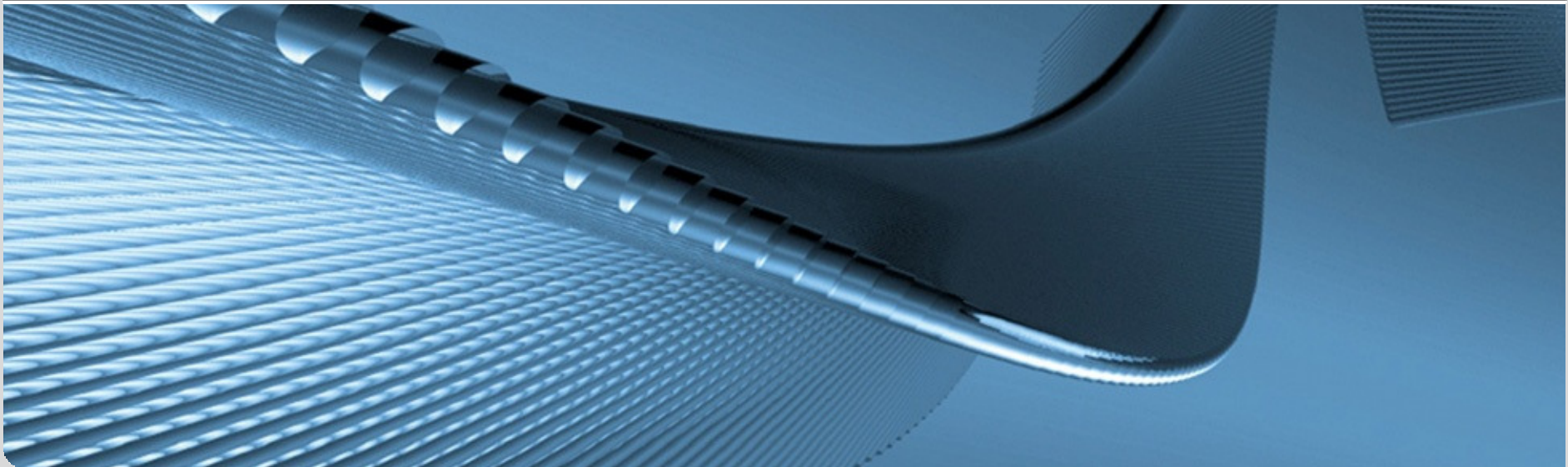


Metallische Hochtemperaturwerkstoffe und deren mechanisch-technologische Prüfung

J. Reiser, M. Rieth, B. Dafferner

Metall Symposium, 22. Mai 2012, Zwick, Ulm

Institut für Angewandte Materialien, Angewandte Werkstoffphysik



Wer sind wir?

Mitarbeiter
8.980

22.552

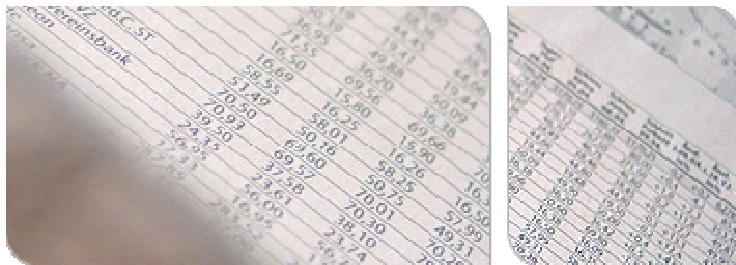
Studierende

373

Professoren

674

Millionen Euro Jahresbudget



Materialien jenseits von INCONEL®???

Nukleare Fusion
(1000 °C, 100 bar)



Fokussierende
Solarthermie



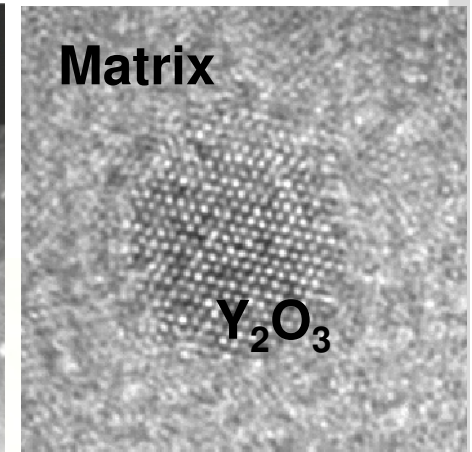
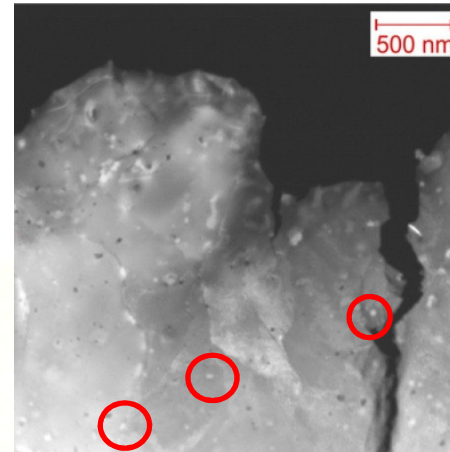
Vergasung von Stroh
(Pyrolyse, 1200 °C, 80
bar)



