



**MB**

**FAKULTÄT FÜR  
MASCHINENBAU**

# Untersuchungen zur Heißrissbildung mit dem Gleeble<sup>®</sup> 3500 Prüfsystem

C. Fink, K. Stein, M. Zinke

**INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK**

**Lehrstuhl Fügetechnik**

**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

**Universitätsplatz 2**

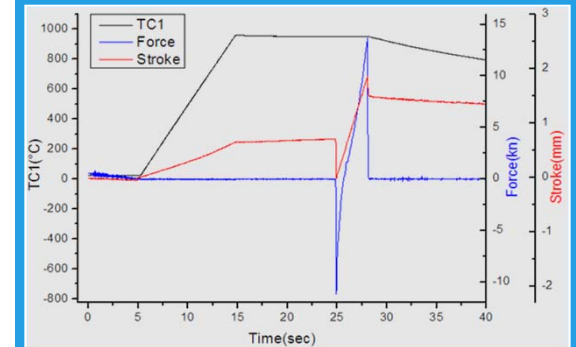
**39106 Magdeburg**

**[iwf@uni-magdeburg.de](mailto:iwf@uni-magdeburg.de)**

**MDZWP Forschungsseminar**

**Magdeburg, 04.04.2013**

- TOP 1 Gleeble® 3500 Prüfsystem
- TOP 2 Heißrisse und Heißrissprüfverfahren
- TOP 3 Strain-to-Fracture Test
- TOP 4 Ausgewählte Ergebnisse
- TOP 5 Zusammenfassung



STF-Probe in der Gleeble® und thermo-mechanischer Zyklus im Strain-to-Fracture (STF) Test

# Gleeble® 3500 Prüfsystem

- Physikalische Simulation von thermischen und thermo-mechanischen Prozessen
- statische, dynamische und zyklische Prüfung des Verhaltens von metallischen Werkstoffen
- Bestimmung wärmephysikalischer Materialkennwerte metallischer Werkstoffe

## Technische Daten:

- Zugkraftbereich: bis 100 kN
- Verformungsgeschwindigkeit: bis 2000 mm/s
- Hub: max. 150 mm
- Aufheizgeschwindigkeit: bis 10000 K/s
- Haltezeiten: ms bis h
- Umgebungsmedium:  
Vakuum, Schutzgas, Atmosphäre



Gleeble® 3500 am IWF,  
Universität Magdeburg

Heißrisse sind interkristalline Werkstofftrennungen, die bei hohen Temperaturen längs der Korngrenzen (Dendritengrenzen) auftreten, wenn die Größe der Dehnungen und die Dehngeschwindigkeit ein bestimmtes Niveau überschreiten. [nach DIN EN ISO 17641-1]

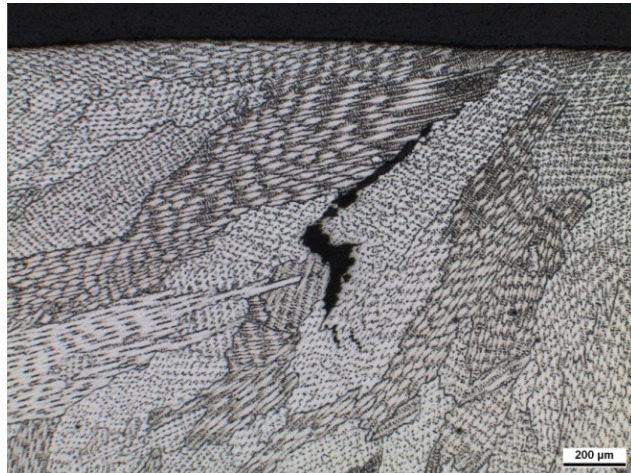
## Typ 1: Seigerungsrisssbildung

(Mikroseigerungen, niedrig schmelzende Eutektika an den Korngrenzen)

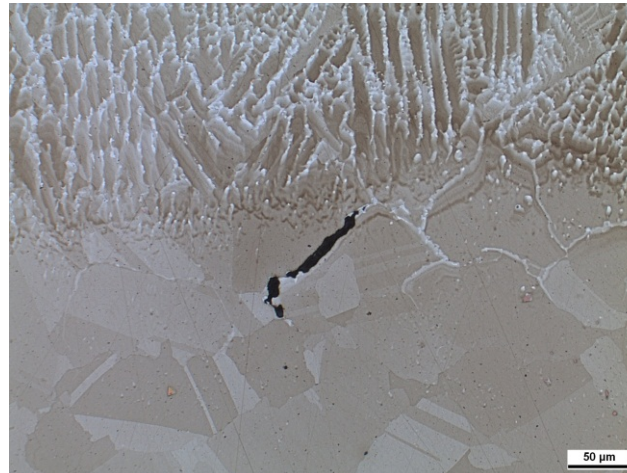
## Typ 2: Risse durch Abfall der Verformbarkeit

