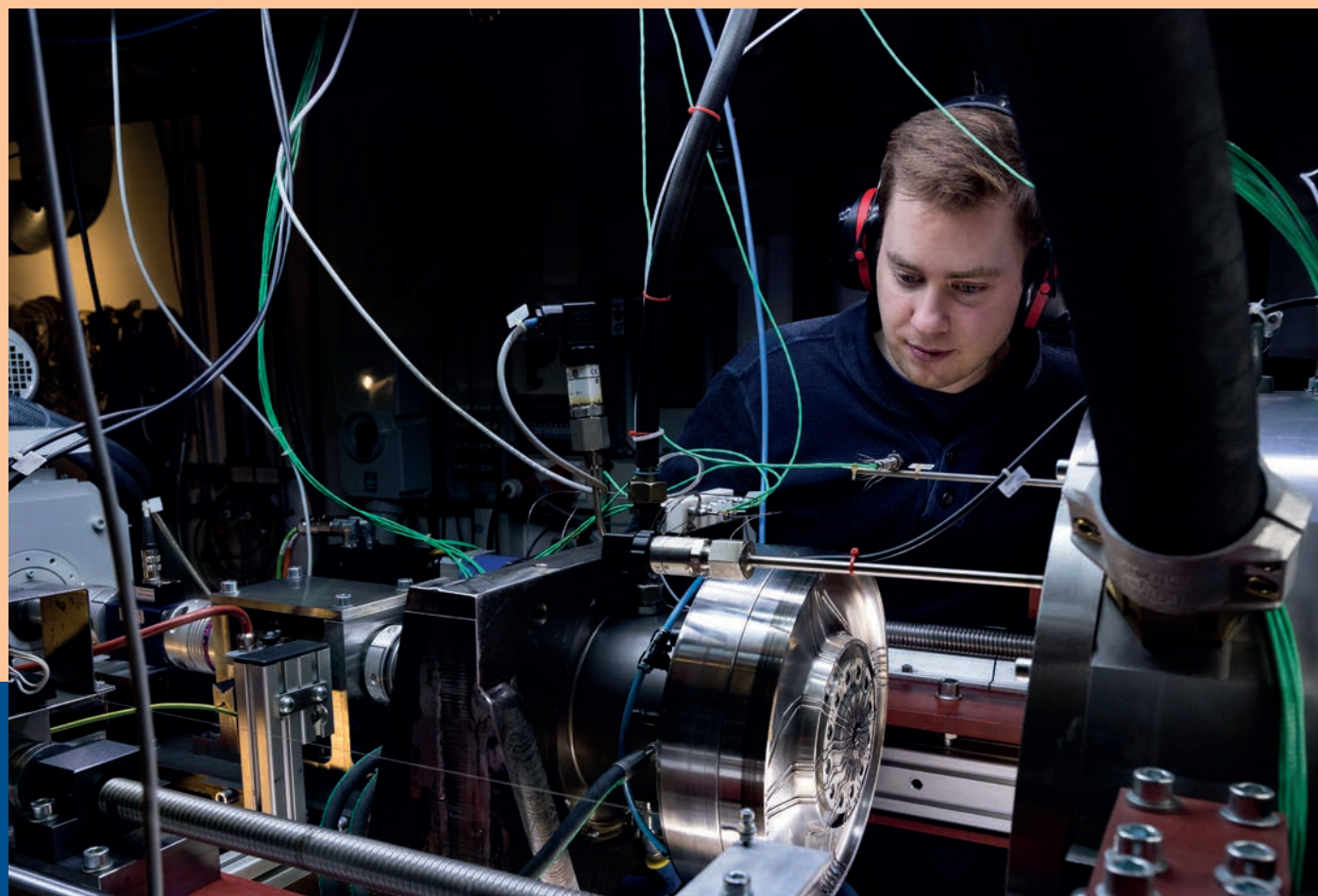


# dear REDTEN BACHER

Fakultät für Maschinenbau – Karlsruher Institut für Technologie



Vorwort des Dekans . . . . .	S.2	E-Buslinien / Kompetenzcluster FestBatt . . .	S.5
Interview: Dr. Dominic von Terzi, Windenergie und Flugtriebwerke . . . . .	S.3	Chancen durch Wasserkraft . . . . .	S.6
Vielfalt von Energietechnik an Beispielen: SFB/TRR 150 / Thermokline Speicher . . . . .	S.4	Energietechnik im Master Maschinenbau . . .	S.6
		Institut für Strömungsmaschinen (ITS) . . .	S.7
		Aktuelles . . . . .	S.8

## Vorwort



Liebe Mitglieder und Freunde  
der Fakultät für Maschinenbau,

Energietechnik in ihren einzelnen Facetten spielt bereits seit langem eine wesentliche Rolle in Industrie, Forschung und Gesellschaft. Erneuerbare Energien, Energiespeicherung und -wandlung sind Themen, die an unserer Fakultät in Forschung und Lehre nicht wegzudenken wären. Die Energiewende ist in aller Munde und stellt uns auch im Maschinenbau täglich vor noch ungelöste Fragen. Was sich insgesamt auf dem Feld der Energie in unserer Fakultät tut, wie Maschinenbau-Institute miteinander, mit anderen KIT-Fakultäten, mit anderen Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, um diesen Herausforderungen zu begegnen, darum geht es in der vorliegenden Ausgabe der Fakultätszeitschrift.

