

## Werkstoffe der Zukunft

Prof. Frank Walther und seine Teams von der Werkstoffprüftechnik an der Fakultät Maschinenbau forschen an innovativen Materialien. Erst diese machen die Herstellung vieler Hochleistungsprodukte möglich.

Dem Autopionier Henry Ford wird nachgesagt, dass er die Werkstoffprüfung von Konstruktionsteilen seiner Pkw dem Kunden überließ: Er verbaute immer dünnere Bleche, bis sein Modell T, auch Tin Lizzie oder „Blechliesel“ genannt, im Alltagsbetrieb auseinanderbrach. Anschließend setzte er etwas stabilere Bleche ein, und schon hatte er bei minimalem Materialeinsatz die gewünschte Qualität seiner Fahrzeuge erreicht.

Mit dieser rustikalen Prüftechnik hatte Ford schon sehr früh eine Art Hase-Igel-Spiel im Karosseriebau eröffnet. Das Spiel hält immer noch an und wurde längst auf viele andere Bereiche wie etwa den Flugzeugbau ausgeweitet: Die Industrie will möglichst leichte, aber gleichzeitig hochfeste Werkstoffe nutzen. Autokarosserien und Flugzeugrümpfe werden so immer leichter, ohne an Stabilität zu verlieren. Das spart Material beim Bau und Treibstoff im Betrieb der Fahr- und Flugzeuge. Dass diese Gewichtseinsparungen etwa bei Autos durch den Einbau von zusätzlichen Aggregaten wieder aufgehoben und Pkw immer größer und schwerer werden, ist die andere Seite des Hase-Igel-Spiels.

#### Materialien auf dem Prüfstand

An der TU Dortmund sind es Prof. Frank Walther und seine Teams, die auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik mit Schwerpunkt in der Mess- und Prüftechnik seit Dezember 2010 forschen. „Im Zeitalter von Hightech und Perfektion sind fehlerfreie Hochleistungsprodukte und individualisierte Fertigungsstrategien für viele Branchen unverzichtbar geworden“, sagt Prof. Walther. „Ohne fortschrittliche maßgeschneiderte Werkstoffprüf- und -analyseverfahren sowie erstklassige Prüfkompetenz sind diese Innovationen undenkbar.“

So stehen beispielsweise mit Stahl und Aluminium zwei Werkstoffklassen im Wettbewerb, der bislang keinen finalen „Sieger“ kennt. Die Karosserie des Spitzenmodells der Audi-Fahrzeugflot-

te, des Audi A8, wurde eine Zeit lang komplett aus Aluminium gefertigt. Damit wollte der Autobauer seinen Slogan „Vorsprung durch Technik“ untermauern. Doch setzte sich diese Bauweise weder bei Audi noch in der Branche durch; der aktuelle A8 wird längst wieder aus verschiedenen Metallen zusammengebaut.

Vier Forschungsgruppen beschäftigen sich bei Prof. Walther mit der (Weiter-)Entwicklung und Validierung von Werkstoffprüfstrategien und -verfahren. Auf dem Prüfstand stehen Stähle, Leichtmetalle, Verbundwerkstoffe sowie 3D-Druck beziehungsweise Additive Fertigung. Rund 30 wissenschaftliche und technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, circa 25 studentische Hilfskräfte, Studierende, die ihre Bachelor- und Masterarbeiten anfertigen, sowie Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sind beim Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) tätig. Die geförderten Forschungsprojekte bilden ein weites Themenfeld aus der Automobil- und Bahntechnik, der Luft- und Raumfahrt, Biomedizintechnik, Energietechnik und Bauwesen ab.

Im Forschungsbereich Stähle kümmert sich das Team um Gruppenleiter Nikolaas Baak sowohl um etablierte wie auch neuentwickelte Stähle. Weltweit sind inzwischen rund 2.500 Stahlsorten mit einer Normzulassung auf dem Markt – von wetterfestem Baustahl für den Brückenbau über Einsatz- und Vergütungsstähle bis hin zu Stählen für sicherheitsrelevante Komponenten und Bauteile in Kraftwerken. Ein Thema sind auch Lötverbindungen aus nicht rostenden Chrom-Nickel-Stählen und Lote auf Basis von Gold und Nickel, die beim Bau von Abgaswärmetauschern eingesetzt werden. Das Ziel der Forschung liegt in der sicheren und wirtschaftlichen Anwendung von Stählen. Dabei berücksichtigen die Forscherinnen und Forscher auch den sparsamen Umgang mit dem Material – die Ressourceneffizienz – sowie die Sicherheit des Werkstoffs bei seiner Anwendung und Funktion.

