

# Jahresbericht 2008



**Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart  
(MPA Stuttgart, Otto-Graf-Institut, (FMPA))**

Direktion:

Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos

Prof. Dr.-Ing. Karl Maile

Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Große

Pfaffenwaldring 32

70569 Stuttgart

Tel.: 0711 / 685-62604

Fax: 0711 / 685-63144

Internet: <http://www.mpa.uni-stuttgart.de>

## Inhalt

	Seite
1 Vorwort	5
2 Aktuelles aus den Abteilungen	7
3 Forschungsberichte	18
4 Auszeichnungen, Ehrungen, Preise, Veranstaltungen	47
5 Gastwissenschaftler, Gastvorträge	50
6 Promotionen	51
7 Lehre	52
8 Veröffentlichungen	54



## 1 Vorwort

Der vorliegende Jahresbericht der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (MPA) gibt einen Überblick über die im Jahr 2008 durchgeführten Forschungsprojekte und Arbeiten der Abteilungen.

Im vergangenen Jahr gab es erneut eine Änderung im Direktorium. Der seitherige Direktor, Prof. Dr.-Ing. Christoph Gehlen hat einen Ruf an die Universität München angenommen und ist zum 1. Oktober 2008 ausgeschieden.

Die gute Kooperation mit der Industrie und öffentlichen Institutionen wurde auch im Jahre 2008 erfolgreich weitergeführt und ausgeweitet. In zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten, Gutachten und Stellungnahmen konnte die MPA Universität Stuttgart ihre Kompetenz sowohl im Bereich der Grundlagenforschung als auch der direkten und gezielten Umsetzung der neuesten Forschungsergebnisse aus den verschiedenen Arbeitsbereichen in die industrielle Praxis erneut unter Beweis stellen. Das breite Spektrum von den Werkstoffen und Systemen im Bauwesen bis zu denen des Maschinenbaus, der Fahrzeugtechnik und der Investitionsgüterindustrie sowie die Unabhängigkeit und Neutralität als Zentralinstitut der Universität Stuttgart macht die MPA zu einem attraktiven Partner.

Der Austausch neuester Forschungsergebnisse der MPA wurde auch im vergangenen Jahr durch Konferenzen, Workshops und Fortbildungsveranstaltungen weiter ausgebaut.

Wir möchten uns bei allen Partnern aus Industrie, Forschung und öffentlichen Institutionen für das uns entgegengebrachte Vertrauen und die gute Kooperation bedanken und freuen uns auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit.



Prof. Dr.-Ing. habil. E. Roos,  
Geschäftsführender Direktor

# Direktion

# Beirat

Baustoffe und Brandschutz

Mineralische Baustoffe  
Holzbau  
Brandschutz

Erhaltung von Bauten und Anlagen

Dauerhaftigkeit und Schutz von Bauten und Anlagen  
Zerst. freie Prüfung und Überwachungstechnik

Baukonstruktionen und Werkstofftechnik

Baukonstruktionen und Bauteilprüfung  
Werkstoffverhalten  
Werkstoffeigenschaften

Geotechnik

Geotechnik

Berechnung, Auslegung und Betriebsverhalten

Berechnung  
Beanspruchungsanalysen  
Lebensdauermanagement

Stabsabteilungen

Stabsstellen

Zentrale Einrichtungen

Bauwesen

Bauwesen und Maschinenbau

Maschinenbau

## 2 Aktuelles aus den Abteilungen

### Fachbereich Baustoffe und Brandschutz

<b>Abteilung Holzbau:</b> Dr. rer. nat S. Aicher / Dr.-Ing. G. Dill-Langer Tel.: 685/ -62287 bzw. -62280 E-Mail: simon.aicher@mpa.uni-stuttgart.de gerhard.dill-langer@mpa.uni-stuttgart.de
Referat Holz, Holzwerkstoffe, Holzschutz: Dr.-Ing. G. Dill-Langer
Referat Holzbau: Dr. rer. nat. S. Aicher, Dipl.-Ing. (FH) W. Klöck

#### Referat Holz, Holzwerkstoffe, Holzschutz

Im Bereich der industriefinanzierten Tätigkeiten sind insbesondere die folgenden Arbeitsschwerpunkte zu nennen:

- Umfassende Tätigkeiten im neuen Bereich der Prüfung und Zertifizierung von schnittholz-erzeugenden Betrieben. Das Geschäftsfeld umfasst führende deutsche Sägewerke im gesamten Bundesgebiet. Schwerpunktmäßig wurden Qualitätssicherungskonzepte entwickelt.
- Erstprüfungen und Zertifizierungen von Betrieben der Holzindustrie nach den neuen europäischen Normen für die maschinelle Holzsortierung.
- Ausweitung der Prüfungen und Zertifizierungen von Betrieben des Holzhausbaus und Holzfertighausbaus u. a. betreffend Qualitätssicherungsüberwachungen.

Im Bereich der Forschung sind insbesondere vier Projekte im Berichtszeitraum erwähnenswert:

- *Zerstörungsfreie Qualitätsprüfung von geklebten Keilzinkenverbindungen* (AIF-INNO 2-Vorhaben). Im Rahmen des weitgehend abgeschlossenen Vorhabens mit dem Industriepartner Fa. Minda-Industrieanlagen wurde ein Qualitätsprüfungskonzept von geklebten Längsverbindungen basierend auf unterschiedlichen komplementären ZfP-Methoden in Verbindung mit einem niedrigen proof-loading Lastniveau entwickelt. Es wurde ein industrietauglicher Prototyp entwickelt, der für eine spätere Markteinführung geeignet ist.
- *Verbundträger aus Kanthölzern und Hochleistungsbrettschichtholzlamellen* (Forschungsprogramm "Zukunft Bau" des BMVBS). In Kooperation mit der Firma Schwörer Haus wurden innovative geklebte Vollholzprodukte mit einer höheren Materialwertschöpfung unter Einsatz von hybriden Querschnittsaufbauten entwickelt. Die neuartigen Hybridträger weisen einen gegenüber konventionellen Produkten erhöhtes Leistungspotential auf und sollen industriell eingesetzt werden.

- *Modellierung und Reduzierung feuchtebedingter Spannungen und Rissbildungen in verlebten Vollholzprodukten -Improved Moisture* (europäisches ERA-NET-Forschungsvorhaben / BMBF).

Im Rahmen des Vorhabens mit den Projektpartnern VTT Finnland, TU Wien und KTH Stockholm sollen die aus Klimaeinwirkungen resultierenden Rissbildungen in Brett-schichtholz und deren Reduzierung durch geeignete äußere Beschichtungen oder innen-liegende Bewehrungsmaßnahmen untersucht werden. Beim Projektpartner MPA Universi-tät Stuttgart werden sowohl numerische Materialmodellierungen zur Rissinitiierung und zum Rissfortschritt im Holz und in Holzklebefugen bei MODE I und II Beanspruchungen sowie Bauteiluntersuchungen durchgeführt. Im Berichtsjahr 2008 wurden geeignete MODE II Prüfkörper zur Untersuchung von Holz-/Klebstofffugen – Interfaces entwickelt.

#### Referat Holzbau

Im Rahmen der industriefinanzierten Tätigkeiten waren im Berichtsjahr folgende Schwerpunktbereiche bedeutsam:

- Umfangreiche gutachterliche Tätigkeiten im Rahmen von Bestandsaufnahmen, Schadensanalysen, Sanierungskonzepten und Sanierungsbegleitmaßnahmen bei Bauwerken des Holzhochbaus und des Holzbrückenbaus. Bei Großprojekten (Multifunktionshallen-tragwerke) erfolgten integrale Standsicherheitsanalysen.
- Der Geschäftsbereich Klebstoffprüfungen und hierbei insbesondere der Sektor Zulassungsuntersuchungen und Zertifizierungen nicht geregelter Spezialklebstoffe erfuhr einen weiteren deutlichen Zuwachs. Nennenswert sind hierbei insbesondere Zulassungsunter-suchungen an Sanierungsharzen und von Klebstoffen für eingeklebte Stahlbewehrungen.
- Zulassungsuntersuchungen und Gutachten für Holzschalungsträger und Nagelplatten in Verbindung mit einer Umstellung der bisherigen Vorgehensweisen auf das neue semi-probabilistische Bemessungskonzept.

*Im Bereich der Forschungsvorhaben sind die folgenden Projekte erwähnenswert:*

- *Verklebung von rotkernigem Buchenholz* (Kooperation mit der Universität Freiburg in Ver-bindung mit einem europäischen Forschungsvorhaben (EU-CRAFT-Projekt)). In dem Pro-jekt wurden im Speziellen Schubfestigkeitswerte von Brett-schichtholz aus Buche und Klebfugenscherfestigkeitswerte untersucht. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Rot-kernigkeit festgestellt werden, was für die industrielle Verwendung der Holzart von we-sentlicher Bedeutung ist.
- *Dynamische Beanspruchbarkeit von keilgezinktem Vollholz aus Kiefer; Teil II-Biege-schwellfestigkeit (Holzabsatzfonds)*. Die im ersten Teil des Forschungsvorhabens erhalte-nen Ergebnisse zeigten eine unerwartet starke Überlagerung der Schwingfestigkeitser-gebnisse der geklebten Holzverbindungen durch normkonforme sortierklasseninhärente Ungängen, speziell Äste. In den andauernden Versuchen mit unterschiedlichen Quer-

schnitten wird diesen Sachverhalten und dem Feuchteaspekt speziell Rechnung getragen.

- *Langzeitbeständigkeit von Holzverklebungen mittels feuchtehärtender Einkomponenten-Polyurethanklebstoffe (Bayer Material Science (BMS)).* In dem gemeinsamen BMS/MPA Forschungsvorhaben wurden im Berichtsjahr mittels neuartiger Prüfverfahren Studien zum Dauerstandverhalten von PU-Holzverbindungen durchgeführt. Für Zug- und Druckscherprüfungen bei konstanten und variierten Klimabedingungen wurden neue Prüfverfahren entwickelt, die eine deutlich verkürzte Bewertung der Langzeit-Leistungsfähigkeit von neuen Klebstoffentwicklungen ermöglichen.
- *Langzeitbeständigkeit und Sicherheit harnstoffharzverklebter tragender Holzbauteile (DIBt-Projekt).* In dem Forschungsvorhaben zur Evaluierung der Standsicherheit von UF-verklebten Bestandsbauten, deren Sicherheit nach dem Bauwerkseinsturz in Bad Reichenhall kritisch hinterfragt wird, wurden im Berichtsjahr neben umfangreichen Hallenbegutachtungen insbesondere Versuche zum Alterungsverhalten und zur Fugenversprödung unter Feucht- und Wechselklimabeanspruchungen durchgeführt. Die bisherigen umfangreichen Untersuchungsergebnisse ergaben weiterhin keine nachhaltigen Hinweise auf eine im Vergleich zu anderen Klebstofffamilien überproportionale Klebstofffugendegradation bei bestimmungsgemäßer Bauteil-Herstellung und Bauwerksnutzung.

## Fachbereich Baukonstruktionen und Werkstofftechnik

<b>Abteilung Baukonstruktionen und Bauteilprüfung:</b> Dr.-Ing. D. Lotze / Dr.-Ing. R. Lehmann Tel.: 685/ -63585 bzw. -62218 E-Mail: dieter.lotze@mpa.uni-stuttgart.de rolf.lehmann@mpa.uni-stuttgart.de
Referat Metallbau, Schweißtechnik: Dipl.-Ing. (FH) B. Hoffmann
Referat: Massivbau, Verbundbau, Befestigungstechnik, Sonderkonstruktionen: N.N.
Referat Leichtbau, Glasbau, Fassaden: Dr.-Ing. R. Lehmann, Dipl.-Ing. G. Krüger

Die Abteilung befasst sich mit dem Trag- und Verformungsverhalten von Bauteilen und Baukonstruktionen, deren Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Die betrachteten Werkstoffe umfassen die ganze Breite des Bauwesens: Metalle, z. B. Stahl, Aluminium und Kupfer, Eisen- und Stahlgusswerkstoffe, Betone, Glas, Keramik, Kunststoffe und Verbundwerkstoffe.

Arbeitsschwerpunkte der Abteilung waren 2008 neben zahlreichen Aufgaben im Rahmen der Überwachung bauaufsichtlich zugelassener Produkte aus den Bereichen Befestigungstechnik, Stahlbeton und Bewehrungen sowie Fassaden und Wärmedämmverbundsysteme, die Qualifikation von Schweißverfahren und -betrieben sowie gemeinsame Forschungs- und Industrieprojekte mit den Instituten der Fakultät Bauingenieurwesen. Beispiele hierfür sind aufwändige Zug-, Biege- und Wechselbiegeversuche an faserbewehrtem Ultra-High-Performance-Concrete (UHPC), Versuche zur Tragfähigkeit von kaltgeformten und geschweißten Kastenstützen sowie von Holz-Beton-Verbundelementen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau, Entwerfen und Konstruieren (ILEK) und dem Institut für Konstruktion und Entwurf (KE) der Universität Stuttgart.

Herauszuhebende Industrieprojekte 2008 waren z. B. Querlastversuche an großformatigen Schubdornverbindungen zwischen Stahlbetonplatten (s. Abb.), sog. Abplatzversuche zur Prüfung von Dichtungen im Tunnelbau, Untersuchungen zur Lebensdauer von Asphaltbeschichtungen auf Stahlbrücken unter Schwellbeanspruchung sowie Versuche an geklebten Fassadenplatten unter statischer und dynamischer Beanspruchung sowie zahlreiche Bauwerks- und Bauteiluntersuchungen und -beurteilungen.



Abb.: Querlastversuch an großformatiger Schubdornverbindung

Um den Kundenanforderungen auch zukünftig qualifiziert gerecht werden zu können, wurden im Jahr 2008 insbesondere im Bereich Maschinen- und Prüftechnik nennenswerte Erhaltungsinvestitionen getätigt.

## Fachbereich Berechnung, Auslegung und Betriebsverhalten

### Abteilung Beanspruchungsanalysen:

Dr.-Ing. H. Kockelmann

Tel.: 685/ -62578

E-Mail: [hans.kockelmann@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:hans.kockelmann@mpa.uni-stuttgart.de)

Referat Dichtungstechnik: Dipl.-Ing. R. Hahn

Referat Experimentelle Spannungsanalyse: Dipl.-Ing. S. Haas

Referat Hochgeschwindigkeitsbeanspruchung: Dipl.-Phys. U. Mayer, K.-W. Hippelein

### Referat Hochgeschwindigkeitsbeanspruchung.

Die Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart ist jetzt benannte Stelle für die Zertifizierung von Sporthelmen.

Für die ARD führte die MPA Stuttgart Vergleichsversuche an Skihelmen durch. Der Beitrag wurde im Dezember in der Sendung Ratgeber Technik gesendet: „Skihelme – Harte Schale für kluge Köpfe“ ([http://daserste.ndr.de/ardratgebertechnik/archiv/freizeit\\_sport/skihelme100.html](http://daserste.ndr.de/ardratgebertechnik/archiv/freizeit_sport/skihelme100.html), <http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/1236788>)

Neue Dauerlaufprüfeinrichtung für die Gurtprüfung:



### Referat Dichtungstechnik.

Neues AiF / VGB Forschungsvorhaben (Laufzeit: 01.08.2008 - 31.07.2010)

„Optimierung von Spindelabdichtungen in Armaturen hinsichtlich Funktion und Ausblassicherheit durch Oberflächenbehandlung“.

Für die Optimierung der Spindeloberfläche mit dem Ziel hohe Verschleißfestigkeit und geringe Reibung in der Stopfbuchsabdichtung für Anwendungen im Temperaturbereich bis 400 °C werden folgende Oberflächenbeschichtungs- und -behandlungstechnologien untersucht:

- Induktives Einschmelzen von Legierungen im Vakuum
- Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF)
- DLC-Kohlenstoffbeschichtung (Diamond-like Carbon)
- Nitrieren
- PVD-Beschichtung - Kombination aus HVOF und PVD

Durch mechanisch-technologische Prüfungen (Oberflächenhärte, Reibfestigkeit, Schlagfestigkeit, Temperaturschockbeständigkeit, Temperaturwechselbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit gegen Wasser, Dampf und Chloride) und durch Reibversuche mit eingebundenen Leckgerätenmessungen wird die Qualität der Spindeloberfläche und der Spindelabdichtung ermittelt. Als weitere Zielsetzung dieses Vorhabens wird der Nachweis der Ausblassicherheit von Packungen in Stopfbuchsabdichtungen bei beschichteten und unbeschichteten Spindeln in Abhängigkeit von der Restvorspannung der Packungen angestrebt.

### Referat Experimentelle Spannungsanalyse.

*Neue Messtechnik für berührungslose optische Verformungs- und Dehnungsmessungen*

Das System ARAMIS zur berührungslosen optischen Verformungsanalyse nach dem Prinzip „Objektrasterverfahren“ eignet sich zur Erfassung dreidimensionaler Verformungen und Dehnungen an realen Bauteilen und Werkstoffproben mit hoher Zeit- und Ortsauflösung sowie hoher Genauigkeit bei statischer und höchst-dynamischer Belastung. Anwendungsgebiete sind u. a. Werkstoffprüfung (insbesondere dynamisch schlagartig), bruchmechanische Prüfung, Bauteil- und Strukturprüfung, Umformtechnik, Automobiltechnik (z.B. Crash-Tests), Luft- und Raumfahrt, Windkanaluntersuchungen, Berst- und Explosionstests, Prüfung hochelastischer Werkstoffe (Elastomer, Gummi u.a.).

## Fachbereich Erhaltung von Bauten und Anlagen

<b>Abteilung Dauerhaftigkeit und Schutz von Bauten und Anlagen</b> Dr. rer. nat. G. Volland / Dr.-Ing. Christian Öttl Tel.: 685/ -66740 bzw. -62257 E-Mail: gerhard.volland@mpa.uni-stuttgart.de christian.oettl@mpa.uni-stuttgart.de
Referat Denkmalschutz: Dr. rer. nat. F. Grüner
Referat Organische Beschichtungen und Polymere: Dr. rer. nat. G. Volland (komm.)
Referat Betonkorrosion und Betoninstandsetzung: Dr.-Ing. C. Öttl
Referat Korrosion, Korrosionsschutz: Dipl.-Ing. W. Beul

Neues Röntgenbeugungsgerät (XRD) in der Abteilung 41

Die Abteilung 41 besitzt ein neues Röntgenbeugungsgerät von Bruker AXS. Die Röntgendiffraktometrie ist eine Standardmethode zur Strukturaufklärung von kristallinen Stoffen. Sie wird in der Materialwissenschaft, der Chemie und den Geowissenschaften eingesetzt. Das neue Gerät kann zur Untersuchung pulverförmiger Proben (nach dem Debye-Scherrer-Verfahren) und von kleineren, festen Proben verwendet werden.

Die Röntgenbeugung liefert im Gegensatz zu vielen chemischen Methoden eine direkte Information zur Phasenzusammensetzung der vorliegenden (kristallinen) Stoffe, während die Mehrzahl der spektroskopischen Methoden wie AAS, ICP, XRF usw. nur Elemente nachweisen können.