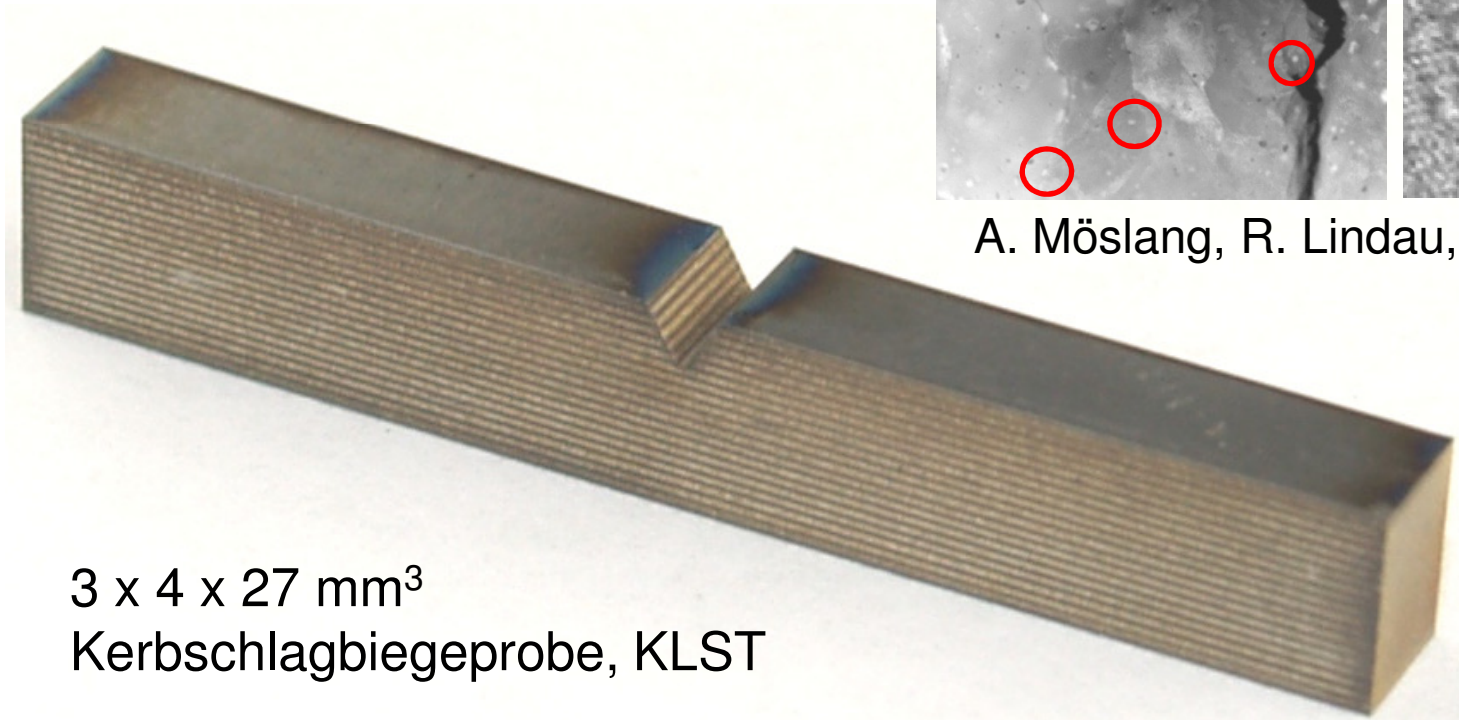
- oxidgehärtete Stähle (ODS Stahl)
- Refraktärmetalle

Was sind unsere Werkstoffe?

- niederaktivierbare Stähle (RAFM 8-10%CrWTaV)
- ODS Stähle
- Refraktärmetalle, Wolframlamine



A. Möslang, R. Lindau, J. Hoffmann, KIT

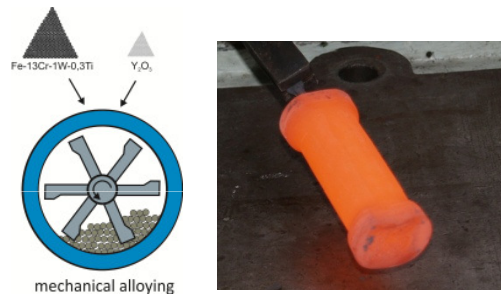


3 x 4 x 27 mm³
Kerbschlagbiegeprobe, KLST

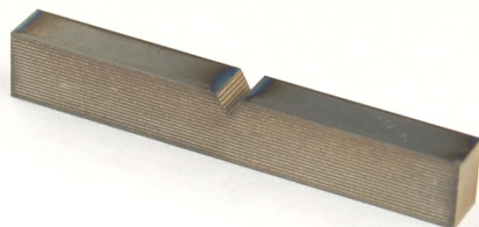
Wie ist unsere Arbeitsmethodik?

1. Synthese

Mechanisches Legieren



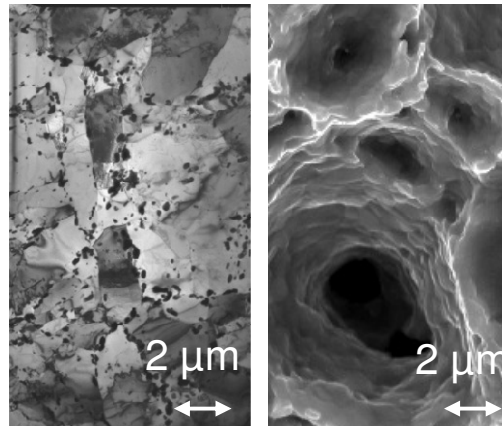
Herstellung von Wolframlaminaten



2. Analyse

Elektronenmikroskopie

- TEM
 - REM
 - FIB, EBSD
- Metallographie



3. Charakterisierung

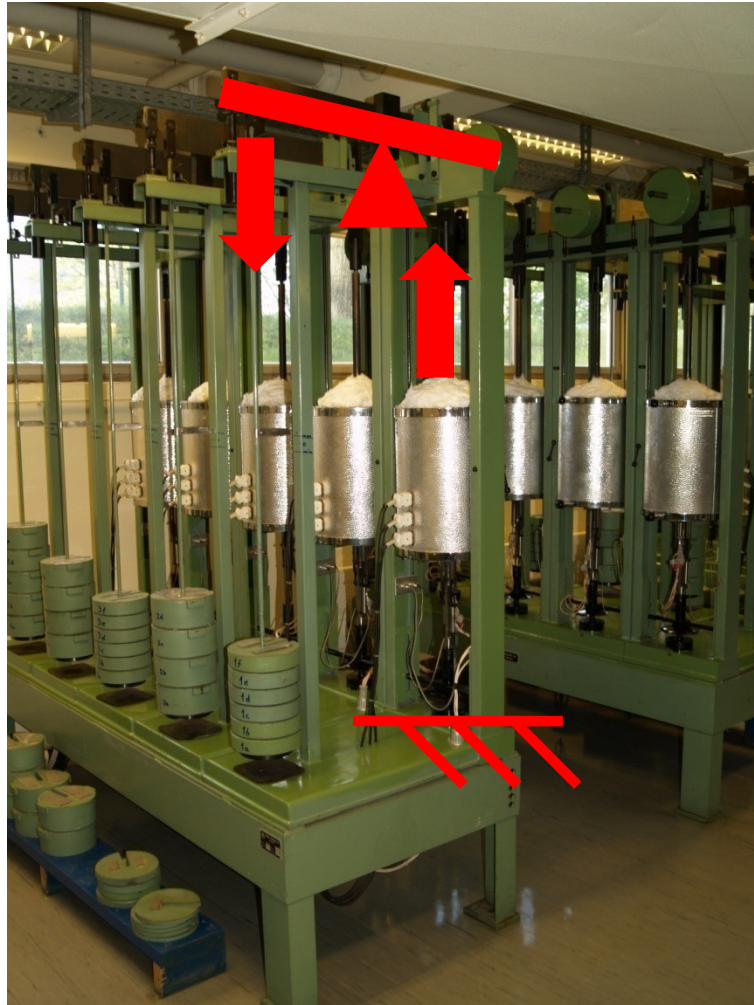
Zugversuch
Kriechen
Kerbschlagbiegevers.