(an Korngrenzen, die frei von Mikroseigerungen sind)

Heißrisse - Typ 1

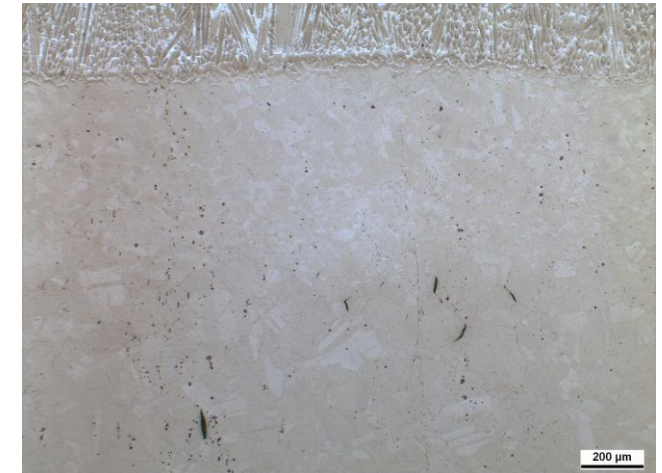


**Erstarrungsrisse (ER)**  
im Schweißgut



**Wiederaufschmelzrisse (WAR)**  
in der Wärmeeinflusszone oder im mehrlagigen Schweißgut

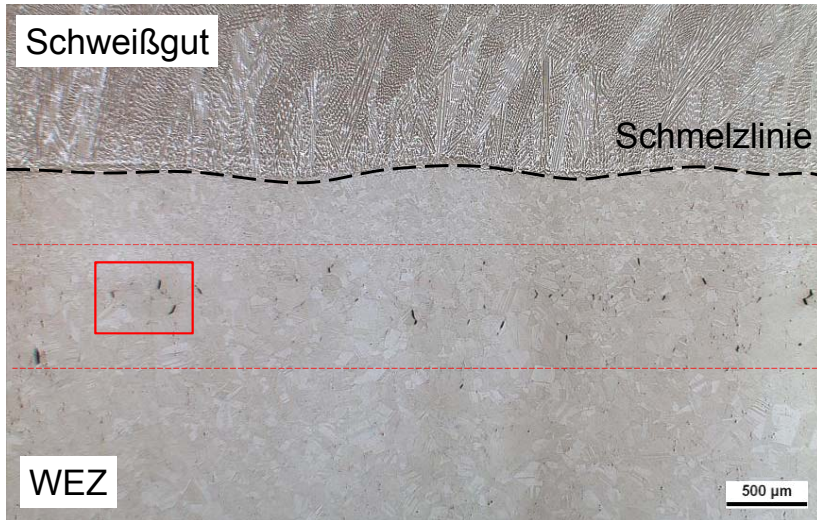
Heißrisse - Typ 2



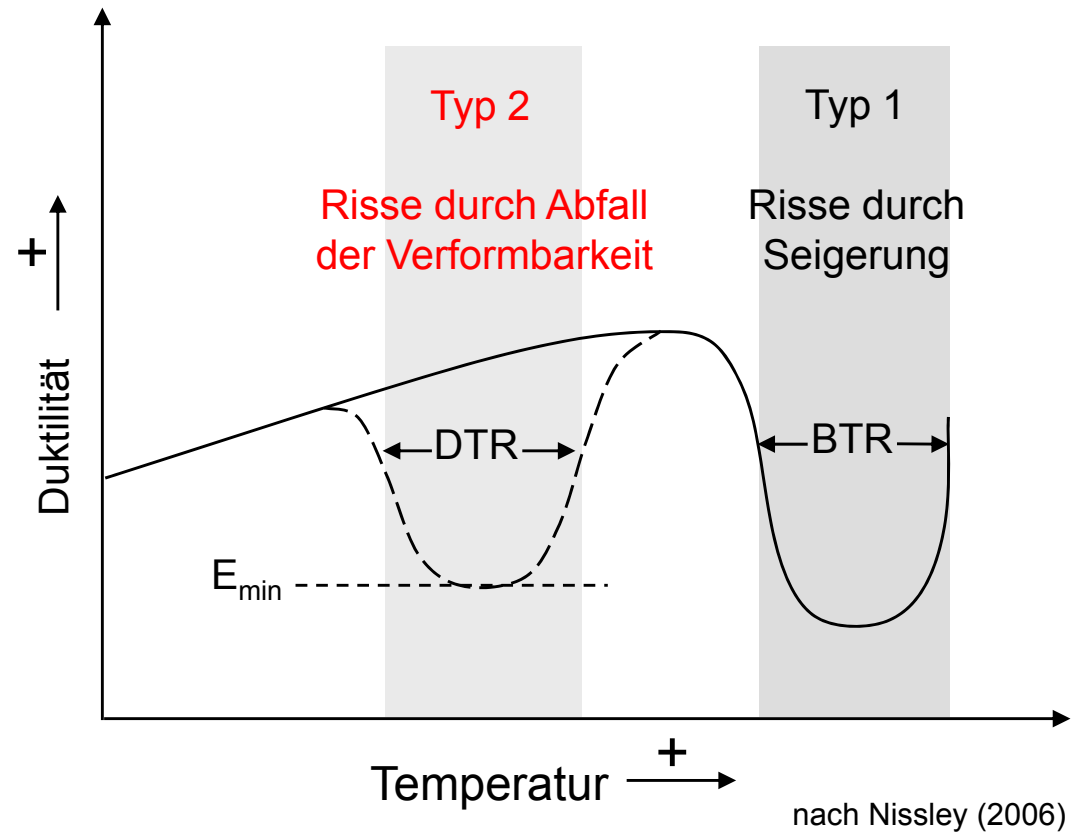
**Ductility Dip Cracks (DDC)**  
in der Wärmeeinflusszone oder im (mehrlagigen) Schweißgut



