



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

Wasserstoffcluster der FH Münster

# Zusammenfassung des Expertenworkshops

Vom 26.11.2021





- 1 Teilnehmer und Interessenten**
- 2 Ergebnisse aus dem World Café**
  - 1 Erzeugung**
  - 2 Speicherung**
  - 3 Transport**
  - 4 Nutzung**
  - 5 Übergeordnete Fragestellungen**
- 3 Ergebnisse der Blitzlichtrunde**
  - 1 Kompetenzen und Interessen**
  - 2 Feedback: Pro – Contra – Ideen**



# 1 Teilnehmer und Interessenten



## Teilnehmer

Prof. Dr.-Ing.	Bernd	Boiting	EGU
Prof. Dr. rer. nat.	Michael	Bredol	CIW
Prof. Dr.-Ing.	Dirk	Fischer	ETI
Prof. Dr.-Ing.	Peter	Glösekötter	ETI
Dipl.-Ing	Jürgen	Gröninger	PHY
Prof. Dr.-Ing.	Olaf	Hagemeier	EGU
Prof. Dr.-Ing.	Hans-Arno	Jantzen	MB
Prof. Dr.-Ing.	Volkmar	Jordan	CIW
Prof. Dr. rer. nat.	Thomas	Jüstel	CIW
Prof. Dr.	Martin	Kreyenschmidt	CIW
Prof. Dr. rer. nat.	Reinhard	Lorenz	CIW
Herr	Herbert	Paschert M.Sc.	MB

Prof. Dr.-Ing.	Alexander	Riedl	PHY
Prof. Dr.-Ing.	Tilman	Sanders	ETI
Prof. Dr.-Ing.	Thomas	Schmidt	EGU
Prof. Dr.-Ing.	Jürgen	Scholz	MB
Herr	Frederik	Tebbe M.A.	Pressestelle
Herr	Dominik	Voigt M.Sc.	CIW
Prof. Dr.-Ing.	Andreas	Wäsche	CIW
Prof. Dr. rer. nat.	Andreas	Weiper-Idelmann	CIW
Herr	Jan Philipp	Wessels	PHY
Prof. Dr.-Ing.	Christof	Wetter	EGU
Frau	Andrea	Wilkening M.Eng.	EGU

# 1 Teilnehmer und Interessenten



## Interessenten

Prof. Dr.-Ing.	Mirjam	Altendorfner	CIW
Prof. Dr.-Ing.	Hilmar	Apmann	MB
Prof. Dr.-Ing.	Stefan	aus der Wiesche	MB
Prof. Dr. phil.	Kulkanti	Barboza	SW
Prof. Dr. phil.	Stephan	Barth	SW
Dr.-Ing.	Elmar	Brüggling	EGU
Prof. Dr. rer. pol.	Frank	Dellmann	MSB
Prof. Dr. rer. nat.	Isabelle	Franzen-Reuter	EGU
Prof. Dr.-Ing.	Manfred	Große Gehling	MB
Prof. Dipl.-Ing.	Andreas	Grübel	EGU
Prof. Dr.-Ing.	Joachim	Guderian	CIW
Prof. Dr. rer. nat.	Evgeny	Gurevich	PHY
Prof. Dr.-Ing.	Simone	Kattenstedt	BAU
Prof. Dr.-Ing.	Jeanette	Klemmer	BAU

Prof. Dr. rer. nat.	Matthias	Lamping	OEF
Prof. Dr. oec.troph.	Anja	Markant	OEF
Prof. Dr.-Ing.	Konrad	Mertens	ETI
Prof. Dr.	Hans-Christoph	Mertins	PHY
Dr. rer. nat.	Stephanie	Möller	CIW
Prof. Dr.	Klaus	Morawetz	PHY
Prof. Dr. rer. nat.	Jürgen	Peterseim	MB
Prof. Dr.	Frank	Riemenschneider-Greif	OEF
Prof. Dr. oec.troph.	Guido	Ritter	OEF
Herr	Carsten	Schröder	TAFH
Prof. Dr. rer. nat.	Thomas	Schupp	CIW
Prof. Dr. rer. nat.	Anja	Stumpf	MSB
Prof. Dr. rer. nat. habil.	Fritz	Titgemeyer	OEF



