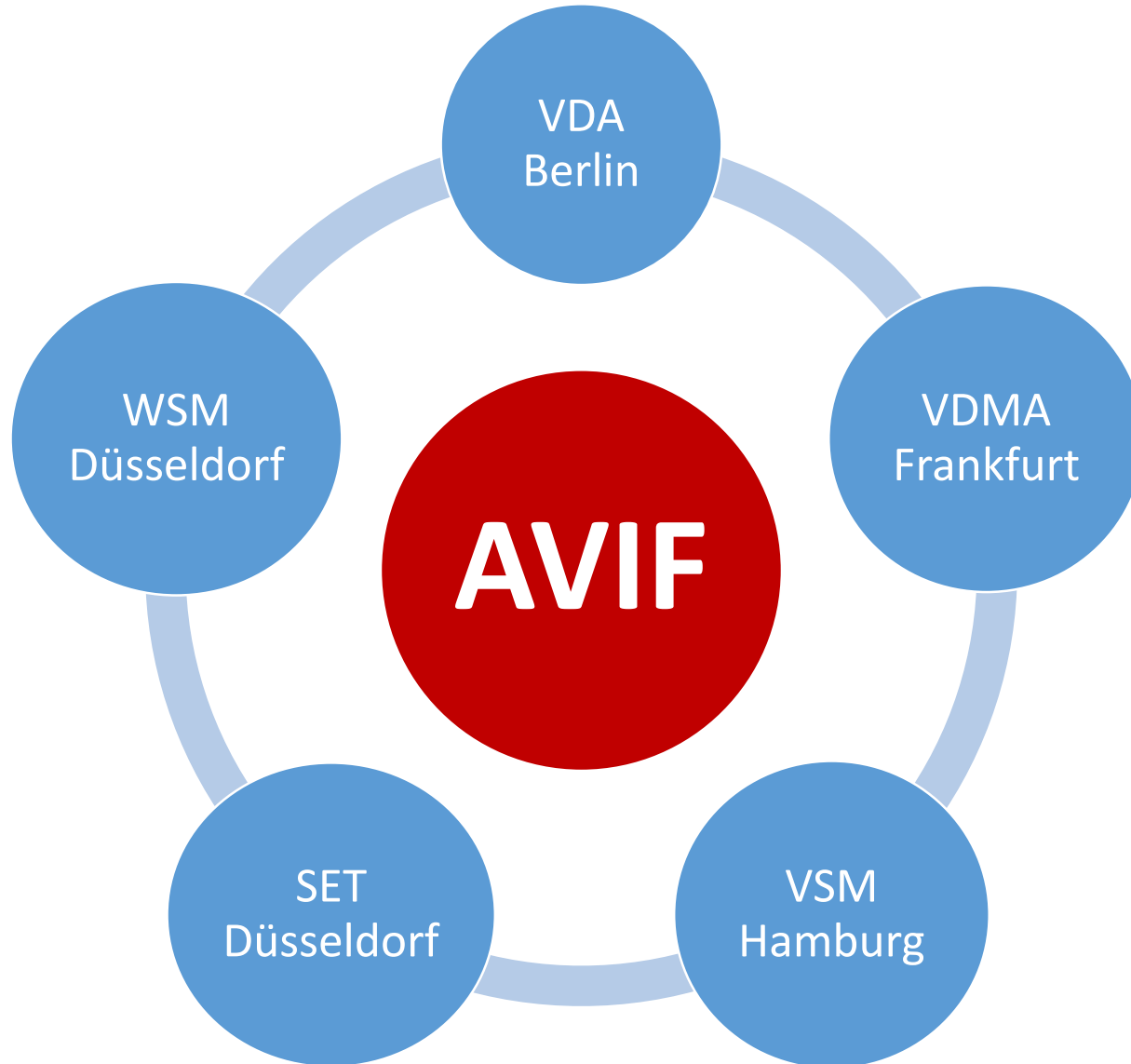




30 Jahre Stiftung Stahlanwendungsforschung - eine Bilanz aus Sicht der verarbeitenden Industrie

Dr. Torsten-Ulf Kern, Siemens AG, Power & Gas Division,
Mülheim / Ruhr



AVIF: 1986 gegründet als Zusammenschluss von fünf bedeutenden Wirtschaftsverbänden der stahlverarbeitenden Industrie in Deutschland

- VDA - Verband der Automobilindustrie e.V.
- VDMA - Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
- VSM - Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V.
- SET - Wirtschaftsverband Stahlbau und Energietechnik e.V.
- WSM - Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung e.V.

AVIF: Stahlanwendungsforschung für die verarbeitende Industrie

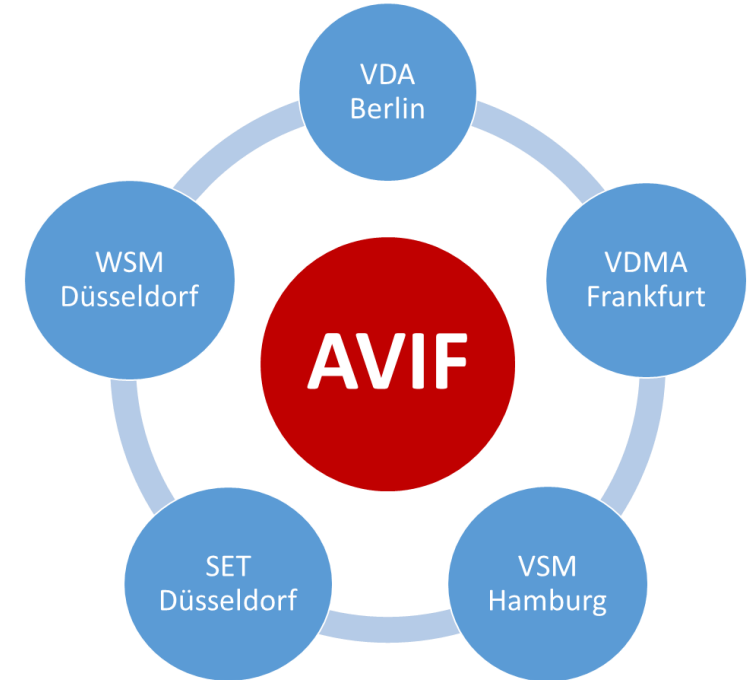


Ziel:

Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Stahlverarbeitung und -anwendung in Deutschland gemäß § 9 der Satzung der Stiftung Stahlanwendungsforschung

Aufgaben:

