



**Steinbeis**

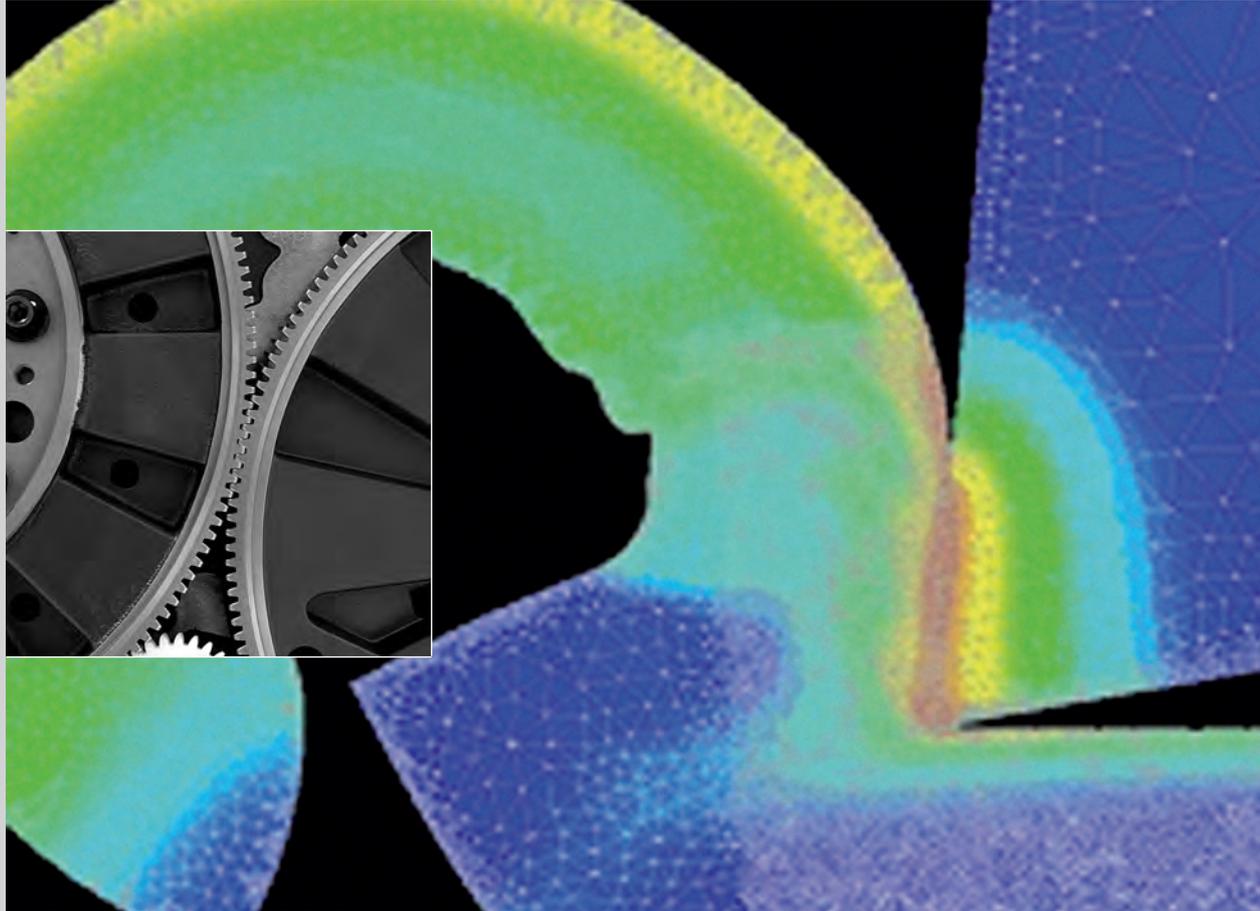


**DVM**



**Tagungsband**

**Fertigung und Bauteileigenschaften**



**Tagungsreihe Angewandte Technologien**

20. Juni 2007

Haus der Wirtschaft, Stuttgart



## Inhalt

05 | Vorwort

06 | Programmübersicht

08 | Referenten- und Autorenprofile

16 | Abstracts der Vorträge

38 | Steinbeis

---

40 | Deutscher Verband für Materialforschung (DVM)

---

42 | IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

44 | Aussteller-Übersicht

46 | Aussteller-Profile



## Vorwort

Die Tagungsreihe „Angewandte Technologien“ mit ihrer ersten Veranstaltung zum Thema „Fertigung und Bauteileigenschaften“ widmet sich den komplexen Problemstellungen der Werkstofftechnik, Produktionstechnik und Betriebsfestigkeit.

Der vorliegende Tagungsband beinhaltet die Zusammenfassung der Beiträge, den Programmablauf sowie Informationen zu den Referenten, Autoren und der Fachausstellung. Auch über diese Tagung hinaus sollen die Fachbeiträge informativ sein und für die Praxis wichtige Anregungen liefern.

Im Kontext von Produktivität, Kosten, Prozesssicherheit und Produktqualität liegt der Fokus der Diskussion auf den Bereichen der werkstoffspezifischen Anforderungen an die Fertigung für Stähle, Leichtmetalle und Kunststoffe, außerdem auf der Erzielung spezifischer Bauteileigenschaften für realistische Beanspruchungen und Umgebungsbedingungen durch Fertigungsprozesse. Auch die dem Fertigungsprozess vorgelagerte numerische Simulation ist ein wichtiger Schritt der gesamten Produktion.

Die Beiträge gehen inhaltlich auf die Funktionsfähigkeit sowie Haltbarkeit und somit den Gebrauchswert der Bauteile ein, die nicht nur durch ihre konstruktive Auslegung und den Werkstoff, sondern auch entscheidend durch die bei ihrer Herstellung eingesetzten Fertigungsverfahren beeinflusst werden. Die Bauteilgeometrie und Beanspruchung werden durch die Konstruktion und Berechnung bestimmt und berücksichtigt. Die Oberfläche und die Randschicht entstehen allerdings erst bei der Herstellung. Das Wissen um den Einfluss der Fertigung auf die Randschichten und damit auf die Festigkeit bietet effektive Möglichkeiten, aktiv das Verhalten des entstehenden Bauteils zu beeinflussen.

Die Komplexität der heutigen Produktion macht die Kenntnis und Beherrschung vieler einzelner Details nötig. Nur im Zusammenspiel entstehen Produkt- und Prozessinnovationen, die den Anforderungen genügen.

Wir wünschen allen Teilnehmern eine nachhaltige und erfolgreiche Veranstaltung!

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther  
Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner

## Programmübersicht

### 09.30 Begrüßung

Prof. Dr. Heinz Trasch  
Vorstandsvorsitzdener der Steinbeis-Stiftung

---

### 09.45 Entwicklungstrends bei Stählen für den Automobilbau

Dr.-Ing. T. Heller

---

### 10.15 Aluminium im Automobil – mit Leichtigkeit zum Erfolg

Dipl.-Ing. K.-H. von Zengen

---

### 10.45 Kaffeepause

### 11.15 Leichtbau durch Einsatz von Kunststoffen im Automobil-Exterieur – Anwendungs- beispiele, Werkstoffkonzepte sowie Einfluss der Fertigung auf optische und mecha- nische Eigenschaften

Dipl.-Ing. (FH) J. Korzonnek

### 11.45 Einfluss der spanenden Fertigung auf die Bauteileigenschaften

Prof. Dr.-Ing. U. Günther  
Dipl.-Ing. W. Fessenmayer  
Prof. Dr.-Ing. W. Hanel  
Prof. Dr.-Ing. C. M. Sonsino  
Prof. Dr.-Ing. H. Zenner

---

### 12.15 Einfluss der spanenden Fertigungs- eigenschaften auf die Betriebsfestigkeit von Bauteilen

Prof. Dr.-Ing. L. Issler

---

### 12.45 Mittagspause

**13:45 Strategien zum beanspruchungsgerechten  
Fügen und Randschichtveredeln**

Dr. rer. nat. B. Winderlich

Dr. rer. nat. S. Bonß

Prof. Dr. rer. nat. B. Brenner

Dr.-Ing. J. Standfuß

---

**14.15 Prozesssimulation mechanischer  
Fügetechnik**

Dipl.-Ing. J. Eckstein

Prof. Dr.-Ing. K. Roll

Dipl.-Ing. (FH) M. Ruther

**14.45 Kaffeepause**

**15.15 Einfluss der Werkstoffkennwerte auf  
die Genauigkeit bei der Blechumform-  
simulation**

Prof. Dr.-Ing. K. Roll

**15.45 Thermisch-mechanische Beanspruchung  
von Hochleistungszyylinderköpfen**

Dr.-Ing. S. Knirsch

---

**16.15 Vorstellung des Studiengangs  
Test Engineering**

Prof. Dr.-Ing. U. Günther

Prof. Dr.-Ing. W. Hanel

Prof. Dr.-Ing. H. Zenner

**16.45 Ende der Tagung**

## *Referenten- und Autorenprofile*



**Dr. rer. nat. Steffen Bonß**

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

Steffen Bonß ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und leitet die Gruppe Randschichtverfahren, die Technologien und Systemkomponenten für Laserrandschichtveredelungsverfahren entwickelt.

**Prof. Dr. rer. nat. Berndt Brenner**

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

Berndt Brenner leitet die Abteilung Füge- und Randschichttechnologien. Seine Schwerpunkte sind der Einsatz von Hochleistungslasern zum Schweißen, Härten, Umschmelzen bzw. Legieren in industriellen Fertigungsprozessen.



**Dipl.-Ing. Johannes Eckstein**  
DaimlerChrysler AG

Johannes Eckstein ist seit 2004 Doktorand bei DaimlerChrysler im Bereich Produktions- und Werstofftechnik. Der Fokus seiner Arbeit liegt auf der Simulation mechanischer Fügetechnik. Johannes Eckstein studierte in Stuttgart Luft- und Raumfahrttechnik.



**Dipl.-Ing. Wolfgang Fessenmayer**  
IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Wolfgang Fessenmayer ist bei der IMA GmbH Dresden Leiter für Bauteiltests. Herr Fessenmayer startete seine Laufbahn bei der IMA als Versuchsingenieur.

## Referenten- und Autorenprofile



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther  
Steinbeis-Hochschule Berlin,  
Steinbeis-Transfer-Institut Production and Engineering

Ulrich Günther leitet mehrere Steinbeis-Zentren und ist Professor an der Steinbeis-Hochschule Berlin. Darüber hinaus ist er stellvertretender Lehrstuhlleiter an der TU Dresden sowie Abteilungsleiter für Produktionstechnik am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik.

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel  
IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Wilhelm Hanel ist geschäftsführender Gesellschafter der IMA GmbH Dresden. Er hat den Vorstandsvorsitz des Kompetenzzentrums Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/Thüringen e.V. inne und ist Honorarprofessor für Großbauteilfestigkeit an der TU Dresden.



**Dr.-Ing. Thomas Heller**  
ThyssenKrupp Steel AG

Thomas Heller war in der Forschung zur Werkstoffentwicklung der ThyssenKrupp Steel AG tätig, heute leitet er dort den Bereich „Entwicklung und Optimierung“ im Werkstoffkompetenzzentrum.



**Prof. Dr.-Ing. Lothar Issler**  
Steinbeis-Transferzentrum Bauteilfestigkeit und -sicherheit,  
Werkstofftechnik und Fügetechnik an der Hochschule Esslingen

Lothar Issler ist Professor für Festigkeitslehre und Fügetechnik an der Hochschule Esslingen und leitet dort das Steinbeis-Transferzentrum Bauteilfestigkeit und -sicherheit, Werkstofftechnik und Fügetechnik.

## *Referenten- und Autorenprofile*

**Dr.-Ing. Stefan Knirsch**  
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Stefan Knirsch leitet die Grundmotorenentwicklung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG und verantwortet Konstruktion, Berechnung und Mechanikversuche der Porsche Motorbaureihen. Zuvor war Herr Knirsch in der Motorenkonstruktion der AUDI AG tätig.

**Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Korzonnek**  
BMW Group

Jürgen Korzonnek ist Leiter Technische Kunststoffe, Thermoplaste der BMW AG. Er verantwortete in der Vergangenheit diverse Kunststoff-Außenhautprojekte von der Vorentwicklung bis in die Serie.



**Prof. Dr.-Ing. Karl Roll**  
DaimlerChrysler AG

Karl Roll verantwortet bei DaimlerChrysler die Umformtechnologie und Simulation von Umformverfahren, speziell auf dem Gebiet der Blechumformung und der Entwicklung und Einführung dieser Simulationsverfahren in die industrielle Praxis. Er ist Honorarprofessor der Universität Stuttgart und lehrt auf dem Gebiet der numerischen Prozesssimulation in der Umformtechnik.



**Dipl.-Ing. (FH) Michael Ruther**  
DaimlerChrysler AG

Michael Ruther ist zuständig für das Team „Fügetechnik thermisch, mechanisch, kombiniert“ im Bereich Produktions- und Werkstofftechnik bei der DaimlerChrysler AG Sindelfingen. Neben der Weiterentwicklung von innovativen Fügeverfahren bis zur serientechnischen Anwendung, ist die Prozesssimulation Fügeverfahren ein weiterer Schwerpunkt seines Tätigkeitsfeldes.

## *Referenten- und Autorenprofile*



**Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino**

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Cetin Morris Sonsino lehrt an der Universität des Saarlandes und an der TU Darmstadt. Er ist stellvertretender Institutsleiter und Geschäftsfeldleiter für die Bereiche Automotive und Nutzfahrzeuge am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit in Darmstadt.

**Dr.-Ing. Jens Standfuß**

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

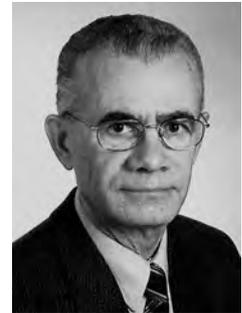
Jens Standfuß arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Dresdner Fraunhofer-Institut Werkstoff- und Strahltechnik auf dem Gebiet des Laserstrahlschweißens und leitet die Gruppe Schweißverfahren.



