molinari

TECHNOLOGIES FOR GREEN RAIL MOBILITY

«A passion for mobility solutions»

Molinari Rail GmbH – Kärntner Ring 5-7 – 1010 Wien – Österreich – info@molinari-rail.com – www.molinari-rail.com

Private and Confidential

molinari

Vision

Unser Ziel ist es,
grüne Energielösungen für eine
emissionsfreie Bahnmobilität zu schaffen

molinari

Optionen zur emissionsfreien Bahnmobilität

- Neue H_2 Brennstoffzellen Triebzüge
- Neue Akku Triebzüge

- Retrofit bestehender DMU mit einem Akku Power Pack
- Retrofit bestehender DMU mit einem H_2 Brennstoffzellen Power Pack

Fazit:

- Investitionen in die Beschaffung neuer Triebzüge z.T. wirtschaftlich nicht darstellbar
- Retrofit bei vorhandenen DMU mit einer Restlebensdauer von mehr als 10 Jahren ergeben sich
  - erhebliche Auswirkungen auf die Architektur bei dieselmechanischen / dieselhydraulischen DMU
  - neue, teure und langwierige Zulassungsverfahren nach dem 4.EP (z.T. neues Zulassungsverfahren)

molinari

Forschungsprojekt

INSTITUT FÜR THERMODYNAMIK UND NACHHALTIGE ANTRIEBSSYSTEME

Entwicklung eines
H_2 Verbrennungsmotor
in liegender Ausführung für Unterflur Powerpacks mit vergleichbarer Leistung wie bei heutigen Dieselmotoren

Peter Grabner, Dr. techn.

HYCENTA RESEARCH GMBH

Entwicklung eines
H_2 Niederdruckspeicher
mit einem Druckniveau <50bar für mobile und stationäre Anwendung

Markus Sartory, DI Dr. techn.
Nejc Klopčič, DI

MOLINARI RAIL

H_2 Retrofit-Triebzug
umgebaut auf H_2 Unterflur Powerpack, H_2 Tankmodul sowie Test-& Optimierung

Stationäre Anwendungen mit H_2 Tankspeicher und H_2 Tankeinrichtung

Joachim Wagner, DI (FH)
Martin Zsifkovits, Ph.D.

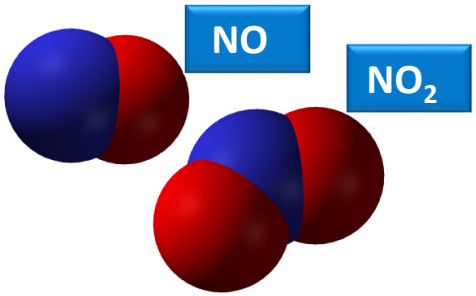
H_2-Verbrennungsmotor

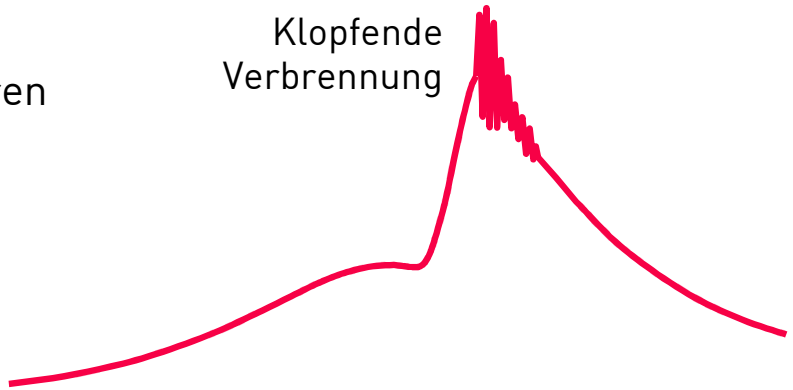
Motivation/Vorteile

- CO_2-freier Betrieb
  - grüner Wasserstoff vorausgesetzt
- Geringe Anforderungen bezüglich H_2-Qualität
- Bewährte Basistechnologie bzw. Antriebstechnik

Herausforderungen

- NO_x-Emissionen
  - Schnelle Verbrennung, hohe Temperaturen
- Verbrennungsanomalien
  - Rückzündung, Vorentflammung, Klopfen





Private and Confidential

H_2-Verbrennungsmotor

Ziele:

Entwicklung eines Wasserstoff-Verbrennungsmotors auf Basis eines Powerpack-Dieselmotors mit adaptierter Motorsteuerung inkl.