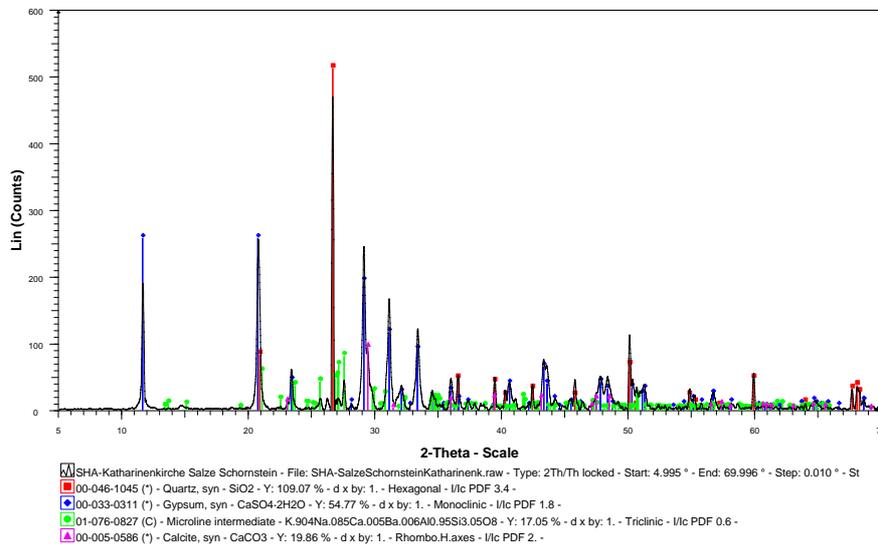
Anwendungsmöglichkeiten:

- Phasenidentifizierung in Naturstein, Ziegel (chemisch-mineralogische Zusammensetzung)
- Identifizierung von Salzausblühungen
- Phasenidentifizierung von Zementklinker und vielen anderen Baustoffen
- Untersuchung von Texturpräparaten in der Tonmineralanalyse
- Identifizierung von Pigmenten
- Identifizierung von Korrosionsprodukten
- Quantitative Untersuchung von Phasengemischen mit Rietveldauswertung
- zerstörungsfreie Untersuchung an Oberflächen kleinerer Objekte, die direkt im Strahlengang positioniert werden können
- Untersuchung von Oberflächenveränderungen fester Proben und dünnen Schichten mit streifendem Einfall

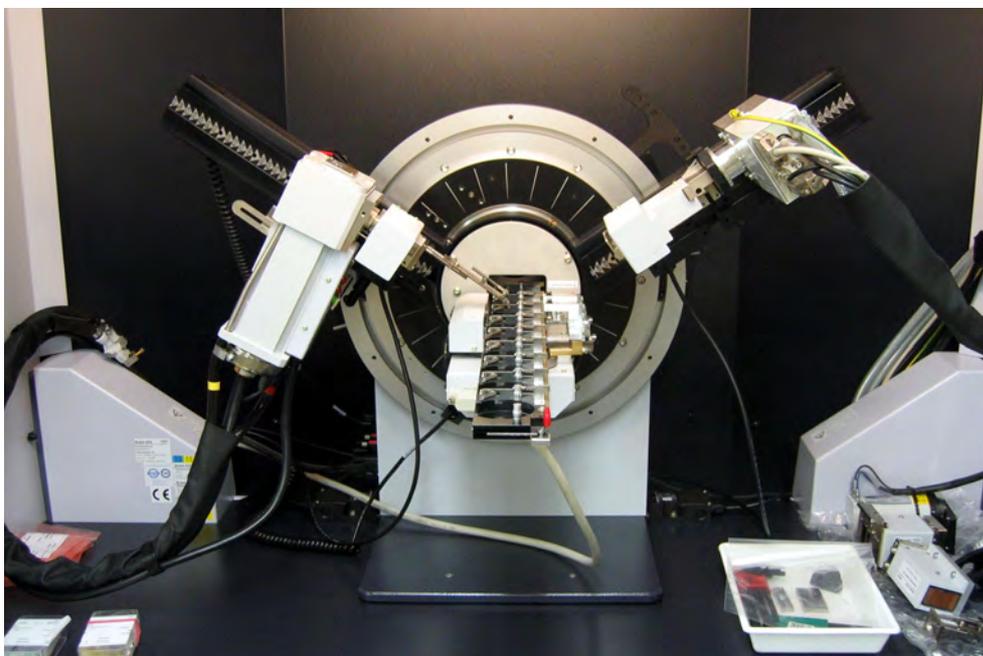
Das neue Gerät (Bruker AXS D8 Advance) ist modular aufgebaut, so dass durch Änderungen in der Konfiguration neben Pulverproben auch zerstörungsfreie Phasenuntersuchungen an Objek-

ten, die im Strahlengang positioniert werden können, durchführbar sind. Weiterhin ist ein 9-fach Probenwechsler für die Untersuchung von Pulverproben vorhanden.

Beispiel:



XRD – Beugungsdiagramm mit Phasenauswertung an einer Ausblühungsprobe auf Schilfsandstein. Neben typischen Gesteinsmineralen wie Quarz und Kalifeldspat wurde hier Gips und Kalzit festgestellt



Blick in die Strahlenschutzbox des neuen Bruker AXS D8 mit Theta - Theta - Goniometer, 9 - fach Probenwechsler, angesehter Cu – Röhre und Sol-X Halbleiterdetektor

## Stabsabteilungen

### Stabsabteilung Forschung und Entwicklung:

Dr. rer. nat. Jürgen Frick

Tel.: 685-63381

E-Mail: Juergen.Frick@mpa.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Klaus Menzel

Tel.: 685-66702

E-Mail: Klaus.Menzel@mpa.uni-stuttgart.de

Dr. rer. nat. Gabriele Grassegger-Schön

Tel.: 685-62705

E-Mail: Gabriele.Grassegger@mpa.uni-stuttgart.de

Um die Position der Materialprüfungsanstalt als führendes Forschungsinstitut und Kompetenzzentrum für neue Werkstoffe und Bauteile auszubauen, wurde Anfang 2008 die Stabsabteilung Forschung und Entwicklung gegründet.

Die Stabsabteilung konzipiert und koordiniert Forschungsaktivitäten an der MPA und unterstützt die Fachbereiche bei der Vorbereitung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben von der Idee bis zur Antragsreife. Sie versteht sich auch als Ansprechpartner für forschungsbezogene Aktivitäten für Kunden und Forschungspartner. Darüber hinaus werden Konzepte für die forschungsbezogene interne Weiterbildung entwickelt und umgesetzt.

Aktuelle Beispielprojekte sind:

### EU-FP7 Projekt: Smart monitoring of Historic Structures – SMooHS

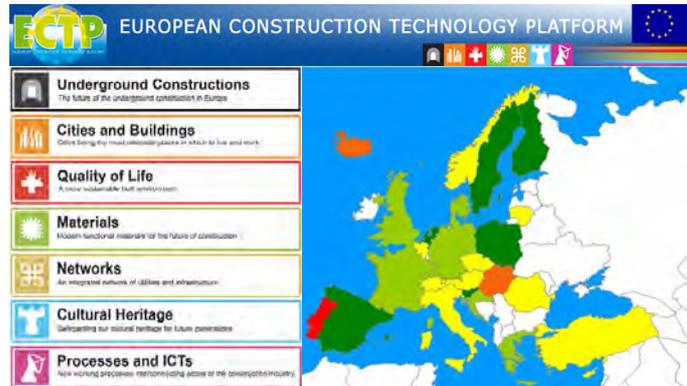
EU-Projekt im Bereich Umwelt mit insgesamt 15 Partnern aus 7 Ländern. Ziel des Projekts ist die Entwicklung von intelligenten, drahtlosen Systemen für die Dauerüberwachung von historischen Gebäuden. Die Abbildungen rechts zeigen ein Beispiel eines Sensorknotens und eine Übersichtsaufnahme der Fallstudie Museumsinsel in Berlin. Weitere Informationen unter: [www.smoohs.eu](http://www.smoohs.eu)



Die Stabsabteilung Forschung und Entwicklung hat die Beantragung und die Konsortialverhandlung maßgeblich unterstützt und wirkt bei der Durchführung aktiv mit.

## European Construction Technology Platform – ECTP

Die Stabsabteilung Forschung und Entwicklung wirkt in verschiedenen Focus Areas der ECTP und der zugehörigen nationalen Spiegelplattform German Construction Technology Platform – GCTP aktiv mit. Beispielsweise wird die Fokus Area Cultural Heritage der GCTP von einer Mitarbeiterin der Stabsabteilung geleitet. Weiterhin koordiniert die Stabsabteilung die Mitgliedschaft der Universität Stuttgart bei der ECTP. Weitere Informationen unter: [www.ectp.org](http://www.ectp.org) und [www.gctp.de](http://www.gctp.de)



## 3 Forschungsberichte

### Smart Monitoring of Historic Structures

SMooHS – Integriertes Projekt im 7. Rahmenprogramm der EU

#### Einleitung

Viele historische Bauwerke sind im hohen Maße schützenswerte Kulturgüter und sind daher von gesellschaftlichem Interesse – insbesondere auch für kommende Generationen. Im Zusammenhang mit den wachsenden bzw. sich ändernden Schadstoff- und Umweltbelastungen erlangt das Wissen um den Erhalt historischer Bauwerke eine immer höhere Bedeutung. Die Dauerhaftigkeit einer Vielzahl von Bauwerken, die teilweise bereits Jahrhunderte meist schadlos überstanden haben, ist unter dem Aspekt der ansteigenden Umweltbelastungen heutzutage jedoch vielfach in Frage gestellt. Auf europäischer Ebene werden daher durch die Europäische Kommission vermehrt Anstrengungen unternommen, diesem Umstand Rechnung zu tragen. Eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten ist dabei im 7. Rahmenprogramm unter dem Begriff „Umwelt“ („Environment“) gebündelt. Ein Teilbereich befasst sich mit dem Erhalt von historischen Bauwerksstrukturen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. Im Rahmen einer aktuellen Ausschreibung im 7. Rahmenprogramm aus dem Jahr 2007 hat die MPA Universität Stuttgart als Koordinator ein Verbundforschungsprojekt mit 14 weiteren Projektpartnern unter dem Akronym SMooHS (Smart Monitoring of Historic Structures) erfolgreich beantragt. Das Projekt hat am 1.12.2008 begonnen.

Das Projekt wird maßgeblich von der 2008 neu gegründeten Stabsabteilung 87 „Forschung und Entwicklung“ unterstützt und verbindet unterschiedliche Fachabteilungen der MPA (Abteilung 41 mit dem Referat „Denkmalschutz“ und Abteilung 43 mit dem Referat „Dauerüberwachung im Bauwesen“) und des IWB miteinander.

SMooHS Partner:

- Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (Deutschland):  
Abteilung 41 - Dauerhaftigkeit und Schutz von Bauten und Anlagen  
Abteilung 43 - ZfP und Überwachungstechnik
- AuRA GbR – Restauratoren Bärbel Dieruff und Karl Fiedler (Deutschland)
- Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart (Deutschland)
- Europäische Akademie Bozen (Italien)
- Alma Mater Studiorum – Università di Bologna (Italien)
- Rathgen Forschungslabor – Staatliche Museen Berlin (Deutschland)
- Institute of Catalysis and Surface Chemistry – Polish Academy of Sciences (Polen)
- Technisches Büro Käferhaus (Österreich)
- TTI GmbH – TGU Smartmote (Deutschland)
- Metalmobile S.R.L. (Italien)

- Artemis srl (Italien)
- Consorzio Cetma (Italien)
- Riwaq – Centre for Architectural Conservation (Palästinensische Autonomiegebiete)
- Faculty of Civil Engineering – University of Zagreb (Kroatien)
- Department of Antiquities(Jordanien)

## 1 Das Verbundforschungsprojekt SMooHS – Ziele und Arbeitspakete

Die kontinuierliche Überwachung historischer Bauwerke mit geeigneten Technologien spielt im Zusammenhang mit deren Erhalt eine zunehmende Rolle. Drahtlose Sensoren und Sensornetze können hier zukünftig wertvolle Beiträge liefern. Allerdings gibt es noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Hinblick auf die geeignete Sensorik sowie die einfache Handhabung und Zuverlässigkeit der drahtlosen Systeme. Zudem werden effiziente Analyse- und Bewertungsmethoden benötigt, die dem Konservator oder Eigentümer klare Aussagen möglichst durch eine automatisierte oder teilautomatisierte Prozessanalyse liefern.

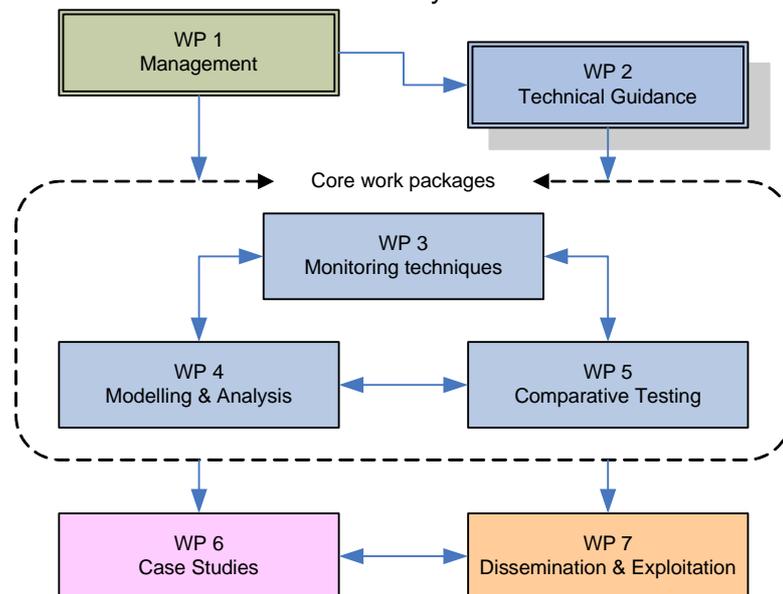


Abb. 1: SMooHS Projektstruktur

Ein wesentliches Ziel von SMooHS besteht in der Entwicklung und dem Test von „intelligenten“ drahtlosen Systemen zur Dauerüberwachung von historischen Bauwerken. Es ist nicht beabsichtigt, Messsysteme zu entwickeln, die als Datensammler nur eine große Menge an Daten erfassen. Vielmehr liegt der Fokus auf der Entwicklung und Applikation von Mess- und Analyseverfahren mit implementierter Onboard-Datenanalyse, die eine Beurteilung des Bauwerkszustands unter Berücksichtigung von kontinuierlich erfassten Messdaten ermöglichen. Die Arbeit im Verbundforschungsprojekt SMooHS ist zur Erreichung dieser Ziele in insgesamt 7 Arbeitspakete (siehe Abb. 1) unterteilt, wobei drei wesentliche Arbeitspakete (WP3, WP4 und WP5) herausragen.

### 1.1 Arbeitspaket 3: Entwicklung von intelligenten, drahtlosen Monitoringtechnologien

Innerhalb dieses Arbeitspakets werden intelligente drahtlose Sensorsysteme entwickelt, bei denen zwei verschiedene Ansätze verfolgt werden. Ein Ansatz befasst sich mit der Entwicklung

eines datenzentrischen drahtlosen Sensorsystems; der zweite Ansatz verfolgt die Schaffung von drahtlosen Sensornetzen als sogenanntes verteiltes System. Beide Ansätze weisen ihre Vor- und Nachteile auf und sind dementsprechend für einige Anwendungen mehr, für andere hingegen weniger geeignet. Beiden Systemen ist jedoch gemein, dass sie bereits eine Datenvorverarbeitung in einem einzelnen Sensorknoten ermöglichen.

Das datenzentrische System bezeichnet ein System aus voneinander unabhängig arbeitenden drahtlosen Sensorknoten, an die je nach Bedarf verschiedene Sensoren angeschlossen werden können. Mittels eines integrierten Computers werden die Daten vorverarbeitet bzw. bereits analysiert und dann mittels standardisierter Mobilfunktechnologie an den Nutzer weitergeleitet. In der Regel werden bei solchen Systemen nur an wenigen Stellen eines Bauwerks derartige Sensoren platziert. Der zweite Ansatz, der des verteilten drahtlosen Sensornetzes, verfolgt die Entwicklung von kleinen, im höchsten Maß kosten- und leistungsoptimierten drahtlosen Sensorknoten, die mittels geeigneter Drahtlostechnologien über kurze Strecken miteinander kommunizieren. Vorteile eines solchen Multihop-Netzes bestehen in der Installation einer Vielzahl von Sensoren genau an den Orten, wo sie benötigt werden, und der Möglichkeit, redundante Informationen zu erhalten. Ein derartiges Vielstellenmesssystem ermöglicht die Durchführung differenzierter Untersuchungen, wobei zudem Fehler, die bei einer nur lokal an wenigen Messstellen erfolgenden Datenerfassung und -interpretation entstehen können, vermieden werden. Auch bei diesem Sensorsystem findet eine Datenreduktion und Datenanalyse bereits weitgehend auf einem Sensorknoten statt.

Die Datenvorverarbeitung in einem Sensorknoten selbst bietet eine Reihe von Vorteilen. Die wichtigsten Vorteile sind dabei die Datenreduktion und, was hinsichtlich der Lebensdauer eines drahtlosen Sensorknotens wesentlich ist, die Reduktion des Stromverbrauchs. Das Ziel einer „intelligenten“ Datenreduktion ist es, dem Nutzer nur die Informationen zur Verfügung zu stellen, die er tatsächlich benötigt. Auf Grundlage derartig extrahierter Werte oder Wertegruppen können dann mittels geeigneter Schädigungsmodelle mögliche Auswirkungen auf die betrachteten Strukturen bzw. Materialien abgeleitet werden. Aufgrund der vielfältigen äußeren Einwirkungen ergibt sich im Hinblick auf die Beurteilung des Material- und Strukturverhaltens allerdings eine teilweise sehr hohe Komplexität. Die Forschungsaktivitäten in den nachfolgend aufgeführten Arbeitspaketen WP4 und WP5 sollen diesen Aspekten Rechnung tragen.

## **1.2 Arbeitspaket 4: Modellierung und Analyseverfahren**

Eine kontinuierliche Überwachung von Bauwerken ist nur von Nutzen, wenn sich daraus neue oder auch genauere Erkenntnisse bezüglich möglicher Schädigungen und Schädigungsursachen ableiten lassen. Dies bedingt, dass geeignete Analyseverfahren und Modelle vorhanden sind, welche Einwirkungen und Auswirkungen in einen Zusammenhang stellen. Insbesondere verspricht die Kopplung verschiedener Einwirkungen, dass schädigende Prozesse zuverlässiger bewertet werden können. Ein einfacher Ansatz ist beispielsweise die Berücksichtigung von Temperaturen und Feuchte im Hinblick auf Bauteildehnungen und resultierende Bauteilspannungen oder gar Bauteilschädigungen. Obwohl viele Zusammenhänge bereits verstanden sind, fehlt es in der Praxis oft an anwendbaren Modellen bzw. dynamischen Modellen, die kontinuierlich erfasste Messwerte aus der Dauerüberwachung berücksichtigen.

Schwerpunkte der Arbeiten innerhalb des beantragten Projekts bilden die Modellierung von Temperatur- und Feuchtetransporten in Natursteinen in Verbindung mit Salzen oder der Verteilung von Luftschadstoffen sowie von in Verbindung mit mikroklimatischen Einflüssen. Auf Basis der messbaren Einwirkungen werden die verwendeten Schädigungsmodelle modifiziert und hinsichtlich des Einsatzes bei der kontinuierlichen Überwachung und der notwendigen Datenreduktion optimiert. Zudem sollen die gewonnenen Erkenntnisse in ein wissensbasiertes Expertensystem einfließen, welches im Projekt konzeptioniert wird.

### **1.3 Arbeitspaket 5: Vergleichende Labor- und Feldversuche**

Labor- und Felduntersuchungen sind unabdingbar, will man die drahtlosen Sensorsysteme auf ihre Praxistauglichkeit hin testen und die Messergebnisse validieren. Weiterhin bilden experimentelle Untersuchungen unter definierten Rahmenbedingungen die Grundlage, auf denen Simulationen beruhen und aus denen geeignete Modelle abgeleitet und verifiziert werden können. Während experimentelle Laboruntersuchungen vorwiegend lokal bei den universitären Projektpartnern in Italien und Deutschland durchgeführt werden, sind Feldversuche an mehreren Bauwerken bzw. Bauwerkskomplexen in Deutschland, Österreich, Italien sowie Jordanien und Palästina vorgesehen, die als Test- bzw. Demonstrationsobjekte dienen.

## **2 Test- und Demonstrationsobjekte**

Innerhalb des Projekts SMooHS ist eine enge Verknüpfung zwischen Forschung und Anwendung geplant. Daher werden die meisten Arbeiten vorwiegend objektbezogen durchgeführt. Insgesamt stehen den Projektpartnern sechs Fallstudien zur Verfügung, wobei drei davon einen Schwerpunkt bilden. In Deutschland gehört dazu die Museumsinsel in Berlin und das Heilig-Kreuz-Münster in Schwäbisch-Gmünd (vgl. Abbildung 2) sowie in Italien der Palazzo Malvezzi (Bologna). Der Museumskomplex der Museumsinsel in Berlin wie auch das Heilig-Kreuz-Münster in Schwäbisch-Gmünd dienen vornehmlich der Untersuchung außen- bzw. raumklimatischer Aspekte und deren Einfluss auf die beweglichen und auch fest installierten historischen Objekte sowie der Bauwerksstruktur. Der Fokus liegt hier auf Staub-, Feuchtigkeits- und Gasbelastungen beispielsweise aufgrund steigender Besucherzahlen, auf Strahlungsbeanspruchungen (z. B. UV-Licht) bzw. auf Betrachtungen des Feuchtigkeits- und Salztransports innerhalb von Bauteilen. Das Heilig-Kreuz-Münster in Schwäbisch-Gmünd bietet den Vorteil, dass dort in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten durchgeführt wurden, die eine gute Basis für weitere Messungen und eine vergleichende Interpretation der Daten darstellen. Eine Besonderheit des Palazzo Malvezzi in Bologna ist der darin enthaltene aufwändig verzierte Ratssaal mit seiner ovalen Öffnung in Raummitte sowie der besonderen Holz- bzw. Mischbauweise. Risse im Bodenbereich und wechselnde Feuchtigkeitszustände stellen die Dauerhaftigkeit dieser Konstruktion in Frage, weswegen sie sich für die Dauerüberwachung innerhalb des Projekts SMooHS besonders eignet.

