinschaftliche Forschung der FVA bildet die Basis für Innovationen in unseren Mitgliedsunternehmen – ein wesentlicher Faktor für Technologieführerschaft und weltweiten Markterfolg.

Digitalisierung, Vernetzung, Elektrifizierung und Internationalisierung schaffen neue Herausforderungen für die gesamte Gesellschaft. Das bewirkt tiefgreifende Veränderungen auf allen denkbaren Ebenen. Logischerweise gilt das auch für uns in der Antriebstechnikbranche.

Kontinuierlich und vorausschauend agieren

„Nicht die Großen fressen die Kleinen, sondern die Schnellen überholen die Langsamen.“ Das bekannte Zitat Eberhard von Kuenheims ist aktueller denn je. Passivität ist für das Überleben keine sinnvolle Option. Warum also warten?

Für die Unternehmen ist das nichts Neues – oder sollte es zumindest nicht sein. Warum nicht die vorhandene Idee und Stärke der Gemeinschaftsforschung zukunftsgerichteter nutzen? Was liegt näher, als den Wandel durch die gemeinsame Plattform FVA aktiv besser zu gestalten? Somit waren es unsere Mitglieder selbst, die den Anstoß und Input für den Change-Prozess „Next Steps“ der FVA gaben.

Der zuvor abgeschlossene 50+ Prozess war notwendig, um die FVA weiterzuentwickeln. Doch die Modernisierung hört damit nicht auf. Im Gegenteil, sie hat den FVA-4Kernprozessor sozusagen upgedatet, der Community mehr Netzwerkpower verschafft. Bei diesem Projekt ist der Wissenschaftliche Beirat der Knotenpunkt, bei dem die Fäden zusammenlaufen. Hier engagieren sich Spitzenvertreter*innen der Industrie innerhalb der FVA, um die Schritte zu entwickeln und zu gehen, die Vorteile und Existenz sichern.

Zusammen mit den Industriepartnern entwickelt die FVA mit den „Next Steps“ methodische Unterstützung von Mitgliedern für Mitglieder. Methoden für eine Technologie-Planung, die dazu befähigt, Ideen schneller und zielgerichtet in neue Produkte und Dienstleistungen umzuwandeln.



Mehr Fortschritt durch Gemeinschaftsforschung.



„Als weltweit beispielhaftes Forschungs- und Innovationsnetzwerk für die Antriebstechnik ist es die Kernaufgabe der FVA, Anforderungen für die Zukunft heute schon zu erkennen und ihnen durch passende Forschungsthemen zu begegnen – zum Nutzen aller Mitglieder. Der rasante Wandel macht eine gezielte Forschungsstrategie wichtiger denn je. Genau dafür haben wir in der FVA das Next-Steps-Projekt initiiert.“

Dr. Burkhard Pinnekamp
Leiter Zentrale Technik, RENK AG, Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats der FVA

Next Steps

Interviews



Marcus Timmermann
Technischer Leiter Robotics
ATLANTA Antriebssysteme
E. Seidenspinner GmbH & Co. KG

Was treibt Sie an, sich so in der FVA zu engagieren?

Die FVA ist gerade für uns als KMU durch die gemeinsame vorwettbewerbliche Forschung eine gute Möglichkeit, die aktuellen Trends und Zukunftsthemen mitzubekommen. Zudem bietet sie die Chance, eigene Themen über Forschungsvorhaben zu platzieren.

Mitgliedsbeiträge zu zahlen und sich dann nicht zu beteiligen oder zu engagieren, macht für uns keinen Sinn. Daher bin ich der festen Überzeugung, dass der Wissensgewinn, den wir in der FVA erzielen, deutlich höher als der Mitgliedsbeitrag ist.

Was ist Ihre Motivation, sich am Next-Steps-Prozess zu beteiligen?

Die FVA liegt mir sehr am Herzen, da ich hier im Rahmen meiner Promotion die ersten beruflichen Schritte gemacht habe und auch heute noch in diversen Gremien aktiv bin. Da ist es eine Selbstverständlichkeit, sich auch aktiv in die Diskussion um die zukünftige Ausrichtung der FVA einzubringen.



