

## Hohlproben – Eine Alternative zur Autoklaventechnik

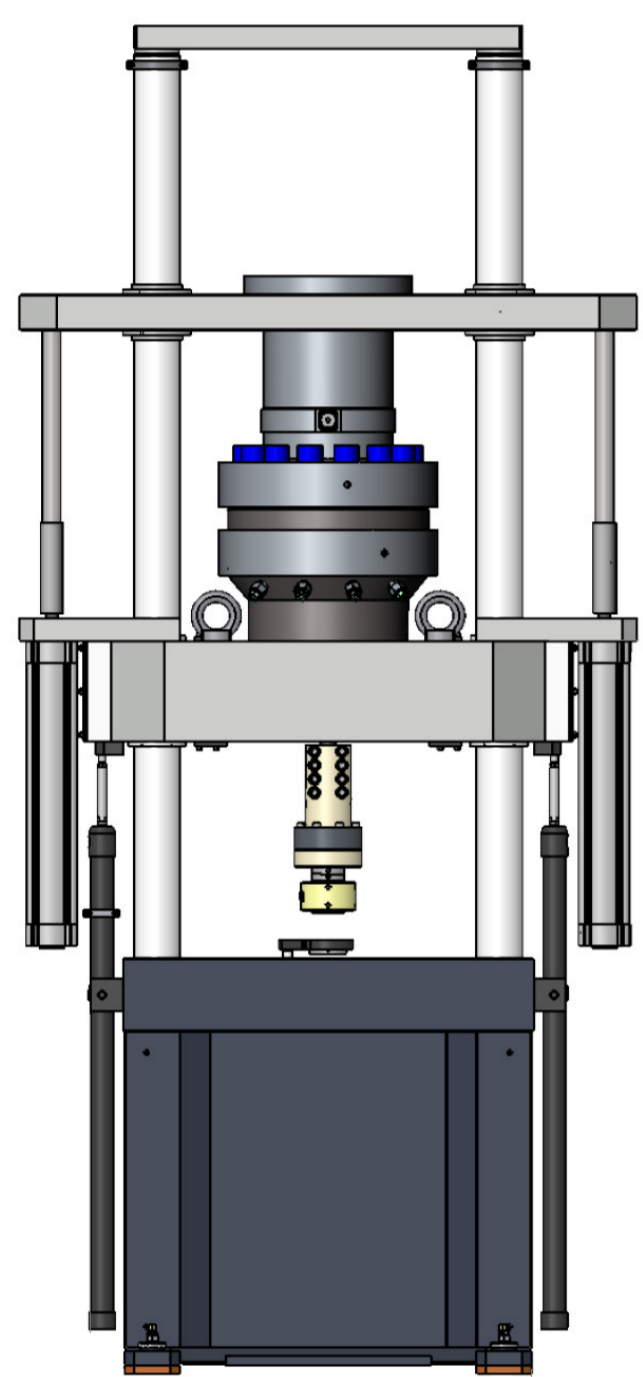
K. Wackermann, K. Krebser, W. Pfeiffer, J. Preußner

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM Freiburg, Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg

ken.wackermann@iwmm.fraunhofer.de



### Werkstoffqualifizierung unter Druckwasserstoff



Das zunehmende Interesse an der Qualifizierung von Werkstoffen unter dem Einfluss von gasförmigen Wasserstoff führt zu dringend nötigen Versuchskapazitäten. Dafür werden beispielsweise Autoklaven verwendet. Diese Technik erfordert eine hohe Eingangsinvestition und führt zu hohen laufenden Betriebskosten. Gleichzeitig können die Versuchszeiten zur Werkstoffqualifizierung unter dem Einfluss einer Wasserstoffversprödung gegenüber „normalen“ Versuchsbedingungen sehr lang sein, da dem Wasserstoff ausreichend Zeit zur Diffusion im Metallgefüge gegeben werden muss.

Abb. 1: Schematische Darstellung eines Fraunhofer IWM Druckwasserstoffautoklaven für Werkstoffuntersuchungen.

Schlussfolgerung: Eine Lösung für eine einfache und kostengünstige Werkstoffqualifizierung unter gasförmigem Wasserstoff ist nötig.

### Hohlprobentechnik - Idee und Versuchsaufbau

Die Idee: Verwendung von innen hohlgebohrten Proben.