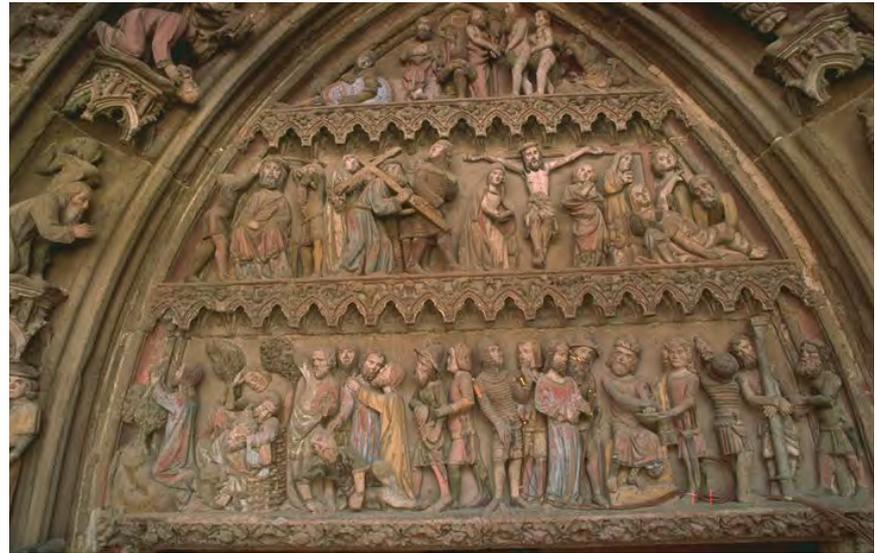


Abbildung 2: Fallstudie 1 – Museumsinsel Berlin (links); Fallstudie 2 – Portale des Heilig-Kreuz-Münsters in Schwäbisch-Gmünd (rechts)

Die Laufzeit des Projektes beträgt drei Jahre. Jederzeit aktuelle Informationen enthält die vom Koordinationsteam von MPA und IWB eingerichtete Internetseite [www.smoohs.eu](http://www.smoohs.eu). Informationen sind aber auch direkt beim Koordinator erhältlich.

**Kontakt:**

Prof. Dr.-Ing. Christian Große (Abt. ZfP und Überwachungstechnik)  
MPA Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 4  
70569 Stuttgart  
[www.smoohs.eu](http://www.smoohs.eu)  
[christian.grosse@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:christian.grosse@mpa.uni-stuttgart.de)

# Di-(2-ethylhexyl)-Phthalat (DEHP)-Aufnahme aus Innenraumluft und Hausstaub. Zusammenhang von Phthalatweichmachern in Hausstaub und Innenraumluft mit der tägliche Aufnahme am Beispiel von DEHP

Volland G.<sup>1</sup>; Gabrio T.<sup>3</sup>; Wodarz R.<sup>2</sup>, Hansen D.<sup>1</sup>, Mann V.<sup>3</sup>; Hildenbrand S.<sup>2</sup>

## Kurzfassung des Berichts eines Gemeinschaftsvorhabens

der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (Otto-Graf-Institut)<sup>1</sup> mit dem Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, Universitätsklinikum Tübingen<sup>2</sup> und dem Regierungspräsidium Stuttgart, Landesgesundheitsamt<sup>3</sup> - Untersuchung zur Belastungssituation der Allgemeinbevölkerung mit Phthalat-Weichmachern und Ermittlung relevanter Belastungspfade Projekt P-LS-E2/19 Landesstiftung Baden Württemberg gGmbH (2008)

### 1 Einleitung

In der Risikodiskussion über die Wirkung von Umweltschadstoffen auf den Menschen spielt die Gruppe der endokrinen Substanzen (Umwelthormone) eine besondere Rolle. Die Verwendung von Phthalaten wurde aus gesundheitlicher Sicht lange Zeit aufgrund ihrer sehr geringen akuten Toxizität als unproblematisch eingeschätzt. Neuere Untersuchungen zur Langzeitwirkung von DEHP zeigten jedoch bei Nagern eine Schädigung von Leber und Niere, eine erhöhte Inzidenz von Leber- und Nierentumoren sowie reproduktions- und embryotoxische Effekte [1,2]. Zudem steht DEHP neben anderen Phthalaten im Verdacht zu einem erhöhten Risiko im Rahmen von Bronchialerkrankungen (Asthma) beizutragen [3]. Aufgrund der vielfältigen Nutzung von DEHP und den großen produzierten Mengen kommt dem DEHP unter den endokrinen Verbindung eine besondere Bedeutung zu. Die Gehalte an DEHP in innenraumrelevanten Produkten wie z. B. in Fußbodenbeläge, Farben und Lacken (z. B. Alkydharzen, Acrylatharzen), Laminatböden, Möbel und Paneelen sowie Arbeitsmitteln der Informationstechnik liegen zwischen 10 und 50 % [4]. Phthalate fungieren in diesen Produkten in der Regel als äußere Weichmacher und sind daher prinzipiell mobil [5]. Diese Produkte liegen häufig großflächig im Innenraum vor, so dass das Verhältnis von Fläche zu Raumvolumen in sehr ungünstig ist. Die große Stabilität des DEHP in der Umwelt [6] hat dazu geführt, dass DEHP in vergleichsweise hohen Konzentrationen ubiquitär in der Umwelt und damit auch in Hausstaub verbreitet vorliegt [4,9-11]. Im allgemeinen wird bei der täglichen Aufnahme von DEHP aus Hausstaub davon ausgegangen, dass Kleinkinder Hausstaub weitgehend durch einen „von der Hand in den Mund“ - Kontakt aufnehmen. Rechnerisch wird dabei als „worst case“ von einer Aufnahme von etwa 100 mg Hausstaub und einer 100 % igen Resorption des an Hausstaub gebundenen DEHP ausgegangen. Die Bewertung des Expositionspfad – Innenraumluft – erfolgt ebenfalls im Rahmen einer Konvention. Dabei wird das Produkt aus Konzentration des Stoffes in der Innenraumluft und Atemvolumen (Kind 15 m<sup>3</sup> und Erwachsener 20 m<sup>3</sup>) als resorbierte Menge aus dem Pfad Raumluft abgeleitet [13,15]. In der Literatur werden durchschnittliche Gehalte (Mediane) für den DEHP - Gehalte im Hausstaub zwischen 300 und 800 mg/kg angegeben. [10]. In Innenraumluft liegen die durchschnittlichen DEHP-Gehalte (Mediane) zwischen. 0,08 und 0,46 µg/m<sup>3</sup> [4,9 und 10]. Aus-

gehend von diesen Konventionen lässt sich für Kleinkinder (Annahme 10 kg) eine tägliche DEHP-Aufnahme von ca. 5 bis 10 µg DEHP/kg KG und Tag aus Hausstaub und ca. 0,2 µg DEHP/kg KG aus Raumluft ableiten. Berücksichtigt man die 95-zigsten Percentile so entspricht diese Menge dem seitens der HBM-Kommission genannte Wert von 20 µg DEHP /kg Körpergewicht und Tag aus Hausstaub [12-14].

## **2. Ergebnisse**

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei Abschnitte. Um eine Übersicht über die Varianz der täglichen DEHP- Aufnahme zu erhalten, wurden in einem ersten Teilprojekt (Jahresverlaufsstudie) die DEHP-Abbauprodukte im täglichen Morgenurin von 6 Probanden über einen Zeitraum von vier mal einer Woche (jeweils eine Woche im Januar, April, Juli und Oktober; jeweils Montag bis Sonntag des selben Jahres) ermittelt. Die 6 Probanden lebten in 4 Wohnungen, so dass 2 mal 2 Probanden unterschiedlichen Alters im gleichen Wohnumfeld lebten. In dem zweiten Teilprojekt wurde jeweils über 5 Tage (Montag bis Freitag) der Morgenurin von Schülern und Schülerinnen zweier Internatsschulen gesammelt und ebenfalls auf die DEHP-Abbauprodukte untersucht. Die täglich aufgenommene DEHP- Menge wurde jeweils aus der Konzentration der DEHP-Abbauprodukte (Metabolite) Mono(2-ethyl-hexyl)phthalat (MEHP), Mono-(2-ethyl-4-hydroxyhexyl)phthalat (4OH-MEHP), Mono-(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)-phthalat (5OH-MEHP), Mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)phthalat (5Oxo-MEHP), Mono(2-ethyl-5-carboxypentyl)phthalat (5Carboxy-MEPP ) im Morgenurin unter Berücksichtigung des Körpergewichts und des Alters der Probanden berechnet [Methode vgl. 16]. In den Wohnungen der Probanden der Jahresverlaufsstudie sowie in den Räumen beider Internate (Wohn-, Aufenthalts- und Klassenräume) wurden Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände auf DEHP – Quellen untersucht. Parallel dazu wurden die Gehalte an DEHP in Hausstaub und Raumluft unter den zum Untersuchungszeitraum gegebenen Bedingungen ermittelt.

### **2.1 Jahresverlaufsstudie**

Der Verlauf der Konzentration an den DEHP-Abbauprodukten im Morgenurin der Probanden der Jahresverlaufsstudie im Untersuchungszeitraum zeigte eine erhebliche tägliche Schwankung. Dabei traten bei den Probanden, die in der gleichen Wohnung wohnten (Proband V3 und V 4 sowie Proband V5 und V6) am gleichen Tag teilweise erhebliche Unterschiede auf. In den Abbildungen 1 und 2 sind die berechneten täglichen DEHP-Aufnahmen für die jeweiligen Probanden der gleichen Wohnung wiedergegeben. Die tägliche Aufnahme an DEHP schwankt basierend auf Schwankungsbreite der Konzentrationen der DEHP-Metabolite im Morgenurin in der Größenordnung der Mittelwerte. Der Median der täglichen Aufnahme für die drei Probanden die 12 Jahre und jünger zeigt eine tägliche DEHP – Aufnahme von 9,0 µg DEHP/kg KG. Für die Erwachsenen Probanden lag der Median bei 3,6 µg DEHP/kg KG (vgl. Tab. 3). Der Wohninnenraum der Probanden dieses Teils der Studie zeigte keine DEHP-Primärquellen und zeichneten sich durch niedrige DEHP-Gehalte im Hausstaub mit Werten zwischen 47 und 230 mg DEHP/kg aus.

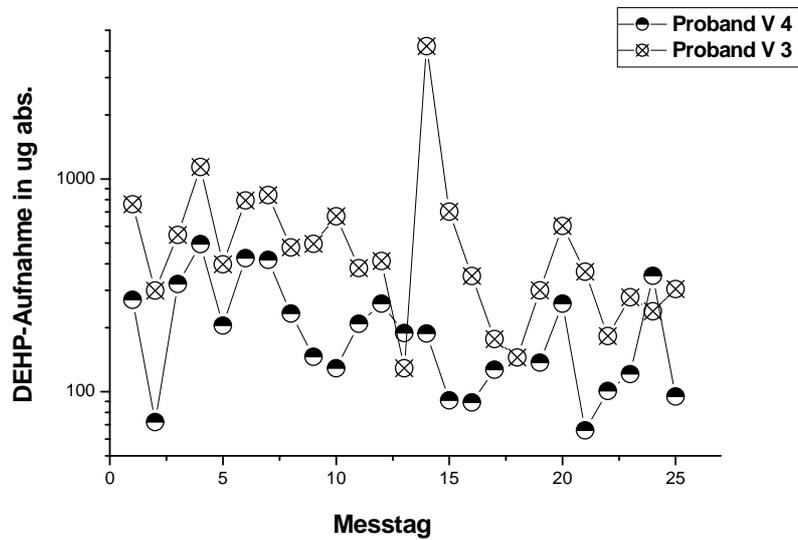


Abbildung 1 Tägliche DEHP-Aufnahme berechnet aus DEHP-Abbauprodukten von zwei Probanden V 3 und V 4 einer Familie

V 3 Median DEHP Aufnahme 392 µg abs.

V 3 Mittelwert DEHP Aufnahme 502 +/- 301 µg abs.

V 4 Median DEHP Aufnahme 224 µg abs.

V 4 Mittelwert DEHP Aufnahme 252 +/- 137 µg abs.

DEHP im Hausstaub 50 – 230 mg/kg - DEHP in der Raumluft 0,15 – 0,2 µg/m<sup>2</sup> der Wohnung der Probanden V 3 und V 4

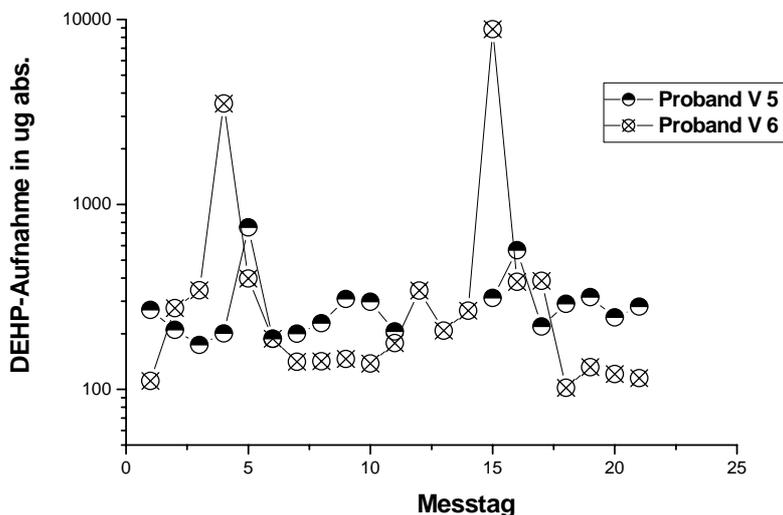


Abbildung 2 Tägliche DEHP-Aufnahme berechnet aus DEHP-Abbauprodukten der zwei Probanden V 5 und V 6 einer Familie

V 5 Median DEHP Aufnahme 333 µg DEHP abs

V 5 Mittelwert DEHP Aufnahme 594 +/- 632 µg DEHP abs

V 6 Median DEHP Aufnahme 141 µg DEHP abs.

V 6 Mittelwert DEHP Aufnahme 177 +/- 94 µg DEHP abs

DEHP im Hausstaub 80 – 100 mg/kg - DEHP in der Raumluft 0,15 µg/m<sup>2</sup> der Wohnung der Probanden V 3 und V 4

## 2.2 Internate

Zur Eingrenzung des Einflusses der unterschiedlichen Lebensbedingungen wurden die DEHP-Metaboliten von Probanden (Schülerinnen und Schüler) zweier, in Bezug auf örtliche Gegebenheiten wie Lage und Bausubstanz sowie Lebensgewohnheiten unterschiedlichen Internate im Rahmen dieser Studie bestimmt. Zeitgleich dazu wurde das Wohnumfeld auf DEHP-Primärquellen wie Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände sowie der Hausstaub und die Raumluft auf DEHP untersucht.

### 2.2.1 Internat A

Das Internat A lag abgelegen in ländlicher Umgebung. Das Lebensalter der Probanden des Internats A lag zwischen 12 und 14 Jahren. Es waren nur wenige Verbindungen zur Außenwelt möglich, so dass die Probanden wesentlich auf die Ressourcen dieses Internats angewiesen waren. Das Essen wurde aus Frischprodukten vorzugsweise der Region täglich frisch hergestellt und alle Schüler nahmen an den Mahlzeiten teil. Die baulichen Gegebenheiten im Internatsgebäude waren übersichtlich. In der Regel lag ein lackierter Holzfußboden vor, die Möblierung aus Vollholz lackiert war weitgehend einheitlich. In den Klassenräumen lag Fußbodenbeläge aus Kunststoff vor. Von insgesamt 15 untersuchten Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen stellten die lackierten Holzfußböden im Wohn- und Schlafbereich der Mädchen sowie die Böden in einigen der Klassenräume und des Turnsaals DEHP-Primärquellen dar. Baugleiche Fußböden im Gebäudetrakt der Jungen waren keine DEHP-Primärquellen. Entsprechend der vorgefundenen Quellenlage lagen die DEHP-Gehalte im Hausstaub mit Gehalten zwischen 300 und 2300 mg/kg (im Mittel 1100 bis 1300 mg DEHP/kg) (vgl. Tab 1). Die berechenbare täglich aufgenommen DEHP-Menge der Probanden der Internat A lag im Mittel bei 250 µg (abs.) entsprechend einer DEHP-Aufnahme im 4,9 µg DEHP / kg KG und Tag (Median; vgl. Tab 3). Die Varianz der Ergebnisse ließ keinen Unterschied zwischen den Probanden mit und ohne DEHP-Primärquelle im Wohn- und Schlafbereich erkennen (vgl. Tab. 1 und 3).

Probandengruppe	♀ (n= 20)	♂ (n=10)	Alle Probanden
	<b>DEHP µg (abs.)</b>		
Mittelwert	276	181	241
Standardabweichung (abs.)	142	106	136
Median	281	160	226
95 <sup>th</sup> Perzentil	456	424	456
min	78	37	37
max	704	424	704
	DEHP Konzentration in Hausstaub und Raumluft		
	Wohn- und Schlafräume		
Hausstaub in mg/kg	300 – 2300 Ø 1300	1000 – 1300 Ø 1100	--
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	0,2 – 0,57	< 0,1 – 0,22	--

	Klassenräume- Turnsaal
Hausstaub in mg/kg	500 – 2600 Ø 1880
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	Gemeinschaftsräume z.B. Speisesaal
Hausstaub in mg/kg	< 50
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	< 0,1- 0,1

Tabelle 1: Internat A - Tägliche Aufnahme von DEHP (berechnet auf Basis der Summe der DEHP – Metaboliten im Morgenurin) für alle Probanden des Internats A. Untersuchungszeitraum 5 Tage im März 2006 verglichen mit DEHP in Hausstaub und Raumluft.

Probandengruppe	♀ (n= 36)	♂ (n=38)
	<b>DEHP µg (abs.)</b>	
Mittelwert	185	333
Standardabweichung (abs.)	148	294
Median	138	226
95 <sup>th</sup> Perzentil	375	1070
min	63	86
max	867	1076
	DEHP Konzentration in Hausstaub und Raumluft	
	Wohn- und Schlafräume	
Hausstaub in mg/kg	237 – 631 Ø 400	111 – 739 Ø 450
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	0,1 – 0,2	0,1 – 0, 2
	Klassenräume	
Hausstaub in mg/kg	357 - 576 Ø 450	
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	0,1	
	Gemeinschaftsräume z.B. Speisesaal	
Hausstaub in mg/kg	< 50	
Raumluft in µg/m <sup>3</sup>	< 0,1	

Tabelle 2: Internat B - Tägliche Aufnahme von DEHP (berechnet auf Basis der Summe der DEHP – Metaboliten im Morgenurin) für alle Probanden des Internats B. Untersuchungszeitraum 5 Tage im Juni 2006 verglichen mit DEHP in Hausstaub und Raumluft

	7-Tage Verlaufsstudie		Internat A	Internat B
Alter der Probanden in Jahren	4 – 12	19 – 58	12 – 15	17 – 20
	DEHP in µg/kg KG			
<b>Mittelwert</b>	11,3	4,3	5,6	3,9
Std. Abw. (abs.)	7,6	2,8	2,8	4,3

Median	9,0	3,6	4,9	2,2
P 95	25,2	11,3	10,9	13,1
min.	1,9	0,5	0,9	0,5
max.	38,6	13,4	13,8	27,8
n	82	61	30	74

**Tabelle 3:** Tägliche Aufnahme von DEHP in  $\mu\text{g}$  pro kg Körpergewicht (KG) ermittelt auf Basis der Summe der DEHP-Abbauprodukte in Morgenurin für alle Probanden dieser Studie in Abhängigkeit vom Alter der Probanden.

