

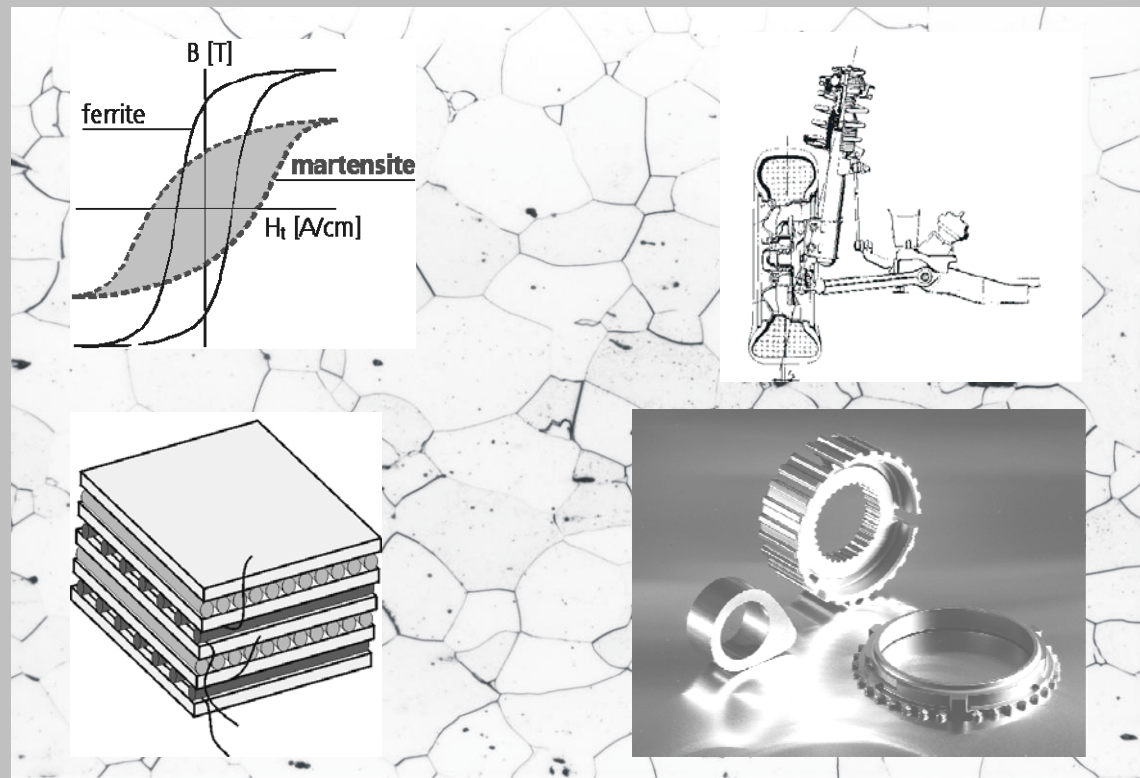


VDEh

Werkstoff-Forschung Stahl an den Instituten und Einrichtungen der Fraunhofer- Gesellschaft in Deutschland

Eine Bestandsaufnahme

Dezember 2007





Impressum:

Herausgeber: Stahlinstitut VDEh
Sohnstraße 65
40237 Düsseldorf

Verfasser: Dr.-Ing. Rolf Steffen

Ausgabe: 01 – 12/2007

Dieser Bericht dient ausschließlich zu Informationszwecken.

©2007 Stahlinstitut VDEh im Stahl-Zentrum Düsseldorf
Nachdruck, Vervielfältigung und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen nur mit
ausdrücklicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Werkstoff-Forschung Stahl an den Instituten und Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland

Inhalt:	Seite
Zusammenfassung	3
Fraunhofer-Gesellschaft	5
Fraunhofer-Institute und –Einrichtungen	9
1. Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg	9
2. Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik (EMI), Freiburg	11
3. Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), Saarbrücken	12
4. Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz	15
5. Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt	18
6. Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen	21
7. Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), Bremerhaven	23
8. Fraunhofer-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP), Rostock	24
9. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen	24
10. Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen	25
11. Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden	27
12. Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Dresden	28
13. Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig	29
Tafel 1 Im Text aufgeführte Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen	31
Tafel 2 Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen	33
Ansprechpartner im Stahl-Zentrum	39
Bild 1: Intensität der Stahlforschung Standorte der Fraunhofer-Institute und Einrichtungen	41

Werkstoff-Forschung Stahl an den Instituten und Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland

Zusammenfassung

Von den 57 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft haben 11 Institute spezielle Kompetenzen auf dem Gebiet des Werkstoffs Stahl. Diese liegen in den Bereichen Werkstoffcharakterisierung, Werkstoffverarbeitung und -bearbeitung sowie Oberflächenbeschichtung. Die Beteiligung von Fraunhofer-Instituten an der Gemeinschaftsforschung der Stahlindustrie ist trotz großer Kompetenz auf diesen Gebieten eher gering. Ein Grund dafür waren in der Vergangenheit oft schwierige Bedingungen in der Vertragsgestaltung für die Zusammenarbeit, zum Beispiel auf den Gebieten der Schutz- und Nutzungsrechte der Ergebnisse. Die Zusammenarbeit von ThyssenKrupp Steel und zwei Fraunhofer-Instituten (IST, IWS) auf dem Gebiet der Oberflächentechnik im Dortmunder Oberflächenzentrum DOC sowie die Beteiligung des Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) an Projekten der europäischen EGKS- bzw. RFCS-Gemeinschaftsforschung der Stahlindustrie sind dagegen positive Beispiele der Nutzung von Synergien.

Im Bereich **Werkstoffcharakterisierung** werden Werkstoffkennwerte für die Umformsimulation vom Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz, und vom Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg, erarbeitet. Werkstoffkennwerte, unter Berücksichtigung von Geometrie, Fertigung und Belastung, einschließlich Umweltbelastung, werden vom Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt, für die betriebsfeste Bemessung und Bewertung von Bauteilen und Komponenten ermittelt und herangezogen. Mit der Bruchmechanik und der Entwicklung von Werkstoffmodellen zur Beschreibung von Verformung und Schädigung von Konstruktionswerkstoffen bei Herstellung und im Betrieb befasst sich in seinem Kompetenzzentrum „SimBau“ ebenfalls das IWM, Freiburg. Zusammen mit dem Institut für

Kurzzeitdynamik (EMI), Freiburg, betreibt das IWM im Kompetenzzentrum „crashMat“ Versuchseinrichtungen für Crashuntersuchungen an Fahrzeugkomponenten und führt crashrelevante Werkstoffcharakterisierungen durch. Untersuchungen zur Betriebssicherheit von Kraftwerks- und Anlagenkomponenten, Druckbehältern und Rohrleitungen gehören ebenfalls zum Tätigkeitsfeld des IWM. Im Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), Saarbrücken, werden insbesondere Ultraschall- und magnetinduktive Techniken zur Qualitätskontrolle, z. B. zur Ermittlung makroskopischer Materialfehler, aber auch für die Bestimmung mechanischer Kenngrößen, wie z. B. Zugfestigkeit und Dehngrenze von Grobblech, und für die Optimierung von Eigenschaften, z. B. für die Tiefzieheignung von Blechen, und von Prozessen, z. B. für das Clinchen oder Laserschweißen, eingesetzt.

Für den Bereich **Stahlverarbeitung und -bearbeitung** liegen die Kompetenzen des IWU, Chemnitz, auf den Gebieten der Zerspantechnik sowie spezieller Walzprozesse wie Querwalzen, Drückwalzen, Axialgesenkwalzen oder Bohrungsdrücken. Das Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen, behandelt Spezialgebiete wie die Herstellung und Verarbeitung von Metallschäumen und Hohlkugelstrukturen auf Eisenbasis, die pulvermetallurgische Fertigung, z. B. durch Warmkompaktieren von Eisenpulvern, die Herstellung von hochtemperaturfesten Faserstrukturen, z. B. auf Basis FeCrAl, oder das Dispergieren von Nanopartikeln. Das IFAM ist weiterhin spezialisiert auf Klebtechniken im Fahrzeug- und Anlagenbau, z. B. von Stahlblechverbindungen und Stahl-Glas-Verbindungen. Die stahlbezogene Kompetenz des Instituts für Produktionstechnologie (IPT), Aachen, liegt bei den Fertigungsverfahren auf den Gebieten des Zerspanens und der Laserstrahlenwendung. Mit Füge- und Trenn-

verfahren sowie Oberflächenbehandlungs- und -vergütungsverfahren, wie z. B. Umwandlungshärten, Reinigen, Polieren, befassen sich auf Basis der Lasertechnik das Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen, und das Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden, sowie auf Basis von Elektronenstrahl- und Plasmatechnik das Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Dresden.

Die Fraunhofer Institute IFAM, Bremen, und LBF, Darmstadt, haben ihre Kompetenzen zur Bewertung und Optimierung von Windenergieanlagen und Offshore-Bauwerken im Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), Bremerhaven, gebündelt. Prüfstände für die statische und die dynamische Prüfung von Rotorblättern bis 90 m Länge werden zurzeit errichtet.

Das Fraunhofer-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP) in Rostock des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart, befasst sich u. a. mit Produktentwicklung und Qualitätsmanagement bei maritimen Großstrukturen (Schiffe, Offshore), Schienenfahrzeugen und Stahlbau.

Das Gebiet der **Oberflächenbeschichtung** wird mit unterschiedlicher Ausrichtung und Kompetenz von mehreren Fraunhofer-Instituten intensiv bearbeitet. Neben dem IFAM, Bremen, dem IWS, Dresden, und dem FEP, Dresden, hat hier das Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig, das mit dem FEP unter einheitlicher Leitung steht, starke Aktivitäten entwickelt. Am LBF, Darmstadt werden Untersuchungen zur Wälzfestigkeit beschichteter Substrate durchgeführt. Das

IPT in Aachen ist auf dem Gebiet der Verschleißschuttschichten aktiv. Der Fraunhofer-Themenverbund „Oberflächentechnik und Photonik“ unter Federführung des IWS sorgt auf diesem sehr komplexen Gebiet für die Bündelung der Kompetenzen bei der Entwicklung von Schichtsystemen und Beschichtungsprozessen.

Unter dem Gesichtspunkt der Anwendungsforschung für den Werkstoff Stahl sind folgende Aktivitäten zu nennen: Das Arbeitsgebiet Oberflächen befasst sich im IFAM mit der Lacktechnik und Plasmatechnik. Es werden Korrosionsmechanismen an Metall-Polymer-Grenzflächen untersucht, z. B. Unterwanderungsphänomene. Das IWS, Dresden, beschäftigt sich besonders mit den Beschichtungstechniken für großflächige Abscheidungen mit Atmosphärendruck-Plasma-CVD sowie mit PVD und thermischem Spritzen. Das FEP, Dresden, das eng mit dem IST, Braunschweig, zusammenarbeitet, befasst sich u. a. mit dem Beschichten metallischer Bänder durch Vakuumbeschichtung, z. B. mit Zn/Mg-Legierungen oder mit Al, Cr, Ti, TiN, sowie auch mit dekorativen Beschichtungen für Bleche aus nichtrostenden Stählen; ein weiteres Arbeitsgebiet ist die Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen in Hinblick auf Korrosions- und Verschleißbeständigkeit. Das IST, Braunschweig entwickelt maßgeschneiderte Beschichtungsverfahren für die industrielle Anwendung u. a. in den stahlnahen Geschäftsfeldern „Werkzeuge“ (Zerspanen, Schneiden, Abtragen, Umformen) sowie „Maschinenbau und Fahrzeugtechnik“ (u. a. Zahnräder, Wälzlager). Projektgruppen des IST und des IWS sind im Dortmunder OberflächenCentrum DOC der ThyssenKrupp Steel angesiedelt.

Fraunhofer - Gesellschaft

Zentrales Unternehmensziel der 1949 gegründeten gemeinnützigen Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., München, ist Forschung für die Praxis mit der Entwicklung von Produkten und Verfahren bis zur Anwendung. 1954 wurde das erste eigene Forschungsinstitut gegründet. Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft ist Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger. In rd. 80 Forschungseinrichtungen, davon 57 Institute, bearbeiten heute rd. 12.500 Beschäftigte ein jährliches Forschungsvolumen von über 1 Mrd. €.

Das Gesamtbudget lag 2006 bei 1,174 Mrd. €, davon 324 Mio. € (27 %) Grundfinanzierung, 371 Mio. € öffentlich finanzierte Projekte durch Bund, Länder und EU (32 %), 397 Mio. € Auftragsfinanzierung durch die Wirtschaft (34 %) sowie 82 Mio. € sonstige Einnahmen (7 %). Die

Summe von 371 Mio. € öffentlich finanzierter Projekte setzt sich zusammen aus 40 Mio. € vom Bund für Verteidigungsforschung, 115 Mio. € je zur Hälfte von Bund und Ländern für Ausbauinvestitionen, 165 Mio. € Projektfinanzierung durch Bund und Länder, 51 Mio. € von der EU.