Dr. Oliver Koch
Leiter Rolling Bearing Fundamentals
Schaeffler Technologies AG & Co. KG

War es im Workshop schwer, sich in einer heterogenen Gruppe auf Ergebnisse zu einigen?

Letztendlich war es nicht besonders schwer, was auch dem zielorientierten Moderator zu verdanken war. Die Diskussionen waren sehr interessant. Dies lag vor allem an den teilweise unterschiedlichen Sichtweisen und Wissensständen.

Diskussion und Kategorisierung der Trends unter Marktbegleitern – wie funktioniert das?

Ein Grundsatz der FVA ist die Vorwettbewerblichkeit. Gerade wenn man langfristige Trends diskutiert, bei denen noch vieles unscharf ist und wichtige Grundlagen fehlen, ist man noch weit von konkreter Produktentwicklung oder Geschäftsmodellen entfernt. Von daher funktioniert gerade die Diskussion und Kategorisierung auch unter Marktbegleitern sehr offen und konstruktiv.

Welche Erkenntnisse nehmen Sie für sich und Ihr Unternehmen mit?

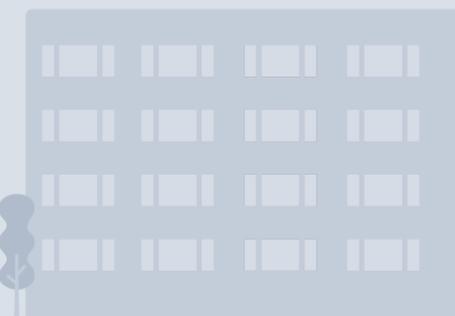
Einige Themen sind so interessant, dass wir sie in der FVA intensiv weiterverfolgen. Sei es über Forschungsvorhaben, Studien oder über das Monitoring.

Wir haben uns auch dazu entschlossen, Themen innerhalb unseres Unternehmens genauer zu beleuchten, weil wir uns hier Vorteile in der Zukunft versprechen. Insbesondere die Beschäftigung mit Industrie 4.0 hilft uns und damit auch unseren Kunden, für die Zukunft besser gerüstet zu sein.

Gab es überraschende Erkenntnisse dabei?

Mich überrascht immer wieder aufs Neue, welche unterschiedlichen Blickwinkel die über 200 Mitgliedsfirmen der FVA auf die zu diskutierenden Themen haben. Aber gerade diese Diversität sorgt für neue Perspektiven und Impulse.

4.



Next Steps – Yes, We Scan!

Was erforschen wir morgen?

Dass Trends ständig gescannt werden müssen ist eigentlich selbstverständlich. Usus ist, dass Langstreckensensoren automatisiert beobachten und aufzeichnen. Wenn die Sensoren Alarm ausschlagen, werden Handlungen ausgelöst. Dafür benötigt es erprobte Routinen. Genau das erarbeitet das Projekt: Die weiteren Prozesse dafür zu implementieren. Wir legen fest, was zu tun ist.

Trends erkennen, Forschung aktiv steuern

Unser Technologie-Trendradar hat mehr als 120 relevante Technologietrends für die Antriebstechnik identifiziert und als Steckbrief schnell erfassbar beschrieben. Doch mit einer

solchen Fülle an Technologien lässt sich kaum sinnvoll arbeiten. Deshalb filterte eine Befragung der Mitglieder im Vorfeld die Top 30 Branchentrends heraus. Damit war die sogenannte Technologie-Shortlist erstellt.

So hat das Projekt „FVA-Trendradar“ die entscheidende Arbeit geleistet und ein belastbares Fundament erarbeitet. Darauf baut die Initiative „Next Steps“ des Wissenschaftlichen Beirats auf. Wissenschaftlich begleitet wird der Prozess vom Fraunhofer IEM und dem Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn.

Beispielhafte Darstellung des FVA-Trendradars



Interview



Barbara Schmohl
 Projektleitung Technologie
 Trendradar Vorentwicklung und
 Innovationsmanagement,
 ZF Friedrichshafen AG

Was war Ihre Motivation für dieses Projekt – vor allem, da ZF so etwas bestimmt auch selbst macht?