- Leistungsdaten und Effizienz wie Basis-Dieselmotor
- Emissionen auf Zero-Impact-Niveau
  - inklusive Abgasnachbehandlung
- Materialauswahl bzw. -anpassung für den Wasserstoffbetrieb
  - Stichwort „Wasserstoffversprödung“

Private and Confidential

H_2-Verbrennungsmotor

Umrüstung Powerpack-Dieselmotor für den Wasserstoffbetrieb

		Basismotor	Wasserstoffmotor	Bemerkung
Bauart	–	6-Zylinder (liegend)	←	
Kraftstoff	–	Diesel	Wasserstoff	
Hubraum	L	12	12 – 13	ggf. geringfügig erhöhen
max. Leistung	kW	315	←	Zielwert gleiche Leistung
max. Drehmoment	Nm	1600	←	Zielwert gleiches Moment
Verdichtung	–	≈ 18	10 – 12	Reduktion erforderlich
Zündung	–	Selbstzündung	Zündkerze	Zündsystem erforderlich
Gemischbildung	–	Direkteispritzung (DI)	Niederdruck-Saugrohreinblasung (PFI)	aufgrund Verfügbarkeit vorerst nur PFI möglich
Aufladung	–	Abgasturbolader	Abgasturbolader	Anpassung erforderlich
Motorsteuerung	–	Diesel-spezifisch	H_2-spezifisch	Anpassung erforderlich
Abgasnachbehandlung	–			Anpassung erforderlich

DI Direct Injection
PFI Port Fuel Injection

Private and Confidential

H_2 Niederdruckspeicher

Quelle: Goodenough, H. R., Greig, A., Hybrid Nuclear/Fuel-Cell Submarine, J. Nav. Eng., 2008. 44(3)

Ausgangslage:

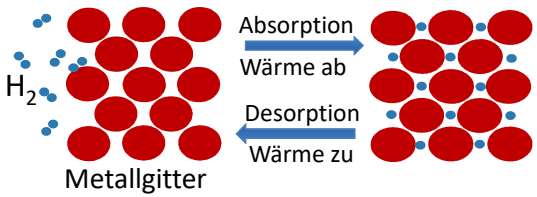
- Wasserstoff wird momentan hauptsächlich gasförmig unter Hochdruck (350/700 bar) oder flüssig gespeichert, was mit folgenden Nachteilen verbunden ist:
  - Sicherheitsrisiko bei hohen Drücken
  - Hoher Platzbedarf bei gasförmiger Speicherung (geringe volumetrische Energiedichte)
  - Hoher Energiebedarf für Verflüssigung und „Boil-Off“ Verluste bei flüssigem H_2-Speicher

– Alternative: H_2-Speicherung in Metallhydriden
  - Sicherheitstechnische Vorteile durch niedrige Drücke (< 50 bar)
  - Weniger Platzbedarf im Vergleich zu Gasspeicher
  - Nachteile: höheres Gewicht aufgrund der Metalle, Wärmezufuhr/ Thermalmanagement nötig um H_2 auszulagern

H_2 Niederdruckspeicher

Funktionsweise der Metallhydride:

- Im Kontakt mit gewissen Materialien wird H_2 in das innere des Metallgitters absorbiert und chemisch gebunden
- Bei der Absorption entsteht Wärme, die abgeführt werden muss, da sonst die Reaktionsgeschwindigkeit sinkt
- Durch Wärmezufuhr kann Wasserstoff über die Rückreaktion entnommen werden



- Effizientes Thermalmanagement ist ausschlaggebend für die Dauer der Ein- und Auslagerung
- Einige Beispiele für Materialien: MgH_2, TiFe, $LaNi_5$, Alanate ($NaAlH_4$), Borhydride ($LiBH_4$), etc.