# Ductility Dip Cracking in wärmebeeinflussten Grundwerkstoffgefügen



Ductility Dip Cracking in der WEZ von alloy 617 in Folge einer WIG-Schweißung im PVR-Test

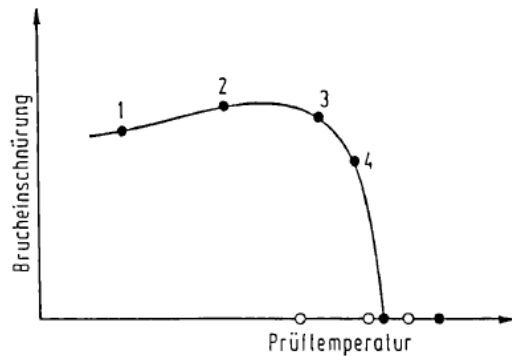


DTR – Ductility Temperature Range

BTR – Brittle Temperature Range

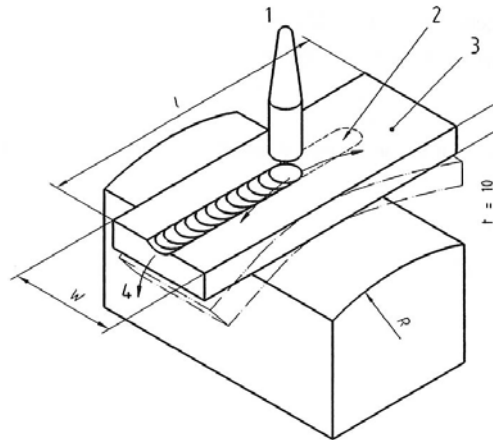
In welchem Temperaturbereich und bei welchen Dehnungen entstehen die Ductility Dip Cracks?

### Heißzugversuch mittels Gleeble®



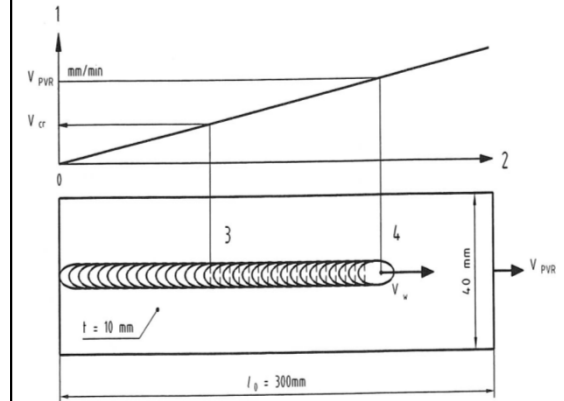
Quelle: EGKS-Forschungsvorhaben 7210-CA/140

### Varestraint-Test (MVT)



Quelle: DIN-Fachbericht 17641-3: 2005-03

### Programmierter- Verformungsriß-Test (PVR)



Quelle: DIN-Fachbericht 17641-3: 2005-03

Nachteil dieser Prüfungen: zeitgleiche Erzeugung verschiedener Arten von Heißrissen!