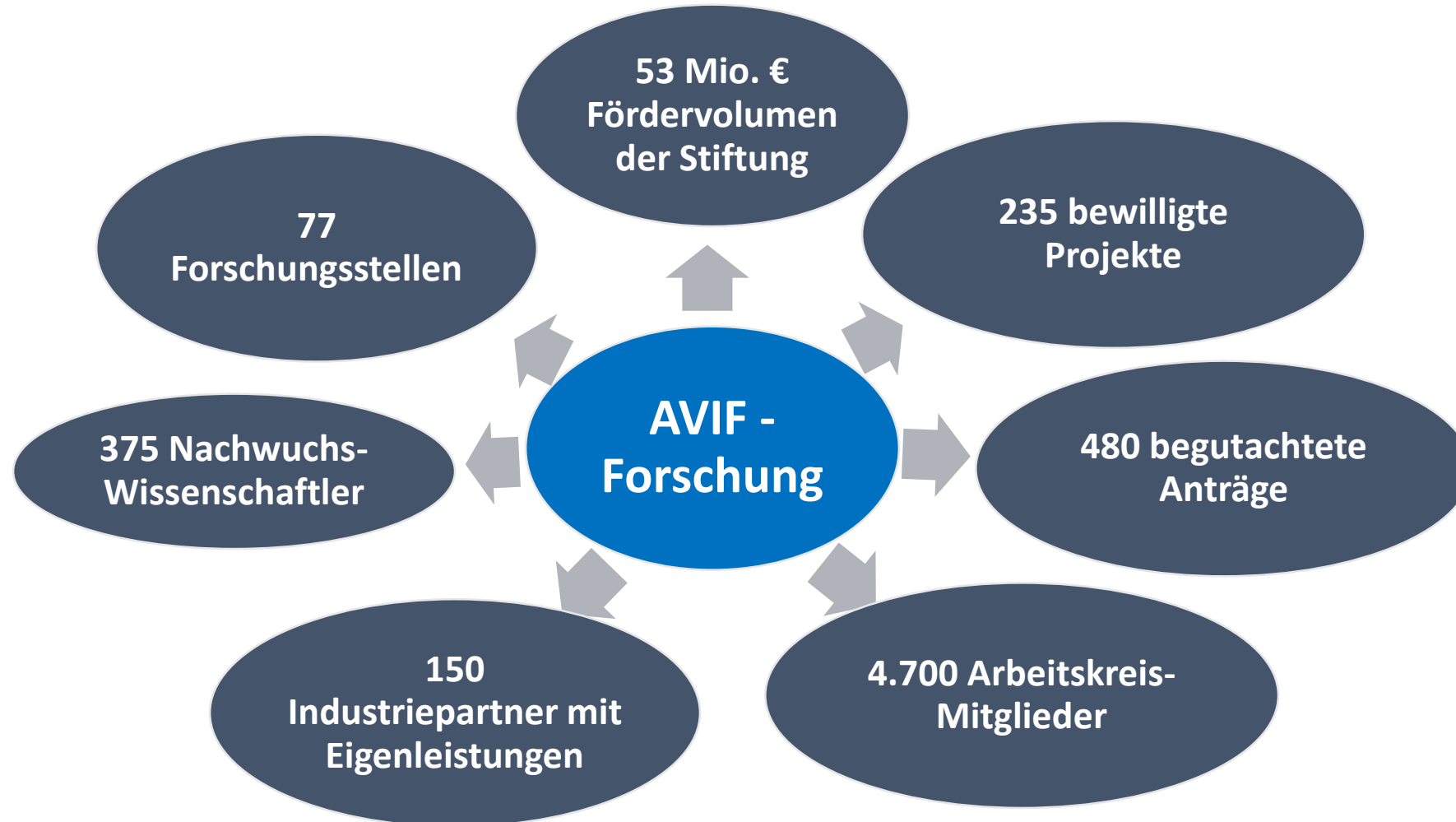
- Begutachtung von eingehenden Forschungsanträgen
- Wissenschaftliche und organisatorische Begleitung von Forschungsprojekten
- Bewertung des Erfolges abgeschlossener Vorhaben
- Information der Öffentlichkeit über Forschungsergebnisse
- Unterstützung der Forschungsnetzwerke aus Industrie, Forschungsstellen und Forschungsvereinigungen
- Interaktion mit der FOSTA (Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.)
- Nachwuchsförderung durch Verknüpfung von wiss. Forschung mit Praxisanforderungen



Merkmale der über die AVIF geförderten Projekte

- Das Umsetzungspotenzial der Fo-Ergebnisse in der Stahl verarbeitenden Industrie steht neben dem erwarteten wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn im Zentrum der Begutachtung.
- Alle Forschungsthemen liegen im übergreifenden Interesse eines Industriezweiges, aktiv begleitet von mehreren Unternehmen (Arbeitskreise, Industriebeteiligung durch Personal-, Sach- oder Barmittel).
- Brancheninterne horizontale als auch die vertikale Zusammenarbeit von Unternehmen aus verschiedenen Stufen der Wertschöpfung ist wichtig.
- Durch die Förderung der Stahlanwendung(sforschung) eröffnen sich Möglichkeiten für Projekte, die nicht von anderen Fördermittelgebern finanziert würden.
- Ein schneller und zielgenauer Transfer der Forschungsergebnisse über Arbeitskreise, Publikationen und Veranstaltungen der beteiligten Forschungsnetzwerke ist gewährleistet.

Einige Zahlen aus 30 Jahren AVIF, 1986 - 2016



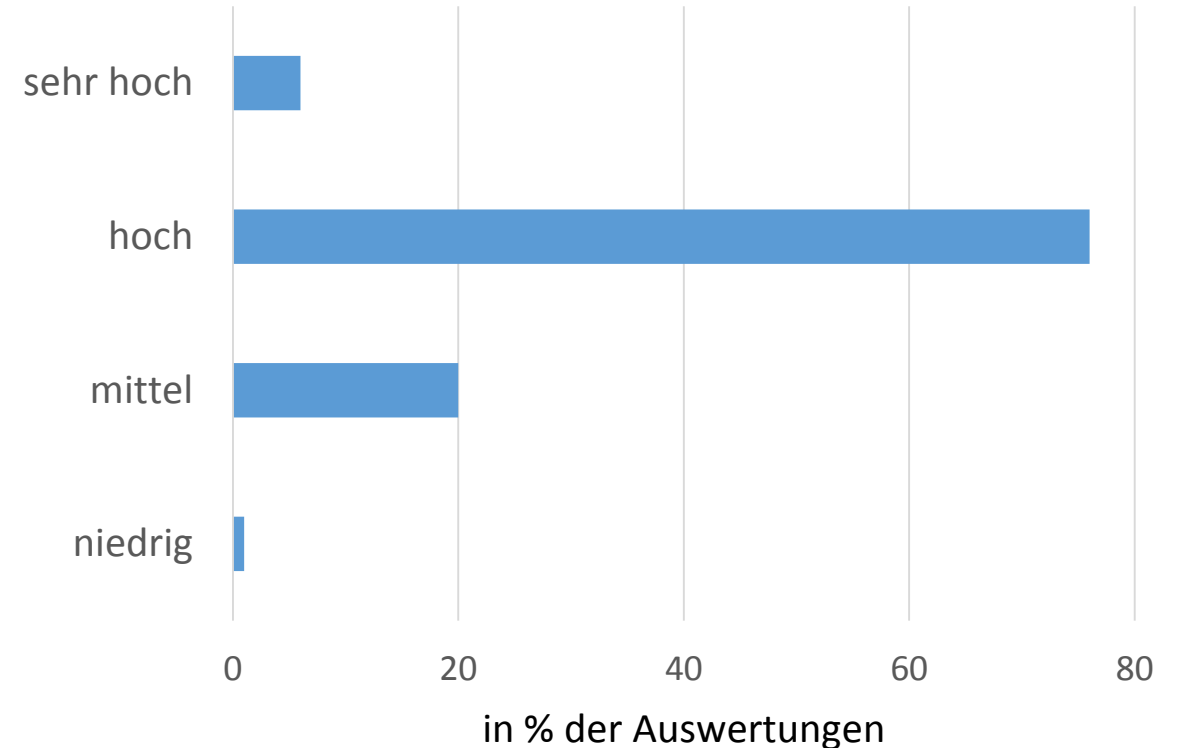
Projektbewertung zeigt positive Beurteilung der Industrie