Industrielle Unternehmen stehen zunehmend unter Innovationsdruck, um auf verkürzte Produkt- und Technologielebenszyklen zu reagieren. Dazu sind Kenntnisse und Know-how über neue Technologien notwendig, speziell auch zum aktuellen Forschungsstand und zum Reifegrad. Aber die Identifikation von relevanten Technologietrends und Technologien ist aufgrund steigender Informationsflut schwer beherrschbar. Daher muss beobachtet und priorisiert werden. Dafür eignet sich, sowohl für KMU, als auch für große Unternehmen, die vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung besonders gut, da durch die Informations-Sammlung vieler Unternehmen der Horizont extrem erweitert wird. Um neue Forschungsfelder für die Antriebstechnik frühzeitig zu identifizieren und systematisch zu beobachten, haben wir den Ansatz eines Technologietrendradars gewählt.

Gibt es Besonderheiten bei Trendradaren mit dem Fokus Antriebstechnik?

Natürlich! Wollte man ein branchenübergreifendes Trendradar erstellen, würde dieses viel zu umfangreich und komplex werden oder auf einer sehr hohen „Flughöhe“ sein. Die Zusammenstellung des Technologietrendradars für die Antriebstechnik erfolgte mit ganz speziellen Suchtermini und Suchfeldern, um eben insbesondere für die Antriebstechnik relevante neue Technologietrends zu identifizieren. Das Ergebnis ist, auf den ersten Blick, 100 Prozent konsistent.

Welchen Nutzen bietet das Radar für die FVA-Mitglieder bzw. wie wird es nutzbar gemacht?

Das Trendradar gibt einen guten Überblick über Technologietrends, die in Zukunft für die Antriebstechnik, vielleicht sogar disruptiv, interessant werden könnten, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Zu den Top 30 priorisierten Trends gibt es ausführliche Steckbriefe mit Reifegrad, Anwendungsbeispielen, Chancen und Risiken etc.. Und es soll keine einmalige Sache sein, sondern kontinuierlich weiterentwickelt werden und als Arbeitsmittel für die Strategie der FVA und individuell in den Unternehmen dienen. Das heißt, jedes Unternehmen kann mit dem Trendradar individuell weiterarbeiten und zusätzlich werden in der FVA die Trends priorisiert und nähere Informationen zu den Technologien in Arbeitsgruppen erarbeitet. Außerdem wird es zu den Top 30 eine Forschungs-Heatmap geben, in der Hinweise zu den entsprechenden Experten-Forschungsstellen zu finden sind.

Wir forschen weiter. Und das am besten im Netzwerk der FVA.

Next Steps – Yes, We Work!

23. und 24.09.2019. Das Next-Steps-Projekt mit den Fakten aus dem Technologie-Trendradar stand im Mittelpunkt des Herbsttreffens des Wissenschaftlichen Beirats der FVA. Die über 70 Teilnehmer*innen kamen zu einem zweitägigen Workshop zusammen. Und tatsächlich erwartete alle Beteiligten viel Arbeit.

Im Herbst-Workshop wurde konkret auf die gefundenen Trends des Technologieradars aufgebaut. Die Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats und die Obleute der Arbeitskreise hatten es sich zur Aufgabe gemacht, die Trends der Shortlist zu kategorisieren. Damit dies effizient geschah, wurde zuerst fraktionsauflösend in Gruppen gearbeitet. Anschließend ging es in die gegenseitige Präsentation.

Dazu wurde intensiv diskutiert und abschließend wurden die Themen gemeinsam nach Relevanz klassifiziert. Damit stand das Erarbeitete auf der breitmöglichsten Basis aller Teilnehmer*innen.

Ergebnisse echter Gemeinschaftsarbeit

Themen Ergebnistyp 1

Trends besitzen polymorphe Eigenschaften. Einige sind zeitlich noch weit entfernt. Trotzdem können sie teilweise Relevanzpotenzial anzeigen. Sie werden weiterhin gemonitort, um die Veränderungen über die Zeit rechtzeitig erkennen zu können.