Wir laden Sie mit diesem Redtenbacher zu einer Rundreise durch den Maschinenbau am KIT ein und wollen Ihnen in der Heftmitte anhand von drei Projekten vorstellen, wie unterschiedlich die Herausforderungen in der Energietechnik sind. Lesen Sie über den SFB/TRR 150 „Turbulente, chemisch reagierende Mehrphasenströmungen in Wandnähe“, der Anfang diesen Jahres in seine zweite Förderphase startete und an dem das Institut für Strömungsmechanik, das Institut für Technische Thermodynamik und das Institut für Kolbenmaschinen mit insgesamt vier Teilprojekten beteiligt sind. Im ÖPNV gibt das Teilinstitut für Bahnsystemtechnik des FASTs einen Einblick was es damit auf sich hat, wenn E-Buslinien technisch und ökonomisch optimal ausgelegt werden sollen und wie die Begleitforschung zum Projekt PRIMOVE Mannheim aussieht. Einen Geschmack auf die Speicherung von Energie geben uns das Institut für Angewandte Thermofluidik (IATF) und das Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR), die Wärmeverluste bei der herkömmlichen Speicherung von Energie mit Hilfe von Zweitank-Systemen durch sog. Thermokline die Stirn bieten.

Im Kompetenzzentrum Energie arbeiten Institute, Experten/innen und Expertenteams interdisziplinär am Thema. Wir schauen uns stellvertretend für viele Einzelprojekte das vom BMBF geförderte Cluster „FestBatt“ an, in dem Maschinenbau-Institute maßgebliche Beiträge leisten sowie eng mit anderen Fakultäten und Instituten innerhalb und außerhalb des KIT und bedeutenden Forschungseinrichtungen zusammen arbeiten.

Nehmen Sie sich die Zeit und genießen Sie eine weitere spannende und informative Ausgabe unserer Fakultätszeitschrift.

Ihr  


Prof. Dr.-Ing. Carsten Proppe  
Dekan der KIT-Fakultät für Maschinenbau

### Impressum

Herausgeber:

KIT-Fakultät für Maschinenbau  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Dr.-Ing. Kurt Sutter  
(Fakultätsgeschäftsführer)  
76131 Karlsruhe  
Tel. +49 (0)721/608-42320  
Fax +49 (0)721/608-46012  
www.mach.kit.edu  
redtenbacher@mach.kit.edu

Redaktion:

Dipl.-Kffr. Yvonne Bliestle (verantw.)  
Dr.-Ing. Sören Bernhardt  
Dr.-Ing. Michael Frey  
apl. Prof. Dr.-Ing. Kay Weidenmann

Layout:

Dipl.-Kffr. Yvonne Bliestle

Redaktionsschluss:

Dezember und Juni  
Erscheinungsdatum: 1. März 2019

### Ferdinand Redtenbacher

(1809 bis 1863) war ab 1841 Professor der Mechanik und Maschinenlehre am Polytechnikum in Karlsruhe, der ältesten technischen Lehranstalt Deutschlands, und von 1857 bis 1862 deren Direktor. Das hohe Ansehen des Polytechnikums geht auf ihn zurück. Redtenbacher gilt als der Begründer des wissenschaftlichen Maschinenbaus.

TITELBILD: Zur Untersuchung des Anstreifverhaltens neuartiger Dichtungssysteme in Turbomaschinen wurde am Institut für Thermische Strömungsmaschinen (ITS) ein Versuchsstand aufgebaut. Dieser bietet die Möglichkeit, die Dichtungen in einem realitätsnahen Betrieb zu testen und die Temperaturanstiege im rotierenden System während des Anstreifens messtechnisch zu erfassen.

Foto: KIT/Markus Breig

## Energietechnik als Berufung

*Dr. Dominic von Terzi ist Alumnus des Instituts für Thermische Strömungsmaschinen der KIT-Fakultät für Maschinenbau und forscht im Bereich Windenergie und Flugtriebwerke*

**Dr. Dominic von Terzi promovierte 2004 im Fach Aerospace Engineering an der University of Arizona. 2007 wurde er Nachwuchsgruppenleiter am Institut für Thermische Strömungsmaschinen am KIT. Während seiner Zeit am KIT war er Gründungsmitglied und Sprecher des Young Investigator Networks (YIN). 2011 wechselte Dominic von Terzi als Lecturer in Aerodynamics ans Imperial College London, um dann bis 2018 als Manager für GE Global Research Forschung im Bereich Windenergie und Flugtriebwerke zu leiten. Zwischenzeitlich erhielt er einen Ruf als Lehrstuhlinhaber an eine führende Universität in seinem Forschungsgebiet.**

### Welches waren die größten Herausforderungen, die Sie beim „Sprung in die Wirtschaft“ bewältigen mussten?

Effizienz und Effektivität in der Kommunikation und Aufbau von Vertrauen in globalen Teams. Meine Arbeitstage bei GE waren sofort sehr kommunikationsintensiv und ließen weniger Raum für die eigentlich technische Arbeit als ich dachte. Es war aber die technische Arbeit, die in Produkten heute den Unterschied macht. Ich musste lernen, wie man kostbare Zeit für mich und mein Team für die wesentlichen Arbeiten bewahren kann. Lange Diskussionen, die zu keinem Ergebnis führten oder nicht zielführende Themen behandelten, konnten wir uns oft einfach nicht leisten. Viele Projekte wurden in globalen Teams und unter Zeitdruck bearbeitet. Fehlte es an Vertrauen innerhalb eines Teams, führte das leicht zu unnötigen Fehlern, Zeitverlust und hohem Kommunikationsbedarf. Andererseits konnten Teams mit hohem Vertrauen Berge versetzen. Um Projekte effektiv und erfolgreich durchzuführen, spielte deshalb Teambuilding für mich eine größere Rolle, als ich erwartet hatte.

### Sie waren Mitglied im Gründungsvorstand und sind Ehrenmitglied des KIT Young Investigator Networks. Inwiefern spielen Ihre Erfahrungen aus dem YIN heute für Sie eine Rolle?