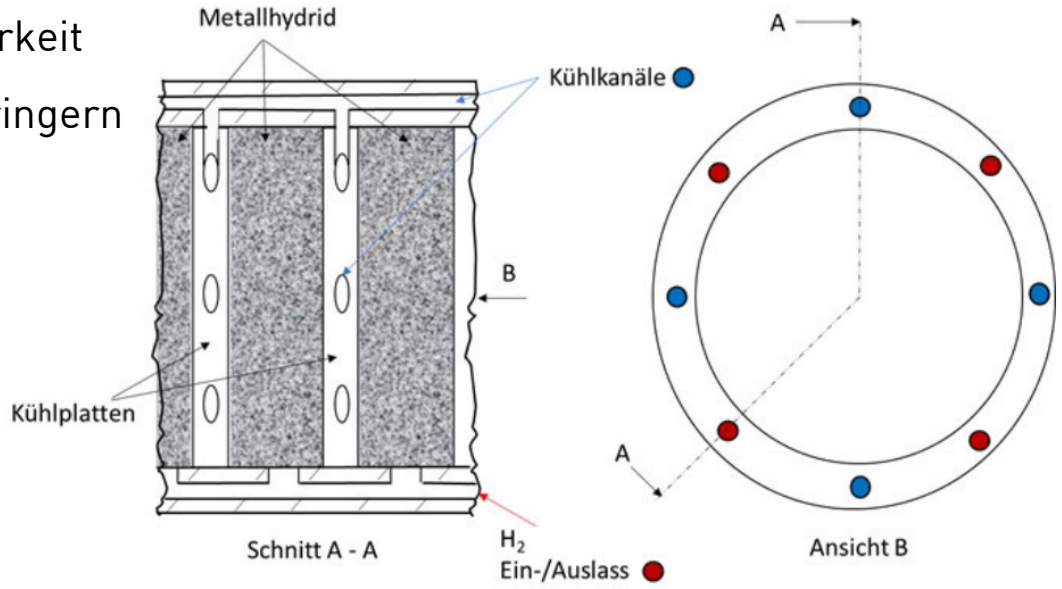
Quelle: https://www.h2-international.com/2017/09/01/metal-hydride-storage-andreversible-high-temperature-cells/

Quelle: https://www.ifam.fraunhofer.de/de/Ueberuns/Standorte/Dresden/Wasserstofftechnologie/hydride.html

