

*Nachrichten*

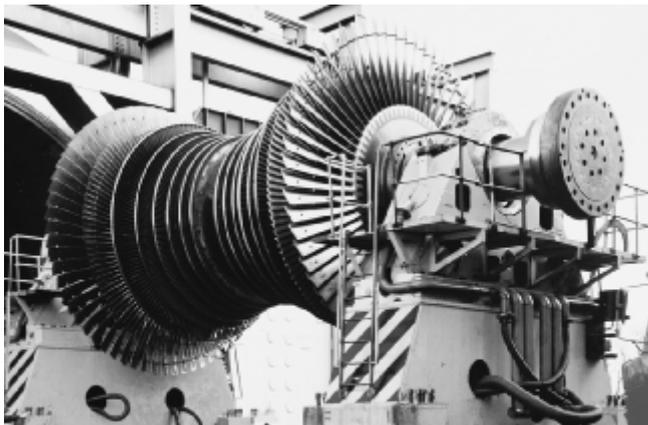
aus dem Fachbereich

# **Werkstofftechnik Prüftechnik**

**Willkommen zur  
25. Vortragsveranstaltung der**

**Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle und der  
Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe**

**am 22. November 2002 im Stahl-Zentrum in Düsseldorf**



**Langzeitverhalten  
warmfester Stähle und  
Hochtemperaturwerkstoffe**

Zuverlässigkeit, Schäden  
Restlebensdauer  
Lebensdauerkonzepte  
Verarbeitung neuer Stähle  
Entwicklung und Einsatzverhalten

**Geschichte, Aufgaben und Ziele  
der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle  
und ihrer Projektgruppen**

**Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle – Aufgaben und Ziele der Gemeinschaftsarbeit [1]**

Dr.-Ing. Torsten-Ulf Kern, Siemens Power Generation

Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland, Verein Deutscher Eisenhüttenleute

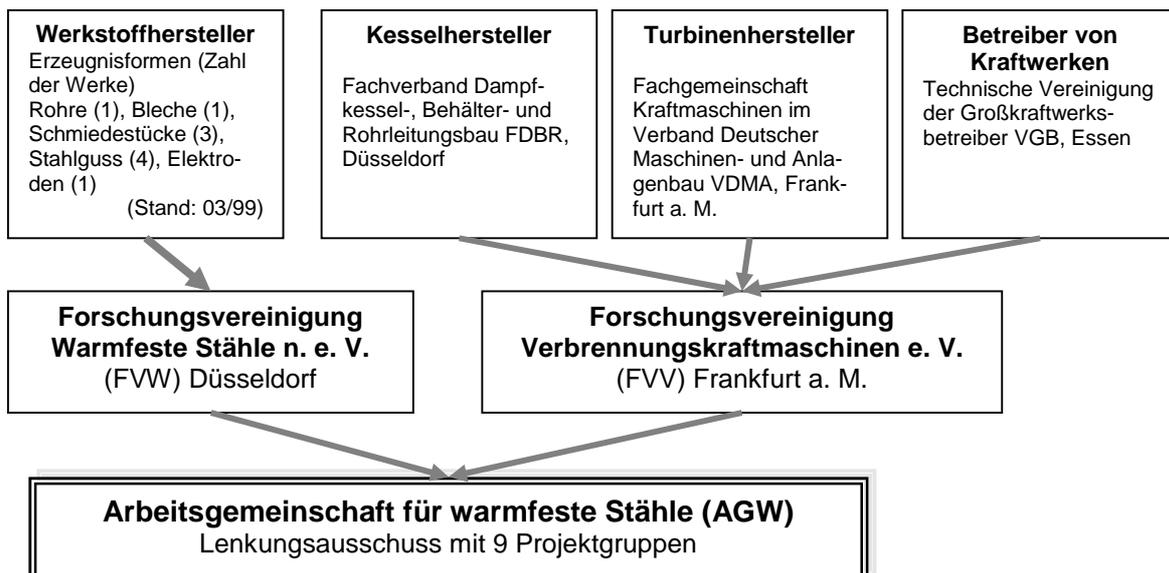
Ende der 40er Jahre wurde in Deutschland eine neue Generation von Kraftwerken geplant. Um den thermischen Wirkungsgrad der Kraftwerke zu verbessern, sollten die Dampftemperaturen erhöht werden. Für den langzeitigen Betrieb bei höheren Dampftemperaturen erlaubten jedoch die bis dahin verwendeten Werte der DVM-Kriechgrenze keine ausreichend sichere Auslegung der Komponenten. Um zuverlässige Kennwerte der Langzeitwarmfestigkeit zu ermitteln, mussten Zeitstandversuche langer Dauer durchgeführt werden.

Zur Finanzierung solche Versuche an warmfesten Stählen suchte die Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber VGB im Jahr 1949 nach Industriepartnern. Der Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau FDBR, die Fachgemeinschaft Kraftmaschinen des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA und der Verein Deutscher Eisenhüttenleute entschlossen sich, die Aufgabe gemeinsam anzugehen. Mehr Wirtschaftlichkeit und mehr Sicherheit wurden als gemeinsame Ziele erkannt.

Grundlage der Zusammenarbeit in der ersten Phase waren die Beschlüsse des Gemeinschaftsausschusses „Dauerstandversuche“, der im März 1950 zu seiner ersten Sitzung zusammenkam. Die Versuche wurden größtenteils in neutralen Prüfstellen durchgeführt. Der Aus-

schuss arbeitete eigenverantwortlich nach den Grundsätzen einer modernen Zertifizierungsstelle, ohne diesen heute so geläufigen Begriff jemals benutzt zu haben. Die Prüfkosten wurden zu gleichen Teilen auf die beteiligten Verbände aufgeteilt. Dementsprechend war der Gemeinschaftsausschuss von Vertretern der vier Verbände paritätisch besetzt. Einige Jahre später änderte der Gemeinschaftsausschuss seinen Namen in „Lenkungsausschuss der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle“. Auch die Aufteilung der Versuchskosten wurde im Lauf der Zeit geändert. Die Werkstoffhersteller übernahmen 50 % der Kosten und die Hälfte der 12 Sitze im Lenkungsausschuss.

Erst 1983 wurde die Zusammenarbeit durch einen Kooperationsvertrag zwischen der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen FVV e.V., Frankfurt a. M., und der Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle FVW n. e. V., Düsseldorf, auf eine rechtsverbindliche Grundlage gestellt. Die Vereinbarung verpflichtet zur partnerschaftlichen, gemeinnützigen Zusammenarbeit mit Aufteilung der Versuchskosten im Verhältnis 1:1 und gilt noch heute. Die FVV vertritt die Hersteller von Turbinen und Dampfkesseln sowie Betreiber solcher Anlagen. Die beteiligten Hersteller von Stahl und Stahlguss sind Untervertragspartner der FVW (**Tafel 1**).



**Tafel 1: Organigramm der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle**

Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle / Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe  
**25. Vortragsveranstaltung am 22. November 2002**

Die Unternehmen der Werkstoff- und Systemhersteller sowie der Anlagenbetreiber sind letztlich diejenigen, die die Arbeiten der Arbeitsgemeinschaft finanzieren und damit die Ziele bestimmen. Einzelheiten der Organisation der Zusammenarbeit werden in der Geschäftsordnung des Lenkungsausschusses geregelt. Der Lenkungsausschuss kontrolliert die Verwendung der von den Vertragspartnern zur Verfügung gestellten Mittel. Projektbezogene Arbeitsgruppen pflegen den Erfahrungsaustausch, bereiten Versuchspläne vor und betreuen die Durchführung der Untersuchungen bei den neutralen Prüfstellen.

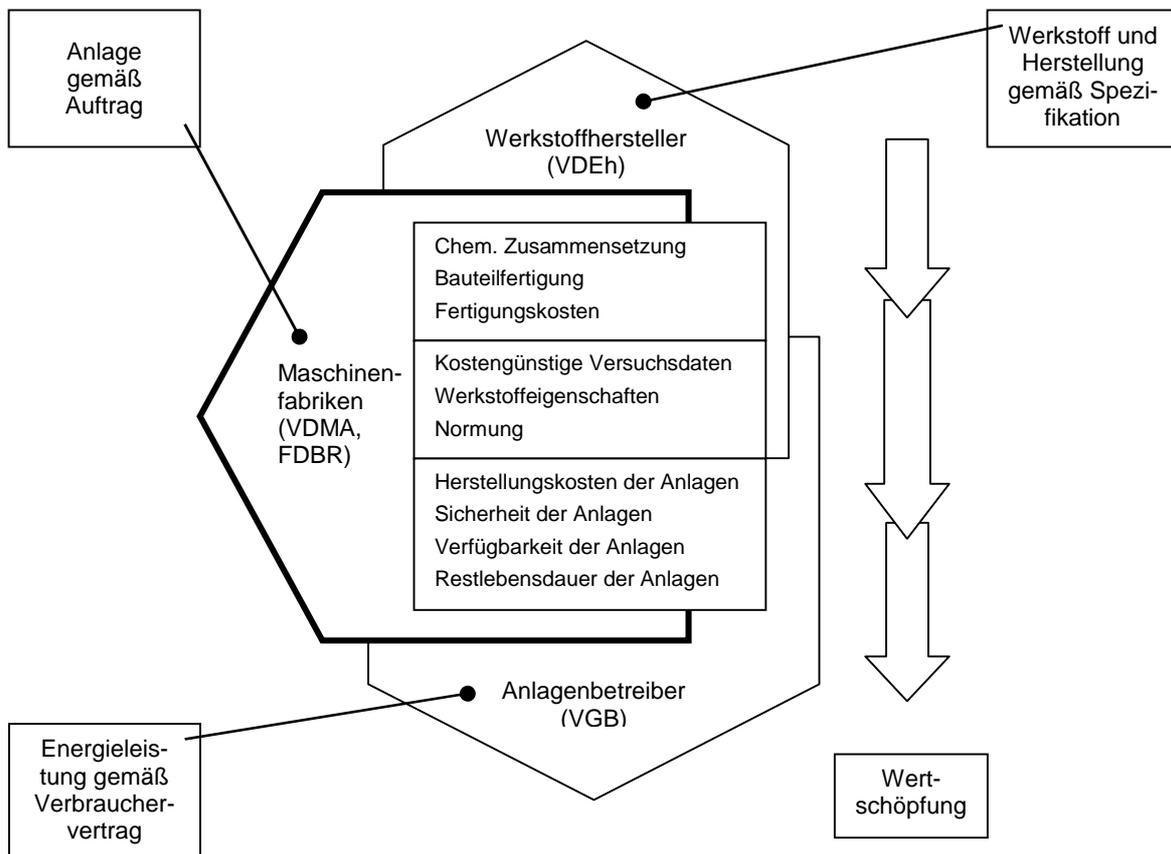
Die Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle verfolgt zwei Ziele, die in der Kooperationsvereinbarung festgeschrieben sind:

1. die systematische Ermittlung von Werkstoffkennwerten für das Langzeitverhalten warmfester Stähle und

2. die sinnvolle Koordination von Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet des Langzeitverhaltens warmfester Stähle, um den zweckmäßigen Einsatz von Arbeitskraft und finanziellen Mitteln zu fördern.