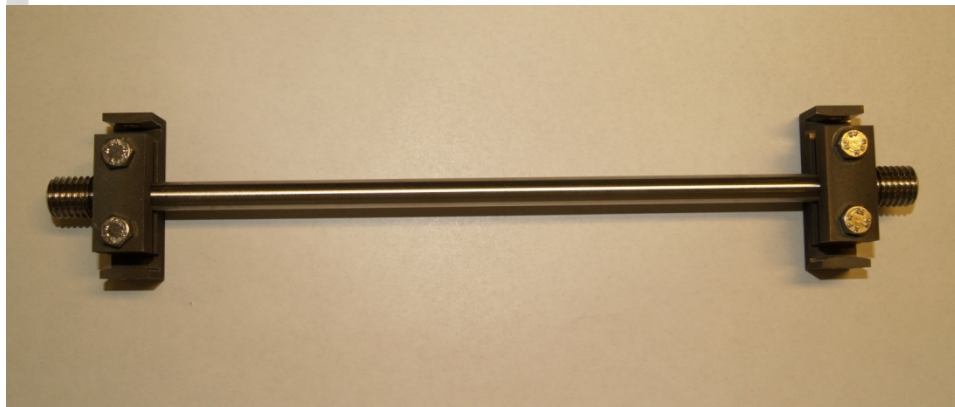
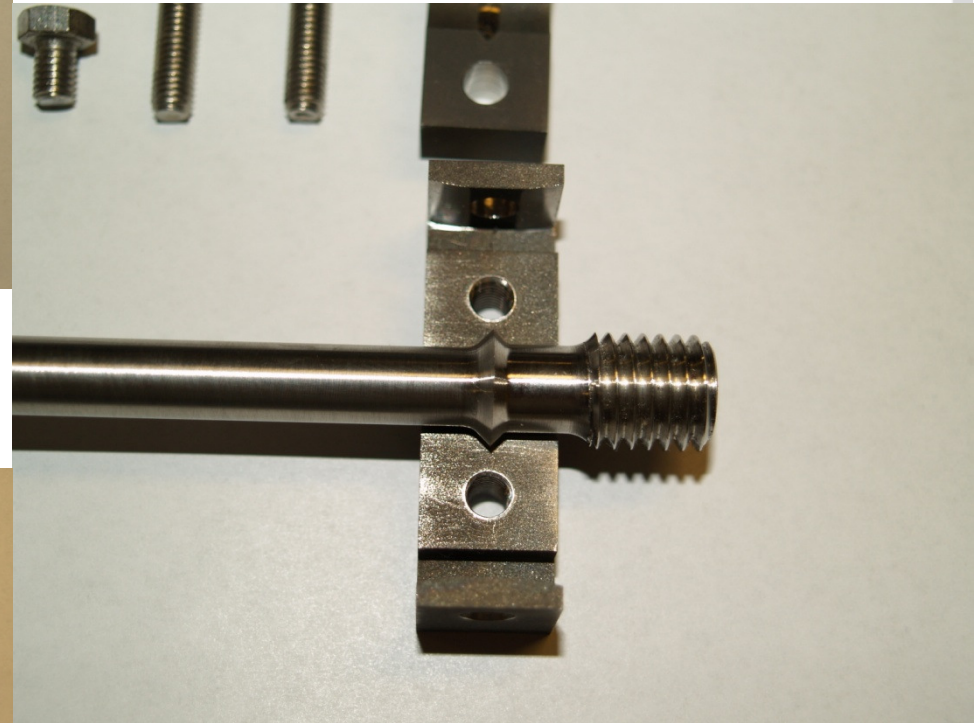
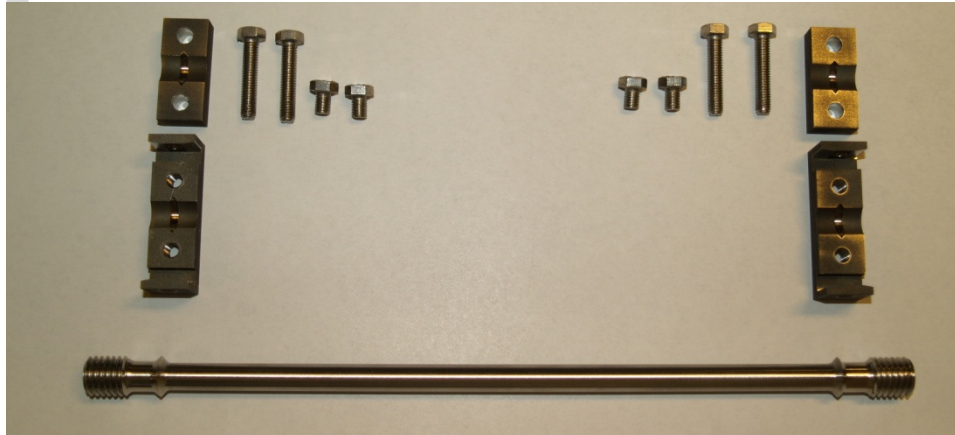
Unsere Prüfgeräte

- Universalprüfmaschinen
 - Zwick30 mit Ofen von Maytec, bis 1200 °C
 - Zwick100 mit Ofen von Maytec, bis 1400 °C
- Kerbschlagbiegeanlagen
 - Pendelschlagwerk, ISO-V
 - Pendelschlagwerk, KLST, -190 °C - 500 °C, in Atmosphäre
 - Fallwerk, KLST, bis 1100 °C, in Vakuum
- Kriechanlagen
 - 30 Prüfstände, bis 750 °C, in Atmosphäre
 - 20 Prüfstände, bis 800 °C, in Vakuum
 - 1 Prüfstand, bis 1300 °C, in Vakuum

