



# KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

## Zukunft durch Innovation und Forschung

### STÄHLE UNTER WASSERSTOFF – GRENZEN DER FESTIGKEIT UND ROLLE VON SCHUTZSCHICHTEN (HYDSTREN)

#### Funktionelle Absicherung innovativer metallischer Werkstoffsysteme für die Mobilität

##### Problemstellung

Aktuelle Entwicklungen im Fahrzeugbereich erfordern zunehmend hochfeste metallische Bauteile, die eine hohe Toleranz gegen Schädigung durch Wasserstoff (H) aufweisen. Diese sind zum einen notwendig, um bei stetig steigenden mechanischen Leistungsanforderungen den konstruktiven Leichtbau durch Downsizing realisieren zu können (Verbindungselemente, Federn etc.), und zum anderen, um in Fahrzeugen mit Brennstoffzellen oder H<sub>2</sub>-betriebenen Verbrennungsmotoren Komponenten funktionell abzusichern (Bipolarplatten, Ventilkomponenten etc.).

Maschinenelemente aus höchstfesten Werkstoffen werden im Fahrzeug bereits im innermotorischen Ölraum (z. B. Pleuelverschraubungen) sicher eingesetzt, wo sie keinem Wasserstoff ausgesetzt sind. Andere Anwendungsbereiche stellen aktuell noch nicht gelöste Aufgaben: Verfügbare höchstfeste Metalllegierungen, die durch einen geeigneten Prozess Festigkeiten von >1200 MPa erreichen können, sind der Gefährdung durch freien atomaren Wasserstoff unterworfen (Wasserstoffversprödung). Daher gibt es aktuell noch keine sichere Lösung für höchstfeste Komponenten wie Verbindungselemente im Fahrwerksbereich (Außenbereich mit hoher Korrosionsbelastung, Korrosionswasserstoff).

In Fahrzeugen, die mit H<sub>2</sub> betrieben werden, stellt die Beaufschlagung mit Druckwasserstoff (Verbrenner, Tank) sowie die Entstehung von atomarem Wasserstoff in der Brennstoffzellenreaktion ebenfalls ein großes Schädigungspotenzial für Schlüsselkomponenten dar (Tankkomponenten, Leitungen, Brennstoffzellenverschraubungen). Die Erarbeitung technisch umsetzbarer Lösungen zur Schädigungsvermeidung stellt hierbei eine enorme Marktchance für bayerische KMU dar.

##### Zielsetzung

Zielsetzung der Projektidee ist es, ein Materialsystem mit Festigkeiten von 1200 MPa bis 1500 MPa zu entwickeln, die auch in stark korrosiver Umgebung oder im direkten Kontakt mit (atomarem) Wasserstoff keine oder nur sehr geringe Versprödungsneigung zeigen. Die Funktionalität der dabei in Frage kommenden Materialsysteme soll auch mit Hinsicht auf Langzeiteinsatz abgesichert werden.

Hierzu können mehrere Lösungswege verfolgt werden:

##### 1. Inerte / schadenstolerante Werkstoffe

Metallische höchstfeste Werkstoffe, die entweder keine nennenswerte Reaktion mit H oder eine hohe Schadenstoleranz aufweisen, könnten die Zielsetzung direkt erreichen. Diese Materialkonfiguration muss dabei sowohl technisch als auch unter wirtschaftlichen Aspekten eine Marktakzeptanz erreichen können.

##### 2. Beschichtung

Als weitere oder zusätzliche Option sind Beschichtungen zu sehen. Eine Beschichtung muss hierzu bei einem äußeren Angebot an freiem (atomarem) Wasserstoff das Bauteil sicher gegen eine kritische Beladung des Grundwerkstoffes schützen. Für Verbindungselemente z. B. muss eine derartige Beschichtung im Schüttgutprozess aufzubringen sein und die Kontur z. B. des Gewindes oder der Mikrofluidik mit spezifizierter Genauigkeit erhalten.

Im Besonderen muss die Beschichtung stabil gegen Beschädigungen bei Montage und im Einsatz sein. Dies ist beispielsweise bei Hartstoffschichten gegeben.