Die Erfahrungen in der Weiterbildung und Persönlichkeitsentwicklung, die ich Dank des YIN gemacht habe, waren prägend für meine Arbeitsweise und ein Schlüssel zum Erfolg in der Industrie und in der akademischen Forschung. Davon profitiere ich noch heute, z.B. in Berufungsverfahren, in der Projektleitung oder der Kommunikation mit Mitarbeitern, Forschungspartnern und der interessierten Öffentlichkeit. Außerdem war es sehr bereichernd, all die anderen hochmotivierten Nachwuchsgruppenleiter im YIN kennenlernen zu dürfen, die in so vielen unterschiedlichen Forschungsgebieten Außerordentliches leisteten. Meine Forschung heute ist viel interdisziplinärer als damals und ich glaube, dass meine Erfahrungen im YIN dazu beigetragen haben.

### Was war das Schlüsselerlebnis, das Sie zur Energietechnik führte?

Mein Bereichsleiter kam zu mir und sagte: „Wir haben ein Problem und Du musst es für mich lösen.“ Damit begann eine spannende Reise in die Windenergie. Dann hatte ich das Glück, bei Studien zur Energieerzeugung der Zukunft, der Rolle der Windkraft in diesem System und der Weiterentwicklung der Windkraft mitwirken zu können. Durch diese Studien wurde mir klar, dass in der Welt schon heute erneuerbare Energien oft die ökonomischste Art sind, mit Neuinstallationen Energie zu erzeugen. Dabei stehen sie erst am Anfang und haben noch ein großes Verbesserungspotential. Die Veränderungen in der En-

ergiewirtschaft heute sind wirklich revolutionär und Forschung in der Energietechnik kann uns in eine Welt führen, in der niemand zwischen sauberer und erschwinglicher Energie wählen muss. Das war schon sehr motivierend für mich.

### Welche Rolle spielt der Maschinenbauingenieur aus Ihrer Sicht bei der Umsetzung der Energiewende?

Es geht nicht ohne! Maschinenbau- und Elektrotechnikingenieure sind das Rückgrat für die technische Umsetzung der Energiewende. Das physikalische Verständnis, die technische Kompetenz und der Wille dies zu realen Anwendungen zu bringen, zeichnen in meinen Augen Maschinenbauingenieure aus. Dies sind notwendige Eigenschaften, um unsere Energie- und Mobilitätsprobleme zu lösen und dadurch unsere Zukunft zu gestalten.

### Wenn Sie ein Traumprojekt verwirklichen könnten, für welches würden Sie sich entscheiden?

Entwicklung eines hybriden Energiesystems nur aus erneuerbaren Energien, das auf Knopfdruck jederzeit so viel Energie liefert wie gebraucht wird und das (fast) kostenfrei. Der Hintergrund ist, dass schon jetzt Windkraft und Solarenergie oft die ökonomischste Art der Energieerzeugung in freien Ausschreibungen in der Welt sind. Beide sind auch auf einer Trajektorie der Kostenreduzierung, die nach meiner Einschätzung nur sehr schwer durch andere Energieerzeugungsarten zu schlagen sein wird. Hinzu kommt eine günstige Kostenentwicklung bei den Energiespeichern, vor allem den Batterien. Es gibt auch Studien, die zeigen, dass in bestimmten Gebieten, wie zum Beispiel Kalifornien, ein Mix aus Wind, Sonne und Wasser die Energieversorgung in den letzten hundert Jahren hätte sicherstellen können. Trotzdem ist es immer noch das größte (ökonomische) Risiko einer rein aus erneuerbaren Energien betriebenen Energieversorgung, dass nicht zu jeder beliebigen Zeit (kostengünstiger) Strom geliefert werden kann. Ein cleverer Mix mit intelligenten technischen Lösungen könnte hier den Durchbruch erzielen.

### Was würden Sie einem jetzigen Absolventen mit auf den Weg geben?

Ihr lebt in dynamischen Zeiten voller Möglichkeiten für Maschinenbauingenieure, die Welt zum Besseren zu verändern. Deshalb bleibt offen für Neues, entwickelt Euch ständig weiter und lebt Euren Traum!



Dr. Dominic von Terzi



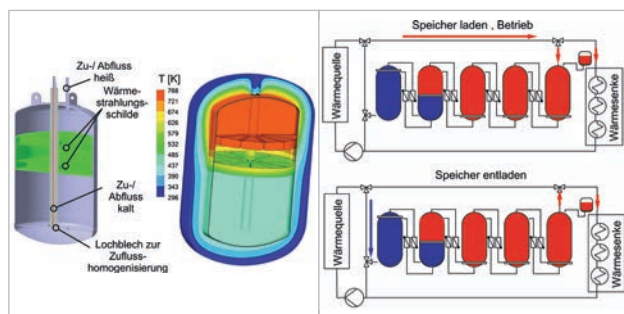
Abb.: Justage der Laseroptik für die Strömungsmessung an einem Einhubtriebwerk für den SFB/TRR 150; Foto: IFKM/ Heiko Kubach

## Zweite Förderperiode SFB/Transregio 150

Im SFB/Transregio 150 „Turbulente, chemisch reagierende Mehrphasenströmungen in Wandnähe“, forschen die Technische Universität Darmstadt (antragstellende Institution) und das KIT gemeinsam. Die Laufzeit begann 2015 und geht nun in die zweite Förderperiode. Das KIT ist mit acht Teilprojekten beteiligt, vier davon im Maschinenbau. Die Anwesenheit von Wänden beeinflusst zahlreiche technologisch und wissenschaftlich bedeutsame Prozesse, wie die Schadstoffbildung in Verbrennungssystemen oder die Bildung prozessstörender Ablagerungen in der Energie- oder Verfahrenstechnik (z.B. Ablagerungen im Abgasstrang bei der  $\text{NO}_x$ -Reduktion durch Einspritzen von Harnstoff-Wasser-Lösung).