Seit 2003

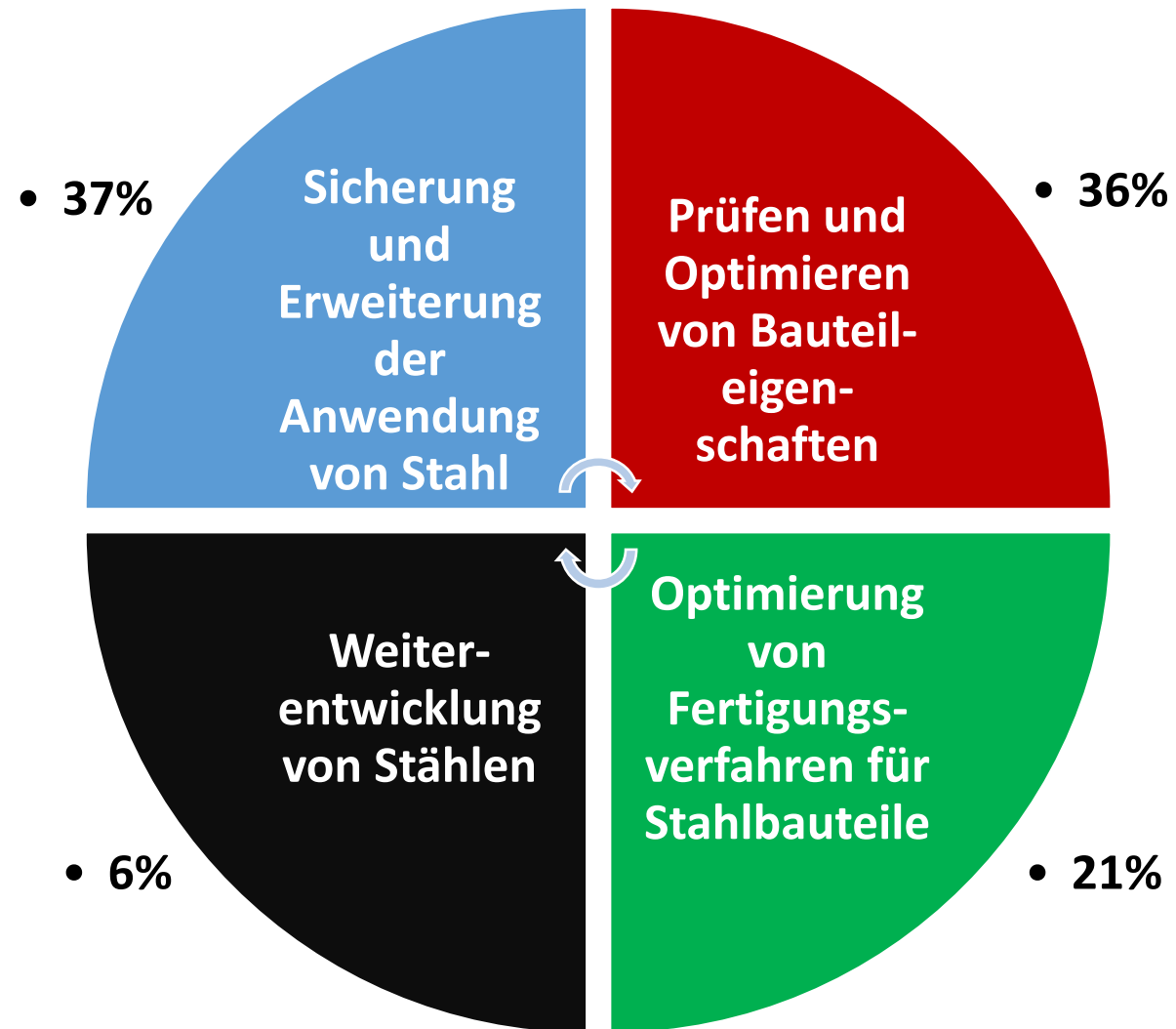
Bewertung abgeschlossener Projekte durch die beteiligte Industrie anhand eines vorgegebenen Fragenkataloges

- 82% der Projekte: Nutzen der Projektergebnisse hoch oder sehr hoch
- 86% der Projekte: Voraussetzungen für direkte Umsetzung der Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis sind gegeben
- 95% der Projekte: das angestrebte Forschungsziel wurde erreicht

Nutzen der Projektergebnisse für die Industrie ist ...



Schwerpunktthemen der geförderten Vorhaben



Schwerpunktthemen der geförderten Vorhaben

1. Sicherung und Erweiterung der Anwendung von Stahl (37%)
 - Grundlagen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit in spezifischen Anwendungsfällen
 - verbesserte Festigkeits-, Umform- und Verarbeitungseigenschaften
 - Bsp.: Fülle von Einzelproblemen Automobil-Leichtbau
2. Prüfen und Optimieren von Bauteileigenschaften (36%)
 - Untersuchungen zur Schwingfestigkeit und ihren Einflussgrößen
 - Zeitstandverhalten / Kriechrisverhalten, Langzeitverhalten
 - Anwendung von rechnerischen Konzepten zur Lebensdauervorhersage und Versagensverhalten
3. Optimierung von Fertigungsverfahren für Bauteile aus Stahl (21%)
 - Umformverfahren wie Schmieden, Walzen, Fließpressen
 - Innovative Fügetechnologien (Schweißen, Kleben)
4. Weiterentwicklung von Stählen (6%)
 - Neue Stahlwerkstoffe für den Dampfkesselbau
 - Neue Werkstoffe und angepasste Prozessketten für höherfeste Stahlwerkstoffe in geschmiedeten Strukturbauteilen
 - Substitution von Titan durch hoch korrosionsbeständigen Edelstahl für Rohre von Meerwasserentsalzungsanlagen

Forschung zur Stahlanwendung an Offshore-Strukturen und im Schiffbau – Projekt A273

Laufzeit 2012 – 2014

Entwicklung einer wirtschaftlichen Verfahrensvariante des UP-Schweißens in Querposition (PC) an großen Blechdicken für die Anwendung an Offshore-Strukturen im Schiffbau

Anwendungsszenarien:

- „Schiffbau“ – lange horizontale Stumpfnähte mit möglichst wenigen Lagen bei einseitiger Zugänglichkeit
- „Offshore“ – horizontale Umfangsnähte bei Blechdicken bis zu 80 mm für Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen

Ziel: Entwicklung einer zuverlässigen Schweißtechnologie für wirtschaftliches, einseitiges UP-Schweißen von Stahlplatten in Querposition mit Blechdicken bis 80 mm



Partner:



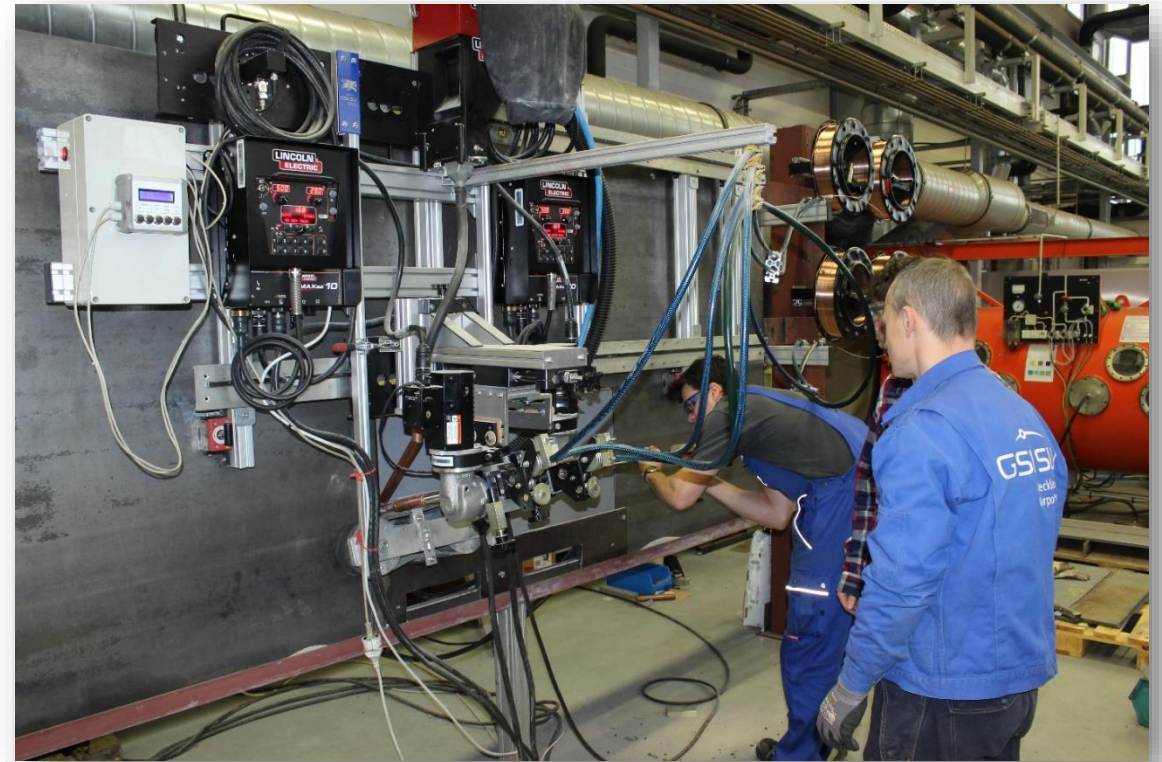
Forschung zur Stahlanwendung an Offshore-Strukturen und im Schiffbau – Projekt A273

Projektziele im Detail:

- Übertragung der wirtschaftlichen Vorteile der UP-Mehrdrahttechnologie auf die Anwendung an horizontalen Nähten in Querposition (PC)
- Entwicklung einer praktikablen und einfach einzusetzenden Anlagentechnik für die unterschiedlichen Anwendungen