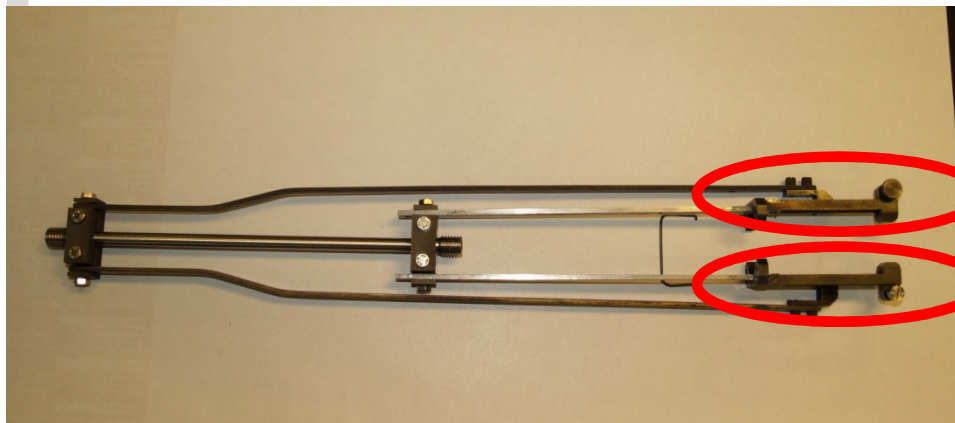
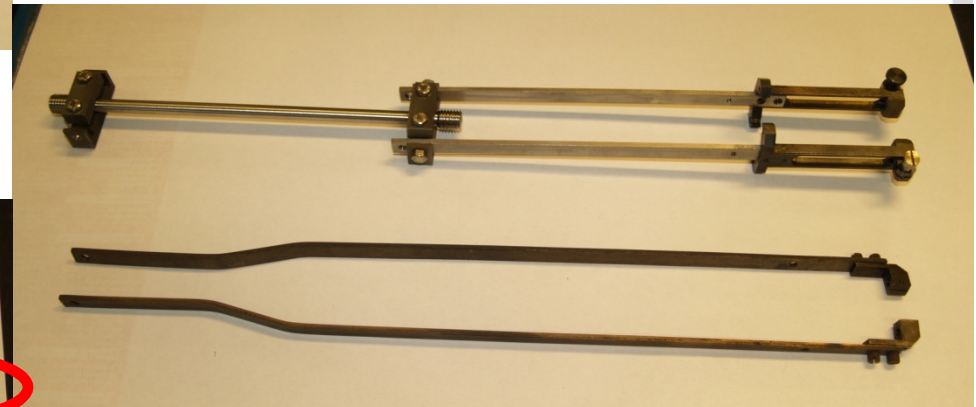
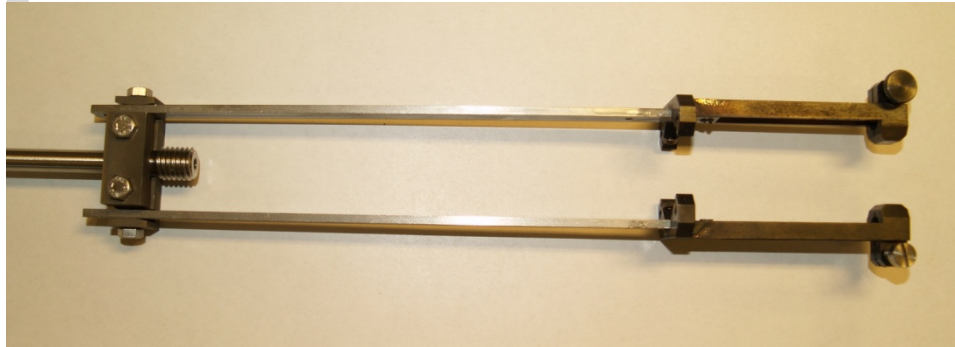
Kriechen, bis 750°C, in Atmosphäre



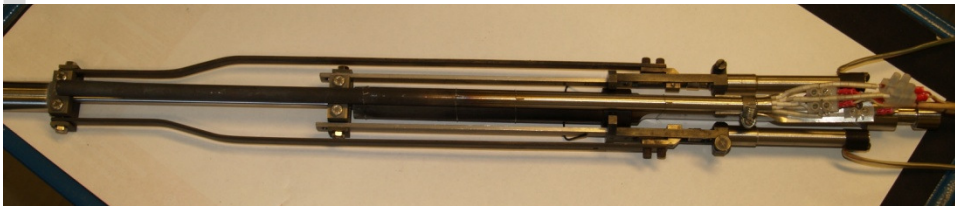
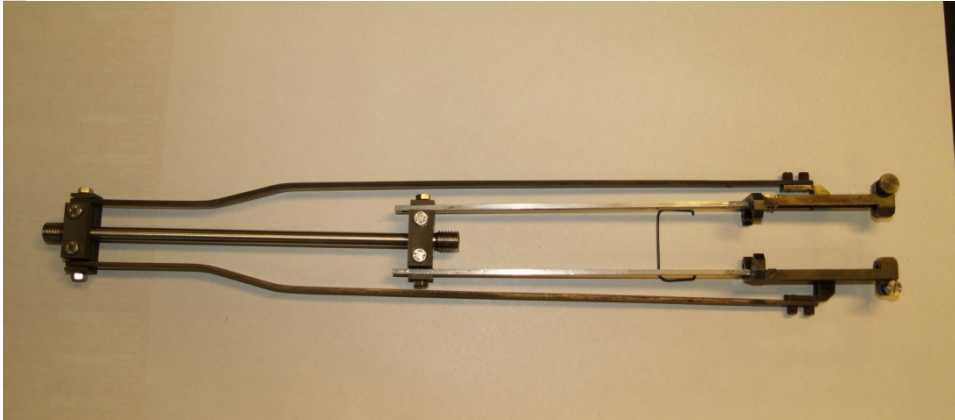
Kriechen, bis 750°C, in Atmosphäre



