

## Zum Thema

Beim Einsatz metallischer Werkstoffe für Bauteile in technischen Konstruktionen tritt eine Wechselverformung auf, die zu einer allmählichen Schädigung des Werkstoffs und letztendlich zum Bauteilversagen führen kann. Für die bei zyklischer Beanspruchung erfolgende Werkstoffveränderung hat sich der Begriff Ermüdung eingebürgert, der im Alltagsleben leider häufig in direktem Zusammenhang mit Schadensfällen Verwendung findet.

Systematische Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe werden bereits seit der ersten Hälfte des vorletzten Jahrhunderts durchgeführt, wobei solch unterschiedliche Disziplinen wie Werkstoffwissenschaft, Maschinenbau, angewandte Physik und angewandte Mathematik involviert sind. Nicht zuletzt aufgrund der Komplexität der bei der Materialermüdung zusammenwirkenden Vorgänge finden die gewonnenen Erkenntnisse nur zögerlich und sehr eingeschränkt Eingang in die industrielle Praxis.

In der Fortbildungsveranstaltung werden den Teilnehmern die verschiedenen Aspekte der Thematik Materialermüdung auf der Basis der zugrundeliegenden werkstoffkundlichen Vorgänge dargestellt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Werkstoffeinsatz und die Werkstoffauslegung aufgezeigt.

Durch die Vorträge mit Vorlesungscharakter soll primär ein solides Grundverständnis unter Berücksichtigung des multidisziplinären Charakters des Themas vermittelt werden.

Ausgewählte Demonstrationsversuche dienen zur Illustration und Vertiefung der Vortragsinhalte und zeigen die modernen Versuchstechniken und Untersuchungsmethoden, die zur Charakterisierung des Ermüdungsverhaltens metallischer Werkstoffe Anwendung finden. Die Fortbildungsveranstaltung wendet sich bevorzugt an Werkstoffingenieure, Metallkundler, Physiker und Maschinenbauingenieure, die mit materialkundlichen und/oder konstruktiven Fragestellungen befasst sind.

## Dozenten

Das Fortbildungsseminar steht unter der fachlichen Leitung von **Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Christ** vom Institut für Werkstofftechnik der Universität Siegen.

Weitere Dozenten und Betreuer der Demonstrationsversuche sind:

**Dipl.-Ing. M. Cremer**  
**Dipl.-Ing. A. El-Chaikh**  
**Dipl.-Ing. A. Grigorescu**  
**Dipl.-Ing. B. Gorr**  
**Dipl.-Ing. H. P. Dressel**  
**Dipl.-Ing. A. Ohrndorf**  
**M. Stenke**  
**Dipl.-Wirt.-Ing. K. Wackermann**  
**Dr.-Ing. M. Zimmermann**  
Institut für Werkstofftechnik,  
Universität Siegen

**Prof. Dr.-Ing. C.-P. Fritzen**  
Institut für Mechanik und  
Regelungstechnik -Mechatronik-  
Universität Siegen

**Prof. Dr.-Ing. H. Idelberger**  
**Dipl.-Ing. W. Menn**  
**Dipl.-Ing. T. Minor**  
Institut für Konstruktion,  
Universität Siegen

**Prof. Dr.-Ing. habil. D. Eifler**  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde,  
Universität Kaiserslautern

**Prof. Dr.-Ing. habil. U. Krupp**  
Fakultät Ingenieurwissenschaften  
und Informatik, Fachhochschule  
Osnabrück

**Prof. Dr.-Ing. H. J. Maier**  
Lehrstuhl für Werkstoffkunde,  
Universität Paderborn

## Teilnehmerhinweise

Das Fortbildungsseminar findet an der Universität Siegen statt, die im Stadtteil Siegen-Weidenau (Haardter Berg) liegt. Die Vorträge finden in den Räumlichkeiten des Artur-Woll-Hauses der Universität Siegen und die Demonstrationsversuche in den Laborräumen des Instituts für Werkstofftechnik, Paul-Bonatz-Straße 9-11, statt.