# Strain-to-Fracture (STF) Test

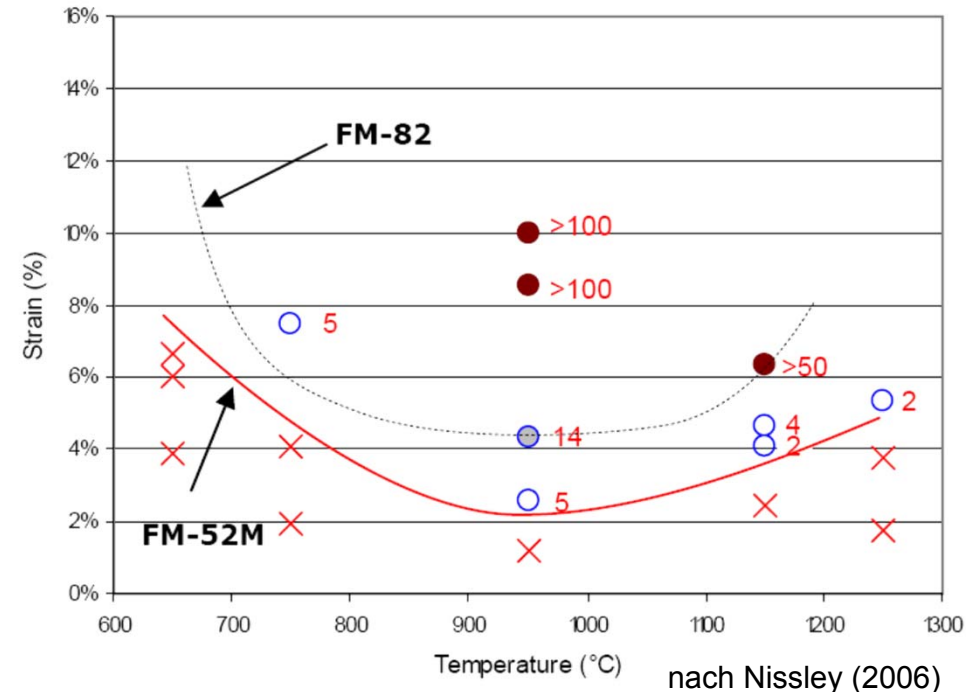
- Entwicklung durch Nissley u. Lippold (Ohio State University, 2002) für das Prüfen von Schweißzusatzwerkstoffen auf ihre Anfälligkeit gegenüber Ductility Dip Cracking (DDC)

## Vorteile

- kontrolliertes Aufbringen definierter Prüftemperaturen und -dehnungen mittels Gleeble® Prüfsystem möglich
- Prüfung im relevanten Temperaturbereich der Entstehung von Ductility Dip Cracks (DTR)
- Vermeidung der Entstehung von Heißrissen des Typs 1 (Erstarrungsrisse, Wiederaufschmelzrisse)

## Nachteil

- Vielzahl an Versuchen zur Bestimmung des DTR, notwendig da für jedes Temperatur-/ Dehnungsverhältnis eine Probe geprüft werden muss



X – keine Risse    O – Risse (Rissanzahl)

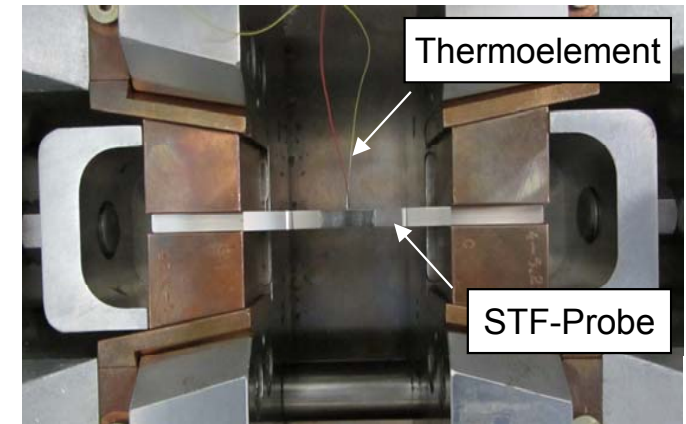
Temperatur-Dehnungskurven verschiedener Ni-Basis-Schweißzusätze (FM-82, FM-52M)