Die Interessen der verschiedenen Partner der AGW in der Wertschöpfungskette sind in **Tafel 2** dargestellt. Sie werden von der Überzeugung getragen, dass die gemeinsame Erarbeitung von Werkstoffkennwerten der warmfesten Stähle und Legierungen die zuverlässigste, vertrauensvollste und wirtschaftlichste Form darstellt.

Für den langfristig sicheren Betrieb bei hohen Temperaturen werden Auslegungskennwerte benötigt, die für die einzelnen Komponenten der Turbine und die Rohrleitungen eines Kraftwerkes unterschiedlich sind (**Tafel 3**).



**Tafel 2:** Primäre Interessen und Schnittmengen der Partner der AGW

Baugruppe	Bauteil	Kennwerte							
		Streckgrenze	Zeitdehngrenzen	Zeitstandfestigkeit	Relaxationsdaten	Risszähigkeit	Risswachstumsdaten	HCF-Daten	LCF-Daten
Turbine	HD-Rotor und Gehäuse	X	X	X		X	X	(X)	X
	Schraubverbindungen	X	X	X	X				
	Ventilgehäuse	X	X	X					X
	Schaufeln	X	X	X				(X)	
	Schaufelfuß		X	X				X	X
DE-Rohrleitungen	Membranwand	X		X					
	Überhitzerrohre		X	X					
	Frischdampfleitungen	X	X	X					X
Allgemein	Schweißverbindungen			X		(X)			X

**Tafel 3: Erforderliche Auslegungskennwerte für Kraftwerksbauteile bei erhöhten Temperaturen nach [1]**

Die Ermittlung anderer Kennwerte in Gemeinschaftsversuchen kann bei partnerschaftlicher Finanzierung problematisch werden und wird deshalb primär in Forschungsvorhaben verfolgt, die im Wesentlichen mit öffentlichen Beihilfen finanziert werden. Die Durchführung der Forschungsvorhaben liegt in der Verantwortung der Forschungsstellen. Die interessierten Gruppen der Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft stehen diesen bei der Planung und Auswertung beratend zur Seite. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten, die den Haushalt der Arbeitsgemeinschaft in keiner Weise belastet, haben für die interessierten Mitglieder den gleichen Nutzen wie etwaige Gemeinschaftsuntersuchungen.

Im Rahmen externer Forschungsvorhaben fördert die Arbeitsgemeinschaft die Entwicklung von Konzepten zur Bewertung des Schädigungszustandes betriebsbeanspruchter Komponenten mit dem Ziel der Abschätzung der Restlebensdauer. Metallkundliche Arbeiten, mit denen das Verständnis des Langzeitverhaltens der warmfesten Stähle vertieft wird, bieten

wertvolle Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Stähle und für die Absicherung extrapolierter oder mit Versuchsergebnissen noch ungenügend belegter Kennwerte der Festigkeit und des Formänderungsvermögens nach langer Beanspruchungsdauer. Dennoch werden solche, oft sehr aufwendige Untersuchungen von der Arbeitsgemeinschaft nicht als Gemeinschaftsarbeit durchgeführt. Jede externe Forschungsarbeit oder auch private Initiative eines einzelnen Mitgliedes wird jedoch durch Bereitstellung von Versuchswerkstoffen nach besten Kräften unterstützt.

Seit Bestehen der Arbeitsgemeinschaft stehen Zeitstandversuche im Mittelpunkt der Gemeinschaftsarbeit. Zur Planung, Betreuung und Auswertung der Versuche sind heute die Projektgruppen 1 bis 3 zuständig (**Tafel 4**). Die weiteren Projektgruppen betreiben keine eigenen Gemeinschaftsversuche. Sie haben die Aufgabe, den Erfahrungsaustausch zu speziellen Themen zu fördern sowie externe Forschungsvorhaben anzuregen und zu betreuen.

**Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle / Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe  
25. Vortragsveranstaltung am 22. November 2002**

Projektgruppe	Aufgabenbereich		
<b>W1</b>	Unlegierte und legierte Stähle für den Kesselbau (mit Schweißverbindungen)		
<b>W2</b>	Warmfester Stahlguss (mit Schweißverbindungen)		
<b>W3</b>	Turbinenwerkstoffe (außer Stahlguss)	Schrauben	
		Rotoren	1-2% CrMo(W)V
			3,5% NiCrMoV
		9-12% CrMoV	
<b>W10</b>	Hochtemperaturverhalten unter veränderlicher Beanspruchung		
<b>W11</b>	Relaxationsverhalten		
<b>W12</b>	Restlebensdauer		
<b>W13</b>	Prüftechnik und Auswertungsfragen		
<b>W14</b>	Kriechrischwachstum		
<b>W15</b>	Fachausschuss Warmfeste Werkstoffe		

**Tafel 4: Projektgruppen der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle**

In **Tafel 5** sind die gegenwärtig in Prüfung befindlichen Versuchswerkstoffe der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle den zuständigen Projektgruppen W1 bis W3 zugeordnet. Unter den Kesselbaustählen und den Stahlgussarten haben die modernen Stähle mit 9 bis 11% Chrom die höchste Priorität. Unter den Schmiedestählen werden vornehmlich einige Versuche besonders langer Dauer an altbekannten Stählen weitergeführt, aber auch neu entwickelte 10%Cr-Stähle sind bereits integriert

worden. Die Untersuchung der modernen Schmiedestähle mit 10 bis 11% Chrom zur Identifizierung neuer potentieller Legierungen für den Turbinenbau ist Gegenstand europäischer Forschungsprojekte, wie z.B. COST. Es gehört zur Strategie der Versuchsplanung, die Arbeitsgemeinschaft so weit wie möglich von den Kosten für kurzzeitige Versuche zu entlasten und erst nach Auslaufen der europäischen Projekte die Langzeitversuche auf Prüfplätzen der Arbeitsgemeinschaft fortzuführen.

W1	W2	W3
X10CrMoVNb9-1 X11CrMoWVNb9-1-1 X10CrWMoVNb9-2 12CrMo9-10 15CrMoV6-10 15NiCuMoNb5 P235GH	GX12CrMo(W)VNb10-1 G20Mn5 G17CrMoV5-10	20CrMoVTiB4-10 28CrMoNiV4-9 23CrMoNiWV8-8 30CrMoNiV5-11 X12CrMoWVNbN10-1-1 26NiCrMoV14-5 X19CrMoVNbN11-1

**Tafel 4: Versuchswerkstoffe der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle**

Die werkstoffbezogenen Projektgruppen 1 bis 3 haben für alle deutschen Normen für warmfeste Stähle Anhaltswerte der Zeitdehngrenzen und der Zeitstandfestigkeit erarbeitet (**Tafel 6**). In vielen Fällen sind diese Werte in die entsprechenden europäischen Normen übernommen worden. Neben der Aufgabe, Werte für Normen zur Verfügung zu stellen, betätigen sich die

Mitglieder der Projektgruppen insbesondere bei der Langzeitprüfung neu entwickelter Stahlsorten, die zur technischen Anwendung angeboten werden, wie auch bei der Überprüfung des Langzeitverhaltens bekannter Stahlsorten hinsichtlich der Einflusses neuartiger Technologien der Herstellung und Weiterverarbeitung.

**Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle / Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe  
25. Vortragsveranstaltung am 22. November 2002**

<b>Technische Lieferbedingung</b>	<b>Titel</b>
(DIN 17155) DIN EN 10028-2	(Blech und Band aus warmfesten Stählen) Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen; Teil 2: Unlegierte und legierte warmfeste Stähle
DIN 17175 DIN EN 10216-2	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen
(DIN 17240) DIN EN 10269  DIN EN 10273	(Warmfeste und hochwarmfeste Werkstoffe für Schrauben und Muttern) Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen Warmgewalzte Stäbe aus Druckbehälterstählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen
(DIN 17243) DIN EN 10222-2	(Schmiedestücke und Stäbe aus warmfesten Stählen) Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter; Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen
(DIN 17245) DIN EN 10213-2	(Warmfester ferritischer Stahlguss) Stahlguss für Druckbehälter; Teil 2: Stahlsorten für die Verwendung bei Raumtemperatur und bei erhöhten Temperaturen
(SEW 471) DIN 17465 DIN EN 10295	(Hitzebeständiger Stahlguss) Hitzebeständiger Stahlguss Hitzebeständiger Stahlguss
SEW 470	Hitzebeständige Walz- und Schmiedestähle
(SEW 555; 08/1984) SEW 555; 01/2001*	Stähle für größere Schmiedestücke als Bauteile von Turbinen- und Generatorenanlagen
SEW 595	Stahlguss für Erdöl- und Erdgasanlagen
(SEW 670)	Hochwarmfeste Stähle

( ) zurückgezogen

\* enthält keine Anhaltswerte mehr zur Langzeitwarmfestigkeit

**Tafel 6: Von der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle erarbeitete Anhaltswerte der Langzeitwarmfestigkeit in Technischen Lieferbedingungen**

- [1] Rohde, W.: Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle – Aufgaben und Ziele; Jahrbuch Stahl 1999, S. 311/324; Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf
- [2] Ewald, J.; Bendick, W.; Jäger, K.; Gnirß, G.; Husemann, R. U.; Mayer, K.-H.; Melzer, B.; Tolksdorf, E.: Fünf Jahrzehnte Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle – Notwendige Auslegungsdaten für den langfristig sicheren Betrieb bei hoher Temperatur; 21. Vortragsveranstaltung „Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“, am 27.11.1998 in Düsseldorf; Hersg. Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe, Düsseldorf

**Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe**

1957 gründeten die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle die Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe mit dem Ziel, auch für Werkstoffe, die oberhalb 700 °C zum Einsatz kommen, Prüfungen einzuleiten und die Ergebnisse erörtern zu können. Zwischen beiden Arbeitsgemeinschaften besteht eine enge Zusammenarbeit. Eine ausführliche Abhandlung über die Ziele und Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe ist für die 26. Vortragsveranstaltung „Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“ im November 2003 geplant.

**Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle / Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe  
25. Vortragsveranstaltung am 22. November 2002**

**Mitgliedsfirmen, Verbände und Institute in den Arbeitsgemeinschaften**

Stand: November 2002

<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
AG der Dillinger Hüttenwerke	Dillingen
Allianz-Zentrum für Technik GmbH	Ismaning
ALSTOM (Schweiz) AG	Baden
Alstom (Switzerland) Ltd.	Baden
ALSTOM Power Boiler GmbH	Stuttgart
ALSTOM Power-Support	Mannheim
Babcock Power Energy GmbH	Oberhausen
BBP Enviroment GmbH	Gummersbach
Benteler Stahl/Rohr GmbH & Co. KG	Paderborn
Böhler Edelstahl GmbH	Kapfenberg
Böhler Schweißtechnik Deutschland GmbH	Düsseldorf
DMV STAINLESS Deutschland GmbH	Remscheid
Edelstahlwerke Buderus AG	Wetzlar
Eisenbau Krämer mbH	Hilchenbach-Dahlbruch
Fachverb. Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V.	Düsseldorf
Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen	Frankfurt
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik	Freiburg
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH	Geesthacht
Ing. Büro Dr. H.-G. Oehmigen	Bochum
Institut für Eisenhüttenkunde	Aachen
Institut für Energieverfahrenstechnik	Freiberg/Sachsen
Institut für Werkstoffe	Braunschweig
Institut für Werkstoffkunde	Aachen
Institut für Werkstoffkunde	Darmstadt
Institut für Werkstofftechnik u. Werkstoffprüfung	Magdeburg
MAN Turbomaschinen AG GHH BORSIG	Oberhausen
Mannesmann Forschungsinstitut GmbH	Duisburg
Metals Research Institute	Apeldoorn
MTU Aero Engines GmbH	München
PHB Stahlguß GmbH	St. Ingbert
Pleissner Guss GmbH	Herzberg am Harz
Preussen Elektra AG	Hannover
Saarschmiede GmbH Freiformschmiede	Völklingen
Sande Stahlguß GmbH	Sande
Schmiedewerke Gröditz GmbH	Gröditz
Schmolz+Bickenbach Gießerei	Krefeld
SIEMENS Power Generation Group	Mülheim/Ruhr
Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH	Dresden
Staatliche Materialprüfungsanstalt	Stuttgart
Stahl-Zentrum - VDEh	Düsseldorf
Thyssen Schweißtechnik Deutschland GmbH	Hamm
ThyssenKrupp VDM GmbH	Werdohl
UTP Schweißmaterial GmbH & Co. KG	Bad Krozingen
Vallourec & Mannesmann Deutschland GmbH	Düsseldorf
VEAG Kraftwerk Schwarze Pumpe	Spremberg
VEAG Power Consult	Peitz
Verein Deutscher Giessereifachleute	Düsseldorf
VGB Power Tech	Essen
voestalpine Giesserei Linz GmbH	Linz
VSG Energie- und Schmiedetechnik GmbH	Hattingen

Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W1: Unlegierte und legierte Stähle für den Kesselbau**

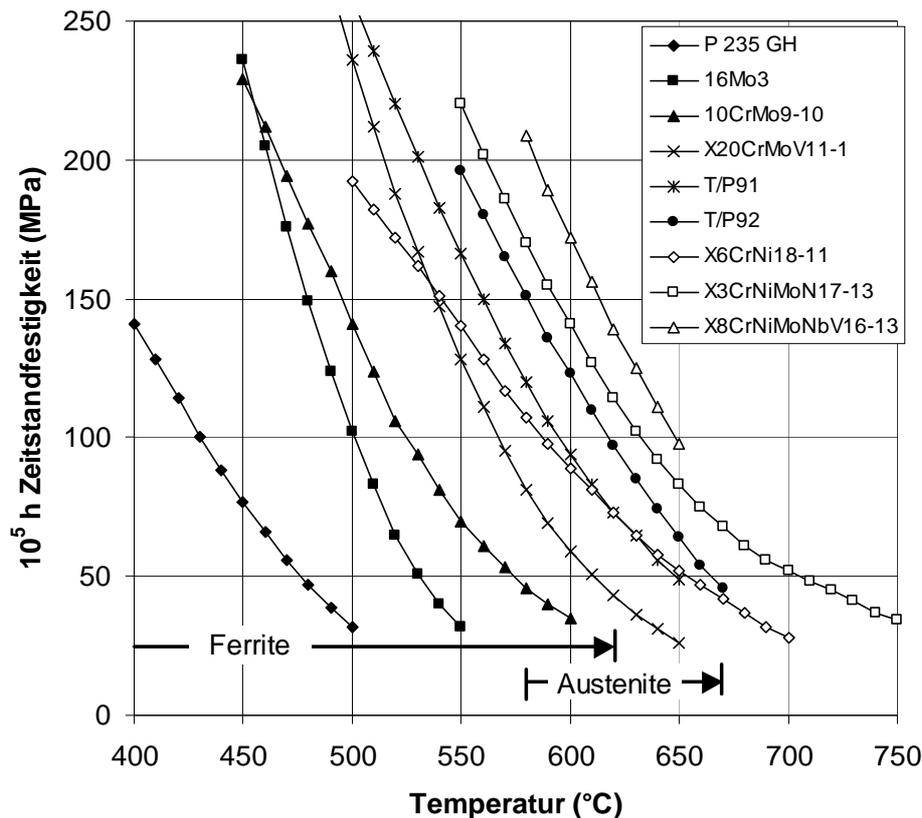
Dr. rer. nat. Walter Bendick, Mannesmann-Forschungsinstitut GmbH

Das Arbeitsgebiet der Projektgruppe W1 umfasst einen weiten Bereich von Stählen mit sehr unterschiedlicher Zeitstandfestigkeit. Exemplarisch sind die Zeitstandfestigkeitswerte einiger dieser Stähle im Bild dargestellt. Es handelt sich dabei überwiegend um Stähle, die als Rohr- oder Blechwerkstoff im Kraftwerks- und Chemieanlagenbau eingesetzt werden. Den Schwerpunkt bilden die Stähle mit ferritischer Struktur. Die Palette reicht von unlegierten Kohlenstoff / Mangan-Stählen (z.B. P235GH) über Molybdänstählen (16Mo3) und Chrom / Molybdän-Stählen (beispielsweise 10CrMo9-10) bis zu den hochwarmfesten 9 bis 12% Cr-Stählen mit martensitischer Gefügestruktur. Zu dieser Stahlgruppe gehören der seit langem bekannte X20CrMoV11-1 sowie die Neuentwicklungen T/P91 (X10CrMoVNb9-1) und T/P92. Aufgrund dieser Neuentwicklungen konnte der Einsatzbereich der Ferrite bis auf etwa 620°C ausgedehnt werden. Je nach Verwendungszweck werden im Kesselbau ab etwa 580°C auch austenitische Stähle eingesetzt, die damit ebenfalls zum Arbeitsbereich der Projektgruppe W1 gehören. Drei Vertreter dieser Stahlgruppe sind im Bild dargestellt. Die Grenzen des Festigkeitsbereiches werden von den Stählen X6CrNi18-11 und X8CrNiMoNbV16-13 markiert. Der Einsatzbereich geht bis etwa 670°C. Neben der Prüfung der aus diesen Stählen hergestellten Rohre und Bleche gehört als weiteres Aufgabengebiet der Projektgruppe die Untersuchung ihrer

Schweißverbindungen, und zwar artgleiche Verbindungen sowie auch Mischverbindungen.

Die Projektgruppe W1 setzt sich zusammen aus Vertretern der Stahlerzeuger (Vallourec & Mannesmann Tubes, Dillinger Hüttenwerke, DMV Stainless, Eisenbau Krämer, Böhler Thyssen Schweißtechnik), der Verarbeiter und Anwender (Alstom Power, Babcock Borsig Power Systems, Siemens Power Generation, VGB) sowie der Prüfinstitute (IfW Darmstadt, MPA Stuttgart, Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft). Projektgruppensitzungen finden in der Regel einmal jährlich statt. Schwerpunktmäßig zurzeit das Zeitstandverhalten der neuen martensitischen Stähle T/P91 und T/P92 geprüft, und zwar sowohl der Grundwerkstoffe als auch der Schweißverbindungen. Darüber hinaus wurde mit der Prüfung neuentwickelter 3CrMoV-Stähle begonnen, die hauptsächlich in der Petrochemie eingesetzt werden. Im Verbund mit Partnern aus der ECCC (European Collaborative Creep Committee) werden zwei neuentwickelte austenitische Stähle aus Japan (Super 304 H und NF 709) geprüft.