**Dr. rer. nat. Bernd Winderlich**

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik

Bernd Winderlich leitet am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik die Arbeitsgruppe Werkstofftechnik und -charakterisierung in der Abteilung Füge- und Randschichttechnologien.



**Dip.-Ing. Karl-Heinz von Zengen**

Nach Tätigkeiten bei der AUDI AG in Ingolstadt und Neckarsulm war Karl-Heinz von Zengen als Automotive Director bei der EAA – European Aluminium Association in Brüssel tätig. Heute arbeitet er als Consultant.

**Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner**

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.

Harald Zenner ist Vorsitzender des Deutschen Verbandes für Materialforschung und -prüfung e.V. in Berlin. Er lehrte an der TU Clausthal und war dort Direktor des Instituts für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit. Zuvor war er in leitender Tätigkeit bei AUDI NSU in Ingolstadt.



Prof. Dr.-Ing. Thomas Heller

Leichtbau und Fahrgastsicherheit, aber auch Recyclingfähigkeit spielen seit einigen Jahren eine wesentliche Rolle bei der Konzeption neuer Fahrzeuge. Dies wird sich in Zukunft vor dem Hintergrund bereits bestehender und geplanter Gesetze eher noch verschärfen. Die Wahl geeigneter Werkstoffe, mit denen dieses Ziel kostengünstig erreicht werden kann, wird damit immer wichtiger. Die Stahlindustrie hat die Herausforderung angenommen und durch Entwicklung einer Vielzahl neuer Stähle bewiesen, dass der Werkstoff Stahl noch lange nicht zum „alten Eisen“ gehört.

Besonders viel versprechend sind Mehrphasenstähle, deren spezifische Eigenschaften durch die Kombination unterschiedlich harter Gefügeanteile erzielt werden. Trotz höchster Festigkeiten (bis zu 1200 N/mm<sup>2</sup>) ist es gelungen, die Umformbarkeit soweit zu verbessern, dass diese Stähle sich für eine Kaltumformung eignen. Eine besonders günstige Kombination von Festigkeit und Umformbarkeit zeigen dabei die TRIP-Stähle. Mittlerweile liegt der Entwurf für die europäische Norm prEN 10336 (Dez. 2006) vor, in der die technischen Lieferbedingungen für kontinuierlich schmelztauchveredeltes und elektrolytisch veredeltes Band und Blech aus Mehrphasenstählen zum Kaltumformen beschrieben

werden. Die Stahlindustrie arbeitet intensiv daran, die Produktpalette an Mehrphasenstählen weiter auszubauen. Daneben werden große Anstrengungen unternommen, die Verarbeitungseigenschaften zu verbessern. Hier ist zum Beispiel das Fügen zu nennen. Die ThyssenKrupp Steel AG und auch andere Stahlhersteller arbeiten daran, den Kohlenstoffgehalt, der die Schweißbeugung beeinträchtigen kann, bei TRIP-Stählen im Festigkeitsbereich von 700–800 MPa deutlich zu verringern. Entsprechende Varianten stehen kurz vor der Serienreife. Auch bei Dualphasenstählen ist ein Trend hin zu niedrigen Kohlenstoffgehalten erkennbar. Aber auch Stahlvarianten mit speziellen Eigenschaften, wie zum Beispiel gutem Lochaufweitungsverhalten werden entwickelt. Darüber hinaus wird in Zukunft die Verringerung der Streuung von mechanischen Eigenschaften, die sich ungünstig auf die Maßhaltigkeit von Bauteilen auswirken können, ein zunehmend wichtigeres Thema werden.

Innovation bedeutet auch eine möglichst schnelle Umsetzung neuer Entwicklungen in die Serie. Hierzu ist eine enge und partnerschaftliche Zusammenarbeit von Werkstofflieferant und Anwender erforderlich. Deshalb wurde in Arbeitskreisen, die sich aus den feinblechherstellenden Mitgliedsunternehmen des Stahlinstituts

VDEh und des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) zusammensetzen, u. a. eine Prüf- und Dokumentationsrichtlinie, die die wesentlichen Prüfverfahren zur Ermittlung von mechanisch technologischen Eigenschaften von Feiblechen aus Stahl beschreibt, erarbeitet und ein entsprechendes Datenformat zur Ablage der Prüfwerte definiert. Damit sind ein einheitlicher Prüfstandard und ein problemloser Datenaustausch zwischen Stahlhersteller und Anwender sichergestellt. Mittlerweile liegt diese Dokumentationsrichtlinie als Stahleisen-Prüfblatt SEP 1240 vor. Ein Werkstofffreigabeprozess, der die notwendigen Kennwerte, die die Automobilindustrie in den verschiedenen Entwicklungsstadien zur Bewertung eines Werkstoffes mindestens benötigt, wurde in einem weiteren gemeinsamen Arbeitskreis abgestimmt. Ein wichtiger Schritt zur Synchronisation der Entwicklungsprozesse beim Stahl- und Automobilhersteller ist damit getan. Viele der in den letzten Jahren neu entwickelten Stähle haben Eingang in Serienbauteile europäischer OEM's gefunden. Ein zunehmend wachsender Anteil an Mehrphasenstählen und damit steigende Liefermengen bestätigen den Erfolg dieser Stähle.

Ein weiterer Trend ist der zunehmende Einsatz der Warmumformung zur Herstellung von crashrelevanten Bauteilen. Durch diesen Prozess werden bei entspre-

chenden Stählen Bauteilfestigkeiten von bis zu 1500 MPa erzielt. Diese Festigkeiten können heute durch Einsatz von Stählen für die Kaltumformung nicht erreicht werden.

Die Entwicklung neuer Stähle wird nicht stehen bleiben. Obwohl bereits die Mehrphasenstähle sehr hohe Festigkeiten erreichen, erfordern die zukünftigen Craschanforderungen Bauteilfestigkeiten, die heute nur über die Warmumformung erreicht werden. Eine völlig neue Stahlfamilie, die in der Literatur als TWIP-Stähle bekannt geworden ist, wird aufgrund der hervorragenden Umformbarkeit völlig neue Möglichkeiten für den Leichtbau eröffnen. So entwickeln die ThyssenKrupp Steel AG und ArcelorMittal in einer Kooperation ein gemeinsames Stahlkonzept im Festigkeitsbereich von 1000 – 1200 MPa, das Dehnungen größer 50 Prozent aufweist. Die herausragenden Eigenschaften der als X-IP (extreme strength and formability by induced plasticity) bezeichneten Stähle resultieren aus der Zwillingsbildung der austenitischen Matrix bei der Umformung zum Bauteil. Beide Stahlunternehmen haben bereits mehrere Schmelzen großtechnisch erzeugt. Erste Bauteile wurden umgeformt und werden zur Zeit intensiv untersucht und getestet. Die notwendigen Forschungsarbeiten werden zielorientiert vorangetrieben.

## *Aluminium im Automobil – mit Leichtigkeit zum Erfolg*

Dipl.-Ing. Karl-Heinz von Zengen

Im Zeitalter von „light“ Käse, Cola, Wurst und anderen Nahrungsmitteln weiß jeder: Wer weniger Pfunde mit sich herumträgt, ist agiler und fühlt sich besser. Diese Erkenntnis lässt sich auch auf Automobile übertragen – nicht umsonst sind Fahrzeuge für Renneinsätze seit jeher auf geringst mögliches Gewicht getrimmt. Warum sind dann nicht alle Fahrzeuge in Leichtbauweise ausgeführt? Ganz einfach – es kostet zumeist Geld, und dies wird vom Kunden nicht immer honoriert.

Historisch betrachtet haben Fahrzeugbauer immer so leicht wie möglich gebaut – früher aus der Not der begrenzt vorhandenen Leistung. Aber auch in den 50er Jahren waren PKW in Europa noch relativ leicht. Doch langsam wuchs der Wunsch nach mehr Leistung – besserer Beschleunigung bei reduziertem Kraftstoffverbrauch. Der Panhard Dyna mit kompletter Aluminium-Karosserie kam dem in den 50er Jahren nach – bei geringem Gewicht und klassenüblichen Motorleistungen waren die Fahrleistungen hervorragend. Zu hohe Produktionskosten führten schließlich zu einer Re-Substitution in Stahl. Die Erkenntnis war einfach: Umstellung auf andere Werkstoffe erfordert auch eine optimierte werkstoffgerechte Fertigungstechnik, und dies war offensichtlich noch nicht gegeben.

Der Druck zum Leichtbau wurde in den folgenden Jahren immer stärker – angebotene Optionen wie Klimaanlage, Servolenkung, Automatikgetriebe etc. sowie der Trend zu größeren Fahrzeugen machten diese immer schwerer. Die Benzinkrisen in den 70er Jahren warfen schließlich die Frage auf: Bleibt Auto fahren bezahlbar? In den USA als wichtigem Exportland für deutsche Automobile wurden zusätzlich Verbrauchsgesetze erlassen, und Gewichtsreduktion war die wichtigste Konsequenz.

Zugegeben, es gibt mehrere Möglichkeiten zum Benzinsparen: Neben dem Leichtbau sind dies motorspezifische Maßnahmen (Diesel anstatt Benzin, Direkteinspritzer etc.), Getriebemaßnahmen, Reduzierung des Luftwiderstandsbeiwertes und einige andere mehr. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass die Konzentration auf nur eine Methode oft zu einem unharmonischen Produkt führen wird – ein Auto mit niedrigem  $c_w$ -Wert bei geringer Motorleistung erreicht beispielsweise eine sehr hohe Endgeschwindigkeit, ist aber bezüglich der Beschleunigung nicht wettbewerbsfähig.

So war es eine logische Entwicklung, dass zunächst die Ausstattungs-Optionen vermehrt in Aluminium ausgeführt wurden – das Mehrgewicht wurde so begrenzt und neue Technologien schritten voran. Beispielhaft

seien hier der Niederdruck-Kokillenguß für Al-Räder, das flussmittelfreie Löten wie auch das mechanische Fügen von Wärmetauschern, das Biegen von stranggepressten Stoßfängerträgern und Dachrelings und Fügetechniken wie das Clinchen genannt.

Der nächste Quantensprung war der Audi A8 (D2): Das erste Auto mit Ganz-Aluminium-Karosserie in Space Frame Bauweise – einer Kombination aus Blech-, Profil- und Gussteilen. Ausgelegt für 20.000 Autos pro Jahr, war dieses Fahrzeug der Auslöser für viele Innovationen im Automobilbau. Gussteile mit 15 Prozent Dehnung, automatisiertes MIG-Schweißen, selbstlochende Nieten zeigten schnell die vielfältigen Möglichkeiten für aluminiumgerechte Technologien im Karosseriebereich. Sie wiesen aber auch auf Verbesserungspotenzial hin, um auch bei noch höheren Stückzahlen die richtigen Technologien zu haben. Als Konsequenz waren im Audi A2 hydrokalibrierte Profile und Laserschweißen bei erheblich erhöhtem Automatisierungsgrad eingesetzt. Die dritte Stufe bildete letztlich der nächste A8 (D3), bei welchem eine Optimierung des Kosten-/Nutzen-Verhältnisses stattgefunden hat. Letztes Ergebnis dieser Entwicklung ist der reduzierte Einsatz von hydrokalibrierten Profilen, dafür aber als Kompensation das neu entwickelte Hybrid-Schweißen Laser-MIG.

BMW brachte als erster Großserienhersteller den Mix von Stahl und Aluminium in den Strukturbereich. Waren zuvor nur die „entweder/oder“-Lösungen denkbar, so war hier der erste Ansatz für Werkstoff-Teil-Lösungen im Karosseriebereich gemacht. Zwischen all diesen Entwicklungen kam Jaguar mit der Aluminium-Karosserie des XJ auf den Markt, welche als erstes Fahrzeug der Neuzeit Kleben im Strukturbereich eingeführt hatte.

Die Synthese all dieser Technologien floss schließlich in den neuen Audi TT ein – vielleicht der Schlüssel zu modernen Karosserien mit gemischtem Werkstoff-Einsatz. Die Forderungen nach deutlicher Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden lauter – der Aluminium-Einsatz wird auch in Zukunft zunehmen. Aber der Weg zu mehr Leichtigkeit ist nicht immer auch ein leichter Weg.

## *Leichtbau durch Einsatz von Kunststoffen im Automobil-Exterieur – Anwendungsbeispiele, Werkstoffkonzepte sowie Einfluss der Fertigung auf optische und mechanische Eigenschaften*

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Korzonnek

Die BMW Group leistet ihren Beitrag zum Klimaschutz. BMW Efficient Dynamics steht für die effiziente Nutzung von physikalischen Stellhebeln, um Fahrzeuggewicht und Kraftstoffverbrauch zu reduzieren und dabei gleichzeitig die Freude am Fahren auszubauen. Aktive Aerodynamik, Brake Energy Regeneration, rollwiderstandsreduzierte Reifen, High Precision Injection sind nur einige der vielen Maßnahmen, die inzwischen umgesetzt wurden, um im Premiumsegment Klassenbester zu sein. Der aktuelle BMW 118d hat einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von nur 123 g bei einem Verbrauch von 4,7 Litern auf 100 km. Einen großen Beitrag zur Gewichtsminimierung und dadurch zu weniger Kraftstoffverbrauch tragen seit langem auch die Kunststoffe aufgrund ihres hohen Leichtbaupotenzials bei. War der Gewichtsanteil aller Kunststoffe in einem Automobil der 50er Jahre noch bei 1 Prozent (13 kg), so beläuft er sich jetzt bei einem aktuellen Fahrzeug der BMW 7er Reihe auf bereits 13 Prozent (280 kg).

Als Beispiel für die vielseitige Anwendung von Kunststoffen im Automobil-Exterieur soll der BMW M6 dienen. Hier wird der intelligente Leichtbau konsequent verwirklicht. Neben dem Aluminiumvorderbau sowie Frontklappe und Türen aus Aluminium sind die beiden

Seitenwände, der hintere und vordere Stoßfänger sowie der Schweller aus Thermoplast, die Heckklappe aus SMC, einem glasfaserverstärkten Duroplasten und das Dach aus kohlenstoffverstärktem Kunststoff in Sichtoptik. Weitere Bauteile im Exterieur aus Kunststoff sind zum Beispiel beim BMW 3er und 5er sowie beim X3 der Dachspoiler oder auch beim BMW 7er die Heckblende.