- ❖ Power-to-X
- ❖ Mass Communication/Losgröße 1
- ❖ Künstliche Intelligenz (KI)
- ❖ Autonome Fahrzeuge
- ❖ Kollaborative Roboter
- ❖ Green Tech

- ❖ Digitalisierung
- ❖ Smart Products
- ❖ Elektromobilität
- ❖ Energy Harvesting

Themen Ergebnistyp 2

Trends, deren Relevanz bereits deutlich erkennbar ist. Diese wollen wir für unsere Netzwerkpartner greifbarer und anschaulicher machen. Die Beiratsvertreter*innen haben 30 Trends der Shortlist fokussiert. Drei von ihnen sind so spannend, dass sie an erster Stelle stehen. In Form von Studien werden diese Hotspots von uns thematisch aufbereitet:

Digitaler Zwilling

Ein digitaler Zwilling (engl.: Digital Twin) ist eine digitale Repräsentanz eines Objekts aus der realen Welt. Das Objekt kann ein Produkt oder Prozess materiellen und immateriellen Ursprungs sein. Die Vorlage kann bereits real existieren oder noch in der Entwicklung begriffen sein. Ist dies der Fall, beschreibt der digitale Zwilling all seine Eigenschaften in Form von Daten und Algorithmen. Sie repräsentieren verschiedene Informationen in einem einheitlichen Format. Meist sind dies Simulationsmodelle, mit denen sich die Eigenschaften des digitalen Zwillings simulieren lassen.

Sensor Fusion

Meint die algorithmische Kombination sensorischer Daten (Multisensor Data Fusion). Damit erreicht man, dass diese und die resultierenden Informationen eine höhere Qualität aufweisen, als wenn sie isoliert ausgewertet würden. Dies ermöglicht eine lückenlose und präzise Zustandsschätzung. Durch die Kombination verschiedener Technologien können durch „Sensor Fusion“ die Stärken der einzelnen Technologien gebündelt werden. Schwächen werden neutralisiert.

Low Cost Sensors

Sind spürbar kostengünstiger als herkömmlichen Sensoren. Das macht sie zwangsläufig interessant. Sie erfüllen nicht zwingend sämtliche Qualitätskriterien wissenschaftlicher bzw. eignungsgeprüfter Messtechnik. Potenziell könnte dies Einschränkungen durch ungenauere Messergebnisse bedingen. Dennoch gibt es Vorteile und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Dank des Kostenfaktors sind sie sowohl für Privatanwender als auch für den Aufbau von engmaschigen Netzwerken geeignet. Beispielsweise eignen sich Low-Cost-Sensoren für ein Netzwerk zur flächigen Überwachung von Feinstaubkonzentrationen.

Weitere Themen Ergebnistyp 2

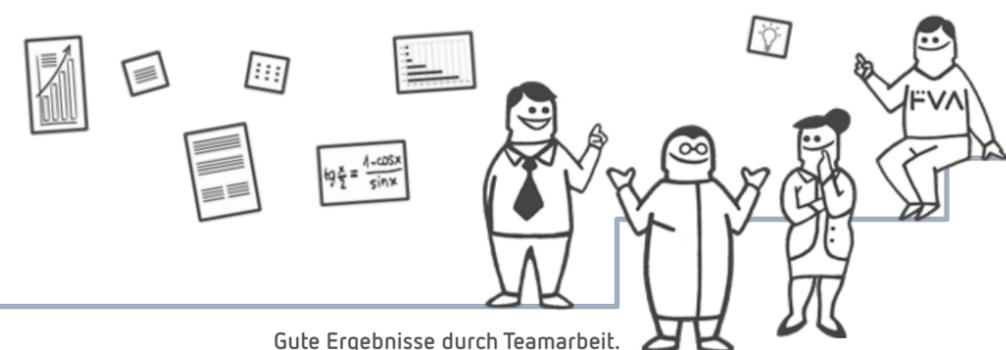
- ❖ Echtzeitfähige Datenfernübertragung/
Taktiler Internet
- ❖ Big Data
- ❖ Industrie 4.0
- ❖ Hochleistungskeramiken
- ❖ Cyber Security
- ❖ Rekuperation
- ❖ Circular Economy

Läuft auch bei uns

Themen Ergebnistyp 3

Wir forschen seit über 50 Jahren. Aus der Gründungsidee heraus sind unsere Forschungsinhalte stets von unseren Mitgliedern gesetzt worden. So gelangten schon immer Trends direkt durch die Industrie in unser Forschungsportfolio. Es gibt einen bewährten Bottom-up-Prozess, der immer wieder aufs Neue Themen triggert. Die Schwerpunkte unseres Portfolios werden dadurch ständig aktualisiert. Doch Grundlagenforschung ist zu detailreich, um Trendnamen direkt abzubilden. Aktuell werden Fragestellungen und Ideen aus diesen Trends in zahlreichen FVA-Forschungsprojekten behandelt.