## 2 Ergebnisse aus dem World Café



## I. Welche weiteren Themen und Themenfelder gehören zu dieser Oberkategorie?

### Primärerzeugung:

- Elektrolyse
  - Alkalisch
  - PEM
  - AEM
  - Hochtemperatur
- Vergasung
- Biologische / Biochemische Erzeugung
- Methanpyrolyse in Kombination mit Speichern
- Photokatalytische Erzeugung
- Dampfreformierung
- Steamcracking

### Sekundärerzeugung:

- Thermisches Cracken org. Abfälle
- Kunststoffrecycling  
(H<sub>2</sub> als „Abfall“- / Nebenprodukt aus Abfall)



## II. Für die FH Münster relevante Forschungsfragen oder -themen

### Sicherheitsfragen

- Knallgasvermeidung
  - Neue Membranen
  - Trennung / Aufreinigung

### Elektrolyse

- Sauerstoffnutzung
- Nutzung der Abwärme
- Materialien: Elektroden; Membran; Trennung H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>
  - Alterung Elektrolyt
  - Edelmetallfreie Elektrokatalysatoren
- AEM

### Photokatalyse

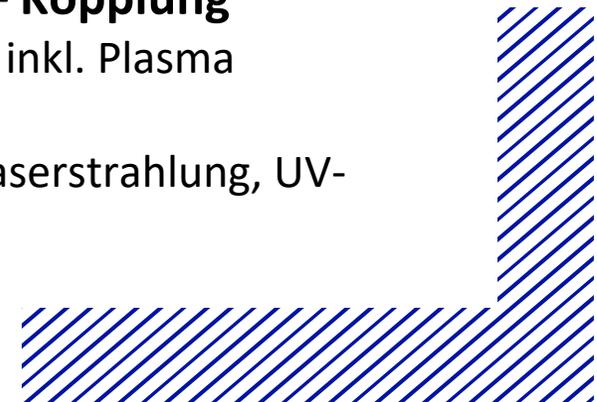
- Design Halbleiter
  - Bandlücke
  - Energetik
  - Ladungsträgermobilität
- Hybridmaterialien

### Sekundärerzeugung

- Aus Kunststoffaufbereitung / -recycling

### Niederstrom – Gleichstrom – Kopplung

- Thermolyse (> 1.500 °C) inkl. Plasma (atmosphärisch)
- Photolyse (< 200 µm): Laserstrahlung, UV-Strahlung



### I. Welche weiteren Themen und Themenfelder gehören zu dieser Oberkategorie?

#### Druckgasspeicher, klein

- Flaschenbündelspeicherung
  - 200 bar – 300 bar – X bar
  - Faserverbundtechnologie
  - Elektra (H<sub>2</sub>-Schiff in Berlin)

#### Druckgasspeicher, groß

#### LKW-Auflieger

#### Kavernenspeicher

#### Chemisch

- LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier):  
Toluol, Methylcyclohexan, Dibenzyltoluol (DBT)
- Biochemische Speicher? -> Literaturrecherche

#### Werkstoffe

#### Dichtigkeit

#### Versprödung



### II. Für die FH Münster relevante Forschungsfragen oder -themen

- **Vergleich der Wirtschaftlichkeit als Funktion von Menge / Bedarf / Mobilität**
- **Verluste bei Speicherung** -> Austritt bei Diffusion
- **Problem Kühlung, Verflüssigung und Entspannung (flüssiger H<sub>2</sub>)**
- **Energierückgewinnung beim Entspannen bzw. Verdichten**
- **Hydridische Speicherung in Al- / Mg-Pulvern** (Speicherdruck von 20 bar ist bereits effizient ->  $\Delta H_R$ )
- **Sicherheitsaspekte bei großen H<sub>2</sub>-Mengen**
  - Druck
  - Explosionsschutz
  - Systemsicherheit
- **Werkstoffabnutzung**
- **Dekompressionsschaden + Abkühlung**
- **Crash- und Unfallsituation**
- **Messtechnik für H<sub>2</sub>-Aufnahme durch den Werkstoff**  
-> Untersuchung von dynamischen Prozessen & Mikrorissbildung
- **Speicherung als**
  - NH<sub>3</sub> (Ammoniak)
  - NH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub> (Hydrazin, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
  - CH<sub>3</sub>-OH (Methanol)
  - NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (Ammoniumnitrat)