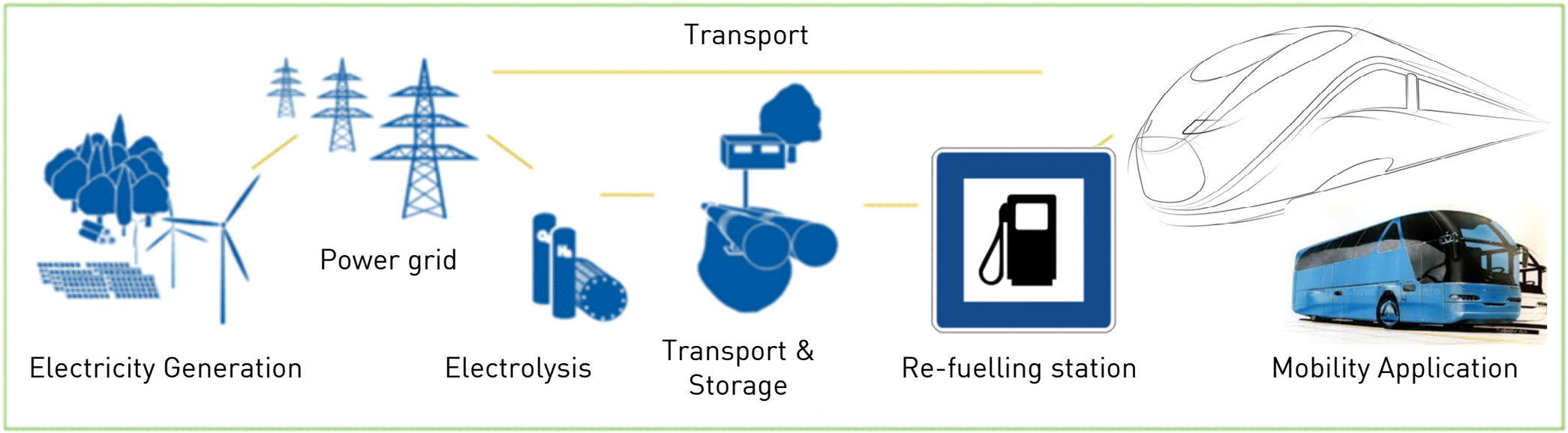
H_2 Niederdruckspeicher

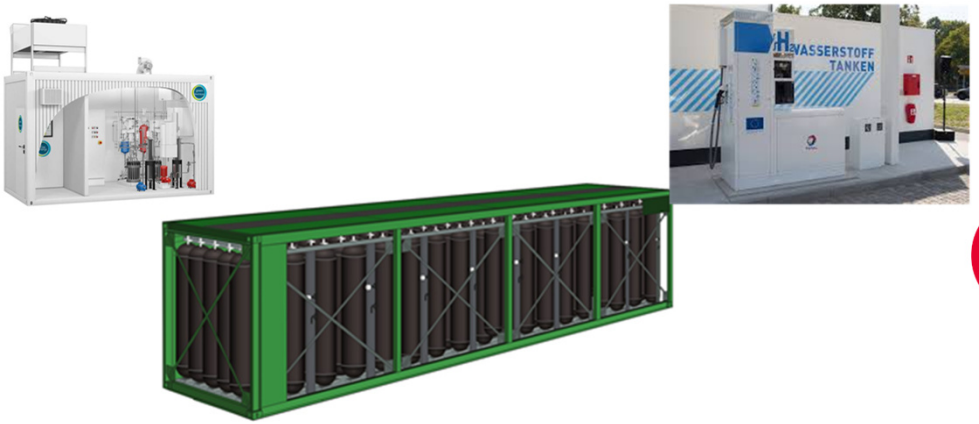
Anforderung an das Tanksystem:

- Ressourcenschonend: Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Materialien um Abhängigkeit von Importen zu verringern
- Kostengünstige Fertigungsverfahren und Eignung für Serienproduktion
- Skalierbarkeit durch modularen Aufbau
- Umweltschonend: Einsatz von Materialien und Fertigungsmethoden mit niedrigem CO_2-Ausstoß
- Gewichtseinsparung durch Einsatz von recyclebaren Kohlefasern für die äußere Behälterhülle
- Erfüllung des H_2-Bedarfs und der Lastprofile im mobilen und/oder stationären Anwendungsfall