Tätigkeitsschwerpunkte:

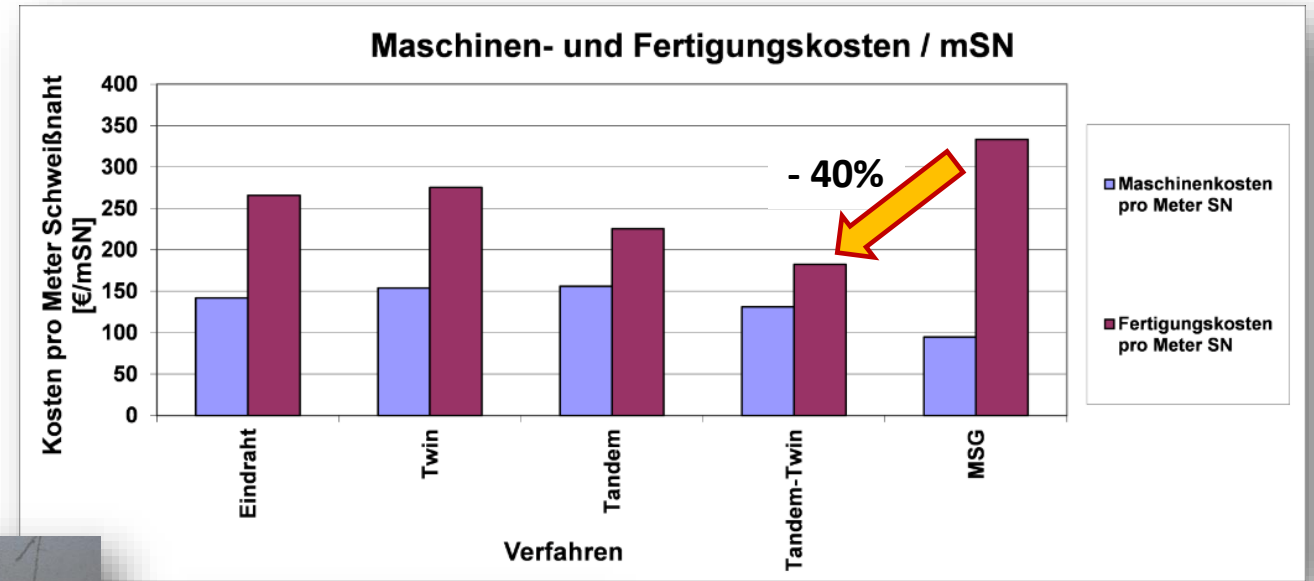
1. Entwicklung und Optimierung des Mehrdraht-Schweißprozesses
2. Entwicklung einer nahtnahen, traktor-basierten Schweißkopfführung, welche die Anforderungen der Endnutzer berücksichtigt



Deutliche Reduzierung der Fertigungskosten stärkt die maritime Industrie – Projekt A273

Projekt-Ergebnisse:

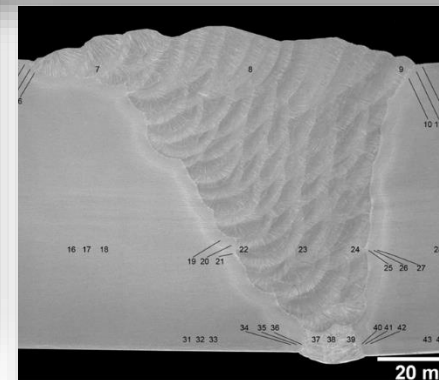
- Alle technologischen und werkstoff-technischen Anforderungen erfüllt
- Reduzierung der Fertigungskosten um im Vergleich zu derzeit eingesetzten Verfahren ca. 40%



UP-Schweißprozess



Schweißergebnis



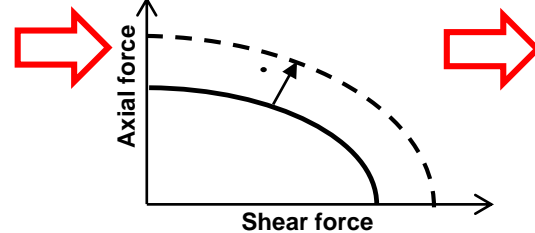
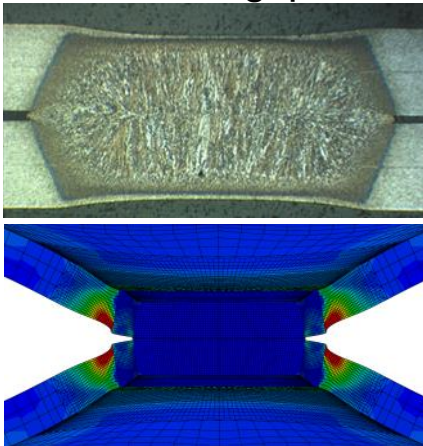
Schliffbild der Schweißnaht

Forschung zur Stahlanwendung in der Automobilindustrie: Modellierung von Fügeverbindungen für Crashsimulation

Erarbeitung einer Vorgehensweise für Punktschweiß- und Laserschweißverbindungen

Charakterisierung

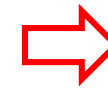
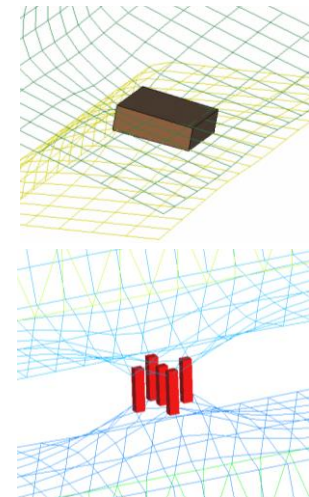
- Bestimmung von Material und Verbindungsdaten
- Charakterisierung, Simulation von Verbindungsproben



Übertragung der Ergebnisse

- Simulation von verschiedenen Belastungszuständen
- Variation von Blechdicke, Dehnrage und Materialkombination

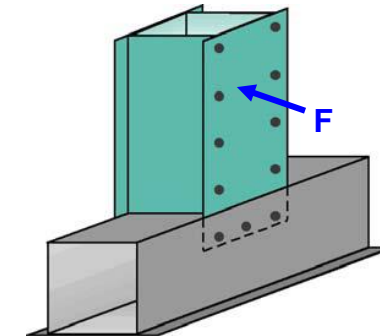
- Simulation von Verbindungsproben mit Ersatzmodellen



Validierung

- Simulation von Bauteilversuchen mit Ersatzmodellen

$F_{sim} = 14,9 \text{ kN}$
 $F_{exp} = 14,1 \text{ kN}$



Aufgaben

Ziel

Validierung der Material und FE-Modelle

Versagenskriterien für Ersatzmodelle

Kalibrierung von Ersatzmodellen

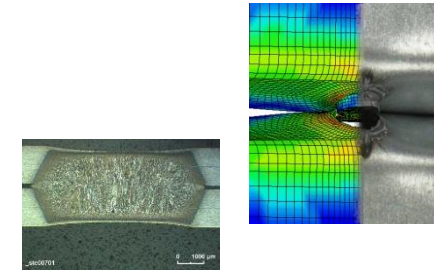
Validierung durch Bauteilversuche

Charakterisierung und Modellierung von Fügeverbindungen für die Crashsimulation

AVIF

AVIF-Projekt A 173

Charakterisierung und Modellierung der Tragfähigkeit von punktgeschweißten Stahlblechverbindungen unter Crashbelastung mit Hilfe von erweiterten Schädigungsmodellen



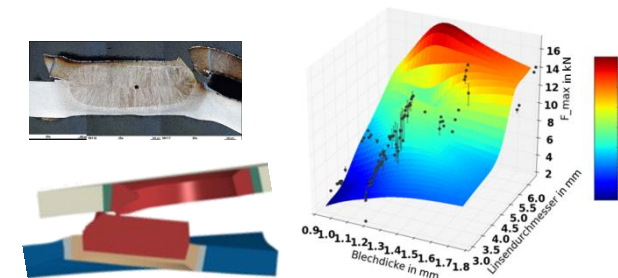
AVIF-Projekt A 237

Charakterisierung und Modellierung des Versagens von Laserstrahlschweißverbindungen von Stahlblechen für die Crashsimulation