Das Institut für Strömungsmechanik (ISTM) befasst sich im Teilprojekt B02 „DNS [Direkte numerische Simulation] der Wärme- und Impulsübertragung über Wänden mit Ablagerungen“ mit der Fragestellung, inwieweit lokale Änderungen der strömungsmechanischen Randbedingungen zu signifikanten Veränderungen des turbulenten

Strömungsverhaltens und des Wärmeübergangs führen. In weiteren Teilprojekten werden reagierende Strömungen untersucht. Hier sucht man Antwort auf Fragestellungen wie den Einfluss wandnaher Prozesse auf die Wechselwirkung von chemischen Reaktionen mit Strömungs- und Transportprozessen. Während bekannte Modelle für die chemische Reaktion in der Gasphase (z.B. bei Verbrennungsprozessen in Motoren) oft zu akzeptablen Ergebnissen bei der Simulation führen, versagen diese vollkommen bei Prozessen in Wandnähe. Neue kinetische Modelle besitzen jedoch einen so hohen Detaillierungsgrad, dass sich ihre Anwendung in Gesamtmodellen technischer Prozesse verbietet. Das Teilprojekt des Instituts für Technische Thermodynamik (ITT) B06 „Reduzierte kinetische Modelle für Verbrennungsprozesse in Wandnähe“ nimmt sich dieser Problematik an und reduziert detaillierte Modelle. Im Teilprojekt B07 des ITT „Modellreduktion für Reaktions-Transport-Systeme im Abgasstrang“ werden die detaillierten Reaktionsmechanismen für das Modellsystem der Harnstoff-Verdunstung und des Zerfalls in Folgeprodukte (z.B. Ammoniak) analysiert und reduziert. Die Anwendung des Modellreduktionsverfahrens auf das Harnstoff-Abgas-System ist neu. Eine immense Herausforderung stellt dar, dass grundsätzlich noch zu klären ist, wie viele Zeitskalen separiert werden können und mit welcher Zahl an Fortschrittsvariablen ein hinreichend genaues, reduziertes Modell auskommt. Die Herausforderung in der Motorenentwicklung besteht vor allem in der gleichzeitigen Absenkung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen. Gerade bei Ottomotoren mit Downsizing-Konzepten, häufig in Kombination mit Motoraufladung, rücken Verbrennungsanomalien wie Klopfen oder Vorentflammung und vor allem die Rußentstehung in den Vordergrund. Hier setzt das Teilprojekt C02 des Instituts für Kolbenmaschinen (IFKM) „Kraftstoff-Wand-Interaktion bei innermotorischer Verbrennung mit Direkteinspritzung und Hochaufladung“ an.



links: Aufbau und CFD Analyse einer eingefrorenen Natriumthermokline für den Einbau in den KASOLA Kreislauf des IATF/INR  
rechts: Schemaskizze zur Speicherbe/-entladung eines modularen Thermoklinen-Aufbaus

## Innovative Hochtemperaturspeicher auf Thermoklinenprinzip

Die in industriellen Prozessen anfallende Hochtemperaturwärme ( $>600\text{ °C}$ ) wird gegenwärtig meist zur weiteren Umsetzung in geringerwertige Niedertemperaturwärme gewandelt, da adäquate effiziente Hochtemperaturspeicher nicht verfügbar sind. Großtechnisch umgesetzte Wärmespeicher basieren zumeist auf Zweitank-Konzepten, die sich durch erhöhte Wärmeverluste und mangelnde Modularität auszeichnen. Thermoklinen, die auf einem Eintank-Prinzip beruhen, erlauben eine Verringerung des apparativen Aufwands, zeigen aber auf Grund der inneren Wärmeleitungsverluste im Fluid – egal ob mit oder ohne Füllmaterial –

hohe innere Wärmeverluste, wenn über längere Zeit keine Wärme abgerufen wird.

In diesem Zusammenhang wurde am Institut für Angewandte Thermofluidik (IATF) und am Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) ein mit flüssigem Natrium betriebener Eintankspeicher mit einer „eingefrorenen“ Thermokline entwickelt. Die Besonderheit dieses sensiblen Wärmespeichers ist der hohe Wirkungsgrad bei kompakter Bauweise. Der hohe Wirkungsgrad wird erreicht, da sich dieser monokline Wärmespeicher dem idealen Schichtspeicher nähert. Die beiden Bereiche im Inneren des Tanks sind durch eine Schwimmbene voneinander getrennt. Diese schwimmende Ebene verhindert die Vermischung der beiden Bereiche und verringert auf Grund ihres hohen thermischen Widerstands die Wärmeverluste vom heißen in den kalten Bereich, wie die Abbildungen links illustrieren. Die Bewegung der Trennebene erfolgt lediglich infolge des Auftriebs der Schwimmbene. Auf der Basis thermodynamischer und fluid-dynamischer Grundlagen wurden entsprechende Modelle entwickelt und das Speicherkonzept patentiert. Gegenwärtig wird ein Demonstrator für flüssiges Natrium aufgebaut ( $\phi=0.9\text{ m}$ ,  $H=2\text{ m}$ ). Die modulare Erweiterung des thermischen Speichervolumens lässt sich mit Hilfe eines passiven Klappensystems beliebig erweitern, wie die Schemaskizze der Speicherbe/-entladung links zeigt. Dies hat den Vorteil, dass das Speichervolumen zu jedem Zeitpunkt immer voll ausgenutzt wird und lediglich an der Trennfläche heiß/kalt ein erhöhter Wärmeübergang auftritt.