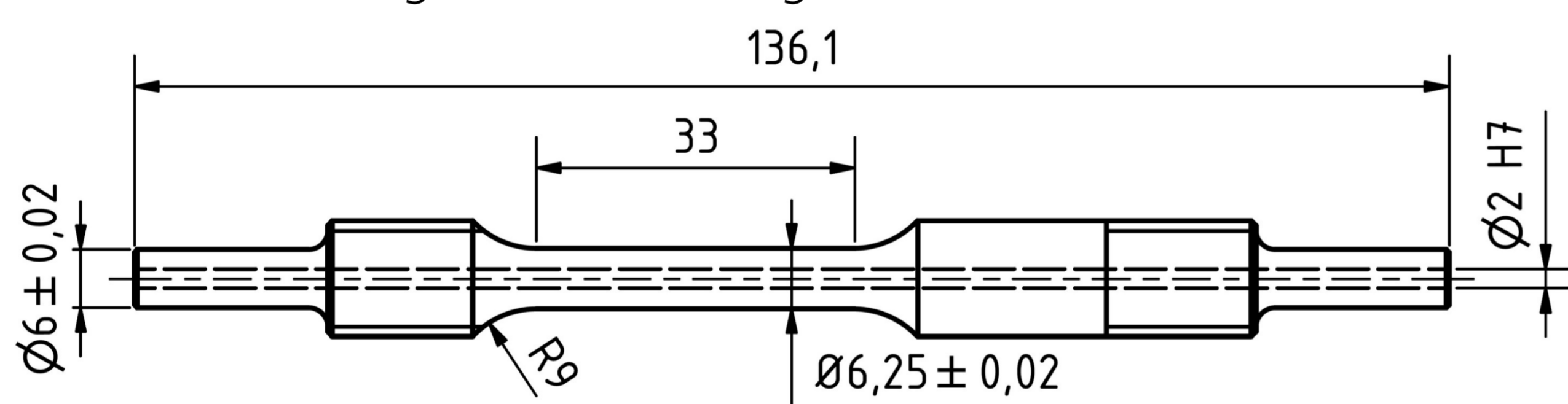


Abb. 2: Technische Zeichnung der Hohlprobengeometrie.

Gasabsaugung Probe unter Gasabsaugung Probe mit Dehnmessger



Kontinuierliche Gaszuführung Flexible Gaszuführung zur Probe Zweistufige Druckregelung Gaseingang in Probe

Abb. 3, links: Prüfmaschine mit eingebauter Hohlprobe, Gaszuführung und sicherheitsrelevanter Gasabsaugung.

Abb. 4, rechts: Nahaufnahme der zweistufigen Druckregelung und Anbindung der Hohlprobe an die Gasversorgung.

### Hohlprobentechnik - Idee und Versuchsaufbau

#### Vorteile der Hohlprobentechnik:

- Jede Prüfmaschine ist mit der Hohlprobentechnik nachrüstbar.
- Hoher Durchsatz an Versuchen möglich.
- Befüllung mit unterschiedlichsten Gasen und deren Gemischen, z.B. Wasserstoff, Erdgas, Stickstoff und, korrosive Gase.
- Keine Gasverunreinigung durch Gasdruckspülung.
- Innendrucke bis 200 bar.
- Einfache Probentemperaturierung für isotherme Versuche:
  - Induktionsheizung bis 800 °C.
  - Versuche in Flüssigstickstoff bis 77 K (-196 °C).
- Durchführung von Zug- und Ermüdungsversuchen.
- Wasserstoffgradient in der Proben bildet reale Bedingungen ab.
- Kontinuierliche Gasversorgung durch Anschluss an Gastank.
- Zweistufige Druckregelung für höchste Regelgenauigkeit.

### Hohlprobentechnik - Die ersten Ergebnisse

#### Versuchsbedingungen:

- Durchführung von langsamen Zugversuchen (SSRT).
- 70 bar Wasserstofffüllung, Qualität 5.0.
- Referenzversuche an Luft.
- Werkstoff: Baustahl (St 50).