Neben der Durchführung von Zeitstandversuchen, findet innerhalb der Projektgruppe auch ein regelmäßiger Austausch von Information zu laufenden und geplanten nationalen sowie internationalen Forschungsvorhaben statt. Außerdem wird der Kontakt zu den entsprechenden Projektgruppen der ECCC gepflegt (WG3A: Ferrite, WG3B: Austenite).



Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

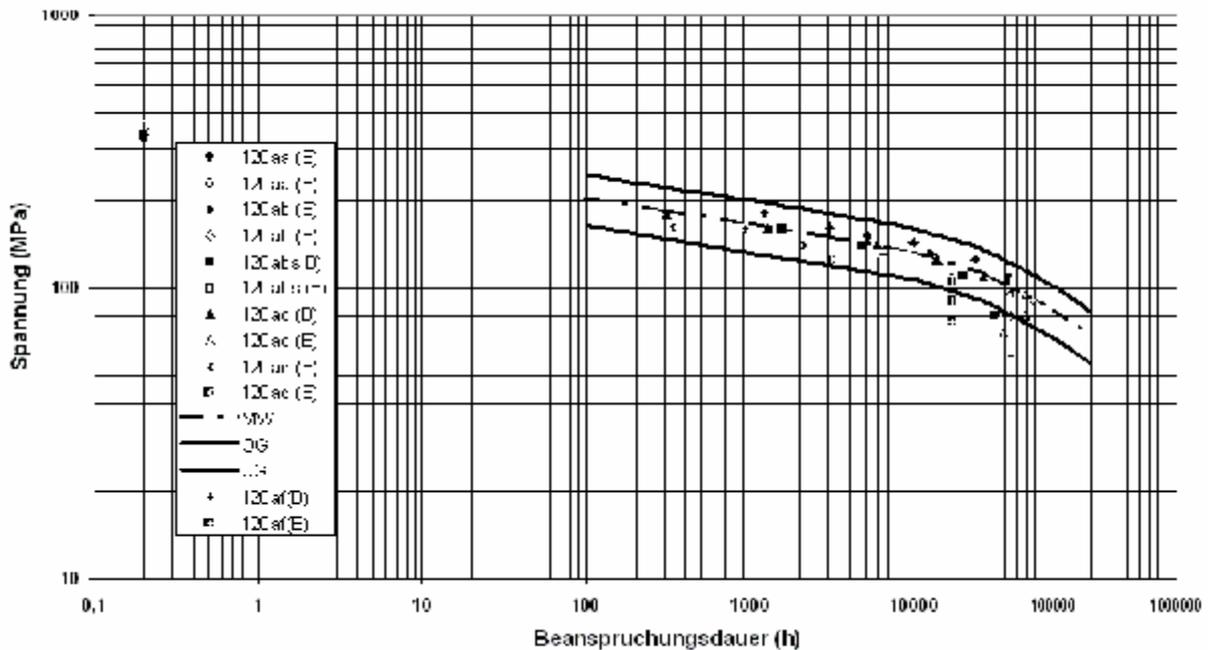
**PG W2: Warmfester Stahlguss**

Dipl.-Ing. Joachim Schubert, Alstom Power Support

Die derzeitigen Schwerpunkte der Arbeit in der Projektgruppe W2 sind:

- ∅ chargenmäßige, versuchsmäßige Absicherung von Langzeitkennwerten der Zeitstandfestigkeit und Zeitdehngrenzen der neuentwickelten, hochlegierten, martensitischen Stahlgussorten GX12CrMoVNbN9-1, GX12CrMoWVNbN10-1-1 sowie deren Schweißverbindungen (derzeitige Versuchsdauern bis 70.000 h),
- ∅ Bereitstellung von Kennwerten für die Stahlgussorten GX12CrMoVNbN9-1 und GX12CrMoWVNbN10-1-1 zur europäischen Normung,
- ∅ Langzeitqualifizierung der kaltzähen und warmfesten Stahlgussorte G20Mn5 samt ihrer Schweißverbindung,
- ∅ Langzeitqualifizierung von 1%CrMoV-Stahlguss und seiner Schweißverbindungen oberhalb 550°C,
- ∅ Bestimmung von Schweißminderungsfaktoren warmfester Stahlgussorten,
- ∅ Mitarbeit bei der Revision der europäischer Stahlgussnorm EN 10213,
- ∅ Erfahrungsaustausch zwischen Gießereien, Schweißzusatzherstellern und Verbrauchern über Herstellung, Verarbeitung und Betriebserfahrungen,
- ∅ Begleitung von Gemeinschaftsforschungsvorhaben.

**Zeitstandfestigkeit von G91 und G911 bei 600°C**



Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W3: Stabstahl und große Schmiedestücke aus höher legierten Werkstoffen**

Dr.-Ing. Torsten-Ulf Kern, Siemens Power Generation

Die Arbeiten der W3 konzentrieren sich heute auf die Bereiche Stabstahl und Schmiedestücke. Deren Anwendungsgebiete reichen von Schrauben über geschmiedete Ringe und Scheiben bis hin zu großen Wellen mit Durchmessern bis zu 1600mm für den Turbinenbau mit Einsatztemperaturen bis zu 600°C. Die betrachteten Werkstoffgruppen umfassen dabei die konventionellen warmfesten 1 - 2%CrMo(W)V- und 11-12%CrMoV-Stähle, die kaltzähnen NiCrMoV-Stähle zur Erprobung im Übergangsgebiet sowie die neuentwickelten 600°C-Hochleistungsstähle im Bereich 9-10%CrMo(W)VNbN.

Das Ziel der Arbeiten besteht in der Identifizierung und Formulierung von offenen Fragen bezüglich des Einflusses von Herstellungs- und Weiterverarbeitungstechniken auf das Langzeitverhalten >100.000h bei hohen Temperaturen bis 650°C. Die Versuchsprogramme werden gemeinsam erarbeitet und die Durchführung der notwendigen Langzeitversuche abgestimmt.

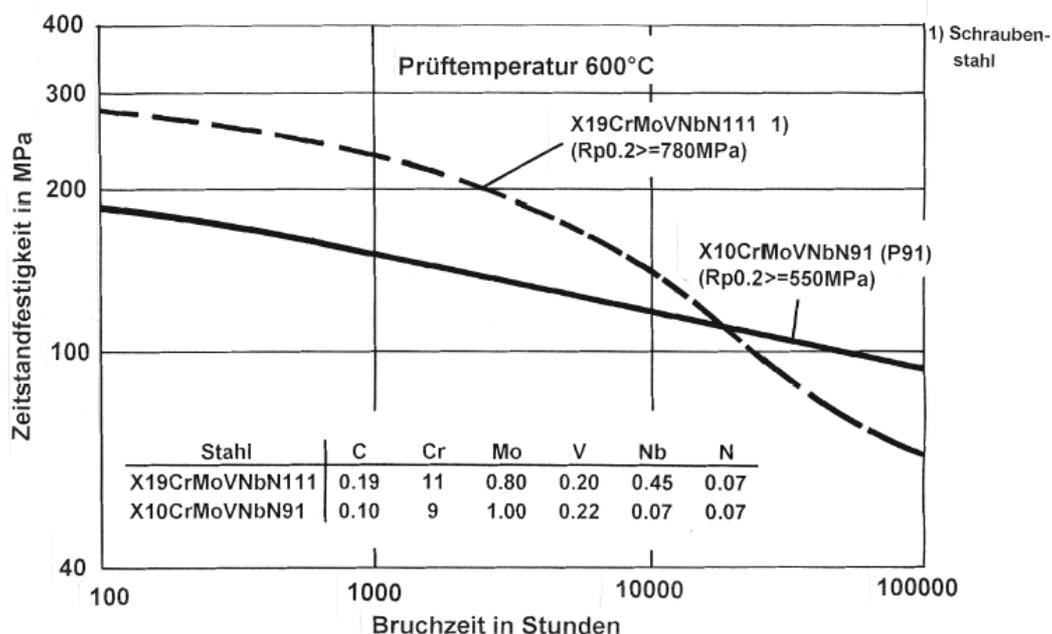
Als Beispiel für die erzielten Ergebnisse und die Notwendigkeit der langzeitigen Zeitstandversuche soll hier das Verhalten des hochfesten Schraubenwerkstoffes X19CrMoVNbN11-1 erwähnt werden, der unerwartete Effekte infolge mikrostruktureller Gefügeänderungen zeigt. Es wurde ermittelt, dass der Werkstoff einen so genannten „S“-Schlag im Zeitstandverhalten zeigen kann, der in seiner Ausprägung bei z.B. 600°C für Zeiten ab 30.000h beobachtbar wird. Durch sein spätes Auftreten und die gravierende Änderung der Isothermenform liefert er die besten Argumente für die Langzeitprüfung und damit realistische Extrapolation auf auslegungsrelevante Zeiten >100.000h (siehe Bild unten).

Ausgehend von seinem exzellenten Relaxationsverhalten ist zusätzlich die Frage der Kerbversprödung zu beachten. Treten Kerbversprödungseffekte auf, ermittelt über parallel zu glatten Proben geprüften Standard-Kerbproben in der Erwartung einer längeren Laufzeit als für die glatten Prüflinge, sind diese zu quantifizieren und durch geeignete Herstellungsmaßnahmen zu vermeiden oder zu minimieren. Für den Einsatz in der Praxis kann dieses Kriterium zu einem Ausschluss der Legierung für die Anwendung bei Schrauben mit der scharfen Kerbwirkung im Gewindegrund führen. Für den X19 konnten entsprechende Optimierungen identifiziert werden.

