

# **Notwendige Sicherheitsstrategien und Standardisierungsprozesse zu einem erfolgreichen Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur**

Dipl.-Ing. Joachim Jungsbluth

Oktober 2009

- ZBT Kurzvorstellung
- Ziele einer Wasserstoffinfrastruktur
- Wasserstoffkenndaten
- Grundsätzliche Sicherheitsüberlegungen
- Vorhandenes Regelwerk
- Zusammenfassung / Ausblick



The main building



Development laboratory



Mechanical workshop 1



New building for production technologies and analytics and testing





Supporting association

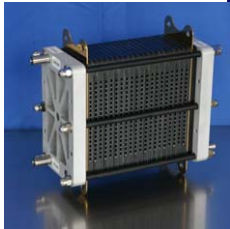


RWE

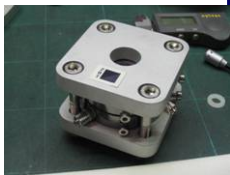




- Gasprozesstechnik / Fuel Processing  
Dipl.-Ing. Michael Steffen



- Brennstoffzellen und Systemtechnik /  
Fuel Cells and Systems  
Dr. Peter Beckhaus



- Elektrochemie und Schichttechnik /  
Electrochemistry and Coating  
Dr. Volker Peinecke

- Mikrosysteme / Microsystems  
Dipl. Ing.Jens Wartmann



- Wasserstofftechnik / Hydrogen Technology  
Dipl.-Ing. Bernd Oberschachtsiek
- Fertigungstechnik / Production Technology  
Prof. Gerd Witt

- Qualitätssicherung und Prüfwesen /  
Quality Assurance and Testing  
Dipl.-Ing. Joachim Jungsbluth



- Prüflabor BrennstoffzellenTechnik PBT  
Test Laboratory Fuel Cell  
Dipl.-Ing. Joachim Jungsbluth

- Gasprozesstechnik /  
Fuel Processing  
Dr. Jürgen Roes

- Brennstoffzellen und  
Elektrochemie / Fuel  
Cells and  
Electrochemistry  
Dr. Falko Mahlendorf



Project supported by the European Funds for  
Regional Development and the Region of North  
Rhine-Westphalia, Germany