„Der Fokus unserer Arbeit liegt darauf, zu charakterisieren und zu modellieren,



**Prof. Frank Walther** leitet seit dem Wintersemester 2010/2011 das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) in der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund. Von 1992 bis 1997 studierte er Maschinenbau mit der Vertiefung Werkstofftechnik an der TU Kaiserslautern. Danach war er bis 2002 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und bis 2008 als Wissenschaftlicher Assistent und Leiter des Bereichs „Schwingfestigkeit“ am Lehrstuhl für Werkstoffkunde der TU Kaiserslautern beschäftigt. Seine Promotion schloss er 2002 und seine Habilitation 2007 ab. Von 2008 bis 2010 war er für die Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG in Herzogenaurach im Zentralen Innovationsmanagement tätig. Seine Forschungsschwerpunkte in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sind die mikrostruktur- und mechanismenbasierte Charakterisierung und Modellierung des Ermüdungsverhaltens und der Schädigungsevolution sowie die (Rest-) Lebensdauerberechnung auf der Basis physikalischer Werkstoffreaktionsgrößen.

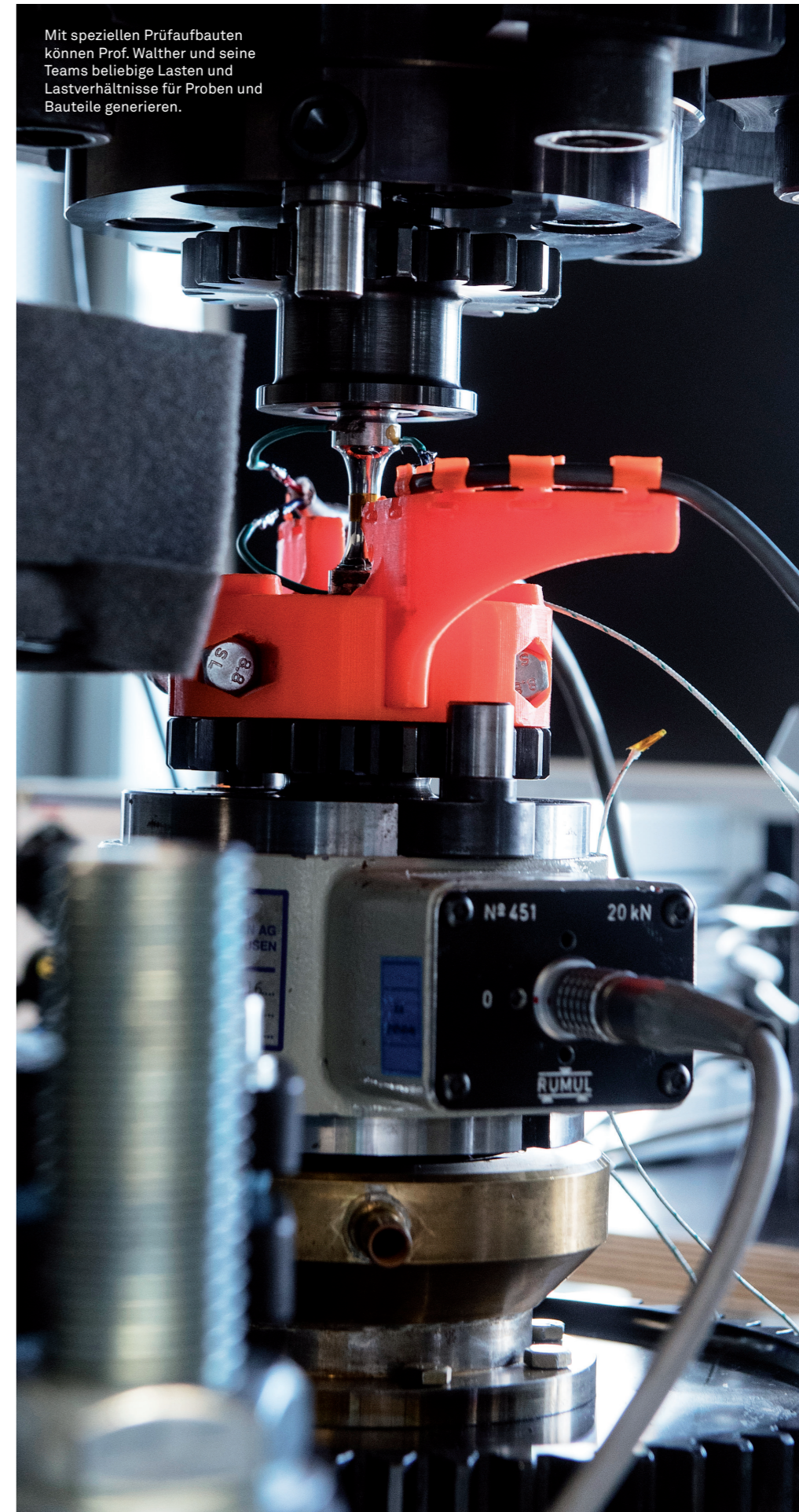
## In Kürze

### Die Technik

*Prof. Walther und sein Team analysieren im Labor mit modernstem Equipment, wie sich Werkstoffe oder Bauteile im Alltag unter Betriebsbedingungen verhalten.*

### Der Nutzen

*Auf Basis der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse können die letzten Reserven an Leistungsfähigkeit aus den Materialien im Sinne von Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit „herausgekitzelt“ werden.*



Mit speziellen Prüfaufbauten können Prof. Walther und seine Teams beliebige Lasten und Lastverhältnisse für Proben und Bauteile generieren.



Das Team der Werkstoffprüftechnik um Prof. Frank Walther.

wie ein Werkstoff sich im Alltag unter Betriebsbedingungen verhält. Dafür nutzen wir innovative, zeit- und kosteneffiziente Mess- und Prüfmethode sowie Modellierungs- und Simulationsansätze“, sagt Prof. Walther.

