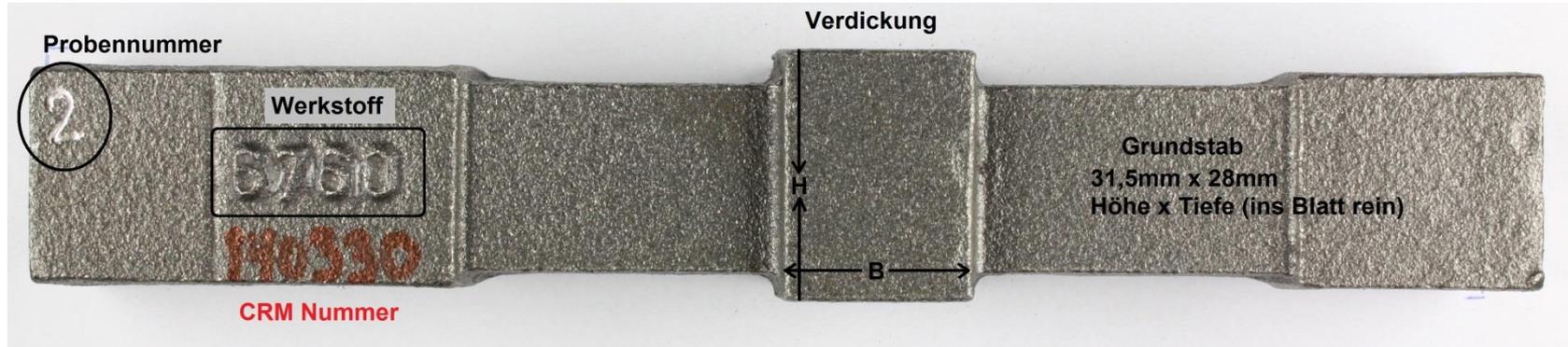


# Einfluss von herstellungsbedingten Ungängen auf das Werkstoffverhalten von Stahlguss

## Ziele, Methoden, Ergebnisse



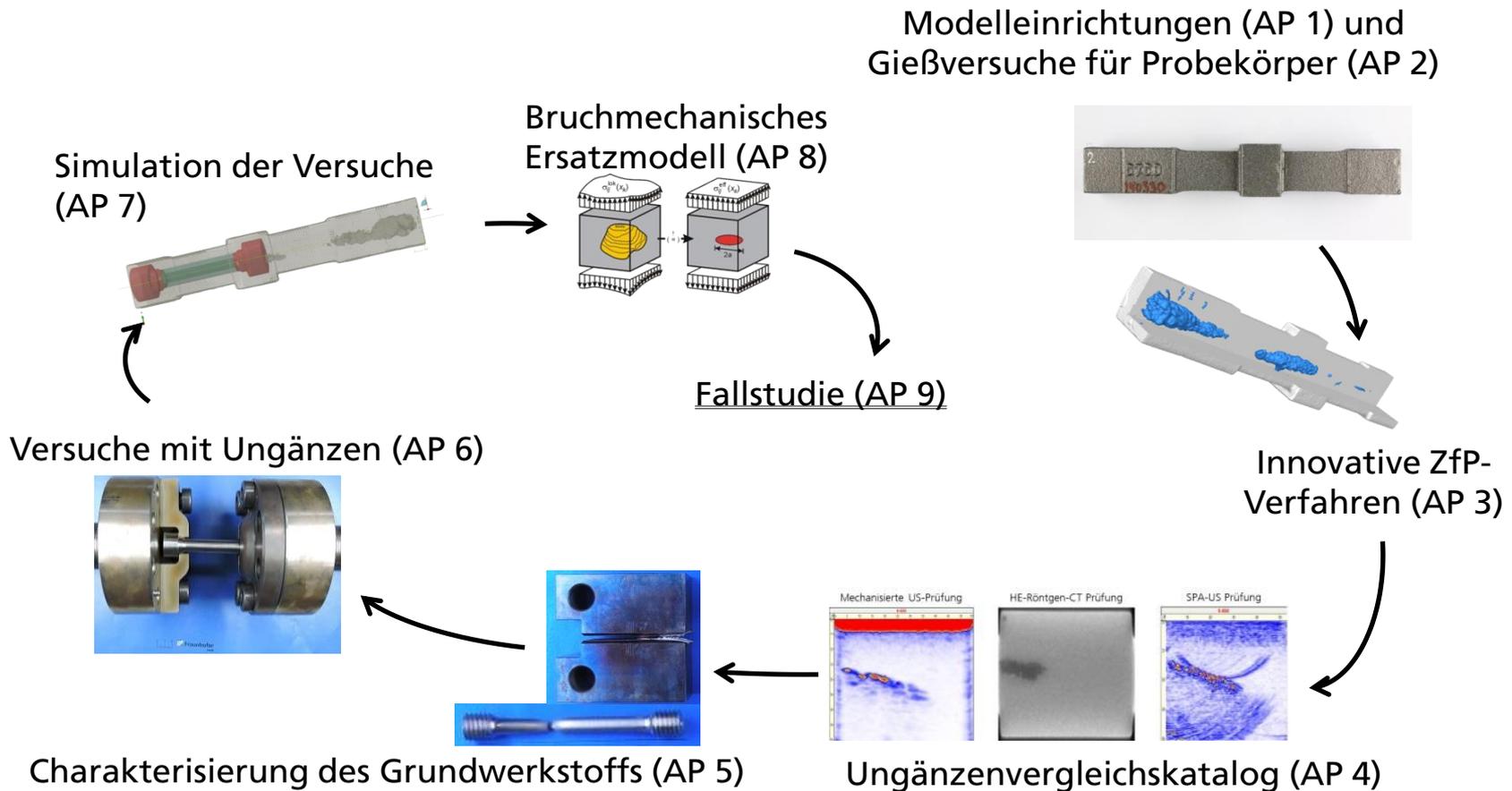
# Ziel des Vorhabens

---

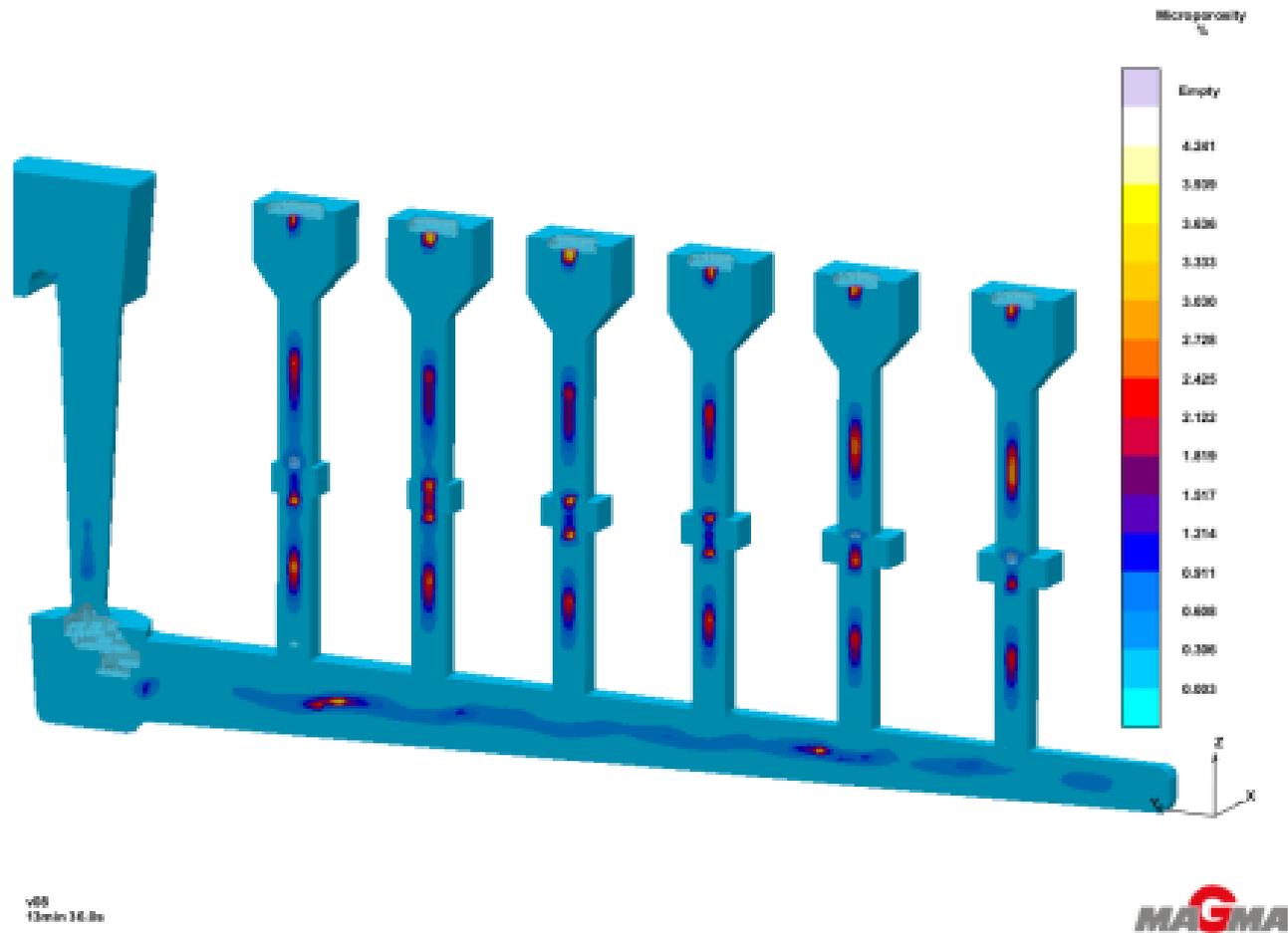
- Korrelationen zwischen Ungängen (Lunker) und der lokalen bruchmechanischen Festigkeit bzw. Belastbarkeit unter statischen Belastungen
- Qualifizierung moderner ZfP-Verfahren
- Numerisches Konzept zur Ungängenbewertung bei Stahlguss