2 project phases 2001 – 2006  
and 2006 - 2008

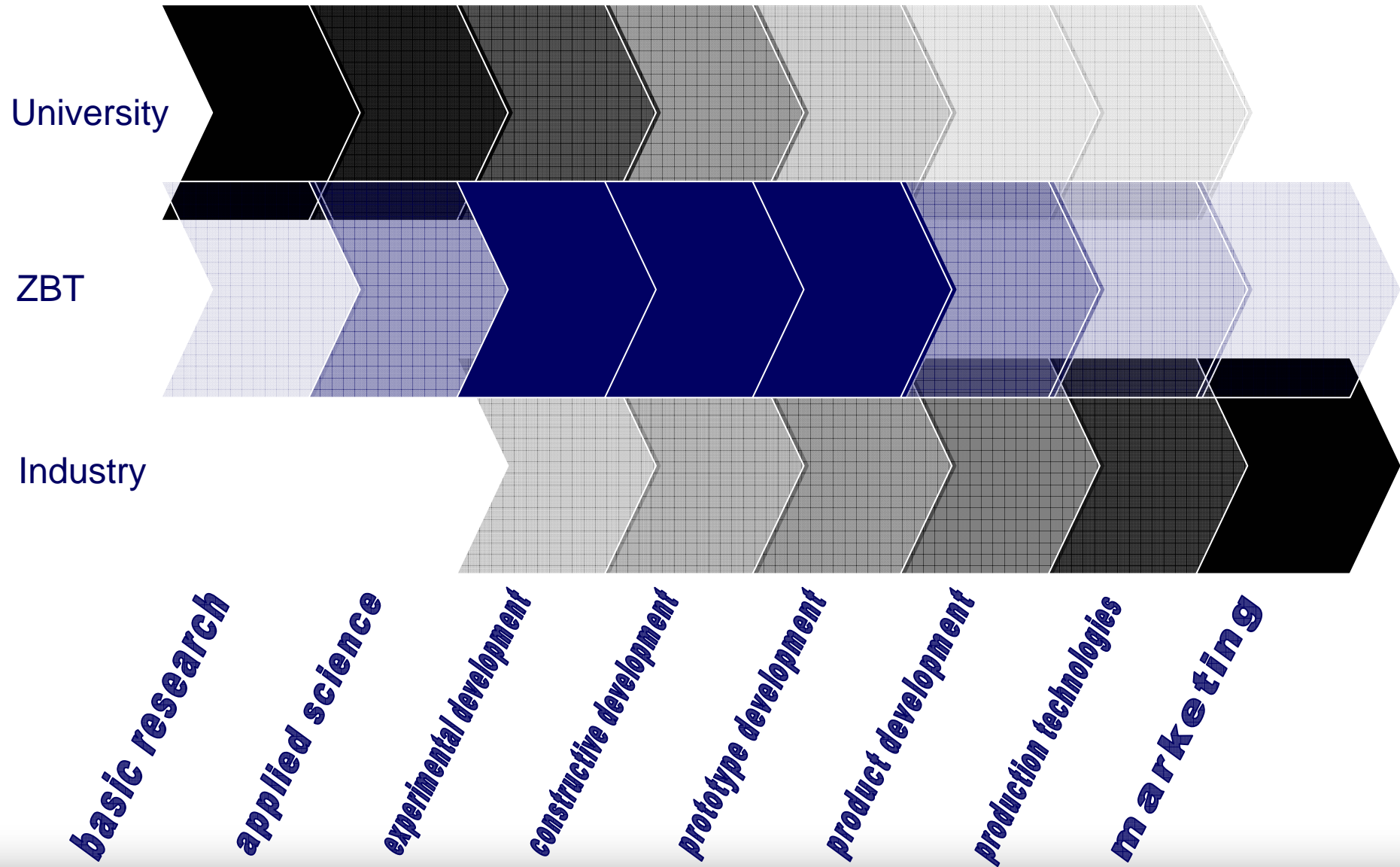
with a total funding of

16,3 Mio. € and 15,8 Mio. €



Project supported by the European Funds for  
Regional Development and the Region of North  
Rhine-Westphalia, Germany





Für den Aufbau einer Infrastruktur kommt es darauf an, alltagstaugliche Geräte, Anlagen und Systeme zu entwickeln, in denen das vorhandene Wissen verwendet wird.

DWV 2009

- Automotiv / mobil
- Dezentrale Erzeugung / stationär
- Kleinanwendungen / portabel

- Tankstellen (mit dezentraler Erzeugung und Speicher)
- Dezentrale Erzeugung (für Kleinanwendungen)
- Abfüllanlagen
- Netz
- Speicher
- Transport

- Flexible / schnell
- Sicher (Nutzer / Betreiber)
- Verfügbar
- Zugänglich
- Standardisierter Energieträger (Reinheit)
- Betankung / Austausch

Atomgewicht: 1,00794 Dichte: 0,0899 kg/Nm<sup>3</sup> Siedepunkt: 20.390 K  
Wasserstoff ist ca. 14-mal leichter als Luft.

Der Energiegehalt von 1 Nm<sup>3</sup> entspricht 0,34 l Benzin.

1 Liter flüssiger Wasserstoff entspricht 0,27 l Benzin.

1 kg flüssiger Wasserstoff entspricht 2,75 kg Benzin.

- **Wasserstoff ist ...**

leichter als Luft

verdünnt sich leicht mit Luft

brennt mit unsichtbarer

Flamme, die sehr wenig

Wärme abstrahlt

farb- und geruchlos

- **Wasserstoff ist ...**

**nicht** detonativ im Freien

**nicht** selbstentzündlich

**nicht** brandfördernd

**nicht** giftig

**nicht** radioaktiv

**nicht** wassergefährdend

**nicht** krebserzeugend

- Sicherheitsrelevante Zustandsgrößen:
  - Druck
  - Explosive Gemische
  - Temperatur
  - Zündquellen
- Absicherung gegenüber unsachgemäßer Benutzung (Fehlbedienung oder Vandalismus)
- Forderung nach (technischer) Dichtheit ( $<10^{-6}$  mbar l/s)
- Bestimmung der notwendigen Ventilation
- Einhaltung bzw. Bestimmung von Abständen / Sicherheitsmarkierungen

## Vermeidung von Gefahrenquellen

Ist dies nicht möglich, greifen folgende Stufen

- Konstruktive Schutzmaßnahmen
- Technische Schutzmaßnahmen
- Organisatorische Schutzmaßnahmen

3-Stufen-Methode gemäß EN ISO 12100

Die Maßnahmen des Explosionsschutzes sind wie folgt aufgeteilt:

Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre), **primärer Explosionsschutz**,

Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (Vermeiden wirksamer Zündquellen), **sekundärer Explosionsschutz**,

Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken (Konstruktiver Explosionsschutz), **tertiärer Explosionsschutz**.