#### Prüfen bis zur Belastungsgrenze

Technologische Trends stellen dabei die Forscherinnen und Forscher vor neue Herausforderungen. So haben Motorenbauer den Einspritzdruck bei Dieselmotoren von wenigen Hundert auf inzwischen bis zu 2.500 bar gesteigert. Gleichzeitig haben die Motoren immer weniger Hubraum und auch weniger Zylinder – Fachleute sprechen vom Downsizing –, die Leistung je Liter Hubraum steigt also. Folglich muss die Schwingfestigkeit des Materials steigen, um eine Ermüdungsschädigung unter schwingender Last zu vermeiden. Bereits im Rahmen seiner Doktorarbeit beschäftigte sich Prof. Walther mit der Ermüdung von ICE-Radstählen und weiß um die Bedeutung dieses Forschungsbereichs. Ermüdung führt immer wieder zum Versagen des Materials und damit einhergehenden, folgenreichen Unfällen. Die Forschung am WPT, im Rahmen derer mittels neuester Prüfstände und -technologien Werkstoffe bis zum Zerreißen belastet werden, „kitzelt“ die letzten Reserven an Leistungsfähigkeit aus den Werkstoffen.

Im Bereich der Leichtmetalle und additiv gefertigten Leichtmetalle – besser bekannt als 3D-Druck oder Additive Fertigung – untersuchen zwei Teams von

Prof. Walther unter anderem Aluminium-, Magnesium- und Titanlegierungen. Der Einsatz der Technik macht auch vor dem Menschen nicht halt: „Im Bereich der Biomaterialien steht die Leistungsfähigkeit medizinischer Implantate im menschlichen Körper unter der mechanischen Belastung des Alltags auf dem Prüfstand“, sagt Jochen Tenkamp, Gruppenleiter „Additive Fertigung“. Im Sinne eines umweltfreundlichen Leichtbaus fahren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Simulationsversuche mit defektbehafteten Proben und Bauteilen, etwa aus dem 3D-Druck. „Damit nutzen wir Leistungsreserven optimal aus, schonen Ressourcen und sparen Energie“, berichtet Alexander Koch, Gruppenleiter „Leichtmetalle“. Ein Beispiel sind recycelte Aluminiumspäne, die – ohne sie vorher einzuschmelzen – direkt mit anderem Material zu neuen Strängen gepresst werden.