# Prüfablauf und Probengeometrie beim STF-Test

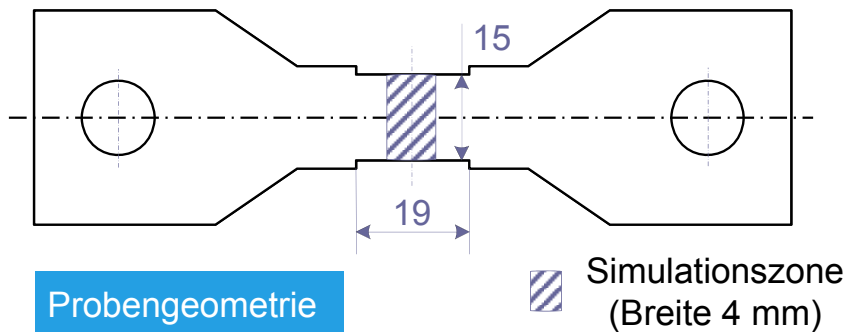
## Versuchsprogramm STF-Test

#	L	Time	Axis 1	Axis 2	Axis 3
5					
6					
7	Start				
8	Mode		Force (kN)	Wedge (cm)	TC1 (C)
9	Sample	50.0Hz			
10	GSL				
11	GSL>	display oilcool at 5			
12	Mode		Force (kN)	Wedge (cm)	TC1 (C)
13		00:05.0000	0.0	0.000	25
14					
15					
16					
17	Mod				
18		00:10.5000	0.0	0.000	1050
19	GSL>	set powerangle to 0deg			
20	GSL>	wait t1=1050C			
21					
22		00:10.0000	0.0	0.000	1050
23	Mod				
24					
25		00:00.0500	0.00	0.000	1050
26		00:04.0999	2.46	0.000	1050
27	Mode		Force (kN)	Wedge (cm)	TC1 (C)
28		00:00.0500	0.0	0.000	1050
29		00:00.0010	0.0	0.000	25
30		03:00.0000	0.0	0.000	25
31	Mode		Force (kN)	Wedge (cm)	TC1 (C)
32	End				

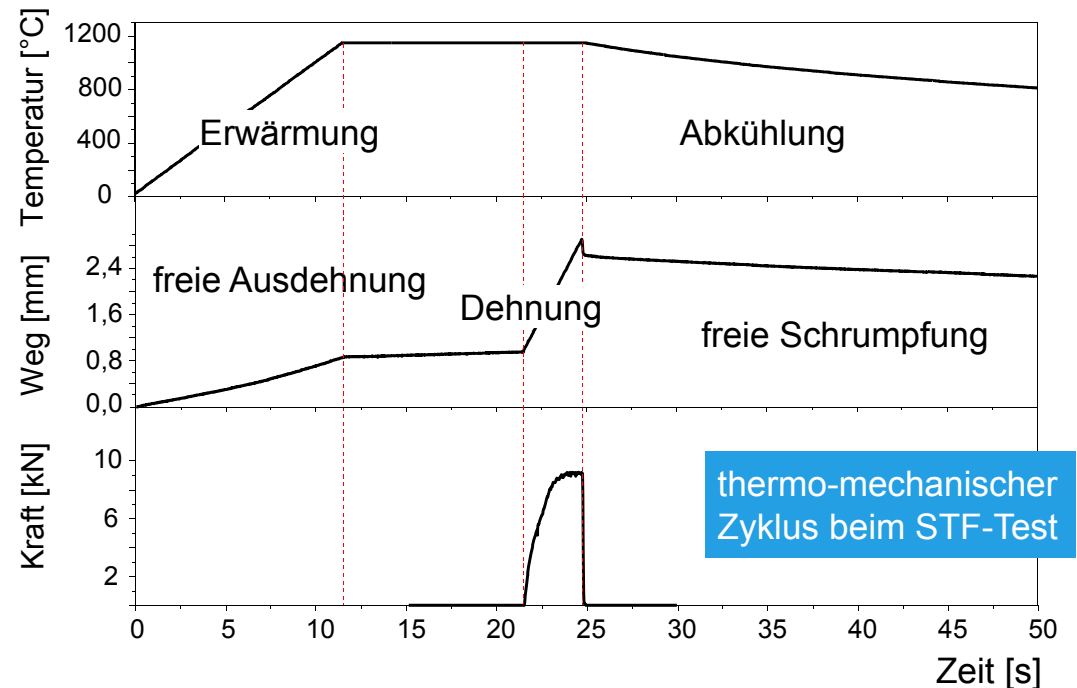
- Anfahren der Prüftemperatur mit 100 K/s (650 bis 1250°C)
- Halten der Temperatur (10 s)
- Dehnung der Probe durch programmierten Verfahrensweg (0,3 bis 4,0 mm) mit einer Dehngeschwindigkeit von 0,6 mm/s
- Aufheizen und Abkühlen der Probe bei freier Dehnung und Schrumpfung