## 1. Möglichkeit:

Produkttechnische Regelwerke auf  
Anwendbarkeit prüfen

## 2. Möglichkeit:

Anwendungsspezifisch Regelwerke  
anwenden

## Produkttechnische Regelwerke auf Anwendbarkeit prüfen

### Wasserstoff als technisches Gas

- Regelwerke vorhanden
- Regelwerke in der produkttechnischen Spezifikation nicht anwendbar (Beispiel: Energieträger für Brennstoffzellen)

Anwendungsspezifisch Regelwerke  
aussuchen

Wasserstoff ist Energieträger  
(gasförmig, brennbar, ...)

=> Regelwerke sind allgemeingültig  
nicht vorhanden



Fuel cell technologies  
IEC/ DIN EN 62282 (IEC TC 105/ DKE K384)

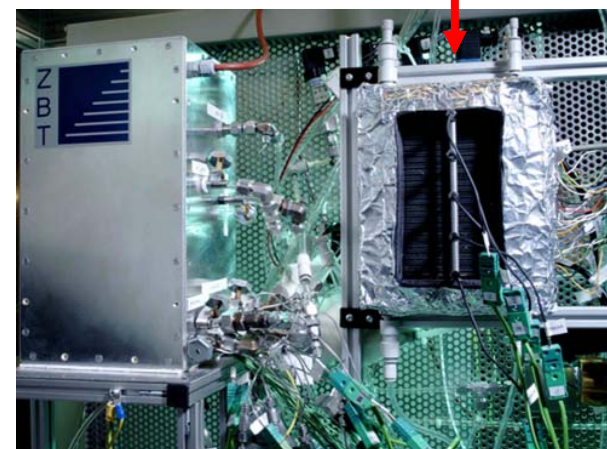
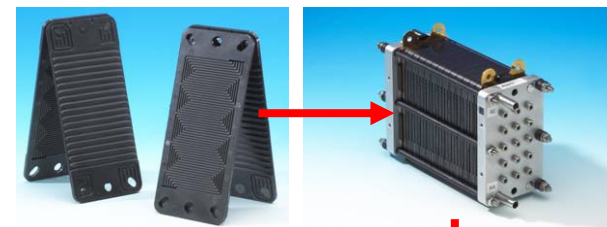
Gas Appliances  
Fuel cell gas heating appliances  
Fuel cell gas heating appliances of nominal heat input  
inferior or equal to 70 kW  
DIN EN 50465

Fuel cell road vehicles  
ISO 23273 (ISO TC 22)

Hydrogen generators using fuel processing technologies  
ISO 16110 (ISO TC 197/ WG9)

Hydrogen generators using water electrolysis process  
ISO 22734 (ISO TC 197/ WG8)

Basic considerations for the safety of hydrogen systems  
ISO/TR 15916 (ISO TC 197)



## SAE

J 1718	Measurement of Hydrogen Gas Emission from Battery-Powered Passenger Cars and Light Trucks During Battery Charging (Cancelled Nov 2008)
J 2572	Recommended Practice for Measuring Fuel Consumption and Range of Fuel Cell and Hybrid Fuel Cell Vehicles Fuelled by Compressed Gaseous Hydrogen
J 2574	Fuel Cell Vehicle Terminology
J 2578	Recommended Practice for General Fuel Cell Vehicle Safety
J 2579	Technical Information Report for Fuel Systems in Fuel Cell and Other Hydrogen Vehicle Applications
J 2579	Technical Information Report for Fuel Systems in Fuel Cell and Other Hydrogen Vehicle Applications
J 2594	Recommended Practice to Design for Recycling Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Systems
J 2600	Compressed Hydrogen Surface Vehicle Refueling Connection Devices
J 2601	Compressed Hydrogen Vehicle Fueling Connection Devices
J 2615	Testing Performance of Fuel Cell System for Automotive Applications
J 2616	Testing Performance of the Pressure Control System of An Automotive Fuel Cell System
J 2617	Recommended Practice for the Performance of PEM Fuel Cell Stack Sub-system for Automotive Applications
J 2719	Information Report for the Development of a Hydrogen Quality Guideline for Fuel Cell Vehicles
J 2721	Recommended Practice for the durability testing of Testing of PEM Fuel Cell Stacks
J 2760	Technical Information Report for Pressure Terminology Used in Fuel Cells and Other Hydrogen Vehicle Applications
J 2783	Liquid hydrogen surface vehicle refuelling connection devices
J 2799	70 MPa Compressed Hydrogen Surface Vehicle Fuelling Connection Device and Optional Vehicle to Station Communications