- ❖ KI-Assistenzsysteme in der Produktionsentwicklung
- ❖ Internet of Things/Industrial Internet of Things
- ❖ Smart Sensors
- ❖ Downsizing
- ❖ Digitalisierung
- ❖ Additive Fertigung (3D-Druck)
- ❖ Niedrigviskose Schmierstoffe
- ❖ Hybrid Leichtbau
- ❖ Effizienzoptimierte Schmierstoffe
- ❖ Predictive Maintenance
- ❖ Und vieles, vieles mehr



Gute Ergebnisse durch Teamarbeit.

Gemeinsam finanzieren, forschen, profitieren



Investierte Fördermittel
in Millionen Euro

Vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung benötigt nicht nur Engagement der Akteure, sondern auch eine solide Finanzierung. Deshalb verteilt die FVA die finanzielle Belastung auf viele Schultern. Die Finanzierung der kostenintensiven Forschungsprojekte wird von allen Unternehmen durch die Mitgliedsbeiträge getragen. Darüber hinaus generieren wir über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) große Summen an staatlichen Fördermitteln. Zusätzliche Stiftungsgelder ergänzen das Forschungsbudget.

Einerseits erreichen wir eine breite Verteilung der finanziellen Lasten auf viele Quellen. Andererseits ist es genau diese Bündelung der Mittel, die den Einsatz unserer Mitglieder vervielfacht und Spitzenforschung für alle möglich macht.

Geschäftsjahr 2018 – Abschluss

Die FVA konnte 2018 ein Gesamtvolumen von rund 14,2 Millionen Euro in Forschungsprojekte investieren.

Die Gelder setzten sich folgendermaßen zusammen:

- ❖ 3,6 Millionen Euro Eigenmittel aus der Industrie
- ❖ 9,2 Millionen Euro Öffentliche Mittel
- ❖ 0,1 Millionen Euro Stiftungsgelder
- ❖ 1,3 Millionen Euro Technologietransfer

Mit diesen Mitteln wurden die Forschungsprojekte an den Hochschulen finanziert. Im Leistungsumfang sind auch die Durchführung der Forschungsvorhaben und der allgemeine Technologietransfer enthalten.

Die verausgabten Industriemittel beinhalten auch indirekte Forschungsaufwendungen, zum Beispiel Mitgliedsbeiträge für Organisationen wie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und Kosten für die Vorbereitung von Forschungsvorhaben, die gemeinsam mit der Wissenschaft erfolgen.

Die Verwaltungsaufwendungen der FVA beliefen sich für das Geschäftsjahr 2018 auf rund 1,1 Millionen Euro.

Geschäftsjahr 2019 – Entwicklung

Je nach Ertragslage und der bewilligten Finanzierung von Forschungsvorhaben gehen wir für das Geschäftsjahr 2019 von Einnahmen in Höhe von ca. 16,1 Millionen Euro aus.

Hiervon sind:

- ❖ 6,6 Millionen Euro Industriemittel
- ❖ 9,3 Millionen Euro Öffentliche Gelder
- ❖ ca. 0,2 Millionen Euro Stiftungsmittel

Die Gesamtausgaben für Forschungsvorhaben in Höhe von 15,5 Millionen Euro teilen sich wie folgt auf:

- ❖ 4,0 Millionen Euro aus der Industrie
- ❖ 9,3 Millionen Euro aus Öffentlichen Mitteln
- ❖ 0,2 Millionen Euro Stiftungsgelder
- ❖ 2,0 Millionen Euro für den allgemeinen Technologietransfer, einschließlich projektbezogener Verwaltungsausgaben, wie zum Beispiel dem AiF-Mitgliedsbeitrag

Für die Verwaltungsaufwendungen der FVA sind rund 1,3 Millionen Euro geplant.