Die Fraunhofer-Institute bündeln ihre Kompetenzen in Kooperationen und Allianzen, um gemeinsam am Markt aufzutreten und damit ein breites Dienstleistungsspektrum anbieten zu können. Fachlich verwandte Institute arbeiten in Verbänden zusammen. Abteilungen von Instituten, die mit unterschiedlichen Kompetenzen ein Geschäftsfeld gemeinsam bearbeiten wollen, organisieren sich in Themenverbänden. Fraunhofer-Allianzen sollen den Kundenzugang zu Ergebnissen und Dienstleistungen der Fraunhofer-Gesellschaft erleichtern.

Fraunhofer-Verbünde wurden u. a. gebildet für die Gebiete (Abkürzungen der Institutsnamen bzw. Ansprechpartner siehe **Tafel 1**):

- *Produktion*: Ganzheitliche Problemlösungen für Wertschöpfungsketten (Ansprechpartner: IPA).
- *Werkstoffe, Bauteile*: Materialforschung über die gesamte Wertschöpfungskette von der Charakterisierung der Eigenschaften bis zur Bewertung des Bauteilverhaltens (Ansprechpartner: LBF).
- *Oberflächentechnik und Photonik*: u. a. Materialbearbeitung, Entwicklung von Schichtsystemen und Beschichtungsprozessen, Funktionalisierung von Oberflächen (Ansprechpartner: IWS).
- *Informations- und Kommunikationstechnik* (Ansprechpartner: IUK).
- *Life Sciences*: u. a. Bündelung der toxikologischen Kompetenzen (Ansprechpartner: ITEM).
- *Mikroelektronik* (Ansprechpartner: IIS).
- *Verteidigungs- und Sicherheitsforschung* (Ansprechpartner: EMI).

Es existieren zurzeit folgende **Fraunhofer-Themenverbünde**:

- *Energie*: Energietechnologien und Energiewirtschaft mit u. a. den Gebieten KWK-Technologien, erneuerbare Energien, Brennstoffzellen, Effizienz in der Produktion (Ansprechpartner: ISE).
- *Hochleistungskeramik*: Vom Werkstoff bis zur Systemlösung bei Kombination von mechanischen, elektrischen, thermischen und chemischen Eigenschaften (Ansprechpartner: IKTS).
- *Nanotechnologie*: u. a. Multifunktionelle Schichten (Ansprechpartner: ISC).
- *Numerische Simulation von Produkten, Prozessen*: Modellgestützte Materialentwicklung, Simulation des Herstellprozesses, Betriebsverhalten des Produktes (Ansprechpartner: IFAM).
- *Polymere Oberflächen* (Ansprechpartner: ISC).
- *Verkehr*: u. a. intelligente Leichtbausysteme, nachhaltige Antriebskonzepte (Ansprechpartner: IML).

Beispiele für **Fraunhofer-Allianzen** sind die Themen

- *Rapid Prototyping* (Ansprechpartner: IFF).
- *Reinigungstechnik* (Ansprechpartner: IPK).
- *Adaptronik*: Realisierung von Struktursystemen, die sich an veränderliche Betriebsbedingungen selbständig anpassen (Ansprechpartner: LBF).

Nach der Gründung der drei **Innovationscluster** „Mechatronischer Maschinenbau, Chemnitz“, „Optische Technologien, Jena“ und „Digitale Produktion, Stuttgart“ stellte die Fraunhofer-Gesellschaft 2005 zwölf **Innovationsthemen** als Perspektiven für Zukunftsmärkte mit hohem Innovationspo-

tential und großem Forschungsbedarf und mit Marktnähe vor. Darunter sind u. a. die Themenbereiche „Simulierte Realität: Werkstoffe, Produkte, Prozesse“, „Integrierte Leichtbausysteme“ und „Intelligente Produkte und Umgebungen“.

Unter Bezug auf eine **stahlspezifische Werkstoffforschung** werden nachfolgend elf Fraunhofer-Institute sowie zwei Fraunhofer-Einrichtungen näher behandelt:

- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg,
- Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik (EMI), Freiburg,
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), Saarbrücken,
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz,
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt,
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen,
- Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), Bremerhaven,
- Fraunhofer-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP), Rostock,
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen,
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen,
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden,

- Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Dresden,

Die Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte dieser Institute und Einrichtungen sind in **Tafel 2** gesondert aufgeführt.

Darüber hinaus sei hier darauf hingewiesen, dass das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, und das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal, sich u. a. im Rahmen von Gutachten, Bewertungen produktionstechnischer Entwicklun-

- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig.

gen und Alternativen, ganzheitlichen Bilanzierungen und Studien, z. B. zu Best-Practice-Verfahren, zur Nachhaltigkeit oder zur Kreislaufwirtschaft, im Auftrag von Bundesministerien oder der Kommission der Europäischen Gemeinschaften weitgehende Kenntnisse über Stoff-, Energie- und Ökobilanzen der Stahlindustrie und ihrer Produkte erarbeitet haben.

Fraunhofer-Institute und –Einrichtungen

1. Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg/Halle

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) mit seinen Standorten in Freiburg, Halle und Schkopau (Polymer-synthese und -verarbeitung) bestimmt und analysiert die Auswirkungen von mechanischen und thermischen Beanspruchungen im Einsatz oder bei Fertigungs- und Bearbeitungsvorgängen auf die Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen. Das Spektrum der in den Projekten bearbeiteten Bauteile reicht von Mikrosensoren über Maschinenbauteile bis zu Kraftwerkskomponenten. Die Leitung des Instituts haben Prof. Dr. rer. nat. Peter Gumbsch (Leibniz-Preisträger 2007), geschäftsführend, und Prof. Dr. rer. nat. Ralf B. Wehrspohn, Halle; die Leitung des Institutsteils Freiburg Dr.-Ing. Thomas Hollstein. Das Institut ist Mitglied in dem Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile sowie in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Nanotechnologie; Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Verkehr bzw. in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik.

Die Geschäftsfelder sind:

- Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme: Charakterisierung und Bewertung von Werkstoffen und Oberflächen unter mechanischen, korrosiven und verschleißenden Beanspruchungen, auch bei extremen Temperaturen, z. B. für diamantähnliche Kohlenstoffschichten,
- Sicherheit und Verfügbarkeit von Bauteilen: Tragfähigkeits- und Sicherheitsnachweise, Bruchmechanik, Schweißverbindungen; Freiburger Zentrum für crashrelevante Werkstoffcharakterisierung,
- Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien: Charakterisierung und Optimierung von Struktur-, Material- und Bauteileigenschaften,
- Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation: Optimierung von Fertigungsprozessen wie Walzen, Tiefziehen, IHU, Drahtziehen; Hochtemperaturverhalten

der Metalle; Entwicklung neuer Werkstoffgesetze für komplexe Beanspruchungsbedingungen,

- Komponenten mit funktionalen Oberflächen: Entwicklung neuer Beschichtungen; Standzeiterhöhungen von Werkzeugen; Dreh-, Fräs- und Trennprozesse für spröde Werkstoffe,
- Polymeranwendungen (Standort Halle): Faserverstärkte Verbundwerkstoffe; Werkstoff- und Bauteileigenschaften,
- Mikrostrukturbasierte Bauteilbewertung: Mikrostrukturelles Design, Beeinflussung des Eigenspannungszustandes, Optimierung von Herstell- und Betriebsbedingungen.

Im Kompetenzfeld Schweißverbindungen werden alle für die Anwendungsbereiche der Industrie entwickelten Kompetenzen zur Bewertung von Werkstoffen, Schweißverfahren und geschweißten Komponenten zusammengeführt.

Das Kompetenzzentrum Bauteilsimulation **SimBAU** mit Standorten in Freiburg, Halle sowie Bremen (IFAM) konzentriert sich besonders auf die Entwicklung von Werkstoffmodellen zur Beschreibung von Verformung und Schädigung von Konstruktionswerkstoffen während der Herstellung und im Betrieb. Hier sind wesentliche Entwicklungen zur modernen Simulationstechnik und zur elastisch-plastischen Bruchmechanik aus dem Stahlbereich für mikromechanische Werkstoffmodelle und für Sicherheitsanalysen mit eingeflossen. Leistungen beziehen sich u. a. auf Bauteilanalysen, Blechumformen, Crashsimulation, Hochtemperaturverhalten, Pulvertechnologie, Schweißsimulation, Tribologie und Werkstoffmodellierung. Beispiele für Projekte sind die Berechnung der Lebensdauer von Turbinenschaufeln unter wechselnder thermischer Beanspruchung und Kriechbeanspruchung oder die Berechnung der Lebensdauer von Motoren und Abgasanlagen.

Das Kompetenzzentrum **crashMAT** ist eine Kooperation von IWM und dem Ernst-Mach-Institut (EMI), Freiburg, für den Bereich der crashrelevanten Werkstoffcharakterisierung, Simulation und Bauteilprüfung. Ziel ist die Crashesicherheit durch gezielten Werkstoffeinsatz und numerische Simulation. Zur Charakterisierung des Verhaltens unter dynamischer Belastung bei Dehnraten von 10^0 bis 10^6 s⁻¹ gehören Werkstoffprüfung, mathematische Modellierung und Implementierung der Modelle in Simulationscodes bis hin zu Bauteilversuchen. Es stehen Prüfeinrichtungen mit Abzugsgeschwindigkeiten bis 20 m/s, Beschleunigungsanlagen mit Impaktgeschwindigkeiten bis 6000 m/s, Pendelschlagwerke bis 750 J, Fallgewichtanlagen bis 7 kJ und eine Komponenten-Crashanlage bis 150 kJ zur Verfügung. Das crashMAT-Zentrum bietet Lösungen schwerpunktmäßig für die Entwicklungsarbeit in der Automobilindustrie.

Nach den Projektmitteilungen des IWM sind die Untersuchungen zur Betriebssicherheit von Kraftwerks- und Anlagenkomponenten, Druckbehältern und Rohrleitungen, zum Umformen und Schweißen sowie zum Crash-Verhalten die wesentlichen Themen zum Werkstoff Stahl. Schwerpunkte in einigen Geschäftsfeldern sind jedoch auch die Werkstoffe Glas, Aluminium, Magnesium und Polymere.

Typische stahlbezogene Themen sind in den Geschäftsfeldern

- Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme:
- Eigenspannungen in Offshore-Schweißverbindungen,
- Randschichtdesign für Hochleistungswälzlager,
- Ermittlung mechanischer Kennwerte von Verbundwerkstoffen,
- Tribologische Untersuchungen an Umform- und Schneidwerkzeugen,
- Abrieb- und Haffestigkeitsverhalten von Hartchromschichten,
- Tribologie von Keramik/Stahl-Paarungen.

Sicherheit und Verfügbarkeit von Bauteilen:

- Untersuchungen zur Sprödbruchsicherheit von Reaktordruckbehältern,
- Untersuchung des Einflusses der Bestrahlung auf die Werkstoffeigenschaften von austenitischen Plattierungen,
- Bruchmechanische Bewertungskonzepte für die Sicherheitsbewertung von Kraftwerkskomponenten,
- Bruchmechanische Bewertung von T-Stücken in Rohrleitungen,
- PC-Software zum bruchmechanischen Festigkeitsnachweis von Maschinenbauteilen,
- Thermozyklische Ermüdung von Rohrleitungen,
- Anwendung lokaler Bewertungskonzepte auf thermomechanisch beanspruchte Bauteile,
- Berechnung der Tragfähigkeit punktgeschweißter Verbindungen für die Crashsimulation,
- Überprüfung und Anwendung von verschiedenen Versagensmodellen für die Crashsimulation von hochfesten Stählen,
- Bruchmechanische Fehlerbewertung im Rahmen der vereinheitlichten europäischen Prozedur zur bruchmechanischen Bauteilbewertung SINTAP (Structural Integrity Assessment Procedures).

Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation:

- Kantenrisse beim Walzen von Blech,
- Virtuelle Kennwerteermittlung für die Umformsimulation,
- Simulation des Rückfederns bei Umformprozessen von Blechen, z. B. bei der Einführung neuer Karosseriewerkstoffe im Automobilbau,
- Qualifizierung der Gebrauchseigenschaften neuer Kraftwerksstähle,
- Entwicklung einer pulvermetallurgischen Herstellungsrouten für ein komplexes Teil aus Sinterstahl,
- Mechanisches Verhalten von Metallschäumen,
- Optimierung der Haubengeometrie eines Wärmebehandlungssofens.

2. Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI), Freiburg

Das Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik in Freiburg ist das führende deutsche Forschungsinstitut, das sich mit der experimentellen und numerischen Analyse schnellablaufender struktur- und fluidodynamischer Vorgänge befasst, u. a. mit Penetrations- und Perforationsvorgängen in Werkstoffen bei Kollisionsgeschwindigkeiten von 10 bis 10.000 m/s sowie mit der Messung von Vorgängen im Zeitbereich von Nanosekunden, mit Drücken bis 1 Megabar und mit Dehnraten bis 10^6 s^{-1} . Die Leitung des Instituts hat Prof. Dr. rer. nat. Klaus Thoma. Das Institut ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile sowie in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Verkehr bzw. in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik.

Das Institut hat Stahlkompetenz im Bereich der Werkstoffcharakterisierung und numerischen Simulation zur Beschreibung von Kurzzeit-Vorgängen. Beispiele sind die Ausbreitung von Druckstößen in Werkstoffen, die Beschreibung des Materialverhaltens bei extrem dynamischer Belastung, Crashuntersuchungen an Fahrzeugkompo-

nenten oder die Simulation von Stoßwellenvorgängen.

Es stehen besondere Laborausstattungen für Großversuche, eine Crashanlage für Kfz-Komponenten, Stoßwellenrohre, eine Röntgenblitzeinrichtung, Kurzlichtquellen für Hochgeschwindigkeitsfotographie sowie Mess- und Prüfeinrichtungen für die dynamische Materialuntersuchung u. a. zur Verfügung. Für die Festigkeitsuntersuchung von Blechen für den Automobilbau wurde eine dynamische Zugprüfeinrichtung entwickelt. Prinzip dieses Testverfahrens ist die schnelle Zugbelastung einer einseitig fest eingespannten Blechprobe. Die vorgegebene Aufschlagsgeschwindigkeit wird mittels eines Druckluftbeschleunigers erzielt und bestimmt die Dehnraten zwischen 20 s^{-1} und 300 s^{-1} . Im Kompetenzzentrum **crashMat** kooperieren die Fraunhofer-Institute EMI und IWM, Freiburg, auf dem Gebiet der crashrelevanten Werkstoffcharakterisierung.

Die Anwendung der Forschungsergebnisse liegt in den Bereichen Verkehrssicherheitstechnik sowie im Schutz von Personen, Fahrzeugen und Gebäuden.

3. Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), Saarbrücken

Das 1972 gegründete Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP), umfasst Institutsteile in Saarbrücken und Dresden. Es beschäftigt sich mit den physikalischen Methoden der zerstörungsfreien Prüfung, mit der Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften sowie mit der Kontrolle und Überwachung von Fertigungsprozessen und Anlagenkomponenten. Arbeitsschwerpunkte sind innovative Entwicklungen und Verbesserungen existierender Techniken, neue Prüfaufgaben sowie die Qualifizierung der Entwicklungsergebnisse für den Einsatz in der Industrie. Ziele der angewandten Forschung sind die Verbesserung der Produktqualität sowie der Nachweis der technischen Sicherheit. Die Schwerpunkte liegen auf akustischen, elektromagnetischen, thermischen und optischen Verfahren sowie Röntgen-Verfahren. Leiter des IZFP ist Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. mult. Michael Kröning, der auch Inhaber des Lehrstuhls für zerstörungsfreie Prüfung und Qualitätssicherung der Fachrichtung Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik der Universität des Saarlandes ist. Das IZFP ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile sowie in den Fraunhofer-Themenverbänden Nanotechnologie; Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Verkehr bzw. in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik.

Die Geschäftsfelder und Kernkompetenzen des IZFP sind in einer Matrixstruktur über Arbeitsgruppen miteinander verzahnt. Die Geschäftsfelder sind strukturiert nach

- Verkehr: Automobil, Bahn / Schiene, Luft- und Raumfahrt;
- Neue Industrien: Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie, Neue ZfP-Anwendungen Saarbrücken, Neue ZfP-Anwendungen Dresden ;
- Strukturierte Materialien: Industrieanlagen und Komponenten; Metallerzeugung und -verarbeitung, Pipeline / Kanalsysteme.

Dabei befassen sich die Arbeiten im Institutsteil Dresden mit den Geschäftsfeldern Luft- und Raumfahrt, Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie und Neue

ZfP-Anwendungen (Zukunftsfelder mit den Bereichen Umwelttechnik, Medizin, Biotechnologie, Geologie) sowie mit dem Fachgebiet Zustandsüberwachung.

Als „Kernkompetenzen Wissenschaft“ sind aufgeführt:

- Werkstoffcharakterisierung, Fehlerprüfung und Lebensdauermanagement,
- Prozessüberwachung und -beherrschung,
- Mikointegrierte Prüftechnik,
- Mikro- und Nano-ZfP.

Als „Kernkompetenzen Technik“ sind aufgeführt:

- Systementwicklung und Prototypenbau,
- Sensoriknetzwerk / Labor für Optische Diagnose,
- Softwarezentrum,
- Mechanische Systeme,
- Entwicklungszentrum Röntgentechnik.

Die kernkompetenzübergreifenden Arbeitsgruppen des IZFP sind

- Lebensdauermanagement,
- Elektrotechnik,
- Simulation / Modellierung,
- Sicherheitsforschung.

Besondere Laborausstattungen des Dienstleistungszentrums sind u. a. Ultraschall-Prüfsysteme auch für dickwandige Komponenten, koppelmittelfreie Ultraschall-Prüfsysteme mit elektromagnetischer / magnetostriktiver oder lasergepulster Erzeugung von Ultraschall, Schallemissions-Prüfsystem, Ultraschall- und mikromagnetische Systeme für die Mikrostruktur- und Spannungsanalyse, Systeme zur Fehlerprüfung mit Wirbelstrom, Mikrowellensysteme, hochauflösende Computertomographie, IR-Thermographie-Prüfgeräte.

Im Folgenden wird nur auf stahlbezogene Arbeiten der verschiedenen Geschäftsfelder eingegangen. Diese befassen sich u. a. mit den Gebieten

- *Ultraschall* mit der Prüfung auf Inhomogenitäten sowie mit der Bestimmung von Eigenspannungen, Textur und Härte,
- *Wirbelstrom* mit der Detektion oberflächennaher Fehler und der Bestimmung von Schichtdicken,
- *Magnetik* mit der Struktur- und Spannungsanalyse sowie der Bestimmung von Kennwerten,
- *Radiographie und Computertomographie* mit der 2D- und 3D-Visualisierung von Fehlstellen in Komponenten,
- *Dynamische Thermographie* mit der Detektion und Visualisierung von Fehlstellen,
- *Mikrowellen* mit der Charakterisierung der Werkstoffe, z. B. Feuchte, Dichte, elektromagnetische Eigenschaften.

• **Geschäftsfeld Metallerzeugung und -verarbeitung**

Einsatz und Bedarf zerstörungsfreier Prüfmethoden (ZfP), insbesondere Ultraschall- und magnetinduktive Techniken, sind im Bereich der Metallerzeugung und Metallverarbeitung sehr hoch. Neben der Erkennung makroskopischer Materialfehler spielt die ZfP zunehmend eine Rolle bei der Online-Überwachung von Qualitätsparametern technologischer Eigenschaften wie Streckgrenze oder mikroskopischer Reinheitsgrad.

Beispiele für Projekte sind:

- Bestimmung mechanischer Kenngrößen in Grobblech:
Mit der Mikromagnetischen Multiparameter Mikrostruktur- und Spannungsanalyse (3MA-Prüftechnik) wurden Bleche unterschiedlicher Stahlsorten (Baustahl, Feinkornbaustahl, verschleißfester Stahl, hochzäher Stahl) mit Dicken von 20 bis 100 mm geprüft und mit stahlsortenabhängigen und dickenspezifischen Kalibrierfunktionen für Zugfestigkeit,

0,2%-Dehngrenze und Brinellhärte HB verglichen. Die Zugfestigkeit und die Dehngrenze konnten mit einer Messgenauigkeit von besser 30 MPa, die Härte von rd. 10 HB bestimmt werden.

- Optimierung der Tiefzieheignung von Blechen mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren:
Die Aufgabe bestand in der Entwicklung eines neuartigen miniaturisierten Sensors zur Erfassung mehrachsiger Spannungen und Dehnungen zur Integration in ein Umformwerkzeug. Für die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den Eigenspannungen im Blech, den Prozess- und Werkstoffparametern sowie Versagenserscheinungen beim Umformvorgang wurde das 3MA-Prüfverfahren weiterentwickelt. Zur Kalibrierung des Sensors eignet sich der Kreuzzugversuch. Der entwickelte Drehfeldsensor wird in einem Nachfolgeprojekt in einen Tiefziehstempel integriert und erprobt.

• **Geschäftsfeld Industrieanlagen und Komponenten**

Die Arbeiten des Geschäftsfelds stehen im Zusammenhang mit der Sicherheit des Betriebs von technischen Großanlagen. Es werden Prüfsysteme insbesondere entwickelt für schwer prüfbare Komponenten, beim Einsatz neuer Werkstoffe, z. B. für den Hochtemperaturbetrieb oder Leichtbau, sowie zur Verringerung von Prüfkosten.

Beispiele für Projekte sind:

- Automatische Ultraschallprüfanlagen für Radsätze und Einzelradprüfung:

Entwicklung der automatischen Ultraschallprüfanlage AURA für Radsätze von Hochgeschwindigkeitszügen unter Anwendung von Longitudinal- und Transversalwellen in Kontakttechnik mit Fließwasserankopplung sowie des automatischen Ultraschallprüfsystems RWI (Rail Wheel Inspection) mit Tauchtechnik für die Einzelradprüfung von Eisenbahnradern (Radreifen und Vollräder).

- Qualitätskontrolle der Laserschweißnähte von Tailored Blanks:

Entwicklung automatisch arbeitender Ultraschallprüfsysteme zur Online-Qualitätskontrolle von Tailored Blanks aus Feinblechen mit geführten Ultraschallwellen bei Einsatz elektromagnetischer Ultraschall-Prüfköpfe (EMUS), die eine berührungslose trockene Prüfung gestatten.

- Bestimmung der Bodendicke im Clinchpunkt:

Beim Clinchen als Durchsetzfügeverfahren fließt Material in die Fügezone. Dabei reduzieren sich die ursprünglichen Dicken der beiden Fügeteile unterschiedlich stark. Die Bodendicke im Fügepunkt als Qualitätsmerkmal der Clinchverbindung kann zerstörungsfrei online mit Ultraschallsensoren in Stempel und Matrize des Clinchwerkzeugs gemessen werden. Unter Nutzung der zuvor für die betreffenden Materialien experimentell ermittelten Schallgeschwindigkeiten werden aus den Laufzeiten die Dicke des stempelseitigen

sowie die Dicke des matrizeseitigen Fügeteils bestimmt. Dabei wird die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der plastischen Verformung der Werkstoffe berücksichtigt. Die kontinuierlich während des Prozesses ermittelten Bodendicken können zur Steuerung der Kraft auf Stempel und Matrize genutzt werden. – Zur schnellen Qualitätsüberwachung durch Offline-Bestimmung der Bodendicke wurde das Wirbelstrom-Mehrfrequenzverfahren weiterentwickelt. Der gesamte Bereich des Clinchpunktes wird dabei von dem erzeugten Wirbelstromfeld durchsetzt. Stärke und Verteilung der Wirbelströme werden durch elektrische Leitfähigkeit, Permeabilität und das durchflutete Massenvolumen bestimmt. Das Messsignal wird durch unterschiedliche Frequenzen verändert, so dass Störeinflüsse von der Zielgröße Bodendicke unterschieden werden können. Das Verfahren wird an guten Clinchverbindungen kalibriert.

• Geschäftsfeld Pipeline und Kanalsysteme

Durch Einsatz hochentwickelter zerstörungsfreier Prüftechnologie kann der Zustand von Pipelines mit sogenannten Prüfmolchen überprüft werden. Die Leitungen aus meist höherfesten Stählen werden aufgrund des Innendruckes bei mechanischen Spannungen bis zu 80 % der unteren Streckgrenze betrieben, und korrosionsbedingte Rissentwicklungen sind neben mechanischen Beschädigungen nicht auszuschließen. Für Inline-Inspektionen entwi-

ckelt das IZFP seit 2000 mit der Fa. NDT Systems & Services auf der Basis der Ultraschalltechnologie Prüfmolche für die Rissprüfung und die Wanddickenmessung. Weiterhin läuft die Entwicklung eines US-Prüfmolches, der in Kombination mit der Wirbelstromprüftechnik für die Korrosionsprüfung in Gasfernleitungen eingesetzt werden soll. Ein weiteres Entwicklungsgelände ist die Anwendung der Prüftechniken für Offshore-Anwendungen.