Versuchskammer der Gleeble® 3500 mit eingespannter STF-Probe



Probengeometrie





# Versuchsdurchführung

Schleifen der Probenmitte mit 800er Körnung

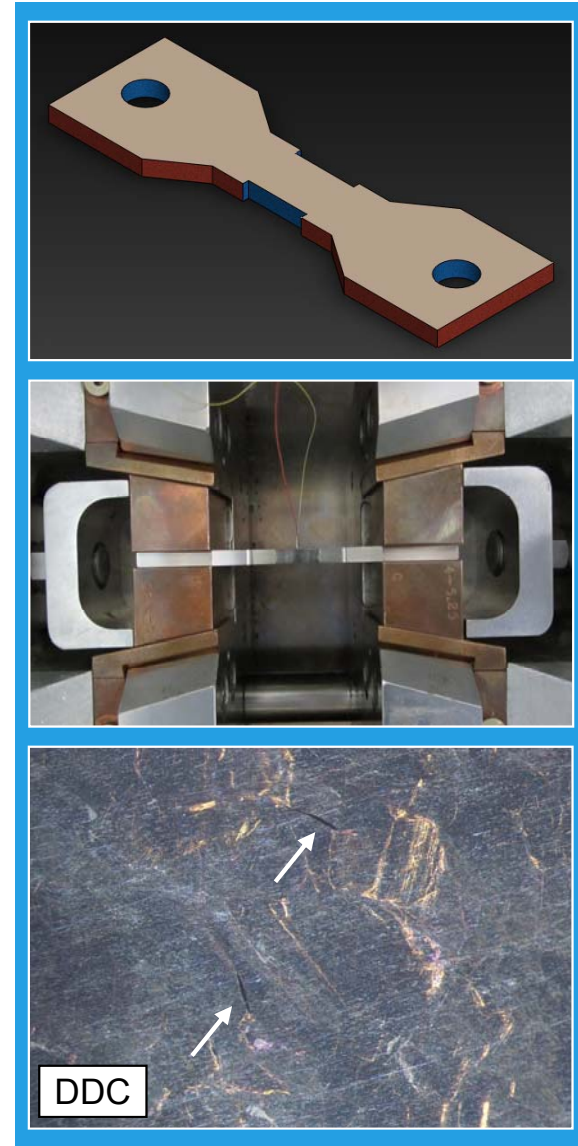
Aufbringen der Thermoelemente zur  
Temperatursteuerung

Durchführung des STF-Tests unter Variation der  
Prüftemperatur und der aufgetragenen Dehnung

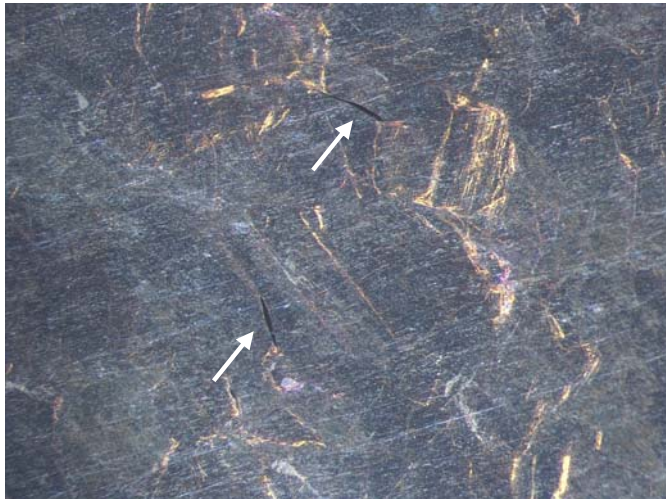
Auswertung der Simulationszone auf DDC  
am Stereomikroskop (80fache Vergrößerung)

Anfertigen von Oberflächen- und Querschliffen  
(Lichtmikroskopie)

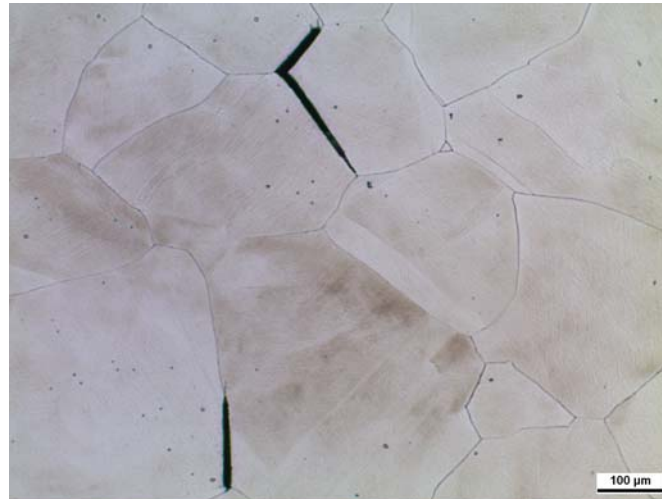
Untersuchung ausgewählter Proben am REM



# Auswertung der STF-Proben von alloy 600H auf Ductility Dip Cracking



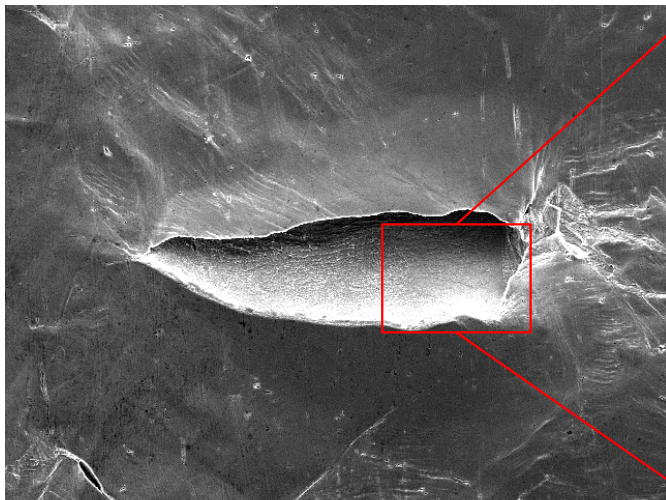
Aufnahme der Probenoberfläche am Stereomikroskop (750°C, 14% Dehnung)