Die hochlegierten 9-12%CrMoV-Stähle lassen ein großes Entwicklungspotenzial erkennen, dass bereits neue 600-620°C Legierungen hervorgebracht hat. Sie verdeutlichen aber gleichzeitig aufgrund der zunehmenden Komplexität der Legierungszusammensetzung die Empfindlichkeit für Balancen mit möglichen großen Auswirkungen auf die Eigenschaften, die erkannt und für die Einstellung einer sicheren Fertigung bewusst gestaltet werden müssen.

Die Langzeitprüfungen der W3 werden in den Prüfstellen der Arbeitsgemeinschaft durchgeführt. Die Ergebnisse werden vom Arbeitskreis 1 bis 2-mal jährlich zusammengestellt und in Arbeitskreissitzungen diskutiert.

Der Arbeitskreis wirkt gleichzeitig als Plattform für den Informationsaustausch von Werkstoff-Fachleuten der Erzeuger- und Verbraucherseite im Bereich Energiemaschinenbau. Er bildet das Spiegelgremium zu der entsprechenden europäischen Arbeitsgruppe in der ECCC.



Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W10: Hochtemperaturverhalten unter veränderlicher Beanspruchung**

Dipl.-Ing. Martin Reigl, Alstom Power

Die Projektgruppe W10 (Hochtemperaturverhalten unter veränderlicher Beanspruchung) beschäftigt sich mit dem Zeitstandverhalten unter veränderlicher Beanspruchung und dem Langzeitdehnwechselverhalten von Hochtemperaturstählen in der Kraftwerkstechnik. In Zusammenarbeit von Universität und Herstellern von Turbinen, Rohrleitungen und Kesseln werden anhand von Experimenten praktisch anwendbare Regeln zur verbesserten Auslegung und Berechnung von thermisch und mechanisch beanspruchten Komponenten der Kraftwerkstechnik erstellt.

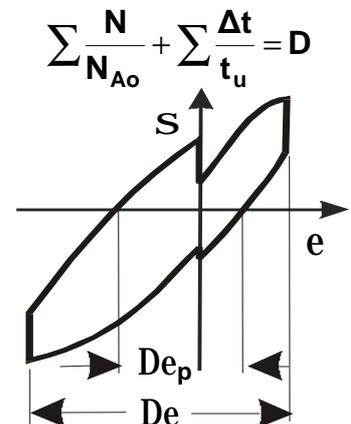
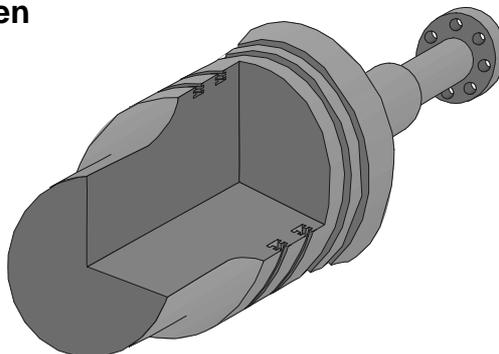
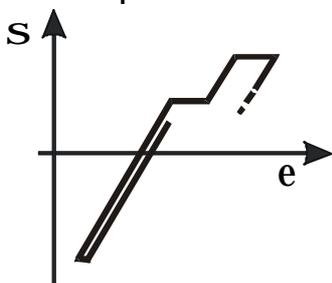
In diesem Jahr wurde das Vorhaben "Regelloses Zeitstandverhalten" (AVIF-Nr. A123) abgeschlossen. Ziel dieses Vorhabens war es, eine Methodik zu entwickeln und die erforderlichen Materialparameter im Versuch zu bestimmen, um während des Betriebes eines Bauteiles fortlaufend den Lebensdauerverbrauch bei regelloser Zeitstandsbeanspruchung mit gelegentlich auftretender überelastischer Beanspruchung zu ermitteln (Lebensdauerzähler). Es wurden dazu Normalzeitstandsversuche, Zeitstandsversuche mit einstufiger oder mehrstufiger Spannungs- oder Temperaturänderung und Zeitstandsversuche mit regelloser Temperatur- und Spannungsänderung, die auf Betriebsaufzeichnungen basieren, durchgeführt. Die Berechnungsmethodik und die Materialparameter sind in das Programm LARA S überführt worden, das ein einfach zu benutzendes Werkzeug für den Anwendungsberechner darstellt. In ihm sind die Daten der Werkstoffe 15Mo3, 13CrMo4-4, 10CrMo9-10, 21CrMoV5-11, G17CrMoV5-10, 1%-CrMo(Ni)V-Stähle, X20CrMoV12-1, X22CrMoV12-1,

X12CrMoWVNbN10-1-1, X6CrNiMo17-13, X3CrNiMoN17-13 und X10CrMoVNb9-1 implementiert.

Im Vorhaben "Konstitutive 1D-Gleichungen zur Beschreibung des zyklischen und regellosen Zeitstandsverhaltens warmfester Kraftwerksstähle" (AVIF-Nr. A174), das dieses Jahr begonnen wurde, werden auf der Basis von konstitutiven Gleichungen Berechnungsverfahren zur Abschätzung des Lebensdauerverbrauches von warmfesten Stählen aus dem Kraftwerks- und Anlagenbau aufgestellt und verbessert.

Kriechermüdung für betriebsähnliche Beanspruchung an der beheizten Oberfläche massiver Bauteile wird im Vorhaben "Betriebsähnliches Langzeitdehnwechselverhalten wichtiger Stahlsorten" (AVIF-Nr. A165) untersucht. Die in Vorgängervorhaben erarbeitete Beschreibung mit Hilfe der verallgemeinerten Schadensakkumulationshypothese wird nun um die Stahlsorten 1%-CrMoNiV, 12%-CrMoV, (G-)10%-CrMo(W)VNbN, 9%-CrMo(W)VNb und um Schmelzen der Stähle G17CrMoV5-10 und 23CrMoNiWV8-8 ausgedehnt. Zudem wird diese jetzt auf die jeweiligen, kompletten wesentlichen Temperaturbereiche und auf variable Dehnraten erweitert. Neben ein- und mehrstufigen betriebsähnlichen isothermen Dehnzyklen werden auch entsprechende anisotherme Zyklen experimentell untersucht. Die Erkenntnisse dieses Vorhabens werden in der Version 4 des Anwenderprogramms SARA zur Lebensdauer vorhersage implementiert und werden so schnell und einfach für die praktische Anwendung in der Industrie verfügbar sein.

$\dot{\epsilon} = f(T, s, s_i)$  mit  $\dot{\epsilon} = f(T, s, s_i)$   
 $s_i$  : innere Variablen



Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W11: Relaxationsverhalten**

Dipl.-Ing. Martin Reigl, Alstom Power

Die Projektgruppe W11 befasst sich mit Fragestellungen zum Relaxationsverhalten von warmfesten Stählen und setzt sich derzeit aus Vertretern der Industrie (Alstom und Siemens), der VGB und der Forschungsinstitute zusammen. Wesentlicher Schwerpunkt in den vergangenen Jahren war die industrielle Betreuung der an der MPA Stuttgart unter Beteiligung der Firmen Alstom, Nürnberg, Alstom,

Baden, und Siemens, Mülheim, unter der Obmannschaft von H. König (Alstom Nürnberg, bis Dez. 2000), Dr. E. Mazza (Alstom Baden, bis Dez. 2001) und M. Reigl (Alstom, Baden, seit Januar 2002) durchgeführten Forschungsvorhaben zur Untersuchung des Relaxationsverhaltens von Rohrflanschen, Bild 1.

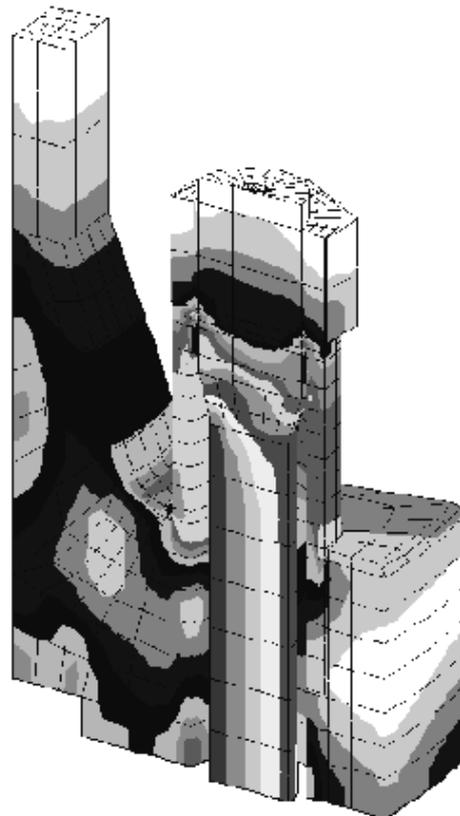
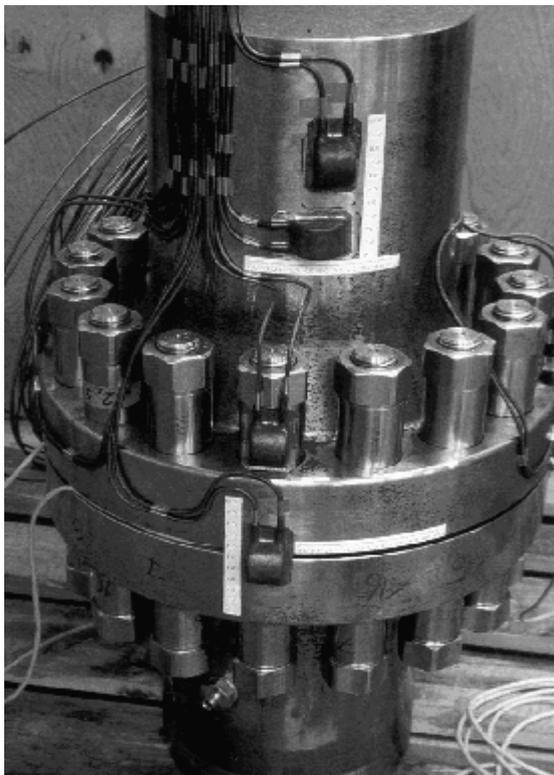