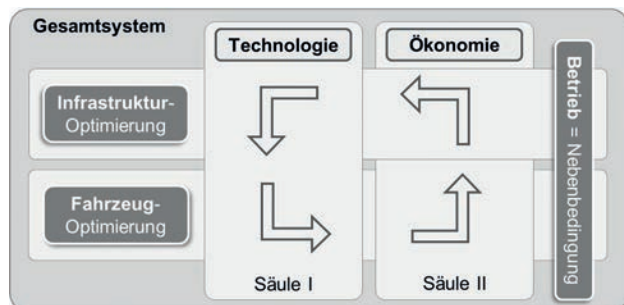


Abb.: Techno-ökonomische Auslegungsmethodik (Kilian Berthold)

### *E-Bus-Linien technisch und ökonomisch optimal ausgelegt*

Getrieben durch den gesellschaftlichen und politischen Trend zu mehr Ökologie, verbunden mit erhöhter Sensibilisierung der Bevölkerung für Lärm- und Abgasemissionen, beginnen deutschlandweit Nahverkehrsbetreiber den Einsatz von elektrisch angetriebenen Stadtbussen zu erproben. Beispielhaft dafür ist das Leuchtturmprojekt PRIMOVE Mannheim, bei dem die Linie 63 mit zwei E-Bussen, deren Batterie an sechs ausgewählten Haltestellen nachgeladen werden kann, betrieben wird. In diesem Projekt war das FAST-Teilinstitut Bahnsystemtechnik für die wissenschaftliche Begleitforschung verantwortlich.

Der Fokus der Forschung war eine Betrachtung auf Gesamtsystemeebene, da die Teilsysteme Fahrzeug, Betrieb und Infrastruktur miteinander in Wechselwirkung stehen und lediglich ein

gesamtheitlich optimales System zielführend ist. Neben technischen wurden auch ökonomische Faktoren hinzugezogen, wodurch sich ein zweistufiger Prozess, wie in der Abbildung dargestellt, ergibt. Hierfür wurde ein Simulationsmodell aufgebaut, dessen Validierung anhand von Messdaten aus dem Fahrgastbetrieb erfolgte. Auf Basis dieses Modells wurde ein optimiertes Energiemanagement entwickelt, bei dem Energieeffizienz und Batterielebensdauer zugleich gesteigert werden können.

Aufgrund des zusätzlichen Bedarfs der Auslegung von Fahrzeug und Infrastruktur zum Betrieb eines elektrisch angetriebenen Busses ist die Komplexität des Planungsprozesses für Verkehrsbetreiber um ein Vielfaches gestiegen. Das Teilinstitut Bahnsystemtechnik setzt sich daher für den Wissenstransfer aus der exzellenten Forschung des KIT mit dem Industriestandort Deutschland ein. Das Leistungsspektrum beginnt mit der Analyse ausgewählter Linien hinsichtlich ihrer Elektrifizierungsmöglichkeiten. Anschließend folgen Machbarkeitsstudien, deren Bestandteil erste Simulationen zur Konzeptionierung des Gesamtsystems sind. Dabei werden die technischen Möglichkeiten unter Vorgabe von Randbedingungen, wie Infrastrukturrestriktionen, Fahrzeugkonfigurationen und der Ladetechnologie eingegrenzt. Bei der Linienplanung wird eine Total Cost of Ownership Kalkulation durchgeführt. Die in der Machbarkeitsstudie identifizierten technischen Konzepte werden hinsichtlich ihrer Kosten über einen definierten Investitionszeitraum verglichen, wodurch eine individuelle Auslegungsempfehlung für den jeweiligen Verkehrsbetreiber abgegeben werden kann.

### *Batterien der nächsten Generation für E-Mobilität und stationäre Speicher*

Große Speicherkapazitäten, kurze Ladezeiten und keine brennbaren flüssigen Elektrolyte – die Festkörperbatterie soll zukünftig sichere Elektromobilität mit großen Reichweiten ermöglichen. Im Kompetenzcluster „FestBatt“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Entwicklung der nächsten Batteriegeneration mit 16 Millionen Euro. Beteiligt sind 14 wissenschaftliche Einrichtungen, darunter das KIT. Koordiniert wird der Kompetenzcluster von der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU). Der Klimawandel, die Schadstoffbelastung durch Straßenverkehr und die Endlichkeit fossiler Brennstoffe machen eine nachhaltige Energietechnologie zu einer wichtigen Zukunftsaufgabe. Insbesondere werden Speicher für regenerative Energien benötigt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten aktuell an einem Mix aus ganz unterschiedlichen Batterien, die auf den Gebrauch in Elektrofahrzeugen oder Speichern in industriellen Anwendungen und Privathaushalten zugeschnitten sind.

Neben den bereits etablierten Lithium-Ionen-Batterien mit flüssigen Elektrolyten im Innern der Batterie, geraten dabei zunehmend auch Batterien in den Fokus der Forschung, die auf Elektrolyten aus festen Materialien basieren. „Solche Festkörperbatterien sind feuersicher und könnten zukünftig größere Speicherkapazitäten und schnellere Ladevorgänge ermöglichen“, sagt Professor Helmut Ehrenberg vom Institut für Angewandte Materialien (IAM) des KIT. Dieser Batterietyp habe deshalb das Potenzial, sowohl si-

chere Elektromobilität mit großen Reichweiten zu ermöglichen als auch stationär eingesetzt zu werden. Beispielsweise könnte man Festkörperbatterien auch als effektive Speicher für Strom aus privaten Photovoltaikanlagen nutzen. Um diese Ziele zu erreichen, bestehe bei der Festkörperbatterie aber noch erheblicher Forschungsbedarf. [...] „FestBatt“ besteht insgesamt aus fünf Verbundprojekten: drei Material- und zwei Methodenplattformen. In der ersten Projektphase steht die reproduzierbare Herstellung geeigneter Festelektrolyte im Fokus. „Die Auswahl kompatibler Materialien ist essenziell für das spätere Zelldesign. Die bei uns durchgeführte elektrochemische Charakterisierung liefert die wichtigsten materialspezifischen Parameter und ermöglicht so die Auswahl leistungsfähiger Materialkombinationen“, sagt Professorin Ellen Ivers-Tiffée, die gemeinsam mit Ehrenberg in der vom KIT koordinierten Methodenplattform zur Charakterisierung für „FestBatt“ arbeitet, in der wiederum Partner aus Jülich, Gießen und Marburg eingebunden sind. Auch in allen anderen Plattformen des Kompetenzclusters ist das KIT vertreten. So arbeiten Professorin Britta Nestler (IAM), Dr. Michael Selzer (IAM) und Professor Arnulf Latz vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Helmholtz-Institut Ulm [...] in einer weiteren Methodenplattform, die sich mit Theorien und Daten rund um die Festkörperbatterie beschäftigt. Professor Michael Hoffmann (IAM) wiederum forscht in einer Materialplattform, die unterschiedliche Oxide untersucht.[...]