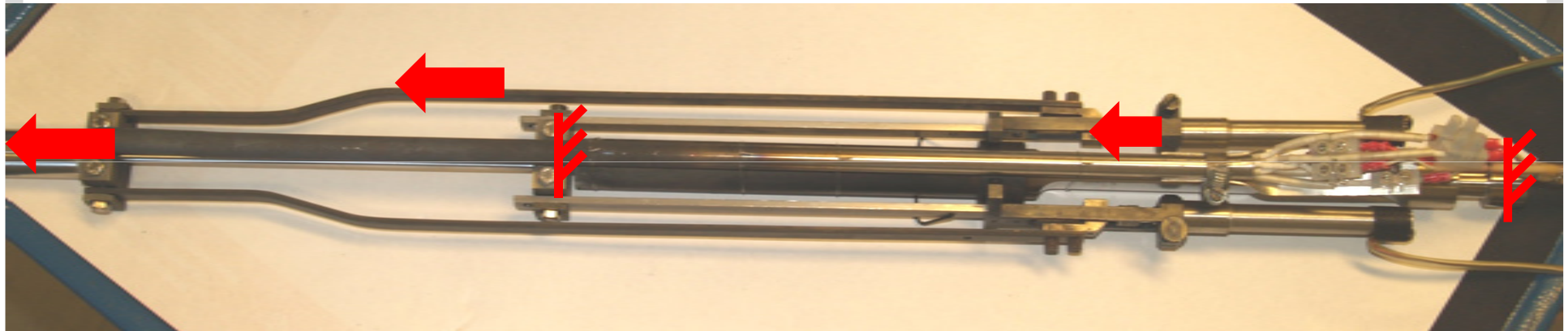
Kriechen, bis 750°C, in Atmosphäre



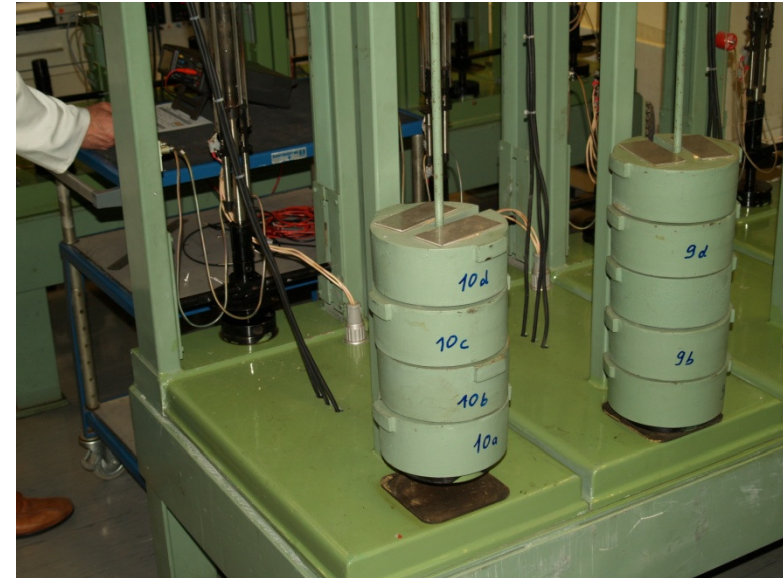
Kriechen, bis 750°C, in Atmosphäre



Kriechen, bis 750°C, in Atmosphäre



Kriechen, bis 750 °C, in Atmosphäre

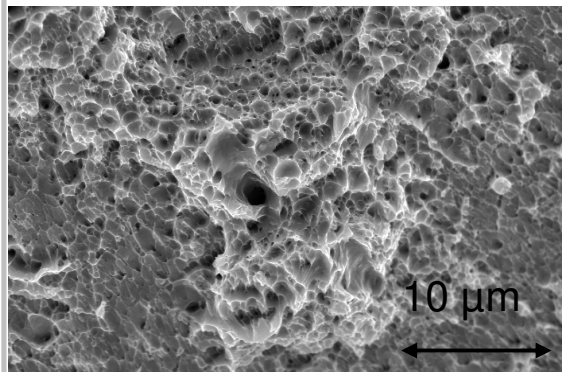
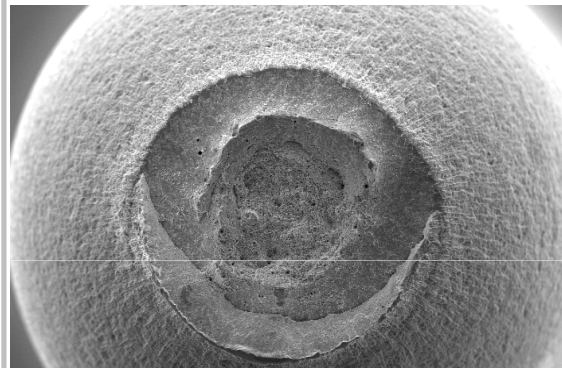


Kriechen, bis 750 °C, in Atmosphäre



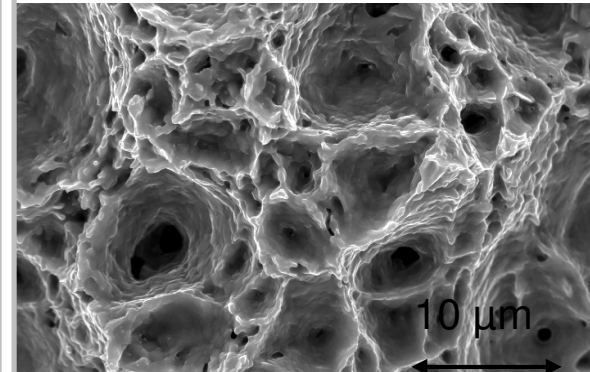
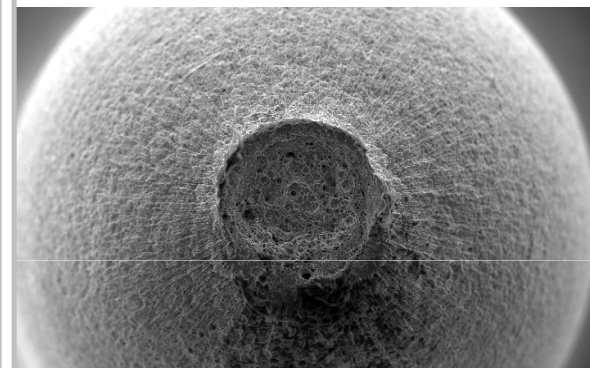
Kriechen