- Handhabbares Bewertungskonzept für Festigkeitsbewertung von Stahlgussbauteilen mit realen oder postulierten Gussfehlern
- Werkstoffe G20Mn5 und G22NiMoCr5-6

# Einfluss von herstellungsbedingten Ungängen auf das Werkstoffverhalten von Stahlguss

## Projektübersicht

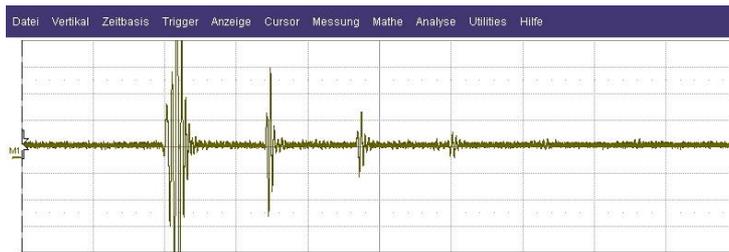


# Gießsimulationen



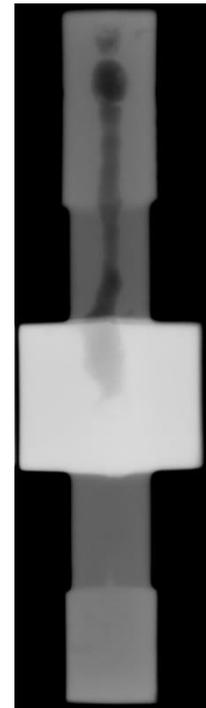
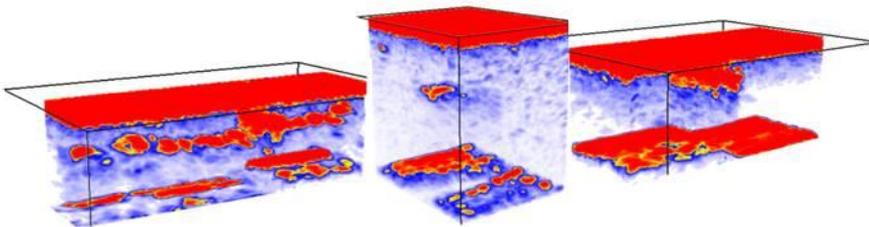
# Qualifizierung innovativer zerstörungsfreier Prüfverfahren