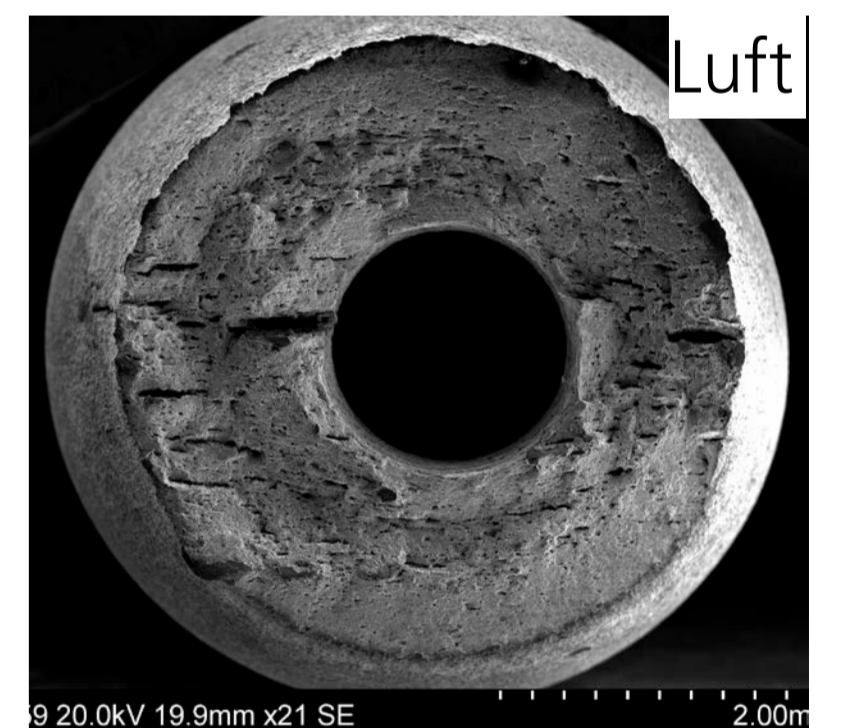
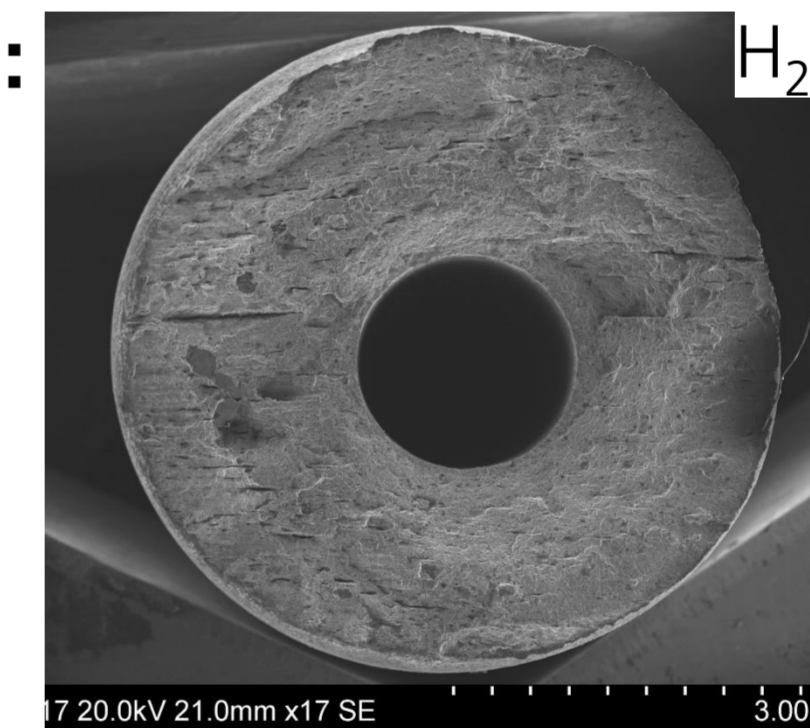


Abb. 5: Elektronenmikroskopische Übersichtsbilder der Bruchfläche:

Links: Probe mit Wasserstofffüllung. Rechts: Probe getestet in Luft.

#### Ergebnis:

- Wasserstoff beeinflusst die Bruchdehnung.
- Kein Einfluss auf die Festigkeit.
- Veränderung der Bruchmorphologie.