Bild 1: a) Modellkörper einer Rohrflanschverbindung mit kapazitiven HT-DMS  
b) FEM-Modell einer Rohrflanschverbindung

Die experimentellen Ergebnisse werden hierbei durch eine Berechnung mittels der Finiten Elemente Methode ergänzt. Die Anwendung von Computersimulationen in Verbindung mit Experimenten liefert weiterführende Vorhersagemöglichkeiten für das Bauteilverhalten komplexer Geometrien. In der Simulation sind deutlich die unterschiedlichen Beanspruchungsverhältnisse wie beispielsweise die überlagerte Biegebeanspruchung im Schraubenschaft zu erkennen. Als Ergebnisse der Vorhaben steht neben allgemeinen Erkenntnissen zum langzeitigen Relaxationsverhalten und der Ermittlung von Restspannun-

gen ein Finite-Elemente-basiertes, experimentell verifiziertes Werkzeug zur Berechnung des langzeitigen Verhaltens von Rohrflanschen zur Verfügung.

Die Projektgruppe dient neben der industriellen Begleitung der Forschungsprogramme auch als Diskussionsforum mit anderen Instituten und als Spiegelausschuß für Aktivitäten im Rahmen der Europäischen Zusammenarbeit. Daneben befasst sich der Arbeitskreis mit allgemeinen Fragen zur aktuellen Normung.

Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W12: Restlebensdauer**

Dipl.-Ing. Bernd Hahn, Vallourec&Mannesmann Deutschland GmbH

Aufgabe der Projektgruppe W 12 ist die Forcierung des wissenschaftlich-technischen Erkenntnisstandes auf dem Gebiet der Restlebensdaueranalyse von zeitstandbeanspruchten Komponenten im Bereich der Dampf- und Drucktechnik sowie die Sicherstellung des Erfahrungsaustausches auf diesem Gebiet zwischen Stahlhersteller und Stahlanwender. Der Projektgruppe gehören 18 Vertreter aus den Bereichen der Stahlherstellung, der Werkstoffforschung, des Kraftwerksbaues und der Kraftwerksbetreiber an.

Arbeitsschwerpunkt der letzten Jahre bildete die fachliche und gutachterliche Betreuung der von der AVIF und AIF geförderter Forschungsvorhaben zur Quantifizierung von Schädigungsprozessen zeitstandbeanspruchter Werkstoffe und daraus gefertigter Komponenten sowie die Sicherstellung der Ergebnismutzung in technischen Regelwerken.

Gegenwärtiger Arbeitsschwerpunkt bildet die fachliche Begleitung und gutachterliche Betreuung des AVIF Forschungsvorhabens A 152 "Charakterisierung der Schädigungsentwicklung zur Lebensdauerüberwachung von Rohrleitungskomponenten aus den neuen 9% Cr-Stählen (X10CrMoVNb9-1 und X11CrMoWVNb9-1-1)".

In den jährlich zweimal stattfindenden Projektgruppensitzungen werden neben der Betreuung vorgenannter Forschungshaben aktuelle Schadensfälle diskutiert und ein regelmäßiger Erfahrungsaustausch zu Fragen der Schädigungsbeurteilung und neuen Untersuchungsmethoden geführt. Die Mitglieder sind an der Ausarbeitung technischer Regeln anderer Fachverbände, wie des FDBR oder der VGB beteiligt.

Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W15: Fachausschuss Warmfeste Werkstoffe**

Dr.-Ing. Peter Seliger, Siempelkamp Prüf- und Gutachtergesellschaft mbH

Die Projektgruppe W15 der AGW des VDEh besteht aus den Mitgliedern des Fachausschusses „Warmfeste Werkstoffe e.V.“. Dieser Fachausschuss wurde 1990 als eingetragener Verein beim Kreisgericht in Dresden angemeldet und ist der Nachfolger des im Jahre 1960 gegründeten Fachunterausschusses „Warmfeste Werkstoffe“ der Montanwissenschaftlichen Gesellschaft der Kammer der Technik (KdT) der DDR. Dieser Fachunterausschuss organisierte die Zusammenarbeit der damals in der DDR existierenden 11 Zeitstandlabors und weiterer interessierter Institutionen. Eine wesentliche Aufgabe bestand darin, Zeitstanddaten zu ermitteln, auszutauschen und einer Auswertung zuzuführen. Sämtliche Zeitstand-Kenndaten der Technischen Güte- und Lieferbedingungen (TGL) der DDR wurden von diesem Gremium geschaffen.

Die Projektgruppe 15 besteht derzeit aus 34 Mitgliedern, wobei an den halbjährlich stattfindenden Sitzungen durchschnittlich ca. 20 Mitglieder anwesend sind. Die Mitglieder kommen überwiegend aus dem

mittel- und ostdeutschen Raum. Ein Teil der Mitglieder dieser Projektgruppe arbeitet darüber hinaus in weiteren Projektgruppen der AGW mit. Im September 2002 wurde, diesmal in Cottbus, bereits die 95. Arbeitssitzung abgehalten.

Die Projektgruppe 15 ist eine Plattform für den Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der warmfesten Stähle zwischen Forschungsstellen, Industrie-Instituten, Überwachungsorganen sowie Herstellern und Betreibern von warmgehenden Anlagen. Die angesprochenen Themen sind aus diesem Grunde recht vielfältig. In der Regel werden auf den Sitzungen von den Mitgliedern 3 bis 4 Fachvorträge gehalten. Darüber hinaus wird über Tagungen und Seminare berichtet und auf Veröffentlichungen hingewiesen. Des Weiteren erfolgt ein Austausch von Information bezüglich Änderungen in den geltenden Regelwerken.

Eine wesentliche Aufgabe besteht in der Herstellung von Verbindungen zu den anderen Projektgruppen der AGW des VDEh.

Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

**PG W13: Prüftechnik und Auswertungsfragen**

Dipl.-Ing. Michael Schwienheer, IfW TU Darmstadt

Die Projektgruppe W13 erarbeitet im Rahmen der Arbeitsgemeinschaften Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung von Hochtemperaturversuchen. Diese Empfehlungen sind in den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaften verankert und tragen zur Ermittlung verlässlicher und vergleichbarer Kennwerte der verschiedenen deutschen Prüfstellen bei.

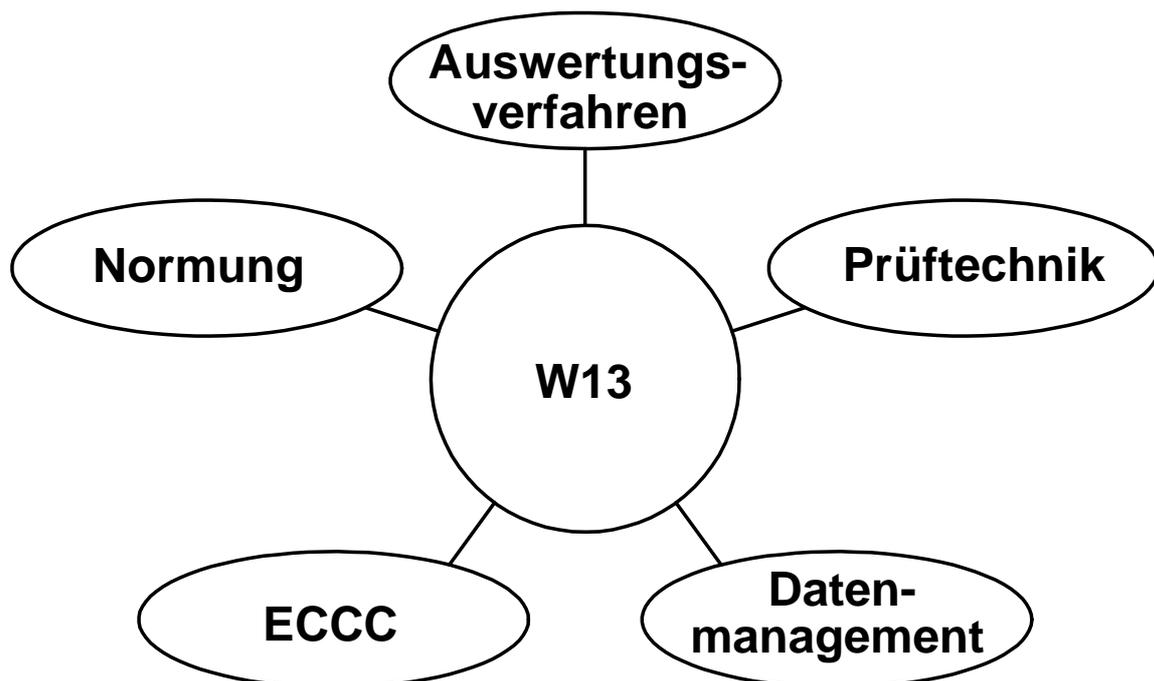
Ein wichtiges Ziel der Projektgruppe ist die Erarbeitung von **Regeln zur Durchführung von Hochtemperaturversuchen**, wie z.B. Warmzug-, Zeitstand-, Relaxations-, LCF- und HCF-Versuchen. Dabei werden sowohl versuchstechnische Aspekte wie Belastungsaufbringung, Einhaltung von Messunsicherheiten der Prüfparameter und Messdatenerfassung behandelt, als auch die Fortentwicklung von Proben unterschiedlicher Art. Diese Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit Normungsausschüssen. Als Beispiel seien hier die Normen DIN EN 10 291 und ISO 204 zur Durchführung von Zeitstandversuchen genannt, in denen die Ergebnisse dieser Arbeiten fließen.