Qualifizierung innovativer Verfahren: Probe 6220N-11, WS: 60 mm



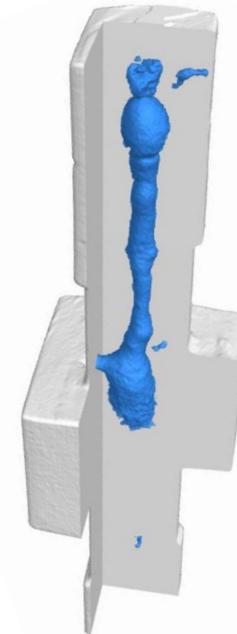
US-A-Bild

Mechanisierte US-Prüfung inkl. Rekonstruktion



Durchstrahlungsprüfung

Röntgen-CT-Bild

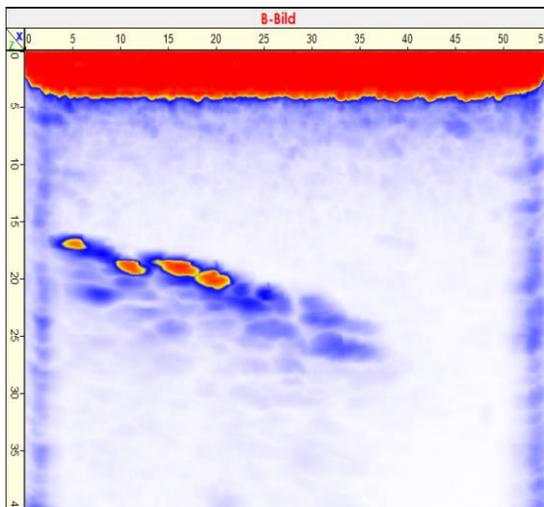


# Qualifizierung innovativer zerstörungsfreier Prüfverfahren

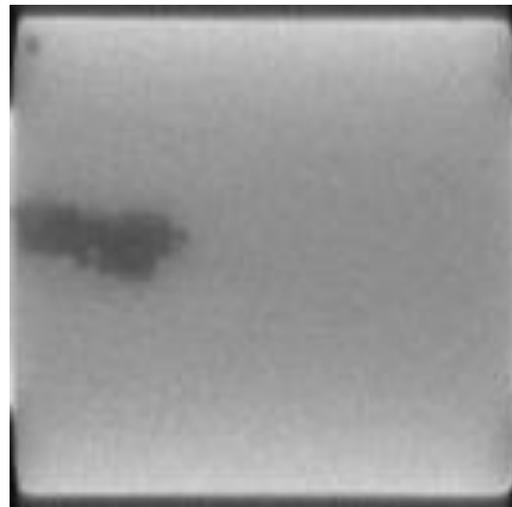
Qualifizierung innovativer Verfahren: Probe 6760-9, WS: 50 mm

B-Bild

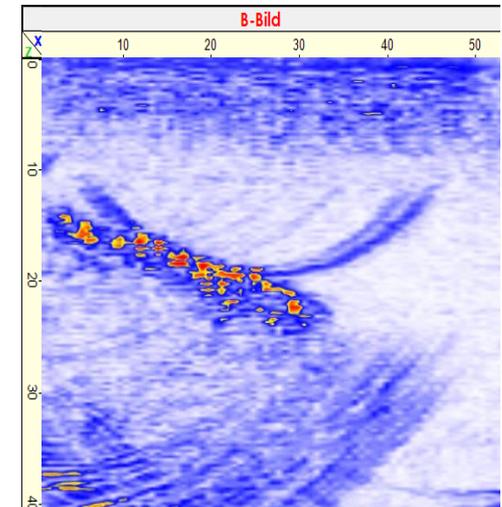
Mechanisierte US-Prüfung



HE-Röntgen-CT Prüfung



Sampling Phased Array-  
US Prüfung



# Qualifizierung innovativer zerstörungsfreier Prüfverfahren

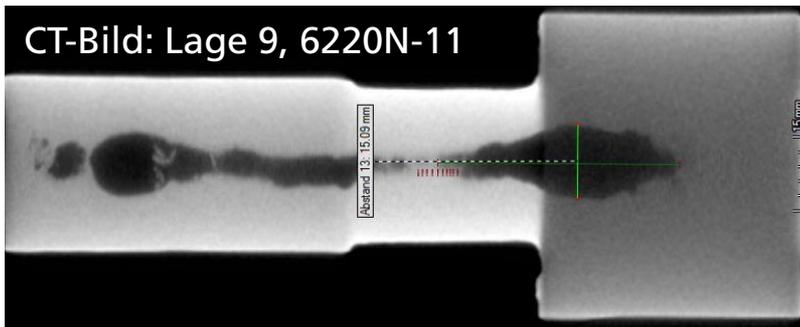
Qualifizierung innovativer Verfahren: Probe 6220N-11, Lage 9

Schliffbild: Lage 9, 6220N-11

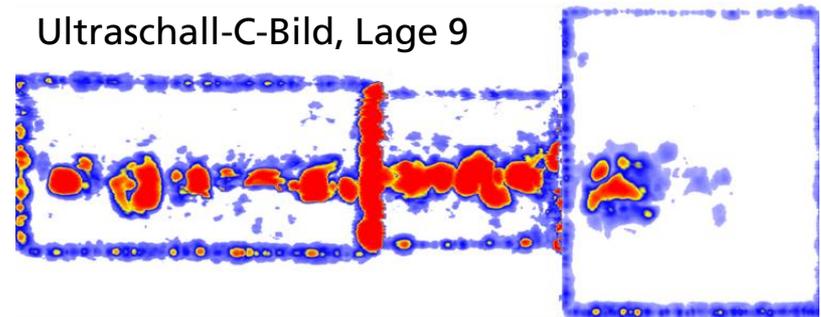


Schliffbilder [mm]		CT-Bilder [mm]		Abweichung [%]	
Z-Richtung	Y-Richtung	Z-Richtung	Y-Richtung	Z-Richtung	Y-Richtung
49.34	15.94	48.74	15.09	1.22	5.33