• Geschäftsfeld Neue ZfP-Applikationen Saarbrücken

Zu den behandelten Zukunftsmärkten zählt der Bereich „Neue Werkstoffe und Fertigungsverfahren“. Es werden Verfahren zur Qualitätsprüfung von innovativen metalli-

schen Werkstoffen, z. B. für höchstfeste Stähle, sowie für wärmearme Fügeverfahren, z. B. Kleben, Reibrührschweißen, entwickelt und angeboten.

4. Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz

Das 1992 gegründete Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz/Dresden, hat als Forschungsschwerpunkt die Entwicklung intelligenter Produktionsanlagen, verbunden mit der Optimierung der entsprechenden Fertigungsprozesse. Auf den Gebieten der Mechatronik im Maschinen- und Automobilbau sowie der Umformtechnik nimmt das IWU eine führende Stellung ein. Technologien zur Fertigung der Karosserie und des Antriebsstrangs sind Forschungsgebiete im Bereich der Automobiltechnik. Das Arbeitsgebiet der Präzisionsfertigung ergänzt den Anwendungsbereich der Kompetenzen. Leiter des Instituts ist Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Reimund Neugebauer, der in Personalunion an der Fakultät Maschinenbau der TU Chemnitz die Professur Werkzeugmaschinenkonstruktion und Umformtechnik innehat. Das IWU ist Mitglied der Fraunhofer-Themenverbünde u. a. Numerische Simulation von Produkten und Prozessen bzw. in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik.

Besondere Laborausstattungen sind u. a. Pressen von 5 bis 50.000 kN, Innenhochdruck-Umformanlagen für 4.000 und 50.000 kN, zwei Querwalzmaschinen, Erichsen-Blech- und Band-Prüfmaschine bis 600 kN max. Ziehkraft für Blechdicken von 0,2 bis 6 mm und Streifenbreiten bis 220 mm.

Das Institut ist organisatorisch in vier Hauptabteilungen aufgeteilt:

- Werkzeugmaschinen und Produktionssysteme,
- Mechatronik,
- Zerspanungstechnik,
- Umformtechnik.

Der Institutsteil in Dresden befasst sich im Bereich der Hauptabteilung Mechatronik mit dem Gebiet Adaptronik und Akustik sowie im Bereich der Hauptabteilung Umformtechnik mit dem Gebiet Prototypen / Fügen.

Im Folgenden wird auf die Hauptabteilungen Zerspanungstechnik und Umformtechnik eingegangen.

• Zerspanungstechnik

Die Hauptabteilung Zerspanungstechnik umfasst die beiden Abteilungen Zerspanungstechnologie sowie Präzisions- und Mikrofertigung.

Die **Abteilung Zerspanungstechnologie** beschäftigt sich mit der Verfahrensentwicklung und der numerischen Simulation von Zerspanungsprozessen und Bearbeitungswerkzeugen:

Die *Gruppe Verfahrensgrundlagen* führt auf dem Gebiet der Simulation Untersuchungen mit dem Ziel durch, spanungstechnische Grenzen zu erweitern, neue Verfahren zu integrieren sowie effektive Messtechniken für die Qualitätssicherung anzupassen. Dabei werden u. a. Arbeiten zu den folgenden Themen durchgeführt:

- Modellierung und Simulation der spannenden Mikro- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung,

- Finite-Elemente-Modellierung der Spannbildung,
- Optimierung des Standzeitverhaltens neuer Werkzeugbeschichtungen,
- Simulation zum Bauteilverhalten bei der Trockenbearbeitung,
- Untersuchungen zur Gratbildung und Gratminimierung.

Die *Gruppe Prozessentwicklung* befasst sich u. a. mit der Prozess- und Technologieentwicklung für Bauteile aus neuen Materialien sowie mit Entwicklungsprojekten zur Prozessketten- und Prozessoptimierung im Werkzeug- und Formenbau, im Automobilbau sowie in der Zulieferindustrie. Dabei werden u. a. Arbeiten zu den folgenden Themen durchgeführt:

- Prozesskettenentwicklung zur Reparatur von Schmiedegesenken,

- Verfahrensentwicklung zum ultraschall-unterstützten Bohren,

- Entwicklung neuer Konzepte zur kosten- und gewichtsreduzierten Nockenwellenfertigung.

• Umformtechnik

Die Hauptabteilung Umformtechnik ist untergliedert in die drei Abteilungen Blechbearbeitung, Massivumformung und Prototypen / Fügen.

Die **Abteilung Blechbearbeitung** befasst sich mit den Bereichen

- Blechumformen,
- Innenhochdruckumformen,
- Werkstoffe,
- Prototyping,
- Umformfügen.

Ein Ziel der Arbeiten ist die Erweiterung umformtechnischer Grenzen. Es werden die Entwicklungsschritte von der Machbarkeitsanalyse bis zur Kleinserienfertigung durchgeführt. Dazu wird auch eine beanspruchungsgerechte Kennwertermittlung für innovative Werkstoffe, z. B. bei höherfesten Stahlwerkstoffen, mit modifizierten Prüfverfahren durchgeführt.

Das *Arbeitsgebiet Blechumformen* hat Kompetenzen u. a. auf den Gebieten des Umformens und Schneidens, der Ziehtechnik, des Umformens innovativer Werkstoffe, der Optimierung von Umformprozessen, der Werkzeugbeschichtung und der Schmiermittelbewertung.

Das *Arbeitsgebiet Innenhochdruck-Umformen* beschäftigt sich mit der gesamten Prozesskette des Innenhochdruck-Umformens von Rohren, Profilen und Blechteilen. Die Untersuchung des Einflusses der Vorformoperationen auf das Werkstück, wie z. B. Wanddickenänderung oder Verfestigung, ermöglicht quantitativ aussagekräftige Simulationsergebnisse.

Das *Arbeitsgebiet Werkstoffe* hat die Ermittlung von Umformkennwerten, Umformgrenzen bei verschiedenen Spannungszuständen und von Grenzformänderungsdiagrammen zum Ziel. Untersucht wird der Einfluss von Beschichtungen bei Tiefzieh- und Streckziehbeanspruchungen auf das Umformverhalten sowie der Einfluss von

Werkstoff, Werkstückabmessungen und Verfahrensbedingungen. Der Streifenziehversuch wird eingesetzt zur Bestimmung von Reibwerten, zur Prüfung von Schmiermitteln und Beschichtungen und zur Auswahl optimaler Paarungen Werkzeug / Werkstoff. Festigkeits- und Bauteilprüfungen befassen sich mit Härteprüfungen, Härtebestimmungen von Gefügebestandteilen, Ermittlung von Metallschaumeigenschaften sowie der Steifigkeitserhöhung bei ausgeschäumten Profilen.

Die **Abteilung Massivumformung** befasst sich mit der Warm-, Halbwarm- und Kaltumformung von Eisen- und NE-Werkstoffen in den Bereichen

- Prozess-Simulation,
- Querwalzen,
- Profilwalzen,
- Gesenkschmieden,
- Axialgesenkwalzen,
- Bohrungsdrücken.

Das *Arbeitsgebiet Prozess-Simulation* beschäftigt sich mit der Ermittlung des Spannungs- und Verformungszustandes, der Visualisierung des Werkstoffflusses sowie mit der Ableitung erforderlicher Prozessparameter. Die Auslegung und Optimierung von Umformprozessen mit 2D/3D-Verfahrenssimulation wird bei thermisch-mechanischer Koppelung für das Schmieden, Fließpressen, Aufweiten und Kaltprägen durchgeführt.

Das *Arbeitsgebiet Querwalzen* beschäftigt sich mit der Herstellung abgestufter rotationssymmetrischer Werkstücke, z. B. Achsen und Wellen sowie Vorformen für das anschließende Gesenkschmieden. Beim Querwalzen werden durch Umformen zwischen zwei keilförmig gegenläufig agierenden Werkzeugen Konturen dem Walzgut aufgegeben.

Das *Arbeitsgebiet Profil-/Drückwalzen* beschäftigt sich mit der Herstellung von Stirn-

radverzahnungen, Schneckenverzahnungen oder neuartigen Profilgeometrien auf Voll- oder Hohlteilen unter Einsatz von Zweiwalzen- oder Dreiwalzen-Maschinen.

Das *Arbeitsgebiet Gesenkschmieden* beschäftigt sich mit der Werkzeugentwicklung und -auslegung bei der Optimierung des Prozesses, u. a. mit Schnellspanntechniken für Einzelgesenke und für Werkzeuge auf Wechselplatten oder in Kassetten sowie mit der Werkzeugführung.

Das *Arbeitsgebiet Axialgesenkwalzen* als innovatives Warmumformverfahren beschäftigt sich mit der Herstellung rotations-symmetrischer Bauteile mit oder ohne Bohrungen. Durch leichte Neigung des Oberwerkzeuges wird nur partiell auf etwa 1/5 der gedrückten Fläche umgeformt, so dass die auf das Werkstück wirkenden Kräfte um 80 % geringer sind als beim Gesenkschmieden. Das Verfahren eignet sich besonders für die Herstellung von Eisenbahn-rädern, Flanschen, Kupplungsringen, Zahn-rädern usw. bei Erzielung hoher Oberflächenqualität und geringen Toleranzen sowie Werkstoffeinsparungen bis zu 35 % gegenüber konventionellen Verfahren.

Das *Arbeitsgebiet Bohrungsdrücken* beschäftigt sich mit dem Rotations-Druckumformen als Warm-, Halbwarm- oder Kaltumformverfahren zur Herstellung axial-symmetrischer Hohlteile aus massiven Halbzeugen. Die Drückrollen und der Formstempel verfahren dabei axial gegen das Werkstück. Dadurch wird ein Fließen des Werkstoffs in entgegengesetzter Richtung zur Stempelbewegung bewirkt, und es bildet sich ein rohrförmiges Teil aus. Technologieentwicklungen werden für Werkstücke aus Stahl und NE-Werkstoffen ausgeführt. In Zusammenarbeit mit der TU Chemnitz wird im DFG-Sonderforschungsbereich SFB 283 an der Verfahrenskombination Querwalzen-Bohrungsdrücken geforscht.

Die **Abteilung Prototypen/Fügen** beschäftigt sich mit den Bereichen

- Umformfügen, Verbinden durch Umformen,
- Simulation und Prozessoptimierung,
- Experimentelle Prüfung von Fügeverbindungen.

Für das Umformfügen werden sowohl rein mechanische als auch hybride Verbindungen, z. B. Clinchkleben, behandelt.

5. Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt

Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF nahm 1938 seinen Anfang in der "Bautz-Bergmann Werkstoff- und Konstruktionsberatung GmbH", die im Jahr 1950 mit dem "Physikalisch-Technischen Labor Dr. Gaßner" zum "Laboratorium für Betriebsfestigkeit LBF" fusionierte. Das Fraunhofer LBF entwickelt, bewertet und realisiert maßgeschneiderte Lösungen für alle Sicherheitsbauteile, mit ganzheitlicher Kompetenz in Betriebsfestigkeit, Adaptronik und Systemzuverlässigkeit, vom Werkstoff bis zum System. Es bietet individuelle Lösungen für Sicherheitsstrategien, Zuverlässigkeitskonzepte, Lärm- und Schwingungsreduktion sowie für Design und Konstruktion von Sicherheitsbauteilen. Bearbeitet werden u. a. Projekte aus dem Automobil- und Nutzfahrzeugbau, Schiffbau, Maschinen- und Anlagenbau sowie aus der Luftfahrt. Leiter des Instituts ist Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, der in Personalunion an der Technischen Universität Darmstadt auch Leiter des Fachgebiets „Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM“ im Fachbereich Maschinenbau ist; dieses Fachgebiet der TU Darmstadt ist in die Kompetenzen des LBF integriert. Das LBF ist Mitglied im Fraunhofer-Verbänden Werkstoffe, Bauteile; Energie; der Fraunhofer Allianz Adaptronik sowie in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Hochleistungskeramik; Numerische Simulation; Verkehr; Nanotechnologie.

Die am Markt ausgerichteten Geschäftsfelder (GF) bündeln Einzelkompetenzen und technologieübergreifende Leistungen des Instituts zu maßgeschneiderten Lösungen:

- GF Automotive: Projekte insbesondere in den Bereichen Antriebsstrang, Fahrwerk und Karosserie von Kraft- und Nutzfahrzeugen; Bewertung hinsichtlich Konstruktion, Werkstoff, Fertigungsverfahren und Sicherheit; Entwicklung geeigneter Prüfkonzepete; numerische und experimentelle Simulation von Betriebsbeanspruchungen; optimierte Leichtbaustrukturen, Beurteilung und Entwicklung aktiver Systeme.