Eine weiteres wichtiges Ziel der Projektgruppe ist die Erarbeitung von **Auswertungsverfahren** von Hochtemperaturversuchen. Dabei steht die Ermittlung von verlässlichen Kennwerten und Auslegungsdaten im

Vordergrund. In Vergleichsstudien wird die Zuverlässigkeit von grafischen und numerischen Auswertungsverfahren untersucht und Empfehlungen für minimale Datenbelegung und zulässige Extrapolationsverhältnisse entwickelt. Es werden auch spezielle Anwendungsfälle betrachtet. So werden Fragen der Zeitstandprüfung und -auswertung von Schweißverbindungen behandelt, ebenso wie der Einfluss der Herstellung von Schweißverbindungen auf die Zeitstandfestigkeit. Z. Zt. wird an Empfehlungen zur anwendungsbezogenen Beschreibung des Kriechverhaltens gearbeitet, die zur Auslegung, Berechnung und Überwachung von Hochtemperaturbauteilen verwendet werden können.

Die Projektgruppe W13 beschäftigt sich auch mit dem **Datenmanagement** und dem **Datenaustausch** mithilfe anwenderfreundlicher Datenaustauschformate.

Im zunehmenden Maße befasst sich die Projektgruppe W13 auch mit Fragen der **Harmonisierung** von Prüf- und Auswertungsverfahren auf europäischer Ebene, die in dem „European Creep Collaborative Committee“ (ECCC) behandelt werden. Als aktuelles Beispiel sei hier die Entwicklung einer einheitlichen Probengeometrie für Kerbzeitstandversuche genannt.



Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle

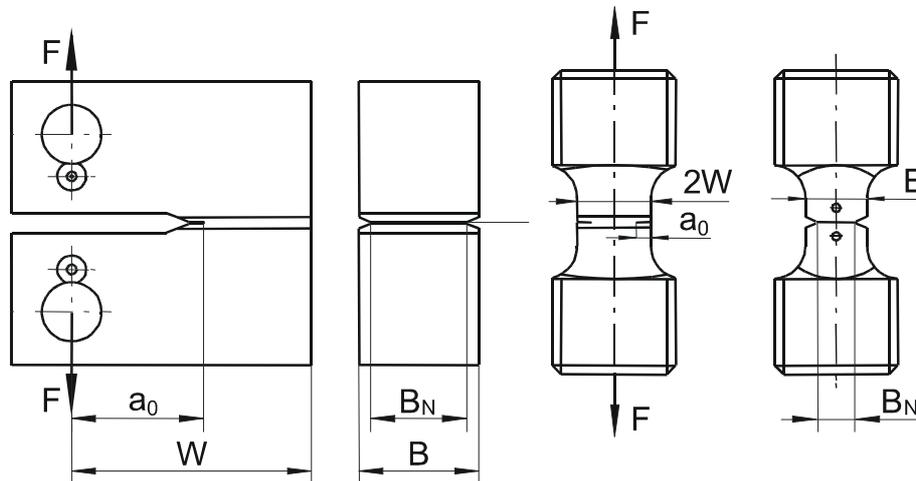
**PG W14: Hochtemperaturrissverhalten/ Kriechrisswachstum**

Dr.-Ing. Jürgen Ewald

Die Gruppe W14 wurde 1984 als Industriebegleitender Arbeitskreis gegründet, als die ersten gemeinschaftlichen Forschungsprogramme des IfW Darmstadt und der MPA Stuttgart zum Thema Hochtemperatur-Risseinleitung und -wachstum genehmigt waren. Seitdem sind zahlreiche über AiF/VDEh und AVIF/VDMA geförderte Forschungsprogramme bearbeitet worden.

Hauptziel war die Untersuchung sehr unterschiedlicher Groß- und Kleinproben (siehe Bild unten) hin-

sichtlich der Beschreibbarkeit von Risseinleitung und Risswachstum unter Kriech- bzw. Kriechermüdigungsbeanspruchung mit unterschiedlichen Konzepten. Hierzu wurde der linear-elastische Parameter  $K_I$  sowie das wegunabhängige Linienintegral  $C^*$  in verschiedenen Versionen verwendet. Neben der analytischen Beschreibung wurden auch numerische Beschreibungen mittels 2- bzw. 3-dimensionaler FE-Berechnungen durchgeführt.



Typ	CT						CNT	DENT			
Design	Cs12	Cs20	Cs25	Cs60	Cs55	CT100	C15	D9	D15	D30	D60
W (mm)	25	40	50	100	110	200	10	5	10	22	50
$a_0/W$	0,4-0,55						0,2-0,4	(0,05)	0,1	0,6	(0,1/0,2/0,4)
$K_{I,ldo}/S_{n,pl}$ (Siebel)	2,1	3,8	4,3	7,7		9	1,8-2,2	1,8	2,2	3,5	4/5/5,5

**Bild:** Probenotypen zur Bestimmung des Kriechrissverhaltens

Für die Ermittlung des Zeitpunktes der Risseinleitung wurde außerdem die Anwendbarkeit eines von der Fa. Siemens vorgeschlagenen 2-Kriterien-Diagramms ( $K_I$  zur Beschreibung der Rissgeometrie/Rissspitzenschädigung und  $\sigma_{np}$  zur zusätzlichen Bewertung der Fernfeld-/Ligamentbeanspruchung) nachgewiesen.

Zurzeit liegen Daten von 9 Werkstoffen vor: 1%CrMoV (2), 12%Cr (2), 11%CrNi 450°C (1), neue 10%Cr-Stähle (4), vor. Die Werkstoffe sind im Idealfall (1%CrMoV) für Risswachstum bis ca. 60.000 h, für Risseinleitung bis ca. 25.000 h untersucht.

Die vorliegenden Daten erlauben die Abschätzung von Kriechriss-Einleitung mit dem einfach anzuwendenden, konservativ angelegten 2-Kriterien-Diagramm und mit der  $C^*$ -Methode. Risswachstum kann ebenfalls mit dem  $C^*$ -Parameter bestimmt werden.

In letzter Zeit sind die Konzepte auf Kriechermüdigungs-Rissbeschreibung erweitert worden. Risseinleitung kann mit einem modifizierten 2-Kriterien-Diagramm, Risswachstum mit einer Akkumulationsregel über  $C^*$  bestimmt werden.

Gegenwärtig werden Daten für weitere Werkstoffe (1%CrMoV-Guß, Nickelbasiswerkstoffe), zur Absicherung der neuen Konzepte und zum Einfluss von inerter Atmosphäre erarbeitet.

Die Projektgruppe dient neben der industriellen Begleitung der Forschungsprogramme auch als Diskussionsforum mit anderen Instituten und als Spiegelausschuss für Aktivitäten im Rahmen der Europäischen Zusammenarbeit.

## Prüfstellen der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle und der Arbeitsgemeinschaft für Hochtemperaturwerkstoffe



**Institut für Werkstoffkunde**

*Leitung: Prof. Dr.-Ing. C. Berger*

<http://www.tu-darmstadt.de/mpa-ifw.html>

Abteilung Hochtemperaturwerkstoffe  
 Dr. A. Scholz, Tel. 06151-162451

E-Mail: [Scholz@ifw.tu-darmstadt.de](mailto:Scholz@ifw.tu-darmstadt.de)



TECHNISCHE  
 UNIVERSITÄT  
 DARMSTADT

**Grafenstraße 2**

**D-64283 Darmstadt**

Das **Institut für Werkstoffkunde (IfW)** und die **Staatliche Materialprüfungsanstalt (MPA)** mit insgesamt 135 Mitarbeitern bilden an der Technischen Universität eine leistungsstarke wissenschaftliche Einheit in Forschung, Lehre, Entwicklung, Prüfung und Beratung als unabhängiges Kompetenzzentrum für das Gebiet der Werkstofftechnik.

Die **Abteilung Hochtemperaturwerkstoffe** des IfW betreibt mit über 1 800 Prüfplätzen eines der größten Hochtemperaturlabore Europas. Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit nationaler und internationaler Beteiligung befassen sich mit dem Hochtemperaturverhalten unterschiedlichster Werkstoffe des thermischen Maschinen- und Anlagenbaus sowie der Verkehrstechnik und der Beurteilung der Lebensdauer von Bauteilen unter statischer und zyklischer Beanspruchung.

