

MATERIALINNOVATIONEN ZUR DEKARBONISIERUNG DER INDUSTRIE



„Einfluss von Druckwasserstoff auf das Werkstoffverhalten typischer Edelstähle – Herausforderungen bei der Umstellung einer Infrastruktur auf Wasserstoff“

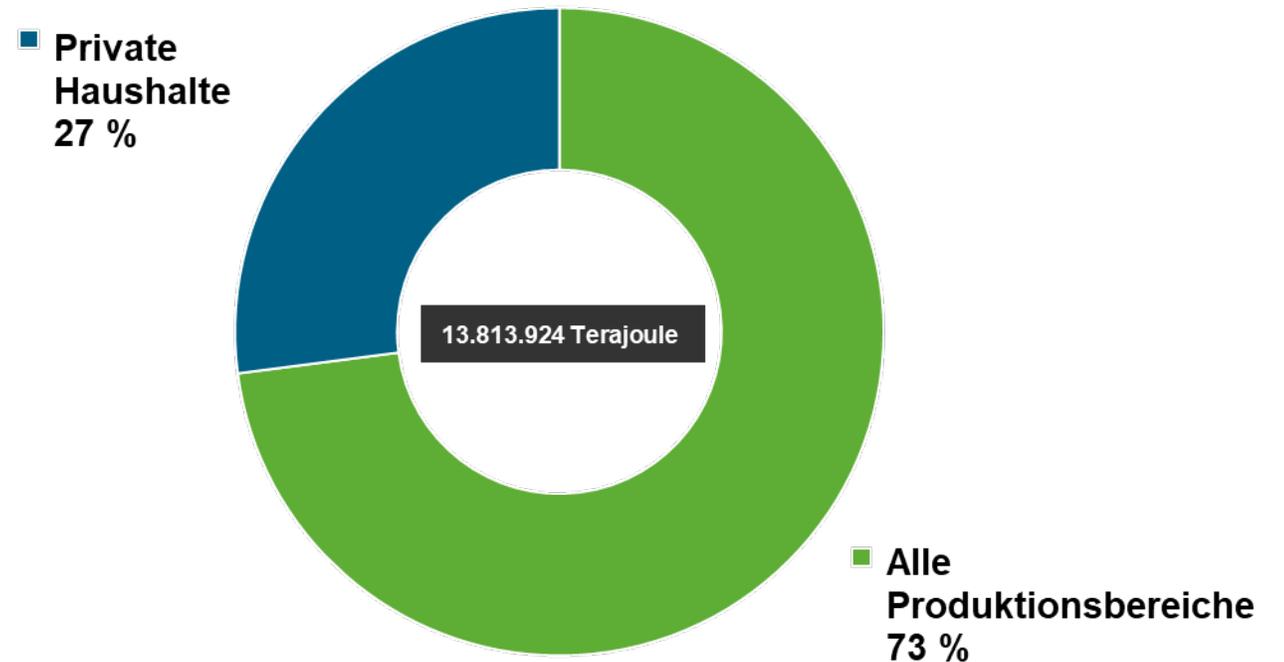
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Dr.-Ing. Steffen Schönborn

Mögliche Wege zur Dekarbonisierung der Industrie

- Der Primärenergieverbrauch der produzierenden Bereiche stellt ein signifikanter Bestandteil des Gesamtenergieverbrauchs in Deutschland dar.
- Ein möglicher Weg zur Dekarbonisierung der Industrie ist die Substitution der hierzu eingesetzten fossilen Energieträger durch erneuerbare elektrische Energie.
- Als Speichermedium der erneuerbaren Energie könnte grüner Wasserstoff in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Primärenergieverbrauch 2016 (Inländerkonzept)



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umwelnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 2 - Energie, Ausgabe 2018, Tab. 3.3.4; Wiesbaden 2018