- GF Transport: Projekte insbesondere in den Bereichen Schienenfahrzeuge, Luft- und Schifffahrt; Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Transportsysteme; homologe Bewertung kompletter Systeme; Sicherheit und Transportqualität.
- GF Maschinen- und Anlagenbau: Projekte insbesondere in den Bereichen Anlagentechnik, schnelllaufende Maschinen, Werkzeugmaschinen, Konsumerprodukte; Schwingungsreduzierung; Überwachung im Betrieb.
- GF Energie, Umwelt und Gesundheit: Projekte insbesondere in den Bereichen CO₂-Reduktion; lärmarme technische Konstruktionen; alternative Antriebe; Life-Cycle-Engineering; Control-Konzepte.

Die Geschäftsfelder und Kompetenzcenter (KC) des Fraunhofer LBF arbeiten in einer Matrixorganisation vernetzt miteinander zusammen:

- KC Betriebslastensimulation und Bewertung: Simulation betriebsähnlicher oder hierzu äquivalenter Beanspruchungen; Nachweis der betriebsfesten Dimensionierung von Bauteilen und Baugruppen; multiaxiale Betriebsfestigkeitsbewertung von Bauteilen und Systemen mit ganzheitlicher Betrachtung von Werkstoff, Gestaltung, Fertigungsprozess und Nutzungsbedingungen; Erstellung von Lastprogrammen sowie Konzeption und Betrieb multiaxialer Erprobungseinrichtungen.
- KC Last- und Beanspruchungsanalyse: Untersuchung von komplexen, zeitlich veränderlichen Lasten und Beanspruchungen; Kurz- und Langzeitmessungen zur Ableitung von Belastungskollektiven für den Kundeneinsatz; Extrapolation gemessener Belastungsdaten auf die Nutzungsdauer; schädigungsneutrale Verkürzung von mehraxialen Belastungs-Zeitfolgen; Entwicklung von Auswerteroutinen.
- KC Rad-Nabe-Welle: Betriebsfestigkeit rotierender Bauteile von Fahrwerken; Berücksichtigung der kompletten Baugruppeninteraktionen und betriebsähnli-

cher Beanspruchungen; Begleitung technischer Projektinhalte durch Verknüpfung von experimentellen Verfahren mit rechnerischen Methoden.

- KC Betriebsfester Leichtbau: Ganzheitliche Bewertung von Leichtbaukomponenten aus faserverstärkten und unverstärkten Kunststoffen bezüglich Werkstoff, Konstruktion, Fertigung und Einsatz (einschließlich Umgebungsbedingungen); Lebensdauer und Ausfallsicherheit; schadenstolerantes Design; Entwicklung von Diagnosesystemen.
- KC Bauteilgebundenes Werkstoffverhalten: Beanspruchbarkeitsanalysen für metallische und keramische Werkstoffe unter konstanten und variablen zyklischen Beanspruchungen unter Berücksichtigung von Geometrie, Fertigungsverfahren, Belastungs- und Umgebungsbedingungen; Methoden zur Übertragbarkeit der Kennwerte.
- KC CAx-Technologien: Entwicklung numerischer Verfahren und Werkzeuge zur Betriebsfestigkeitsbewertung und Bauteiloptimierung; Realisierung und Weiterentwicklung von virtuellen Prüfumgebungen zur Betriebsfestigkeitsbewertung. Die numerischen Tools sind Finite-Elemente-, Mehrkörpersimulations-, Regelungs- und Signalverarbeitungssoftware.
- KC Mechatronik/Adaptronik: Optimierung von Produkten durch Einsatz mechatronischer und adaptronischer Strukturmaßnahmen; Entwicklung und Realisierung aktiver und adaptiver Strukturssysteme bis hin zum Machbarkeitsnachweis in der betrieblichen Produktumgebung; Methoden zur strukturdynamischen und vibroakustischen Systemanalyse aktiver Strukturen; Modellbildung und numerische Simulation.

Dieses Forschungsfeld soll künftig in einem „Adaptronik-Netzwerk“ gebündelt werden. Ein Neubau, inklusive Erstausrüstung/Technikum mit integriertem Projekthaus für rd. 11 Mio. € soll 2009 dafür zur Verfügung stehen.

Forschungsvorhaben werden am Fraunhofer LBF sowohl in einzelnen Kompetenzzentren als auch kompetenzcenterüber-

greifend bearbeitet. Aktuelle Projektbeispiele sind:

- Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung,
- Zyklische Werkstoffkennwerte für die Lebensdauerberechnung von umgeformten Blechbauteilen,
- Einfluss des Faserverlaufs auf die Schwingfestigkeit
- Berechnungskonzepte für schwingbelastete gefügte Bauteile,
- Beanspruchungsgerechte und zuverlässige Auslegung neuartiger Hochleistungsdrehgestelle, -radsätze und -fahrbahnen für zukünftige Schienenfahrzeuge,
- Erarbeitung von Methoden und allgemein akzeptierten Standards für den Betriebsfestigkeitsnachweis auf Basis von Last- und Beanspruchungsmessungen für verschiedene Fahrzeugarten,
- Entwicklung neuer, intelligenter Materialsysteme zur Reduktion der Schallabstrahlung technischer Produkte und Einrichtungen,
- Entwicklung und Realisierung von Methoden, Verfahren und Werkzeugen für funktionsverdichtete adaptive Strukturen durch Kombination von Piezotechnik und Softwaretechnologie autonomer Systeme,
- Entwicklung von aktiven Systemen zur Verbesserung der Crashesicherheit unter Einsatz von multifunktionalen Werkstoffen (z. B. Formgedächtnislegierungen aus NiTi),
- Monitoring-Methoden zur Absicherung der Systemzuverlässigkeit durch Erfassung der Betriebszustände (Usage-Monitoring), des aktuellen Systemzustands (Condition-Monitoring) und/oder zur Schadensdetektion (Health-Monitoring),
- Schaffung einer Entwicklungsumgebung für adaptive Strukturen im Automobil und Entwicklung eines hochdynamischer Interfaces.

Das Institut hat die Federführung in dem EU-Projekt des 6. Rahmenprogramms „INMAR“ (Intelligent Materials for Active Noise Reduction) mit einem Projektumfang von

34 Mio. € mit 42 Partnern aus 13 europäischen Ländern. Das LBF ist u. a. weiterhin beteiligt an dem EU-Projekt SPURT (Seamless Public Urban Rail Transport). Abgeschlossen ist das europäische Projekt „HIPERWHEEL“ zur Entwicklung und Anwendung neuer Methoden für das Design von Radsätzen mit geringerem Gewicht; aus dem Bereich der Stahlindustrie war Lucchini beteiligt.

Durch den modularen Aufbau gestattet das Labor vielfältige Versuchseinrichtungen zur experimentellen Simulation (z.B. 450 t-Schwingfundament; servohydraulische Prüfzylinder und Kraftsensoren für Prüfkraft zwischen 6 kN und 2500 kN; Torsionsmomente bis 64 kNm; Resonanzprüfmaschinen bis 600 kN; Shaker bis 27 kN; Kleinlastprüfmaschinen ab 1 N; Belastungseinrichtungen zur Qualifikation multifunktionaler Materialien; Innendruckversuchseinrichtungen bis 1000 bar; Piezo-Prüftechnik)

Zur Ausstattung gehören außerdem:

- Stationäre Versuchsaufbauten (Zweiachsiges Rad/Naben-Versuchsstände für Pkw, Nutzfahrzeuge und Motorräder einschließlich Brems- und Antriebssimulation; Schienenradsatzversuchsstand; 12-Kanal- und 8-Kanal-Achsprüfstand für Pkw- und Nutzfahrzeugachsen; Getriebeprüfstand für Komponenten im Pkw-Antriebsstrang, Wälzfestigkeitsprüfstände; Prüfstand für Pkw-Radlager in der Originalbaugruppe; 3-Kanal Pkw-Anhängerkupplungsprüfstand; Prüfstand für adaptive Strukturen im Automobil; Impactprüfstand bis 11 kJ)
- Umweltsimulation unter zyklischer Belastung (Einrichtungen für Temperaturbereiche zwischen -70 °C und 1100 °C oder für Medien wie z. B. Salz, Bremsflüssigkeit, Benzin, Wasserstoff; Klimakammern zur Konditionierung von Proben und Bauteilen)
- Spezielle Messtechnik (Langzeitmessdatenerfassung mit Modemabfrage; Schienenmessrad; Telemetrieanlagen; Wärmebildkamera; Hochgeschwindigkeitskamera)
- Vibroakustische Analyse (halbschalltote Messumgebung; stationäre und transiente akustische Holographie; Schallpegelmessungen; Kunstkopf für binaurale Aufnahmen)
- Materialographie (Licht- und Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-Analyse; Härteprüfung nach Vickers, Brinell, Rockwell)

6. Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen

Das IFAM unterhält die beiden selbständigen Bereiche „Formgebung und Funktionswerkstoffe“ einschließlich der Außenstelle für „Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe“ in Dresden sowie „Klebtechnik

und Oberflächen“, dem europaweit größten unabhängigen Forschungsinstitut auf dem Gebiet der industriellen Klebtechnik. Beide Bereiche sind in Forschung und Lehre eng mit der Universität Bremen verbunden.

6.1 Formgebung und Funktionswerkstoffe

Die Kernkompetenzen des Bereichs Formgebung und Funktionswerkstoffe des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) an den Standorten Bremen und Dresden sind

- Gießerei- und Leichtmetalltechnologie,
- Mikro- und Nanostrukturierung,
- Pulver- und Sintertechnologie.

Die Institutsleitung dieses Bereiches hat seit 2003 Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse, der gleichzeitig auf eine Professur für Endformnahe Fertigung der Universität Bremen berufen wurde. Die Außenstelle für Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe in Dresden leitet Prof. Dr.-Ing. Werner Kieback. Der Institutsteil ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile sowie in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Nanotechnologie bzw. in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik.

Die Arbeitsgebiete sind auf sieben Kompetenzfelder aufgeteilt:

- Funktionsstrukturen,
- Gießereitechnik (Druckguss von Aluminium und Magnesium, Thixo- und Squeeze-Casting, Lost Foam),
- Leichtbauwerkstoffe und Analytik,
- Mikrofertigung,
- Pulvertechnologie,
- Sinter- und Verbundwerkstoffe,
- Zelluläre Werkstoffe.

Ausgewählte Projekte aus diesen Arbeitsgebieten sind:

- *Metallische Nanopulver:* Das Basismetall wird in Edelgasatmosphäre verdampft, kondensiert und als Pulver im

Größenbereich unter 0,1 µm abgeschieden (IGV-Verfahren).

- *Nanosuspensionen:* Herstellung und Stabilisierung von Nanosuspensionen durch die VERL-Technologie (Vacuum Evaporation on Running Liquids). Hierbei wird Metall auf eine bewegte Flüssigkeit gesputtert. In der Flüssigkeit bilden sich nicht-agglomerierte Partikeln im Nanometerbereich. Das IFAM entwickelt Anlagen zur Herstellung von Ferrofluiden auf Fe- und Co-Basis.
- *Magnetische Flüssigkeiten:* Entwicklung sedimentationsstabiler magnetischer Flüssigkeiten mit hoher Sättigungsmagnetisierung mit Einsatz von Eisen oder Cobalt statt Magnetit.
- *Dispergierung von Nanopartikeln:* Herstellung von Kompositen.
- *Sputtertechnologien:* Herstellung von katalytischen Schichten auf Filtern oder in Kanälen von Mikroreaktoren.
- *Metallschäume:* Es werden verschiedene gießtechnische und pulvermetallurgische Verfahren zur Herstellung offener- oder geschlossenerporiger Metallschäume aus unterschiedlichen Werkstoffen (Aluminium, Stahl, ...) für den Leichtbau entwickelt. In einer Verfahrensmodifikation können Verbundstrukturen aus Aluminiumschaum und Stahlblechen durch Walzplattieren hergestellt werden.
- *Lasersintern:* Das Direkte Metall Lasersintern (DMLS) wird für das Rapid Prototyping zur direkten Herstellung von Werkzeugen für den Spritz- und Druckguss eingesetzt.
- *Warmkompaktieren von Eisenpulvern:* In Zusammenarbeit mit der Fa. Höganäs AB wird eine 125 t-Pressen mit einer Pul-

vorwärmung betrieben. Mit dem angewandten Verfahren (Ancordense, Densmix) lassen sich mit einfachem Pressen bei mittleren Temperaturen Dichten von $7,4 \text{ g/cm}^3$ erreichen, ohne dass Doppel-Press- und Sinterschmiedeverfahren eingesetzt werden müssen. Das IFAM befasst sich u. a. mit der Prozesssimulation, Machbarkeitsstudien zur Herstellung neuer Produkte sowie Prototypserien.