### I. Welche weiteren Themen und Themenfelder gehören zu dieser Oberkategorie?

- **Beimischung ins Erdgasnetz**
- **Reines H<sub>2</sub>-Netz**
- **Pipelines**
- **Messen, Steuern, Regeln**
- **Verdichtung**
- **Transport als „Speicher“**
- **Anreicherung in Materialien**
  - Metallhydride
  - Metal organic frameworks (MOFs)
  - LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier)
- **Wasserstoffverflüssigung (LH<sub>2</sub>)**
- **Transportvermeiden durch dezentrale Lösungen**



## II. Für die FH Münster relevante Forschungsfragen oder -themen

- **Druckwechsel, Bruchmechanik:**
  - Wie hoch sind die Verluste beim Transport in Metall- oder Kunststoffdruckleitungen?
  - Wie ist die Versprödung beim Transport in Metall- oder Kunststoffdruckleitungen?
- **Sensorik:**
  - Wie können Leckagen erkannt und geortet werden?
  - Wie kann die Größe einer Leckage erkannt werden?
  - Wie kann eine Pipeline überwacht werden – „Monitoring“?  
-> Pipelineanalyse mit dem Fokus auf Wasserstoffsicherheit
- **Dezentrale Erzeugung**
  - Wann ist ein Transport besser als eine dezentrale Erzeugung?
- **Trägermaterialien**
  - Methanol -> Sicherheit
  - Transport „H<sub>2</sub>-pur“ vs. H<sub>2</sub> -> X -> H<sub>2</sub> (X=CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH, ?)
  - Speicherfähigkeit „LOHC“ zum Transport nutzen
  - Einsatz von NH<sub>3</sub> in der Schiff- und Luftfahrt
- **Trennung Erdgas und H<sub>2</sub>**
  - Effizienz und Wirtschaftlichkeit
  - Verfahren
- **Numerische Berechnungen für die Sicherheit:**
  - Berechnung von explosiven Gemischen in der Atmosphäre oder in Gebäuden
  - Auslegung von Gebläsen für Gebäude
  - Auslegung der Anschlusspunkte innerhalb und außerhalb von Gebäuden  
-> Abstand zu anderen Gebäuden

### I. Welche weiteren Themen und Themenfelder gehören zu dieser Oberkategorie?

- **Verbrennungsmaschinen**
  - Optimierte Werkstoffe
  - Optimiertes Werkstoffverhalten
  - Konformität von Komponenten (Versch. Brennstoffe (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, etc.))
- **Wärmenutzung**
- **Brennstoffzellen**
- **Rückverstromung**
- **Mobilität / Tankstellen**
  - PKW
  - LKW
  - Bahnverkehr
  - Schifffahrt
  - Luft- und Raumfahrt
  - ÖPNV
- **Hydrierung**
  - Methanolerzeugung
  - Fetthärtung
  - Metallurgie (-> H<sub>2</sub>)
  - Metallhydride (Speicher)
  - Power-to-X
    - NH<sub>3</sub>-Synthese  
Vorbild Natur: NADPH
- **Reduktive Chemie**
  - Stahlherstellung
  - Thermokatalytische Gassynthese
- **Sektorenkopplung**
  - Zentrale Wärmeherstellung
  - Modularisierung / „Baukastensystem“
  - Analogie zum Stromnetz  
(2,4 kW – 3,6 kW – 11 kW – 22 kW)