[Auszug aus der Presseinformation 126/2018 des KIT]

## Energietechnik im Masterstudiengang Maschinenbau

Die Masterstudiengänge Energietechnik und ENTECH der KIT-Fakultät für Maschinenbau sind zum Sommersemester 2017 ausgelaufen. Beide Studiengänge wurden in den Masterstudiengang Maschinenbau integriert, so dass sich Studieninteressierte mit dem Interessensgebiet Energietechnik in den Masterstudiengang Maschinenbau einschreiben und Vertiefungen und Schwerpunkte entsprechend wählen können. Dabei profitieren die Studierenden insbesondere von den vielfältigen Kompetenzen im KIT-Zentrum Energie.

Auch Studierende, die den internationalen Doppel-Masterabschluss Energy Technologies (ENTECH) erwerben wollen, können dies nach wie vor an unserer Fakultät tun. Das Doppel-Master-Studienangebot ist Teil des European Innovation and Technology (EIT) Programms der Europäischen Union und eignet sich besonders für Studierende, die innovativ auf internationaler Ebene im Bereich Energie arbeiten möchten und sich für Entrepreneurship interessieren. Neben dem KIT sind an dem Doppel-Masterabschluss die Universität Uppsala in Schweden,

das Institut Polytechnique de Grenoble in Frankreich sowie das Instituto Tecnico in Lissabon, Portugal, beteiligt. 2017 wurde der Studiengang am KIT in die bestehenden Studienangebote der Fakultäten Maschinenbau, Elektroingenieurwesen sowie Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik integriert. Der Integrationsprozess wird in diesem Jahr abgeschlossen.

Für weitere Informationen und Beratung wenden Sie sich an den Direktor des Doppel-Master-Programms Prof. (apl) Dr.-Ing. Andreas Class oder den Koordinator Dr.-Ing. Florian Bauer.

### Kontakt:

Doppel-Master-Programm des EIT  
Dr.-Ing. Florian Bauer, Koordinator  
florian.bauer@kit.edu

## Chancen durch Wasserkraft – Hydroélectricité Idjwi Gastbeitrag des Hochschulvereins Engineers Without Borders KIT e.V.



Abb.: Gemeinsam mit den lokalen Arbeitern werden die Fundamente für das Fallrohr betoniert.

Wir, ein Zusammenschluss von Studenten verschiedener Fachrichtungen, haben uns zum Ziel gesetzt, einen Industriecampus auf der Insel Idjwi im Osten der DR Kongo, mit Strom zu versorgen. Aber erstmal zurück zum Anfang, wer sind wir überhaupt: Wir sind Teil des Hochschulvereins „Engineers Without Borders KIT e.V.“. In unserem Verein engagieren sich rund 300 Studenten ehrenamtlich neben ihrem Studium in mehreren Projekten weltweit. Unser Ziel besteht darin, in wirtschaftlich, sozial und politisch benachteiligten Regionen mit Menschen vor Ort neue Perspektiven durch die Realisierung von Ingenieursprojekten zu schaffen. In unserem Projekt setzen wir, in enger Kooperation mit unseren kongolesischen Projektpartnern, den Ausbau einer Wasserkraftanlage um. Diese soll mit ca. 60 kW mehrere Verbraucher auf dem Industriecampus mit Strom versorgen, um auf den teuren Einsatz

von Dieselgeneratoren verzichten zu können. Durch die Arbeits- und Ausbildungsmöglichkeiten auf dem Industriecampus, auf dem unter anderem Säfte, Seifen und Kaffee produziert werden, soll die wirtschaftliche und soziale Entwicklung der Region gestärkt und der Handlungsspielraum der Menschen vor Ort erhöht werden.

Im Jahr 2018 konnten wir viel bewegen. Gerade sind wir dabei, die erste Projektphase abzuschließen. Der technische Teil beinhaltet den Neubau der Stromleitung, Bauarbeiten am Zulaufkanal und am Fallrohr, sowie die Inbetriebnahme des neuen Maschinenhauses. Ein weiterer Schwerpunkt ist die gesellschaftliche Arbeit, in der wir eine Wirkungslogik erarbeitet haben, um die gesellschaftliche Entwicklung unseres Projektes im Blick zu behalten.

Wir konnten inzwischen viele Kontakte zu den Menschen auf Idjwi knüpfen und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern aufbauen. Außerdem haben wir erlebt, wie groß die Eigeninitiative ist und sind überzeugt, dass es sich lohnt, hier die Entwicklung weiter zu fördern. Auf dieser Basis beginnen wir nun unsere nächste Projektphase zu planen.

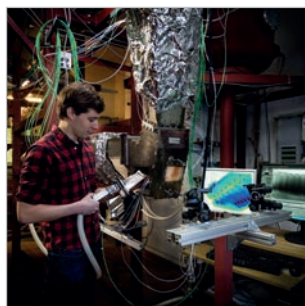
### Kontakt:

Engineers Without Borders  
Daniela Kaun  
pr-dr-congo@ewb-karlsruhe.de

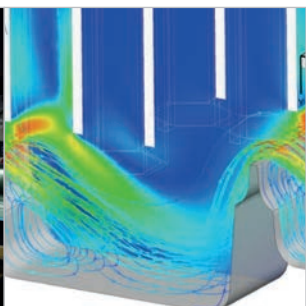
<https://ewb-karlsruhe.de/dr-congo/>

## Institut für Thermische Strömungsmaschinen (ITS)

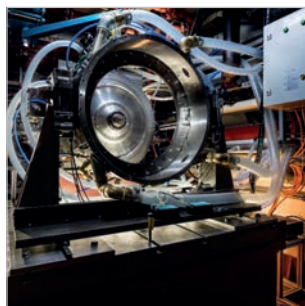
Die Forschungsschwerpunkte am Institut für Thermische Strömungsmaschinen (ITS) liegen im Bereich der Turbomaschinen. Dazu zählen vor allem Triebwerke von Flugzeugen sowie Gas- und Dampfturbinen, aber auch Turbolader für Kraftfahrzeuge. Haupttreiber der Forschung in diesem Bereich sind die Bestrebungen, sowohl die Treibhausgas- als auch die Schadstoffemissionen zu reduzieren. Das ITS forscht an Technologien, die den negativen Einfluss des Mobilitäts- und Energiesektors auf die Umwelt minimieren, ohne die Belange der Wirtschaftlichkeit oder der Betriebssicherheit aus den Augen zu verlieren.