Die **Außenstelle in Dresden** ist spezialisiert auf Verbund- und Gradientenwerkstoffe, Funktionswerkstoffe sowie hochporöse metallische Werkstoffe. Ein Beispiel für die erfolgreiche F&E-Arbeit ist die Herstellung von Synchronringen für Schaltgetriebe mit aufgesinterter Hochleistungsreibschicht auf Eisenbasis. Projekte sind u. a.

- *Metallische Hohlkugeln und Hohlkugelstrukturen:* Entwicklung einer Technologie zur Herstellung von metallischen Hohlkugeln im Durchmesserbereich von

1 bis 10 mm und Schalendicken von 20 bis $50 \mu\text{m}$ sowie von Hohlkugelstrukturen auf Eisenbasis in einem weiten Dichtebereich von 0,2 bis $1,5 \text{ g/cm}^3$ für den Einsatz im Leichtbau, in der Wärme- und Schallisolation sowie als Crash-Absorber.

- *Metallische Kurzfaserverstrukturen:* Entwicklung besonders hochtemperaturfester Faserstrukturen auf Basis von FeCrAl oder Nickelaluminiden bei maßgeschneiderter Faserherstellung mit dem Schmelzextraktionsverfahren.
- *Neue Werkzeugwerkstoffe:* Entwicklung neuer Werkzeugwerkstoffe für Formgebungsverfahren im Hochtemperaturbereich $> 700 \text{ }^\circ\text{C}$ (Heißpressverfahren) bei pulvermetallurgischer Herstellung hochschmelzender Silizidwerkstoffe auf MoSi_2 - und WSi_2 -Basis mit Einbringen von Tib_2 zur Einstellung der Warmverschleißbeständigkeit und Kriechfestigkeit.

6.2 Klebtechnik und Oberflächen

Die Kernkompetenz liegt auf dem Gebiet der Entwicklung von Klebstoffen und des industriellen Einsatzes der Klebtechnik, z. B. im Fahrzeug- und Anlagenbau, in der Energietechnik, in der Elektro- und in der Verpackungsindustrie sowie in der Mikrofertigung. Der Arbeitsbereich Oberflächen befasst sich mit der Plasmatechnik und der Lacktechnik zur Erweiterung des industriellen Einsatzes von Werkstoffen. In Zusammenhang mit diesen Arbeitsgebieten steht die Oberflächen- und Grenzflächenanalytik.

Die Institutsleitung dieses Bereiches hat seit April 2007 Dr. Helmut Schäfer. Der Institutsteil ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile, in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Nanotechnologie; Polymere Oberflächen sowie in den Fraunhofer-Allianzen Adaptronik und Reinigungstechnik. Das Institut veranstaltet in regelmäßigen Abständen die „Bremer Klebtage“, z. B. am 26. und 27.06.2007 im IFAM die 6. Bremer Klebtage.

Das Arbeitsgebiet Klebtechnik gliedert sich in die Arbeitsgruppen

- Klebstoffe und Polymerchemie,
- Biomolekulares Oberflächen- und Materialdesign,
- Anwendungstechnik,
- Fertigungstechnik,
- Kleben in der Mikrofertigung,
- Werkstoffe und Bauwesen.

Das Arbeitsgebiet Oberflächen gliedert sich in

- Plasmatechnik,
- Lacktechnik.

Das Arbeitsgebiet Adhäsions- und Grenzflächenforschung ist aufgeteilt auf die Arbeitsgruppen

- Angewandte Oberflächen- und Schichtanalytik,
- Elektrochemie,
- Molecular Modelling.

Typische den Werkstoff Stahl betreffende Forschungsaufgaben der Klebtechnik sind bisher nicht zu realisierende Werkstoffkombinationen, z. B. mit Leichtmetallen und mit Faserverbundwerkstoffen oder die

Verbindung von Glas und Stahl mit zusätzlichen Funktionen des Klebstoffs wie Vibrationsdämpfung.

In einem zweijährigen Forschungsprojekt wurde das Crashverhalten geklebter und hybridgefügter Stahlblechverbindungen untersucht. Ziel war die Spezifikation von Prüfverfahren, die Kennwerte mit einer Aussagekraft über das Verhalten realer Bauteile sowie Erkenntnisse über die Ein-

flüsse verschiedener Parameter auf das Crashverhalten liefern.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe Elektrochemie werden Korrosionsmechanismen an metallischen Werkstoffen und an Metall-Polymer-Grenzflächen untersucht, z. B. Unterwanderungsphänomene mit der Raster-Kelvin-Sonde. Weiterhin werden Korrosionsschutz-Konzepte entwickelt.

7. Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), Bremerhaven

Das Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) in Bremerhaven betreibt industriennahe Forschung und Entwicklung zur Nutzung der Windkraft. Untersucht werden Materialien, Oberflächen, Verbindungen, Fertigungstechniken sowie die Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit von Anlagen. Das Center ist eine gemeinsame Einrichtung der beiden Fraunhofer-Institute für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen sowie für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt. Damit stehen dem CWMT insgesamt 360 Mitarbeiter sowie eine Infrastruktur mit Prüffeldern, Laboren und Analytik auf mehr als 20.000 qm Fläche zur Verfügung. Die zentrale Aufgabe des Fraunhofer-Center ist die Fokussierung der Kompetenzen des IFAM und LBF auf die Windenergienutzung und die Meerestechnik sowie deren branchenspezifische Weiterentwicklung in enger Kooperation mit der Wind- und Offshore-Industrie. Das Angebot reicht von der Grundlagenforschung bis zur Markteinführung von Produkten. Das Spektrum der

Arbeiten umfasst den Einsatz neuer Materialien, Oberflächenschutzsysteme, Verbindungstechnologien, integrierter Sensoren und Aktoren.

Ansprechpartner ist Dr. Hans-Gerd Busmann. Das CWMT ist Mitglied in dem Fraunhofer-Verbund Energie.

Das Fraunhofer-Center gliedert sich in zwei Bereiche. Im Bereich Technische Zuverlässigkeit werden numerische Werkzeuge und analytische Methoden entwickelt und auf spezifische Aufgabenstellungen angepasst. Damit soll die Qualität von Lebensdauervorhersagen erhöht und gleichzeitig der notwendige experimentelle Prüfumfang reduziert werden. Im Bereich Rotorblattprüfungen werden mittels hochmoderner Prüfstände Rotorblätter und deren Komponenten der aktuellen und nächsten Anlagengeneration statisch und dynamisch untersucht. In enger Verknüpfung von experimentellen und numerischen Verfahren werden neue Prüfverfahren entwickelt, neue Konstruktionen getestet und Lebensdauernachweise geführt.

8. Fraunhofer-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP), Rostock

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart, unterhält am Standort Rostock das Fraunhofer-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP), das unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Martin-Christoph Wanner steht. Prof. Wanner ist gleichzeitig Inhaber des Lehrstuhls für Fertigungstechnik an der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock. Das AGP weist wissenschaftliche Kompetenz in den Geschäftsfeldern Fertigungsverfahren, Automatisierungs-, Mess- und Qualitätstechnik sowie Unternehmens- und Produktorganisation auf und verfügt über ein 2005 in Betrieb genommenes Technikum mit Anlagen für roboterunterstütztes automatisiertes Schweißen, Fräsen von Großformen und für das 3D-Vermessen von Großstrukturen (z. B. Laserscanner mit Reichweite bis 200 m). Im Geschäftfeld Fertigungsverfahren beschäftigt sich das AGP mit der mechanischen und thermischen Füge-technik, der Klebtechnik sowie der hybriden Füge-technik.

Stahlbezogene F&E-Vorhaben in den Geschäftsfeldern sind oder waren beispielsweise

- Hochleistungstechnologien für das Fügen im Schiffbau,
- Zerstörungsfreie Bauteilprüfung von Schließringbolzen- und Blindnietverbindungen mit Aktor-Sensor-System,
- Wöhler-Versuche an Stanznietverbindungen mit verschiedenen Materialkombinationen,
- Clinchen von Stahl- und Aluminiumwerkstoffen unter Einwirkung von Ultraschall,
- Hohlgeschmiedete Kurbelwellen,
- Genaufertigung von zweiachsig gekrümmten Volumen- und Flächenbauelementen aus Stahl,
- Aufwandskalkulation im Stahlbau mit Neuronalen Netzen,
- Entwicklung von innovativen Fertigungsmodulen für den Stahl-Glas-Fassadenbau.

9. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen

Das 1980 gegründete Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen, ist eng verbunden mit dem Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen. Die Lehrstuhlinhaber des WZL bilden das Direktorium des IPT; die Leitung des IPT hat Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Fritz Klocke. Das IPT ist Mitglied in dem Fraunhofer-Verbund Produktion sowie u. a. im Fraunhofer-Themenverbund Numerische Simulation von Produkten, Prozessen. Zum Ausbau des Technologie-Transfers kooperiert das IPT seit 1994 mit dem Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation (CMI) in Boston/USA (Leitung Prof. Dr.-Ing. Andre Sharon).

Das IPT hat die vier Abteilungen

- Prozesstechnologie (Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Fritz Klocke),
- Produktionsmaschinen (Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher),
- Mess- und Qualitätstechnik (Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt),
- Technologie- und Einkaufsmanagement (Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Günther Schuh),

mit den drei Geschäftsfeldern

- Aachener Werkzeug- und Formenbau (awz),
- Zentrum für Präzisions- und Mikrotechnik (ZMP),
- Optik und optische Systeme.

An dieser Stelle wird nur auf die Abteilung Prozesstechnologie von Prof. Klocke eingegangen, die im Bereich des Zerspanens und der Laserstrahlenwendung Fertigungsprozesse optimiert oder neue Fertigungsprozesse entwickelt. Die Arbeitsgruppe „Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide“ befasst sich mit der Dreh- und Fräsbearbeitung. Forschungsthemen stahlnaher Arbeiten sind z. B.

- Ultraschallunterstütztes Hartdrehen für die Fertigung von gehärteten Präzisionsstahlbauteilen (BMBF-Verbundprojekt SonicPrecision),
- Simulation spanender Fertigungsverfahren (Projektinitiative SimCut mit Beteiligung von neun Fraunhofer-Instituten),
- Hartzerspanung metallischer Sonderwerkstoffe.

Die Arbeitsgruppe „Laserstrahlenwendung“ untersucht direkte Strahl-Stoff-Wechselwirkungen sowie die Integration von Lasern in Bearbeitungsmaschinen und entwickelt hybride Bearbeitungstechnologien für die Zerspanung und Blechumformung schwer bearbeitbarer Werkstoffe, die automatisierte Reparatur von Werkzeugen sowie erzeugt Verschleißschutzschichten. Forschungsthemen sind demgemäß u. a.

- Laserstrahlschweißen,
- Laseroberflächenbehandlung von Bauteilen und Werkzeugen,
- Aufbau, Reparatur und Modifikation von Werkzeugen (CMB: Controlled Metal Build Up),
- Laserunterstütztes Metalldrücken schwer umformbarer Werkstoffe,
- Laserunterstütztes Fräsen schwer zerspanbarer Werkstoffe.

10. Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Aachen, befasst sich mit dem gesamten Spektrum der industriellen Laserentwicklung und der Laseranwendungen. Dazu gehören die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, der Einsatz moderner Lasermess- und Prüftechnik sowie die Fertigungstechnik mit Lasern, wie z. B. Schneiden, Schweißen, Abtragen oder Oberflächenvergüten. Übergreifend befasst sich das ILT mit der Laseranlagentechnik, der Prozessüberwachung und -regelung sowie der Systemtechnik. Die Leitung des Instituts hat Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe, der in Personalunion Inhaber des Lehrstuhls für Lasertechnik der RWTH Aachen ist. Das ILT ist Mitglied in den Fraunhofer-Themenverbänden Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Oberflächentechnik und Photonik und in der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik.

Die Laborausstattung des ILT umfasst u. a. CO₂-Laser bis 20 kW, Festkörperlaser bis 8 kW, Diodenlasersysteme bis 3 kW, Excimerlaser, Faserlaser, Ultrakurzpulslaser, Laser-PVD-Stationen, Laser-Spektroskopie

für Temperaturmessungen und chemische Analyse von Werkstoffen und Schmelzen. Im Anwenderzentrum kooperieren Gastfirmen in eigenen abgetrennten Labors unter Nutzung der technischen Infrastruktur des ILT.