$\sigma = 180 \text{ MPa}$
Bruch nach: 136 h



Fatigue + Kriechen

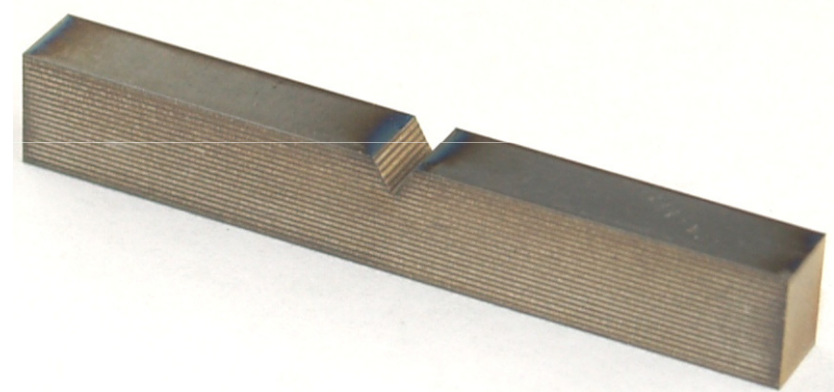
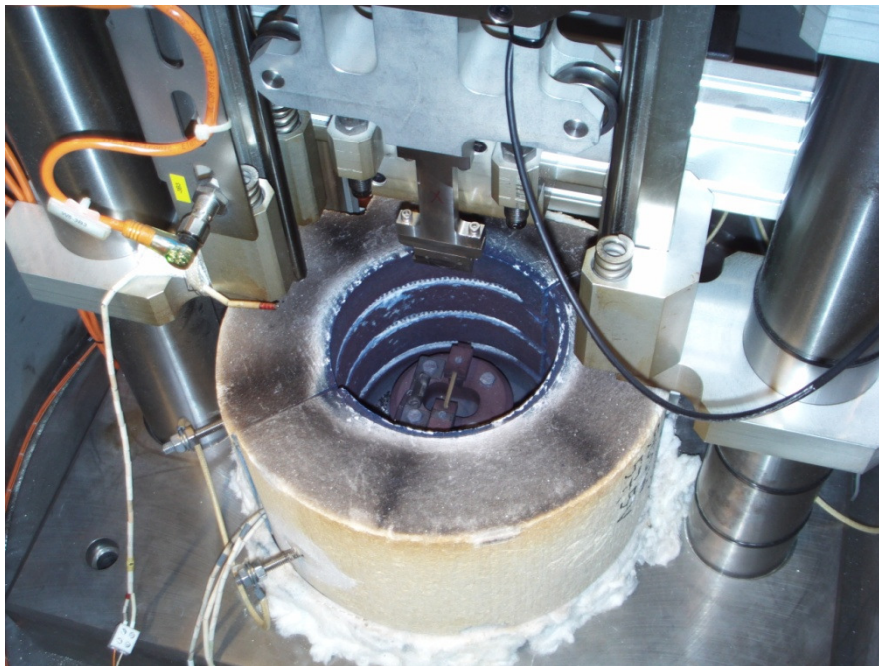
$\Delta \epsilon = 0.6 \%$, $N = 5050$
 $\sigma = 180 \text{ MPa}$
Bruch nach: 14,5 h



C. Vorpahl, A. Möslang, M. Rieth, J. Nucl. Mater. **417** (2011) 16.

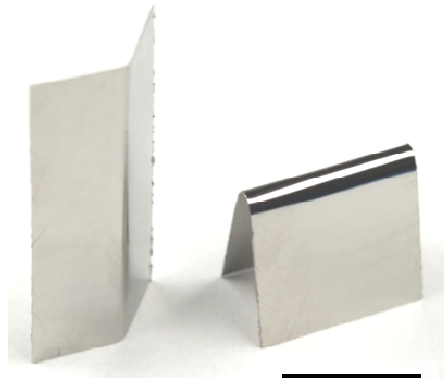
Kerbschlagbiegeversuche, bis 1100°C, in Vakuum

- Videos:
 - Fallwerk.wmv
 - HT-Charpy-Facility.wmv

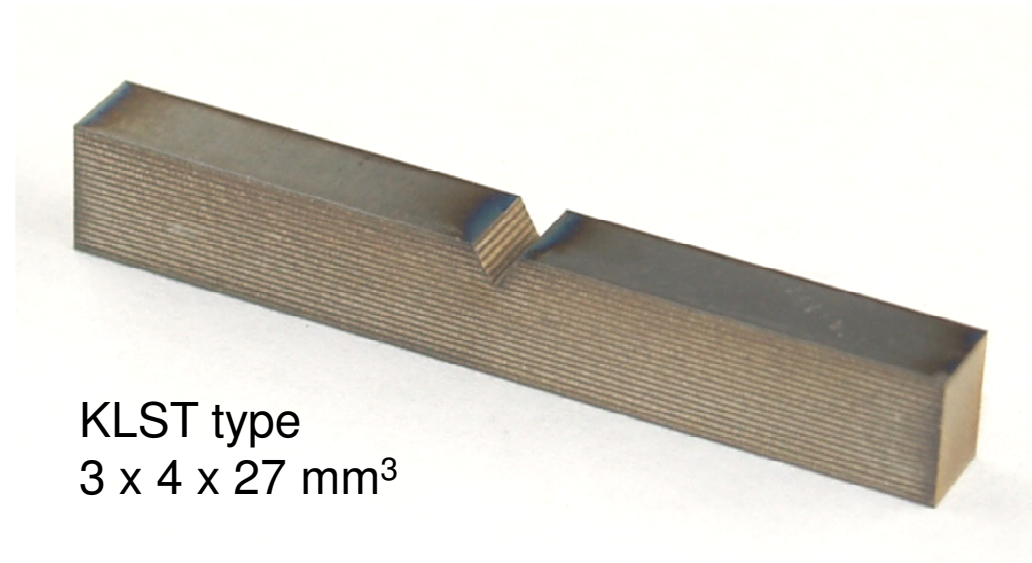


3 x 4 x 27 mm³
Kerbschlagbiegeprobe, KLST

Wie kann man Wolfram duktilisieren?