Der Forschungsbereich „Verbundwerkstoffe“ beschäftigt sich mit hochinnovativen Materialien. Mit Glas- oder Kohlenstofffasern verstärkte Kunststoffe sind längst bekannt. Doch inzwischen stehen bei Prof. Walther auch Werkstoffe auf dem Prüfstand, die auf Cellulose basieren: Das heißt, nachwachsende Rohstoffe wie Holz oder Baumwolle kommen bei diesen Werkstoffen zum Einsatz. Damit folgt die Wissenschaft dem Techniktrend, durch Leichtbau nicht nur die Energieeffizienz zu steigern, sondern auch Ressourcen nachhaltig zu nutzen. Geprüft werden vor allem mechanische, thermische und chemische Leistungsmerkmale, also die Abhängigkeit von der Last- und Dehnrates, Temperatur und Umgebungsfeuchte. „Auf dieser Grund-

lage kann ein Modell zur Lebensdauer des Materials erstellt werden – das ist für den Einsatz der Verbundwerkstoffe sehr wichtig“, sagt Gruppenleiterin Ronja Scholz.

#### Naturstoff werden neue Eigenschaften „antrainiert“

Ein Beispiel dafür ist Cottonid: Der Werkstoff ist ein abgewandelter Naturstoff, der aus maschinell hergestellten Papierbahnen gefertigt wird. Er basiert zu 100 Prozent auf dem nachhaltigen Biopolymer Cellulose. Durch eine chemische Modifizierung der Cellulose über einen Katalysator können dem Material Eigenschaften „antrainiert“ werden, die durchaus vergleichbar mit technischen Kunststoffen sind. Im Themenfeld der biomimetischen Architektur – einem Baustil, der natürlichen Vorbildern folgt – und der Baubionik – bei der die Natur Vorbild für die Bautechnik ist – erfahren Naturstoffe eine Renaissance im Bauingenieurwesen. Die Mikrostruktur von Cottonid wird inzwischen auf der Grundlage der Erkenntnisse, die bei den WPT-Tests gewonnen werden, so angepasst, dass dieser Werkstoff eigenschaftsoptimiert für den Leichtbau eingesetzt werden kann. So verfügt das Material über eine hohe mechanische Belastbarkeit sowie eine geringe Dichte und ist korrosions- und chemikalienbeständig.

Die Förderung der DFG für Prof. Walthers Forschung ist vielfältig: Seit 2017 ist das WPT-Team mit zwei Forschungsprojekten im von der TU Dortmund und der RWTH Aachen initiierten Sonderfor-

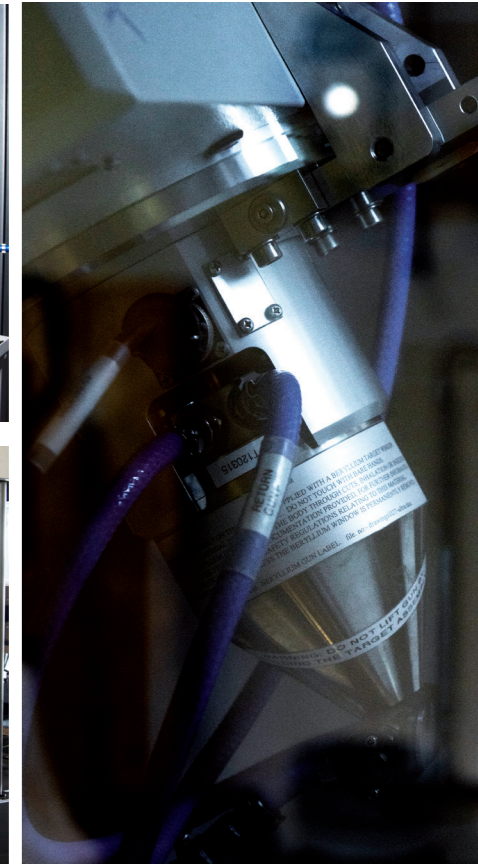
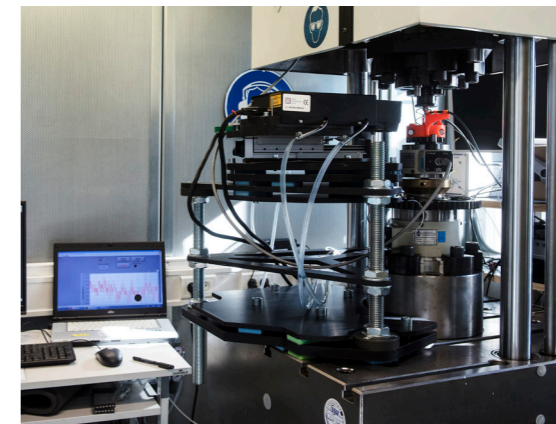
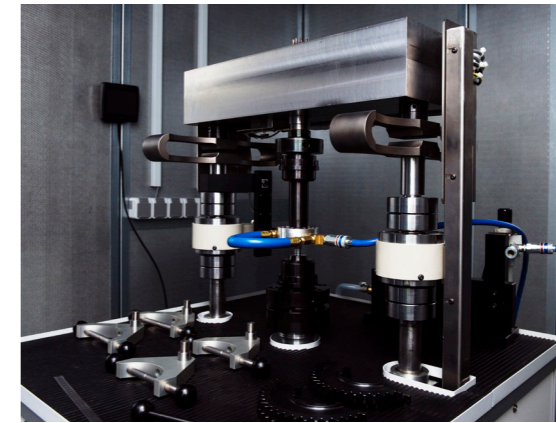
schungsbereich/Transregio (SFB/TRR) 188 zu „Schädigungskontrollierten Umformprozessen“ vertreten. In der ersten Förderperiode wurde im interdisziplinären Konsortium aus Umformtechnik, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik sowie Mechanik ein grundlegendes Verständnis zu den Schädigungsmechanismen, die beim Umformen von Materialien wirken, gewonnen und erforscht, wie sich diese auf die Produkteigenschaften auswirken.