Das Institut hat seit 1995 eine Niederlassung in den USA, das Fraunhofer Center for Laser Technology (CLT) in Plymouth, MI; Direktor ist Dr.-Ing. Stefan Heinemann. Das CLT pflegt eine enge Zusammenarbeit mit der Universität Michigan und der Wayne State University. Ferner ist eine deutsch-französische Zusammenarbeit installiert: in der Cooperation Laser Franco-Allemande (CLFA), Paris, kooperiert das ILT mit führenden französischen Forschungseinrichtungen wie ARMINES, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Institut de Soudure oder Institut Universitaire de Technologie du Creusot u. a. Die interdisziplinären Expertenteams arbeiten gemeinsam am Transfer lasergestützter Fertigungsverfahren in die europäische Industrie (Ansprechpartner Dr. Wolfgang Knapp).

Unter den verschiedenen Arbeitsgebieten des ILT sind unter dem Gesichtspunkt der für den Werkstoff Stahl interessanten Arbeiten die Gebiete „Oberflächentechnik“ sowie „Trenn- und Fügeverfahren“ von besonderem Interesse.

Oberflächentechnik: Kernkompetenzen sind u. a.

- Umwandlungshärten, Umschmelzen, Beschichten sowie Legieren und Dispergieren zur Herstellung beanspruchungsgerechter Funktionsschichten,
- Entwicklung von Pulverzuführsystemen, Wärmebehandlung von Oberflächen,
- Reinigen und Modifikation von Oberflächen wie Entgraten und Strukturieren,
- Polieren von Metall und Glas,
- Rapid Prototyping zur Herstellung metallischer Bauteile und Werkzeuge.

Aktuelle stahlbezogene F&E-Projekte dieses Gebietes sind u. a.:

- Laserstrahlunterstützte Halbwarmumformung,
- Verbesserte Umformeigenschaften hochfester Stähle (MS- und DP-Stähle) durch lokale Wärmebehandlung mit Laserstrahlen (in Zusammenarbeit mit Fh-IWU),
- Verschleißschutz von Schieberelementen in Kraftwerksarmaturen,
- Laserstrahl-Auftragschweißen einer einkristallin erstarrten Nickelbasislegierung für Gasturbinenkomponenten,

- Laserstrahl-Auftragschweißen von EN GJS-700 für Tiefziehwerkzeug-Anwendungen,
- Herstellung von Designstrukturen durch selektives Laserstrahlpolieren von Metallen,
- Ausbesserung von Pulverlackschäden an Stahlbauten mittels Lasertechnologie.

Trenn- und Fügeverfahren: Kernkompetenzen sind u. a.

- Schneiden, Perforieren, Bohren,
- Schweißen, Löten,
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung,
- Dickblechbearbeitung,
- Laser-Lichtbogen-Hybridverfahren.

Aktuelle stahlbezogene F&E-Projekte dieses Gebietes sind u. a.:

- Schmelzschnitten mit einem 5 kW-Faserlaser,
- Schmelzschnitten von Nickelbasislegierungen,
- Einfluss der Fokulage auf die Bartbildung beim Schneiden von 10 mm Grobblech,
- CO₂-Laser-MAG-Hybridschweißen mit hoher Laserleistung,
- Laser-Lichtbogen-Hybridschweißen von Dickblech bis 30 mm an unterschiedlichen Bau- und Feinkornstählen mit Streckgrenzen von 355 bis 690 MPa,
- Laserstrahlschweißen von FeCrAl-Folien für Abgaskatalysatoren.

11. Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden, betreibt anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Laser- und Oberflächentechnik von den physikalischen und werkstofftechnischen Grundlagen bis hin zur Systementwicklung. Schwerpunkte sind auf dem Gebiet der Lasertechnik das Laserschweißen, das Laserschneiden und das Laserreinigen, auf dem Gebiet der Oberflächentechnik das Auftragsschweißen und Dünnschichttechnologie. Die Leitung des Instituts hat Prof. Dr.-Ing. habil. Eckhard Beyer, der in Personalunion Inhaber des Lehrstuhls für Oberflächen- und Lasertechnik des Institutes für Oberflächen- und Fertigungsmesstechnik der TU Dresden ist.

Das IWS ist Mitglied in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Nanotechnologie; Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Oberflächentechnik und Photonik sowie in der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik. Im November 2006 wurde der Fraunhofer-Innovationscluster „nano for production“ vorgestellt. Im Nanotechnologie-Kompetenzzentrum „Ultradünne funktionale Schichten“ koordiniert das IWS ein Netzwerk aus 51 Unternehmen, 10 Hochschulinstituten, 22 Forschungseinrichtungen und 5 Verbänden.

Das Institut hat eine Niederlassung in den USA, das Fraunhofer Center for Coatings and Laser Applications (CCL) im Engineering Research Complex der Michigan State University in East Lansing; Center Director ist Prof. Dr. Jes Asmussen. Unterstützt wird das Center durch mittelständische Unternehmen aus Deutschland, die sich mit Hilfe des IWS auf dem US-Markt etablieren wollen.

Eine Fraunhofer-Projektgruppe des IWS sowie des Fh-IST, Braunschweig, ist im Dortmunder OberflächenCentrum DOC der ThyssenKrupp Steel AG angesiedelt. Mit einem 4 kW-Festkörperlaser mit Lichtleitkabeln von 75 m Länge zum Trouble-Shooting können Laserbearbeitungsprozesse direkt beim Industriekunden durchgeführt werden. Ein 3-D-Laser-Materialbe-

arbeitungssystem ist in Dortmund installiert.

Das Organigramm des IWS unterteilt die Bereiche

Oberflächen-/Schichttechnik:

- PVD-/Nanotechnologie: PVD-Schichten, Kohlenstoffschichten, Nanotubes, Röntgen-/EUV-Optik,
- CVD-Dünnschichttechnologie: Atmosphärendruck-CVD, Prozess-Monitoring,
- Thermische Beschichtungsverfahren: Thermisches Spritzen, Auftragschweißen;

Laser-Materialbearbeitung:

- Füge- und Randschichttechnologien: Schweißen, Kleben, Randschichtverfahren, Werkstoffcharakterisierung,
- Laserabtragen und -trennen: Schneiden, Mikrobearbeiten, Reinigen.

Besondere Laborausstattungen sind u. a. 6 kW-CO₂-Laser, 4,4 kW-Nd:YAG-Laser, Hochleistungsdiodenlaser bis 2,5 kW, 4 kW-Faser-Laser.

Im Folgenden sind einige stahlrelevante Projekte der verschiedenen Arbeitsgebiete dargestellt:

- *Laserstrahlhärten:* Martensitische Umwandlung nach kurzzeitiger lokaler Erwärmung des Randbereichs eines Bauteils über Austenitisiertemperatur und (Eigen-)Abschreckung zur Erzielung von Einhärtetiefen bis 1,5 bzw. 5 mm in Abhängigkeit von der Stahlsorte. Anwendung bei Dampfturbinenschaufeln, Zylinderlaufbuchsen, Schneidwerkzeugen oder kleinen Funktionsflächen kompliziert geformter großer Bauteile.
- *CVD-Beschichtung:* Der Atmosphärendruck-Plasma-CVD-Prozess (AP-PECVD) erlaubt die großflächige Abscheidung hochwertiger Funktionsschichten ohne Einsatz kostenintensiver Vakuumanlagen; Anwendung auf kontinuierliche Beschichtungsprozesse mit hohen Raten z. B. bei Sonderstählen oder bei leicht gekrümmten Substraten.
- *Verschleißschutzschichten im Bereich 0,1 bis 5 µm:* Mit dem Laser-Arco-Ver-

fahren lassen sich superharte amorphe Kohlenstoffschichten bei niedriger Beschichtungstemperatur von 50 °C abscheiden, die die Härte keramischer

Hartstoffe übertreffen; Anwendung z. B. zum Verschleißschutz bei einem Axial-Gleitlager des Turboladers eines Schiffsdiesels.

12. Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Dresden

Das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Dresden, arbeitet eng mit dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig, zusammen. Beide Institute stehen unter einheitlicher Leitung von Prof. Dr. rer. nat. Günter Bräuer. Das FEP erforscht und entwickelt Verfahren zur Nutzung von Elektronenstrahlen und Plasmen in Produktionsprozessen. Typische Anwendungen sind das Veredeln von Oberflächen und die Schichtabscheidung mit hohen Raten auf großen Flächen durch Bedampfen und Sputtern. Industrienahe Großanlagen für das Bedampfen von Metallbändern, für das Beschichten von Bauteilen mit Elektronenstrahlleistungen bis 300 kW sowie Anlagen zum Elektronenstrahlschweißen und -härten stehen u. a. zur Verfügung. Das FEP ist Mitglied der Fraunhofer-Themenverbände u. a. Oberflächen und Photonik; Polymere Oberflächen und der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik.

Die Geschäftsfelder des FEP sind

- Beschichtung metallischer Platten und Bänder: Großflächige Vakuumbeschichtung mit hohen Abscheideraten, z. B. Korrosionsschutz von Stahlblech mit Zn/Mg-Legierungen oder mit metallischen Überzügen aus Al, Cr, Ti, Cu, kratzfeste und dekorative Beschichtungen auf Blechen aus nichtrostenden Stählen, Aufbringen dünner Schichten aus TiN, TiO₂, Al₂O₃ oder SiO₂;
- Beschichten von Flachsubstraten mittels Puls-Magnetron-Sputtern (PMS): Mit dem Puls-Magnetron-Sputtern (PMS) steht eine Vakuum-Beschichtungstechnologie für die wirtschaftliche Fertigung neuartiger Schichten mit hoher Abscheiderate zur Verfügung. Dabei wird die Magnetron-Gasentladung bei pulsformi-

ger Einspeisung elektrischer Energie mit Frequenzen von 10 bis 100 kHz genutzt.

- Beschichten von Bauteilen und Werkzeugen: Verbesserung der Korrosions-, Kratz- und Verschleißbeständigkeit, Verschleißschutzschichten auf Werkzeugen aus z. B. TiAlN, CrN, B₄C, Al₂O₃;
- Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit dem Elektronenstrahl: Thermische Elektronenstrahlprozesse zum Schweißen, Randschicht-Härten und -Umschmelzen, Verdampfen; nichtthermische Elektronenstrahlprozesse u. a. zum Curing;
- Beschichten von flexiblen Produkten;
- Beschichten von Komponenten für die Optik, Magnetik und Elektronik.

Die In-Line-Vakuum-Beschichtungsanlage MAXI erlaubt Pilotfertigungen mit Ein- und Doppelseitenbeschichtung von Metallplatten der Abmessung 500 mm x 500 mm sowie von Metallbändern bis 300 mm Breite und 0,5 mm Dicke.

Für die Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen stehen u. a. die Batch-Anlage UNIVERSA zur Beschichtung von 3-D-Substraten mit Beheizung bis 700 °C für maximale Substratabmessungen bis 500 mm x 500 mm x 500 mm, die EMO-Laboranlage zur Elektronenstrahlbedampfung (100 kW) sowie die Versuchsanlage zur plasmaaktivierten Elektronenstrahlbedampfung VERSA (300 kW) für Substrate mit einer maximalen Abmessung von 120 mm x 200 mm zur Verfügung.

Für die Oberflächenbearbeitung und Behandlung mit dem Elektronenstrahl, z. B. zur Entwicklung von Technologien zum Härten und Schweißen, kann die Elektronenstrahlanlage ELSA für Substrate bis 1000 mm x 500 mm x 450 mm eingesetzt werden.

13. Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig

Das 1990 gegründete Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig, bündelt F&E-Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung, Schichtcharakterisierung und Oberflächenanalyse. Dabei kooperiert das Institut besonders eng mit dem Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP) in Dresden. Beide Institute stehen unter der gemeinsamen Leitung von Prof. Dr. rer. nat. Günter Bräuer. Eine Fraunhofer-Projektgruppe ist im Dortmunder OberflächenCentrum DOC der ThyssenKrupp Steel AG angesiedelt. Das IST ist Mitglied in den Fraunhofer-Themenverbänden u. a. Numerische Simulation von Produkten, Prozessen; Oberflächentechnik und Photonik sowie in den Fraunhofer-Allianzen Reinigungstechnik und Adaptronik.

Das Institut ist in den folgenden Geschäftsfeldern tätig und entwickelt maßgeschneiderte sowie kostengünstige Beschichtungsverfahren für industrielle Anwendungen sowie eine schichtspezifische Mess- und Prüftechnik:

- Werkzeuge,
- Maschinenbau und Fahrzeugtechnik,
- Energie, Glas und Fassade,
- Optik, Information und Kommunikation,
- Mensch und Umwelt.