AVIF-Projekt A 265

Entwicklung einer numerischen Methode zur Berücksichtigung stochastischer Effekte für die Crashsimulation von Punktschweißverbindungen



AVIF-Projekt A 294

Charakterisierung und Meta-Modellierung von ungleichartigen Punktschweißverbindungen für die Crashsimulation

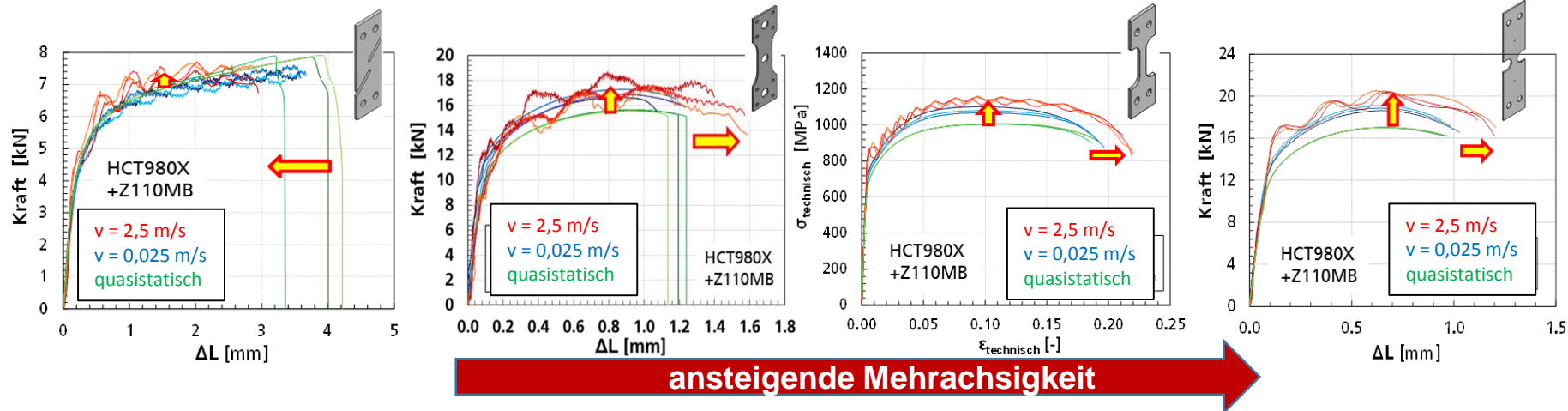
FAT | Forschungsvereinigung
Automobiltechnik

Fraunhofer
SCAI

LWF

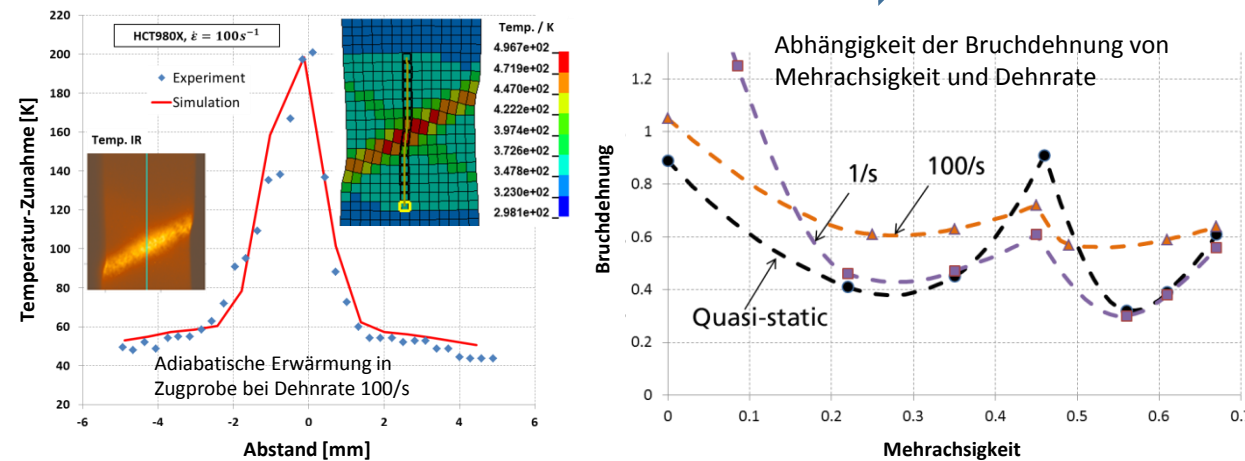
Einfluss von Dehnrates und Mehrachsichtigkeit (A 278/ P979)

Ziel: Charakterisierung unter crashartiger Belastung und Entwicklung eines Versagensmodells für die Crashsimulation einschl. adiabatischer Effekte



Wesentliche Ergebnisse

- Dehnrates, Temperaturzunahme und Mehrachsichtigkeit beeinflussen Verformung und Versagen stark
- Eine effiziente Methode zur Versagensmodellierung mit Berücksichtigung der adiabatischen Effekte wurde entwickelt



Projekt-
bewertung
Feb 2016:
Umsetzung
ist hoch für
häufig
verwendete
Stähle im
Automotive-
Bereich

- S. Klitschke, W. Böhme, *Materials Testing* 58 (2016) 3, 173-181, DOI 10.3139/120.110836

- A. Trondl, D.-Z. Sun, F. Andrieux, *ATZ*, 02 Februar 2016/ 118. Jahrgang, 72-79

Modellierung des Bruchverhaltens von Punktschweißverbindungen aus pressgehärteten Stählen für die Crashsimulation (A262/P 806)



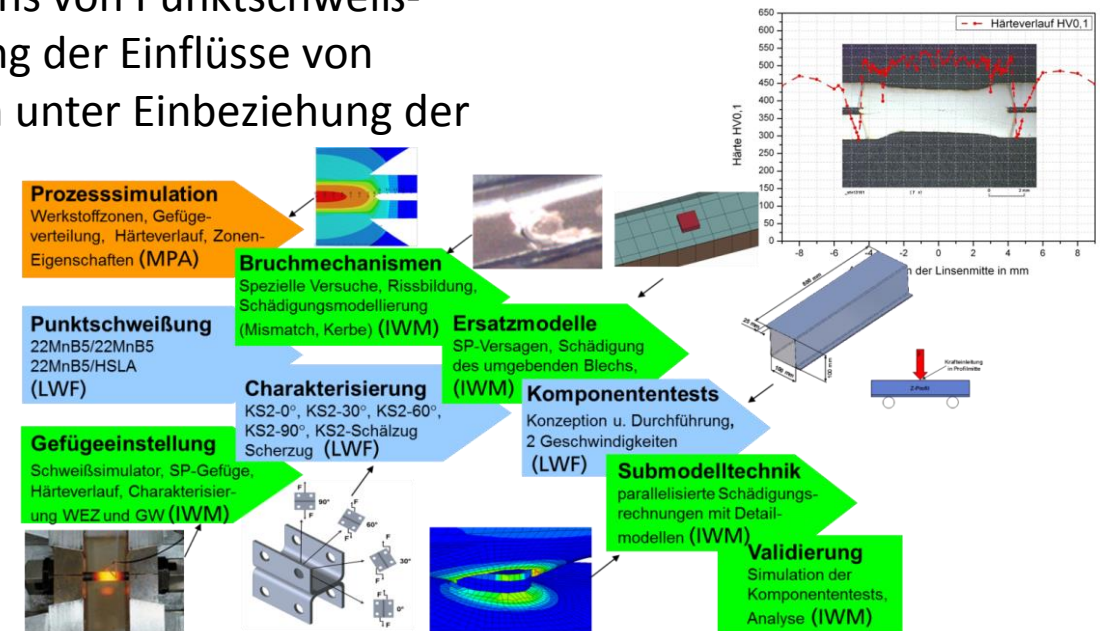
Ziel:

Charakterisierung und Modellierung des Versagensverhaltens von Punktschweißverbindungen in pressgehärtetem Stahl mit Berücksichtigung der Einflüsse von Belastungstyp und -geschwindigkeit für die Crashsimulation unter Einbeziehung der Prozesssimulation