Da der Teilnehmerkreis des Praktikums auf 24 Plätze begrenzt ist, erfolgt die Registrierung nach dem Eingangsdatum der Anmeldung. Die Teilnahmegebühr bitten wir erst nach Erhalt der Bestätigung unter Angabe des Namens des Teilnehmers und der kompletten Rechnungsnummer auf eines der DGM-Konten zu überweisen.

Informationen zur Zimmerbestellung erhalten Sie mit den Bestätigungsunterlagen.

Weitere Informationen erhalten Sie bei:

Deutsche Gesellschaft für  
Materialkunde e.V.  
Niels Parusel  
Senckenberganlage 10  
D-60325 Frankfurt  
Telefon: +49-(0)69-75306-757  
Zentrale: +49-(0)69-75306-750  
Telefax: +49-(0)69-75306-733  
E-Mail: np@dgm.de  
http://www.dgm.de

**Teilnahmegebühr:**  
1.350,- EURO

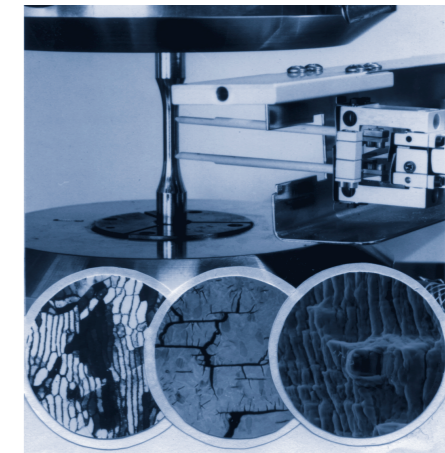
**Teilnahmegebühr für  
DGM-Mitglieder:**  
Persönliche DGM-Mitglieder bzw.  
1 Mitarbeiter eines DGM-Mitglieds-  
institutes / DGM-Mitgliedsunter-  
nehmens: 1.250,- EURO

In der Teilnahmegebühr sind enthalten:  
• Seminarunterlagen  
• Pausengetränke  
• ein gemeinsames Abendessen\*  
• Mittagessen\*  
(\* Alle Preise verstehen sich inkl. 19% MwSt.)

**Teilnahmebedingungen:**  
Mit der Anmeldung werden die nachfolgenden Teilnahmebedingungen verbindlich anerkannt. Abmeldungen müssen schriftlich erfolgen. Bei Abmeldungen bis 30 Tage vor Veranstaltungsbeginn beträgt die Bearbeitungsgebühr pauschal 100 Euro. Danach beträgt die Stornierungsgebühr 50% der Teilnahmegebühr. Die Stornierung muss 10 Tage vor Veranstaltungsbeginn vorliegen, anderenfalls ist die volle Teilnahmegebühr zu zahlen. In diesem Fall senden wir die Veranstaltungsunterlagen auf Wunsch zu. Es ist möglich, nach Absprache einen Ersatzteilnehmer zu benennen. Muss eine Veranstaltung aus unvorhersehbaren Gründen abgesagt werden, erfolgt eine sofortige Benachrichtigung. In diesem Fall besteht nur die Verpflichtung zur Rückerstattung der bereits gezahlten Teilnahmegebühr. In Ausnahmefällen behalten wir uns den Wechsel von Referenten und/oder Änderungen im Programmablauf vor. In jedem Fall beschränkt sich die Haftung der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. ausschließlich auf die Teilnahmegebühr.

## Fortbildungsseminar

# Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe



# 26.-28. März 2012



Siegen

Institut für Werkstofftechnik  
Universität Siegen

Deutsche Gesellschaft  
für Materialkunde e.V.