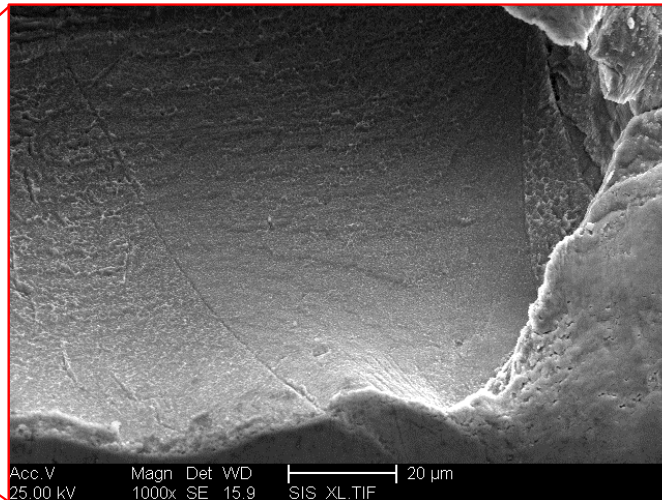
Lichtmikroskopische Aufnahme der DDC (750°C, 14% Dehnung)



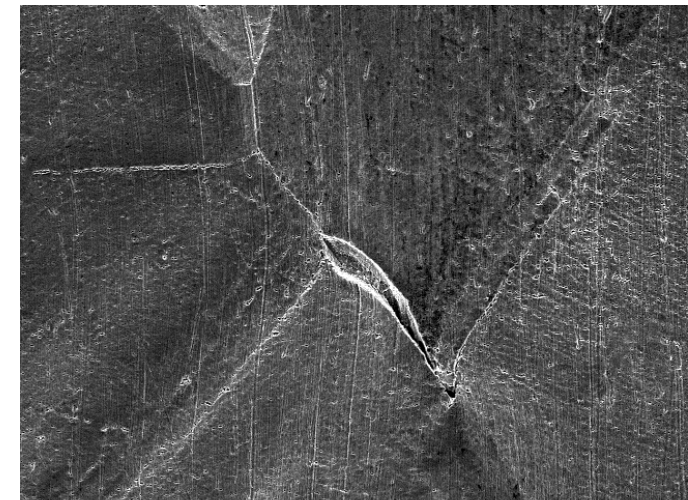
Lichtmikroskopische Aufnahme der DDC im Querschliff (750°C, 14% Dehnung)



REM-Aufnahme (750°C, 14% Dehnung)



Rissoberfläche der Ductility Dip Cracks (750°C, 14% Dehnung)