CT-Bild: Lage 9, 6220N-11



Ultraschall-C-Bild, Lage 9

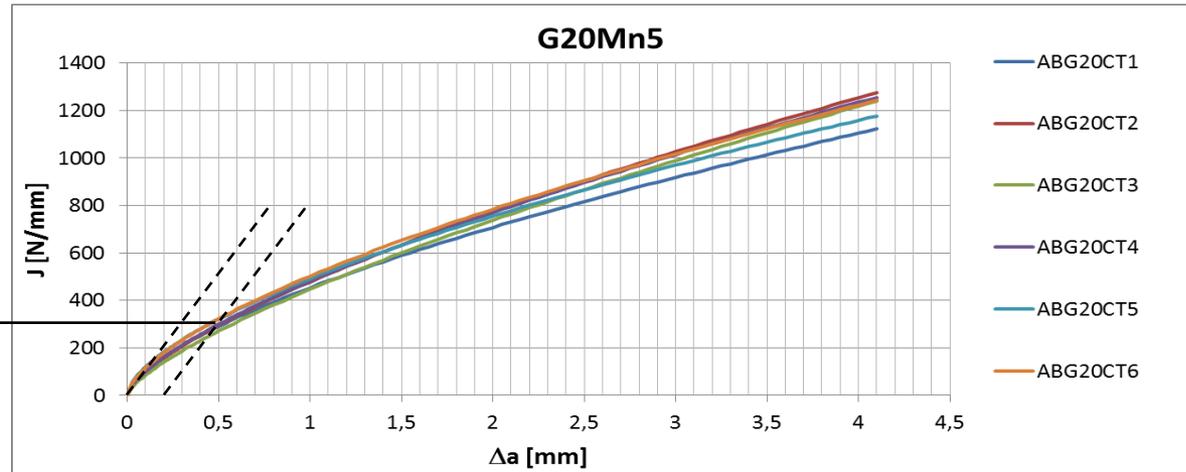


# Bruchmechanik-Versuche (J-R Kurven)

G20Mn5:

$$J_Q = 303 \text{ N/mm}$$

$$K_{JIC} = 267 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$$

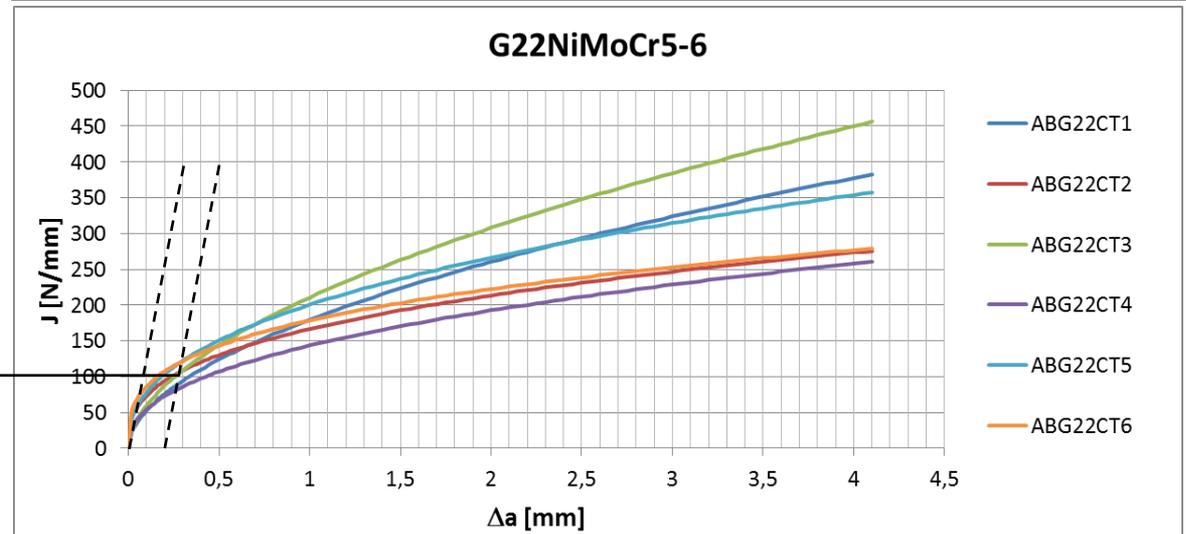


G22NiMoCr5-6:

$$J_Q = 100 \text{ N/mm}$$

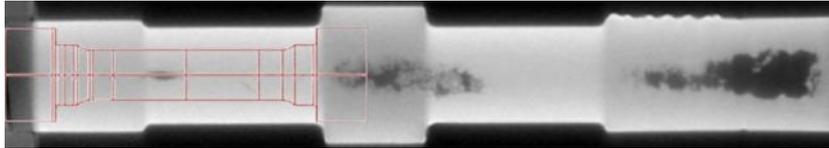
$$K_{JIC} = 149 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$$