### 2.2.2 Internat B

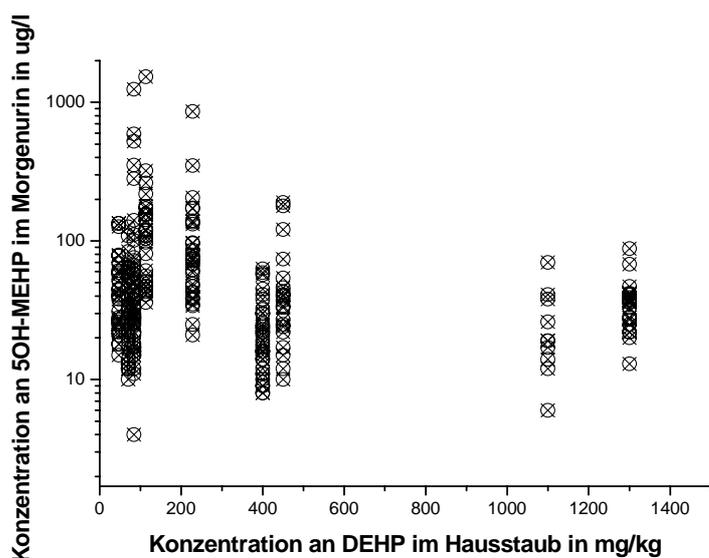
Das Internat B lag ebenfalls in einer ländlichen Umgebung, es bestand jedoch vielfältige Verbindungen in den Ort in dem die Schule lag, so dass die Probanden auch leichten Zugang zu anderen Ressourcen hatten. Das Lebensalter der Probanden dieses Internats lag zwischen 17 und 20 Jahren. Das Essen wurde als Fertigmahlzeit angeliefert und die Mehrzahl der Schüler nahmen an den Mahlzeiten teil. Die baulichen Gegebenheiten im Internatsgebäude waren sehr unübersichtlich. Es lagen mehrere Gebäude unterschiedlichen Alters vor, in denen mit Ausnahme von Teppichboden alle üblichen Fußbodenmaterialien verlegt waren. Die Einrichtungsgegenstände waren zwar in der Regel aus Holz waren jedoch unterschiedlich alt. Von insgesamt 35 untersuchten Bauprodukten, Einrichtungsgegenständen und elektronischen Geräten waren nur drei als DEHP-Primärquellen identifizierbar. Entsprechend der vorgefundenen Quellenlage lagen die DEHP-Gehalte im Hausstaub im Median mit 400 mg/kg unterhalb des Durchschnitts der DEHP-Gehalt im Hausstaub (vgl. Tab. 2). Mit einem Maximum von 739 mg DEHP/kg Hausstaub und durchschnittlichen Gehalten zwischen 0,1 und 0,2  $\mu\text{g}$  DEHP/m<sup>3</sup> in der Raumluft lag damit die Belastung des Wohnumfeldes im Internat B zwar über der Belastung des Wohnumfeldes der Probandengruppe der Jahresverlaufsstudie jedoch deutlich unterhalb der Belastung des Internats A.

Die daraus ableitbare tägliche DEHP- Aufnahme schwankte zwischen 63 und 1076  $\mu\text{g}$  DEHP (abs.) und lag im Mittel zwischen 200 und 300  $\mu\text{g}$  DEHP (abs.) pro Tag (vgl. Tab.2), entsprechend einer DEHP-Aufnahme 2,2  $\mu\text{g}$  DEHP / kg KG und Tag (Median; vgl. Tab 3 ).

## 3 Diskussion

Die Abschätzung der Wirkung des Belastungspfades – Innenraum – hier Einfluss von DEHP-belastetem Hausstaub und Innenraumluft war und bleibt mit einer Reihe von Unsicherheiten verbunden. Die Berechnung der täglichen Aufnahme aus Hausstaub und Innenraumluft basierte auf Konventionen, die im Prinzip nur schwer überprüfbar sind. Daneben zeigten die vorliegenden Ergebnisse der Bestimmung der DEHP-Metaboliten in Übereinstimmung mit Fromme et. al [21] eine große Schwankungsbreite in der täglichen DEHP-Aufnahme. In der vorliegenden Studie wurden daher insgesamt drei unterschiedliche Probandenkollektive in unterschiedlich belasteten Wohnumfeldern über einen längeren Zeitraum untersucht. Betrachtet man die aus dem Gehalt an Metaboliten berechneten täglichen DEHP-Aufnahmen aller Probanden, so lagen die Mediane zwischen etwa 140 bis 330  $\mu\text{g}$  DEHP pro Tag. Die hohe Schwankungsbreite der Er-

gebnisse ließ keine Unterschiede zwischen den Probanden innerhalb der einzelnen Kollektive und auch keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Kollektiven erkennen. Dies galt auch für die Probanden V3 und V 4 sowie V5 und V6, die jeweils in der gleichen Wohnung lebten (vgl. Abb.1 und 2). Betrachtet man den Zusammenhang zwischen der Konzentration des DEHP-Metaboliten 5-OH-MEHP mit der Konzentration an DEHP im Hausstaub so wird ebenfalls deutlich, dass ein Zusammenhang von DEHP aus dem Innenraum mit der täglichen DEHP-Aufnahme nicht gesehen werden kann (vgl. Abb. 3). Bezogen auf den Median der täglichen DEHP Aufnahme betrug der theoretische Anteil an DEHP aus den Quellen des Innenraums für alle Probanden dieser Studie nur 2 bis 5 %. Die deutlich erkennbaren Unterschiede in den DEHP-Gehalten in Hausstaub, sowie die, in den in den jeweiligen Innenräumen nachgewiesenen, teilweise großflächigen Primärquellen der Innenräume der einzelnen Probandengruppen spiegeln sich in keinem Fall in den täglichen DEHP-Aufnahmen abgeleitet aus den Konzentrationen der DEHP-Metaboliten im Morgenurin der Probanden wieder.



**Abbildung 3** : Korrelation von 5OH-MEHP im Morgenurin in  $\mu\text{g/l}$  zu den DEHP-Gehalten in den Hausstäuben der Innenräume aller Probanden der Jahresverlaufsstudie sowie der Internate A und B. (Y-Skala im logarithmischen Maßstab)

**Kontakt:**

Dr. rer. nat. Gerhard Volland (Abt. Dauerhaftigkeit und Schutz von Bauten und Anlagen)  
 MPA Universität Stuttgart  
 Pfaffenwaldring 4  
 70569 Stuttgart  
 gerhard.volland@mpa.uni-stuttgart.de

## **Einsatz der Werkstofftechnik für innovative Funktionswerkstoffe hocheffizienter Kraftwerke**

Die Geschichte der Wirkungsgradsteigerung von Dampfkraftwerken ist eng an die Entwicklung und Qualifizierung von Werkstoffen und deren Verarbeitungstechnologien einschließlich der zugehörigen Prüftechniken gekoppelt - ein historisches Arbeitsgebiet der MPA seit rd. 100 Jahren.

### **1 Kraftwerkstechnik und Klimaschutz.**

Die Reduzierung des Ausstoßes von Schadstoffen und CO<sub>2</sub> in fossil befeuerten Kraftwerken ist eine Herausforderung für die nahe Zukunft, bis andere Technologien einen wirkungsvollen Beitrag zur Energieerzeugung leisten können. Kohle stellt mittelfristig einen wichtigen Eckpfeiler im Energiemix dar, weltweit wird daher diskutiert in welcher Form die Technik von zukünftigen Kraftwerken effizienter gestaltet werden kann. Eine Steigerung des Wirkungsgrades auf über 50%-bringt mit sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu den heutigen Kraftwerken um bis zu 20% gesenkt werden. Gleichzeitig wird damit die Voraussetzung für den Einstieg in die weltweit wichtige Technik des CO<sub>2</sub>-armen Kohlekraftwerks mit CO<sub>2</sub>-Abspaltung und -Speicherung geschaffen.

Der zur Zeit aussichtsreichste Lösungsweg ist das so genannte 700°C Kraftwerk – die Steigerung der Dampftemperatur in Verbindung mit einer bewährten Prozesstechnik bringt eine signifikante Steigerung des Wirkungsgrades mit sich. International – in USA, Japan und China - wurden eine Vielzahl von Forschungsprojekten gestartet, deren Ziel die Verwirklichung höherer Prozesstemperaturen ist. In der Bundesrepublik Deutschland fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Forschung und Entwicklung im Rahmen der Forschungsinitiative „COORETEC - CO<sub>2</sub>-Reduktions-Technologien“ innovative Technologien zur Steigerung der Kraftwerkseffizienz und zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung. Seit 2004 hat das BMWi Fördermittel in Höhe von rund 100 Mio. Euro bewilligt. Durch die enge Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft sowie einem Eigenanteil der Wirtschaft von mindestens 50% an den Projektkosten wird eine zügige Verwertung der Ergebnisse in der technischen Praxis gewährleistet. Die MPA Universität Stuttgart ist im Bereich der COORETEC Gruppe AG2 maßgeblich in die Entwicklung und Qualifizierung neuer Werkstoffe eingebunden.

### **2 Werkstoffentwicklung und -qualifizierung**

Die Entwicklung von Strukturwerkstoffen für den Einsatz im Hochtemperaturbereich ist eine ganzheitliche Aufgabe, die den wissenschaftlichen Einsatz verschiedenster Technologien und Wissensbereiche unter Ausnutzung von Synergien erfordert. Hochtemperaturwerkstoffe werden in der Energietechnik z. B. in Gaskraftwerken (Gasturbine), Dampfkraftwerken (Turbine, Kessel, Rohrleitungen) oder auch in Solarturmkraftwerken eingesetzt. Die besonderen Anforderungen für diese Werkstoffe ergeben sich aus den Beanspruchungen (Temperatur, Spannung, Umgebung), die spezifische, zeitabhängige Schädigungs- und Versagensmechanismen zur Folge haben. Die F&E-Arbeiten für hochbeanspruchte Strukturwerkstoffe für die Kraftwerksanwen-

dung (Kessel, Rohrleitungen und Turbine) waren in der Vergangenheit geprägt durch die Wechselwirkungen aus den gestellten technischen Anforderungen, dem stetigen Zuwachs an Betriebs- und Verarbeitungswissen und dem Erfahrungsrückfluss aus der technischen Praxis. Im Verhältnis zu den bereits dargestellten, zukünftig angestrebten Sprüngen bei den Prozessparametern waren die Änderungen in der Wirkungsgradsteigerung relativ gering. Die Entwicklung und Qualifizierung des Stahls X20CrMoV12-1 – ein bedeutender Strukturwerkstoff für Dampfkraftwerke mit FD-Temperaturen bis 550°C bis Mitte der 90er Jahre – erstreckte sich über einen Zeitraum von rd. 40 Jahren.

Für die Umsetzung der neuen Technologien bei den zukünftigen hocheffizienten Kraftwerken sind neue Werkstofftypen einzusetzen, die auch neue Ansätze und Vorgehensweisen bei der Werkstoffentwicklung und –qualifizierung erfordern. Die Entwicklungszeiträume werden deutlich verkürzt sein, die F&E-Arbeiten zur Qualifikation bzw. Absicherung der maßgebenden Verarbeitungstechnologien und der notwendigen langzeitigen Werkstoffkennwerte für die Auslegung und Betrieb, reduzieren sich auf einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahre, d.h. um rd. 75% im Vergleich zum erwähnten X20CrMoV12-1. Damit werden neue Anforderungen an die Werkstofftechnik gestellt.

Die Werkstofftechnik an der MPA Universität Stuttgart passt sich diesen Anforderungen durch neue, an die ganzheitlichen Problemstellungen angepasste Forschungsansätze an. Im Gegensatz zu früheren Anstrengungen, fokussieren sich die Zielsetzungen nicht mehr nur ausschließlich auf die Darstellung einzelner Zielgrößen, wie z. B. die Optimierung der Langzeitkriechfestigkeit eines Werkstoffs. Es werden vielmehr gleichzeitig mehrere Funktionalitäten erfasst, wie z. B. die Verarbeitbarkeit und deren Einfluss auf die maßgebenden Kennwerte sowie die maßgebenden Schädigungsmechanismen unter realen Bedingungen. Diese werden über ganzheitliche Ansätze in die Entwicklung einbezogen. Damit wird schon in der Entwicklungs- und Qualifizierungsphase eine Adaption des Werkstoffs an die technische Aufgabenstellung vorgenommen, die zu erheblichen Einsparungen in der Entwicklungszeit führt.

## **2.1 Entwicklungsschritte für innovative Funktionswerkstoffe im Kraftwerksbau**

Die Entwicklungsschritte eines Schlüsselwerkstoffs für zukünftige hocheffiziente Dampfkraftwerke werden am Beispiel des Werkstoffs Alloy 617 nachfolgend dargestellt. Es handelt sich hierbei nicht um einen vollkommen neuen Werkstoff – er ist aus anderen Anwendungsbereichen bereits bekannt, eignet sich aber in der vorliegenden Version nur bedingt für den Einsatz für hoch belastete Bauteile des 700°C Kraftwerkes. Das Anforderungsprofil für diesen Bereich lässt sich in Anlehnung an die Vorgaben der Druckgeräterichtlinie wie folgt zusammenfassen:

- Abgesicherte mechanisch technologische Eigenschaften, wie Zeitstandfestigkeitfest ( $100 \text{ MPa}/10^5 \text{ h}/700^\circ\text{C}$ ) und ausreichende Zähigkeit in allen Temperaturbereichen – abgesicherte Eigenschaften
- Abgesicherte Verarbeitbarkeit zu technischen Bauteilen (Rohre, Schmiedestücke, Draht) Schweißbarkeit ohne Einfluss auf die Eigenschaften
- Alterungs- sowie Oxidations- bzw. Korrosionsbeständigkeit

- Bruchausschluss über bekannte und beherrschbare Schädigungsmechanismen unter betrieblicher Beanspruchung, Kenntnisse des Rissinitiierungs- und Rissfortschrittsverhalten, Stoffgesetze für Integritätsnachweise sowie Prüfbarkeit und Fehlererkennbarkeit

Die Umsetzung dieser Anforderungen im Rahmen von F&E-Arbeiten basieren auf detaillierten Untersuchungen im nanoskaligen Bereich der Ausscheidungen und reichen bis in den Makrobereich der Prüfung an realen Bauteilen, Bild 1, wobei die enge Wechselwirkung zwischen beiden Aktivitäten die Grundlage für die erfolgreiche Entwicklung darstellt. Dies bedeutet in der Konsequenz, dass die zielgerichtete Entwicklung von Werkstoffen mit einer Vielzahl von funktionalen Eigenschaften wie oben dargestellt, nur über die Verknüpfung verschiedener Wissensgebiete und der Errichtung von Forschungsnetzwerken möglich ist.

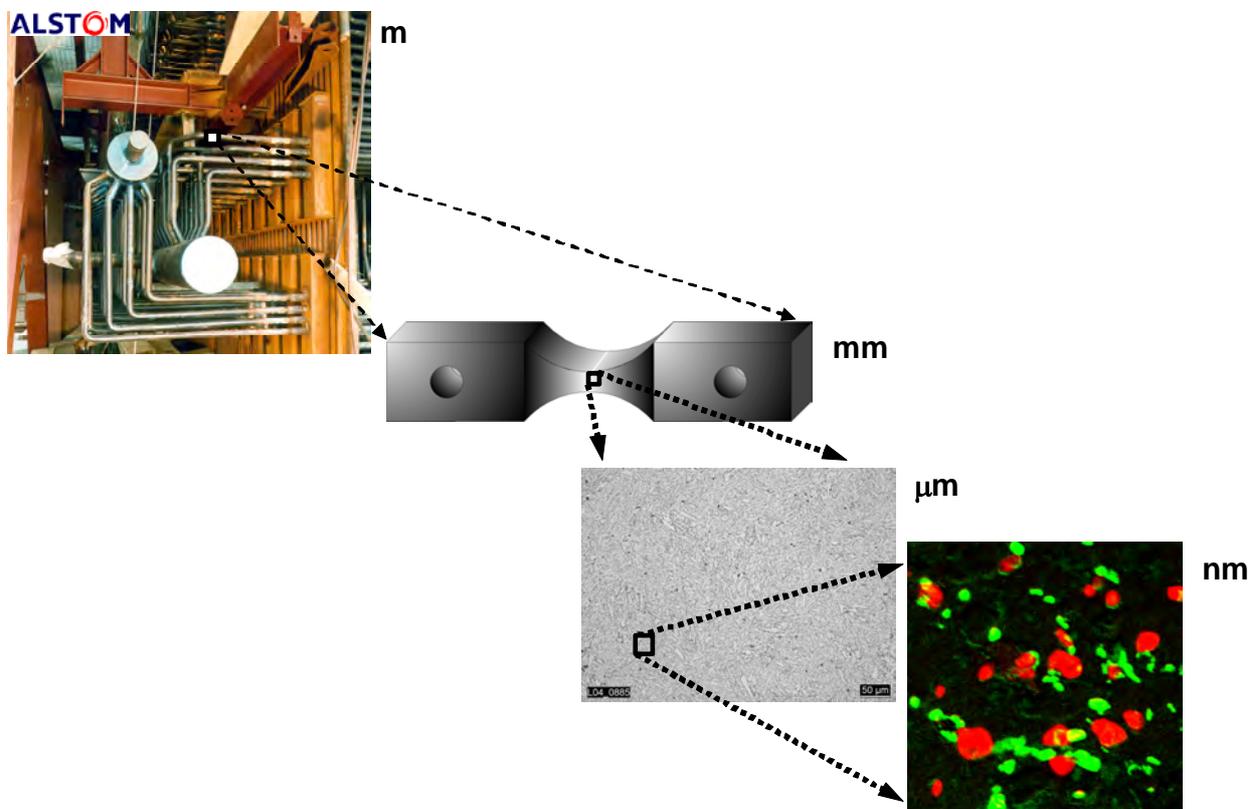


Bild 1: Skalenübergreifende Forschungsarbeiten

## 2.2 Forschungsnetzwerke für die Materialentwicklung

Werden F&E-Arbeiten durchgeführt, die wie bereits dargestellt sich über mehrere Skalen der Größenordnung erstrecken, ist notwendigerweise die komplette Verwertungskette in die Entwicklungsarbeiten einzubeziehen: von wissenschaftlichen Forschungsinstituten, über Werkstoffhersteller, -verarbeiter, Schweißdrahthersteller bis hin zum späteren Anwender, dem Kraftwerksbetreiber. Auf diese Weise wird erreicht, dass die in den verschiedenen Stadien der technischen Umsetzung zum funktionalen Produkt notwendigen Eigenschaften bereits in der Entwicklungs- und Qualifizierungsphase ausreichend zu berücksichtigen.

Die Entwicklung des Alloy 617mod in einem derartigen Netzwerk hat sich über einen Zeitraum von rd. 10 Jahren erstreckt und beinhaltete mehrere auf einander abgestimmte Projekte. Das Forschungsnetzwerk ist in Bild 1. dargestellt.