Die Einflussfaktoren auf die Bauteileigenschaften und die Qualität eines Kunststoffteils können am Besten an einem aktuellen Innovationsbauteil dargestellt werden. Für die Thermoplastseitenwand des BMW 3er Coupés und Cabrios gab es im Vorfeld BMW Group spezifische Rahmenbedingungen, die erfüllt werden mussten. Die Seitenwände sollten online lackiert werden mit dem Ziel, dass eine Class-A-Oberfläche erreicht wird und auch trotz der hohen Trocknertemperaturen von bis zu 195 °C die Fugen und Strakvorgaben eingehalten werden. Des Weiteren mussten mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit und Bruchverhalten und auch die Kostenziele erfüllt werden. Schlussendlich erreichte man mit dem Einsatz der Thermoplastseitenwand eine Gewichtsreduzierung am Fahrzeug von insgesamt 3 kg gegenüber herkömmlichen Stahlblechen. Der speziell für diese Anwendung entwickelte Kunststoff PA+ABS-MX8

hat eine höhere Längenausdehnung als Stahl oder Aluminium. Dieser Unterschied konnte durch eine intelligente Konstruktion und mit Hilfe von Simulationsberechnungen kompensiert werden. Die Basis ist der Fixpunkt an der A-Säule. Von diesem Punkt dehnt sich die Seitenwand gezielt über Gleitelemente nach vorne und unten aus. Dabei wurde die Scheinwerferfuge so gestaltet, dass der Kunde diese Temperaturbewegungen nicht erkennen kann. Auch bei der Konstruktion und Herstellung des Spritzgießwerkzeugs gab es große Herausforderungen. Das gesamte Kühlsystem des ca. 40 t schweren Werkzeugs ist so ausgelegt, dass maximale Temperaturunterschiede von nur  $\pm 3$  °C auftreten. Des Weiteren galt es durch ein ausgeklügeltes Schieberkonzept, das hinterschnittige Bauteil ohne Beschädigungen zu entformen. Nach dem Spritzgießen wird das Bauteil auf speziell entwickelte Abkühlformen gelegt. Nach der vollautomatischen Montage der Anbauteile (Gleitelemente) wird das Bauteil auf konturge-nauen Aufnahmen leitfähig grundiert. Im Karosseriebau werden die Bauteile vollautomatisch durch Roboter an das Fahrzeug verschraubt. Danach durchlaufen sie die kathodische Tauchlackierung, den Füller, Basislack und Pulverklarlack mit allen ihren jeweiligen Trocknern. Um diesen Prozess sicher zu bewältigen, waren umfangrei-

che Analysen von Prozesseinflüssen hinsichtlich der Maßhaltigkeit (Fuge/Strak) nötig:

- Spritzgießprozess (Werkzeugtechnik, Spritzgießparameter, ...)
- Vollautomatische Montage im Karosseriebau
- Lackdurchlauf (Lackierung, Trocknertemperaturen, ...)
- Montageeinfluss (Radhausschale, Frontend, ...)

Dies konnte vor allem durch die enge Zusammenarbeit mit allen Prozesspartnern bewältigt werden.

Auch in Zukunft wird es bei der BMW Group innovative Bauteile im Exterieur geben. Der Wettbewerb der Werkstoffe geht von Stahl über Aluminium bis hin zu verschiedenen Kunststoffen. Bei jedem Fahrzeugprojekt wird die Werkstoffauswahl neu entschieden, da die Rahmenbedingungen jedes Mal unterschiedlich sind. Die Entscheidung hängt von verschiedenen Faktoren ab: Einfaches oder anspruchsvolles Design, der geplanten Stückzahl, dem Gewichtsziel, der Wirtschaftlichkeit und den vorhandenen Werksstrukturen.

## *Einfluss der spanenden Fertigung auf die Bauteileigenschaften*

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

Dipl.-Ing. Wolfgang Fessenmayer

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel

Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner

Bei Erzeugnissen des Maschinen-, des Straßen-, Schienenfahrzeug- und Flugzeugbaus, die im Einsatz schwingenden Beanspruchungen ausgesetzt sind, ist häufig Werkstoffermüdung die Ursache für den Funktionsverlust (Ausfall). Damit ist nicht nur ihre statische Festigkeit, sondern auch die Fähigkeit, Ermüdungsbeanspruchungen ausreichend lange zu ertragen, entscheidend für das spätere Einsatzverhalten.

Soweit der Ausfallmechanismus Werkstoffermüdung bis heute untersucht ist, kann man davon ausgehen, dass plastische Wechselverformungen, die auch bei nominell niedrigen Belastungen im Mikrobereich auftreten können, in der Werkstoffoberfläche oder in oberflächennahen Werkstoffbereichen (Randschicht) eine Mikrorissbildung bewirken. Diese Mikrorisse können zum Ausgangspunkt des makroskopischen Ermüdungsrisses werden, der zum Ermüdungsbruch führt. Aus der Sicht der Bauteilfestigkeit hat also der Randschichtzustand hinsichtlich der Rissinitiierung eine besondere Bedeutung. Hinzu kommt, dass bei Bauteilen in der Regel die höchsten Beanspruchungen an der Oberfläche auftreten.

Der Randschichtzustand in der Einheit von Fertigungs- und Werkstoffqualität ist damit ein ausschlaggebender Faktor für die Ermüdungsfestigkeit von

Bauteilen. Festigkeitsrelevante Faktoren des Randschichtzustandes sind Oberflächentopographie, Eigenstressungen, Mikrostruktur und Festigkeit.

In der Fertigungstechnik bestehen derzeit u. a. folgende Entwicklungstrends:

- Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsbearbeitung (thermische und mechanische Belastung)
- Hochpräzisionsbearbeitung (Maß-, Lage-, Formgenauigkeit, Oberflächen- und Randzoneneigenschaften)
- Verfahrenskombination (Komplettbearbeitung, Prozesskettenverkürzung)
- Verfahrenssubstitution (Flexibilität, Änderung der Funktionsflächencharakteristik der Werkstücke)
- Hartbearbeitung (Komplettbearbeitung, Prozesskettenverkürzung)
- Trockenbearbeitung (thermische und Wechselbelastung)
- Endformnahe Bearbeitung (Einfluss der Vorbearbeitung auf die Fertigbearbeitung)
- Bearbeitung von Leichtbauprodukten (Schlankheit der Produkte, Schwingungsverhalten)

Die Umsetzung dieser Trends in der Fertigungs- und Produktgestaltung dient generell dem Ziel der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit mit dem Grundsatz:

Produktivität erhöhen, Kosten senken, Produkt- und Prozesssicherheit gewährleisten sowie ökologische Auswirkungen berücksichtigen, wobei es dabei zur Gewährleistung von Funktionalität und Lebensdauer zwingend notwendig ist, die Wissens- und Prozesskette von Werkstoffeigenschaften – Fertigung – Bauteileigenschaften komplex zu betrachten und zu gestalten.

Es sind möglichst genaue Kenntnisse erforderlich, wie sich die so erzeugten Oberflächen auf das Ermüdungsverhalten und damit auf die Zuverlässigkeit der Bauteile auswirken. Insbesondere bei Bauteilen aus höherfesten Stählen ist mit einer starken Beeinflussung der Ermüdungsfestigkeit zu rechnen.

Ausgehend vom klassischen Lehrschen Diagramm und der ersten zusammenfassenden Darstellung der Oberflächenproblematik durch Siebel und Gaier erfolgt in der Ingenieurpraxis noch heute die Berücksichtigung fertigungsbedingter Einflüsse auf das Ermüdungsverhalten durch einen an der mittleren Rautiefe  $R_z$  und der Zugfestigkeit  $R_m$  orientierten Oberflächenbeiwert  $F_o$ .

Die Rautiefe allein ist jedoch nicht maßgebend. Verschiedene Bearbeitungsverfahren können trotz ähnlicher Oberflächenfeingestalt und gleicher Rautiefe zu stark voneinander abweichenden Bauteileigenschaften führen. Je nach Vorgehensweise bei der Bearbeitung werden Eigenspannungen und Verfestigungen erzeugt, die sich auf das Ermüdungsverhalten günstig oder ungünstig auswirken können. Die komplexe und tiefgreifende Einflussmöglichkeit, insbesondere spanender Bearbeitungsverfahren, auf das Ermüdungsverhalten von Bauteilen findet durch die üblichen Einflussfaktoren nur ungenügende Berücksichtigung.

Die genannten Fortschritte in der Fertigungstechnik zu höheren Genauigkeiten und Bearbeitungsqualitäten, verbunden z.B. mit der Weiterentwicklung der Werkzeuge zu größerer Verschleißbeständigkeit und somit zu progressiven Bearbeitungsparametern, verbunden mit höheren Energieeinträgen (thermische und mechanische Belastung infolge großer Geschwindigkeiten und höherer Vorschübe), erfordern den Einfluss der erzeugten Randschicht zu charakterisieren und die Auswirkungen auf die Ermüdungsfestigkeit qualitativ und quantitativ neu zu bewerten.

## *Einfluss der spanenden Fertigung auf die Bauteileigenschaften (Fortsetzung)*

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

Dipl.-Ing. Wolfgang Fessenmayer

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel

Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner

Es ist jedoch schwierig, die Wirkungen der spanenden Bearbeitung auf die Oberflächenrandzone genau zu definieren, da sich in vielerlei Hinsicht gegenläufige Vorgänge überlagern.

Oberflächentopographie und Bearbeitungsrandzone bestimmen in ausgeprägter Komplexität und immer gemeinsam das Verhalten technischer Oberflächen hinsichtlich Reibung und Verschleiß, Ermüdungsfestigkeit sowie Korrosion.

Der Untersuchung des Einflusses von Fertigungsparametern auf das Ermüdungsverhalten und damit auf eine wesentliche Gebrauchswerteigenschaft widmen sich aufgrund der möglichen Folgen für die Wirtschaftlichkeit der Fertigung und den Gebrauchswert der Erzeugnisse zunehmend Forschungsprojekte der deutschen und der europäischen Wirtschaft. Ausgewählte Beispiele aus der aktuellen Forschungspraxis dokumentieren dies:

- Untersuchungen zum Einfluss der Oberflächenrauigkeit auf die Ermüdungsfestigkeit (Drehen)
- Untersuchungen zum Einfluss der durch moderne Fräsverfahren gefertigten technischen Oberflächen auf die Ermüdungsfestigkeit

- Untersuchungen zum Einfluss der Bauteiloberfläche und -randschicht auf die Ermüdungsfestigkeit
- Einstellung optimierter Fertigungsparameter für Bauteile aus Aluminium-Knetlegierungen im Hinblick auf Oberflächenbeschaffenheit und verbesserte Betriebsfestigkeit
- Einfluss der Zerspanung auf die Bauteilbetriebsfestigkeit unter Berücksichtigung des Hartdrehens
- Vergleich der Schwingfestigkeit hartgedrehter und geschliffener Bauteile
- Vergleichende Untersuchungen zur Walzermüdung (-verschleiß, -festigkeit) beim Schleifen, Hartdrehen und Glattwalzen.



## *Einfluss der Fertigungseigenschaften auf die Betriebsfestigkeit von Bauteilen*

Prof. Dr.-Ing. Lothar Issler

Die Zielsetzung des Beitrags besteht in der Darstellung der engen Wechselwirkung und der überragenden Bedeutung der Fertigungseigenschaften und der Fertigungsqualität auf die Betriebsfestigkeit sowie die Sicherheit und die Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen.

Im ersten Teil werden die Grundprinzipien und die Strukturen der heute verfügbaren fortschrittlichen Betriebsfestigkeitskonzepte dargestellt. Die Konzepte bauen auf Nennspannungen, Strukturspannungen, Kerbspannungen, örtlichen Dehnungen und bruchmechanischen Kennwerten auf. Es wird dargestellt, ob und wie die wesentlichen Fertigungseigenschaften in diesen Konzepten integriert sind und wie sie im Lebensdauer-nachweis quantitativ erfasst werden.

Die Fertigung bestimmt vor allem die Werkstofffestigkeit und -zähigkeit, wobei die überragende Bedeutung des Verformungsvermögens betont und demonstriert wird. Da die Entstehung und der Fortschritt von Schwingrissen in erster Linie an der Bauteiloberfläche zu erwarten ist, wird das Betriebsfestigkeitsverhalten ganz entscheidend vom Werkstoff- und Spannungszustand der Randschicht geprägt. Hierzu zählen die Makro- und Mikrogeometrie der Oberfläche

sowie der in der Randzone vorliegende Eigenspannungszustand. Je günstiger die Eigenschaften der Oberfläche ausgebildet sind, umso größere Bedeutung kommt den im Werkstoff vorhandenen Imperfektionen in Form von nichtmetallischen Einschlüssen sowie möglichen Mikro- und Makro-Werkstofftrennungen zu, welche in diesem Fall die Ausgangsstellen des Schwingfestigkeitsversagens mit extrem kleinen Rissfortschrittsgeschwindigkeiten darstellen und mit den Methoden der Kurzrissbruchmechanik zu beschreiben sind. In diesem Zusammenhang kommt der Zuverlässigkeit der zerstörungsfreien Prüfverfahren als Teil der Fertigungskette eine große Bedeutung zu.

Im Zusammenhang mit Fertigungsimperfektionen ist weiterhin auf überlagerte sekundäre Biegespannungen durch Abweichungen von der geometrisch angestrebten Form zu achten, welche zum Beispiel aus undefinierten Krafteinleitungen, Beuleffekten an dünnen Blechen und Verzug an Schweißkonstruktionen sowie Steifigkeitsdifferenzen resultieren. Hier liegt die Bedeutung des Strukturspannungskonzepts, wobei Art, Richtung und Größe dieser Spannungen in der Regel aus Finite-Elemente Rechnungen oder zweckmäßiger aus experimentellen Spannungsanalysen abgeleitet werden sollten.