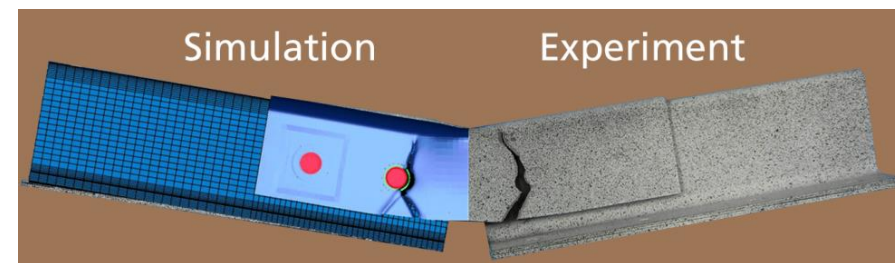
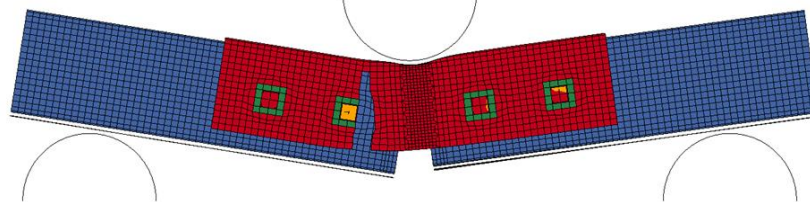
Ergebnis

Punktgeschweißte, pressgehärtete Bauteile sind sicher auslegbar über die Einführung zonenspezifischer Verformungs- und Versagensmodelle

- Vorhersage der Auswirkungen der weichen WEZ (Erweichungszone)
- Bewertung und Optimierung der Crashsicherheit bereits in der Auslegungsphase



Ersatzmodellierung für die Gesamtfahrzeug-Crashsimulation

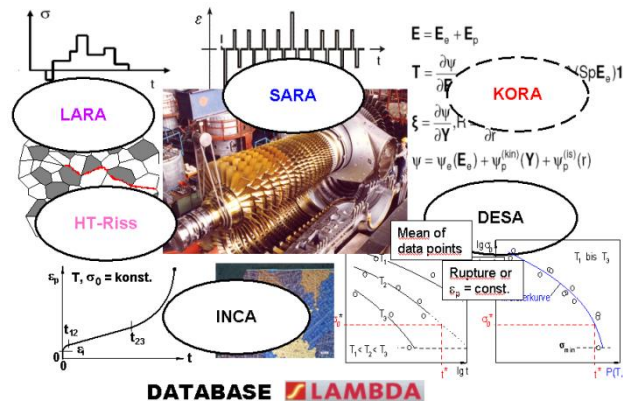


Stahlanwendung in der Kraftwerkstechnik - Veränderliche Beanspruchung im Betrieb



Kontinuierliche Erweiterungen

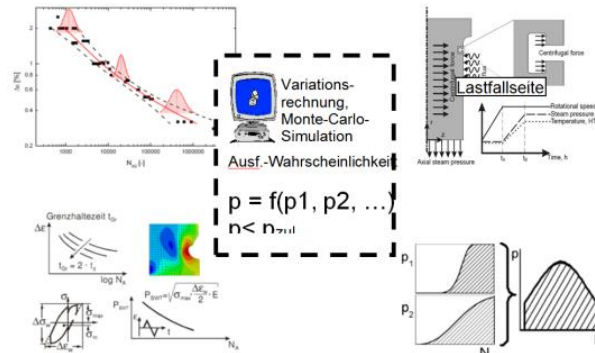
- Akkumulative Beschreibung der Kriechermüdigungslebensdauer
- Konstitutive Beschreibung der Kriechermüdigungslebensdauer



Dickwandige Gehäuse (A269)

Quantifizierung der Streuung

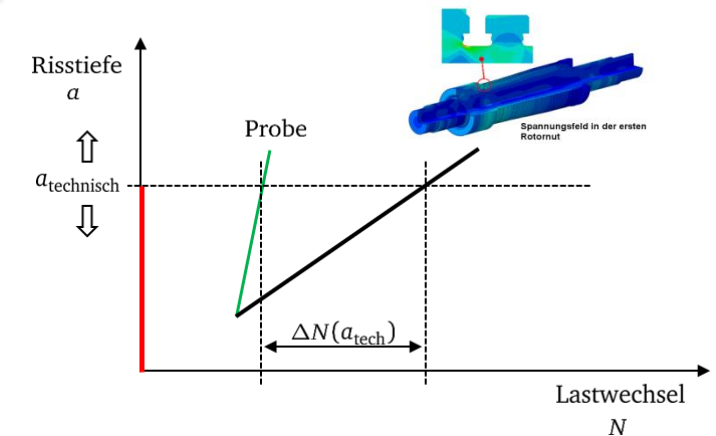
- Probabilistische Werkstoffdaten-Aufbereitung
- Probabilistische Beschreibung der Kriechermüdigungslebensdauer



Probabilistik Kriechermüdigung (A292)
Extrapolation 1 & 2 [W13] (A267, A297)

Reduktion von Konservativitäten

- Bruchmechanische Beschreibung der Stützwirkung unter Kriechermüdigungsbeanspruchung
- Zusätzliche Lastwechsel (Faktor 2-9)



Stützwirkung Kriechermüdigung (A282)

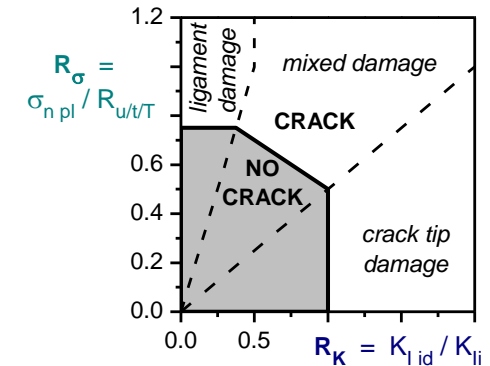
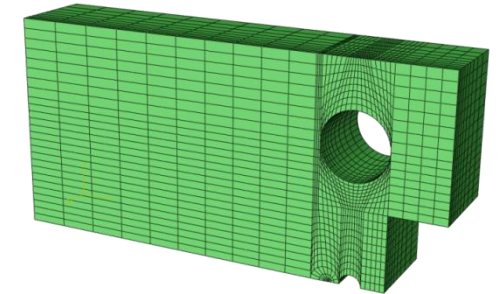
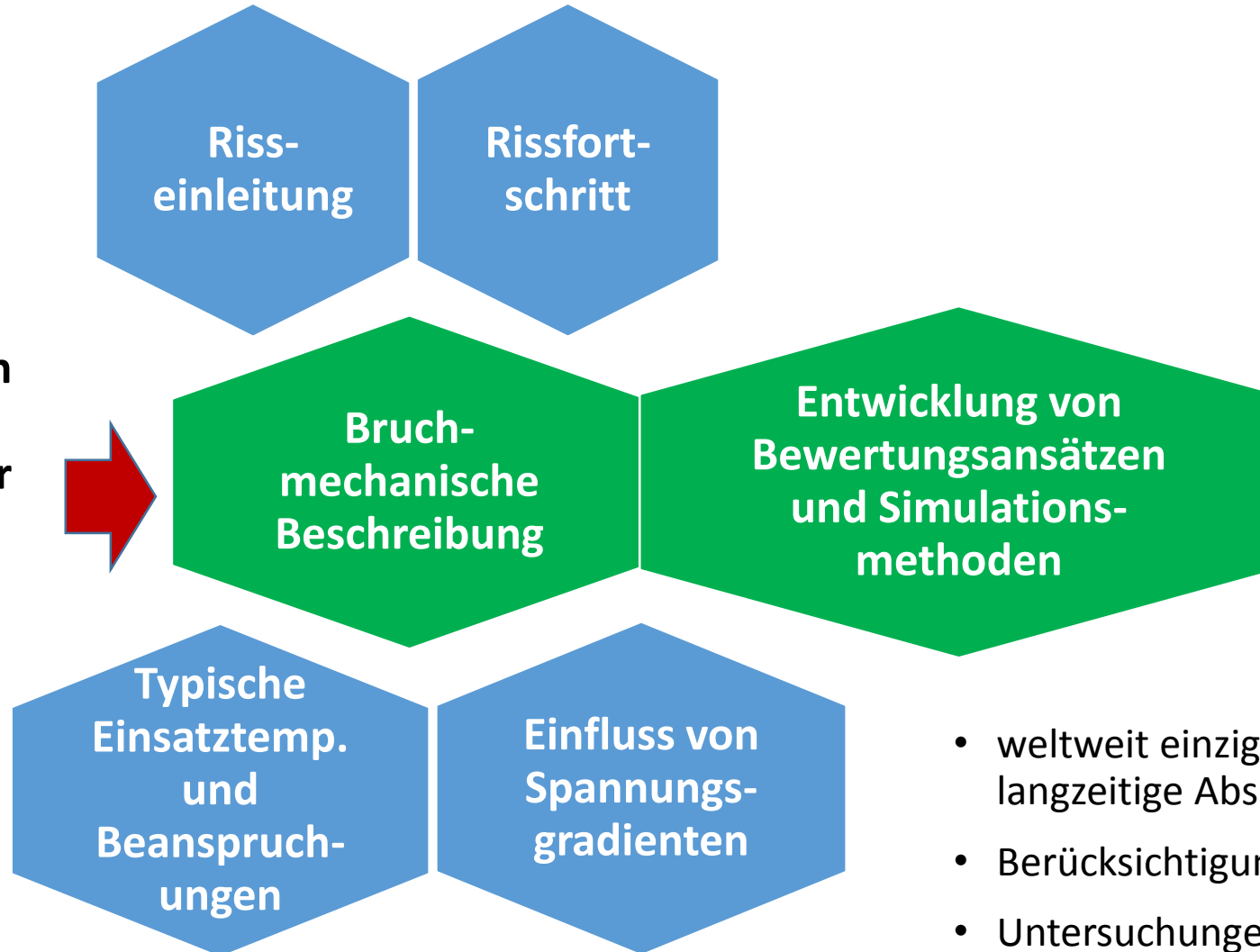
Flexibilität

