

# Werkstoff- und Bauteilprüfung unter kombinierter Torsions-Axial-Belastung

# Leistungsangebot

## Hintergrund

Zyklisch belastete rotatorische Kraftübertragungselemente, bestehend aus Wellen und darauf geschweißten oder mechanisch befestigten Kraftaufnahmelementen wie Zahnräder, Nocken, Kupplungsteile, Kardan-Gabeln, oder auch geschweißte Wellen sind wesentliche Bauelemente in vielen Industriezweigen. Für die Auslegung der Fügeverbindungen derartiger, insbesondere laser- oder elektronenstrahlgeschweißter Bauteile liegen aber oft keine verlässlichen Schwingfestigkeitskennwerte vor. Eine Ursache dafür besteht u.a. darin, dass diese Bauteile in vielen Einsatzfällen zusätzlich zur Torsionsbelastung einer überlagerten Biege- oder Axialbelastung ausgesetzt sind. Daraus resultiert in der Fügeverbindung ein komplexer mehrachsiger Beanspruchungszustand. Bei der z.B. im Fahrzeugbau üblichen Prüfung lasergeschweißter Getriebe- komponenten auf Getriebeprüfständen oder in Testfahrzeugen versagen in der Regel nicht die Schweißnähte. Deshalb liefern solche auf die Bestimmung der Lebensdauer gesamter Baugruppen gerichtete Tests keine für die Auslegung der Fügeverbindung relevanten Schwingfestigkeitskennwerte.

## Angebot

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik verfügt über ein neuartiges servohydraulisches Prüfsystem, mit dem die Belastungskomponenten Torsion und axialer Zug/Druck unabhängig voneinander in einen Prüfling eingeleitet werden können. Auf der horizontal verlaufenden Maschinenachse sind an den beiden Enden der Drehzylinder und der Axialzylinder angeordnet. Über den Drehzylinder können Drehmomente bis zu  $\pm 8$  kNm bei maximalen Drehwinkeln von  $\pm 50^\circ$  aufgebracht werden. In axialer Richtung sind Kräfte bis  $\pm 40$  kN bei maximalen Wegen von  $\pm 50$  mm realisierbar. Über beide Achsen können Belastungen mit Frequenzen bis zu 50 Hz phasensynchron oder phasenverschoben übertragen werden. Als Prüfkörper sind Proben und Bauteile mit Durchmessern bis 320 mm und Längen bis 1250 mm geeignet. Mit diesem Prüfsystem und aufbauend auf unseren langjährigen Erfahrungen in der Werkstoffprüfung, insbesondere bei Prüfungen zur Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen, bieten wir, u. a., die Ausführung folgender Prüfaufgaben an:

- Ermittlung von Festigkeits- und Verformungskennwerten unter quasi-statischer Torsions- oder Torsions-Axialbelastung an Prüfkörpern und Bauteilen;
- Bestimmung der Lebensdauer und Ermittlung von Schwingfestigkeitskennwerten (Wöhlerkurven) an Prüfkörpern und Bauteilen bei reiner Torsions- oder kombinierter Torsions-Axialbelastung;
- Lebensdauerversuche und Ermittlung von Schwingfestigkeitskennwerten (Wöhlerkurven) für die Auslegung mehrachsiger beanspruchter Schweißverbindungen (Axial- /Radial-Rundnähte) unter Torsions- oder Torsions-Axialbelastung
- Untersuchungen zu den Versagensmechanismen von mehrachsiger belasteten, insbesondere geschweißten Prüfkörpern und Bauteilen (Schadensanalyse)

## Zielgruppen

Entwickler und Hersteller aus dem Fahrzeug, Maschinen-, Anlagen-, Schiff-, Flugzeug- und Energiemaschinenbau

Anwender und Entwickler innovativer Fügeverfahren



Abb. 1:  
Torsions-Axial-  
Prüfsystem  
(Gesamtansicht)



Abb. 2:  
Prüfkörper und  
Spannflansch  
während eines  
Torsionsversuches

## Lasteinbringung in die Prüflinge

Das Prüfsystem ist mit folgenden speziellen Komponenten ausgestattet, die eine lastfreie Einspannung und eine definierte Lasteinbringung ermöglichen:

- Hydrostatisch gelagertes Querhaupt zur Entkopplung von Torsionsbelastung und axialer Belastung, d.h. die Torsionsmomente und die Axialkräfte können tatsächlich separat und definiert aufgebracht und korrekt gemessen werden;
- hydrostatisch gelagerte Kardangelenke zur Kompensation von möglichem Verzug oder Versatz des Prüflings, die z.B. durch das Schweißen aufgetreten sein können;
- Massenkompensation für das Einspannsystem zur Entlastung des Prüflings von Momenten die durch die Eigenmasse der Spannköpfe und der Kardangelenke in der horizontal liegenden Maschinenachse entstehen.