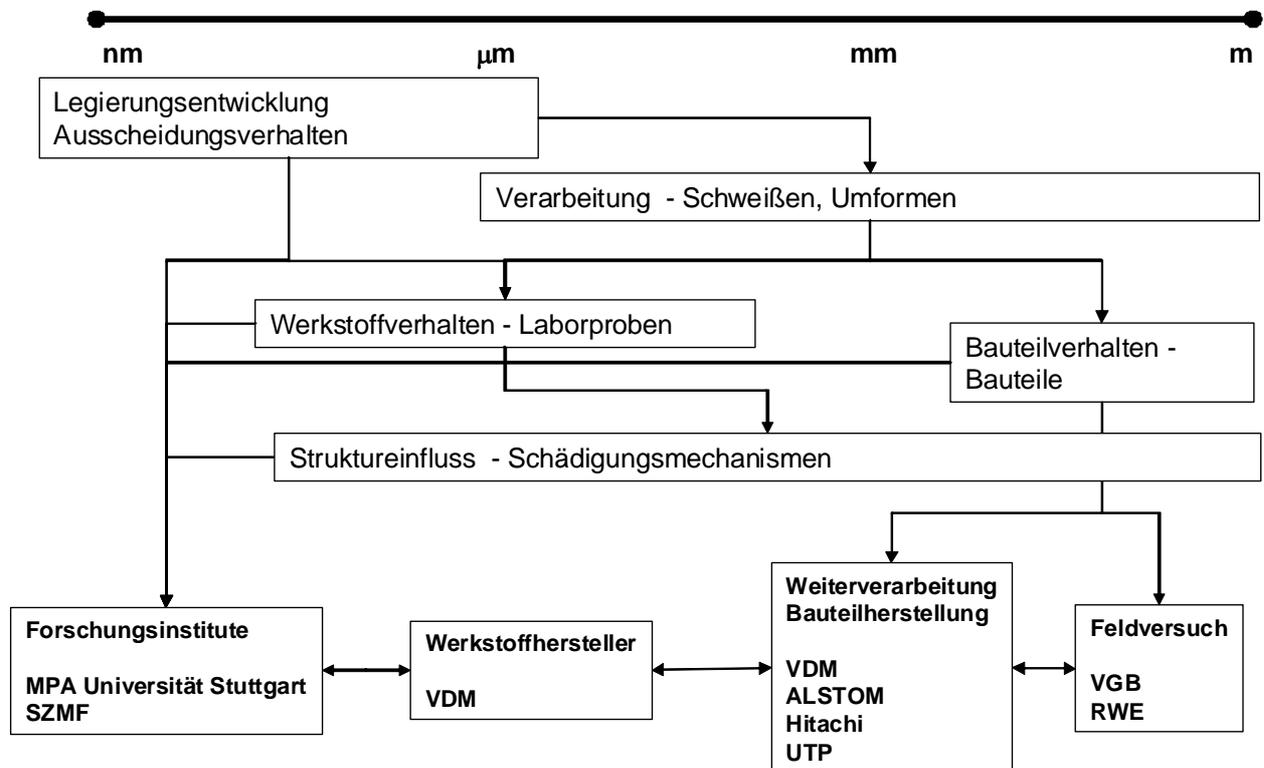


Bild 1: Forschungsnetzwerk für die Entwicklung des Alloy 617 mod

Der bereits erwähnte ganzheitliche Lösungsansatz für die Entwicklung und Qualifizierung von innovativen Schlüsselwerkstoffen für die zukünftige Energieerzeugung ist in Bild 2 wiedergegeben.

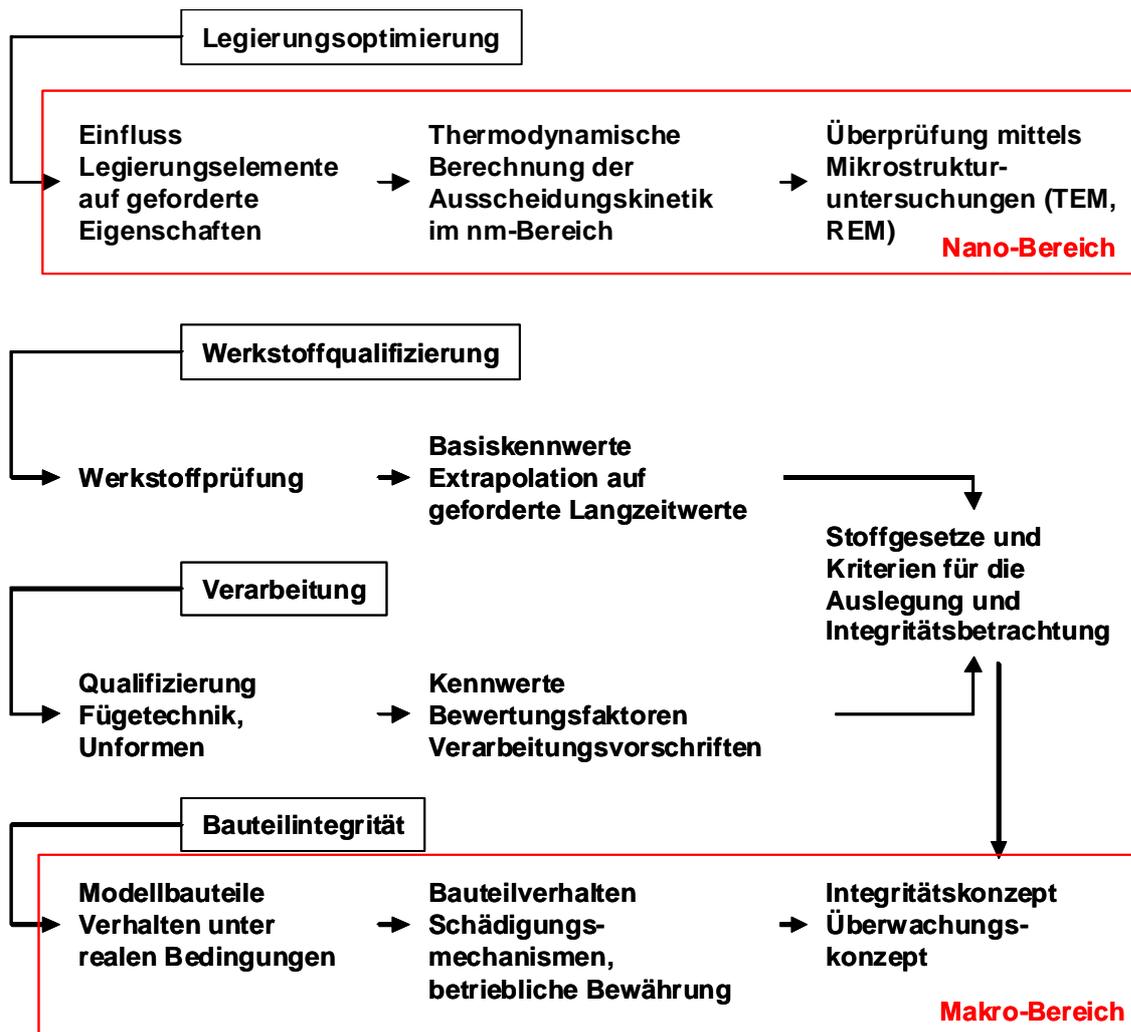


Bild 2: Lösungsansatz für die Entwicklung von Strukturwerkstoffen für die Kraftwerkstechnik

### 2.3 Aufstellung der MPA Universität Stuttgart im Bereich Werkstofftechnik

Die MPA Universität Stuttgart kann auf eine nahezu 100jährige Tradition in Werkstofftechnik und der Durchführung von Forschungsprojekten mit hohen Transferleistungen in die technische Praxis zurückblicken. Als Beispiele können die Anrisskennlinien der überholten TRD 301, Anlage 1 genannt werden, die bis heute ein wichtiges Instrument für die Auslegung und Lebensdauerberechnung von Bauteilen darstellen und auf wissenschaftliche Untersuchungen der MPA zurückzuführen sind.

Die Untersuchungen der Mikrostruktur und die Quantifizierung der Zusammenhänge mit den Werkstoff- bzw. Bauteileigenschaften einerseits sowie den Schädigungs- und Versagensmechanismen von technischen Werkstoffen andererseits, stellen eine zentrale Aufgabe der MPA Universität Stuttgart dar. Hierzu liegen besondere Kompetenzen/Einrichtungen vor:

### 2.3.1 Mikrostruktur

- Gefüge- und Bruchflächenstrukturuntersuchungen können mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie sowohl qualitativ als auch quantitativ unter Nutzung automatischer Bildauswertung durchgeführt werden.
- Die Transmissionselektronenmikroskopie wird zur hochauflösenden Gefügeuntersuchung, kristallografischen Phasenanalyse und Bestimmung der chemischen Zusammensetzung in Nanobereichen eingesetzt
- Mit Hilfe der Elektronenstrahl-Mikroanalyse wird eine quantitative Bestimmung der chemischen Zusammensetzung in Mikrobereichen bzw. die Messung von Konzentrationsprofilen vorgenommen

### 2.3.2 Materialkenndaten und -verhalten

- Servohydraulische, elektromechanische und gewichtsbelastete Prüfmaschinen zur Durchführung von Versuchen mit vorgegebenen Prüfspezifikationen (Zugversuche, Ermüdungs- und Zeitstandversuche, Bruchmechanikversuche etc.) für Lasten bis 5000 kN und Temperaturen von -196°C bis 1000°C unter verschiedenen Prüfmedien (Wasserdampf, Schutzgas, Wasserstoff..)
- Kerbschlagprüfeinrichtungen und Pressen für Druckbelastungsversuche
- Röntgendiffraktometer (XRD) zur Bestimmung von Eigenspannungen und Restaustenitgehalten

### 2.3.3 Bauteilversuche

- Flexibel anordenbare Belastungszylinder auf einem Aufspannfeld zur Einleitung von mehrachsigen Belastungen an komplexen Bauteilstrukturen mit vorgegebenen Zeit-Last-Profilen
- Versuchsanordnungen zur Abbildung realer Belastungsverhältnisse wie z. B. an Rohrleitungsflanschen, Sammlern, Rohrbogen und Membranwandausschnitten
- Innendruckversuche mit überlagerten (zyklischen) Zug/Druckbelastungen zur Simulation von An- und Abfahrvorgängen bzw. stationären Verhältnissen
- Schleuderversuche zur Darstellung von dreiachsigen Belastungssituationen in Turbinenläufern
- Relaxationsversuche an Schraubenmodellen
- Bauteilorientierte Versuchseinrichtungen zur Untersuchung des Reibungs- und Verschleißverhaltens von warmfesten Legierungen im Bereich Dichtungen und Spindeln für Hochtemperaturregelventile

### 2.3.4 Simulation

- Darstellung von Ausscheidungsvorgänge über Gleichgewichts-Phasendiagramme bzw. über eine thermodynamische Simulation (Softwarepakete Thermocalc© und DICTRA©)
- Simulation von Schädigungsmechanismen (Bildung von Kriechporen, Rissinitiierung und -wachstum) in warmfesten Strukturwerkstoffen

- (Kontinuumsmechanische) Simulation der zeitabhängigen Spannungen und Dehnungen in Bauteilen mittels angepasster Stoffgesetze
- Simulation von Versagen über implementierte Versagenshypthesen

### **2.3.5 Überwachung**

- Erstellung von werkstoff- und belastungsangepassten Überwachungskonzepten unter Berücksichtigung der realen Schädigungsmechanismen an Bauteilen
- Messung von lokalen Kriechverformungen mittels Hochtemperaturaufnehmern
- Bewertung von Gefüge und eventuellen Schädigungszuständen mittels Gefügeabdrücken bzw. Ausziehreplika (Beurteilung der Ausscheidungsstruktur)
- Berechnung des Versagensabstandes und der verbleibenden Sicherheitsmarge

## **3 Besondere werkstofftechnische Projekte**

Die nachfolgend beispielhaft aufgeführten aktuellen Projekte verdeutlichen den Anspruch der Werkstoffforschung an der MPA Universität Stuttgart über die bestehenden Ansätze hinaus, neue Innovationswege zu beschreiten und trotzdem die Arbeiten begleitenden Industrie umsetzbare Ergebnisse/Produkte zur Verfügung zu stellen.

### **3.1 Data Mining**

Der Wirkungsgrad in Dampfkraftwerken wird wesentlich von der Verfügbarkeit der Anlage bestimmt. Die berechneten Wanddicken, z. B. in der Rohrleitung, die den Dampf aus dem Kessel zur Turbine bringt, beruht auf dem Zeitstandkennwert für 200.000 h. Eine experimentelle Absicherung dieses Kennwertes über einen Versuch mit der gleichen Laufzeit ist vor der Inbetriebnahme des Bauteils nicht möglich bzw. steht in den seltensten Fällen zur Verfügung. Darüber hinaus unterliegt dieser Wert schmelzenbedingten starken Streuungen, sodass auf eine Absicherung über Sicherheitszuschläge bei dem heutigen Stand der Technik und des Wissens nicht verzichtet werden kann. Die systematischen Einflussgrößen auf diese Kenngröße weisen eine mehrdimensionale Abhängigkeit auf, sodass einfache Analysen nicht erfolgreich waren die Datenstreuungen zu selektieren.

Über die Belernung eines neuronalen Netzes mit ausgewählten Merkmalen ist es der MPA/IMF im Rahmen des Projekts *Data Mining* erstmalig gelungen für wichtige Strukturwerkstoffe die Einflussgrößen zu konfigurieren und aufgrund vorgegebener Merkmalswerte einer Schmelze eine individuelle Zeitstandbruchkurve zuzuordnen, Beispiel Bild 3. Damit eröffnet sich die Möglichkeit zusammen mit anderen werkstofftechnischen Analysen (vgl. Abschnitt 0) weitgehend auf die erwähnten Sicherheitszuschläge zu verzichten und eine maximale Ausnutzung des Werkstoffpotenzials zu erreichen, was wiederum einen nachhaltigen Beitrag zur Ressourcenschonung darstellt.

Bestimmung von Schmelzelage mit NN - Schmelze 220 K/21  
600°C, NN, Konsolidierte Ebene 5, Zielgröße Zeitstandfestigkeit

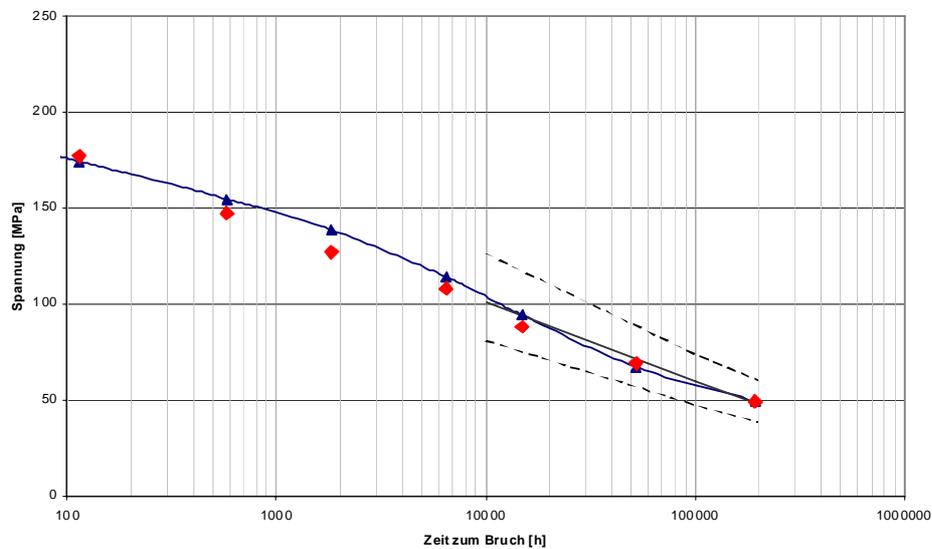


Bild 3: Vergleich Modellberechnung ( $\blacktriangle$ ) mit experimentellen Werten ( $\blacklozenge$ ) bzw. Mittelwert und Streuband X20CrMoV12 1 (fette bzw. gestrichelte Gerade)

### 3.2 Wasserdampfseitigen Oxidation

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projektes werden experimentelle Untersuchungen zum Oxidwachstums- und Oxidabplatzungskinetik als Funktion der Temperatur und Werkstoffzusammensetzung durchgeführt. Neben den technologisch wichtigen Daten sollen die Mechanismen der schützenden Deckschichtbildung bzw. der auftretenden lokalen Störung der Bildungsmechanismen untersucht werden. Dabei sollen die Versuchsparameter derart variiert werden, dass eine Unterscheidung zwischen den derzeit in der Literatur diskutierten Mechanismen möglich ist. Ferner richtet sich das Interesse auf die Ermittlung der Kinetik der Neubildung und des Abplatzens der Deckschichten nach erstmaligem Abplatzen der äußeren Deckschicht. Zusätzlich soll der Effekt der Variation des Oberflächenzustandes bei Austeniten untersucht werden.



Bild 4: MPA Oxidationsversuchsstand

Zu diesem Zweck wurde an der MPA Universität Stuttgart ein Hochtemperaturoxidationsversuchsstand aufgebaut, Bild 4, der die realen Bedingungen im Kraftwerk unter nachvollziehbaren und kontrollierten Bedingungen wiedergibt und damit zu verlässige Werte für die Ermittlung und Verifizierung von Oxidbildungsgesetzen liefert.

Diese MPA-Methode stellt im Vergleich zu der dem Stand der Technik entsprechenden Methode der Thermogravimetrische Analyse (TGA) eine signifikante, praxisorientierte Weiterentwicklung dar. Bei der TGA wird die Massenänderung einer Probe in Abhängigkeit von der Temperatur und Zeit gemessen. Das Medium ist i. allg. den echten Bedingungen angepasst. Als Proben werden kleine Plättchen verwendet. Da das TGA-Verfahren drucklos arbeitet und die Strömungsverhältnisse den wahren Bedingungen nicht nahe kommen, können diese Daten nur beschränkt für Wachstumsgesetze bzw. zur Beurteilung des geometriebeeinflussten Abplatzverhaltens verwendet werden, auf deren Grundlage die Werkstoffzuschläge in realen Komponenten ermittelt werden.

### 3.3 Bauteilsimulation

Die höheren Dampfparameter der zukünftigen hocheffizienten Kraftwerke stellen neue Anforderungen an die Auslegung kritischer, hochbelasteter Bauteile. Die bisherig verwendeten Methoden stoßen an ihre Grenzen, da diese Ansätze das besondere Verhalten der neuen Werkstoffe bei deutlich gestiegenen Berechnungstemperaturen nicht bzw. unzureichend berücksichtigen. Berechnungen nach Regelwerken (EN12952 bzw. TRD301/508) liefern bereits bei Temperatu-

ren bis 625 °C Wanddicken, die im Prinzip über den Gültigkeitsbereich der Berechnungsgrundlage hinausgehen oder zu Problemen bei einer flexiblen Betriebsweise führen, Bild 5. Der Bedarf an fortgeschrittenen Methoden der Berechnung ist daher deutlich gestiegen bzw. notwendig, um das Festigkeitspotenzial der Werkstoff zu nutzen.

Im Rahmen der COORETEC/AVIF Projekte wurden daher Verformungs- und Schädigungsanalysen mit fortgeschrittenen Stoffgesetze auf Basis der finiten Elemente durchgeführt und weiterentwickelt. Der Qualität der Formulierung von adäquaten Stoffgesetzen zur Beschreibung zyklisch-plastischer und viskoplastischer Ver- bzw. Entfestigung und Verformung kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende, ebenfalls auf werkstofftechnischen Grundlagen qualitätsgesicherte Datenbasis und die Verifizierung an Modellbauteilen.

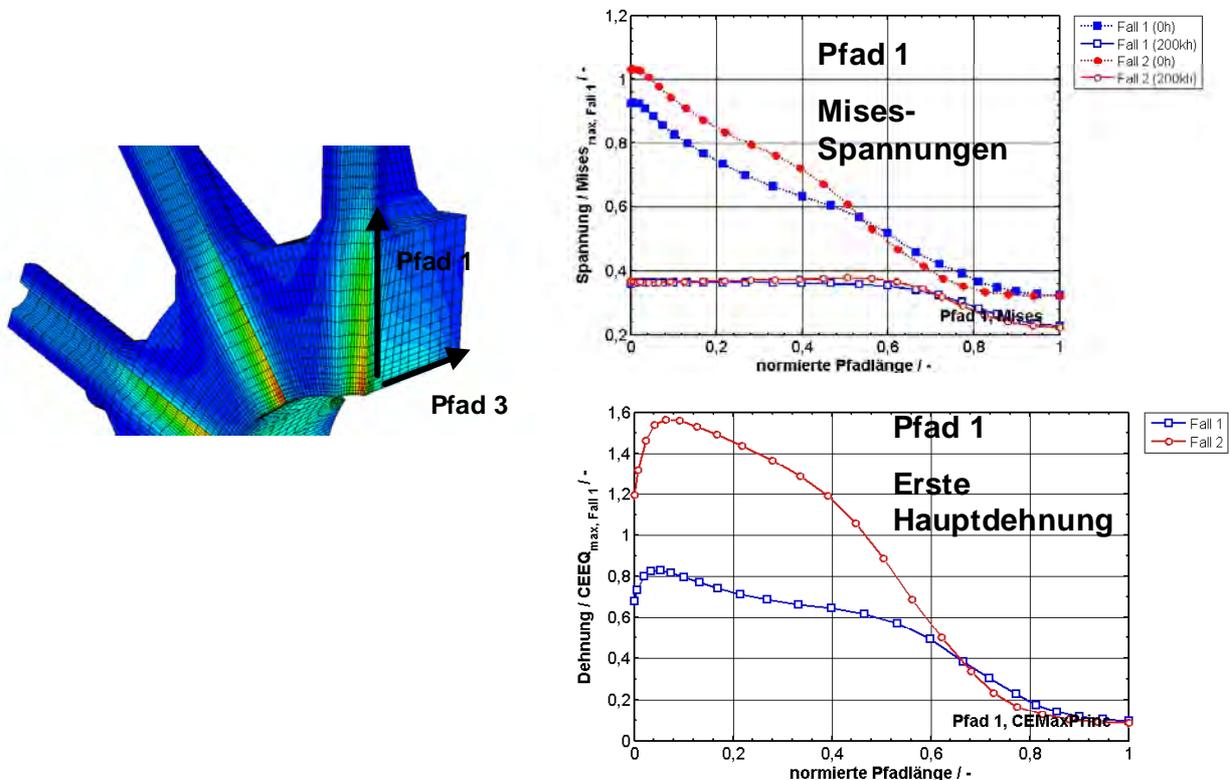


Bild 5: Vergleich der Berechnungsergebnisse einer fortgeschrittenen inelastischen Analyse mit Standardberechnungsmethoden: Bauteil mit Wanddicke nach TRD bzw. EN12952 (Fall 1) bzw. Bauteil mit um 25% reduzierter Wanddicke (Fall 2)

Für die Darstellung des Versagenspotenzials bzw. der Entwicklung der Schädigung müssen Schädigungshypothesen implementiert werden, die sich an den zuvor ermittelten Schädigungsmechanismen orientieren. Hierzu werden ebenfalls Untersuchungen durchgeführt, die den besonderen Einfluss der Mehrachsigkeit der Beanspruchung berücksichtigen.