Ressourcenschonung

Zuverlässigkeit

Stahlanwendung in der Kraftwerkstechnik - Einfluss von Fehlstellen und Rissen

Natürliche Fehlstellen und Risse in Turbinenbauteilen für den Langzeitbetrieb (> 10 Jahre)



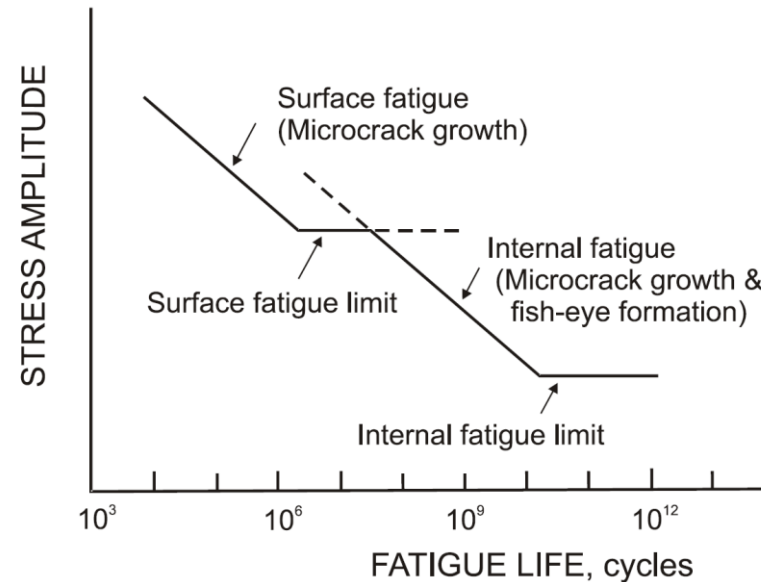
- weltweit einzigartiger Datenpool, inkl. langzeitige Absicherung
- Berücksichtigung der Werkstoffduktilität
- Untersuchungen an Schweißverbindungen

Inhalt und Ergebnisse

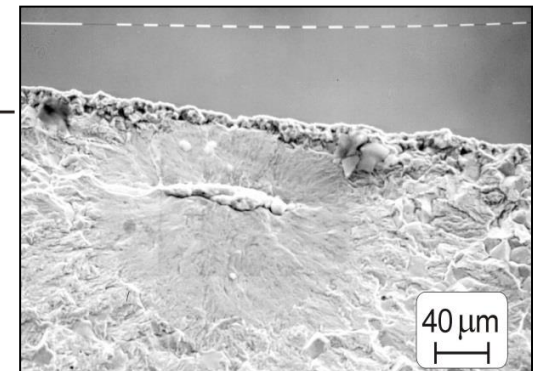
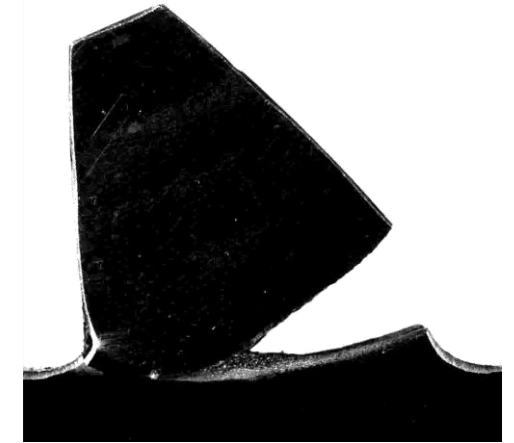
- Kennwerte zur Zahnfußtragfähigkeit im Bereich hoher Lastspielzahlen ($50 \dots 100 \cdot 10^6$) für Brüche mit Rissausgang an sowie unterhalb der Bauteiloberfläche
- Bestätigung gestufter Wöhlerlinienverlauf
- Identifizierung maßgeblicher Einflussgrößen für das Auftreten von Schäden mit Rissausgang unterhalb der Bauteiloberfläche
- Ableitung eines weitergehenden Modellansatzes zur örtlichen Zahnfußtragfähigkeit

Nutzen

- Zuverlässige Nutzung der Werkstoffeigenschaften bestehender Getriebestähle
- Vermeidung von unerwarteten Schäden
- Aufzeigen von Optimierungspotential für zukünftige Stahlentwicklungen