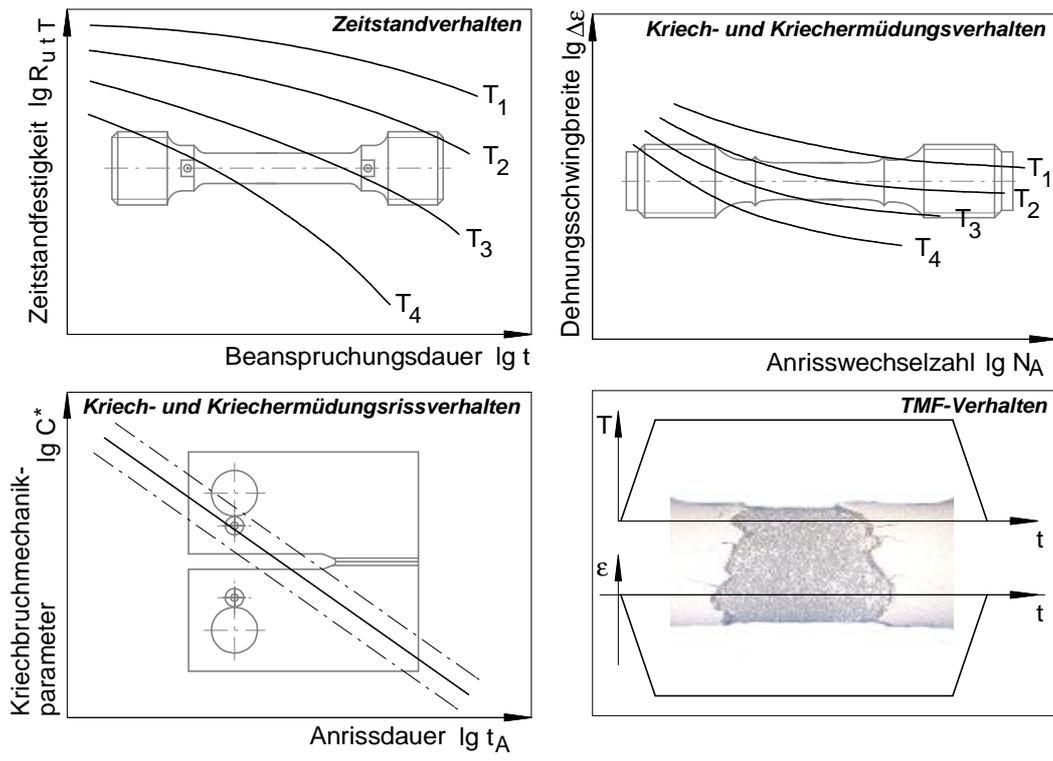
### Forschung

- Modellierung des statischen und zyklischen Kriech- und Zeitstandbruchverhaltens
- Formulierung und Verifizierung von Gesetzen für

Verformung und rechnerischer bzw. mikrostruktureller Schädigung unter überlagerter Ermüdungs- und Kriechbeanspruchung, mehraxial sowie unter thermomechanischer Beanspruchung und auch an Schutzschichten

- Entwicklung von rechnergestützten Auswertungsverfahren zur Bauteilauslegung und Lebensdauerprognose
- Formulierung und Verifizierung von Risseinleitungs- und Rissfortschrittsgesetzen als Grundlage für Bauteilberechnungen unter Anwendung inelastischer Finit-Element-Methoden

**Dienstleistung** für die Arbeitsgemeinschaften Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe: Die Dienstleistungen des IfW Darmstadt umfassen die Durchführung von Zeitstandversuchen in Vielprobenprüfmaschinen (bis zu Prüftemperaturen von 1000°C) und in Zeitstandeinzelprüfmaschinen (bis 1300°C) nach DIN EN 10291, begleitende Warmzugversuche (DIN EN 10002, T. 5) sowie Ermüdungsversuche bis 1200 °C nach DIS 12106 und außerdem die Berichterstattung.



## Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle / Forschungsvereinigung Hochtemperaturwerkstoffe 25. Vortragsveranstaltung am 22. November 2002

### **Normungsarbeit**

Im Zusammenhang mit den Prüfungs- und Forschungsaufgaben war und ist das IfW maßgeblich an der Entwicklung nationaler und internationaler Regelwerke aktiv beteiligt. Im Einzelnen handelt es sich um Normen für den Zeitstandversuch und

Relaxationsversuch sowie Prüfvorschriften für Hochtemperaturversuche an ein- und mehraxial beanspruchten Proben, wie sie u. a. auch im Rahmen der Europäischen Arbeitsgemeinschaft ECCC entwickelt werden.

### **Staatliche Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart**

**MPA** Forschen  
Prüfen  
Lehren  
**STUTT GART** Seit 1884

Staatliche Materialprüfungsanstalt  
Universität Stuttgart  
Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. E. Roos

Die im Jahre 1884 gegründete MPA Stuttgart ist ein Institut der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart. Die in der Gründungszeit vorrangige Aufgabe Werkstoffe zu prüfen, wandelte sich im Lauf der Geschichte der MPA in vielfältiger Weise. Heute ist die MPA mit über 200 Mitarbeitern ein international tätiges „Unternehmen“, das Dienstleistungen wie Zertifizierungen, Zulassungen, Qualitätssicherung aber auch Entwicklungsarbeiten bei der Herstellung und dem Betrieb von technischen Anlagen anbietet. Die Basis dieses Angebots bildet die praxisnahe Grundlagenforschung, die z.B. im Bereich der Energietechnik, bei der Werkstoffoptimierung und -qualifizierung, bei der Berechnung und Simulation von Schädigungs- und Versagensvorgängen eine Spitzenstellung einnimmt. Sehr frühzeitig hat sich die MPA Stuttgart die Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung zu Nutze gemacht. Im Bereich der Werkstoff- und Bauteilprüfung werden rechnergesteuerte Prüfmaschinen eingesetzt, mit denen praxisnahe Belastungssimulationen durchgeführt werden können. Die Berechnung von Beanspruchung und Versagen erfolgt mittels modernster EDV-Methoden auf der Grundlage universaler Werkstoffgesetze. Dies ermöglicht die numerische Simulation von Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen, die Beschreibung der Auswirkung von unterschiedlichen Betriebsbedingungen auf die Beanspruchungssituation bzw. von Versagensvorgängen im Mikro- als auch im Makrobereich von Bauteilen und damit die ganzheitliche Beurteilung von technischen Produkten von der Herstellung bis zum betrieblichen Versagen. Auf dieser Basis sind angepasste zielorientierte Qualitätssicherungs- sowie zustandsorientierte Instandhaltungsmassnahmen definierbar. Die MPA Stuttgart ist nach DIN-EN 17025 akkreditiert und ist ein notifiziertes Prüflabor der europäischen Druckbehälterverordnung.



Zu den Dienstleistungen für die Arbeitsgemeinschaft warmfeste Stähle zählen zunächst die im der Abteilung Werkstoffverhalten angegliederten Zeitstandlabor durchgeführten Zeitstandversuche nach DIN-EN 10291 sowie begleitende Warmzugversuche nach DIN-EN 10002. Daneben ist die MPA teilweise in Zusammenarbeit mit den anderen Prüfstellen ausführendes Institut bei zahlreichen Forschungsprojekten zur Ermittlung von Werkstoffeigenschaften bei hohen Temperaturen, der Qualifizierung von Werkstoffen und deren Schweißverbindungen, zur experimentellen und mikrostrukturellen Untersuchung der Schädigungsentwicklung und der Klärung von Fragen im Zusammenhang mit Lebensdauer und Erschöpfungsanalyse. Diese Projekte, über die regelmäßig auf der Vortragsveranstaltung berichtet wird, werden teilweise von Projektgruppen der Arbeitsgemeinschaft betreut bzw. liefern Daten, die Eingang in die Datenbank der AGW finden. Weiterhin werden Forschungsergebnissen auch in die aktuelle Normungsarbeit umgesetzt. Die Arbeit des European Collaborative Creep Committee wird von der MPA Stuttgart durch Mitwirkung in verschiedenen Arbeitsgruppen aktiv mitgestaltet.

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

E-Mail: [Karl.Maile@MPA.Uni-Stuttgart.de](mailto:Karl.Maile@MPA.Uni-Stuttgart.de)

## Prüfstelle: Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH Dresden (SPG)



Die Siempelkamp- Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH (SPG) ist aus dem ehemaligen Forschungszentrum des Kraftwerksanlagenbaus der DDR hervorgegangen und seit dem Verkauf durch die Treuhand im Jahr 1995 ein privatwirtschaftlich geführtes Tochterunternehmen der Siempelkamp-Gruppe (Hauptsitz in Krefeld/ NRW).

SPG betreibt in Dresden unter anderem ein Zeitstandlabor mit 145 einsträngigen Versuchsanlagen. Ein Teil der Anlagen ist mit Vorrichtungen zur Dehnungsmessung im nicht unterbrochenen Versuch ausgerüstet. Ein weiterer Teil der Anlagen ist zur Durchführung von Kriechermüdungsversuchen ein-

gesetzt. Dabei werden die Laststränge mittels hydraulischer Steuerung zeitabhängig be- und entlastet.

Sämtliche Zeitstandversuchsanlagen befinden sich in klimatisierten Labors. Pro Anlage können je nach Probenabmessung bis zu drei Proben geprüft werden. Die Temperaturen aller eingebauten Proben werden online mittels Thermoelementen Typ S und angeschlossenem Datenlogger erfasst. Die Regelung der dreizonigen Öfen erfolgt über digitale Regler.

Das Zeitstandlabor ist seit 1992 akkreditiert. Nicht zuletzt durch die Mitarbeit in nationalen (AGW des VDEh) und internationalen Gremien (ECCC) erfolgt eine ständige Weiterentwicklung der Versuchs- und Auswertungstechniken.

SPG verfügt darüber hinaus über umfangreiche zerstörende und zerstörungsfreie Prüfmöglichkeiten, über ein leistungsfähiges Labor zur Durchführung von Bauteilversuchen und über eine Berechnungsabteilung zur Durchführung von inelastischen und thermodynamischen FEM-Berechnungen.

Internet: <http://www.siempelkamp.de>

E-Mail: [Peter.Seliger@Siempelkamp.com](mailto:Peter.Seliger@Siempelkamp.com)

## European Creep Collaborative Committee (ECCC)

In nahezu allen Projektgruppen der Arbeitsgemeinschaft für warmfeste Stähle gibt es enge Zusammenarbeit mit dem European Creep Collaborative Committee (ECCC) mit dem Ziel, europaweit gemeinsame Prüfungen einzuleiten und die Ergebnisse erörtern zu können. Eine ausführliche Abhandlung über die Ziele und Aufgaben der ECCC ist für die 26. Vortragsveranstaltung „Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“ im November 2003 geplant.