### 3.4 „725 HWT GKM“

Unter dem Arbeitstitel "725 °C Hochtemperaturwerkstoffteststrecke im GKM", kurz "725 HWT GKM" wird unter der Federführung des Großkraftwerks Mannheim (GKM) bis Ende 2011 nach

neuen Möglichkeiten der "Materialqualifizierung zur Wirkungsgradverbesserung" geforscht. Für die wissenschaftliche Leitung ist die MPA Universität Stuttgart verantwortlich. Ziel des neuesten Forschungs- und Entwicklungsprojektes im GKM ist es, innovative hochfeste Kessel- und Rohrleitungswerkstoffe unter extremen Beanspruchungen zu beobachten und zu testen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Bauteile, wie zum Beispiel Sicherheits-, Regel- und Absperrarmaturen, Dichtungen oder Beschichtungssysteme, entwickelt werden, die auch bei Temperaturen von über 700 °C zuverlässig und wirtschaftlich eingesetzt werden können. Darüber hinaus sollen abgesicherte Berechnungs- und Überwachungsmethoden für die neuen Werkstoffe erprobt werden.

Im Rahmen des Projektes wird eine so genannte Dampfschleife, Bild 6, in den Dampferzeuger im Block 6 des GKM eingebaut. Das eingesetzte Konzept stellt eine Erweiterung der seither verwendeten Technologien dar. Ein Teil der Teststrecke wird wie üblich innerhalb des Kessels, ein anderer Teil, die Zeitstand- und Turbinen-Werkstoffteststrecke, befindet sich außerhalb. Neben der ungewöhnlichen Anordnung der Teststrecke lassen sich im GKM extreme Belastungsbedingungen für die zu untersuchenden Materialien schaffen: Besondere "Stresssituationen" sind zum Beispiel Frischdampftemperaturen bis 725 °C, An- und Abfahrten, Rauchgas-temperaturen über 1200 °C und Frischdampf von 167 bar Druck. Getestet werden unter anderem hochwertige martensitische und austenitische Stähle, Nickellegierungen, Beschichtungen und verschiedene Ventile.

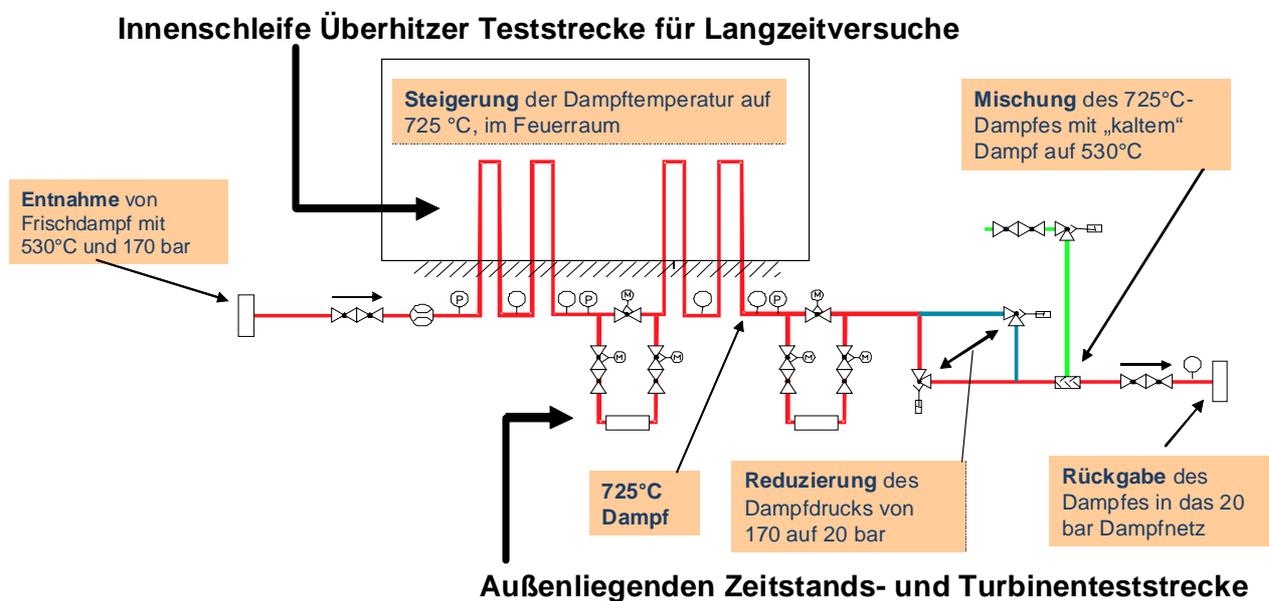


Bild 6: Fließbild der Teststrecke im Block 6

Mit diesem Forschungs- und Entwicklungsprojekt möchten alle Beteiligten den Anschluss an die internationale Forschung halten und ihre Konkurrenzfähigkeit im globalen Zukunftsmarkt sichern. Überall dort, wo hohe Temperaturen, Beanspruchungen durch extreme Drücke und Kräfte oder aggressive Medien vorkommen, könnten die neuen Werkstoffe Anwendung finden. Neben der Kraftwerkstechnik wären dies zum Beispiel Anwendungen im Bereich der chemischen

Industrie oder der erneuerbaren Energien, z.B. bei der Biomasseverbrennung oder bei Solarwärmekraftwerken.

In dem Projekt sind zahlreiche Unternehmen beteiligt: Bopp- und Reuther, KSB, Burgmann Industries GmbH & Co KG, ABB AG, ALSTOM Power System, TÜV Süd Industrie Service, Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Mannheim GmbH, Bilfinger & Berger Hochdruck-Rohrleitungsbau Essen, Kraftanlagen München, Welland und Tuxhorn Bielefeld. Neben der Eigenbeteiligung der genannten Industrie erfolgt eine finanzielle Unterstützung durch die EnBW, die MVV und die VGB PowerTech Essen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert das Projekt mit 50%.

**Kontakt:**

Prof. Dr.-Ing. Karl Maile (Abt. Werkstoffeigenschaften)

Dr.-Ing. Andreas Klenk (Abt. Werkstoffverhalten)

MPA Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 32

70569 Stuttgart

[karl.maile@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:karl.maile@mpa.uni-stuttgart.de)

[andreas.klenk@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:andreas.klenk@mpa.uni-stuttgart.de)

## **Helmprüfung und -zertifizierung gemäß der EU-Richtlinie für persönliche Schutzausrüstungen (PSA) und der ECE-Regelung R22**

### **Helmprüfung und -zertifizierung gemäß der EU-Richtlinie für persönliche Schutzausrüstungen (PSA) und der ECE-Regelung R22**

An der MPA Universität Stuttgart besteht eine jahrzehntelange Erfahrung in der Prüfung von Schutzhelmen. Dies begann mit der Prüfung von Helmen für Motorradfahrer. Zunächst wurden Prüfungen nach der anfangs maßgeblichen deutschen Norm durchgeführt. Die Prüfungen werden heute nach der internationalen Richtlinie der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) im Rahmen des Vertrages von 1958 zur Anwendung einheitlicher technischer Vorschriften durchgeführt.

Durch die zunehmende Verwendung von Schutzhelmen bei der Ausübung verschiedener sportlicher Aktivitäten, weitete sich das Prüfgebiet auf andere Helme aus. Diese Helme werden seit 1989 von der Richtlinie für persönliche Schutzausrüstungen (PSA) erfasst.

Für die Prüfung von Schutzhelmen für Motorradfahrer nach der Regelung ECE R 22 ist das Referat Hochgeschwindigkeitsbeanspruchung seit 1995 durch das Kraffahrt-Bundesamt akkreditiert. Für die Prüfung von Schutzhelmen nach der europäischen Richtlinie 89/686/EWG ist das Prüflabor seit 1997 durch die zuständige Zentralstelle der Länder (ZLS) akkreditiert. Im Jahr 2008 folgte die Akkreditierung als benannte Stelle (Notified Body) der Europäischen Union und als Zertifizierungsstelle für das GS-Zeichen im Sinne des Gerätesicherheitsgesetzes.

Geprüft werden Helme für folgende Einsatzgebiete:

Industrieschutzhelme
Feuerwehrhelme
Luftsporthelme
Kopfschutz für Eishockeyspieler
Helme für alpine Skiläufer und für Snowboarder
Helme für Benutzer von Rodelschlitten
Helme für Radfahrer und für Benutzer von Skateboards und Rollschuhen
Stoßschutzhelme für Kleinkinder
Schutzhelme für reiterliche Aktivitäten
Helm für den Kanu- und Wildwassersport
Bergsteigerausrüstung - Bergsteigerhelm
Schutzhelme für Fahrer von Motorrädern

Prüftechnische Details werden am Beispiel der Prüfung von Helmen für alpine Skiläufer und Snowboarder nach DIN EN 1077, die im Jahr 2007 überarbeitet wurde, erläutert.

Es wurden zwei Klassen (A und B) eingeführt.

Bei Klasse A muss der Helm, wenn er nach EN 13087-6 auf einen Prüfkopf entsprechender Größe aufgesetzt wird, mindestens den Bereich über der Linie BCDEA' im Bild 1 bedecken. Kein Teil im geschützten Bereich darf abnehmbar sein. Kleinere Öffnungen zum besseren Hören und/oder zur Belüftung sind erlaubt.

Bei Klasse B muss der Helm, wenn er nach EN 13087-6 auf einen Prüfkopf entsprechender Größe aufgesetzt wird, mindestens den Bereich über der Linie BCA' im Bild 1 bedecken. Teile unterhalb der AA'-Ebene (schattierter Teil im Bild 1) sind wahlfrei und dürfen abnehmbar und/oder auswechselbar sein.

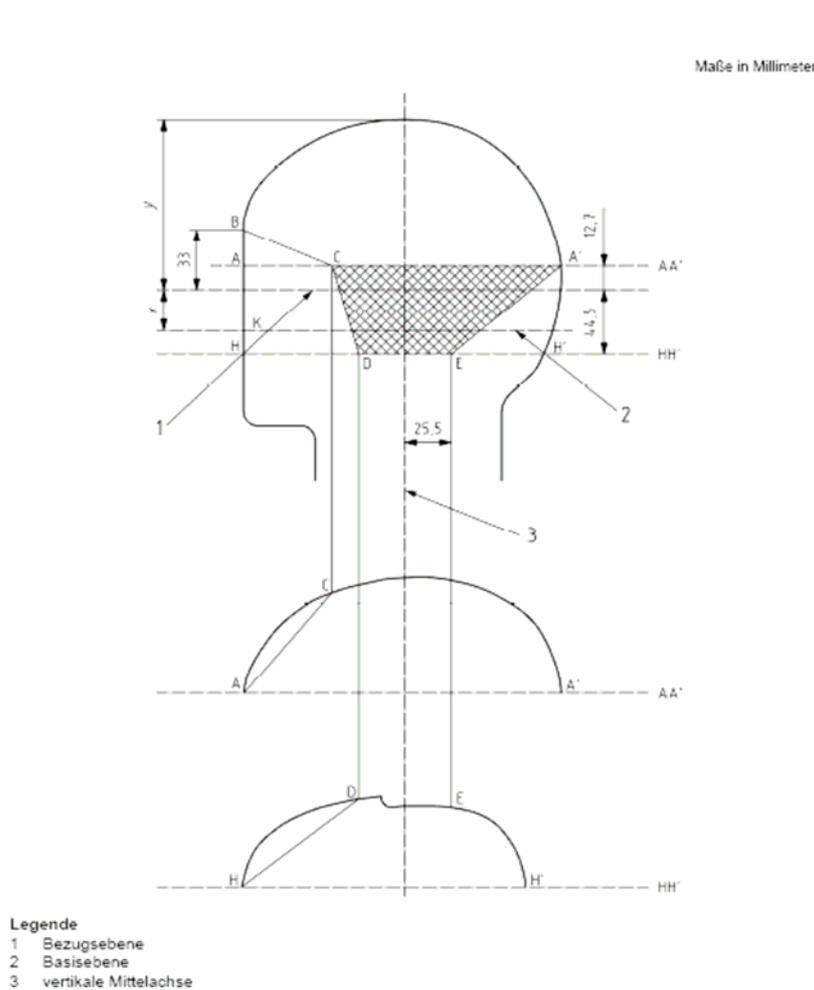


Bild 1 — Geschützter Mindestbereich: Maße für unterschiedliche Prüfkopfgrößen

Die wichtigsten Prüfungen sind:

Ermittlung des Stoßdämpfungsvermögens

Ermittlung der Durchdringungsfestigkeit

Ermittlung der Funktionstauglichkeit (Festigkeit) der Trageeinrichtung

Ermittlung der Wirksamkeit der Trageeinrichtung

Die Stoßdämpfung wird durch einen geführten Fall aus 1,5 m Höhe überprüft.

Im Prüfkopf messen dreiachsige Beschleunigungsaufnehmer mit einer Grenzfrequenz von über 1kHz den zeitlichen Verlauf der verbleibenden Beanspruchung des Prüfkopfs. Der gemessene Beschleunigungsverlauf ist in Bild 2 aufgezeichnet.

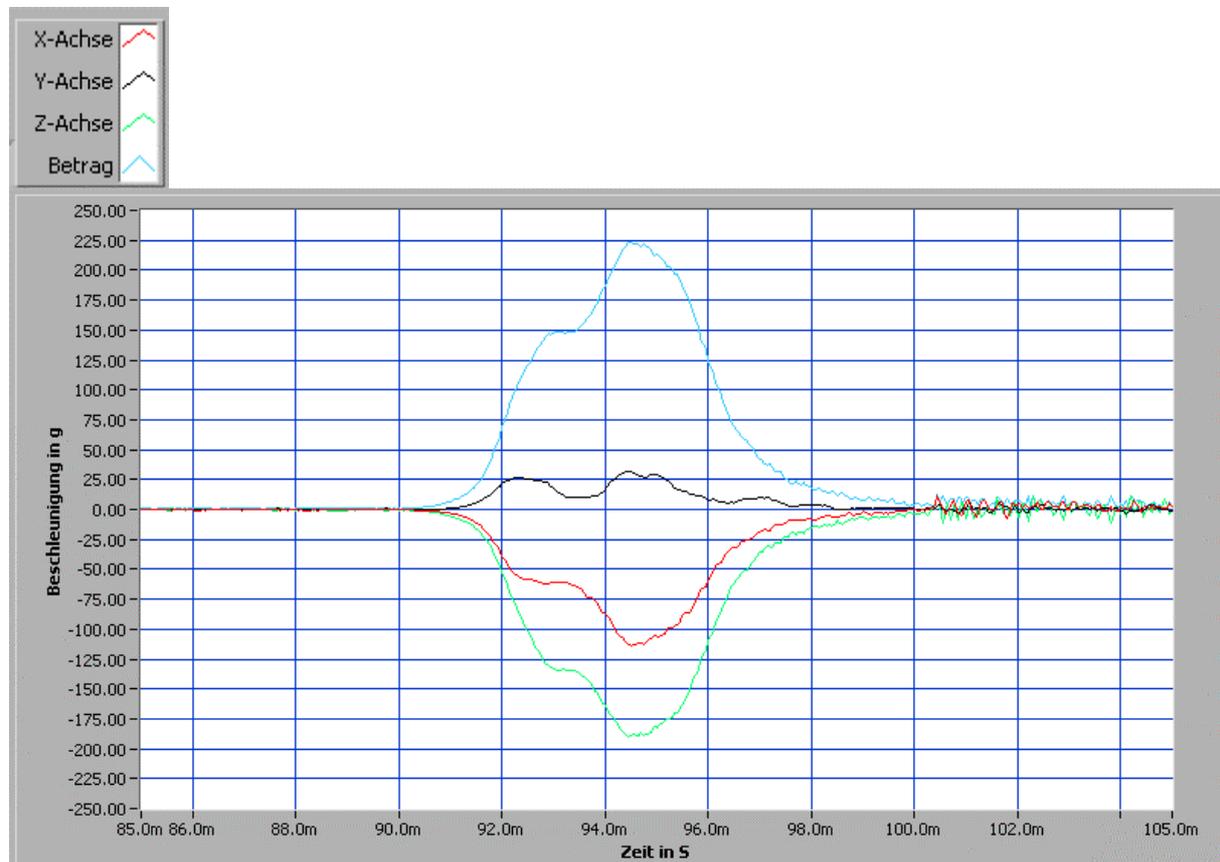


Bild 2: Beschleunigungsverlauf beim Fall eines Helms mit Prüfkopfgröße 62

Die Durchdringungsfestigkeit wird durch den Fall eines konischen Prüfkörpers mit dem Gewicht von 3 kg aus 750 mm Höhe (Klasse A) bzw. 375 mm Höhe (Klasse B) auf den Helm geprüft (Bild3).



Bild 3: Bestimmung der Durchdringungsfestigkeit

Bei der Prüfung der Funktionstauglichkeit (Festigkeit des Haltesystems) wird über ein nachgebildetes Kinn ein Gewicht von 10 kg aus einer Höhe von 200 mm fallengelassen um das Haltesystem dynamisch zu belasten. Der dynamische und bleibende Einfluss (Verlängerung) auf das Haltesystem wird gemessen.

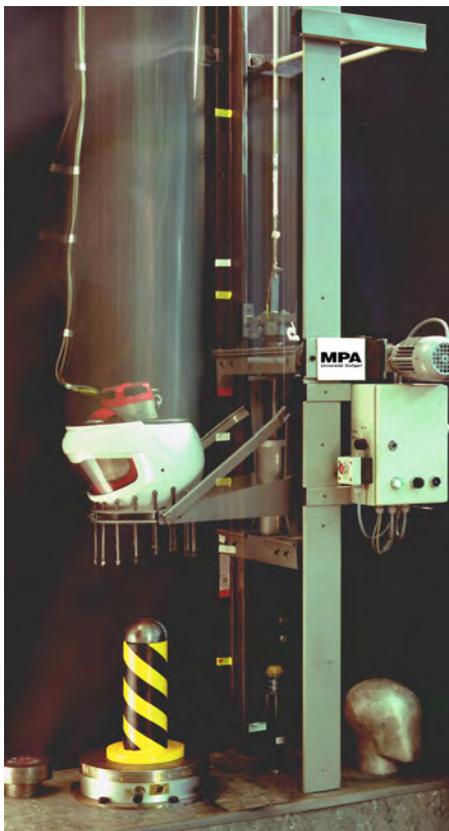


Bild 4: Prüfung der Funktionstauglichkeit

Bei der Prüfung der Wirksamkeit der Trageeinrichtung (Abstreiftest) wird geprüft, wie weit sich der Helm durch eine dynamische Lasteinleitung an der Hinterseite des Helms vom Kopf verschieben lässt.