Hoher Mehrwert durch Eigenengagement: Vorhabenbezogene Aufwendungen 2018 und 2019

Die FVA-Mitgliedsunternehmen der Industrie und der Fachverband für Antriebstechnik im VDMA engagieren sich zusätzlich durch:

- ❖ Aktive Projektbegleitung u. a. durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten
- ❖ Überlassung von Geräten, Anlagen oder Materialien zur Durchführung einzelner Forschungsvorhaben
- ❖ Gezielte finanzielle Unterstützung für definierte Problemstellungen und -lösungen

Diese vorhabenbezogenen Aufwendungen der Industrie beliefen sich 2018 auf etwa 5.600 Personentage oder 5,6 Millionen Euro und addieren sich mit den vorher genannten 14,2 Millionen Euro auf insgesamt rund 20 Millionen Euro. So profitiert ein mittelständisches Unternehmen von Leistungen, die etwa dem bis zu 500-fachen des durchschnittlichen Mitgliedsbeitrags entsprechen. Auch 2019 gehen wir von einem Gegenwert von mindestens 5 Millionen Euro aus.

Die Öffentliche Hand leistet einen erheblichen finanziellen Beitrag zu unserer Forschung. Innerhalb des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGH) werden FVA-Projekte auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.



Sonderforschungsprogramme
Forschungsvorhaben in Millionen Euro
Volumen der zusätzlichen Partizipation unserer Mitglieder durch Kooperation mit weiteren Projektträgern

Sonderforschungsprogramme

Forschungsbereich	Projekte	Laufzeit	Fördersumme	Fördergeber
FVA-Gondel (DynaGET)	1	2019 – 2021	1,1 Millionen Euro	EFRE.NRW
BaSyMo – BatterieSystemModul	1	2016 – 2019	5,7 Millionen Euro	BMWi
Speed 4 E	1	2018 – 2021	8,8 Millionen Euro	BMWi

Die FVA finanziert ihre Forschungsprojekte auch über Sonderforschungsprogramme.

Forschung Best Practice Style

FVA 692 II erschließt Potenziale für Getriebehersteller

Topologisches Schleifen bei Stirnradverzahnungen – vermeintlich ein Detail. Doch es leistet einen wesentlichen Beitrag, wenn es um die optimierte Funktionsfähigkeit von Getrieben und die Nutzung von Potenzialen aus der Energie des Antriebsstrangs geht.

Wie also kann man funktionale Potenziale von topologischen Flankenkorrekturen bei Stirnradverzahnungen wirtschaftlich anwendbar machen?

Diese Frage aus der Industrie steht exemplarisch für unsere gesamte Arbeit: Gemeinsam geht mehr. Um Antworten und Unterstützung zu finden, werden Ideen und Themen in die FVA eingebracht.

Der projektbegleitende Ausschuss (PA) Fertigungstechnik war der passende Netzwerkknoten für diese Fragestellung. Die Fertigungstechnologen leisten einen Beitrag zur Verbesserung etablierter Produktionsprozesse und liefern die Basis für die Einführung neuer Fertigungstechnologien. Ziel ist es, die Produktivität zu steigern, die Prozesssicherheit zu erhöhen und die Ressourceneffizienz zu verbessern. Bei der Einführung neuer Fertigungstechnologien bewertet die wissenschaftliche Forschung Bearbeitungsverfahren und untersucht deren Einfluss auf fertigungsbedingte Bauteileigenschaften und das Einsatzverhalten.

Um aus der oben genannten Fragestellung ein erfolgreiches Forschungsprojekt zu machen, benötigt es zusätzlich die Möglichkeiten des ganzen FVA-Netzwerks: Moderation,

Prozessbegleitung, Finanzierung, Industriepartner und die Kooperation aller Beteiligten.

(Industrie + WZL Aachen) x FVA = aus Forschung wird Praxis

Wie die Vorteile der Flankenkorrektur bei Stirnradverzahnungen in der Praxis tatsächlich genutzt werden können – das hat Mubarik Ahmad vom Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen im FVA Forschungsvorhaben 692 II herausgefunden.