## II. Für die FH Münster relevante Forschungsfragen oder -themen

- **Gas und Dampf-Kraftwerk mit H<sub>2</sub>**
- **Nutzung von Niederdruckdampf als H<sub>2</sub>-Quelle**
- **Wärmenutzung durch Brennwerttechnik**
  - Abwärme von Brennstoffzellen für Fernwärme
  - Abgasbehandlung bivalenter Gasturbinen
- **Wasserstoff-BHKW**
  - Erhöhung des Wirkungsgrads
  - H<sub>2</sub>-Versprödung
- **Duale Nutzung von Erdgas und H<sub>2</sub> in Energieerzeugungsanlagen**
- **Ammoniakveredelung mit O<sub>2</sub>**
  - Sauerstoffnutzung aus Elektrolyse
- **Global warming potential von H<sub>2</sub>**





### I. Welche weiteren Themen und Themenfelder gehören zu dieser Oberkategorie?

- **Sensorik**
- **Werkstoffe**
- **Sicherheit**
- **Infrastruktur**
- **Nachhaltigkeit**
  - Ökologische Bilanzierung
- **Wirtschaftlichkeit**
  - Ökonomische Bilanzierung
- **Versorgungssicherheit**
  - Regionaler Strom durch massiven PV Ausbau
    - Regionaler H<sub>2</sub> im Überfluss
- **Gesellschaftliche Akzeptanz – Kommunikation**
  - Interdisziplinärer Austausch
  - Forschung in Netzwerken
  - Wissenschaft
  - Allianzen suchen
    - In der Politik
    - In der Industrie
  - Organisation der Zusammenarbeit
  - Nutzen für den Einzelnen
- **Gesetzliche Vorgaben**
  - Übergeordnete Energiekonzepte
  - Fehlende Regeln bremsen aus



## II. Für die FH Münster relevante Forschungsfragen oder -themen

- **Was kann an der FH Münster getan werden?**
  - Interdisziplinärer Austausch
  - Forschung in Netzwerken
  - Beispiele schaffen: Wasserstoffchemie, H<sub>2</sub>-Auto, H<sub>2</sub>-Tankstelle, Elektrolyseur, ...
  - Forschungsbörse: Suche / Biete
  - Einbindung in die Lehre verstärken
  - Einbindung der FH-internen Einrichtungen
- **Wie kann nachhaltige gesellschaftliche Akzeptanz geschaffen werden?**
  - Transport von Forschungsergebnissen in die Gesellschaft
  - Wie ist der Nutzen und die Sicherheit (physisch und monetär) des Einzelnen beim Einsatz von Wasserstoff und dessen notwendiger technischer Infrastruktur?
- **Neuausrichtung des Ingenieur-Berufsbildes**
  - Bsp: Produktentwicklung
    - Betriebswirtschaftliche Aspekte
    - Soziale Aspekte
    - Gesellschaftspolitische Aspekte
  - Wie kann die FH Münster soziale und gesellschaftspolitische Aspekte bei der Ausbildung besser berücksichtigen?





## Ergebnisse der Moderationskarten – Kompetenzen/Interessen

### Erzeugung

- Prof. Dirk Fischer (High Frequency)
- Dominik Voigt
- Jürgen Gröninger (Photokatalytische  $\text{NH}_3$ - und  $\text{H}_2$ -Synthese)
- Prof. Thomas Jüstel (Elektrolyse, Photokatalyse)
- Dr. Stephanie Möller (Elektrolyse, Elektrodenmaterialien)
- Prof. Christof Wetter (Biologisch,  $\text{NH}_3$ , Elektrolyse)
- Dr. Elmar Brüggling (Biologisch,  $\text{NH}_3$ , Elektrolyse)
- Prof. Michael Bredol (Elektrochemisch)
- Prof. Andreas Weiper-Idelmann (Elektrolyse, Biologisch)

### Technik

- Prof. Tilman Sanders (Versorgung von Elektrolyseuren, Elektronik)
- Prof. Dirk Fischer (Elektronik)
- Prof. Alexander Riedl (Abdichtungen, Armaturen, Druckgeräte und Sicherheit)



## Ergebnisse der Moderationskarten – Kompetenzen/Interessen

### Analytik und Messtechnik

- Prof. Martin Kreyenschmidt (Alterung, Elektrolyte und Elektrodenmaterialien)
- Prof. Reinhard Lorenz (Kunststoffalterung und –stabilisierung)
- Jan-Philipp Wessels (Optische Messtechnik für In-Situ Überwachung)
- Herbert Paschert (Strömungstechnik, Konzentrationsmessungen, Sensortechnik)
- Prof. Hans-Arno Jantzen (Strömungstechnik, -simulationen, Gassensorik)