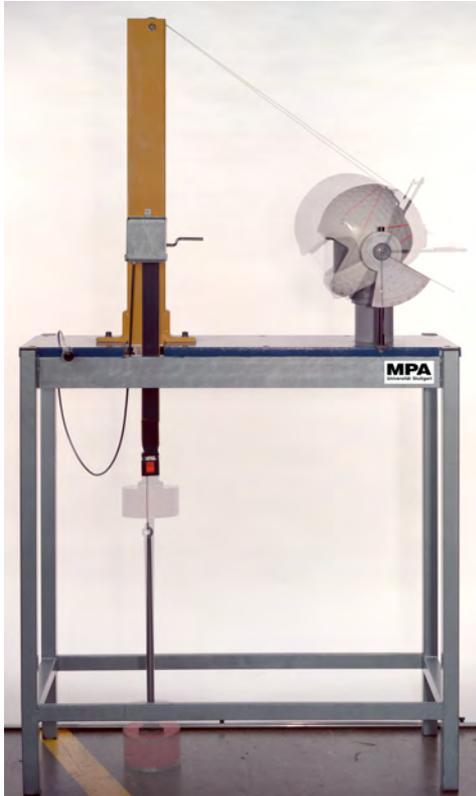


Bild 5: Abstreiftest

**Kontakt:**

Dipl.-Phys. Uwe Mayer (Abt. Beanspruchungsanalysen)

MPA Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 32

70569 Stuttgart

[uwe.mayer@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:uwe.mayer@mpa.uni-stuttgart.de)

## 2 Auszeichnungen, Ehrungen, Preise, Veranstaltungen

Am **24.04.2008** hat **Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos** (Geschäftsführender Direktor der MPA Universität Stuttgart) vom Deutschen Verband für Materialforschung und -prüfung (DVM) die **Erich-Siebel-Gedenkmünze** erhalten. Sie wird an Persönlichkeiten der Wissenschaft und Technik verliehen, die sich durch schöpferische Leistungen im Sinne des Lebenswerkes von Erich Siebel ausgezeichnet haben. Sie gilt als höchste persönliche Auszeichnung auf dem Gebiet der Materialforschung und -prüfung in Deutschland und wird gemeinsam vom Deutschen Verband für Materialforschung und -prüfung und der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung (EFB) vergeben. Die Laudatio hielt Prof. Harald Zenner, der anmerkte, „dass es erst das zweite Mal ist, dass ein Inhaber des ehemaligen Lehrstuhls von Siebel mit dieser Münze geehrt wird.“ Damit wies er darauf hin, dass Siebel von 1931 bis 1940 und von 1947 bis 1957 Leiter des Lehrstuhls für „Materialprüfung, Werkstoffe und Festigkeitslehre“ und Direktor der „Staatlichen Materialprüfungsanstalt MPA“ war, die in die heutige „MPA Universität Stuttgart“ aufgegangen ist



Dr.-Ing. Thomas Böllinghaus (Vizepräsident der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung), Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner (Mitglied des Vorstands, Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung), (von links)

Die Universität Stuttgart hat **Herrn Privatdozent Dr.-Ing. Hr. Große** zum 01.07.08 aufgrund besonderer Leistungen in Lehre und Forschung zum **außerplanmäßigen Professor** ernannt.

Am 05.11.08 hat **Herr Dr. Joachim Kinder**, Abteilung Werkstoffeigenschaften, den „Förderpreis 2008 Innovation Kupfer“ vom Deutschen Kupferinstitut für seine herausragenden und innovativen wissenschaftlichen Arbeiten zum Werkstoff Kupfer mit dem Thema „Verbesserung des Langzeitverhaltens einer elektrisch hochleitfähigen Kupferlegierung für elektromechanische Kontaktsysteme durch Ausscheidungsoptimierung“ verliehen bekommen.

### **Natursteinsanierung Stuttgart**

Am 14. März fand in Stuttgart die 14. Fachtagung Natursteinsanierung statt. Rund 240 Fachleute folgten der Einladung zum interdisziplinären fachlichen Austausch. Der Reiz der alljährlich stattfindenden Tagung liegt im Zusammentreffen von Denkmalpflegern, Restauratoren, Architekten, Ingenieuren, ausführenden Firmen und Forschern. Die Themen reichten von der Restaurierungsgeschichte der Frauenkirche in Esslingen, der Geschichte der Denkmalpflege in Ägypten bis zur Zusammensetzung historischer Putze und Mörtel in Nord- und Südtirol. Eine Exkursion zur Baustelle und der Münsterbauhütte der Frauenkirche in Esslingen am nächsten Tag rundete die informative Fachtagung ab. Am Rande der Tagung fand wieder eine Fachausstellung mit Messgeräten, Baustoffen und neuen technischen Entwicklungen statt.

### **Summer School**

Im Rahmen der Partnerschaft zwischen der German University in Cairo und der Universität Stuttgart wurden Studierende des Studiengangs 'Engineering & Materials Science' nach Deutschland eingeladen. 18 Studierende, die von Frau Basma Breika von der GUC begleitet wurden, führten 2 Wochen lang wissenschaftliche Experimente am IMWF und an der MPA durch.



### **MPA-Seminar**

Am 9. und 10. Oktober fand das 34. MPA-Seminar „Werkstoff- und Bauteilverhalten in der Energie- und Anlagentechnik“ in Verbindung mit dem MPA-IfW-NIMS-Workshop „Advances in High-Temperature Materials for Future High Efficiency Power Plants“ statt. Es wurde zusammen mit dem VGB PowerTech e. V., Essen (Fachausschuss Werkstoffe und Qualitätssicherung) und dem Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau (FDBR) e.V., Düsseldorf, durchgeführt. 260 Teilnehmer informierten sich in 55 Beiträgen von Referenten aus sechs verschiedenen Ländern zu der Thematik „Einsatz und Verhalten von Werkstoffen und Komponenten unter betrieblichen Beanspruchungen sowie deren Herstell- und Verarbeitungstechniken im gesamten Bereich der Energie- und Anlagentechnik.“ In den Veranstaltungspausen gab es viele Gelegenheiten zum fachlichen Austausch.

### 3 Gastwissenschaftler, Gastvorträge

#### Gastwissenschaftler

Name	Land	Zeitraum
Prof. Dr. M. E. Abd El-Azim	Ägypten	30.06.-17.07.08
Prof. Dr. A. K. Bhaduri	Indien	01.04.-30.06.08
V. Bhasin	Indien	21.07.-02.08.08
O. El-Desoky	Ägypten	01.06.-02.07.08
Prof. Dr. N. El Mahallawy	Ägypten	10.11.-14.11.08
M. A. Gaballah Aman	Ägypten	06.09.-30.09.08
Dr. H. S. Kushwaha	Indien	22.11.-27.11.08
I. Maksoud	Ägypten	01.11.08-30.04.09
T. K. Mitra	Indien	06.07.-09.07.08
Prof. S. Naga	Ägypten	10.11.-14.11.08
Dr. N. Narasaiah	Indien	02.04.07-01.04.08
Dr. K. Sawada	Japan	01.06.07-31.05.08

#### Gastvorträge:

Herr Vivek Bhasin, BARC, Bombay, Indien: „Structural Integrity of Piping Components und Large Cyclic Loads. 30.07.2008

Herr. Dr. T. K. Mitra, IGCAR, Kalpakkam, Indien: Design and fabrication issues for steam generators made of modified 9 Cr-1Mo steel, 08.07.08

Herr Prof. Dr. Vijay K. Srivastava, Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi, India

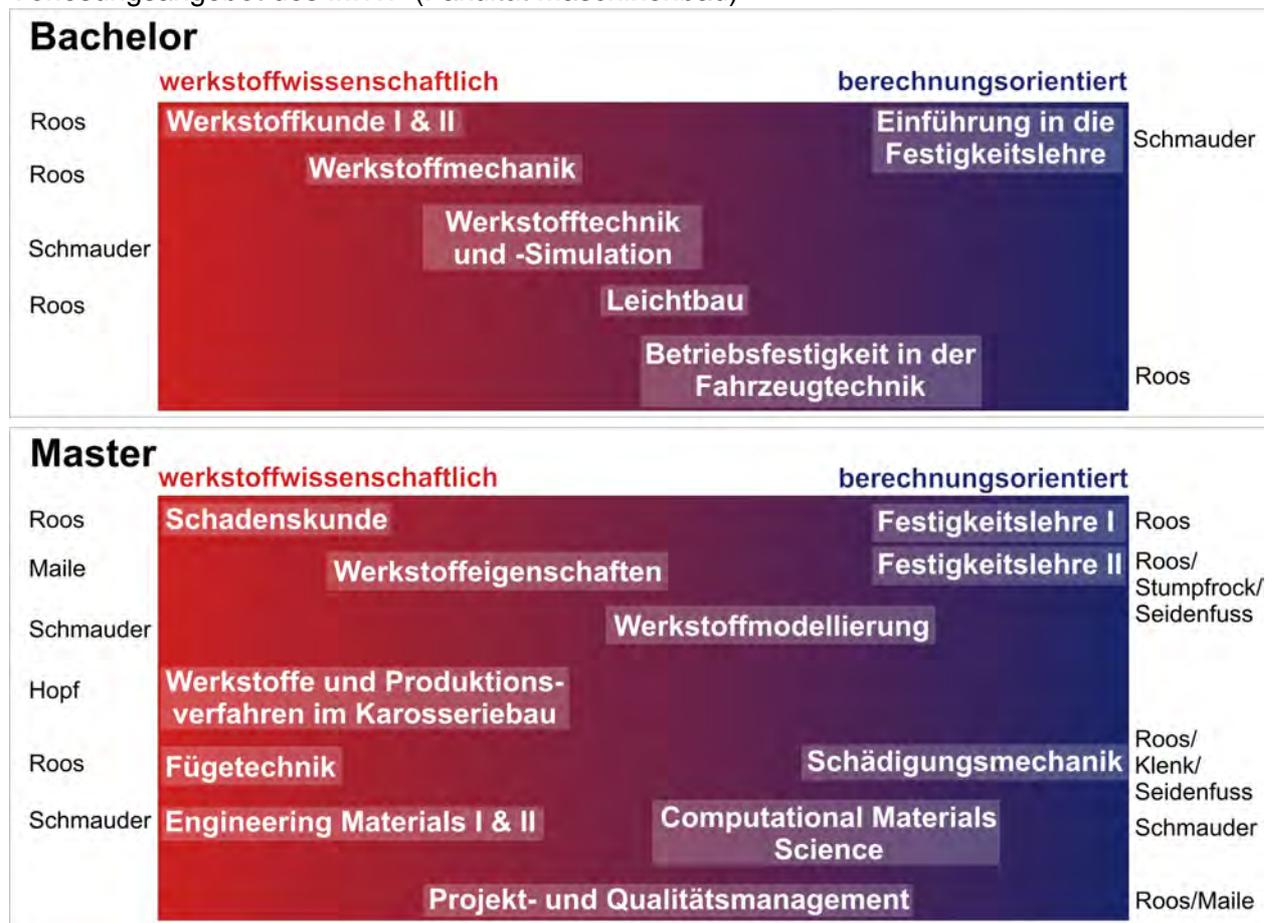
## 4 Promotionen

Peter Julisch: „Bruchmechanische Bewertung von Rohrleitungskomponenten auf der Basis statistisch verteilter Werkstoffkennwerte“

## 5 Lehre

Die Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart ist in verschiedenen Studiengängen und Studienrichtungen, die von den Fakultäten Bauwesen und Maschinenbau getragen werden, sowohl im Vor- als auch im Hauptdiplom engagiert. Dabei ist ein wesentliches Anliegen der Lehrenden die Forschungsarbeiten der MPA für die Studierenden in ein attraktives grundlagen- als auch anwendungsorientiertes Lehrangebot zu integrieren.

Vorlesungsangebot des IMWF (Fakultät Maschinenbau)



Vorlesungsangebot des IWB (Fakultät Umwelt- und Bauingenieurwissenschaften)

**Grundstudium**

	<b>Pflichtveranstaltungen</b> •Werkstoffe im Bauwesen I •Einführung in die Informatik	<b>Wahlveranstaltung</b> •Moderne Befestigungstechnik im Ingenieurbau	
Hariri / Schwarte Schwarte			Eligehausen

**Hauptstudium**

<b>Grundfach</b> •Werkstoffe im Bauwesen II	Schwarte / Hariri
--	-------------------

	<b>Vertiefungsfächer</b> •Befestigungstechnik I •Korrosionsschutz Betonbau •Korrosionsschutz Metallbau •Bauschäden und Instandhaltung (Erhaltung von Immobilien)	<b>Ergänzungsfächer</b> •Betontechnologie •Befestigungstechnik II •Maßstabeffekte von Beton- und Stahlbetonkonstruktionen •Numerische Modellierung von Werkstoffen •Baustoffauswahl nach ökologischen Gesichtspunkten •Qualitätssicherung, Inspektion und Überwachung im Bauwesen	
Eligehausen Nürnberger Nürnberger Hariri / Weirich			Hariri/ Hårdtl Assmann Eligehausen Ozbolt Ozbolt Lünser Große

## 6 Veröffentlichungen

**Aicher, S.:** Verfahren und Aussagemöglichkeiten bei der Begutachtung von Holzkonstruktionen. Fachtagung Bauwerksdiagnose 2008, 21.- 22. Februar in Berlin. In: DGZfP-Berichtsband BB 112 – CD, ISBN 978-3-940283-08-5, Vortrag 7.

**Aicher, S.:** Load Capacity and Design of Glulam Beams with Round Holes – Safety Relevant Modification of the Design Methods in Eurocode 5 and DIN 1052. Kurzberichte aus der Bauforschung 49 (2008), No. 6, pp. 75-76.

**Aicher, S. and L. Höfflin:** Fracture Behaviour and Design of Glulam Beams with Round Holes. Proceedings of the 10th World Conference on Timber Engineering wcte 2008, June 2 - 5 (2008) Miyazaki, Japan.

**Aicher, S. and G. Dill-Langer:** Non-Destructive Detection of Glue Line Defects in Glued Laminated Timber. Proceedings of the 10<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering wcte 2008, June 2 - 5 (2008) Miyazaki, Japan.

**Aicher, S.:** Tragfähigkeit und Bemessung von Brettschichtholzträgern mit runden Durchbrüchen – Sicherheitsrelevante Modifikationen der Bemessungsverfahren nach Eurocode 5 und DIN 1052. Kurzberichte aus der Bauforschung 49 (2008), H. 6, S. 70-74.

**Aderhold, J., P. Meinlschmidt, H. Brocke und A. Jüngert:** Rotor Bladet Defect Detection using Thermal and Ultrasonic Waves. 9. Deutsche Windenergie-Konferenz DEWEK 2008, 26.- 27. November 2008 in Bremen.

**Bachmaier, S.:** Event-based Acoustic Emission Technique for Structural Health Monitoring using Wireless Sensor Networks. Proceedings of the 7<sup>th</sup> fib PhD Symposium, September 11-13 (2008), Stuttgart.

**Bauer, M., A. Klenk, K. Maile and E. Roos:** On the Application of Weld Strength Factors on Welded Components. Proceedings of the IIW International Conference "Safety and Reliability of Welded Components in Energy and Processing Industry", July 10-11 (2008), Graz, Austria.

**Bauer, M., E. Roos, K. Maile and A. Klenk:** Numerical and Microstructural Based Approaches to Optimize and Characterize the Material Behaviour of Martensitic Steels in the Creep Regime. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Indo-German Theme Meeting on Structural Integrity of Pressure Retaining Components, September 22-23 (2008), Mumbai, Indien.

**Bauer, M., A. Klenk, E. Roos und K. Maile:** Schweißverbindungen an 11%-Cr-Stahl. 31. Vortragsveranstaltung der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle und der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe, am 28. November 2008 in Düsseldorf, S.105-118.

**Beutel, Ralf, H.-W. Reinhardt, C. Grosse, A. Glaubitt, M. Krause, C. Maierhofer, D. Algernon, H. Wigggenhauser and M. Schickert:** Comparative Performance Tests and Validation of NDT Methods for Concrete Testing. Journ. Nondestruct. Eval. 27 (2008) No. 1-3, pp. 59-65.

**Chatzichrisafis, P. und S. Bachmaier:** Datenerfassung und -verarbeitung durch drahtlose Sensornetze für das Bauwerksmonitoring. In: IWB Jahresbericht/Activities 2005/7. IWB Stuttgart 2008, ISSN 0932 5921, S. 27-36.

**Crienitz, S., H. Schad und G. Sawade:** Alte Pfähle – Neue Lasten, Untersuchungen zur Tragfähigkeit an Pfählen eines historischen Industriebaus. 6. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, 22. und 23. Januar 2008 in Ostfildern.

**Crienitz, S. und H. Schad:** Ankerüberwachung und -prüfung von Hangstabilierungsmaßnahmen während der Bauzeit. Weiterbildungsseminar VIII Rutschungen in W- und SW-Deutschland „Grundlagen der Ankertechnik, Überwachungsmethoden, Beseitigung von Erosionsschäden – Oberflächennahe Rutschungen“, 11.-12. Juni ( 2008) in Mainz.

**Czychon, K.-H., K. Metzger, E. Roos and K. Maile:** Testing for Investigation of Damage Mechanisms at High-Temperature for the 700°C Power Plant. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Dauberschmidt, G., C. Sodeikat, P. Schießl und C. Gehlen:** Monitoring von Verkehrsbauten – Kontinuierliche Zustandserfassung. Tiefbau 3 (2008), S. 135-141.

**Dauberschmidt, C., C. Sodeikat, P. Schießl und C. Gehlen:** Monitoring von Verkehrsbauten: kontinuierliche Zustandserfassung zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit. 3. Kolloquium Verkehrsbauten Schwerpunkt Parkhäuser / Brücken, 29. –30. Januar 2008 in Ostfildern, S. 349-356.

**De Belie, N., C. Grosse and G. Baert :** Ultrasonic Transmission to Monitor Setting and Hardening of Fly Ash Concrete. ACI Materials Journal, 105 (2008), No. 3, pp. 221-226.

**Deryugin, Y.Y., G. Lasko and S. Schmauder:** Simulation of the Effect of Intermittent Flow in Polycrystals on the Basis of Cellular Automata and Relaxation Element Method. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2008, September 23-28 (2008), Yokohama, Japan. In: Cellular Automata, Verlag: Springer, ISBN 978-3540799917, pp. 268-273.

**Y.Y. Deryugin, V.E. Panin, V.I. Suvorov, G. Lasko and S. Schmauder:** Influence of Stress Macroconcentrators on the Strain Localization in Al6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composites. In: Aluminum Alloys: Fabrication, Characterization and Applications. Verlag: The Minerals, Metals & Materials Society, ISBN 978-0-873-39712-4, pp. 41-47.

**Frick, J., F. Lehmann und F. Grüner:** Zerstörungsfreie Untersuchungen mittels Impact Echo und Georadar am Turmhelm der Marienkirche in Reutlingen. Dach Jahrestagung 2008 „ZfP in Forschung und Entwicklung“, 28.–30. April 2008 in St. Gallen. DGZfP-Berichtsband BB 113 – CD, ISBN 978-3-940283-09-2.

**Gabrio, T. und G. Volland:** Feinstaubbelastungen in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 68 (2008), H. 3, S.92-96.

**Gabrio, T., G. Volland, C. Eitle, A. Flicker-Klein, G. Kersting, B. Link, V. Maisner, V. Mann, O. Pöpke, B. Schilling, A. Schuster, J. Wetzig und I. Zöllner:** Polybromierte Diphenylether (PBDE) in Hausstaub und Blutproben. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 68 (2008), H. 3, S. 63-69.

**Gehlen, C.:** Potenziale von Superabsorbentpolymeren im Betonbau – Von der Übersicht ins Detail. Betonwerk + Fertigteil-Technik 74 (2008), H. 2, S. 20-21.

**Gehlen, C., T.F. Mayer and P. Schießl:** Von Bausteinen eines nachhaltigen Lebenszyklusmanagements für Ingenieurbauwerke. Fachtagung Bauwerksdiagnose 2008, 21.- 22. Februar in Berlin. In: DGZfP-Berichtsband BB 112 – CD, ISBN 978-3-940283-08-5, Vortrag 10.

**Gerber, S.:** Berücksichtigung der Messunsicherheit bei Bruchmechanikversuchen. Fortbildungsseminar DVM-Arbeitskreis Bruchvorgänge „Bruchmechanische Prüfmethoden“, 18. Februar 2008 in Stuttgart, S. 97-110.