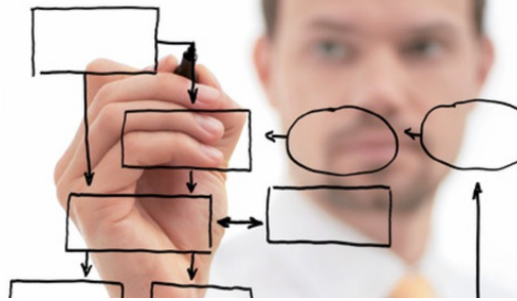
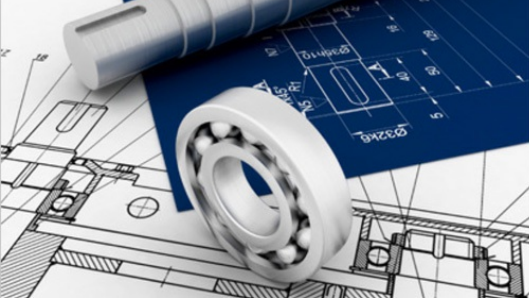
##### 3. Werkstoffkonversion der Oberfläche

Als weiterer Lösungsansatz kann neben der oberflächlichen Beschichtung eine z. B. per Diffusionsprozess erzeugte Konversationschicht gewertet werden, die den Grundwerkstoff ebenfalls sicher gegen eine kritische Wasserstoffbeladung abschirmt. Diese Konversationschicht muss der komplexen Kontur der Bauteile folgend über die gesamte Oberfläche mit einem auch für Schüttgut tauglichen Prozess aufzubringen sein. Als Vorteil kann die anzunehmende Resistenz gegen mechanische Beschädigung angenommen werden.

##### Vorgehensweise

Die folgende Sammlung kann als Vorschlag zur Vorgehensweise dienen:

- Recherche vorhandener Kenntnisse von Metalllegierungen aus möglicherweise existierenden alternativen Anwendungen.
- Analyse möglicher Beschichtungssysteme hinsichtlich der Eignung im Abgleich mit dem oben beschriebenen Anforderungsprofil. Prüfung der Adaption an den Herstellungsprozess für Verbindungselemente.



- Analyse möglicher Transformationsprozesse zur Modifikation metallischer Bauteiloberflächen hinsichtlich der Eignung im Abgleich mit dem oben beschriebenen Anforderungsprofil. Prüfung der Adaption an die Herstellungsprozesse.

Bei Interesse an diesem Projekt nehmen Sie bitte Kontakt mit Herrn Dr. Liedl auf (Kontaktdaten s. unten!).

Mit berücksichtigt werden müssen folgende Aufgaben:

- Analytik und Verständnis des Wirkprinzips:  
Die Wirkweise der Lösung muss verstanden sein und mit geeigneten Analyseverfahren belegt werden können.
- Abgleich mit dem Einsatzfall in der Applikation:  
Die während der Entwicklung zugrunde gelegte Bauteilbelastung muss mit Hilfe geeigneter Analyse- und Bewertungsverfahren mit dem Einsatzszenario des späteren realen Einsatzfalls abgestimmt werden können.
- Bewertung des Risikos für den Einsatz der Lösung in der Applikation:  
Durch die verfügbare Analyse und Übertragbarkeit der Entwicklungsergebnisse muss eine belastbare Risikobewertung der Lösung hinsichtlich der Applikation ermöglicht werden können.

### Ergebnisse / Nutzen

Aufgrund der Aktualität der Problemstellung ist bei Erfolg des Projektes von einer unmittelbaren industriellen Umsetzung auszugehen. Diese würde nicht nur akute Limitierungen in der Entwicklung von Wasserstoffantrieben beseitigen, sondern dem generellen Bedürfnis des konstruktiven Leichtbaus bei gleichzeitig steigenden Lastkollektiven im Automobilbereich eine technische Lösung bieten. Hochfeste, gegen Wasserstoffeintrag sichere Maschinenelemente stellen damit einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung ressourcenschonender Mobilitätskonzepte dar.

### Forschungspartner

Prof. Dr. Peter Felber  
Institut für Allgemeine Werkstoffeigenschaften  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

### Projektpartner

- Brose Fahrzeugteile SE & Co. Kommanditgesellschaft, Coburg
- iwis SE & Co. KG, München
- LSV Lech-Stahl Veredelung GmbH, Landsberg am Lech
- Richard Bergner Verbindungstechnik GmbH & Co. KG, Schwabach
- SCHERDEL INNOTECH Forschungs- und Entwicklungs-GmbH, Marktredwitz