Dominant für das Betriebsfestigkeitsverhalten sind örtliche Spannungs- bzw. Dehnungsspitzen, welche zusammen mit den Primär- und Sekundärspannungen den Beanspruchungszustand an den höchstbeanspruchten Bauteilbereichen bestimmen. Die hier vorgesehene Anwendung der örtlichen Konzepte stößt bei schwierig zu erfassenden und extrem scharfen Kerbgeometrien (z. B. unverschweißte Wurzelspalte, Grate) an ihre Grenzen, wodurch der Anwendung bruchmechanischer Methoden große Bedeutung zukommt.

Aufbauend auf den geschilderten Einflüssen wird eine Wunschliste an die Konstruktion und Fertigung formuliert, welche die wesentlichen Grundsätze zur Erhöhung der Betriebsfestigkeit umfasst, wobei hierzu auch die Minimierung der Streuung der Werkstoff- und Beanspruchungszustände zählt. Die Liste beinhaltet eine Verwendung von möglichst reinen Werkstoffen mit einer intelligenten Kombination von Festigkeit und Zähigkeit, eine optimierte Oberflächenqualität im Bereich der hochbeanspruchten Bauteilbereiche, die gezielte Erzeugung von Druckeigenspannungen durch Randschichthärten und durch Kaltverfestigung der Oberfläche sowie die Minimierung von Sekundär- und Spitzenspannungen durch optimierte Gestaltung der Bauteile.

Abschließend wird aus der engen und komplexen Wechselwirkung und Verzahnung von Auslegung, Fertigung, Prüfung und Sicherheitsnachweis bei der Herstellung von Bauteilen gefolgert, dass der geplante Studiengang TestIng eine vorhandene Lücke in der Ingenieurausbildung schließt und somit einen wesentlichen Beitrag zur Gewährleistung der Sicherheit und Verfügbarkeit leisten kann.

## *Strategien zum beanspruchungsgerechten Fügen und Randschichtveredeln*

Dr. rer. nat. Bernd Winderlich

Prof. Dr. rer. nat. Berndt Brenner

Dr. rer. nat. Steffen Bonß

Dr.-Ing. Jens Standfuß

Moderne Laserstrahlquellen besitzen ein hohes Innovationspotenzial für Füge- und Randschichttechnologien. Dies betrifft sowohl die Effizienz der Produktionsprozesse als auch die Bauteileigenschaften sowie betriebswirtschaftliche Vorteile. Physikalisch resultiert dieses Potenzial aus der exzellenten Manipulierbarkeit des Laserstrahles. Zur Nutzung seiner Vorteile ist die Wechselwirkung zwischen lokalen Gefüge- und Eigenschaftsänderungen und dem Bauteilverhalten zu beachten.

In diesem Beitrag wird an Beispielen zum Laserstrahlschweißen und -randschichtveredeln die Vorgehensweise bei der Entwicklung und industriellen Umsetzung moderner Laserfertigungstechnologien demonstriert.

Die europäische Luftfahrtindustrie ist zum Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit gefordert, die Leistungsfähigkeit und Umweltverträglichkeit für Passagierflugzeuge zu verbessern und deren Herstellungskosten zu senken. Innerhalb der Fertigungskette kommt insbesondere neuen Fügeverfahren eine Schlüsselrolle zu, da das Entwicklungspotenzial des Nietens als dominierender Verbindungstechnik nahezu ausgeschöpft ist. Die Airbus Deutschland GmbH hat mit dem Laserstrahl-

schweißen von Luftfahrtlegierungen eine neue Füge-technologie entwickelt und zur Serienreife bei den Modellen A318 und A380 geführt. Dieses Verfahren weist noch ein beträchtliches Entwicklungspotenzial hinsichtlich neuer schweißgerechter Auslegungen und kostensparender Produktionszyklen auf. Am Beispiel eines im Fraunhofer IWS gemeinsam mit Airbus entwickelten Stringers wird für eine Stringer-Haut-Verbindung die vorteilhafte Verknüpfung zwischen effizienter Schweißtechnologie, Bauweise und verbessertem Schub-Druck-Verhalten der Rumpfstruktur demonstriert.

Der gegenwärtige Entwicklungsstand bei der industriellen Umsetzung von Leichtbauprinzipien in Stahlkonstruktionen ist dadurch gekennzeichnet, dass sich wesentliche Gewichtseinsparungen immer weniger mit isolierten Einzelmaßnahmen zu Werkstoffentwicklung, Bauteilauslegung und Fertigungstechnologie erzielen lassen. Am Beispiel des höchstfesten Feinkornbaustahls S1100QL wird aufgezeigt, dass mit Hilfe eines auf den Werkstoff und den Beanspruchungsfall abgestimmten Laserstrahl-Hybridschweißverfahrens hochbelastbare Schweißverbindungen hergestellt werden können. Die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der Laserstrahl-

hybridschweißverbindungen für schwingend belastete Konstruktionen werden erörtert. Die technische Umsetzbarkeit der Schweißtechnologie wird am Demonstrator eines Leichtbau-Verteilmastes für mobile Betonpumpen nachgewiesen.

Für verschleiß- und ermüdungsbeanspruchte Bauteile, insbesondere mit mehrdimensional gekrümmten Flächen, bieten Laserverfahren zum Randschichtveredeln vielfach günstigere Lösungsansätze als herkömmliche Technologien. Das Laserstrahlhärten mit einem oszillierenden Laserstrahl ist zurzeit die beste Technologie, um die Lebensdauer von Turbinenschaufeln aus hochlegierten, härtbaren Stählen in Niederdruckstufen von Dampfturbinen zu erhöhen. Mit Hilfe von Tropfen-schlagverschleißtests wurde gezeigt, dass mit diesem Verfahren gegenüber dem Flamm- und Induktionshärten bzw. einer Stellitebeschichtung die besten Verschleiß-eigenschaften bei gleichzeitig hoher Ermüdungs-festigkeit erzielt werden. Für die industrielle Umsetzung des Verfahrens wurden im Fraunhofer IWS eine roboter-basierte Laseranlage mit temperaturgeführter Laser-leistungsregelung und dynamischen Strahlformungs-systemen sowie eine Härteprüfeinrichtung für die industrielle Qualitätssicherung konzipiert und realisiert.

Titanlegierungen eignen sich aufgrund ihrer hohen spezifischen Festigkeit und guten Korrosionsbeständigkeit bestens für hochbeanspruchte Bauteile, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt, in der Medizin und der Energieerzeugung. Ein Nachteil der Titanlegierungen ist ihr geringer Verschleißwiderstand. Mit der im Fraunhofer IWS entwickelten Methode des Lasergas-legierens gelingt es, sehr tragfähige und verschleißfeste Randschichten auf Titanlegierungen in einem technologisch sicheren Prozess zu erzeugen. Die industrielle Anwendbarkeit dieses Verfahrens wird jedoch erschwert, weil es infolge des Lasergasnitrierens zur Rissbildung in der Randschicht kommen kann und dadurch die Ermüdungsfestigkeit beeinträchtigt wird. Durch die intensive elektronenmikroskopische Aufklärung der Randschichtstruktur in Beziehung zu den in Verschleiß-untersuchungen sowie in statischen bzw. zyklischen Belastungstests erzielten Ergebnissen ist es gelungen, neue Wege zu einer deutlichen Verbesserung der Verschleißbeständigkeit der Titanlegierungen zu eröffnen, ohne ihre ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften wesentlich zu beeinträchtigen.

Dipl.-Ing. Johannes Eckstein

Prof. Dr.-Ing. Karl Roll

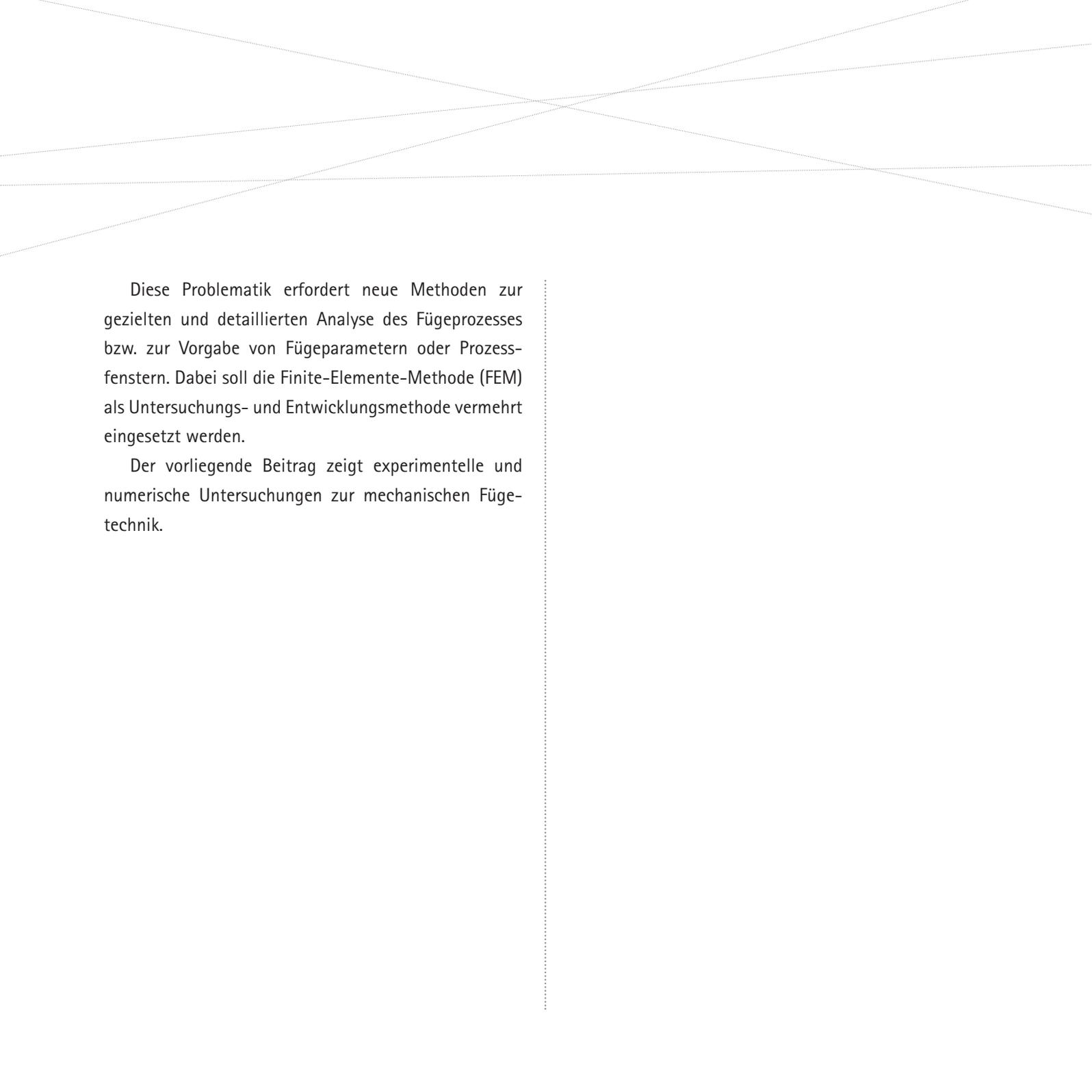
Dipl.-Ing. (FH) Michael Ruther

Die konsequente Umsetzung innovativer Leichtbaukonstruktionen im Automobilbau stellt immer komplexere Anforderungen an die Fügechnik. Dies wird am Beispiel der aktuellen S-Klasse (W221) von Mercedes-Benz deutlich. Hier finden höherfeste Stähle sowohl im artgleichen Verbund als auch in Mischbauweise mit unterschiedlichen Blechdickenkombinationen ihre Anwendung. Sind bei artgleichen Stahlverbindungen thermische Fügechnologien priorisiert, finden bei Verbindungen zwischen Stahl und Aluminium die mechanischen Fügechnologien wie zum Beispiel Clinchen und Halbhohlstanznieten ihre Anwendung.

Der Halbhohlstanznietprozess stellt einen komplexen Vorgang der Massivumformung dar. Das Hilfsfügeteil Niet stanzt während des Prozesses ein oder mehrere Fügeile durch und bildet im untersten Fügeile den festigkeitsrelevanten Hinterschnitt aus. Qualitätsbestimmende Merkmale wie Nietkopflage, vertikaler und horizontaler Hinterschnitt oder Restbodenstärke des matrizeitigen Bleches bestimmen die Anforderungen an eine Fügeverbindung.

Den mechanischen Fügeverfahren sind durch die Festigkeiten der verwendeten Fügepartner Grenzen gesetzt. Beim Halbhohlstanznieten gilt, unter Berücksichtigung einiger konstruktiver Richtlinien der Bauteilgestaltung, prinzipiell das Fügen von Blechen mit den Festigkeiten kleiner als 600 MPa als prozesssicher. Ab dieser Festigkeit kommt es vereinzelt und beim Fügen von Blechen noch höherer Festigkeiten vermehrt zu Radialrissen im Fuß des Stanznieteles.

Beim Fügen hochfester Werkstoffe ist daher die richtige Parameterwahl wie Matrize, Nietgeometrie, Fügepartner etc. ausschlaggebend für eine gute Nietverbindung. Zur Erfüllung der notwendigen Qualitätsbedingungen ist das Prozessfenster beim Fügen hochfester Stähle oftmals sehr klein. Geringe Variationen bzw. Abweichungen in den Fügeparametern können zum Beispiel zu Materialausbrüchen des matrizeitigen Bleches führen. Der Niet reagiert sehr empfindlich auf Lateralversätze der Fügewerkzeuge und kann aufgrund von erzwungenem Aufspreizen oder Stauchen versagen.



Diese Problematik erfordert neue Methoden zur gezielten und detaillierten Analyse des Fügeprozesses bzw. zur Vorgabe von Fügeparametern oder Prozessfenstern. Dabei soll die Finite-Elemente-Methode (FEM) als Untersuchungs- und Entwicklungsmethode vermehrt eingesetzt werden.