H_2 to Mobility





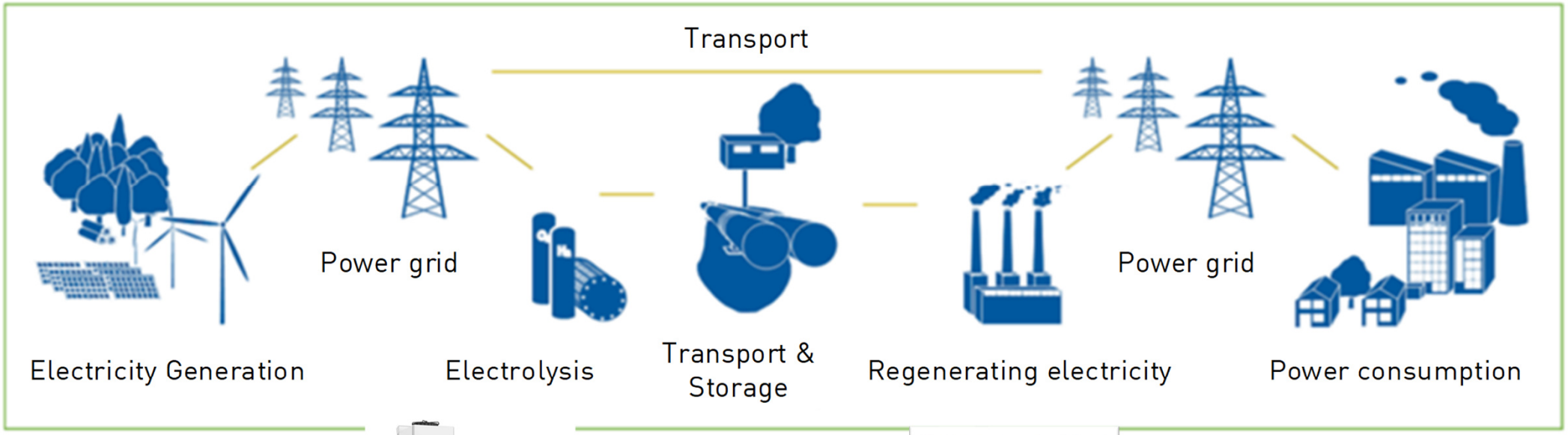
HyCentA HYDROGEN CENTER AUSTRIA

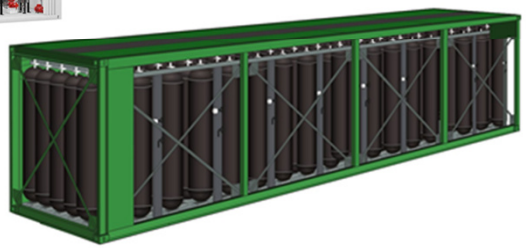
iTnA

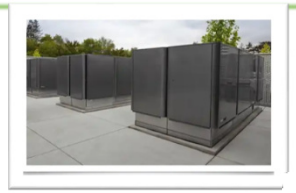
molinari

Private and Confidential

H_2 to Energy





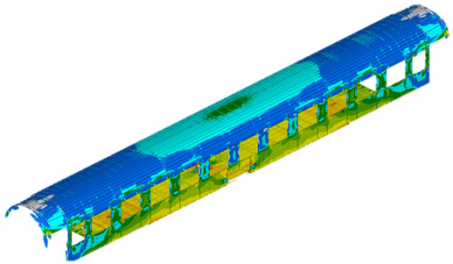


HyCentA HYDROGEN CENTER AUSTRIA

iTnA

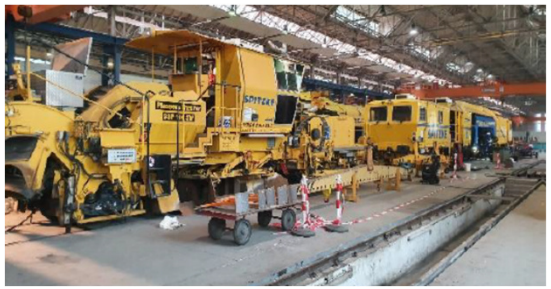
molinari

PASSION FOR TRANSPORTATION



Engineering & Design
Rail / Road / Multi-modal

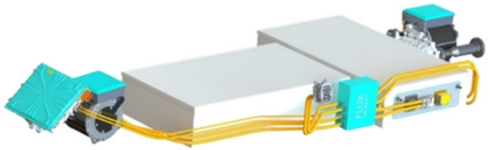
Modernization & Refurbishment



Maintenance & Service

molinari

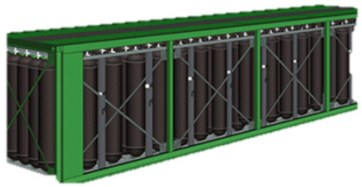
EV Propulsion kits



H_2 Propulsion kits

H_2 FC Power kits

Green Energy
Generation & Storage



molinari

Private and Confidential

Head Office **Molinari Rail AG** · Merkurstr. 25 · 8400 Winterthur · Schweiz · Tel. +41 52 320 60 60

Technology / R & D **Molinari Rail GmbH** · Kärntner Ring 5-7 · 1010 Wien · Österreich · Tel. +43 1512 50 70 – 0

Manufacturing **Molinari Rail GmbH** · Münchner Str.15 · 6130 Schwaz · Österreich · Tel. +43 5242 71 400 – 0

Molinari Rail GmbH · Am Waggonbau 11 · 06844 Dessau-Roßlau · Deutschland · Tel. +49 340 2537 – 0

Projects **Molinari Projects AG** · Merkurstr. 25 · 8400 Winterthur · Schweiz · Tel. +41 52 320 60 60

info@molinari-rail.com · www.molinari-rail.com