Die Risszähigkeiten sind deutlich größer als in der Norm angegeben

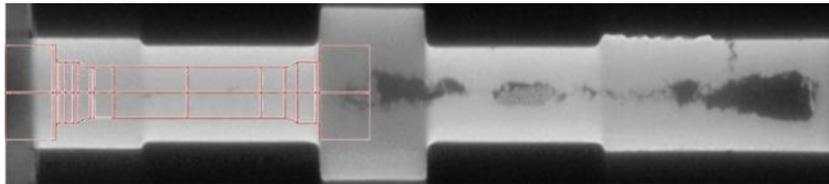


# Versuche an Proben mit Ungängen

G20Mn5

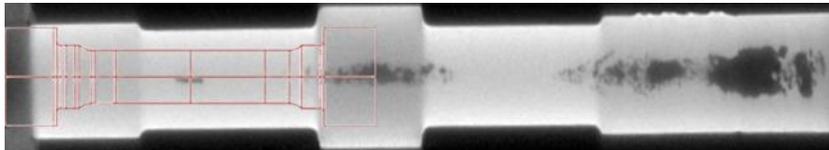


Gütestufe 5

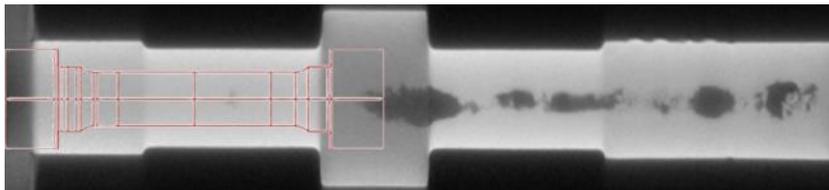


Gütestufe 2

G22NiMoCr5-6



Gütestufe 2

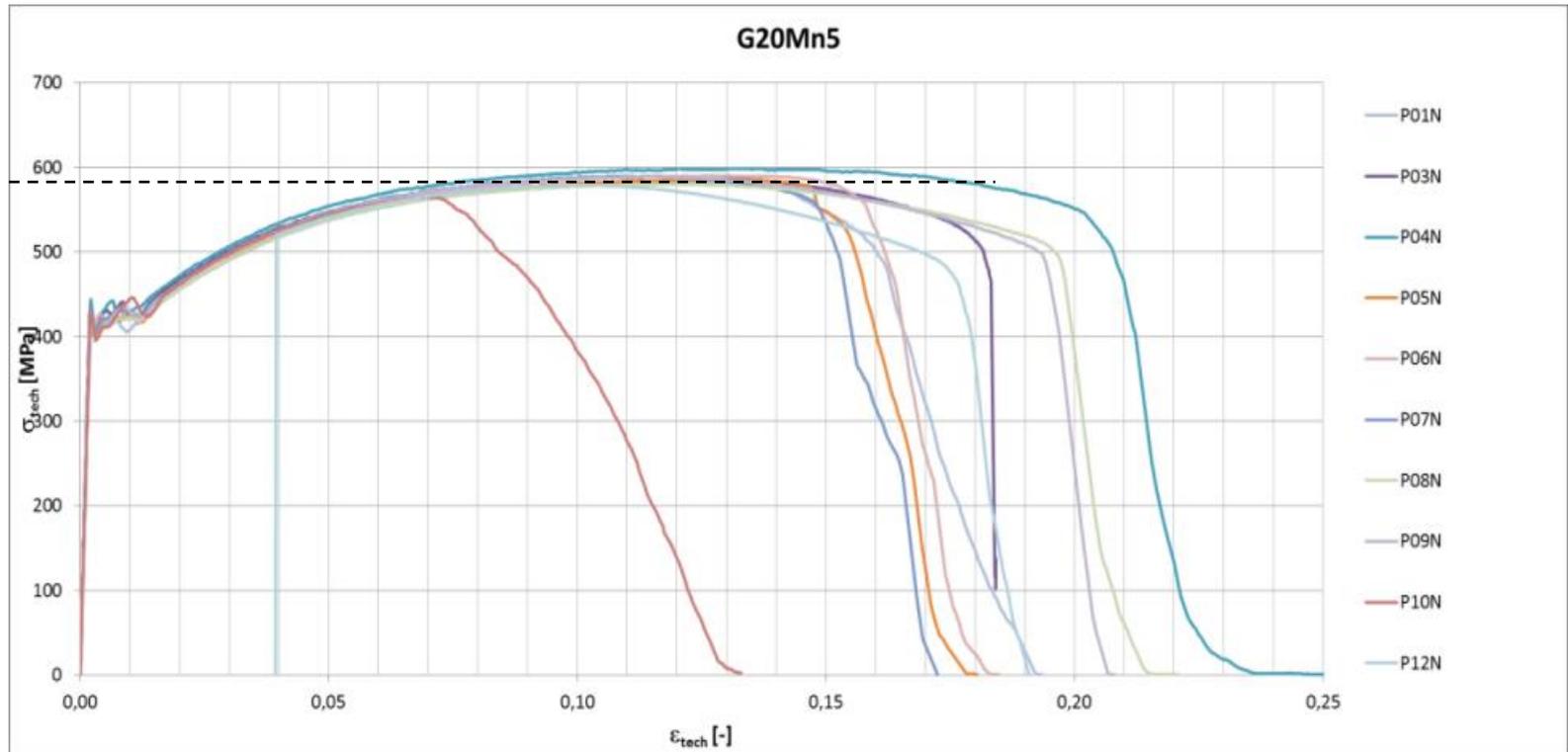


Gütestufe 4

Proben wurden auf einer Seite des Gussstabs entnommen

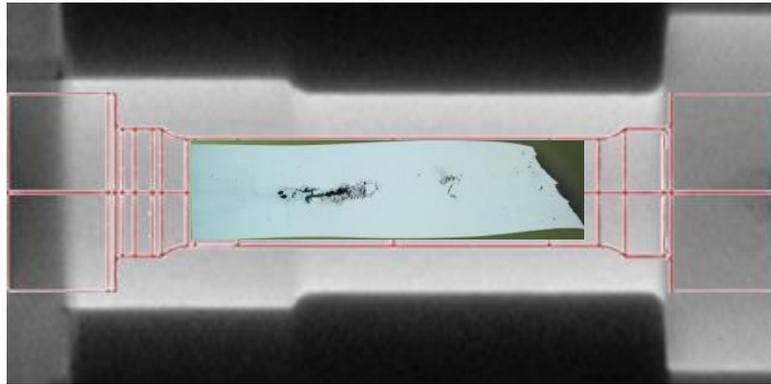
# Versuche an Proben mit Ungängen

584 MPa

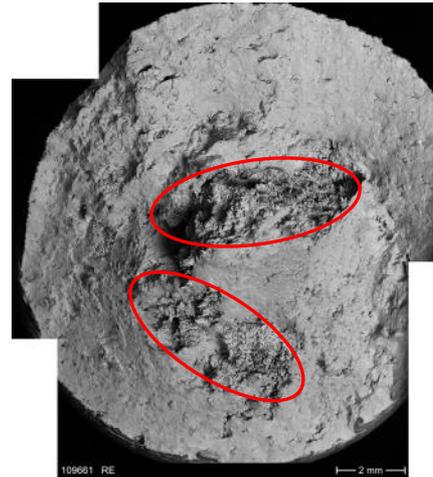


G20Mn5: nahezu alle Proben erreichen die Zugfestigkeit der Ungängenfreien Proben (Mittelwert 584 Mpa)