Der vorliegende Beitrag zeigt experimentelle und numerische Untersuchungen zur mechanischen Füge-technik.

## *Einfluss der Werkstoffkennwerte auf die Genauigkeit der Blechumformsimulation*

Prof. Dr.-Ing. Karl Roll

Die Konstruktion der Blechumformwerkzeuge basierte bis vor einigen Jahren meistens auf Erfahrungswissen und die optimale Gestaltung der Werkzeuge erforderte oft einen langwierigen und kostspieligen Versuchs- und Einarbeitungsprozess. Heute werden bereits in frühen Designphasen Simulationen des Umformprozesses der Blechformteile mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode durchgeführt. Die wichtigsten Ziele sind dabei die Überprüfung der Herstellbarkeit der Blechformteile und die Gewinnung wichtiger Hinweise bezüglich der optimalen Werkzeuggestaltung.

Die Simulationen in der Automobilindustrie beschränken sich heute in der Regel auf den Umformprozess, bei dem die größten Formänderungen auftreten. Bei einem typischen Karosserieteil in der Blechbearbeitung ist der Tiefziehprozess die erste Umformstufe. Viele kommerzielle Finite-Elemente-Programme sind heute in der Lage, eine mögliche Riss- und Faltenbildung sowie die Blechdicken- und Formänderungsverteilung konventioneller Blechwerkstoffe zuverlässig vorauszusagen.

Die kontinuierliche Entwicklung kommerzieller Finite-Elemente-Programmpakete für die Simulation von Blechumformprozessen ermöglicht dabei eine num-

merische Analyse von komplexen, multiphysikalischen Blechumformprozessen. Die dabei erzielte Ergebnisgüte entspricht allerdings nicht dem technisch Machbaren, denn obwohl die zur Qualitätssteigerung erforderlichen theoretischen Beschreibungen in Form von Stoffgesetzen zum Teil bereits in kommerzielle FE-Programme implementiert sind, kann das reale Materialverhalten des Blechwerkstoffes aufgrund fehlender Materialkennwerte nur unzureichend abgebildet werden. Aus diesen Gründen muss zur Verbesserung der Ergebnisqualität, in Abhängigkeit der zu analysierenden Fragestellung und der dabei wirksam werdenden (multi-) physikalischen Effekte, eine adäquate Beschreibung des Materialverhaltens und der tribologischen Gegebenheiten weiter entwickelt werden. Eine wesentliche Voraussetzung zum praktischen Einsatz dieser meist komplexeren Gesetzmäßigkeiten ist dabei die Möglichkeit, die benötigten Parameter mit einem vertretbaren experimentellen Aufwand ermitteln zu können.



Dr.-Ing. Stefan Knirsch

Der anhaltende Trend zur Leistungssteigerung moderner Premiumaggregate mit spezifischen Leistungswerten von bis zu 100 kW/l bei aufgeladenen Serienottomotoren hat in Verbindung mit motorischen Maßnahmen zur Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsreduzierung eine signifikante Zunahme der mechanischen und thermischen Belastung der Motorbauteile zur Folge. Insbesondere der Zylinderkopf erfährt aufgrund des großen Anteils an der Wärmeabfuhr aus dem Brennraum und der mit zunehmender Motorleistung ansteigenden eingeleiteten Wärmeenergie eine überproportional hohe thermische Belastung. Lokale Maximaltemperaturen von bis zu 300 °C in Aluminium-Ottomotor-Zylinderköpfen und Spitzendrücke von über 180 bar in aktuellen Hochleistungsdieselmotoren stellen höchste Anforderungen an die mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften von Zylinderkopflegerungen.

Zylinderköpfe unterliegen während des transienten Motorbetriebs einem komplexen Belastungsregime. Thermische und mechanische, quasi-statische und zyklische Beanspruchungskomponenten führen zu einer Überlagerung unterschiedlicher Schädigungsmechanismen wie nieder- (LCF) und hochzyklische (HCF) Ermüdung, Kriechen und Oxidation, die in ihrer syner-

getischen Wirkung mit zum Teil nicht linearer Schädigungskinetik heute noch nicht vollständig wissenschaftlich durchdrungen sind. Im Rahmen dieses Beitrags werden aktuelle Erkenntnisse aus anisothermen LCF-Versuchen als wesentlicher Schädigungsmechanismus bei Zylinderköpfen für Hochleistungsottomotoren sowie korrelierende Berechnungsergebnisse zur Erfassung der niederzyklischen Ermüdung vorgestellt. Die Untersuchungen erfolgten an der Sekundärlegierung AlSi6Cu4-KT6, eines für Zylinderkopfanwendungen moderner Otto- und Dieselmotoren typischen Vertreters von ausscheidungshärtbaren Al-Si-Cu-Legierungen.

Die niederzyklische Ermüdung dominiert insbesondere in thermisch hoch beanspruchten Brennraumbereichen, die einer starken Dehnungsbehinderung unterliegen – wie zum Beispiel in dem Bereich zwischen den Auslassventilen und der Zündkerze – die Gesamtlebensdauer des Zylinderkopfs. In thermisch geringer belasteten Bereichen wie den Einlassventilstegen konnte dagegen keine relevante LCF-Schädigung ermittelt werden, da dort die ca. 50 K geringere Maximaltemperatur zu einer um etwa Faktor 4 bis 5 höheren Anrisslastspielzahl führt. Das in den Versuchen mit hohen Obertemperaturen von  $T_{\max} = 275\text{ °C}$  festge-

stellte, ausgeprägt wechselentfestigende Verhalten des Werkstoffs wird im Wesentlichen durch eine fortschreitende Überalterung, durch eine Vergrößerung der  $\text{Al}_2\text{Cu}$ -Ausscheidungsteilchen (Ostwald-Reifung) verursacht, wobei die Werkstoffüberalterung stark durch die Verweildauer bei der Maximaltemperatur des Zyklus bestimmt wird. Die LCF-Versuchsergebnisse konnten mit einer sehr guten Übereinstimmung sowohl qualitativ als auch quantitativ die Ergebnisse aus den Vollmotorversuchen bestätigen.

Die auf Basis verschiedener bekannter Schädigungsparameter sowie einer kommerziellen Lebensdauer-Software ermittelten numerischen Ergebnisse streuen stark und unterliegen einer hohen Sensitivität der Eingabeparametergüte. Die Schädigungsparameter  $P_{\text{SWT}}$  nach Smith, Watson und Topper,  $P_{\text{Ost}}$  nach Ostergren,  $P_{\text{B}}$  nach Bergmann und  $P_{\text{eff}}$  nach Erdogan-Roberts, die in ihrer qualitativen Aussage vergleichbare Tendenzen aufweisen, bilden die experimentell ermittelte LCF-Lebensdauer zufriedenstellend ab, sofern die direkt aus den TMF-Versuchen (Thermo-Mechanical Fatigue) ermittelten Beanspruchungsgrößen zugrunde gelegt werden. Ein Fehler in den Eingabeparametern von 5 Prozent kann jedoch zu einer rechnerischen Lebensdauerabweichung von bis zu einem Faktor 2 führen. Damit

hängt die Ergebnisgüte des numerischen Betriebsfestigkeitsnachweises thermisch-mechanisch belasteter Bauteile in entscheidendem Maß vom qualitativen wie quantitativen Verständnis des Werkstoffverhaltens unter Betriebsbeanspruchung ab. Der möglichst exakten Beschreibung der Werkstoff- und Beanspruchungskenngrößen ist daher eine hohe Aufmerksamkeit zu schenken. Dies gilt vor allem unter dem Aspekt, dass die realen Werkstoffdaten zum Teil beträchtlich von UML- (Uniform Material Law) und in den Software-Datenbanken hinterlegten Angaben abweichen können.

Da die numerische Lebensdauersimulation aktuell noch keine ausreichende Aussagegüte liefert, kommt auch zukünftig dem experimentellen Lebensdauernachweis thermisch-mechanisch beanspruchter Komponenten eine hohe Bedeutung zu. Hierbei sind insbesondere synthetische TMF-Versuche geeignet, die versagensrelevanten, motorischen Belastungen in wesentlich kürzerer Zeit zu simulieren, als dies im Rahmen der heute üblichen Fahrzeug- und Motor-dauererprobungen möglich ist.

## *Vorstellung des Studiengangs Test Engineering*

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner

### **1. Die Situation**

Bekannt ist, dass Industrie und Forschungsinstitutionen Ausbildungsprofile erwarten, die von den Hochschulen bisher nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung gestellt werden. Die Steinbeis-Hochschule sieht es als ihre Aufgabe an, diese Situation positiv zu verändern. Hinzu kommt, dass bereits jetzt bei bestimmten Studiengängen ein Mangel an Absolventen vorliegt, der sich durch die demoskopische Entwicklung noch verstärken wird. Befragt man in Einstellungsgesprächen, in Workshops und Weiterbildungsseminaren die Personen nach ihrem Fachwissen und vergleicht dieses mit den für die spezifische Tätigkeit als Versuchingenieur benötigten Kenntnissen, so wird man in der Regel eine größere Diskrepanz feststellen können.

### **2. Der Bedarf und die Bedeutung (der Versuchstechnik)**

Die Versuchstechnik in den relevanten Fachgebieten hat sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten stark verändert. Standen früher die Kennwertermittlung, die Optimierung von Versuchsmustern und ein teilweise sehr vereinfachter experimenteller Festigkeitsnachweis im Mittelpunkt, so gibt es heute vor allem zwei Ziele:

Die Entwicklung von Versuchstechniken für den experimentellen Festigkeitsnachweis unter möglichst realistischen Bedingungen (Belastungen und Umgebungsbedingungen müssen der Realität entsprechen). Dabei sind kostengünstige Lösungen zu entwickeln und eine Minimierung der Versuchszeit anzustreben.

Im letzten Jahrzehnt sind die virtuellen Methoden für die Lebensdauerabschätzung wesentlich verbessert worden (Berechnung und Simulation). Das hat dazu geführt, dass bestimmte Aufgaben, die früher experimentell gelöst wurden, zum Beispiel die Optimierung von Serienteilen im Hinblick auf Festigkeit, Gewicht und Kosten, heute fast ausschließlich virtuell vorgenommen werden. Dies bedeutet in der Regel eine Reduzierung von Entwicklungszeit und -kosten. Zum heutigen Stand der Berechnung und Simulation muss aber eindeutig gesagt werden, dass bei der Komplexität der oben genannten Prozesse eine sichere Auslegung allein durch Simulation nicht gegeben ist. Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Bauteilentwicklung ist deshalb eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstruktion, Berechnung und Versuch. Die hier wirksamen Einflüsse und Zusammenhänge werden im neuen Studiengang Test Engineering besonders herauszuarbeiten sein.

### 3. Das Steinbeis Test Engineering

In dem Studium Test Engineering werden die Fachgebiete statische Festigkeit, Festigkeit im Kriechbereich, Werkstoff- und Bauteilermüdung, Bruchmechanik, Tribologie, Verschleiß und Korrosion im Mittelpunkt stehen, das heißt Prozesse, die die Lebensdauer von Bauteilen, Strukturen und Gesamtsystemen begrenzen und bei unzureichender Auslegung zu einem Versagen während der Nutzungsdauer führen können. Für eine sichere und zuverlässige Auslegung spielt das Experiment eine herausragende Rolle, eingebettet in die erforderlichen betriebswirtschaftlichen und Management-bezüge.

Das Studium Test Engineering wird für den Erwerb des akademischen Grades „Bachelor of Engineering“ und als Vertiefungsrichtung des „Masters of Business and Engineering“ (MBE)<sup>®</sup> angeboten.

### 4. Zielgruppen

Mitarbeiter aus den Bereichen:

- Versuchs- und Testtechnik
- Instandhaltung
- Technologie
- Inbetriebnahme und technischer Service

- Konstruktion
- Kostenrechnung
- Produktorganisation/-durchführung
- Einkauf

### 5. Die Realisierung

Alle Veranstaltungen im Rahmen des Studienganges werden von Experten aus den Hochschulen, den Forschungsinstitutionen und der Industrie durchgeführt.

Seminare, Workshops und Tagungen des Deutschen Verbandes für Materialforschung und -prüfung e.V. Berlin sowie die versuchstechnische Infrastruktur der IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH Dresden werden in das Studium eingebunden.

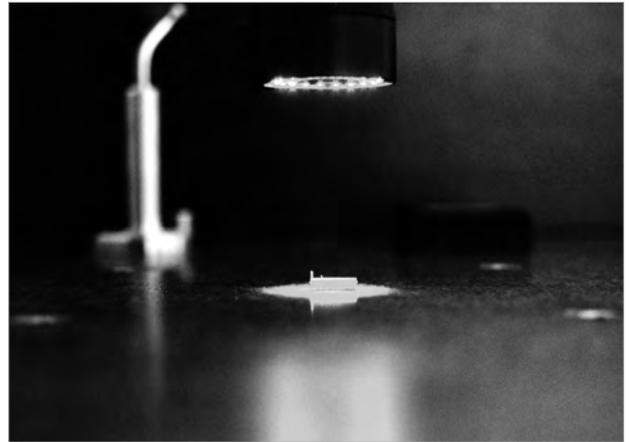
Die kontinuierliche Beratung bei der spezifischen, bedürfnisgerechten Ausrichtung der Lehre erfolgt durch Beiräte aus Wissenschaft und Industrie.



Steinbeis leistet als Dienstleister auf dem Gebiet des wettbewerblichen Technologietransfers einen erfolgreichen und anerkannten Beitrag für die Wirtschaft, Innovationspotenziale zu erschließen, neue Spitzen- und Querschnittstechnologien mit klassischen Technologien zu verbinden und Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung anzuwenden.

Unternehmen aller Größen und Branchen nutzen die Kompetenz von über 4.000 Experten in den Steinbeis-Unternehmen. Umfassende Leistungen in Beratung, Forschung und Entwicklung, Analysen und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung sichern spezifische, kundenorientierte Problemlösungen auf nahezu allen Technologie- und Managementfeldern.