## Spannzeuge

Für die Einspannung der Prüflinge stehen standardmäßig Keilspannzeuge für zylindrische Probenschäfte mit Durchmessern von 40, 60 und 70 mm sowie Gewindeflansche mit Lochkreisen von 140, 200 und 300 mm zur Verfügung.

Für die Lasteinbringung in Prüflinge und Bauteile mit von den Standardeinspannungen abweichenden Geometrien werden spezielle Adapter entwickelt und hergestellt.

## Beispiel

Versuchsserie an laserstrahlgeschweißten Modellprüfkörpern (Titelfoto links)

An laserstrahlgeschweißten Modellprüfkörpern mit Wellen aus 42CrMo4 und Scheiben aus 16MnCr5 wurden reine Torsions-Wechselversuche sowie kombinierte Torsions-Axial-Wechselversuche durchgeführt. Die Ergebnisse sind im unten stehenden Wöhlerdiagramm dargestellt. Die aus der äußeren Belastung an der Schweißnaht resultierende Beanspruchung wurde als Vergleichsspannung mit Hilfe von FE-Rechnungen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass für die kombinierte Torsions-Axial-Belastung infolge der in der Scheibe auftretenden Biegung eine deutliche Verringerung der Schwingfestigkeit im Vergleich zur reinen Torsion zu erwarten ist.

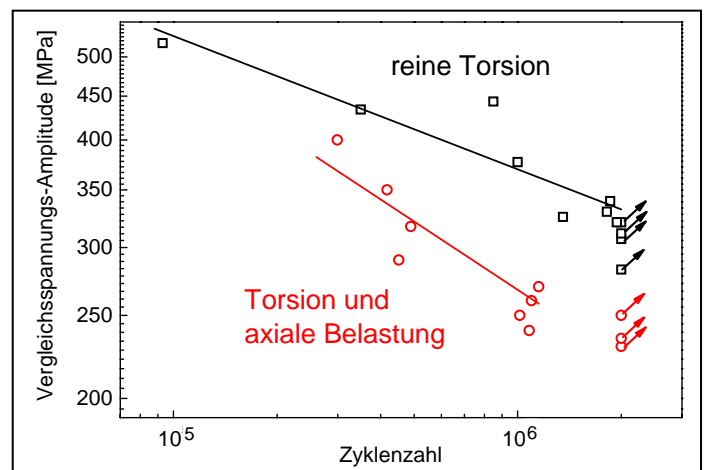


Abb. 3:  
Schwingfestigkeit von geschweißten  
Modellprüfkörpern aus 42CrMo4 und 16MnCr5

# Technische Parameter und Ansprechpartner

## Parameter und Messgrößen an der Torsions-Axial-Prüfmaschine

### Probengrößen:

Durchmesser bis 320 mm (Lochkreis)

Schaftdurchmesser für Keilspannzeug  
40, 60 und 70 mm

Probenlängen bis 1250 mm

### Verformungsparameter:

#### Torsion (Drehachse)

max. Drehmoment  $\pm 8$  kNm statisch;  
 $\pm 6,4$  kNm dynamisch  
max. Drehwinkel  $\pm 50^\circ$

#### Zug-Druck (Axialachse)

max. Kraft  $\pm 40$  kN  
max. Kolbenweg  $\pm 50$  mm

#### Verformungsfrequenz:

bis zu 50 Hz  
für beide Achsen unabhängig wählbar

Bei gleicher Frequenz ist eine beliebige Phasenlage (synchron oder asynchron) möglich.

### Messgrößen:

Zyklenzahl bis zum Bruch

Zeitlicher Verlauf von

- Torsionsmoment
  - (Axial-) Kraft
  - Drehwinkel
  - (Axial-) Weg
- mit maximaler Erfassungsrate 10 kHz;

Amplitudenwerte und Änderung der Amplituden mit der Zyklenzahl;

Erfassung von Dehnungen auf den Prüfkörpern in bis zu 3 Kanälen.



### Titelfotos:

links: Welle-Scheibe-Prüfkörper  
Mitte: Torsionszylinder des Prüfsystems  
rechts: Gebrochene Axial-Rundnaht

## Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Stahltechnik IWS

Winterbergstr. 28  
D – 01277 Dresden

### Ansprechpartner:

Prof. Dr. Berndt Brenner  
Telefon +49 (0) 351 2583 207  
E-mail berndt.brenner@iws.fraunhofer.de

### Dr. Jörg Bretschneider

Telefon +49 (0) 351 2583 217  
E-mail joerg.bretschneider@iws.fraunhofer.de

Fax +49 (0) 351 2583 210  
Internet www.iws.fraunhofer.de