# Versuche an Proben mit Ungängen



Probe P05N

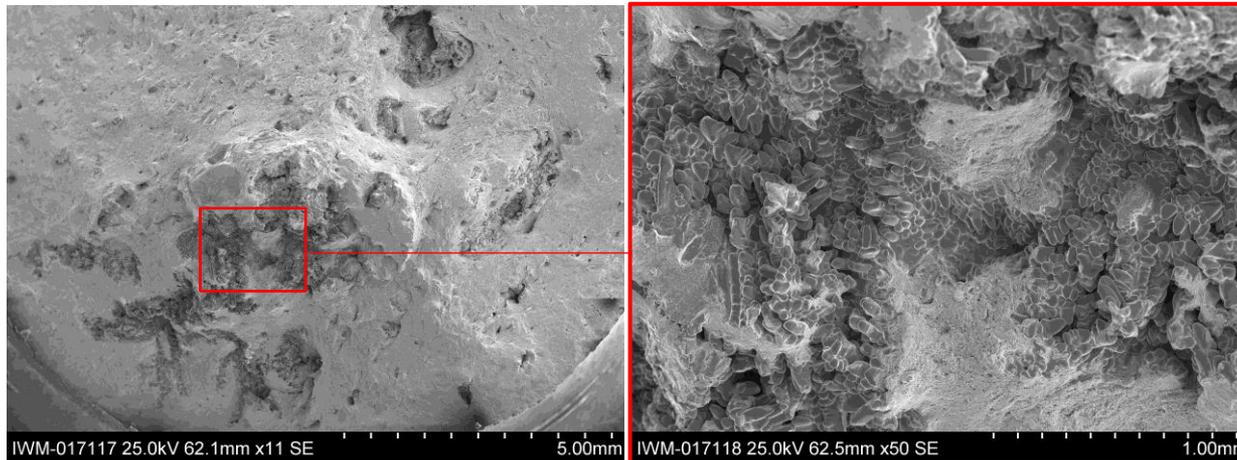


Proben sind nicht an der größten Ungänge gebrochen, sondern am Rand.

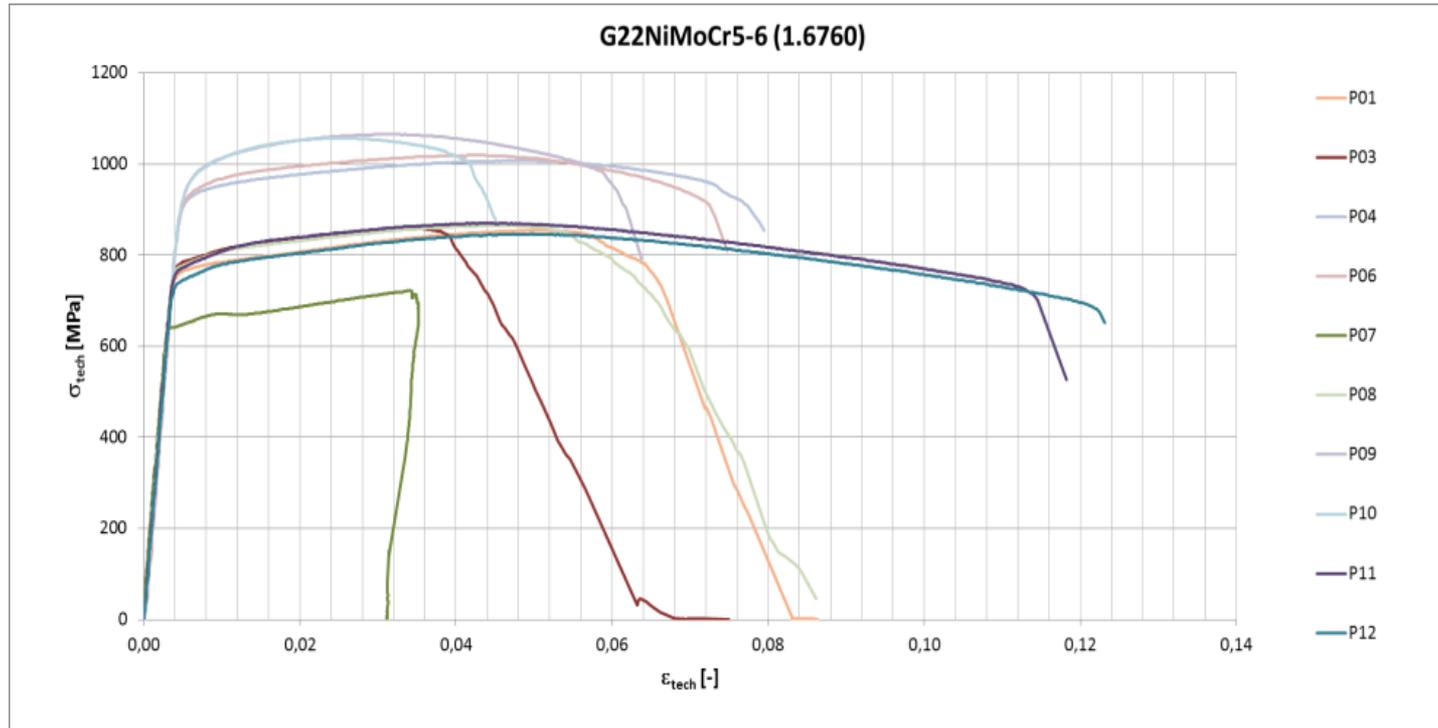
Dort lagen z.T. mehrere Lunkernester mit sehr geringer Öffnung vor (teilweise noch punktuell über Dendriten verbunden), die von der ZfP nicht erkannt wurden.

Der Bruchmechanismus war duktiles Versagen.