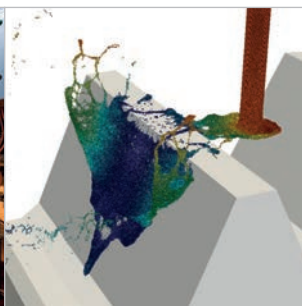
Messung des Wärmeübergangs an Turbomaschinenschaufeln



Simulation der Strömungsverhältnisse in einer Dichtung



Prüfstand zur Charakterisierung von Dichtungen



Simulation eines Ölstrahls zur Kühlung eines Zahnrads

Die Forschungsarbeiten am ITS fokussieren sich insbesondere auf die „heißen“ Teile der Maschinen. Dazu zählen neben der Brennkammer und der Hochdruckturbinen auch das Luft- und das Ölsystem. Entsprechend der untersuchten Komponenten ist das Institut thematisch in die drei Arbeitsgruppen „Verbrennung und Zweiphasenströmung“, „Luft- und Ölsystem“ und „Wärmeübergang und Kühlmethoden“ unterteilt. In ihnen werden sowohl moderne Messtechniken für experimentelle Untersuchungen als auch neueste numerische Verfahren zur Simulation von Strömungs- und Wärmeübergangsprozessen entwickelt und eingesetzt.

Zu den größten aktuellen Herausforderungen des Turbomaschinenbaus zählt derzeit die Einführung von Hochleistungsgetrieben in Flugtriebwerken. Mit Hilfe derartiger Getriebe ist es möglich, den Durchmesser des Fans (Gebläse) am Triebwerkeintritt und damit das Nebenstromverhältnis zu erhöhen, um dadurch den Vortriebswirkungsgrad des Triebwerks zu steigern und Treibstoff einzusparen. Die Anforderungen an die Leistungsdichte, die Zuverlässigkeit und nicht zuletzt die Effizienz des Getriebes sind enorm. Das ITS ist bei der Erforschung dieser neuen Komponente sowohl mit experimentellen als auch numerischen Methoden intensiv beteiligt. Im Fokus steht hierbei insbesondere die Kühlung der Zahnflanken, die sehr großen Belastungen ausgesetzt sind.

Darüber hinaus wird am ITS die Zerstäubung von Kraftstoffen in Triebwerksbrennkammern erforscht. Mithilfe von Rechenverfahren aus der Astrophysik wurde am ITS die Möglichkeit geschaffen, einen „Digital Twin“ realer Einspritzdüsen von Flugtriebwerken zu simulieren und diese schadstoffarm neu zu gestalten. Techniken aus der Visualisierung und Datenanalyse gestatten neuartige Einblicke in physikalische Prozesse, die messtechnisch aufgrund der hohen Drücke und Temperaturen in Triebwerksbrennkammern experimentell nicht zugänglich sind. Neue statistische Verfahren aus der Finanzwelt unterstützen bei der Modellierung des Einspritzvorgangs. Weitere Beispiele für die Forschung am ITS sind innovative Dichtmethoden, die Optimierung von Kühlmethoden oder die Wärmeübertragung in Mikrokanälen.

Die europaweite Zusammenarbeit mit namhaften Herstellern des

Turbomaschinenbaus legt den Fokus auf aktuelle Fragestellungen von hoher Relevanz. Erst im letzten Jahr feierte das ITS seine 10-jährige Mitgliedschaft im Verbund der „University Technology Center“ von Rolls-Royce.

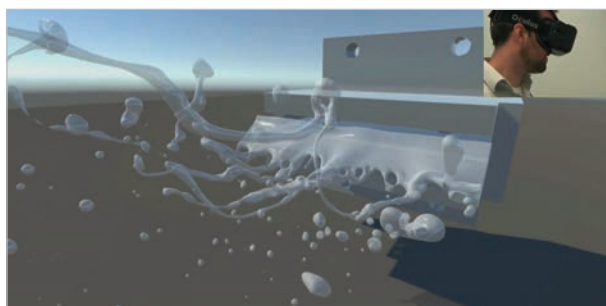


Abb.: Ergebnisse einer SPH-Simulation (Smoothed-particle hydrodynamics) des Primärerfalls von Kraftstoff in immersiver Realität

Für Studierende bietet das ITS ein umfangreiches Angebot in Form von Vorlesungen, Laboren und Praktika das Fachgebiet der Thermischen Turbomaschinen zu studieren. Zusätzlich zu den regulären Veranstaltungen ermöglichen das „Praktikum für rechnergestützte Messtechnik“ und der „CFD-Kurs mit OpenFOAM“ lernen angehende Ingenieure anhand praktischer Beispiele forschungsbezogene Themen kennen oder können in Bachelor- und Masterarbeiten aktuellen Forschungsthemen bearbeiten.