[www.dgm.de](http://www.dgm.de)

Seminarleitung

Prof. Dr.-Ing. habil.  
H.-J. Christ

# Montag

9:00 H.-J. Christ  
**Begrüßung und Einführung in die Thematik**  
Das Phänomen der Materialermüdung und seine technische Bedeutung, mehr als 150 Jahre Ermüdungsforschung: Ein kurzer Überblick

9:45 H.-J. Christ  
**Materialermüdung: Begriffe, Definitionen und gebräuchliche Darstellungen**  
Experimentelle Methodik, Auslegungs- und Versuchsphilosophien, die Spannungs-Dehnungs-Hysteresekurve, die Wechselverformungskurve, die zyklische Spannungs-Dehnungskurve, das Wöhlerdiagramm, transiente Vorgänge

10:45 Kaffeepause

11:15 H.-J. Christ  
**Materialermüdung und Werkstoffmikrostruktur**  
Grundzüge der plastischen Verformung, Versetzungsgleichcharakter, Versetzungsanordnung in der zyklischen Sättigung, das persistente Gleitband, Zusammenhang von Versetzungszellgröße und Beanspruchungsamplitude, verformungsinduzierte Gefügeumwandlung, Einfluss von Ausscheidungen

12:15 Mittagspause

13:30 - 17:00 Einstündige Demonstrationsversuche in kleinen Gruppen

## DEMONSTRATIONSVERSUCH I

A. Grigorescu  
**Bestimmung der Lebensdauer bei schwingender Belastung**

Unterschiedliche Versuchsarten, statistische Auswerteverfahren, Wöhlerdiagramme, Ermüdungsversuche im VHCF-Bereich (servohydraulische Anlage, Ultraschallanlage)

## DEMONSTRATIONSVERSUCH II

A. Ohrndorf  
**Zyklisches Spannungs-Dehnungsverhalten bei konstanter und variierender Beanspruchungsamplitude**  
Bestimmung der zyklischen Spannungs-Dehnungskurve aus Hysteresekurven, Vergleich von Einstufenversuchen und dem Incremental Step Test, Einfluss des Versuchstyps auf die Versetzungsanordnung, Masing-Verhalten

# Montag

## DEMONSTRATIONSVERSUCH III

U. Krupp und K. Wackermann  
**Die Durchstrahlungselektronenmikroskopie zur Aufklärung grundlegender Ermüdungsphänomene**  
Präparationstechniken der Transmissionselektronenmikroskopie, Versetzungsanordnungen nach Wechselverformung, Wechselwirkung von Versetzungen mit Ausscheidungsteilchen

17:00 Möglichkeit zur Besichtigung der experimentellen Einrichtungen des Instituts für Werkstofftechnik

# Dienstag

8:30 H. J. Maier  
**Rissbildung bei zyklischer Beanspruchung**  
Persistente Gleitbänder und Rissbildung, Ex-, In- und Protrusionen, Rissbildung an Korn- und Zwillingsgrenzen, Einfluss von Einschlüssen und Kerben, die Wirkung des Umgebungsmediums

9:30 C.-P. Fritzen  
**Grundlagen der Bruchmechanik**  
Rissöffnungsarten, Spannungsverteilung am Riss, Rissmodelle, Konzepte der Bruchmechanik, Spannungsintensitätsfaktoren, Energiefreisetzungsrates, J-Integral, CTOD-Konzept, Anwendung auf zyklische Belastung

10:30 Kaffeepause

11:00 U. Krupp  
**Ermüdungsrissausbreitung**  
Rissausbreitungskurve der Langrissausbreitung, Paris-Gesetz, Schwellenwert der Rissausbreitung, Rissausbreitungsmodelle, fraktografische Merkmale, Einflussparameter, Risschließen, Kurzrissausbreitung, Kitagawa-Diagramm

12:00 Mittagspause

13:30 - 17:00 Einstündige Demonstrationsversuche in kleinen Gruppen

## DEMONSTRATIONSVERSUCH IV

B. Gorr und H. P. Dressel  
**Der Einsatz der Rasterelektronenmikroskopie zur Bewertung der Ermüdungsschädigung metallischer Werkstoffe**  
Ermüdungsrisse an der Probenoberfläche, Ermüdungs-

# Dienstag

rissausbreitung, Schwingstreifenabstand und Beanspruchungsamplitude, EDX und EBSD, 3D-Darstellung von Bruchflächen