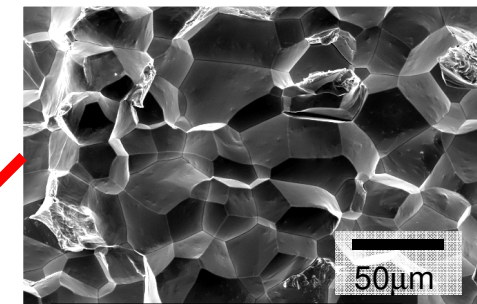
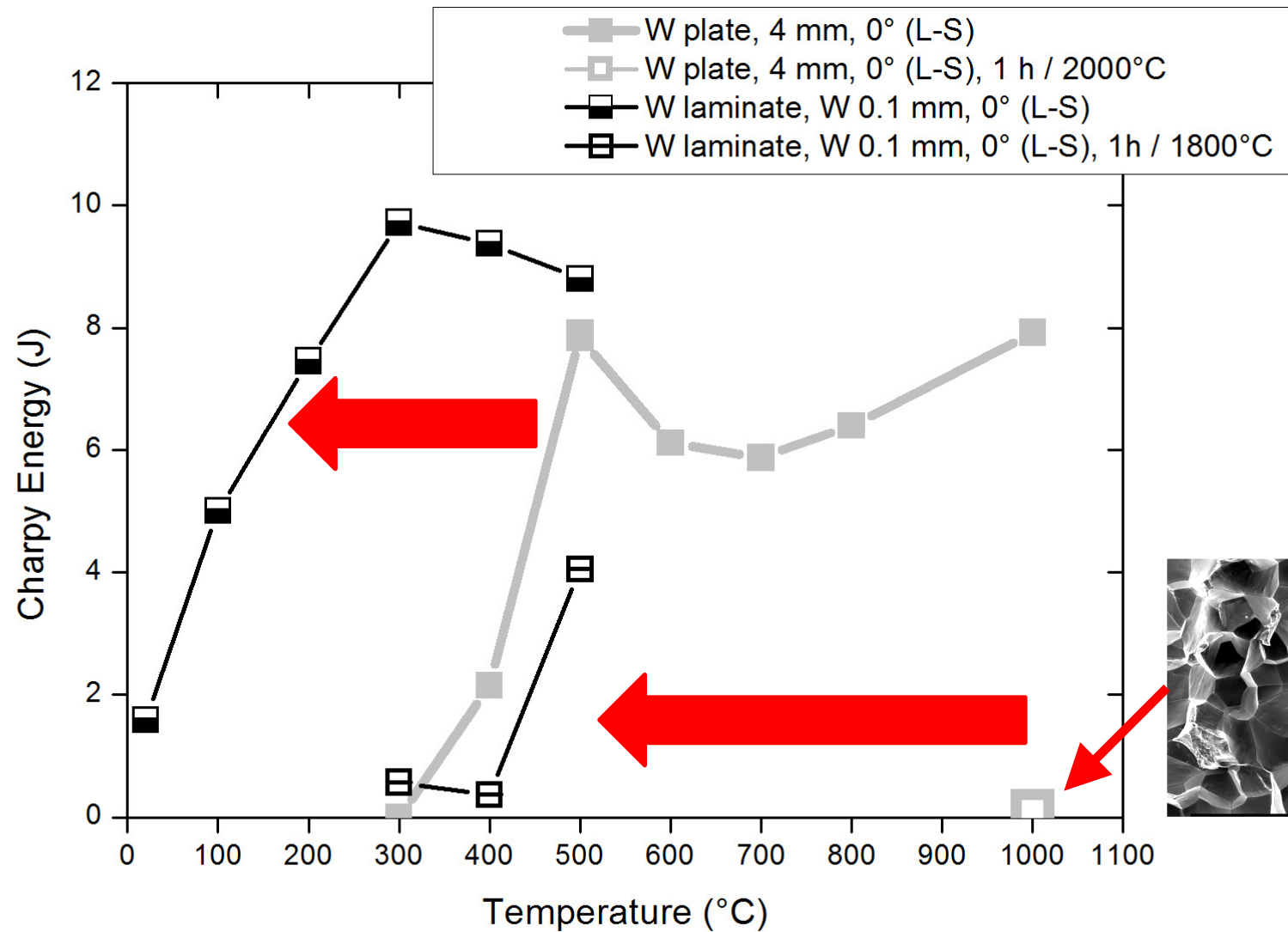


10 mm



KLST type
3 x 4 x 27 mm³

Wie kann man Wolfram duktilisieren?



Wie kann man Wolfram duktilisieren?

Stab

AgCu, 780 °C

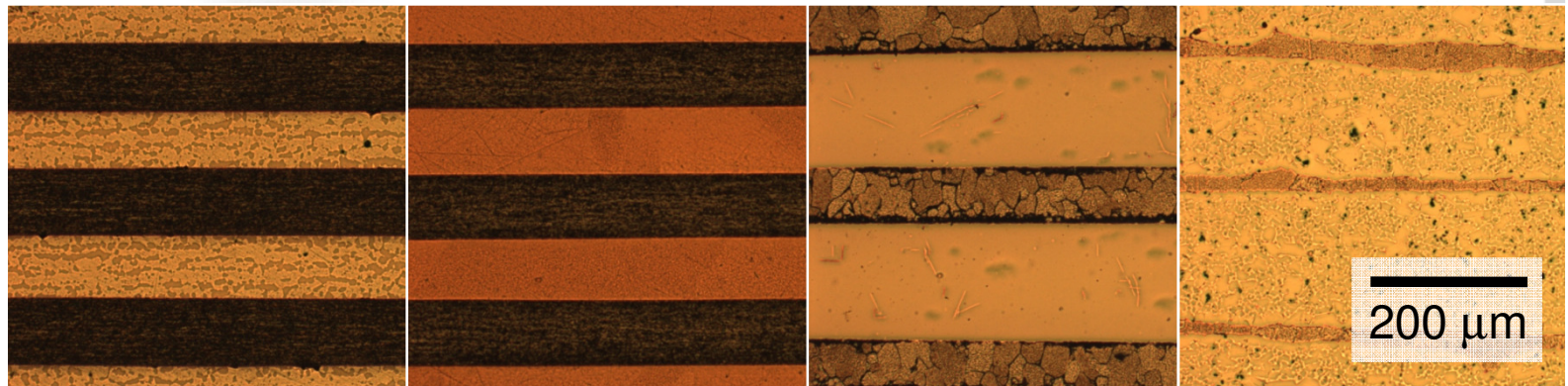
Cu, 1085 °C

Ti, 1670 °C

Zr, 1855 °C



15 mm



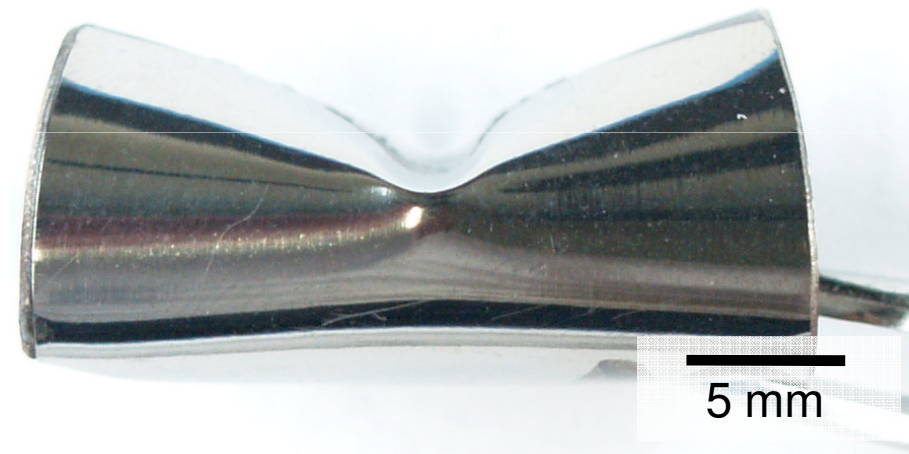
Wie kann man Wolfram duktilisieren?

- Kerbschlagbeigerversuche bei 300 °C

Rohr aus Stabmaterial



Rohr aus Folie



Wie kann man Wolfram duktilisieren?