Für dieses Projekt hat die FVA mit VW (Pkw-Verzahnung), Daimler (Lkw-Verzahnung), Flender (Getriebe Windenergieanlage und Radsätze), ZF Friedrichshafen (Tragfähigkeitsprüfung), Reishauer (Hartfeinbearbeitung) und Kapp (Schleifbearbeitung) engagierte Partner aus Industrie und Forschung (WZL der RWTH Aachen) zusammengebracht. Gemeinsam sind sie vorwettbewerblich dem topologischen Schleifen auf den Grund gegangen und haben aus Forschung Praxis werden lassen.

Von Manpower über Hardware bis hin zu harten, umfangreichen End-of-Line-Tests: Die Arbeit des WZL und die Beiträge der Industrieunternehmen unter der Moderation der FVA haben die Basis für das erfolgreiche Projekt geschaffen. Mubarik Ahmad beschreibt es so: „Der Erfolg des Forschungsvorhabens 692 II ist eine starke Leistung von Forschung und Industrie. Ohne die Zusammenarbeit mit der FVA als Enabler der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung wäre dieser Erfolg undenkbar gewesen.“

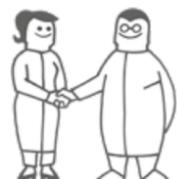
Wirksam – tragfähig – leise

Deutliche Reduzierung des Körperschalls von Lkw- und Windkraftverzahnungen, höhere Lastwechselzahlen, minimierte Drehfehler, optimierte Vorhersage des Einsatzverhaltens. Das sind nur einige Ergebnisse des Vorhabens, die für FVA-Mitglieder über die Wissensplattform THEMIS jederzeit abrufbar sind.

Ein großer Vorteil für Getriebeentwickler: Die Ergebnisse des Vorhabens sind bereits heute als Feature in die FVA-Workbench Version 5.6 integriert. Das ermöglicht den Berechnungsspezialisten die Umsetzung der Forschungsergebnisse direkt ins Tagesgeschäft.

Projektleiter Dr.-Ing. Christoph Löpenhaus ehem. WZL Aachen formuliert es so: „Die Vorteile für Anwender*innen liegen auf der Hand: Reduzierung der F+E-Kosten durch schnelle, unkomplizierte Simulation. Dafür steht die FVA-Workbench. Durch die validierte Berechnungsgüte der FE-Stirnradkette kann nun das Einsatzverhalten von echten Bauteilen unkompliziert virtuell berechnet und optimiert werden. Effizienter lassen sich Forschungsergebnisse nicht in die Praxis überführen.“

Kenntnistransfer durch Gemeinschaftsforschung: Das FVA-Forschungsvorhaben 692 II zeigt durch verzahnte Zusammenarbeit, wie dies gelingt.



Mit den richtigen Partnern Forschungsvorhaben realisieren.



FVA-Workbench 5.6

Aktuelle Forschungsergebnisse

Simulationsplattform für die Antriebstechnik setzt neue Maßstäbe

Die FVA GmbH hat ihre Simulationsplattform FVA-Workbench 5.6 mit dem neuen Release zu einem hochperformanten und für die effiziente Getriebeentwicklung unverzichtbaren Werkzeug entwickelt. Mit der neuen Softwareversion können Massenrechnungen ab sofort in der Hälfte der Zeit durchgeführt und Modelle – dank neuer FEA-Features – jetzt noch realistischer abgebildet werden.

Einzigartig auf dem Markt ist die Umwandlung aktueller Forschungsergebnisse aus dem FVA-Netzwerk in leistungsstarke Berechnungsmethoden. So ist die FVA-Workbench immer auf dem neusten Stand der Forschung.

REXS – Reusable Engineering EXchange Standard

Diese Schnittstelle kann Getriebemodelle systemunabhängig im aktuellen REXS-Format im- und exportieren. Damit ist es möglich, Getriebemodelle zwischen verschiedenen CAE-Systemen so auszutauschen, dass deren jeweilige Stärken optimal genutzt und kombiniert werden können.

Die Initiative REXS verfolgt das Ziel, einen „digitalen Zwilling“ in der Getriebeentwicklung und Berechnung bereitzustellen. REXS definiert eine einheitliche Modellierung und Nomenklatur des Getriebes und seiner Komponenten über Normen und Branchen hinweg. Ziel ist es, einen industrieweiten Standard zu etablieren. Quelloffen programmiert ist die REXS-Spezifikation kostenlos, herstellerunabhängig und wurde als Open-Source-Projekt unter der Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht.