### Speicherung

- Prof. Michael Bredol (Nanoporöse Materialien)
- Prof. Thomas Schmidt (Wasserstoffverdichtung, -expansion, -transport)
- Prof. Weiper Idelmann (Organische Moleküle als Speicher)
- Prof. Volkmar Jordan
- Prof. Reinhard Lorenz (GFK verstärkte Materialien, diffusionsdichte Kunststoffe)
- Prof. Alexander Riedl (Stofftransport durch Feststoffe)





## Ergebnisse der Moderationskarten – Kompetenzen/Interessen

### Nutzung

- Prof. Michael Bredol (Niedertemperatur-Brennstoffzellen)
- Prof. Weiper-Idelmann (NH<sub>3</sub> als Transporttreibstoff)
- Prof. Andreas Wäsche
- Prof. Christof Wetter (Tankstellen, Treibstoff, Brennstoffzellen)
- Dr. Elmar Brüggling (Tankstellen, Treibstoff, Brennstoffzellen)
- Prof. Thomas Jüstel (Keramik- und Pigmentproduktion)
- Andrea Wilkening (Atlas Brennstoffzellen)

### Sonstiges

- Prof. Olaf Hagemeyer (Übergeordnete Fragestellungen, Sicherheit, Gesetzgebung, Nutzen für den Einzelnen)
- Prof. Christof Wetter (Gesetzgebung, Öffentlichkeitsarbeit, Dezentrale Nutzung)
- Dr. Elmar Brüggling (Gesetzgebung, Öffentlichkeitsarbeit, Dezentrale Nutzung)





## Feedback - Pro

- **Allgemein**
  - Die Vernetzung untereinander
  - Das Zusammentreffen verschiedener Fachbereiche
  - Interdisziplinarität
- **Atmosphäre**
  - Spannende Runde
  - Angenehme Art, um Neues zu lernen
  - Belebter und konstruktiver Austausch
- **World Café**
  - Allgemein gute Methode
  - Gute Auswahl und Reihenfolge der Themen
  - Gute Zusammenfassung der Ergebnisse
  - Berücksichtigung vieler verschiedener Aspekte
  - Gute Breite und Tiefe der Themen
- **Teilnehmer**
  - Haben eine hohe Bereitschaft weiter und tiefer einzusteigen
  - Nehmen das Projekt als gute Ausgangslage wahr, um neue Projekte zu generieren





## Feedback - Contra

- Allgemeinen bzw. technischen Input zu Beginn, um allen Teilnehmern eine Basis zu geben
  - Wesentliche Kennzahlen von H<sub>2</sub> nennen
- Schwerpunkt **Wirtschaftlichkeit** mehr in den Vordergrund bringen
  - Cash-Flow-Rechnung, ...
- Schwerpunkt **Akzeptanz** mehr in den Vordergrund bringen
- Viel Theorie – wenig Umsetzung an der FH Münster
  - Elektrolyseur mit Grünstrom der Dachflächen der FH Münster?
  - Verankerung in der Mobilitätsstrategie der FH Münster





## Feedback – Weitere Ideen / Weiteres Vorgehen

- Teilnehmer stellen ein Poster mit fünf Themen zu ihrer Forschung vor
  - z.B. für das Forschungsgrillen
- Abstimmung der strategischen Ausrichtung mit dem Präsidium
- Externe für Vorträge einladen
  - z.B. aus Wirtschaft – Marketing – Design
- Informationsbörse bzw. –plattform einrichten
  - Für die Vernetzung untereinander
  - Suche – Biete
- Weiteres Vorgehen
  - Relevante Themenfelder für die FH Münster konkretisieren
  - Die Kompetenzen der FH Münster ermitteln
  - Kompetenzen in Forschergruppen bündeln
  - Über Förderungsmöglichkeiten informieren
  - Projekte generieren und in verschiedene Themenfelder tiefer einsteigen