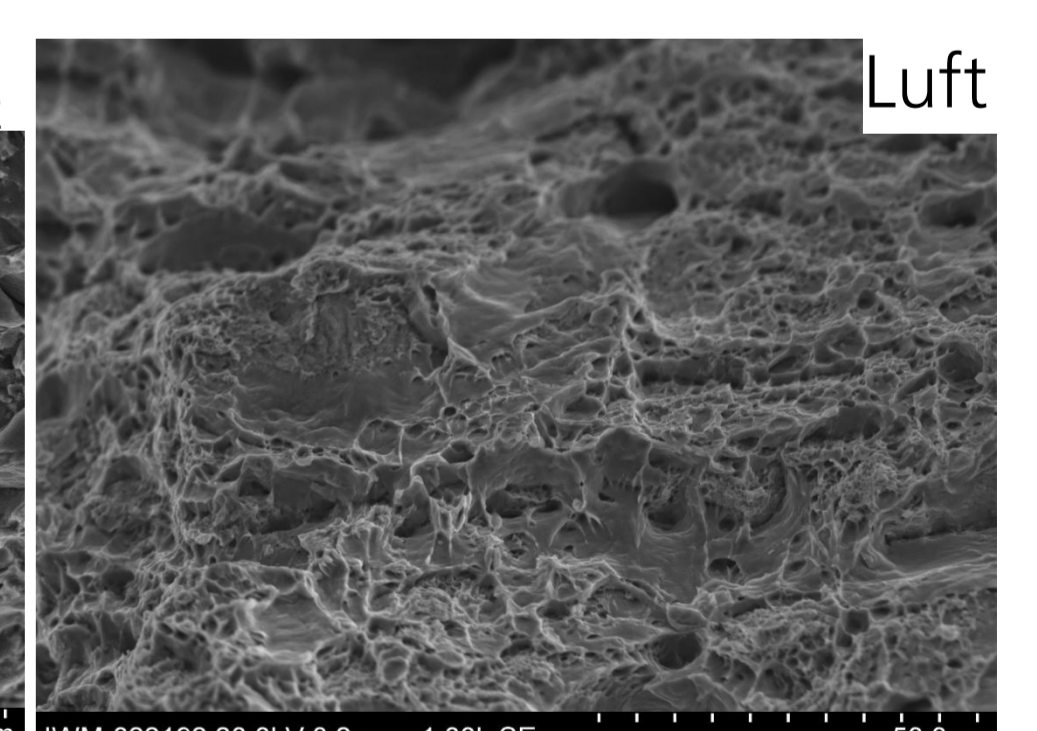
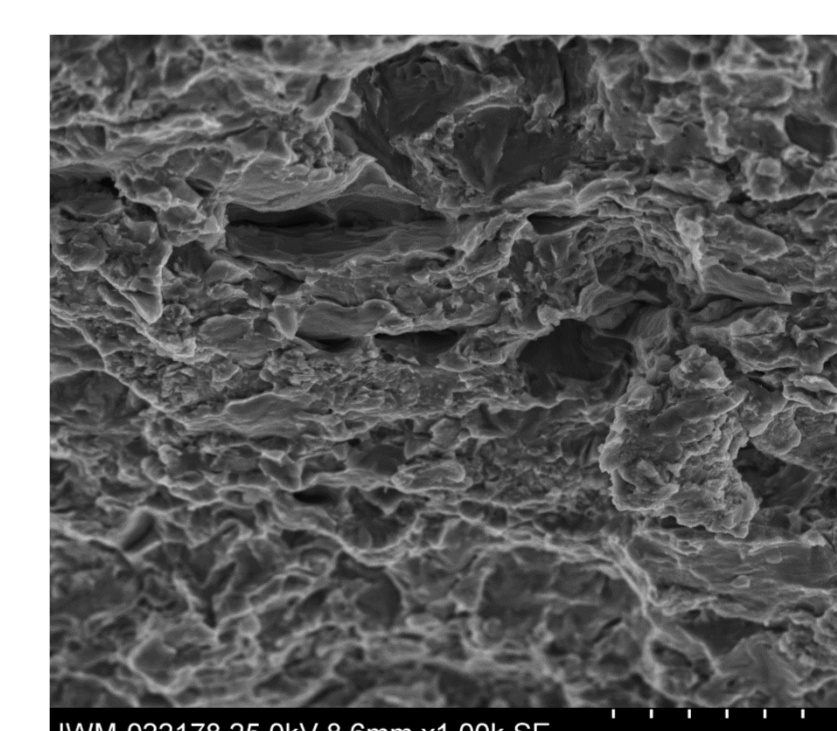


Abb. 6: Elektronenmikroskopische Bilder der Bruchfläche:

Links: Probe mit Wasserstofffüllung. Rechts: Referenzprobe getestet in Luft.

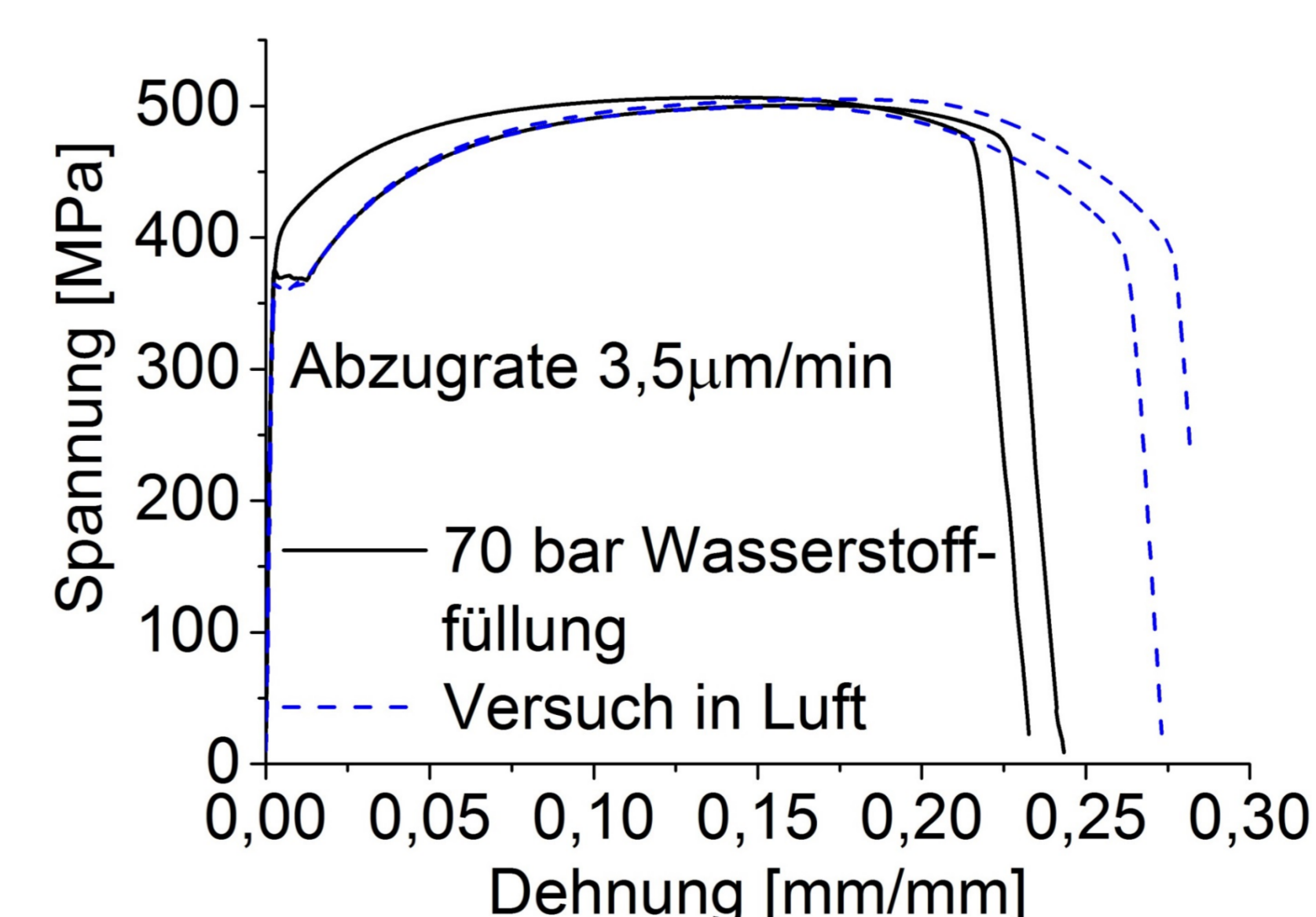


Abb. 6: Spannungs-Dehnungskurven der Hohlprobenversuche mit Wasserstofffüllung und der Referenzversuche an Luft.

### Danksagung

Den Geldgebern wird für die Finanzierung gedankt.