• Werkzeuge

Viele Fertigungsaufgaben können erst durch geeignete Werkzeugbeschichtungen gelöst werden. Dabei müssen Werkzeug, Beschichtung und Fertigungsprozess gemeinsam betrachtet werden. Der Schwerpunkt der Entwicklungen liegt auf neuen Schichtsystemen, die völlig neue Bearbeitungsprozesse ermöglichen, z. B. die Trockenbearbeitung und die Stahlhartzerspannung oder die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Standzeit der Werkzeuge:

- Zerspanungswerkzeuge: Hartzerspannung mit CBN-beschichteten Werkzeugen, Antihafteffekt amorpher Kohlen-

Zur Bearbeitung der Geschäftsfelder nutzt das Institut seine Kompetenz in den folgenden Gebieten, u. a.:

- Reibungsminderung und Verschleißschutz,
- Superharte Schichten,
- Mikro- und Nanotechnologie,
- Korrosionsschutz,
- Elektrische und optische Funktionsschichten,
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren,
- Niederdruckverfahren.

Besondere Großanlagen des IST sind u. a. Anlagen für die Abscheidung mittels plasmaaktiviertem CVD (PACVD), Beschichtungsanlagen auf der Basis der DC-Magnetron- und RF-Dioden-Zerstäubung, eine Anlage zum Ionenplattieren, Heißdraht- und Mikrowellen-Plasma-CVD-Anlagen für die Diamantabscheidung, Beschichtungseinrichtungen für metallorganische Gasphasenabscheidung sowie Einrichtungen für galvanotechnische Prozesse.

Im Folgenden wird auf die stahlnahen Arbeiten der Geschäftsfelder „Werkzeuge“ sowie „Maschinenbau und Fahrzeugtechnik“ eingegangen.

- stoffschichten, Sulfidschichten als Festschmierstoff für Trockenbearbeitung;
- Schneidwerkzeuge: Tribologische Beschichtungen für das Schneiden und Stanzen metallischer Werkstoffe, nitridische, boridische und karbidische Schichten zur Optimierung von Antihafteigenschaft und Verschleißschutz;
- Abtragende Werkzeuge: Diamant-Werkzeugbeschichtungen;
- Umformende Werkzeuge: Beeinflussung von Werkzeugen für Tiefziehen, Biegen, Drücken, Schmiedeverfahren, Innenhochdruckumformen durch Beschichtungen und Diffusionsbehandlung.

- **Maschinenbau und Fahrzeugtechnik**

Es werden Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen zur Reibungsminderung, zum Verschleiß- und Korrosionsschutz oder zum Aufbau sensorischer Fähigkeiten entwickelt. Bearbeitet werden u. a. Projekte auf den Gebieten

- Reibungsminderung und Verschleißschutz von Motorkomponenten,

- Zahnräder für Minimalmengenschmierung,
- Leistungssteigerung von Wälzlagern,
- Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz von Gleitringdichtungen.

Tafel 1: Im Text aufgeführte Fraunhofer-Institute bzw. Einrichtungen

Kurzname	Institutsname	Ort	Leiter/Ansprechpartner	E-Mail
1. Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen mit Werkstoffkompetenz Stahl				
AGP	Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik des IPA	Rostock	Prof. Dr. M.-C. Wanner	www.hro.ipa.fraunhofer.de
CWMT	Fh-Center für Windenergie und Meerestechnik	Bremerhaven	Dr. H.-G. Busmann	www.cwmt.fraunhofer.de
EMI	Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut	Freiburg	Prof. Dr. K. Thoma	www.emi.fraunhofer.de
FEP	Fh-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik	Dresden	Prof. Dr. G. Bräuer	www.fep.fraunhofer.de
IFAM	Fh-Institut für Fertigungstechnik und Materialforschung	Bremen/Dresden	Prof. Dr. M. Busse Dr. H. Schäfer	www.ifam.fraunhofer.de
ILT	Fh-Institut für Lasertechnik	Aachen	Prof. Dr. R. Poprawe	www.ilt.fraunhofer.de
IPT	Fh-Institut für Produktionstechnologie	Aachen	Prof. Dr. F. Klocke	www.ipt.fraunhofer.de
IST	Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik	Braunschweig	Prof. Dr. G. Bräuer	www.ist.fraunhofer.de
IWM	Fh-Institut für Werkstoffmechanik	Freiburg/Halle	Prof. Dr. P. Gumbsch	www.iwm.fraunhofer.de
IWS	Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik	Dresden	Prof. Dr. E. Beyer	www.iws.fraunhofer.de
IWU	Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik	Chemnitz/Dresden	Prof. Dr. R. Neugebauer	www.iwu.fraunhofer.de
IZFP	Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren	Saarbrücken	Prof. Dr. M. Kröning	www.izfp.fraunhofer.de
LBF	Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit	Darmstadt	Prof. Dr. H. Hanselka	www.lbf.fraunhofer.de

Tafel 1: Im Text aufgeführte Fraunhofer-Institute bzw. Einrichtungen

Kurzname	Institutsname	Ort	Leiter/Ansprechpartner	E-Mail
2. Sonstige genannte Fraunhofer-Institute und Einrichtungen				
CCL	Fh-Center for Coatings and Laser Applications (Niederlassung des IWS)	East Lansing, MI, USA	Prof. Dr. J. Asmussen	www.ccl.fraunhofer.org
CLFA	Cooperation Laser Franco-Allemande	Paris	Dr. W. Knapp	www.ilt.fraunhofer.de/clfa.html
CLT	Fh-Center for Laser Technology (Niederlassung des ILT)	Plymouth, MI, USA	Dr. S. Heinemann	www.clt.fraunhofer.com
CMI	Center for Manufacturing Innovation	Boston	Prof. Dr. A. Sharom	www.fhcmi.org
IAP	Fh-Institut für Angewandte Polymerforschung	Potsdam	Dr. H.-P. Fink	www.iap.fraunhofer.de
ICT	Fh-Institut für Chemische Technologie	Pfinztal	Prof. Dr. P. Eyerer	www.ict.fraunhofer.de
IFF	Fh-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung	Magdeburg	Prof. Dr. M. Schenk	www.iff.fraunhofer.de
IIS	Fh-Institut für Integrierte Schaltungen	Erlangen	Prof. Dr. H. Gerhäuser	www.iss.fraunhofer.de
IKTS	Fh-Institut für Keramische Technologien und Systeme	Dresden	Prof. Dr. A. Michaelis	www.ikts.fraunhofer.de
IML	Fh-Institut für Materialfluss und Logistik	Dortmund	Prof. Dr. U. Clausen	www.iml.fraunhofer.de
IPA	Fh-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung	Stuttgart	Prof. Dr. R. D. Schraft	www.ipa.fraunhofer.de
IPK	Fh-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik	Berlin	Prof. Dr. E. Uhlmann	www.ipk.fraunhofer.de
ISC	Fh-Institut für Silicatforschung	Würzburg	Prof. Dr. G. Sextl	www.isc.fraunhofer.de
ISE	Fh-Institut für Solare Energiesysteme	Freiburg	Prof. Dr. J. Luther	www.ise.fraunhofer.de
ISI	Fh-Institut für System- und Innovationsforschung	Karlsruhe	Prof. Dr. H. Grupp	www.isi.fraunhofer.de
ITEM	Fh-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin	Hannover	Prof. Dr. U. Heinrich	www.item.fraunhofer.de
IUK	FH-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik	Berlin	Prof. Dr. D. Rombach	www.iuk.fraunhofer.de

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Adaptronik	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Auftragschweißen	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Axialgesenkwalzen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Bauteilprüfung	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Bauteilsimulation	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt <i>(Alle Institute begleiten die experimentelle mit der numerischen Simulation.)</i>
Beschichtung	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Betriebsfestigkeit	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Betriebssicherheit	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Blechumformen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Betriebslastensimulation	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Bohrungsdrücken	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Bruchmechanik	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Crashsimulation	EMI Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Crashversuche	EMI Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg
CVD-Schichten	IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Druckbehälter	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Dynamische Tests	EMI Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg
Eigenspannungen	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Elektronenstrahlhärten	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden
Elektronenstrahlschweißen	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden
Ferrofluide	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Fräsen	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen
Fügen	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Gesenkschmieden	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Gießereitechnik	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Grenzflächenforschung	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Härten	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Hochtemperaturverhalten	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Innenhochdruck-Umformen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Korrosionsschutz	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Klebstoffe	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Klebtechnik	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Laserbearbeitung	IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Laserschweißen	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Lasersintern	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen
Laserstrahlhärten	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Lasertechnik	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Lasertrennen	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Lebensdauerberechnungen	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Leichtbau	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Life-Cycle-Engineering	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Magnetik	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Magnetische Flüssigkeiten	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Metallische Fasern	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Dresden
Metallschäume	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Mikrowellenprüfung	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Nanopartikeln	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Nanopulver	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Nanosuspensionen	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Nanotechnologie	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Oberflächentechnik	
- Elektronenstrahltechnik	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden
- Galvanotechnik	IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig
- Lacktechnik	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
- Laserstrahltechnik	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen
- Plasmatechnik	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
- Reinigung	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Offshore-Technologien	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock CWMT Fh-Center für Windenergie- und Meerestechnik, Bremerhaven
Polieren von Metallen	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen
Profilwalzen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Prüfmolche	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Pulvertechnologie	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen/Dresden
PVD-Schichten	ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Qualitätskontrolle	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Querwalzen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Radiographie	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Radsätze (Pkw, Lkw, Bahn)	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Reibungsminderung	IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig
Rotorblattprüfung	CWMT Fh-Center für Windenergie- und Meerestechnik, Bremerhaven

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Rückfedern	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Schneidwerkzeuge	IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig
Schweißen	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock
Schweißverbindungen	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Schwingfestigkeit	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Sinterstähle	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Sprödbrechtsicherheit	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Stahlbau	AGP Fh-Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock
Stahlhohlkugelpartikeln	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Dresden
Stahlschaum	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen
Stoßwellen	EMI Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg
Technische Akustik	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Thermisches Spritzen	IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Thermographie	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Tiefziehen	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Tribologie	IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Ultraschallprüfung	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Umformfügen	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Umformtechnik	IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Umweltsimulation	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Verbundwerkstoffe	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Dresden

Tafel 2: Ausgewählte Kompetenzen und Tätigkeitsschwerpunkte der erfassten Fraunhofer-Institute und Einrichtungen

Kompetenzgebiet	Institut
Verschleiß	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Verschleißschutzschichten	FEP Fh-Institut für Elektronenstahl- und Plasmatechnik, Dresden ILT Fh-Institut für Lasertechnik, Aachen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig IWS Fh-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden
Werkstoffgesetze	EMI Fh-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Werkstoffkennwerte	LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Werkstoffmodelle	IWM Fh-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
Werkstoffprüfung	IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Windenergieanlagen	CWMT Fh-Center für Windenergie- und Meerestechnik, Bremerhaven IFAM Fh-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen LBF Fh-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt
Wirbelstromprüfung	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken
Zerspanungstechnik	IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IWU Fh-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
Zerspanungswerkzeuge	IPT Fh-Institut für Produktionstechnologie, Aachen IST Fh-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig
Zerstörungsfreie Prüfung (z.B. auch Radsätze)	IZFP Fh-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken

Ansprechpartner im Stahl-Zentrum Düsseldorf:

Stahlinstitut VDEh

Geschäftsführer

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Carl-Dieter Wuppermann

Tel.: +49 (0)211 6707 405

Fax: +49 (0)211 6707 455

E-Mail carl.wuppermann@stahl-zentrum.de



Forschungskoordination im Stahlinstitut VDEh

Dr.-Ing. Reinhard Fandrich

Tel.: +49 (0)211 6707 304

Fax: +49 (0)211 6707 304

E-Mail reinhard.fandrich@stahl-zentrum.de

VDEh-Gesellschaft zur Förderung der Eisenforschung mbH

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsvereinigungen e. V. (AiF), Köln



Geschäftsführer

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Carl-Dieter Wuppermann

Tel.: +49 (0)211 6707 405

Fax: +49 (0)211 6707 455

E-Mail carl.wuppermann@stahl-zentrum.de



FOSTA

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsvereinigungen (AiF), Köln



Geschäftsführer

Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland

Tel.: +49 (0)211 6707 426

Fax: +49 (0)211 6707 421 / 840

E-Mail: hans-joachim.wieland@stahl-zentrum.de



Stahlinstitut VDEh und FOSTA im Stahl-Zentrum Düsseldorf:

www.stahl-online.de
www.stahlforschung.de