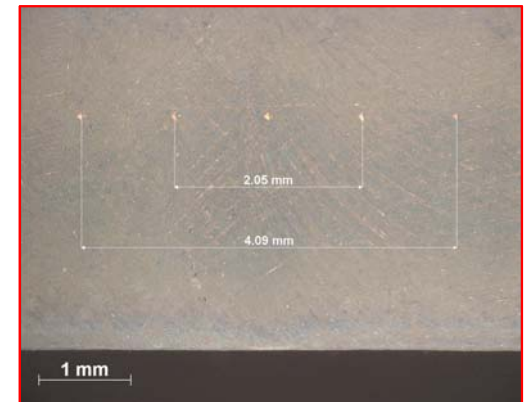
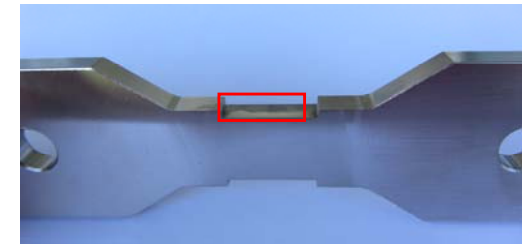
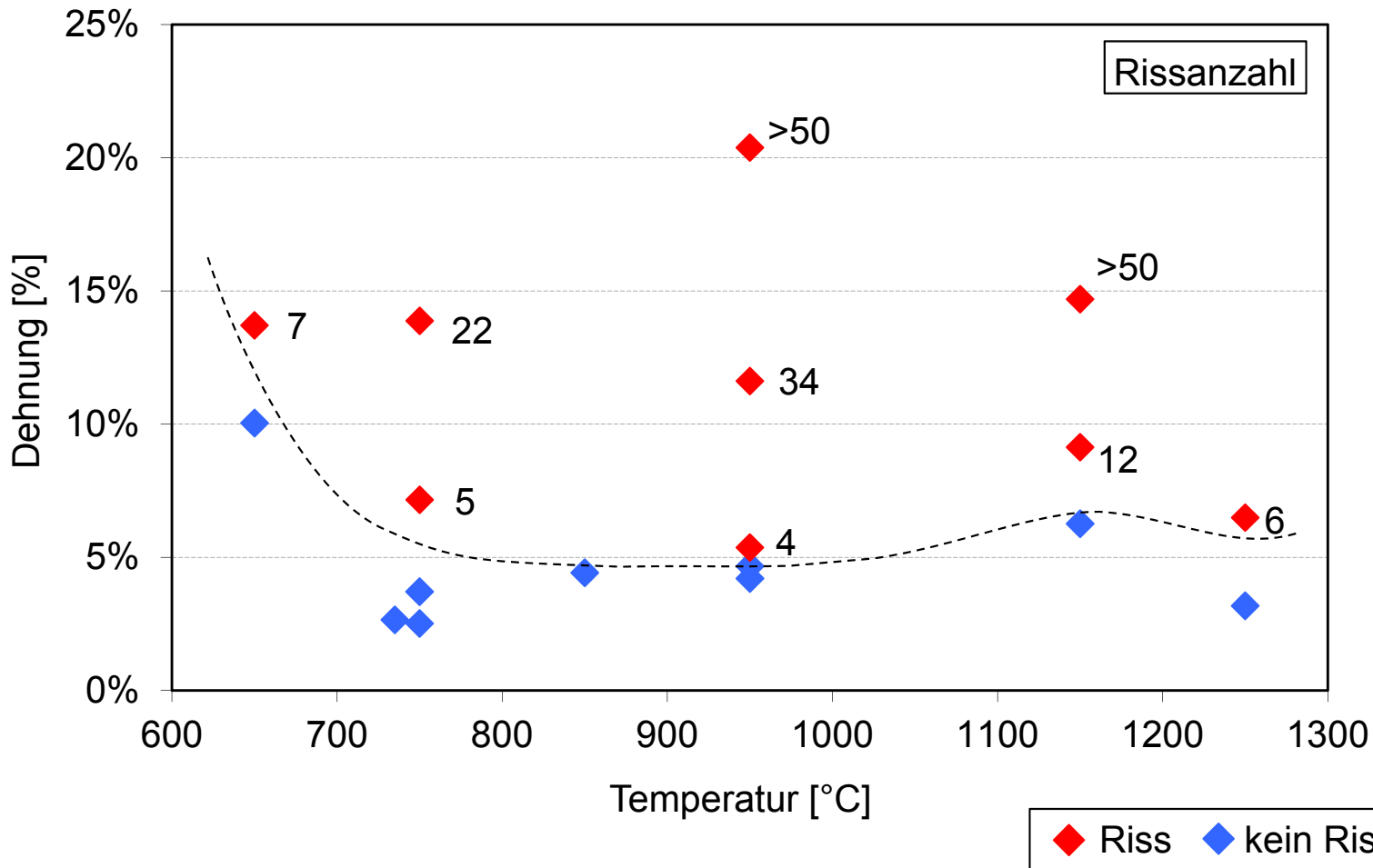


REM-Aufnahme (950°C, 11% Dehnung)



# Ergebnisse des STF-Tests

alloy 600H (2.4816)



Bestimmung der Dehnung im Simulationsbereich der Proben mittels Härteeindrücken

# Zusammenfassung

- vielfältige Einsatzmöglichkeiten zur Untersuchung der Heißrissanfälligkeit und Heißrissentstehung mit dem Gleeble® 3500 Prüfsystem
- Auswahl und Modifikation des Strain-to-Fracture Tests zur Untersuchung der DDC-Anfälligkeit von wärmebeeinflussten Grundwerkstoffgefügen
  - sehr gute Variablensteuerung mittels Gleeble® Prüfsystem
  - gezielte Vermeidung von Erstarrungs- und Wiederaufschmelzrissen
- Optimierung der Probengeometrie (Untersuchung der Temperaturverteilung)
- Realisierung erster STF-Tests am Grundwerkstoffgefüge der Ni-Basislegierungen alloy 600H (2.4816) und alloy 617 (2.4663)
  - ➔ Untersuchung des Auftretens von Ductility Dip Cracking in Abhängigkeit verschiedener Prüftemperaturen und Dehnungen
- weitere STF-Tests zum Einfluss unterschiedlichen Dehngeschwindigkeiten und Aufheizraten auf das DTR
  - ➔ weiterführende Erkenntnisse zum Phänomen des Ductility Dip Cracking



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

[www.ovgu.de/iwf](http://www.ovgu.de/iwf)