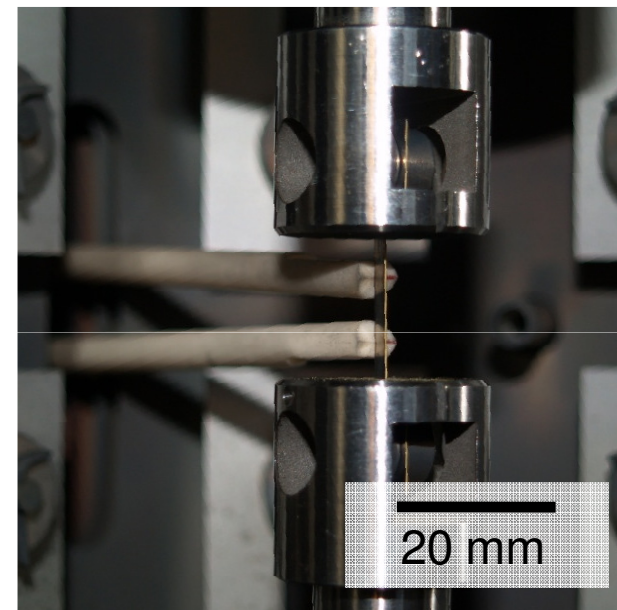
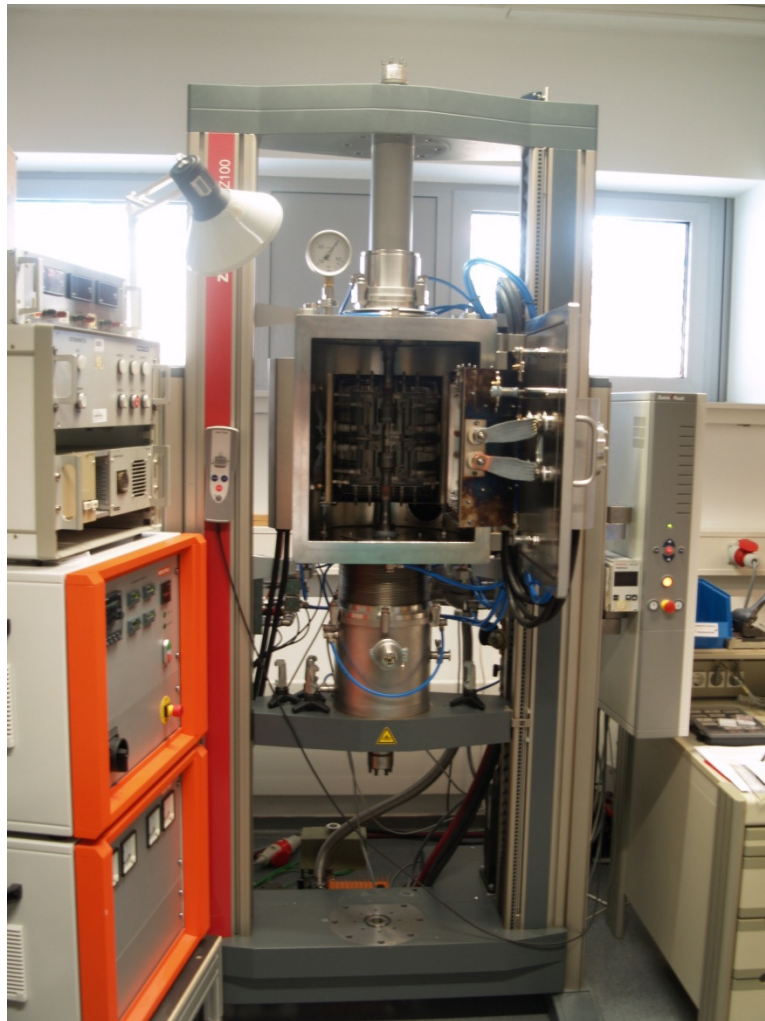
**austenitische
Stahl**

**Wolframrohr
aus Folie**



In Zusammenarbeit mit
T. Huber, A. Zabernig; Plansee SE

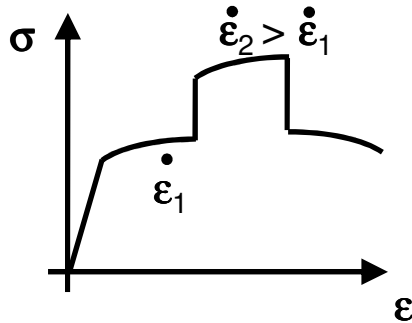
Was kann man mit einer Zwick100 alles machen?



Was kann man mit einer Zwick100 alles machen?

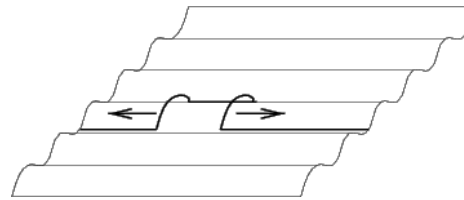
ΔH_S : Aktivierungsenergie der Versetzungsgleitung

Zugversuch



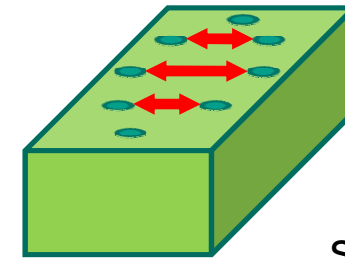
ΔH_{kp} : Bildungsenergie eines Kinkenpaares

A. Seeger



ΔH_d : Aktivierungsenthalpie der Versetzungsmobilität

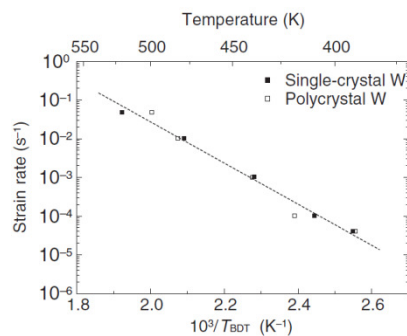
Biegeversuch



SXX

ΔH_{BDT} : Aktivierungsenergie des Spröd-duktil-Übergangs

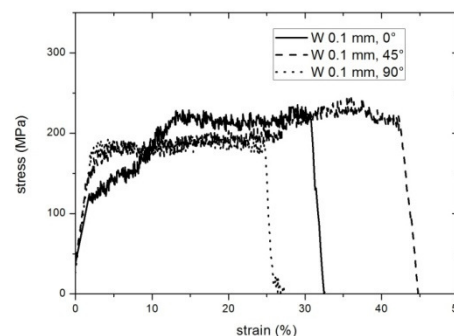
Biegeversuch



Arrhenius plot

Nachweis des Folieneffekts
Versetzungsannihilation

Zugversuch



Simulation:
Parameteridentifizierung

Quellen und Mechanismen von Plastizität:
Mehrfachgleiten, Korngrenzenrotation usw.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Die Autoren bedanken sich bei:
Plansee Metall GmbH,
University of Oxford und
unseren Kollegen vom IAM (KIT).



jens.reiser@kit.edu