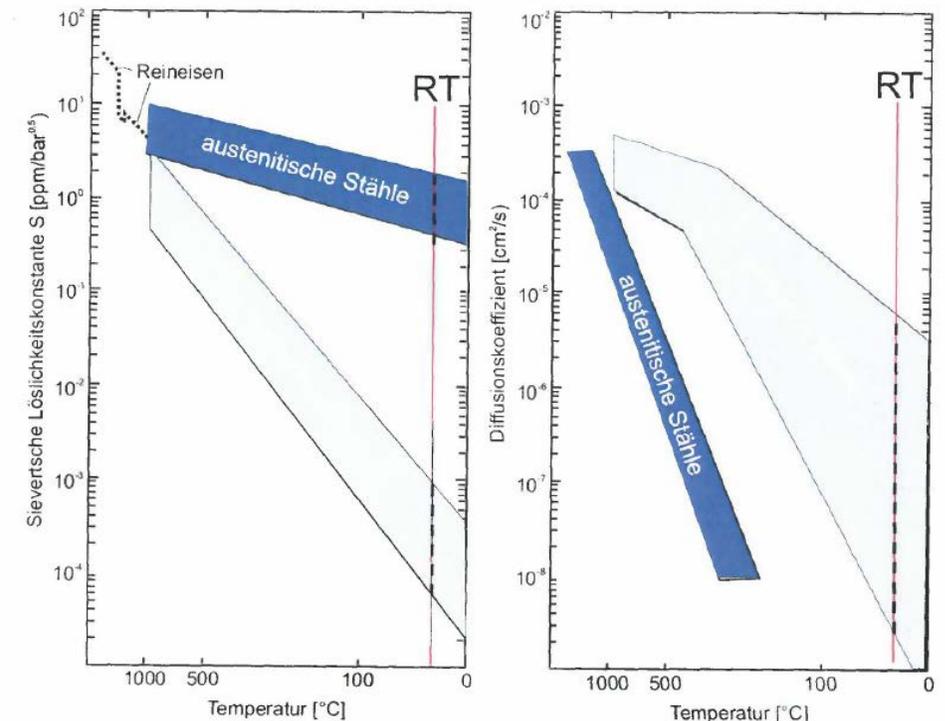
Einsatz von Energie/Wasserstoff in der produzierenden Industrie

- Energiebedarf bei der Metallherstellung
 - Wasserstoff als Energieträger für das Aufschmelzen oder Wärmebehandeln von Werkstoffen (Stahl, Gusseisen, Aluminium, ...).
 - Einsatz von Wasserstoff bei der Eisenerz-Reduktion als Ersatz für die derzeit eingesetzte Kohle (Koks).
- Chemie-Industrie
 - Synthese von Grundchemikalien wie Ammoniak, Methanol, Ethylen und Propylen aus Wasserstoff (bisher gewonnen mittels Dampfreformierung aus Erdgas).
 - Um allein diesen Industriezweig in Deutschland vollständig auf grünen Wasserstoff umzustellen, muss die Kapazität an erneuerbaren Energien hierzulande verdreifacht werden → Import von Wasserstoff oder Derivaten erforderlich

→ **Der Einsatz von Wasserstoff bedingt eine speziell ausgerichtete Infrastruktur unter Verwendung von geeigneten Werkstoffen z.B. für den Transport, die Verteilung und Speicherung des Mediums.**

Herausforderungen beim Einsatz von Wasserstoff als möglicher „Energieträger der Zukunft“

- Wasserstoffversprödung: Wasserstoff kann die Festigkeit, Duktilität und Lebensdauer vieler metallischer Werkstoffe reduzieren.
- Im Detail führt die Adsorption und Absorption des atomaren Wasserstoffs im Metallgitter zu einer Änderung der Werkstoffeigenschaften – bei statischer/zyklischer Belastung kommt es zu einer wasserstoffinduzierten Materialermüdung.
- Die Reduktion der Festigkeit ist dabei vom jeweiligen Werkstoff, der Legierungszusammensetzung und seinem spezifischen Gitteraufbau (krz, kfz) abhängig.
- Zur Beschreibung der Schädigungsvorgänge bei der Wasserstoffversprödung existieren unterschiedliche Theorien z.B. (Drucktheorie, Adsorptionssprödbruchhypothese, Dekohäsionstheorie).

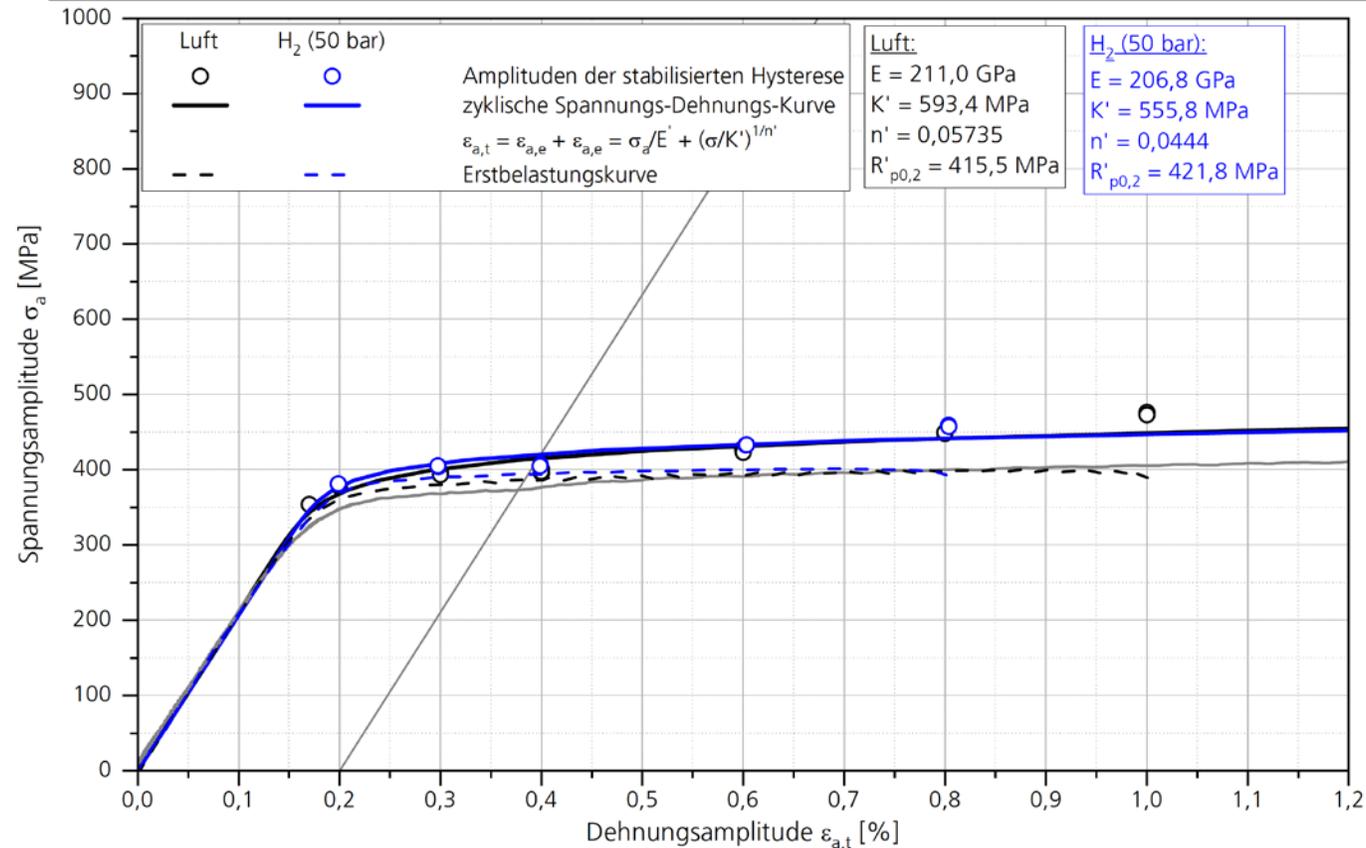


Quelle: Prof. Pohl, Wasserstoff in Metallen, Hochschulpraktikum, 2018

Werkstoffauswahl – Berücksichtigung der Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

Schwingfestigkeitsergebnisse 1.4521 – Dehnungsregelung

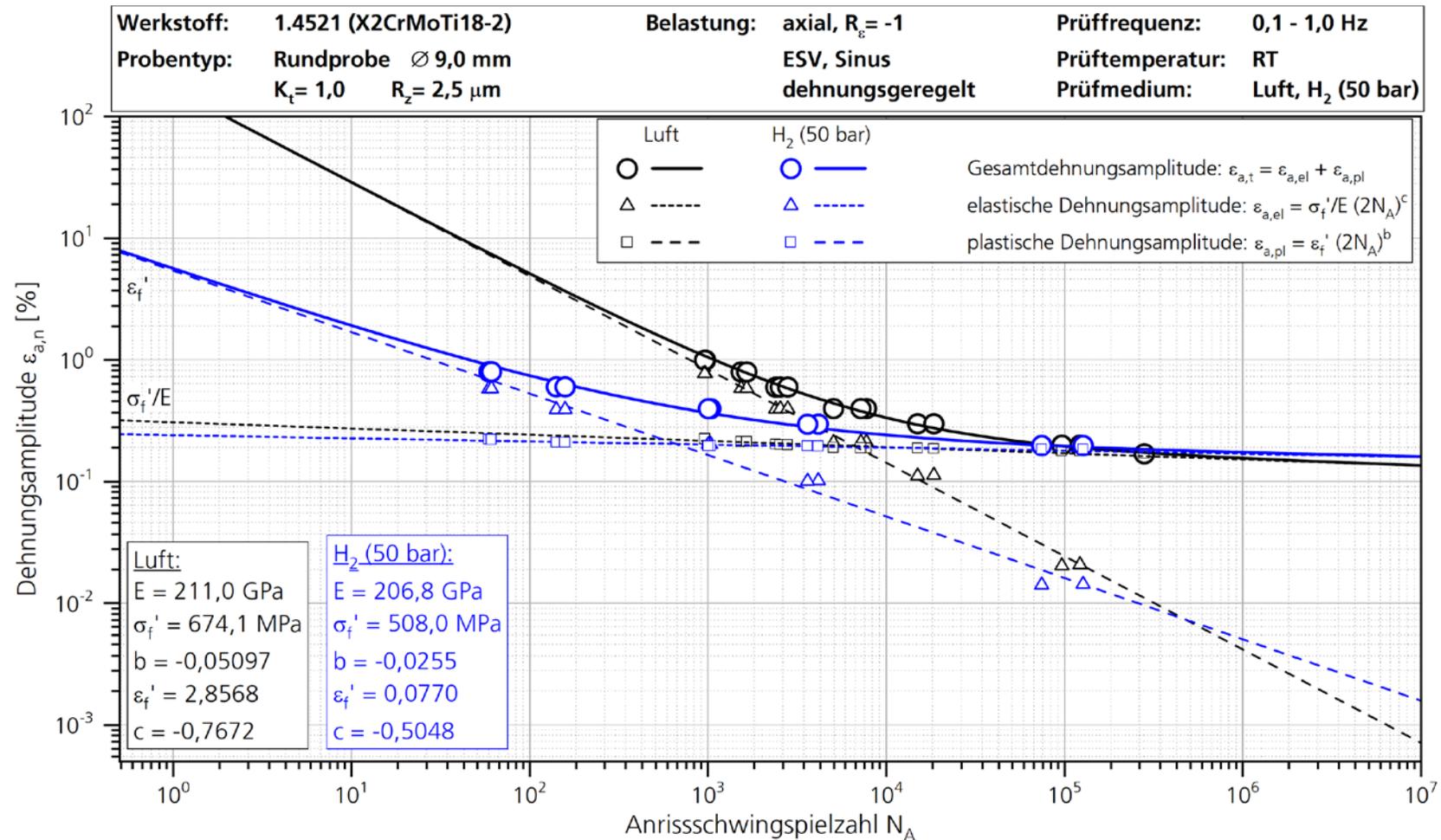
Werkstoff:	1.4521 (X2CrMoTi18-2)	Belastung:	axial, $R_{\epsilon} = -1$	Prüffrequenz:	0,1 - 1,0 Hz
Probentyp:	Rundprobe $\varnothing 9,0$ mm		ESV, Sinus	Prüftemperatur:	RT
	$K_t = 1,0$ $R_z = 2,5 \mu\text{m}$		dehnungsgeregelt	Prüfmedium:	Luft, H_2 (50 bar)



→ Im Spannungs-Dehnungsverhalten (vergl. Zugversuch) keine H_2 -Empfindlichkeit erkennbar

Werkstoffauswahl – Berücksichtigung der Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

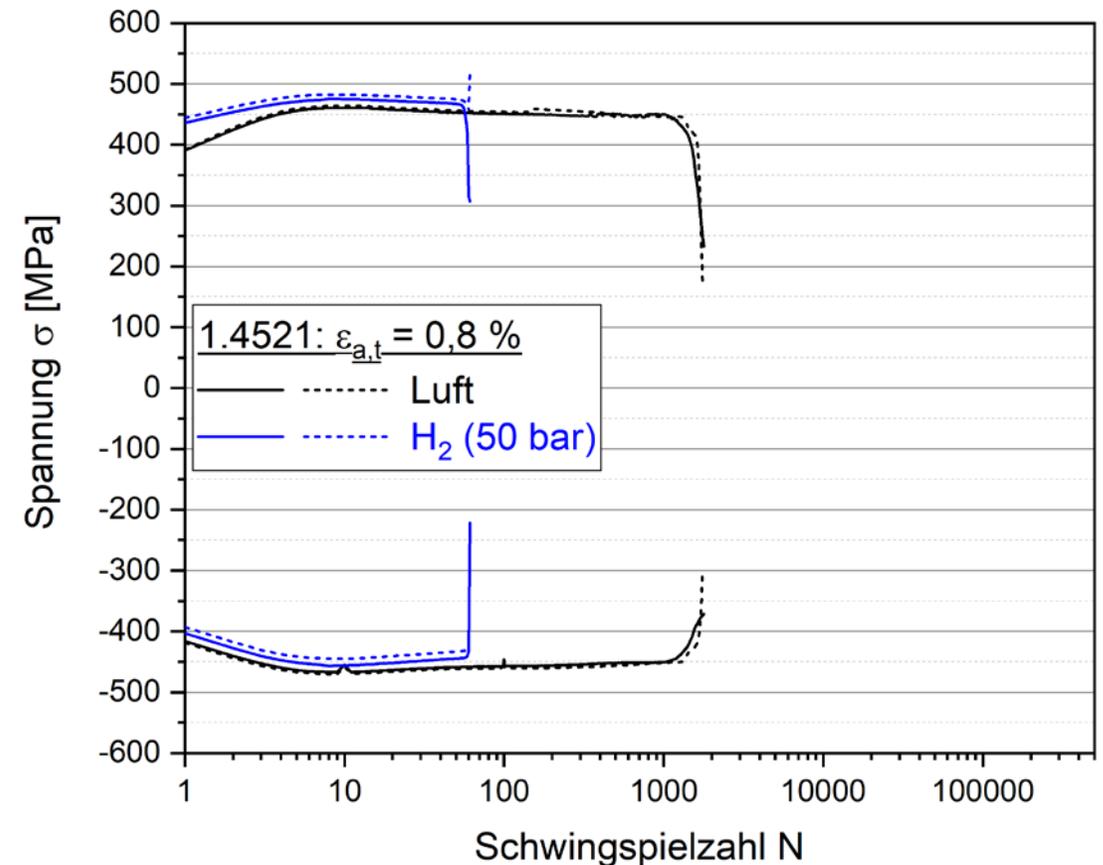
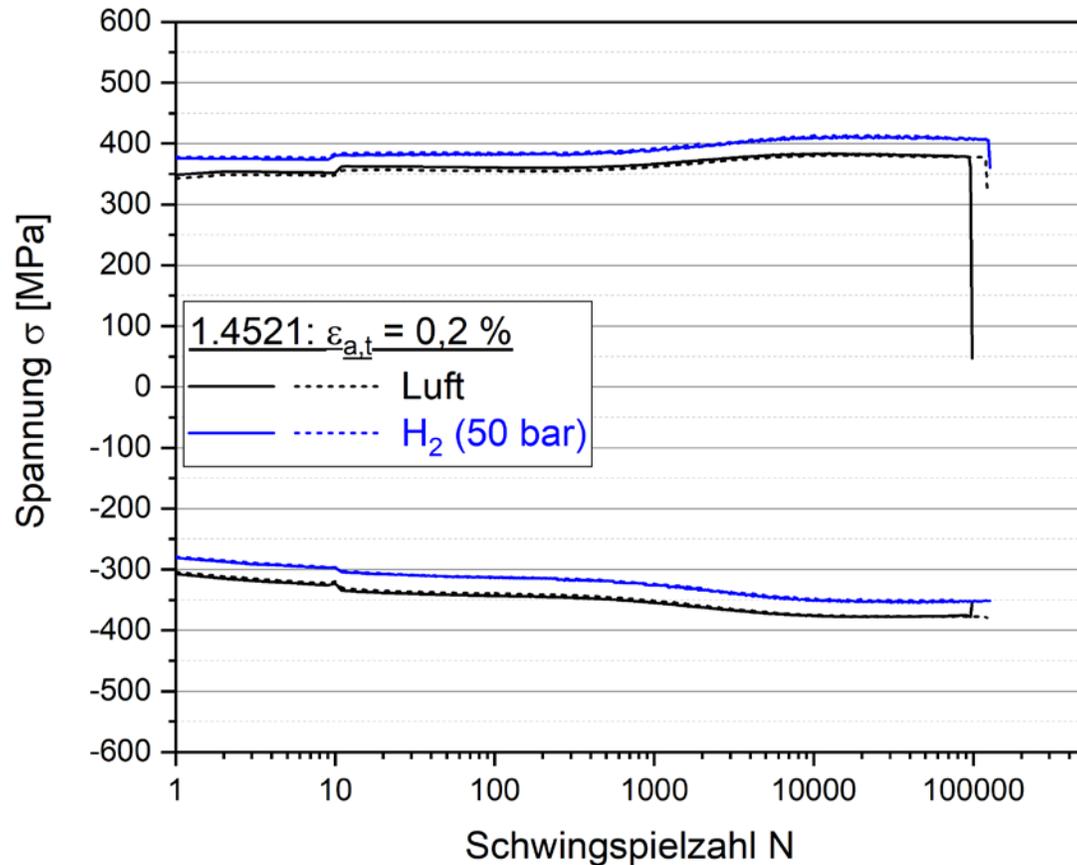
Schwingfestigkeitsergebnisse 1.4521 – Dehnungsregelung



→ Dagegen führt der Wasserstoff zu einer signifikanten Reduktion der Lebensdauer

Werkstoffauswahl – Berücksichtigung der Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

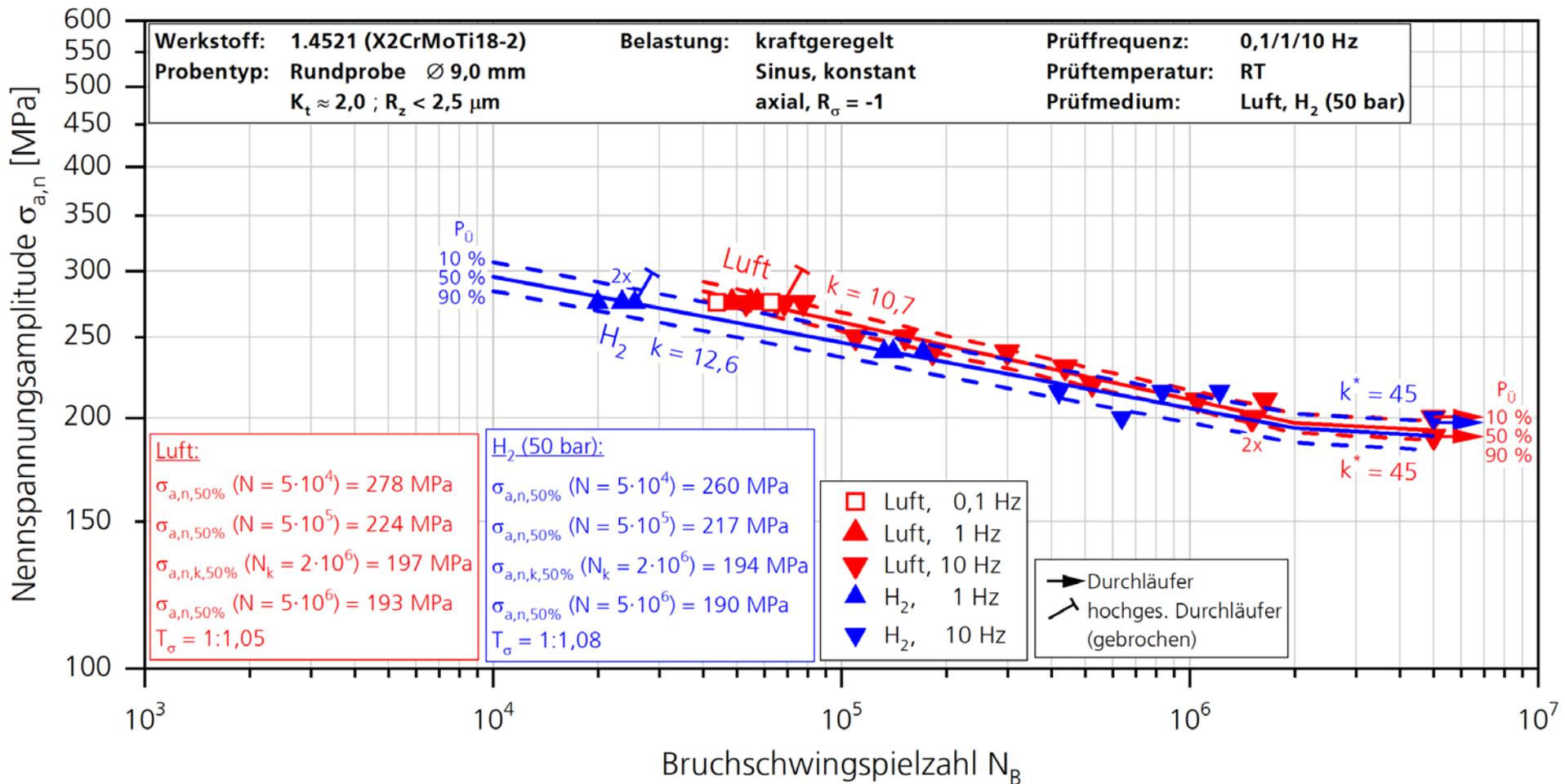
Schwingfestigkeitsergebnisse 1.4521 – Dehnungsregelung



→ Schädigende H₂-Einfluss ist abhängig von der Höhe der lokalen Beanspruchung

Werkstoffauswahl – Berücksichtigung der Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

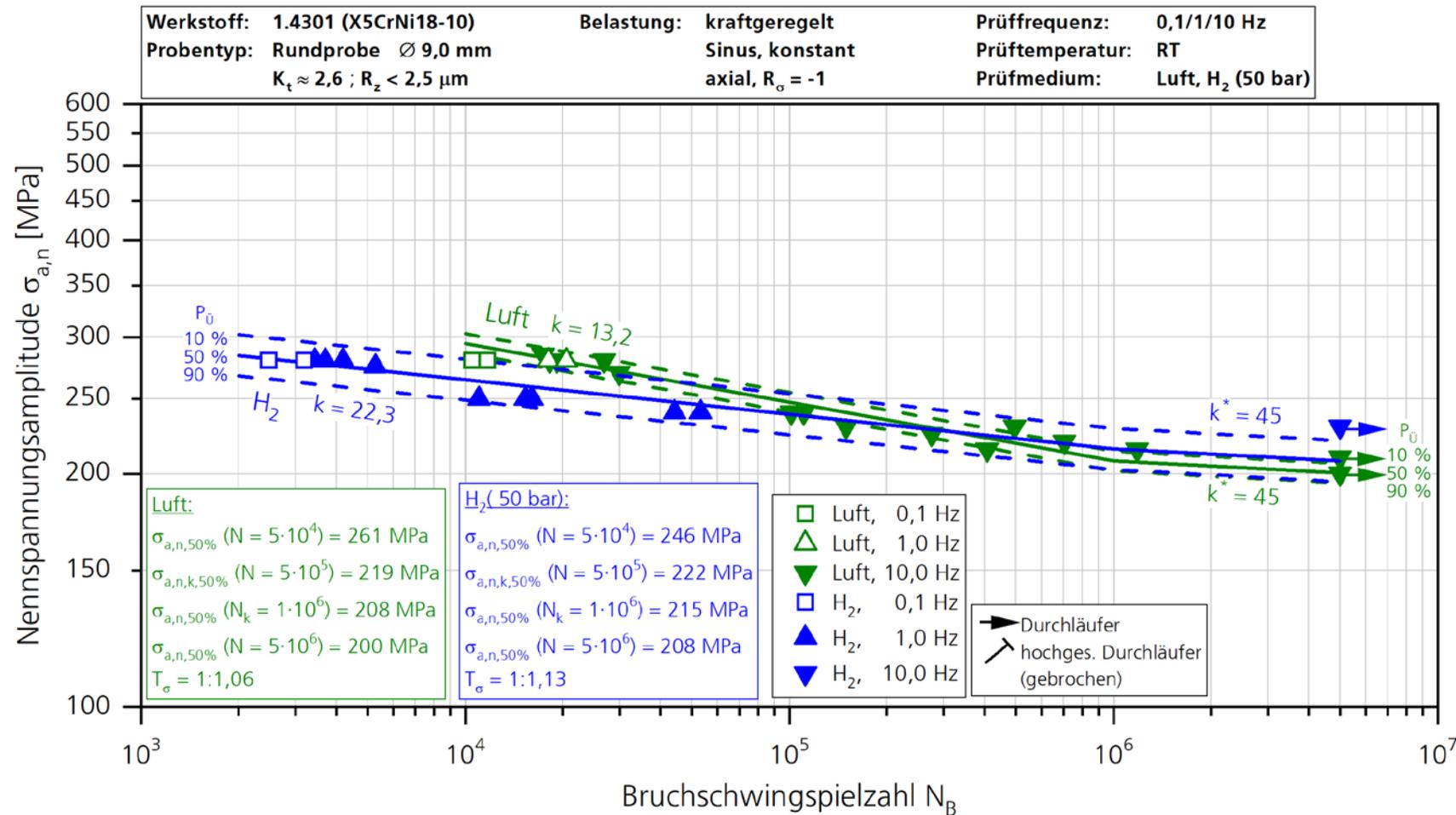
Schwingfestigkeitsergebnisse 1.4521 – Kraftregelung; Langzeitfestigkeit



→ Schädigende H_2 -Einfluss nimmt mit steigender lokaler Beanspruchung zu

Werkstoffauswahl – Berücksichtigung der Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

Schwingfestigkeitsergebnisse 1.4301 – Kraftregelung; Langzeitfestigkeit



→ Auch der austenitische Werkstoff zeigt eine Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff

Zusammenfassung

- Grüner Wasserstoff hat das Potential fossile Rohstoffe in verschiedenen Bereichen der Industrie zu substituieren.
- Damit kann ein signifikanter Beitrag zur Reduktion schädlicher Treibhausgasemissionen geleistet werden.
- Beim Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur ist aber zwingend auf die Eignung der hierfür eingesetzten Werkstoffe zu achten.
- Insbesondere bei hohen lokalen Beanspruchungen tritt eine signifikante Reduktion der Lebensdauer unter Wasserstoffumgebung auf.
- Eine Differenzierung ist aufgrund der Schädigungsvorgänge insbesondere unter zyklischer Belastung gut möglich.
- Diese Anfälligkeit gegenüber H_2 schließt auch vermeidlich unempfindliche austenitische Werkstoffe nicht aus.

→ **Analysen der Werkstoffverhaltens unter H_2 unabdingbar!**

Druckautoklav am LBF

H_2 (10-50 bar); N_2 (10 bar);

Temperatur (-40 °C bis +130 °C)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr.-Ing. Steffen Schönborn & Dr.-Ing. Christoph Bleicher

Fachteam Umweltsimulation

Abteilung Werkstoffe und Bauteile

Bereich Betriebsfestigkeit

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Bartningstr. 47, 64289 Darmstadt

Telefon: +49 6151 705-448, Fax: +49 6151 705-214

E-Mail: steffen.schoenborn@lbf.fraunhofer.de

E-Mail: christoph.bleicher@lbf.fraunhofer.de