**Gerber, S., C. Weißmüller und A. Wehrstedt:** Der Kerbschlagbiegeversuch. Der Weg von nationalen Prüfvorschriften und Normen zur DIN-EN-ISO-Norm. DIN Mitteilungen, November 2008, S. 15-21.

**Grassegger, G.:** Glaspuder für Marmorlöwen, Dampf für die Präsidenten. Stuttgarter Unikurier, 102 (2008), H. 2, S. 46-47.

**Grassegger, G., G. Patitz und O. Wölbart:** Tagungsband Natursteinsanierung Stuttgart 2008 „Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen“, 14. März 2008 in Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-8167-7553-9, 152 S.

**Grosse, C.:** Monitoring of Structures using Wireless Sensors and Acoustic Emission Techniques. Proceedings of CCC 2008 Challenges for Civil Construction, April 16-18 (2008), Porto, Portugal.

**Grosse, C.:** Ultrasound Through-Transmission Techniques for Quality Control of Fresh Concrete. Proceedings of the First International RILEM Symposium on Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures SACoMaTiS 2008, September 1-2 (2008), Varenna, Italy. In: RILEM Publications, ISBN 978-2-35158-062-2. Vol. 1, pp. 89-98.

**Grosse, C., G. MacLaskey, S. Bachmaier, S. D. Glaser and M. Krüger:** A Hybrid Wireless Sensor Network for Acoustic Emission Testing in SHM. Proceedings of SPIE, Vol. 6932, 693238, “Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2008”, March 10-13 (2008), San Diego, California, USA.

**Grosse, C. and M. Krüger:** Structural Health Monitoring in Civil Engineering – Applications using Wireless Sensor Networks: In: Emerging Technologies in Non-Destructive-Testing. Verlag: Taylor & Francis Group, ISBN 978-0-415-46476-5, pp. 313-318.

**Grosse, C., M. Krüger, S. Glaser and G. McLaskey:** Bridge Monitoring using Wireless Sensors and Acoustic Emission Techniques. Proceedings of Inaugural International Conference of the Engineering Mechanics Institute (EM08), May 19-21 (2008), Minneapolis, Minnesota.

**Grosse, C., M. Ohtsu:** Acoustic Emission Testing. Basics for Research – Applications in Civil Engineering. Verlag: Springer, ISBN 978-3-540-69895-1, pp. 406.

**Grosse, C., G. Pascale, S. Simon, M. Krüger, A. Troi, C. Colla, V. Rajčić and M. Lukomski:** Recent Advances in Smart Monitoring of Historic Structures. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Sustaining Europe's Cultural Heritage, November 10-12 (2008), Ljubljana, Slovenia.

**Hahn, R. und H. Kockelmann:** Nachweis der Ausblässicherheit von Dichtungen in Flanschverbindungen. Dichtungstechnik, H. 1 (2008), S. 38-45

**Hahn, R. und H. Kockelmann:** Nachweis der Ausblässicherheit von Dichtungen in Flanschverbindungen. Technische Überwachung 49 (2008), H. 7-8, S. 29-35.

**Hahn, R. und H. Kockelmann:** Hochwertigkeit von Flanschverbindungen nach TA Luft. Technische Überwachung 49 (2008), H. 10, S. 32-39.

**Hahn, R., H. Kockelmann und E. Roos:** Nachweis der Ausblässicherheit für Dichtungen in Flanschverbindungen. 15<sup>th</sup> Internationale Dichtungstagung, 7.-8. Oktober 2008 in Stuttgart, S. 404-419.

**Herter, K.-H., X. Schuler und O. Baumann:** Nachrechnung und Bewertung von Druckprüfungen mit „erhöhtem“ Prüfdruck bei Müllheizkraftwerken. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Hoh, K., K. Yoshimoto, R. Yamamoto, T. Matsuoka and U. Mayer:** Application of Master Curve Method to Fracture Toughness Estimation of the Transport and Storage Cask Material. Proceedings of ASME Pressure Vessel & Piping Conference, July 27-31 (2008), Chicago, Illinois, USA, PVP2008-61181.

**Jüngert, A:** Untersuchung der Rotorblätter von Windenergieanlagen mit akustischen Verfahren. IWB Jahresbericht/Activities 2005/7. IWB Stuttgart 2008, ISSN 0932 5921, S. 79-84.

**Jüngert, A.:** Damage Detection in Wind Turbine Blades using two Different Acoustic Techniques. Proceedings of the 7<sup>th</sup> fib PhD Symposium, September 11-13 (2008), Stuttgart.

**Jüngert, A., C. Grosse und M. Krüger:** Inspektion der Rotorblätter von Windenergieanlagen mit akustischen Verfahren. Dach Jahrestagung 2008 „ZfP in Forschung und Entwicklung“, 28. – 30. April 2008 in St. Gallen. DGZfP-Berichtsband BB 113 – CD, ISBN 978-3-940283-09-2.

**Julisch, P.:** Bruchmechanische Bewertung von Rohrleitungskomponenten auf der Basis statistisch verteilter Werkstoffkennwerte. Techn.-wiss. Bericht MPA Stuttgart (2007), H. 08-01

**Kauffmann, F., G. Zies, K. Maile, S. Straub and K.H. Mayer:** Microstructure and Creep Properties of 9-12 % Cr-Steels – The Influence of Co. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Khan, S.S., N. Hort, I. Steinbach and S. Schmauder:** Castability of Magnesium Alloys. In: Magnesium Technology 2008, Verlag: The Minerals, Metals & Materials Society, ISBN 978-0873397117, pp. 197-202.

**Khan, S.S., N. Hort, E. Subasic and S. Schmauder:** "Fluidity of Magnesium Alloys, an Experimental & Numerical Approach" Proceedings of the 10<sup>th</sup> Asian Foundry Congress (AFC10), May 21-24 (2008), Nagoya, Japan, pp. 329-334

**Kinder, J.:** Modern Metallurgical Investigation Techniques for the Interpretation of the Pattern-Welding of Viking-Age Sword Blades. Proceedings of the International Conference Early Iron in Europe "Prehistoric, Roman and Medieval Iron Production", September 8-12 (2008), Hüttenberg, Austria, pp. 115-117.

**Klaer, R.-H., R. Hahn, H. Kockelmann, C. Bramsiepe, G. Schembecker and H. Schmidt-Traub:** How to Avoid Emissions? VOC-Emissions of Bolted Flanges and Valves in Accordance with Government Regulations. AICHEM WorldWide News, pp. 5-8.

**Klenk, A., K. Maile and M. Bauer:** Modelling and Assessment of Welds at High Temperatures. Proceedings of the IIW International Congress, January 8-10 (2008). Chennai, India.

**Krüger, M. und C. Große:** Ereignisbasierte Messwerterfassung in drahtlosen Sensornetzwerken für die Strukturüberwachung. Beiträge des 5. GMM Workshops „Energieautarke Sensorik“ vom 12.-13. November in Düsseldorf. In: GMM-Fachberichte Band 58 – CD, ISBN 978-3-8007-3146-6.

**Krüger, M., C. Große und J. Frick:** Intelligente Bauwerksüberwachung von historischen Bauwerken. Tagungsband Natursteinsanierung Stuttgart 2008 „Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen“, 14. März 2008 in Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-8167-7553-9, S. 145-150.

**Lasagni, F.A., G.C. Requena and E. Soppa:** In Situ Measurements of Local Strain in Heterogeneous Materials. Advanced Engineering Materials 10 (2008), No. 1-2, pp. 73-78.

**Lasko, G., Y. Deryugin and S. Schmauder:** Simulation of PLC-Effects in Al6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Alloys. In: Aluminum Alloys: Fabrication, Characterization and Applications. Verlag:, ISBN 978-0-873-39712-4, pp. 131-137.

**MacLaskey, G., S. D. Glaser and C. Grosse:** Acoustic Emission Beamforming for Enhanced Damage Detection. Proceedings of SPIE, Vol. 6932, 693239, "Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2008", March 10-13 (2008), San Diego, California, USA.

**MacLaskey, G., S. D. Glaser and C. Grosse:** Array Signal Processing Techniques for Acoustic Emission Analysis on Large Concrete Structures. Proceedings of Inaugural International Conference of the Engineering Mechanics Institute (EM08), May 19-21 (2008), Minneapolis, Minnesota.

**Maile, K. and A. Klenk:** Life Assessment of High Temperature Components on the Basis of VGB Guidelines. Proceedings of a New High Temperature Materials Seminar, September 10-11 (2008), London, UK.

**Maile, K., A. Klenk und M. Speicher:** Rissempfindlichkeit von Alloy 617 für Rohrleitungen. 31. Vortragsveranstaltung der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle und der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe, am 28. November 2008 in Düsseldorf, S. 139-150.

**Maile, K., R. Scheck, P. Seliger und A. Reuter:** Kriechschädigungsentwicklung in 9-11-%-Cr-Stählen. 31. Vortragsveranstaltung der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle und der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe, am 28. November 2008 in Düsseldorf, S. 15-26.

**Mayer, T.F., C. Gehlen, P. Schießl und M. Hecht:** Regensburger Dom: Zur Instandsetzung des Südturmhelms. Beton 58 (2008), H. 7+ 8, S. 342-344.

**Mayer, U., W. Böhme, M. Borsutzki, R. Häcker, K. Schneider, T. Döpmeier, M. Tobisch, H. Kudliczka, R. Neuhaus, R. Ruifrok, L. Cotinaut und M. Höfemann:** Ergebnisse eines VDEH-Ringversuches zum Stahl-Eisen-Prüfblatt „Hochgeschwindigkeitszugversuche an gefügten Stählen“. Tagung Werkstoffprüfung „Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung“, 4. und 5. Dezember 2008 in Berlin. DVM Bericht 642, ISBN 978-3-00-026399-6, S. 161-166.

**Mueller, F., J. Ewald, S. Sheng and A. Klenk:** Assessment of Cracks/Failures at High Temperatures – Data and Methods. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Müller, F., A. Scholz, M. Speicher, A. Klenk und E. Affeldt:** Untersuchung des Hochtemperaturrissverhaltens an den Nickelbasislegierungen Inconel 706, Inconel 718 und IN-738 LC. 31. Vortragsveranstaltung der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle und der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe, am 28. November 2008 in Düsseldorf, S. 127-138.

**Nürnberg, U. and Y. Wu:** Stainless Steel in Concrete Structures and in the Fastening Technique. Material and Corrosion 59 (2008), No. 2, pp. 144-158.

**Ožbolt, J., G. Grassegger, P. van der Veken, G. Periškić and H.-W. Reinhardt:** Experimental and Numerical Study of Hygro-Thermo-Mechanical Properties of “Schilfsandstein” from Baden-Württemberg. Environmental Geology 56 (2008) No. 3-4, pp. 535-546.

**Petrova, V. and S. Schmauder:** Thermal Fracture of a FGM/Homogeneous Bimaterial with Defects. Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Conference on Fracture “Multilevel Approach to Fracture of Materials”, September 2-5 (2008) Brno, Czech Republic, pp. 1808-1815.

**Reicherter, B. M. Seidenfuss and E. Roos:** Influence of Environment and Microstructure on the Low Cycle Fatigue Behaviour of Steels. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Indo-German Theme Meeting on Structural Integrity of Pressure Retaining Components, September 22-23 (2008), Mumbai, Indien.

**Reinhardt, H.-W. und C. Grosse:** Strukturbestimmung von Betonbauteilen – Ergebnisse einer Forschergruppe der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Fachtagung Bauwerksdiagnose, 21.–22. Februar 2008 in Berlin. In: DGZfP-Berichtsband BB 112 – CD, ISBN 978-3-940283-08-5, Vortrag 3.

**Reinhardt, H.-W., C. Grosse and J. Kurz:** Localization and Mode Determination of Fracture Events by Acoustic Emission. In: Acoustic Emission and Critical Phenomena: From Structural Mechanics to Geophysics. Verlag: Taylor & Francis Group, ISBN 978-0-415-45082-9, pp. 41-66.

**Robeyst, N., E. Gruyaert, C. Grosse and N. De Belie:** Monitoring the Setting of Concrete Containing Blast-Furnace Slag by Measuring the Ultrasonic p-wave Velocity. Cement and Concrete Research 38 (2008), No. 10, pp. 1169-1176.

**Roos, E.:** Wozu Bruchmechanische Kennwerte? Charakteristik, Übertragbarkeit, Sicherheitsphilosophie. Fortbildungsseminar DVM-Arbeitskreis Bruchvorgänge „Bruchmechanische Prüfmethoden“, 18. Februar 2008 in Stuttgart, S. 3-26.

**Roos, E.:** Der Einfluss des Spannungszustandes auf das Versagensverhalten von Bauteilen. Tagung Werkstoffprüfung „Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung“, 4. und 5. Dezember 2008 in Berlin. DVM Bericht 642, ISBN 978-3-00-026399-6, S. 1-12.

**Roos, E., J. Bartonicek, H. Kockelmann and R. Hahn:** Blow-out Safety of Gaskets for Bolted Flange Connections. Proceedings of ASME Pressure Vessel & Piping Conference, July 27-31 (2008), Chicago, Illinois, USA, PVP2008-61337.

**Roos, E. und U. Eisele:** Linear-elastische Bruchmechanik Versagensprozess, Kennwerte, Ermittlung. Fortbildungsseminar DVM-Arbeitskreis Bruchvorgänge „Bruchmechanische Prüfmethoden“, 18. Februar 2008 in Stuttgart, S. 27-48.

**Roos, E., U. Eisele, R. Lammert und G. Wackenhut:** Auswirkung unterschiedlicher Definitionen der „Bruchzähigkeit“ auf das Ergebnis Bruchmechanischer Bauteilbewertungen unter Berücksichtigung der Werkstoffstreuung. 40. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge „Zuverlässigkeit von Bauteilen durch bruchmechanische Bewertung: Regelwerke, Anwendungen und Trends“, 19.-20. Februar 2008 in Stuttgart, S. 41-52.

**Roos, E. and M.J. Greitmann:** Friction Stir Welding – a Modern Joining Process with Potential for Innovative Solutions for the Lightweight Construction in Automotive Engineering. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Internationales Stuttgarter Symposium “Automobil- und Motorentechnik”.

**Roos, E. und M.J. Greitmann:** Rührreibschweißen – Eine moderne Fügemethode mit großem Einsatzpotenzial. lightweightdesign 4 (2008), S. 38-43.

**Roos, E. und M. Hoffmann:** Bruchmechanischer Integritätsnachweis von Rohren mit Mischschweißverbindung. 10. Werkstofftagung „Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften von Werkstoffen - Heute und Morgen“, 28. März 2008 in Graz, S. 21-42.

**Roos, E., K.-H. Herter and B. Reicherter:** Effect of Biaxial Stress States on the Fatigue Behaviour of Pressurized Components. Sixth International Conference on Low Cycle Fatigue, LCF 6, September 8-12 (2008) Berlin, pp. 111.

**Roos, E., K.-H. Herter and X. Schuler:** Special Aspects of Structural Integrity for the use within Ageing Management. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Indo-German Theme Meeting on Structural Integrity of Pressure Retaining Components, September 22-23 (2008), Mumbai, Indien.

**Roos, E., K.-H. Herter, X. Schuler und G. König:** Das Integritätskonzept und seine praktische Anwendung. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Roos, E., H. Kockelmann and H. Kurz:** Design of Floating Type Bolted Flange Connections with GRP Flanges. Proceedings of ASME Pressure Vessel & Piping Conference, July 27-31 (2008), Chicago, Illinois, USA, PVP2008-61335.

**Roos, E., K. Maile and A. Klenk:** Ongoing German Research and Development for High Efficient Power Plants – an Overview. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International MPA-IfW-NIMS Seminar, Oktober 7-8 (2008), Stuttgart

**Roos, E., K. Maile, A. Klenk and M. Bauer:** Assessment of Creep Rupture Life of Weldments of Martensitic Steels. Int. J. Mat. Res. 99 (2008), No. 4, pp. 402-409.

**Roos, E., X. Schuler, M. Hoffmann und T. Schütt:** Tragverhalten von Rohren mit Mischnähten unter Berücksichtigung von Rissen. 23. Rohrleitungstechnische Tagung „Rohrleitungen in Kraftwerken und chemischen Anlagen - Rohrfernleitungen“ am 1. und 2. April 2008 in Stuttgart, S. 131-156.

**Roos, E., X. Schuler und L. Stumpfrock:** Numerische Bewertung der Auswirkung von Ratchetting auf das Verformungs- und Versagensverhalten von Bauteilen. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Roos, E., X. Schuler, L. Stumpfrock und H. Silcher:** Bruchmechanische Kennwerte und zugeordnete Sicherheitsfaktoren bei Integritätsanalysen. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Roos, E., X. Schuler, L. Stumpfrock und H. Silcher:** Bruchmechanische Kennwerte und zugeordnete Sicherheitsfaktoren bei Integritätsanalysen. 5 Workshop Kompetenzverbund Kerntechnik „Komponentensicherheit“, 8. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Roos, E., X. Schuler, G. Wackenhut und R. Lammert:** Probabilistische Sicherheitsanalyse von Komponenten. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Samal, M.K., M. Seidenfuss, E. Roos, B.K. Dutta and H.S. Kushwaha:** Finite Element Formulation of a New Nonlocal Damage Model. Finite Elements in Analysis and Design 44 (2008), pp. 358-371.

**Samal, M.K, M. Seidenfuss, E. Roos, B.K. Dutta and H.S. Kushwaha:** A Mesh Independent GTN Damage Model and its Application in Simulation of Ductile Fracture Behaviour. Proceedings of the ASME Pressure Vessel & Piping Conference, July 27-31 (2008), Chicago, Illinois, USA, PVP2008-61026.

**Sawada, K., M. Bauer, F. Kauffmann and A. Klenk:** Numerical and Microstructural Evaluation of 9%Cr Welded Joints. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Schad, H., T. Bräutigam und S. Bramm:** Rohrvortrieb – Durchpressung begehrbarer Leitungen. Verlag: Ernst & Sohn, 2. aktualisierte Auflage, ISBN 978-3-433-02912-1, 265 S.

**Schütt, T., L. Stumpfrock and E. Roos:** Influence of Multiaxiality of the Stress State on the Behaviour of Specimens and Components with Cracks. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Indo-German Theme Meeting on Structural Integrity of Pressure Retaining Components, September 22-23 (2008), Mumbai, Indien.

**Schütt, T., L. Stumpfrock und E. Roos:** Einfluss der Mehrachsigkeit des Spannungszustandes auf das Verhalten angerissener Bauteile. 5. Workshop Kompetenzverbund Kerntechnik „Komponentensicherheit, 8. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Sodeikat, C., P. Schießl und C. Gehlen:** Fahrbahn ohne Abdichtung - neues Brückenkonzept für PPP-Projekte. 3. Kolloquium Verkehrsbauten Schwerpunkt Parkhäuser / Brücken, 29. –30. Januar 2008 in Ostfildern, S. 187-194.

**Sodeikat, C. und C. Gehlen:** Untersuchung und Instandsetzung von Spannverankerungen. 3. Kolloquium Verkehrsbauten Schwerpunkt Parkhäuser / Brücken, 29. –30. Januar 2008 in Ostfildern, S. 231-242.

**Szielasko, K., I. Altpeter, G. Dobmann, D. Willer und H. Ruoff:** Auswirkungen betrieblicher Alterungsprozesse auf Ermüdungslebensdauer und Werkstofffähigkeit des niedrig legierten Stahles WB 36. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

**Taffe, A. und C. Gehlen:** Bedarfsgerechte Kriterien zur zuverlässigen Ortung von Minderdicken in Tunnelinnenschalen. Dach Jahrestagung 2008 „ZfP in Forschung und Entwicklung“, 28. – 30. April 2008 in St. Gallen. DGZfP-Berichtsband BB 113 – CD, ISBN 978-3-940283-09-2.

**Wilden, J., T. Luhn and M.J. Greitmann:** Übertragbarkeit der Prozessparameter auf Anlagen unterschiedlicher Bauart beim Herstellen von „Tailored Blanks“ mittels Rührreißschweißen. Schweißen und Schneiden 60 (2008), H. 10, S. 552-564.

**Zöllner, A., M. Bauer and A.K. Badhuri:** Numerical and Experimental Investigations on 31. Formation in 9% Cr Steels. 34. MPA-Seminar „Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik“ am 9. und 10. Oktober 2008 in Stuttgart.