An der 1998 gegründeten privaten Steinbeis-Hochschule Berlin studieren darüber hinaus mehr als 2.000 Studenten berufsbegleitend.





Der Deutsche Verband für Materialforschung und -prüfung (DVM) fördert den Wissenstransfer auf dem weiten Gebiet der Materialforschung und der Werkstoff- und Bauteilprüfung. Er bietet ein Kontaktforum für den branchenübergreifenden Austausch zwischen Wissenschaft und Technik, Hochschulen und Industrie. DVM-Mitglieder kommen unter anderem aus der Fahrzeugindustrie, den Systemhäusern, der Zuliefererindustrie, aber auch aus Forschungsinstitutionen, Hochschulen und Behörden.

Innovationsbereitschaft und neueste Erkenntnisse vereinen sich mit einer langen technisch-wissenschaftlichen Tradition: Den DVM gibt es seit 1896.

DVM-Arbeitskreise:

- Bruchvorgänge
- Betriebsfestigkeit
- Biowerkstoffe
- Zuverlässigkeit mechatronischer und adaptiver Systeme
- Rasterelektronenmikroskopie in der Materialprüfung
- Mechanische Charakterisierung in kleinen Dimensionen

Der DVM ist in ganz Deutschland und im Ausland aktiv. Regelmäßig veranstaltet der Verband nationale und internationale Tagungen, Workshops und Weiterbildungsseminare. Dank erstklassiger Referenten aus Hochschulen und Industrie sind DVM-Veranstaltungen auf hohem wissenschaftlichen Niveau und praxisorientiert. Eine hohe Aktualität der Themen wird angestrebt. In der Regel werden die Vortragsveranstaltungen durch Poster und Ausstellungen sowie interessante Werksbesichtigungen ergänzt.

Neben einer Vielzahl von Tagungsbänden publiziert der DVM eine Reihe von Sonderheften, zum Beispiel Bibliographien oder Schriften zur Technikgeschichte. Der Verband sieht es auch als seine Aufgabe an, kritisch zu aktuellen Themen Stellung zu nehmen, zum Beispiel zur Sicherheit von Fahrrädern, s. „MP Materials Testing“, Heft 1 – 2, 2007. Drei- bis viermal jährlich erscheinen die Verbandsmitteilungen „DVM-Nachrichten“ mit Informationen aus dem Bereich der Materialforschung und -prüfung. Sie enthalten unter anderem Berichte über aktuelle Veranstaltungen, Ehrungen und die Aktivitäten der einzelnen DVM-Arbeitskreise. In Kommentaren widmen sich bekannte Persönlichkeiten aktuellen Themen aus Technik und Gesellschaft.

Die vom DVM vergebenen Auszeichnungen wie die Erich-Siebel-Gedenkmünze oder die August-Wöhler-Medaille werden national und international hoch geschätzt. Speziell an Nachwuchswissenschaftler wird die DVM-Ehrennadel verliehen. Mit der DVM-Auszeichnung werden Personen geehrt, die sich auf dem Gebiet der Materialprüfung wissenschaftliche und organisatorische Verdienste erworben haben.

DVM-Mitglieder beschäftigen sich mit Werkstofffragen, Bauteilauslegung, Materialforschung oder -prüfung. Ob als persönliches, korporatives oder studentisches Mitglied, ob Institut, Unternehmen oder Doktorand – es gibt viele Möglichkeiten, in einem DVM-Arbeitskreis aktiv zu werden und vom Wissenstransfer zu profitieren. Wer eine Lösung für ein spezifisches Problem sucht, ein wissenschaftliches Projekt in einer Arbeitsgruppe vorstellen möchte oder Anregungen für neue Entwicklungen sucht, findet im DVM Experten zu zahlreichen Fragen. Der DVM ist, was seine Mitglieder daraus machen!

Nicht zuletzt bietet eine DVM-Mitgliedschaft finanzielle Vorteile, insbesondere 10 Prozent Ermäßigung auf alle Leistungen des DVM wie Tagungsbände, Teilnahme- und Ausstellungsgebühren. Das kann sich bereits bei zwei Teilnahmen jährlich auszahlen. Studentische Mit-

glieder nehmen kostenlos an DVM-Veranstaltungen teil. Und wer bereits in einem themenverwandten Verband Mitglied ist, erhält auf den DVM-Jahresbeitrag eine Ermäßigung.

Die laufend aktualisierte Homepage [www.dvm-berlin.de](http://www.dvm-berlin.de) bietet eine Vielzahl von Informationen über die DVM-Arbeitskreise, die Vorteile einer Mitgliedschaft und die Programme von Tagungen, Workshops und Seminaren.

Herzlich willkommen im DVM!

Geschäftsführerin: Frau Dipl.-Kfm. Kathrin Leers  
Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung  
e.V. (DVM)

Unter den Eichen 87 | D-12205 Berlin

Fon: +49 (0)30 - 811 30 66 | Fax: +49 (0)30 - 811 93 59

E-Mail: [office@dvm-berlin.de](mailto:office@dvm-berlin.de) | [www.dvm-berlin.de](http://www.dvm-berlin.de)

Betriebs- und Dauerfestigkeit, Bauteilsicherheit und Systemzuverlässigkeit sind Themen, die durch Fortschritt in Wissenschaft und Technik nicht an Aktualität verlieren. Im Gegenteil: Neu entdeckte oder entwickelte Materialien, Strukturen und Technologien, neuartige Verhaltensweisen und Belastungsszenarien resultieren zunächst in wachsenden Anforderungen an den Test.

Gleichsam im Mitwachsen begriffen ist die IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH Dresden. Die IMA bedient die Branchen Luftfahrt-, Schienenfahrzeug-, und Kraftfahrzeugtechnik, Kunststoff- und Metallindustrie, aber auch Windenergie-technik mit wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen.

Die IMA GmbH ist dort ein kompetenter Partner, wo es um Forschung, Entwicklung und Prüfung von Werkstoffen, Bauteilen und Erzeugnissen geht. Individuelle Testmethoden entwickeln, die reale Bedingungen abbilden, Ergebnisse liefern, mit den Kunden arbeiten können – darin liegen die großen Herausforderungen, denen sich das am Dresdner Flughafen angesiedelte Unternehmen seit seiner Gründung 1993 mit Erfolg stellt.

Teile vielfältiger Herkunft und Bauart gelangen auf den Prüfstand, wofür die Testfläche in absehbarer Zeit von 10.000 auf ca. 15.000 Quadratmeter wachsen wird.

Proben, Bauteile und Systeme, Gelenke und Komponenten, komplette Fahrzeuge, Eisenbahnwagen, sogar ganze Wandsegmente von Häusern werden untersucht.



*Auf diesem Prüfstand werden Flugzeugrumpfschalen unter Annahme realer Kräfte und Druckbelastungen getestet.*

Die Betriebsfestigkeit von Flugzeugstrukturen nachzuweisen, gehört zu den diffizilsten Aufgaben. Kaum ein technisches Produkt besteht aus mehr Einzelteilen, die perfekt zusammenspielen müssen. Selten sind die mechanischen und thermischen Belastungen so hoch und komplex. Noch immer gilt die Luftfahrt als Triebkraft für leichte Bauweisen.

Die IMA GmbH kann sich auf neueste Erkenntnisse stützen und auf Jahrzehnte lang vor Ort gewachsenes Wissen bauen. Viel Erfahrung und technisches Know-how gehören dazu, um etwa ein Flugzeugleben so lebensnah wie möglich im Zeitraffer zu simulieren. Die IMA wird zu hochkomplexen Prüfaufgaben angefragt – vom Test einzelner Komponenten bis zu Gesamtzellen-Ermüdungstests.

Qualität anderer zu prüfen, bedingt höchste Maßstäbe an sich selbst. Die IMA hat sich nach DIN EN 9100 zertifizieren lassen und genügt den Anforderungen der DIN EN ISO 9001:2000. Alle Labors wurden akkreditiert und werden von Institutionen verschiedener Branchen als Prüfstelle anerkannt. Heute beschäftigt das Unternehmen über 140 qualifizierte Mitarbeiter. Der Anteil an Ingenieuren ist – typisch für wissenschaftlich-technische Dienstleistungsunternehmen – sehr hoch. Bei der IMA GmbH sind es über 60 Prozent der Beschäftigten,

ein Viertel von ihnen hat promoviert. Von 2001 bis heute stieg die Zahl der Ingenieure auf 83, damit um mehr als 50 Prozent.

Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel  
Wilhelmine-Reichard-Ring 4 | D-01109 Dresden

Fon: +49 (0)351 - 88 37 252

Fax: +49 (0)351 - 88 04 313

E-Mail: [hanel@ima-dresden.de](mailto:hanel@ima-dresden.de) | [www.ima-dresden.de](http://www.ima-dresden.de)

***Aussteller-Übersicht***

<b>Name, Firma</b>	<b>Ort</b>
Cyber Technologies GmbH	Ingolstadt
Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung (DVM)	Berlin
IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH	Dresden
Steinbeis Beratungszentren GmbH	Stuttgart
Steinbeis-Europa-Zentrum Innovation Relay Centre	Karlsruhe
Steinbeis-Transfer- Institut Production and Engineering	Berlin
Steinbeis-Transfer- Institut Technologie und Innovation	Stuttgart/Berlin
Steinbeis-Transferzentrum Federtechnologie Bauteilverhalten und Prozess	Iserlohn
Steinbeis-Transferzentrum Entwicklung Prüf- und Messtechnik	Maidbronn
Steinbeis-Transferzentrum Industrielle Oberflächentechnik	Eibau
Steinbeis-Transferzentrum Korrosion und Werkstoff	Aalen
Steinbeis-Transferzentrum ManagementQualität	Stuttgart
Steinbeis-Transferzentrum MaterialEffizienzZentrum (MEZ)	Gosheim
Steinbeis-Transferzentrum Neue Technologien in der Verkehrstechnik	Ulm
Steinbeis Zentrale	Stuttgart



### Eine Hilfe für Konstruktion und Berechnung

Grundlage des Programms **RifestPlus** ist die **FKM-Richtlinie**. Das Programm gilt für flächenförmige Bauteile oder für „kompakte“ Bauteile, für die örtliche Spannungen vorliegen, beispielsweise aus FEM-Berechnungen.

### **FKM-Richtlinie:**

Gegenstand ist der statische Festigkeitsnachweis und der Ermüdungsfestigkeitsnachweis als Dauer- oder Betriebsfestigkeitsnachweis für nicht-geschweißte und geschweißte Maschinenbauteile aus Walzstählen, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen. Die FKM-Richtlinie wird vom VDMA-Verlag vertrieben, unter „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen“, 5. Ausgabe 2003.

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH  
Dresden

Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel  
Wilhelmine-Reichard-Ring 4 | D-01109 Dresden

Fon: +49 (0)351 - 88 37 252

Fax: +49 (0)351 - 88 04 313

E-Mail: [hanel@ima-dresden.de](mailto:hanel@ima-dresden.de) | [www.ima-dresden.de](http://www.ima-dresden.de)

## WIS-WT: Wissensmanagement-System der Werkstofftechnik

WIS-WT unter Anwendung moderner Kommunikationstechnologien zur Bereitstellung von Normen-Fachdaten, Dokumentenarchiven sowie Lern- und Ausbildungssoftware.

### Module und Leistungen

- Kommerziell verfügbar
  - Werkstoffdatenbank **WIAM®-METALLINFO**
  - Entwicklungstool **FIDAT®**
  - Anbindung weiterer Informationsquellen
  - Wissenstool der Werkstofftechnik
- Firmenspezifisch
  - Fachdatenbanken (u. a. Umformverhalten **WUF**, Schwingfestigkeits-, Gießverhalten etc.)
  - Dokumenten-Informations-System **DIS**

### Anwenderbereiche

- Berechnung, Simulation, Konstruktion, Werkstofftechnik, Normung, Qualitätssicherung, Einkauf

### Vorteile

- Zentrale Wissensquelle mit WEB-Oberfläche
- Erweiterung um firmenspezifisches Wissen
- Modularer Aufbau – schlanke Versionen

- Geringer Wartungsaufwand – optimale Aktualisierung beim Anwender
- Regelmäßige Weiterentwicklung und Aktualisierung durch die IMA GmbH Dresden

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH  
Dresden

Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Hanel  
Wilhelmine-Reichard-Ring 4 | D-01109 Dresden

Fon: +49 (0)351 - 88 37 252

Fax: +49 (0)351 - 88 04 313

E-Mail: [hanel@ima-dresden.de](mailto:hanel@ima-dresden.de) | [www.ima-dresden.de](http://www.ima-dresden.de)

## *Herausforderungen mit Steinbeis-Beratern erfolgreich meistern*

Die Steinbeis-Beratung – ein kompetenter und verlässlicher Partner, wenn es um die Bewältigung zukünftiger Aufgaben geht.

Unsere Kunden profitieren von der Stärke unseres Verbundes, indem sie das Expertenwissen von mehr als 30 Steinbeis Beratungszentren nutzen.

Unsere Kompetenzen:

### Beratung

- Corporate Finance
- HR-Management
- Innovations- und Technologiemanagement
- Marketing/Vertrieb
- M&A und Unternehmensnachfolge
- Prozessoptimierung
- Strategisches Management
- Unternehmenscoaching
- Wirtschaftsförderung

### Expertise

- Analyse von Unternehmenspotenzialen und Geschäftsideen
- Bewertung der Markt- und Wettbewerbsfähigkeit von Technologien, Produkten und Standorten
- Entscheidungshilfen und Impulse für unternehmerisches Handeln

- Analysen und Expertisen für Unternehmen, Kreditinstitute und private Kapitalgeber

### Qualifizierung

- Personalentwicklung
- Mitarbeiterqualifizierung
- Vermittlung von Fach- und Methodenkompetenz
- Weiterbildung
- Zertifizierung

Steinbeis Beratungszentren GmbH

Geschäftsführer: Dipl.-Wirtsch.-Ing. August A. Musch

Willi-Bleicher-Str. 19 | D-70174 Stuttgart

Fon: +49 (0)711 - 18 39 -5 | E-Mail: [stz606@stw.de](mailto:stz606@stw.de)

## *XPRESS – Intelligente Lösungen für flexible Fertigung*

Das Steinbeis-Europa-Zentrum (SEZ) begleitete die mittelständische Harms & Wende GmbH von der Projektidee, über die Konzipierung des Antrages bis zu den Vertragsverhandlungen mit der Europäischen Kommission für das Projekt XPRESS. Seit 1. Januar 2007 ist das SEZ als Partner in diesem Projekt für Wissensmanagement, Technologiestudien, Management von geistigem Eigentum sowie finanziellem und administrativem Projektmanagement verantwortlich.