Probe P01N

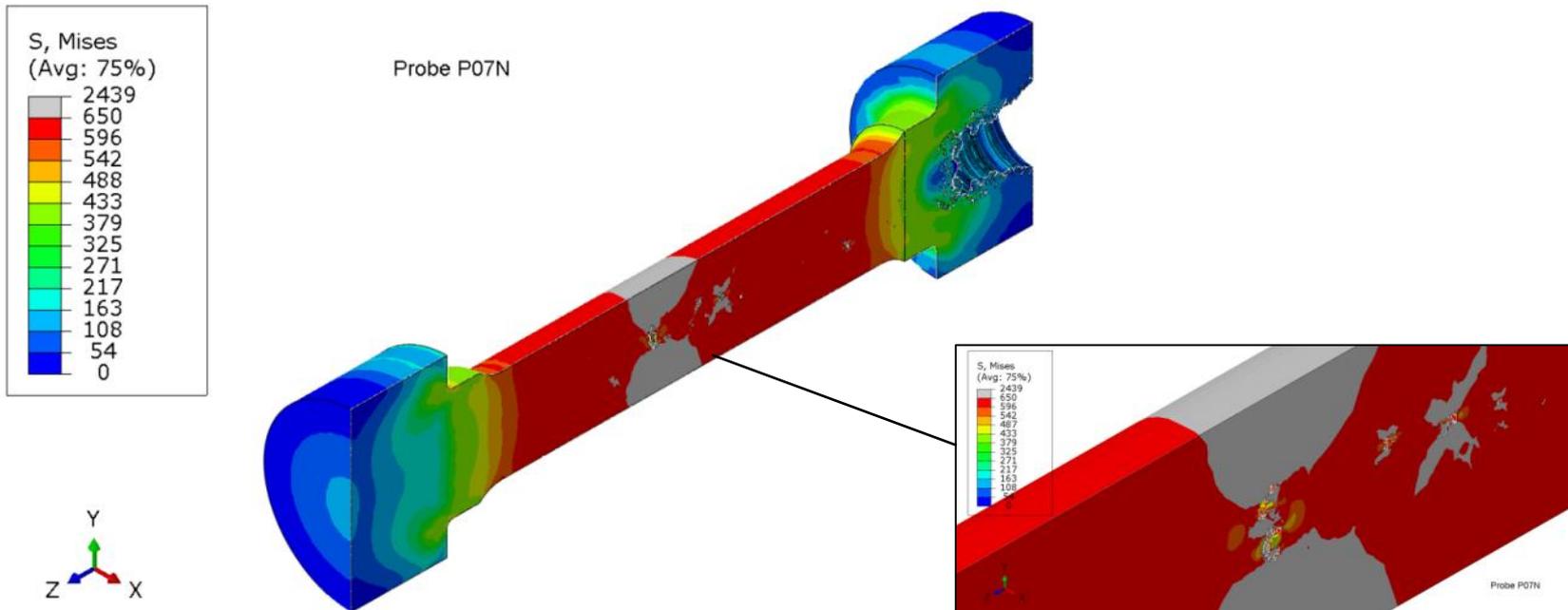


# Versuche an Proben mit Ungängen



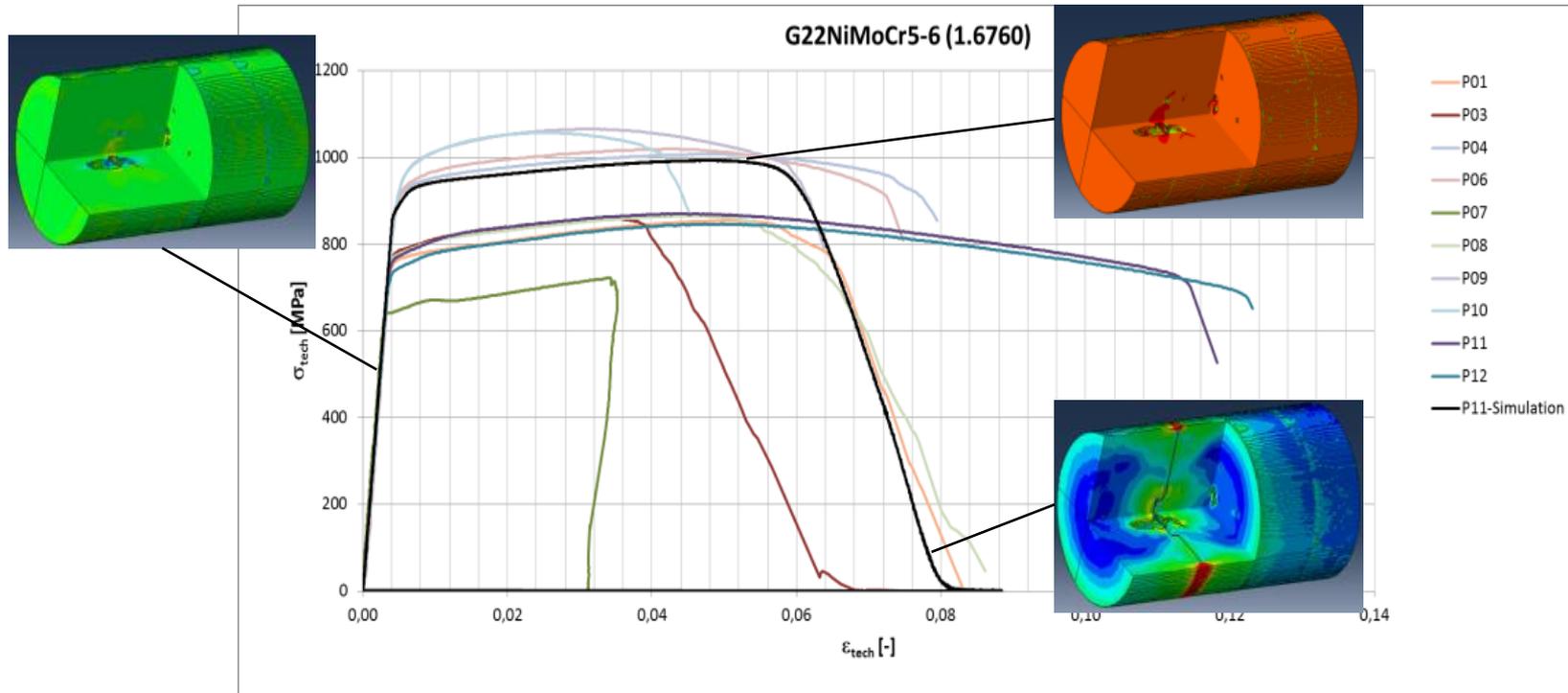
G22NiMoCr5-6: nahezu alle Proben erreichen die Zugfestigkeit der Ungängenfreien Proben. Aber: die Proben hatten unterschiedliche Festigkeiten, die durch Härtemessungen bestätigt wurden