## DEMONSTRATIONSVERSUCH V

A. Ohrndorf  
**Besonderheiten des zyklischen Verformungsverhaltens normalisierter Stähle**  
Dynamische Lüdersbandausbreitung, Wechselverformungskurve und zyklische Sättigung, Vergleich von zyklischer und einsinniger Spannungs-Dehnungskurve, Bereiche der zyklischen Ver- und Entfestigung, zyklisches Kriechen

## DEMONSTRATIONSVERSUCH VI

M. Cremer und M. Stenke  
**Charakterisierung des Ausbreitungsverhaltens von Ermüdungsrissen**  
Typische Verfahren und Probenformen zur Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte, Bestimmung des Schwellenwertes der Ermüdungsrissausbreitung und der Materialkonstanten des Paris-Gesetzes, Riss-schließeffekte

19:00 Geselliger Abend

# Mittwoch

8:30 D. Eifler  
**Schwingfestigkeit von Stählen**  
Wechselverformungsverhalten von un-, niedrig- und hochlegierten Stählen; zyklische Ver- und Entfestigungsvorgänge; Einfluss unterschiedlicher Wärmebehandlungen, Mittelspannungen, Mitteldehnungen und Beanspruchungstemperaturen; charakteristische Versetzungsstrukturen, persistente Gleitbänder und Anrisse

9:30 H. J. Maier  
**Ermüdungsverhalten bei hoher und variierender Temperatur**  
Dehnraten- und Frequenzabhängigkeit des zyklischen Verformungsverhaltens, Einfluss von Haltezeiten, Schädigungsmechanismen, Kriech-Ermüdungswechselwirkung, Umgebungseinfluss, Wirkung von Schutzschichten, Lebensdauerprognosemethoden, Modellierung

# Mittwoch

10:30 Kaffeepause

11:00 W. Menn  
**Schweißbarkeit von Aluminiumknetlegierungen unter dem Aspekt der Ermüdungsfestigkeit**  
Einfluss von Werkstoff, Fertigung und Konstruktion auf die Schweißbarkeit, Gefüge von Schmelzschweißverbindungen aus Aluminiumlegierungen, lokale geometrische Nahtparameter sowie innere und äußere Schweißunregelmäßigkeiten beim MIG- und WIG-Schweißen, Konzepte zur Bemessung dynamisch beanspruchter Schweißkonstruktionen

12:00 Mittagspause

13:30 M. Zimmermann und H. Idelberger  
**Betriebsfeste Auslegung von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen**  
Beschreibung von Schwingbeanspruchung mit zeitlich veränderlichen Amplituden, Werkstoffverhalten unter verschiedenen Belastungsarten und fertigungsbedingten Einflüssen, Schadensakkumulation und Lebensdauerberechnung bei Ermüdung

14:30 - 16:30 Einstündige Demonstrationsversuche in kleinen Gruppen

## DEMONSTRATIONSVERSUCH VII

A. El-Chaikh  
**Untersuchung des thermomechanischen Ermüdungsverhaltens**  
Experimentelle Techniken, unterschiedliche Versuchsführungen und ihre Auswirkungen auf die Form der Spannungs-Dehnungshysteresis, Lebensdauer bei TMF-Beanspruchung, Problematik des Vergleichs von TMF-Daten mit isotherm ermittelten Daten

## DEMONSTRATIONSVERSUCH VIII

M. Zimmermann und T. Minor  
**Lebensdauerberechnung mittels kommerzieller Softwareprogramme**  
Vorstellung neuerer PC-basierter Programme zur Lebensdauerberechnung bei Schwingbeanspruchung, kritische Bewertung der Berechnungsvoraussetzungen, Durchführung von Beispielrechnungen

16:30 **Abschlussdiskussion und Schlussbemerkungen**

17:00 Ende der Veranstaltung

Anmeldung

**Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe**

26. - 28. März 2012  
DGM-Fortbildungsseminar in Siegen

DGM-Mitglied  
 Nichtmitglied  
 Ich interessiere mich für die Mitgliedschaft in der DGM

Mitgliedsnummer

Geburtsdatum

Telefon

Telefax

E-Mail

Titel / Vorname / Name (wie auf Zertifikat)

Firma / Universität

Abteilung / Institut

Straße

PLZ / Ort / Land

Datum, Unterschrift