THEMIS

Die digitale Wissensschatztruhe

Die Namenspatin ist bekannt als griechische Göttin des Rechts und der Gerechtigkeit. Doch ihr obliegt noch mehr: gesellschaftlicher Zusammenhalt, die Normen des Zusammenlebens und damit das soziale Miteinander basierend auf moralischer Ordnung.

Online-Treffpunkt der Community

Den Aufgaben und Fähigkeiten der Namenspatin entsprechend befördert auch unsere THEMIS auf Basis von Regeln den Zusammenhalt der Community durch gleichberechtigten Wissensaustausch. Über die Plattform können sich Mitglieder online an Projekt- und Gremienarbeit beteiligen, Termine und Kontakte organisieren, Dokumente verwalten, Wissen abrufen, sich mit Menschen vernetzen. Und THEMIS bietet noch manchen Aspekt mehr: alles unter einer Adresse.

Ursprünglich eher eine Wissensbibliothek, wurde THEMIS bis heute zu der Kommunikations- und Wissensplattform für Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) im Maschinenbau entwickelt. Hier findet sich das gesammelte Forschungswissen aus über 50 Jahren von fünf Forschungsgesellschaften des Maschinenbaus. Das macht sie zu einer einzigartigen digitalen Wissensschatztruhe. Sie ist nicht nur leicht zu finden, sie wird auch täglich benutzt und weiter befüllt. Die FVA stellt dabei den Löwenanteil mit:

- ❖ 7.100 von 15.000 Usern,
- ❖ 2.020 von 3.600 Projekten und
- ❖ 19.600 von 38.000 Dokumenten.

Tipps zum Umgang mit THEMIS

Wussten Sie schon, dass Sie als THEMIS-Nutzer*in in Ihrem persönlichen Profil

- ❖ ein Bild hinterlegen können?
- ❖ Ihre Kontaktdaten managen und uns Änderungen mitteilen können?
- ❖ Ihre Listeneinstellungen (10, 20, 50, 100 Treffer pro Seite) personalisieren können?
- ❖ Ihre Forschungshistorie einsehen können?

Diese und weitere nützliche Informationen finden Sie auch in unserem User-Guide oder unter „Häufig gestellte Fragen/FAQs“.



Wissen, wo Wissen ist.

themis-wissen.de
fva-service.de
rexs.info

THEMIS
Beteiligte Forschungsvereinigungen

FVA
sharing drive innovation



●● Forschungsergebnisse



●● Kontakte

●● Arbeitstreffen



●● Projekte

●● Veranstaltungen



●● Methodenträger und Software



●● Gremien



●● Termine



●● Nachrichten



Bildquellen

Seite	© Copyright
4	istockphoto.com: Antagain, zhaojiankang ZF Friedrichshafen AG
6/7	istockphoto.com: Tamas Gabor, Pinkypills
8	istockphoto.com: EricFerguson, Goodboy Picture Company
12/13	istockphoto.com: da-kuk, metamorworks
22/23	istockphoto.com: sanjeri Wittenstein SE



Impressum

Herausgeber

Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Lyoner Straße 18 · 60528 Frankfurt am Main
Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Hartmut Rauen
Stellvertretender Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Christian Kunze

© Copyright 2019

Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Vielen Dank

an die Interviewpartner, Forschungsstellen und Unternehmen, die uns bei der Realisierung dieses Geschäftsberichts mit Material, Text oder Fotos unterstützt haben.

Projektteam

Peter Exner, FVA
Dirk Pustelnik, MaxDornPresse

Produktion

MaxDornPresse
63179 Obertshausen · maxdornpresse.de

Grafik-Design

Ute Stiasny
65824 Schwalbach · www.stiasny.design

Illustrationen

Mathias Mitja Kurzendörfer
63067 Offenbach am Main · www.penandpixel.de



Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.
Postfach 71 08 64 · 60498 Frankfurt am Main · Lyoner Straße 18 · 60528 Frankfurt am Main
Tel +49.6603-1515 · Fax +49.6603-2515 · info@fva-net.de
fva-net.de