XPRESS ist eines der großen Verbundprojekte der Europäischen Kommission im Bereich der flexiblen Fertigung.

Durch die Vernetzung von intelligenten Lösungen sowohl auf Produktions- als auch auf Planungsebene wird die Integration von Prozessinformationen in die Produktionsplanung ermöglicht. Zum einen erlaubt dies die Fertigung verschiedener Varianten eines Produktes mit demselben Maschinenpark bei verringerten Anfahrtszeiten und Produktionskosten. Zum anderen kann ein Qualitätssicherungssystem in den Fertigungsprozess integriert werden, auf das Produktionsplanung und Produktionssteuerung zurückgreifen können. Darüber hinaus strebt XPRESS eine flexible Integration des Menschen in den sich ändernden Fertigungsprozess an.

Die entwickelten Methoden bieten Schnittstellen, die eine Kombination der XPRESS Technologien mit

bereits existierenden Maschinen/Werkzeugen bzw. Produktionslinien erlaubt. Durch Standardisierung soll z. B. in den Bereichen Automobilbau, Flugzeugbau und Elektronik eine breite Einsatzfähigkeit erreicht werden. Die untersuchten Prozesse beinhalten Handhabungs-/Transport- und Verbindungsprozesse.

Das Konsortium aus 16 Partnern vereint Endanwender und Zulieferer, IKT-Entwickler, kleine und mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Koordiniert wird XPRESS von der Harms & Wende GmbH, Hamburg.

Steinbeis-Europa-Zentrum

Leiter: Prof. Dr. Norbert Höpftner

Dr. Jonathan Loeffler

Erbprinzenstr. 4 - 12 | D-76133 Karlsruhe

Fon: +49 (0)721 - 93 51 90 | E-Mail: [stz517@stw.de](mailto:stz517@stw.de)

Der Randschichtzustand in Einheit von Werkstoff- und Fertigungsqualität (-einfluss) ist der ausschlaggebende Faktor für die Ermüdungsfestigkeit (Gebrauchswert) von Bauteilen. Mittels moderner Fertigungsverfahren wird angestrebt, die Bearbeitung (Formgebung) der Bauteiloberflächen mit weniger Operationen effektiver (produktiver) zu gestalten. Es sind möglichst genaue Kenntnisse erforderlich, wie sich die so erzeugten Oberflächen auf das Ermüdungsverhalten und damit auf die Zuverlässigkeit von Bauteilen auswirken. Die ganzheitliche Betrachtung von Werkstoff, Fertigung und Bauteil in ihrer Wechselwirkung ist dabei erforderlich.

Mit dem in Kooperation mit der IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH Dresden entwickelten Ingenieurkonzept ist es möglich, die Wirkungskette einschließlich der Parameter der Elemente von

- Fertigungsverfahren und -prozess (Maschine, Fertigungsparameter, Trocken-, Nassbearbeitung, etc.),
- Bauteilrandzoneneigenschaften (Maß-, Lage- und Formabweichungen, Eigenspannungen, Härte, Mikrohärte, etc.),
- Bauteilermüdungsverhalten (Wöhler-, Betriebsfestigkeitslinie)

zu analysieren, zu bewerten und entsprechend den jeweiligen Zielfunktionen, wie z. B. Produktivität, Kosten, Verfügbarkeit, Qualität, ökologische Rahmenbedingungen, zu gestalten.

Die Quantifizierung der Zusammenhänge entlang der Wirkungskette gestattet, werkstoff-, verfahrens- und bauteilspezifische Lebensdauerrestriktionen als Funktion technologischer Arbeitswerte zu ermitteln.

Damit ist es möglich, diese der technologischen Optimierung zugänglich zu machen.

Steinbeis-Transfer-Institut

Production Engineering

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

Gürtelstraße 29A/30 | D-10247 Berlin

Fon: +49 (0)30 - 29 33 09 -0 | E-Mail: [stz778@stw.de](mailto:stz778@stw.de)

## *Planung eines Labor- und Testkomplexes für die IMA GmbH Dresden*

Die IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH (IMA GmbH Dresden) ist ein technisch-wissenschaftliches Dienstleistungsunternehmen. Da der alte Testhangar am Dresdner Flughafen den neuen Anforderungen nicht mehr genügte, entschloss man sich den gesamten Firmenkomplex zu verlagern. Die zugehörige Vor- bzw. Neuplanung des Gesamtkomplexes wurde durch das Steinbeis-Transferzentrum (STPE) realisiert.

Die 120 Mitarbeiter der IMA GmbH beschäftigen sich mit den vielfältigen Problemen zum Nachweis der Funktion, Zuverlässigkeit und Sicherheit von Werkstoffen, Bauteilen und Produkten. Für diese Aufgaben war der Testhangar auf dem aktuellen Firmengelände zu klein geworden. Folglich wurde der Neubau und die Verlagerung des gesamten Firmenkomplexes für das Kern- und Neugeschäft auf ein freies Gelände am Dresdner Flughafen in Erwägung gezogen.

Das STPE arbeitete bereits seit Jahren erfolgreich mit der IMA GmbH in Forschung, Beratung und Ausbildung zusammen. Dieser Sachverhalt sowie umfangreiche Referenzen auf dem Gebiet von Fabrik- und Anlagenplanung führten zur Beauftragung. In mehrmonatigen detaillierten und systematischen Analysen wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber ein zukunftsfähiger Anforderungskatalog für das neue Objekt erarbeitet, das der anspruchsvollen technischen Leistungsbreite und -

qualität des Unternehmens entsprechen sollte. Die damit verbundene hohe Komplexität gepaart mit extremen Anforderungen an Gebäude sowie die Systeme der Haus- und Versorgungstechnik, Großvorrichtungen einerseits, Mikrotechnik andererseits, Explosionsschutz und Sondermedien, Klimatisierungsanforderungen für hohe Hallensysteme und große Tore usw., das alles „kompakt“ und kostengünstig auf einem vordefinierten Grundstück zu planen und zu realisieren – eine große Herausforderung, für die letztendlich eine funktions- und kostenoptimale, ganzheitliche Lösungsvariante gefunden wurde. Im ersten Bauabschnitt realisierte die IMA GmbH Dresden gemeinsam mit der IABG mbH Ottobrunn die Testhalle für den Airbus A380-800.

Steinbeis-Transferzentrum

Produktionstechnik und Entsorgungslogistik (STPE)

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther

George-Bähr-Straße 8 | D-01069 Dresden

Fon: +49 (0)35 21 - 73 23 80 | E-Mail: stz205@stw.de

Das STI InTech vermittelt mit seinen berufsbegleitenden Aus- und Weiterbildungsprogrammen – Steinbeis-Technologie-Seminar und TechnologyBBA – umfassende Kenntnisse zu bedeutenden Schlüssel- und Querschnittstechnologien und operative Managementkompetenz, das erworbene Wissen praxisrelevant und problem-lösungsorientiert umzusetzen.

Die 5 Module des Steinbeis-Technologie-Seminars:

- 1) **Technologieorientierter Innovationsprozess – Ziele, Instrumente, Management für die Zukunft**
- 2) **Fortgeschrittene Fertigungstechniken**
  - Grundlagen der Produktionstechnik: Methoden zur Analyse und Bewertung produktionstechnischer Abläufe, Analyseansatz „Technische Zusammenhänge zu Zeiten – Zeiten zu Kosten“
  - Fertigungsprozessgestaltung und Produktionsorganisation: technisch-technologische Grundlagen für das Management
  - Fertigung und Bauteil: Grundlagen und Methoden zur Analyse, Gestaltung sowie Bewertung von Gebrauchswerten technischer Produkte
  - Ausgewählte Trends der Fertigungstechnik: Verifizierung der technischen Machbarkeit und betriebswirtschaftlichen Sinnfälligkeit entsprechend

dem Methodengerüst der Grundlagen der Produktionstechnik

### 3) **Dünnere, präziser, intelligenter – Funktionalität durch Oberflächen und Werkstoffe**

- Oberflächen- und Schichttechnik: Möglichkeiten und Chancen der Funktions- und Dekorationsgestaltung technischer Oberflächen
- Dünnschicht und Nanotechnologie: praxisrelevante Grundlagen der Dünnschicht- und Nanotechnologie, mögliche und technisch sinnvolle Anwendungen in der Praxis

### 4) **Energietechnische Visionen – Herausforderung für Technologie und Markt**

### 5) **Systemtechnologien – Aus Kleinem entsteht Großes!**

Der akkreditierte Studiengang TechnologyBBA baut auf dem Steinbeis-Technologie-Seminar auf.

Steinbeis-Transfer-Institut

Technologie und Innovation (STI InTech)

Direktor: Dipl.-Ing. (FH) Elke Zimmer

Willi-Bleicher-Straße 19 | 70174 Stuttgart

Fon: +49 (0)711 - 18 39 680 | E-Mail: [stz697@stw.de](mailto:stz697@stw.de)

## *Federntechnologie, Bauteilverhalten und Prozess*

Das Steinbeis-Transferzentrum (STZ) für Federntechnologie, Bauteilverhalten und Prozess bietet folgende Dienstleistungen:

### Federntechnologie

- **Optimierung von dynamischer Lebensdauer und Verschleiß bei Kugelstrahlern in der Federproduktion:** Ziel ist es, Fahrzeugtragfedern möglichst gut kugelzustrahlen, um eine hohe dynamische Lebensdauer zu erreichen. Dazu wird die Feder mit arrondiertem Drahtkorn gestrahlt, welches Geschwindigkeiten von über 80 m/s hat. Als Folge tritt im Kugelstrahler hoher Verschleiß auf. Hier soll ein wirtschaftlicher Kompromiss gefunden werden.
- **Spannungsstrahlen von Federelementen:** Eine bessere Werkstoffausnutzung bzgl. der dynamischen Lebensdauer erhält man mit dem so genannten Spannungsstrahlen. Die Feder wird dabei vorgespannt und dann gestrahlt. Die anschließende Entlastung erhöht das Druckeigenspannungsniveau der Feder nochmals signifikant.

### Bauteilverhalten

- **Verbesserung der dynamischen Lebensdauer an Großbauteilen:** Großbauteile, wie z. B. Kurbelwellen, bekommen als Erstes bei dynamischer Belastung in den Übergangsradien Risse. Diese werden durch

Festwalzen in den Übergangsradien verzögert. Wichtig ist es, die Höhe der induzierten Druckeigenspannung zu kennen. Das STZ ist in der Lage im Labor bei Bauteilen bis zu 2,5 m Länge und 1 t Gewicht die Eigenspannung röntgenografisch zu vermessen. Für noch größere Bauteile kann vor Ort ein Messstand aufgebaut werden.

### Prozess

- **Optimierung von Arbeitsplatzumgebungen in Produktionen:** Zur Sicherung der Konkurrenzfähigkeit des Standortes Deutschland gilt es, alle Ressourcen optimal auszunutzen, um die gewünschte Produktivität zu erzielen. Der Einsatz von Methoden, wie z. B. der Zeitwettbewerb und der kontinuierliche Verbesserungsprozess, unterstützt dieses Vorgehen. Hier werden Workshops und Projekte zu verschiedenen Themen, wie z. B. allgemeine Arbeitsplatzoptimierung, Verringerung der Rüstzeiten und Visualisierung von Arbeitsinhalten durchgeführt.

Steinbeis-Transferzentrum

Federntechnologie, Bauteilverhalten und Prozess

Leiter: Prof. Dr. Eckehard Müller

Langerfeldstr. 53c | D-58638 Iserlohn

Fon: +49 (0)2371 - 37 09 42 | E-Mail: stz808@stw.de

Dynamisch beanspruchte Bauteile können durch Ermüdung versagen. Um dem vorzubeugen, braucht es ausreichend zuverlässige Lebensdauernachweise, diese lassen sich nur im Betriebsfestigkeitsversuch auf der Basis repräsentativer Betriebslastenmessungen ermitteln.

Dazu ein Beispiel aus der Praxis:

#### **Belastungsmessung an Sprungfallschirmen – Paragleiter:**

- Messung der Beanspruchungs-Zeit-Funktion am „Drei-Ringsystem“ eines Sprungfallschirmes während des Fluges
- Generieren von Lastfolgen auf der Basis der gemessenen realen Beanspruchungen
- Experimenteller Lebensdauernachweis mit variabler Amplitude

#### **Leistungs-Schwerpunkte des Transferzentrums:**

- **Automobilbau**  
Lebensdaueruntersuchungen in den Bereichen Fahrwerk und Antriebsstrang
- **Schienenfahrzeuge**  
Lebensdauernachweis an Radsatzlagergehäusen
- **Zweiradtechnik**  
Betriebsfestigkeitsnachweis mit variabler Amplitude an schwingbruchgefährdeten Fahrradkomponenten auf der Basis von Fahrbetriebsmessungen

- Bau von Prüfständen
- Feld-Robotik kombiniert mit Satellitennavigation (GPS, Galileo)

#### **Ausstattung:**

Prüffeld mit servohydraulischen Aktoren im Kräftebereich 5 bis 3000 kN für Betriebsfestigkeitsversuche (ein- und mehrachsig) mit variabler Amplitude; Klimakammer, erforderliche Messtechnik usw.