# Numerische Simulationen



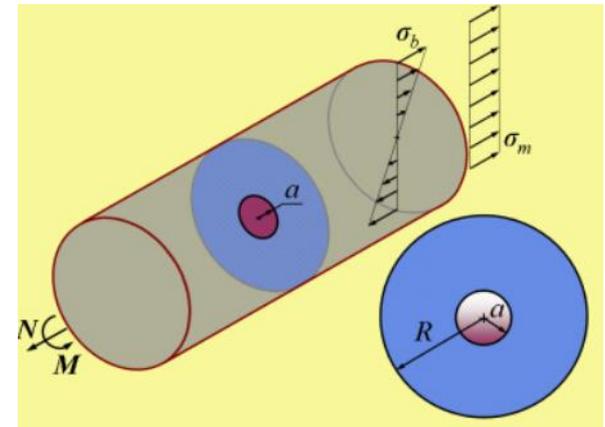
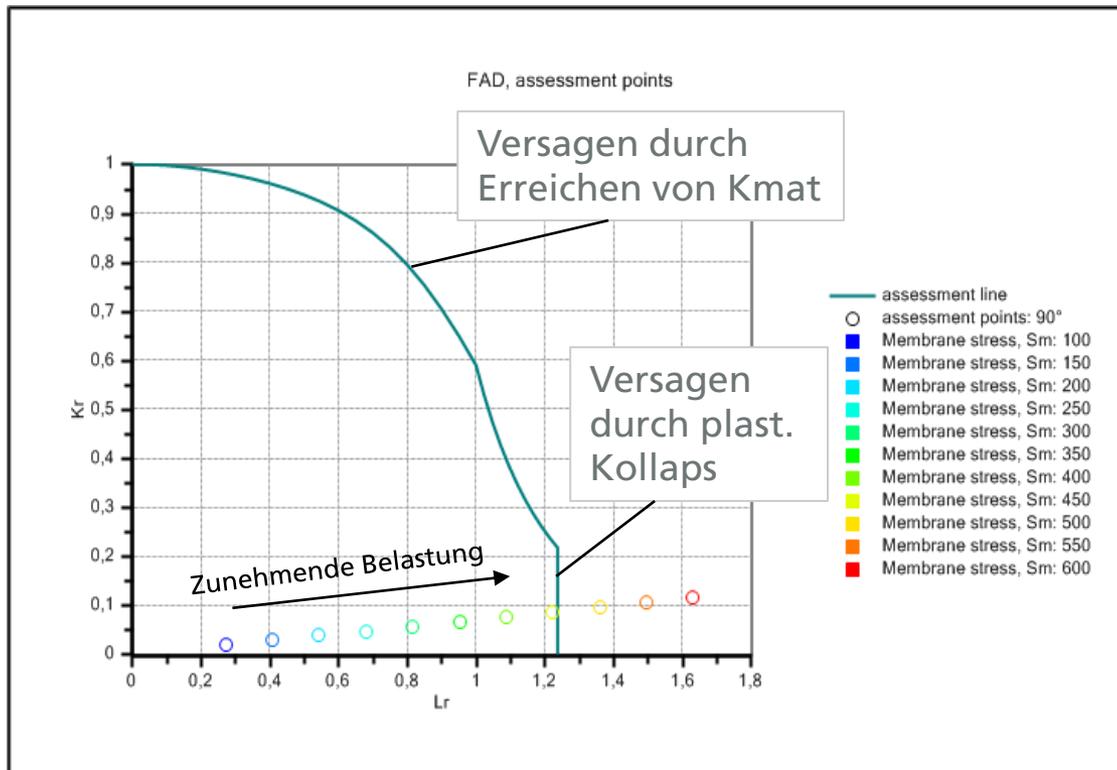
- Automatisiertes Verfahren zur Übertragung der Ungängen von CT-Messungen auf FE-Modelle entwickelt
- Lokal treten an Ungängen hohe Spannungen auf
- Versagen durch Durchplastifizieren des tragenden Querschnitts

# Numerische Simulationen



- Materialmodell mit Schädigung nach Gurson beschreibt Werkstoffversagen nach Lastmaximum durch Wachstum und Vereinigung von Poren
- Rechenzeiten sind für praktische Anwendungen aber zu hoch
- Bei duktilem Versagen (wie vorliegend) kann vereinfachend der tragende Restquerschnitt betrachtet werden (FE-Rechnung oder analytisch)

# Bruchmechanische Bewertung



Die bruchmechanische Bewertung bestätigt Versagen durch Durchplastifizieren des Restquerschnitts ( $L_r > 1$ )

Bruchmechanische Bewertung für eine innen liegende, kreisförmige Ungänze mit Durchmesser 4 mm ( $a=2$  mm), Probendurchmesser 15 mm, Werkstoff G20Mn5

# Fazit

---

- Als Fazit kann festgehalten werden, dass alle Proben mit Ungängen auch trotz z.T. großer Ungängen hohe Belastungen bis über die Fließspannung (Mittelwert zwischen Streckgrenze und Zugfestigkeit) ertragen, was durch die bruchmechanische Bewertung bestätigt wird.
- Die Zugfestigkeit wird durch die Ungängen nicht oder nur unwesentlich abgesenkt, wobei die Bruchdehnung mit zunehmender Ungängengröße abnimmt.
- Die bruchmechanische Bewertung hat sich als effizientes Werkzeug bewährt. Die für G20Mn5 und G22NiMoCr5-6 ermittelten bruchmechanischen Kennwerte (Risszähigkeit) sind deutlich größer als z.B. in der FKM-richtlinie angegeben-
- Für eine geregelte bruchmechanische Bewertung wird die Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte von gängigem Stahlguss für relevante Temperaturbereiche vorgeschlagen.

# Förderhinweis

---

Das IGF-Vorhaben Nr. 469ZN der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V., Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, wurde über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages