Herausforderungen und Potenziale für Sicherheit und Zuverlässigkeit von H_2-Infrastrukturen

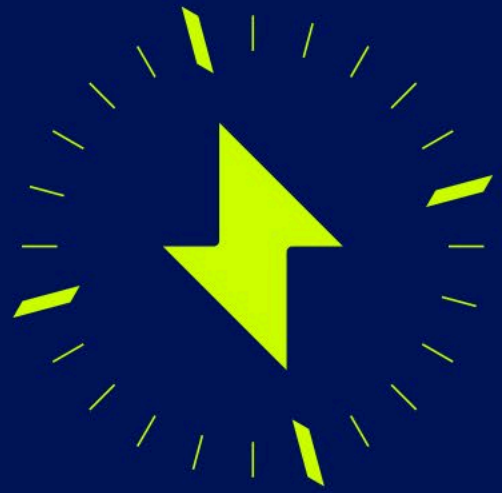
Prof. Dr.-Ing Hans-Georg Herrmann, Dr.-Ing. Michael Schwarz,
M.Sc. Alexander Hell, M.Sc. Lukas Hasenfratz

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

Fraunhofer IZFP

1 Aktuelle Forschungsthemen

Forschungsschwerpunkte



- Lebensdauerorientierte Strukturoptimierung von Leichtbau-Systemen
- Zustandsüberwachung (Structural Health Monitoring)
- Zerstörungsfreie Charakterisierung von Leichtbausystemen mittels Ultraschall, Thermografie und Röntgen
- Bewertungsmethoden für Leichtbau
- Werkstoffprüfung unter Wasserstoffeinfluss

Geräte & Ausstattung

- Zentrum für Röntgenmikroskopie (Teil der Core Facility Korrelative Mikroskopie)→ Mikro- und Nano-CT
- Polymerbasierte additive Fertigung
- Prüfmaschinen
- Thermografie- und Ultraschallanlagen

Außerdem enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IzfP

2

Rolle in EnFoSaar

Kompetenzfeld: Energie-Infrastruktur

Fokus auf Condition-based Monitoring für Robustheit und Sicherheit

- Absicherung der Energieinfrastruktur:
- H2-Tauglichkeit, Alterungsprozesse, Sensorische Überwachung
- Systemmodellierung (dynamisch)
- Integration von Sensordaten, Lebenszyklusbetrachtung, neg. Emissionen (Netze)

Kooperation mit KF (Digitalisierung) und KF4 (Energiematerialien)

Aktuelle Aktivitäten und Projekte

- Projekt mit Creos zum Thema Monitoring der H2-Pipelines im Saarland (mosaHYc)
- Projektakquise mit Dillinger Hütte zum Thema H2 – Wasserstoffversprödung von Schweißnähten
- CoreFacility: exzellente Material- und Strukturanalyse mittels CT, Atomsonden, FIB
- Kooperation mit KF1 im Kontext „Sensorbasierte, dynamische Digitalisierung saarländischer Energieinfrastruktur“
- Kooperation mit Fraunhofer IZFP als assoziierter Partner im Bereich neue Molchsysteme für Pipeline-Inspektion
- Zerstörende und zerstörungsfreie Prüfung verschiedener Legierungen unter H2-Einfluss (Stähle, Nickelbasislegierungen)
- Kooperation Wasserstoffforschungszentrum der FH Wels
- Kooperation NAWS (Nationale Allianz Wasserstoff-Sicherheit)

3

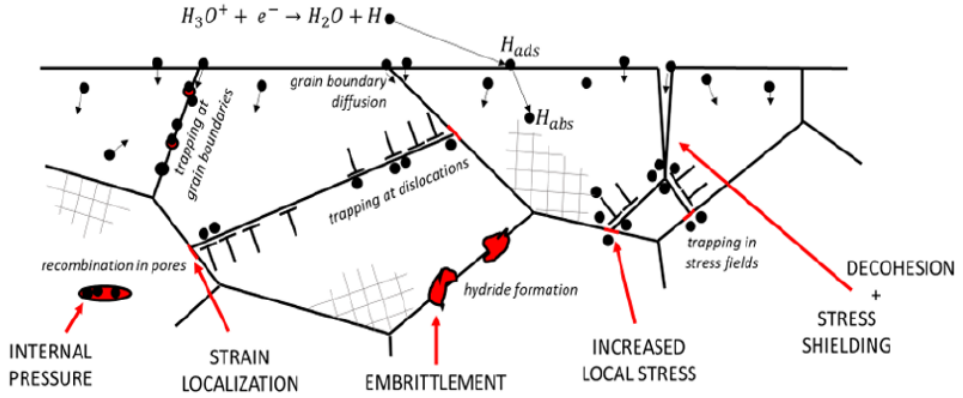
Wasserstoff

Motivation: Wieso ist die sensorische Überwachung sicherheitskritischer H2-Infrasturktur besonders wichtig?

Hohe Explosionsgefahr von Wasserstoffgas bei Leckagen

Wasserstoff diffundiert ins Material und lagert sich in Mikrostruktur an

→ Beeinflussung der Verformungsmechanismen und Materialeigenschaften



Wasserstoffmechanismen

HELP (**H**ydrogen-**E**nhanced **L**ocalized **P**lasticity):

Wasserstoff diffundiert in Metallgitter und sammelt sich in Spannungsfeldern (Versetzungen)

Abnahme der elastischen WW zwischen Versetzungen

Beweglichkeit der Versetzungen wird gesteigert, Fließspannung lokal gesenkt → hohe lokale plastische Verformung

→ **Lokale Schädigung des Werkstoffs**

HEDE (**H**ydrogen-**E**nhanced **De**cohision):

Wasserstoffatome reichern sich an Defektstellen im Kristallgitter (Korngrenzen, Phasengrenze, Rissspitzen)

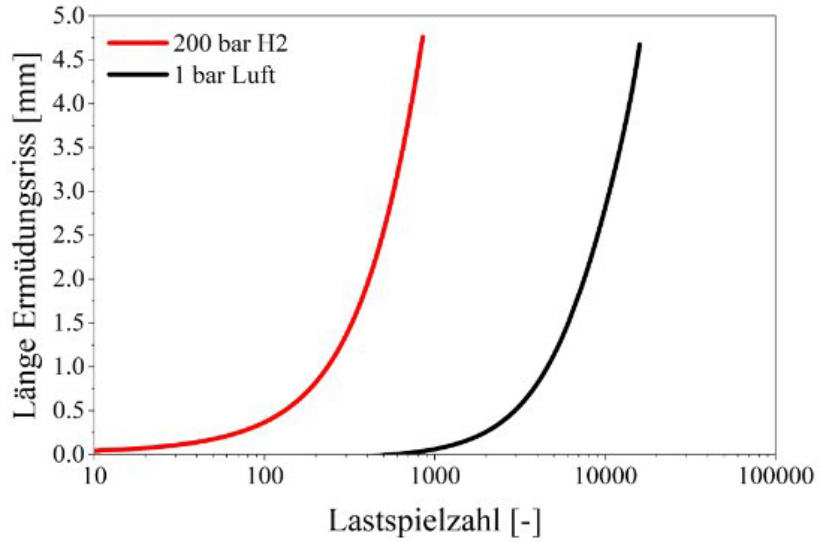
Wasserstoff reduziert kohäsive interatomare WW → Verringerung der Bindungsfestigkeit zwischen Metallatomen

Geringere Energie/Zugspannung nötig Rissbildung und –ausbreitung

→ **Wasserstoffversprödung**

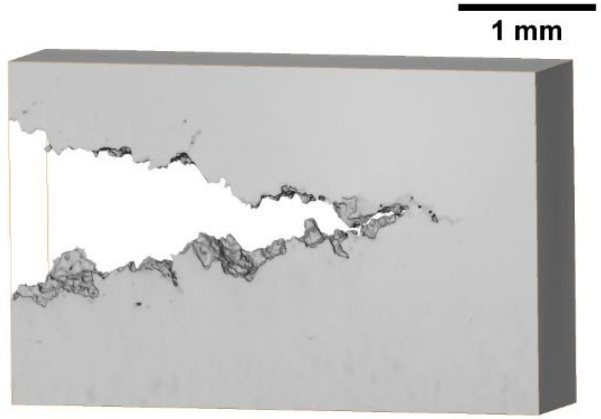
Forschungsergebnisse

Schnelleres Risswachstum mit Wasserstoff (rote Kurve) im Vergleich zu ohne Wasserstoff (schwarze Kurve)

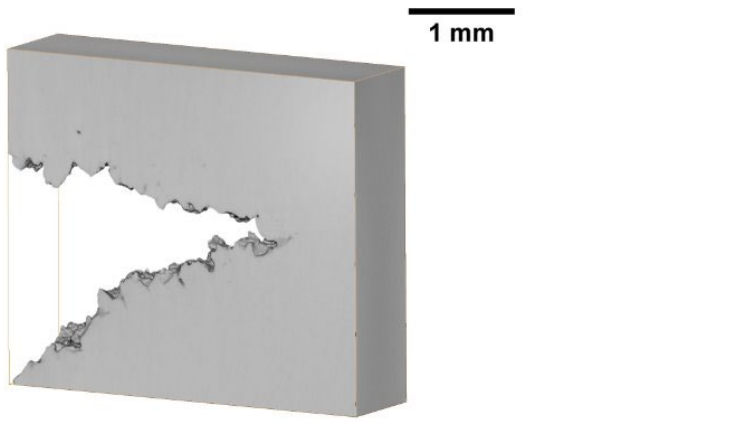


→ Geringere Belastbarkeit und Lebensdauer

→ Aktueller Werkstoffzustand enorm wichtig für eine genaue Lebensdauerabschätzung!



CT-Aufnahme eines Ermüdungsrisses mit H2



CT-Aufnahme eines Ermüdungsrisses ohne H2

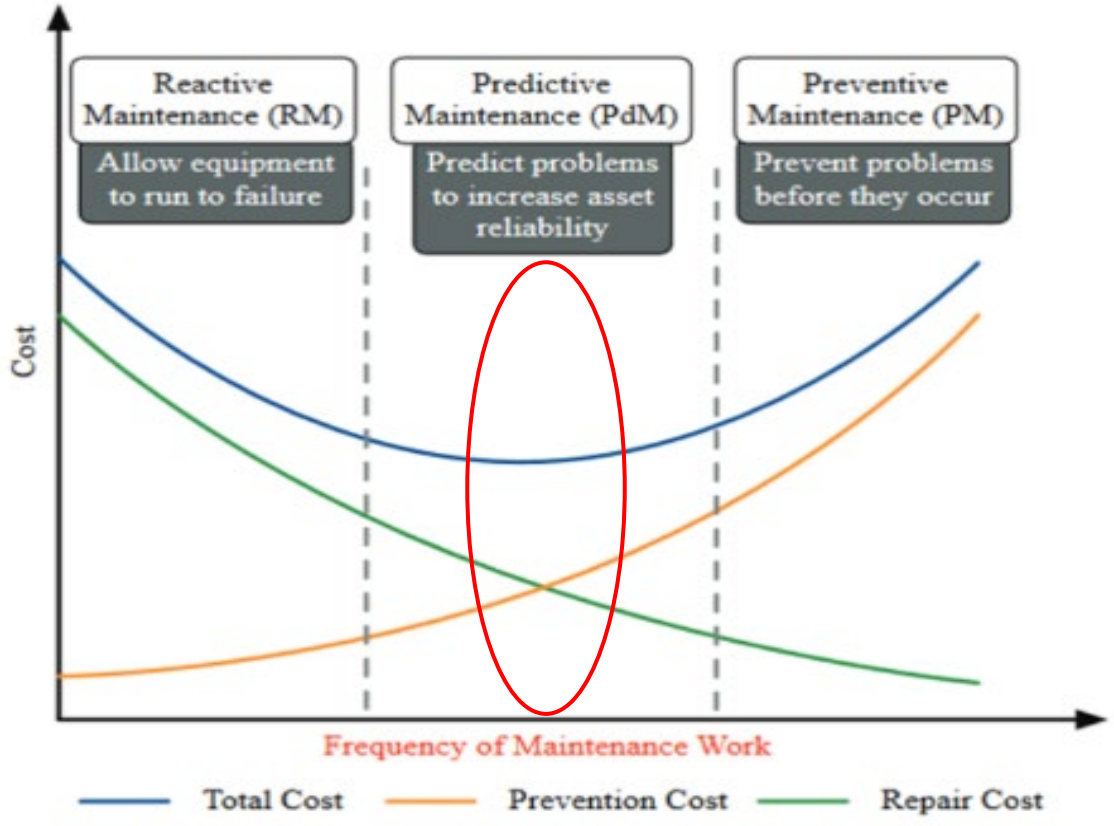
Predictive Maintenance/CBM

Prädiktive Instandhaltung von H2 Infrastruktur nur möglich, wenn Zustand der Struktur und des Werkstoffs bekannt sind

→ Condition based Monitoring

Mögliche Umsetzung am Beispiel einer Wasserstoff Pipeline:

- Überwachung langer Rohrabschnitte mittels Faseroptischer Systeme
- Zusätzliche Überwachung mit z.B. akustischen oder Ultraschallsensoren in regelmäßigen Abständen, z.B. jeden Kilometer
- Intensive Überwachung kritischer Stellen, wie z.B. Schweißnähte



Potentiale

- Entwicklung von digitalen Zwillingen
- Anbindung an KI-Systeme zur Datenanalyse Alarmierung bei kritischem Zustand oder kritischer externer Belastung → möglichst klare und simple Benutzeroberfläche für den Endverbraucher
- Intelligentes Datenverarbeitungs- und Datenspeicherungssystem (Cloud-Systeme) aufgrund der riesigen Datenmengen

Quellen

[1]: Grünewald, P., et al. "Skalenübergreifende in situ Materialprüfung mit Wasserstoff." *Tagungsband 4. Niedersächsisches Symposium Materialtechnik: 25. bis 26. Februar 2021*. 2021.

[2]: Abschlussbericht Forum zur optimierten Kosteneffizienz für KMU-Investitionen: EWIK – Entscheidungstool zur Wirtschaftlichkeitsanalyse von Investitionen zur vorausschauenden, prädiktiven Instandhaltung bei saarländischen KMU

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

EnFo Saar

www.enfosaar.de

htw saar

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

IZES Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme

dfki ai

Gefördert aus dem Transformationsprogramm Forschung und Wissens-transfer Saar durch:

Ministerium der Finanzen und für Wissenschaft SAARLAND

Session 4 — Transformation des Energie- und Wirtschaftssystemsme

- **Energiequartier der Zukunft als methodisches Strukturierungselement (EnQuartZ) (htw saar, Bürgerinitiative Nachtweide)**
  Carsten Adorff, Dr. Volker Zimmermann, Vanessa Heckmann, Prof. Dr. Steffen Hütter, Nicolai Kohl, Isabelle Rösler
- **Herausforderungen und Potenziale für Sicherheit und Zuverlässigkeit von H_2-Infrastrukturen (UdS, Fraunhofer IZFP)**
  Dr. Michael Schwarz, Prof. Dr. Hans-Georg Herrmann
- **Blick in die Glaskugel? Quantitative Energieszenarien (IZES)**
  Dr. Uwe Klann, Prof. Dr. Marc Deissenroth-Uhrig, Juri Horst