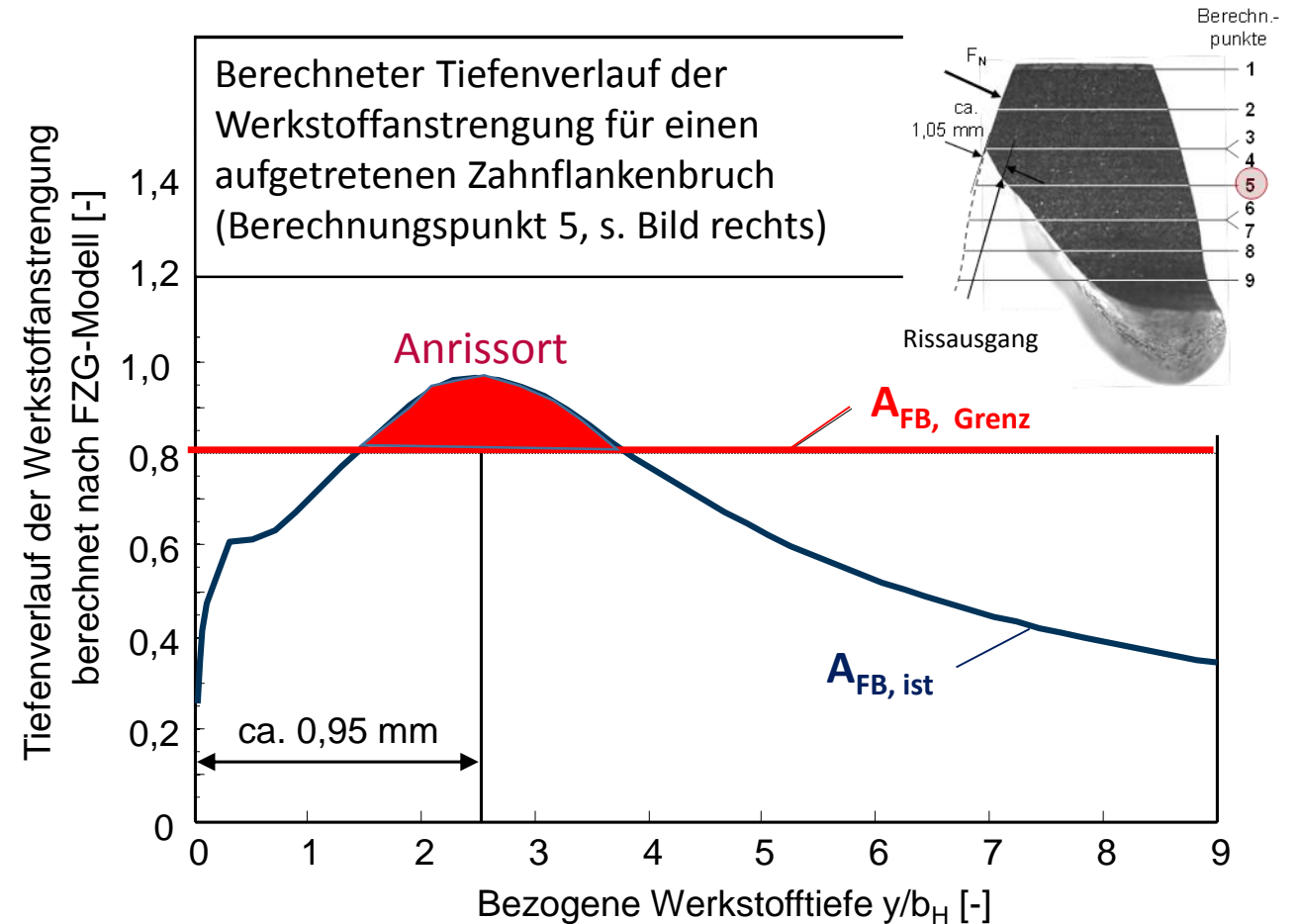


Nishijima, S.; Kanazawa, K.: Stepwise S-N curve and fish-eye failure in gigacycle fatigue. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, Volume 22, Issue 7, p. 601 – 607, 1999



Inhalt und Ergebnisse

- Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Flankenbruchgefährdung einsatzgehärteter Verzahnungen
- Ermittlung von Festigkeitsgrenzwerten hinsichtlich der Schadensart Flankenbruch
- Weitergehende Aussagen zu Schadenscharakteristik, -entwicklung und -vermeidung
- Erarbeitung eines praxisorientierten Berechnungsansatzes zur industriellen Nutzung
- Erkenntnisse dieses Forschungsvorhabens bilden Basis für den aktuell in Erarbeitung befindlichen ISO Technical Report 19042



- Weite Verbreitung und Umsetzung der Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis
- Anwendung in Bereichen mit sehr hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit
 - Windkraft
 - Turbogetriebe
- Anwendung unter dem Gesichtspunkt einer möglichst optimalen Werkstoff- und somit Ressourcennutzung
 - Automotive
 - Landmaschinen



Quelle: www.renk.de



Quelle: www.deere.de



Quelle: www.opel.de



Quelle: www.energy.siemens.com

Forschung zur Stahlanwendung in der Federnindustrie: Schwingfestigkeit von Tellerfedern

AVIF



Bild: Christian Bauer GmbH + Co. KG

AVIF A 115

Schwingfestigkeitsuntersuchungen an einzelnen Tellerfedern und Tellerfedersäulen beliebiger Schichtung

AVIF A 155

Ergänzende Schwingfestigkeitsuntersuchungen an einzelnen Tellerfedern und Tellerfedersäulen beliebiger Schichtung

AVIF A 210

Untersuchungen zum Korrosionsverhalten von Tellerfedern und Tellerfedersäulen

AVIF A 244

Experimentelle Untersuchung und numerische Simulation des Relaxationsverhaltens von Tellerfedern

AVIF A 272

Ermittlung und Bewertung der Schwingfestigkeitseigenschaften von Tellerfedern aus verschiedenen Werkstoffen

Tellerfedern auf hoher See: Schwingende Beanspruchung



Einsatzbeispiel

Schiffstransport einer Bohrinself

Länge des Schiffes: ca. 380 m

Breite des Schiffes: ca. 124 m

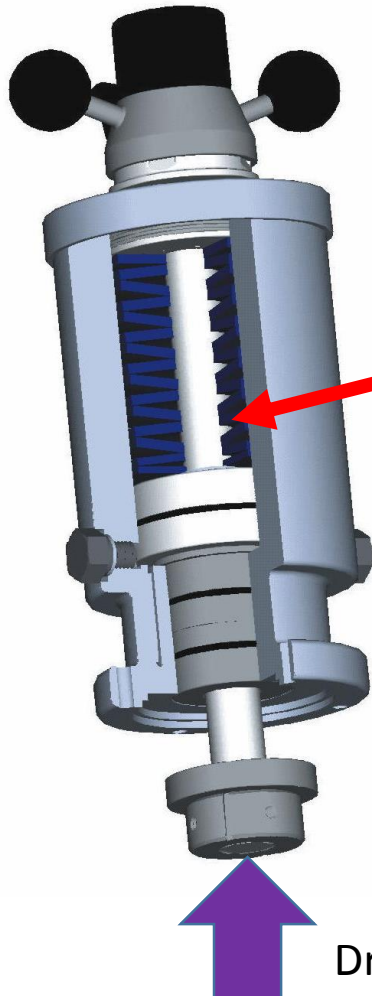
Wasserverdrängung: ca. 1 Mio. m³

➤ Einsatz von Tellerfedern, um Querbewegungen aufgrund von Seegang zu dämpfen

Abmessungsbereich der Tellerfedern:
145mm x 70mm x 17,95mm

Tellerfedernhersteller:
Christian Bauer GmbH + Co. KG, Welzheim

Bildquelle: Allseas



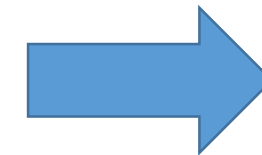
Einsatzbeispiel

Kolbenrückstellfeder

- Aufgabe der Tellerfeder:
Der Kolben wird mit hydraulischem Druck beaufschlagt, die Kolbenstange fährt ein, dabei wird die oberhalb des Antriebskolbens angeordnete Tellerfedersäule eingefedert.
Bei Reduktion des Drucks stellt die Tellerfedersäule den Kolben in die Ausgangslage zurück.
- Abmessungsbereich der Tellerfedern:
Außen- Ø 50 - 150 mm

Tellerfedernhersteller:
Mubea Tellerfedern GmbH, Daaden

Druckbeaufschlagung



Anwendungsbereiche
z.B. in Getrieben und
Sicherheitsventilen

Fazit:

Was hat die Forschungsförderung der Stiftung bewirkt?

- Erarbeitung wissenschaftlich hochwertiger Forschungsergebnisse, an den Erfordernissen der Praxis orientiert und daher mit hohem Umsetzungspotenzial
- Konkrete Unterstützung der Stahlanwendung in Deutschland in einer breiten Palette von Anwendungsfällen
- Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und der Forschungsnetzwerke entlang der Wertschöpfungskette Stahl
- Die Möglichkeit, komplexe Fragestellungen aufzuspalten, Grundzusammenhänge zu erkennen und konsistent einer praktisch umsetzbaren Lösung in der Industrie zuzuführen
- Wissenschaftliche Nachwuchsförderung mit praxisorientierten Kenntnissen und Vorgehensweisen, enge Interaktion mit der Industrie

Industrie- und Forschungspartner sagen Danke -

- Für 30 Jahre Forschungsförderung durch die Stiftung,
- An alle, die bei der Gründung der Stiftung beteiligt waren,
- An alle, die die Stiftung über die letzten 30 Jahre mit Leben gefüllt und begleitet haben.
- Insbesondere Dank an
 - das Bundesministerium für Wirtschaft
 - den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft
 - alle Kollegen von der FOSTA und
 - die Mitglieder von AVIF-Beirat und AVIF-Vorstand.

Und zum Abschluss

AVIF

Auf die nächsten 30 Jahre!
&
Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

AVIF

Anforderungen	- definieren
Verständnis	- entwickeln
Industrieanwendung	- umsetzen
Fortschritt	- erzielen!

Dr. Torsten-Ulf Kern
Siemens AG,
Power & Gas Division
Mülheim / Ruhr