Zudem arbeitet das WPT mit vier Forschungsprojekten in den Schwerpunktprogrammen 2013 zur „Gezielten Nutzung umformtechnisch induzierter Eigenspannungen in metallischen Bauteilen“, 2086 zur „Oberflächenkonditionierung in der Zerspanung“, 2122 zu „Materialien für die Additive Fertigung“ und 2183 zu „Eigenschaftsgezielten Umformprozessen“. Mit diesen Forschungsansätzen würden die Voraussetzungen für die Entwicklung einer neuen Generation von maßgeschneiderten leistungsfähigen Produkten geschaffen, die während ihrer Nutzungsphase zuverlässig ihren Dienst versähen, erklärt Prof. Walther.

#### Spektakuläre Erfolge

Das WPT-Team um den Professor aus der Fakultät Maschinenbau und die beiden Oberingenieure Daniel Hülsbusch und Dr. Marina Knyazeva kann auf spektakuläre Erfolge zurückblicken, die in den Endprodukten „versteckt“ sind. Ein Beispiel liefert ein Vergleichstest eines Opel Kadett aus dem Jahr 1965 mit seinem Nach-Nachfolger Opel Astra, Baujahr 2020. Durch den Einsatz moderner Werkstoffsysteme, deren Eigenschaften auch durch die Arbeit der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik kontinuierlich verbessert wurden, schlägt der Astra 2020 das Urmodell in allen Kategorien: schneller, größer, sparsamer, besser ausgestattet, sicherer. Nur der Kofferraum des Kadetts ist größer – aber das war noch nie ein Thema für die Werkstoffprüftechnik.

Martin Rothenberg



Der Hochfrequenz-Resonanzpulsator (oben links) setzt metallische Werkstoffe einer Belastung im Bereich sehr großer Lebensdauern aus, wie sie für die Automobil- und Luftfahrt wichtig sind. Dadurch lässt sich das Ermüdungsverhalten der Werkstoffe in sehr kurzer Zeit untersuchen. Der Resonanzpulsator (unten links und vorherige Seite) prüft die Schwingfestigkeit von Werkstoffen. Im Computertomographiesystem (rechts) lassen sich tiefe Einblicke auch in innenliegende Strukturen von Werkstoffen und Bauteilen – mit und ohne Belastung – gewinnen.

„Forschungsgroßgeräte, Sonderforschungsbereiche/Transregios, Schwerpunktprogramme und Sachbeihilfen – die DFG hat die Forschung am WPT mit verschiedensten Programmen hervorragend gefördert. Für die Unterstützung sei der DFG sowie allen akademischen und industriellen Forschungspartnern, die mit dem WPT zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen im Rahmen exzellenter Initiativen und Verbünde kooperieren, herzlich gedankt.“

Prof. Frank Walther