Steinbeis-Transferzentrum

Entwicklung, Meß- und Prüftechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Egon Füglein

Klosterstraße 5 | D-97222 Maidbronn

Fon: +49 (0)9721 - 940948 | E-Mail: stz415@stw.de

## *Funktionelle und dekorative Oberflächengestaltung*

Mit Atmosphären- und Niederdruck-Plasmatechnik sind heute individuelle Lösungen für industrielle Oberflächenaktivierungen und Beschichtungen möglich. Das Steinbeis-Transferzentrum Industrielle Oberflächentechnik bietet praktische Untersuchungen und fachliche Beratung zu Lösungen für die Oberflächentechnik mittels ADP-, PVD- und ECD-Technologien.

- Durchführung von Oberflächenvorbehandlungen und Musterbeschichtungen
- Bestimmung der Schicht- und Oberflächeneigenschaften
  - Struktur- und Gefügeanalyse
  - Korrosionsprüfung
  - Mechanisch-technologische Prüfverfahren
  - Prüfung optischer und elektrischer Oberflächeneigenschaften
- Untersuchungen zur Oberflächenaktivierung mittels Atmosphärendruck-Plasmatechnik für Klebe- und Beschichtungsaufgaben
- Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern, Meistern und Ingenieuren zur Oberflächentechnik, Mess- und Analysetechnik und zur Qualitätssicherung

Industrieprojekte werden hauptsächlich in Kooperation mit Mitarbeitern des Instituts für Oberflächen-

technik der Hochschule Zittau/Görlitz (FH) realisiert.

Projektbeispiele:

- Dekorative Schutzbeschichtungen auf Magnesium-Basislegierungen mittels reaktiver PVD-Technologien und anodischer Oxidation
- Katalytisch wirksame PVD-Schichten für den Abbau organischer Schadstoffe in industriellen Abluftströmen
- Funktionalisierung der Oberfläche von Polyurethan als Basiswerkstoff für flexible und in Blutkontakt stehende medizinische Implantate und Devices
- ADP-Vorbehandlung für Glas / Metall Klebeverbindungen

Steinbeis-Transferzentrum

Industrielle Oberflächentechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Rudolf Förster

Kirschallee 7 | D-02739 Eibau-Walddorf

Fon: +49 (0)3586 - 76 54 80 | E-Mail: [stz1090@stw.de](mailto:stz1090@stw.de)

Auf der Basis von 30 Jahren Erfahrung in Industrie und akademischer Forschung ist das Steinbeis-Transferzentrum Korrosion und Werkstoffe der kompetente Partner in allen Fragen zu Korrosion, Korrosionsschutz sowie für die Herstellung, Anwendung und Verarbeitung korrosionsbeständiger metallischer Werkstoffe und bietet folgende Dienstleistungen:

#### **Beratung und Expertisen**

zur Werkstoffauswahl und zu Strategien des Korrosionsschutzes

#### **Schadensuntersuchungen und Gutachten**

zur Aufklärung von Werkstoffschäden und Beratung zur Prävention

#### **Korrosionsprüfungen und Untersuchungen, Werkstoffprüfungen**

nach deutschen und internationalen Normen und Regelwerken

#### **Angewandte Forschung**

zur Optimierung von Werkstoffen und Korrosionsschutzsystemen

#### **Seminare und Vorträge**

zur Schulung von Mitarbeitern  
Seminare für Anwender und Kunden

Steinbeis-Transferzentrum  
Korrosion und Werkstoffe

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Thomas Ladwein

Reiherstr. 39 | D-73434 Aalen

Fon: +49 (0)7361 - 97 51 06 | E-Mail: [stz822@stw.de](mailto:stz822@stw.de)

## *Unser Dienstleistungsangebot – Erfolgsfaktor für unsere Kunden*

Kunden wenden sich Produkten und Dienstleistungen zu, die ihre Anforderungen und Wünsche am besten erfüllen. Schlüsselfaktoren zur Wettbewerbssteigerung sind Technologie und Innovation.

Das Steinbeis-Transferzentrum ManagementQualität bietet Unterstützung in folgenden Bereichen:

### **Innovationsorientierte Unternehmensgestaltung**

- Produktinnovation
- Dienstleistungsinnovation
- Innovationsmanagement
- Innovationsprozess

### **Technologietransfer für eine marktnahe Anwendung**

- Markt- und Wettbewerbsanalysen
- Zuverlässigkeit in der Konstruktion
- Produktlebenszyklus vom Rohstoff bis zur Entsorgung
- Produktkettennachweis vom Acker auf den Tisch

### **Beratung mit hoher Umsetzungskompetenz entlang der Wertschöpfungskette**

- Steigerung der Erlöse und der Ertragskraft
- Kostenersparnis durch Fehlervermeidung
- Prozessoptimierung entlang der Produktions- und Lieferkette
- Verbesserung der Dienstleistung und ServiceQualität

### **Wissenstransfer als entscheidender Wettbewerbsvorteil**

- Excellent Quality Management (EQM)<sup>®</sup>
- Business Excellence nach dem EFQM-Modell
- Integrierte Managementsysteme im Kundennutzen gestalten
- Wertorientierte und kundenspezifische Unternehmensstrategie

Steinbeis-Transferzentrum

ManagementQualität

Leiter: Gerhard Weindler

Willi-Bleicher-Straße 19 | D-70174 Stuttgart

Fon: +49 (0)711 - 18 39 -672 | E-Mail: [stz598@stw.de](mailto:stz598@stw.de)

Steigerung der Ressourcenproduktivität als Chance zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit.

Eine Antwort auf steigende Preise bzw. Verknappung von Rohstoffen, Materialien und Energien.

Effizienter Materialeinsatz zur Kostenreduzierung ist ein wichtiges Zukunftsthema mit den Schwerpunkten Produkt-, Verfahrens- und Prozessverbesserung. Durch den Einsatz bereits verfügbarer Technologien und Managementmethoden kann die Effizienz von Prozessen und Produkten deutlich gesteigert werden.

Bereits bei der Produktentwicklung und den Spezifikationen der Beschaffung über alle Herstellungsstufen bis hin zur Warenbereitstellung entstehen Verluste. Deshalb forciert die vom Bund beauftragte Deutsche Materialeffizienzagentur (demea) über akkreditierte Leitberater vor Ort die nachhaltige Verbesserung der Wertschöpfungskette in Unternehmen bis zu 1000 Mitarbeitern.

Für solche Unternehmen gibt es Zuschüsse für Analyse, Spezialisten und Projektleitung im Bereich des sparsamen Umgangs mit Rohstoffen, Materialien, Energie, Hilfs- und Betriebsmitteln zur Verbesserung von Produkten und Prozessen.

Zu dieser Thematik bieten die Experten vom MaterialEffizienzZentrum in Gosheim – als akkreditierte Leitberater – Potenzialanalyse und Projektmanagement mit Einbindung von Fachexperten an.

Steinbeis-Transferzentrum

MaterialEffizienzZentrum MEZ

Leiter: Dipl.-Ing. (FH) Petra Ohlhauser

Dipl.-Betriebsw. (FH) Christoph Seyfried

Walter K. Staiger

Daimlerstrasse 8 | D-78559 Gosheim

Fon: +49 (0)7426 - 94 96 -0 | E-Mail: [stz1084@stw.de](mailto:stz1084@stw.de)

## *winADAM: Automatisierte Messdatenerfassung bei Fahrzeugen*

WinADAM ist ein Messdatenerfassungssystem, das innerhalb kürzester Zeit im Fahrzeug installiert und gestartet werden kann, umfangreiche Einsatzdaten erfasst, ohne dass zusätzliche Sensoren installiert werden müssen und extrem robust ist. Panzeinsätze und Fahrten auf dem Nürburgring erfolgten problemlos.

Messdaten von winADAM werden zur Beurteilung von Fahrzeugantrieben, Fahrerverhaltensweisen, zur Steuerung von Leistungsprüfständen oder zur Erfassung von Basisdaten für Simulationen verwendet.

Nach dem Einschalten des Rechners wird das Messprogramm automatisch gestartet. winADAM erfordert während der Messung keine Bedienung durch den Benutzer. Sowohl die einwandfreie Funktion als auch auftretende Fehler werden durch Sprachausgabe signalisiert, so dass man mit winADAM allein akustisch überwachen kann. Es kann auch dort eingesetzt werden, wo nur der Fahrer das System beaufsichtigen soll.

Die Visualisierung der Messdaten erfolgt in drei weg/zeit-synchronen Fenstern, was die Nachvollziehbarkeit der Ereignisse während der Messung wesentlich erleichtert:

- über den Kursverlauf (in der Karte),
- als Signalverlauf über Weg und Zeit und
- als Videobild

Die Messergebnisse werden in einer Datenbank gespeichert und stehen für die Steuerung von Prüfständen oder Computersimulationen von Fahrzeugantrieben zur Verfügung. In Verbindung mit dem Simulationssystem winEVA und der Lebensdauerberechnungssoftware winLIFE kann die Lebensdauer von Fahrzeugantrieben vorhergesagt werden.

Steinbeis-Transferzentrum

Neue Technologien in der Verkehrstechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Günter Willmerding

Dipl.-Ing. (FH) Jakob Häckh

Prittwitzstraße 10 | D-89075 Ulm

Fon: +49 (0)7325 - 33 06 | E-Mail: stz89@stw.de

Die Vorhersage von Kraftstoffverbrauch, Fahrleistung und Lebensdauer unter realistischen Einsatzbedingungen über lange Fahrstrecken von Fahrzeugen wird immer wichtiger. Die komplexer werdenden Antriebsstrangtechnologien erfordern umfangreiche und langwierige Tests, damit auch seltene und unerwartete Ereignisse miterfasst werden können.

Fahrversuche mit Fahrzeugen im Straßenverkehr mit integrierter Messtechnik zur Aufzeichnung der Einsatzbedingungen sind aufwändig und in einer frühen Phase der Entwicklung mangels Verfügbarkeit eines Testfahrzeugs nicht oder nur sehr begrenzt möglich.

Die Kombination von Messdatenerfassung und Antriebsstrangsimulation erlaubt es, realistische Prüfstandsversuche oder Lebensdauersimulationen im Computer durchzuführen und damit erheblich kostengünstiger und auch reproduzierbarer als im Fahrversuch zu arbeiten.

Mit Hilfe einer aus Fahrversuchen ermittelten Datenbank für Fahrstrecken, Topografien und Verkehrsdaten können realistische Fahrscenarien erzeugt werden, die als Basis für die Steuerung von Antriebsstrangprüfständen und Computersimulationen mit der Software winEVA – EDV-Programm zum Verbrauch-, Fahrleistung- und LebensdauerAnalyse – verwendet werden.

Durch umfangreiche Arbeiten in den letzten 10 Jahren konnte gezeigt werden, dass im Fahrversuch auf der Straße, bei der Computersimulation mit Hilfe der Bedingungen des Fahrversuchs und auf dem Prüfstand durch Nachfahren dieser Bedingungen mit Hilfe von winEVA ähnliche Belastungskollektive erhalten werden. Es ist daher möglich, den Fahrversuch – zumindest teilweise – durch Computersimulation und Prüfstandssimulation zu ersetzen.

winEVA in Verbindung mit der Messdatenerfassung winADAM und dem Lebensdauerberechnungsprogramm winLIFE hat sich bei Fahrzeugherstellern und Zulieferern bewährt.

Steinbeis-Transferzentrum

Neue Technologien in der Verkehrstechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Günter Willmerding

Dipl.-Ing. (FH) Jakob Häckh

Prittwitzstraße 10 | D-89075 Ulm

Fon: +49 (0)7325 - 33 06 | E-Mail: stz89@stw.de

## *winLIFE: Berechnung der Lebensdauer dynamisch belasteter Bauteile*

winLIFE ist eine Software zur Berechnung der Lebensdauer dynamisch belasteter Bauteile, die in Verbindung mit Finite-Elemente-Programmen arbeitet. winLIFE ist in deutscher und englischer Sprache verfügbar und kann auch mit angloamerikanischen Einheiten (lb, psi, etc) arbeiten. winLIFE wird seit 20 Jahren insbesondere in den Bereichen Automobilbau, Wehrtechnik, Windenergie, Schiffbau und Maschinenbau eingesetzt.

winLIFE bietet folgende Möglichkeiten:

- Nennspannungskonzept, örtliches Spannungs- und Dehnungskonzept
- Wöhlerliniengeneratoren für Spannungs- und Dehnungskonzepte
- Internet Material Datenbank (SQL-Queries)
- Bei multi-axialen Problemen können bis zu 100 parallele Last-Zeit-Funktionen verwendet werden. Länge der Lastzeitdateien nur durch Plattenspeicherplatz limitiert
- Einlesen von Rosetten-Dehnungen
- Generator für Standard-Kollektive
- Leistungsfähige Analyse-Tools
- Überlagerungsmöglichkeit (gewichtete Schadenssumme verschiedener Lastfälle)
- Report Generator erzeugt benutzerdefinierbare Standard Reports

- Zahnradlebensdauerberechnung nach FVA und DIN
- Berücksichtigung der Charakteristika von Planetengetrieben
- Berechnung von Wälzlagern
- Bisher mehr als 130 Installationen weltweit
- Datenaustausch mit winEVA und winADAM

Steinbeis-Transferzentrum

Neue Technologien in der Verkehrstechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Günter Willmerding

Dipl.-Ing. (FH) Jakob Häckh

Prittwitzstraße 10 | D-89075 Ulm

Fon: +49 (0)7325 - 33 06 | E-Mail: [stz89@stw.de](mailto:stz89@stw.de)



## *Notizen*



## Impressum

© 2007 Steinbeis-Edition Stuttgart/Berlin

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Hrsg.: Steinbeis-Stiftung für Wirtschaftsförderung

*Tagungsband Fertigung und Bauteileigenschaften –*

*Tagungsreihe Angewandte Technologien*

20. Juni 2007, Haus der Wirtschaft, Stuttgart

ISBN 978-3-938062-07-4

Druck: Stolinski GmbH, Malsch

Satz und

Gestaltung: Steinbeis-Edition

[www.Steinbeis-Edition.de](http://www.Steinbeis-Edition.de)

120952-06-07



ISBN 978-3-938062-07-4