### Kontakt:

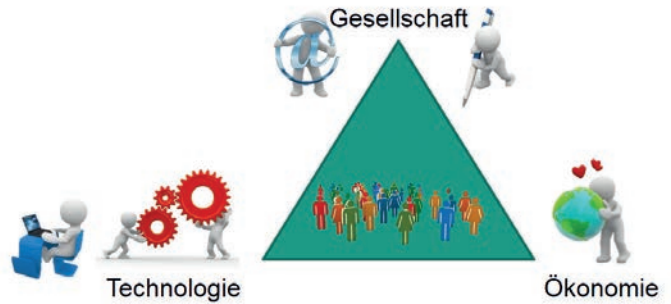
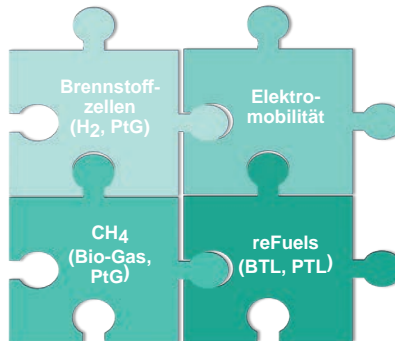
Institut für Thermische Strömungsmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Bauer  
M.Sc. Thilo Dauch  
Für weitere Informationen: [thilo.dauch@kit.edu](mailto:thilo.dauch@kit.edu)

[www.its.kit.edu](http://www.its.kit.edu)

## Kraftstoffe neu denken – reFuels



Die Nutzung regenerativ hergestellter Kraftstoffe (reFuels) ist neben der Elektromobilität ein aussichtsreicher Pfad hin zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität. Diese Kraftstoffe können aus Reststoffen der Land- und Forstwirtschaft, aus Industrie- und Siedlungsabfällen, aber auch aus CO<sub>2</sub> in Verbindung mit dem über Elektrolyse von Wasser gewonnenen Wasserstoff hergestellt werden. Diese Kraftstoffe zusammen bilden die Gruppe der reFuels. Die den fossilen Kraftstoffen entsprechende hohe Energiedichte von reFuels erlaubt den Einsatz in Anwendungen bei denen Volumen und Gewicht für die Speicherung begrenzt sind.



Das zweijährige Projekt, in dem vier Ministerien des Landes Baden-Württemberg mit 14 industriellen Partnern und sechs KIT-Instituten zusammenarbeiten, soll die nachhaltige Umsetzbarkeit regenerativer Kraftstoffe im Alltag von den Rohstoffen über die Synthese bis hin Nutzung demonstrieren. Neben der Effizienz der Erzeugung von reFuels sind zentrale Aspekte die Definition der Kraftstoffe, der Eignung im Betrieb der Bestandsflotte (Straße und Schiene) sowie die gesellschaftliche Akzeptanz.

## Aktuelles aus der Fakultät

### Außerplanmäßige Professur für PD Dr. rer.-nat. Hendrik Hölscher

PD Dr. rer.-nat. Hendrik Hölscher vom Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT) wurde zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Dr. Hölscher studierte Physik an der Universität Hamburg und promovierte ebendort mit einer Dissertation über die „Kontrastmechanismen in der Rasterkraftmikroskopie“. Seit 2008 leitet Herr Hölscher am Institut für Mikrostrukturtechnik die Abteilung „Biomimetische Oberflächen- und Raster-Sonden-Technologien“ und hält seit 2010 die Vorlesungen Nanotechnologie, Bionik und Nanotribologie für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 2012 habilitierte er sich im Fach Nano- und Mikrotechnik in der Fakultät Maschinenbau des KIT.

### Bestellung von Dr. Martin Kremmer zum Honorarprofessor

Dr. Martin Kremmer studierte an der Technischen Hochschule Köln und promovierte an der University of Newcastle (UK). Seine industrielle Laufbahn begann beim Unternehmen John Deere im Werk Mannheim als Senior Engineer für Produktverifikation und -validierung und setzte sich über mehrere Positionen und Standorte des Unternehmens fort. Bereits seit 2007 hält er die Vorlesung „Traktoren“, die bei den Studierenden aufgrund des hohen Engagements und des engen Praxisbezugs großen Anklang findet. Seit Herbst 2017 ist Dr. Kremmer als Manager Integrated Solutions Technology Strategy in das John Deere World Headquarter nach Moline IL, USA entsandt. Seine Vorlesung am KIT hält er weiterhin.



Foto: Prof. Marcus Geimer vom Institut für Fahrzeugsystemtechnik beim Fakultätsfestkolloquium mit dem Honorarprofessor Martin Kremmer (links) und Prof. Peter Pickel von John Deere (rechts)

### Goldene Promotionen

Die Fakultät ehrt mit der Erneuerung der Promotionsurkunde Dr.-Ing. Roderich Fischer und Prof. Dr.-Ing. Helmut Siekmann, die vor 50 Jahren an der damaligen Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik promovierten. Dr.-Ing. Roderich Fischer promovierte am 27.11.1968 mit dem Thema „Abschirmung von harmonischen und zufälligen Erschütterungen“ bei Prof. Fritz Weidenhammer. Prof. Dr.-Ing. Helmut Siekmann promovierte am 4.12.1968 mit dem Thema „Relativströmungen an Schiffsschrauben“ bei Prof. Heinz Marcinowski.



Foto: Dekan Prof. Carsten Proppe, Dr.-Ing. Roderich Fischer und Prof. Walter Wedig. Prof. Wedig promovierte zur gleichen Zeit wie Dr.-Ing. Fischer am Institut für Technische Mechanik (ITM).

### Umbenennung IFRT in IATF

Das Institut für Fusionstechnologie und Reaktortechnik (IFRT) wurde umbenannt in Institut für Angewandte Thermofluidik (IATF).

### Integration der Masterstudiengänge Energietechnik und ENTECH in den Masterstudiengang Maschinenbau

Zum Sommersemester 2017 wurden die Masterstudiengänge Energietechnik und ENTECH in die bestehenden Studienangebote des Maschinenbaus integriert. Mehr auf Seite 6.

**Das nächste Fakultätskolloquium findet im Sommersemester am 19.7.2019 statt.**