**Standards aus der Automobilbranche**

ISO/TC197

ISO 13984	Liquid hydrogen -- Land vehicle fuelling system interface
ISO 13985	Liquid hydrogen -- Land vehicle fuel tanks (2 parts)
ISO/TS 14687-2	Hydrogen fuel - Product specification - Part 2: Proton exchange membrane fuel cell applications for road vehicles
ISO/PAS 15594	Airport hydrogen fuelling facility operations
ISO/TS 15869	Gaseous hydrogen and hydrogen blends - Land vehicle fuel tanks. (5 parts)
ISO/TR 15916	Basic considerations for the safety of hydrogen systems
ISO 16111	Transportable gas storage devices with hydrogen absorbed in reversible metal hydride
ISO 17268	Compressed hydrogen - Land vehicle refuelling connection devices
ISO/TS/NP 20012	Gaseous hydrogen and hydrogen blends - Fuelling stations (Draft Technical Specification)
ISO/TS 20100	Gaseous hydrogen - Fuelling stations
ISO 22734-1	Hydrogen generators using water electrolysis process -- Part 1: Industrial and commercial applications
ISO 22734-2	Hydrogen generators using water electrolysis process -- Part 2: Residential applications
ISO 26142	Hydrogen detection apparatus

**Standards für Wasserstoff als technisches Gas**

ISO/TC22/SC21

ISO/TR 11954	Electric road vehicles - Fuel cell road vehicles -- Road maximum speed measurement procedure
ISO 23273-1	Fuel cell road vehicles -- Safety specifications -- Part 1: Vehicle functions
ISO 23273-2	Fuel cell road vehicles -- Safety specifications -- Part 2: Protection against hydrogen hazards for vehicles fuelled with compressed hydrogen
ISO 23273-3	Fuel cell road vehicles -- Safety specifications -- Part 3: Protection of persons against electric shock
ISO 23828	Fuel cell road vehicles - Energy consumption measurement -- Vehicles fuelled with compressed hydrogen

ISO/TC22/SC25

ISO/AWI 12619-1	Road vehicles -- Compressed gaseous Hydrogen (CGH2) and Hydrogen/methane blends fuel components -- Part 1: General requirements and definitions
ISO/AWI 12619-2	Road vehicles -- Compressed gaseous Hydrogen (CGH2) and Hydrogen/methane blends fuel components -- Part 2: Performance and general test methods
ISO/AWI 12619-3	Road vehicles -- Compressed gaseous Hydrogen (CGH2) and Hydrogen/methane blends fuel components -- Part 3: Pressure regulator

**Standards für elektrische Komponenten und sonstige Anwendungen**

ISO/CGA G-5.9-200x	Hydrogen Quality Requirements for Commercial and Fuel Cell Applications
UL 2267	Standard for Fuel Cell Power Systems for Installation in Industrial Electric Trucks
DIN EN 50465	Draft Document - Gas appliances - Fuel cell gas heating appliance - Fuel cell gas heating appliance of nominal heat input inferior or equal to 70 kW

- Transport
- Lagerung
- Betankung
  
- ***Anwendung***



## Struktur vor der EU-Regelung



### Regelwerke

(z.B. Druckbehälterverordnung, UVV ) enthielten

sowohl

### Anforderungen an Ausrüstungsteile und Geräte

(Beschaffungsanforderungen)

als auch

### Anforderungen an den Betrieb der Anlagen

*Früher*

## Änderung durch den EWG-Vertrag



*Heute*

### Hersteller

Freier Warenverkehr  
Artikel 95

Anforderungen der EU  
durch Richtlinien festgelegt!  
- Maschinen-Richtlinie  
- EMV-Richtlinie  
- Druckgeräte-Richtlinie usw.

Nationale Abweichungen  
NICHT erlaubt!

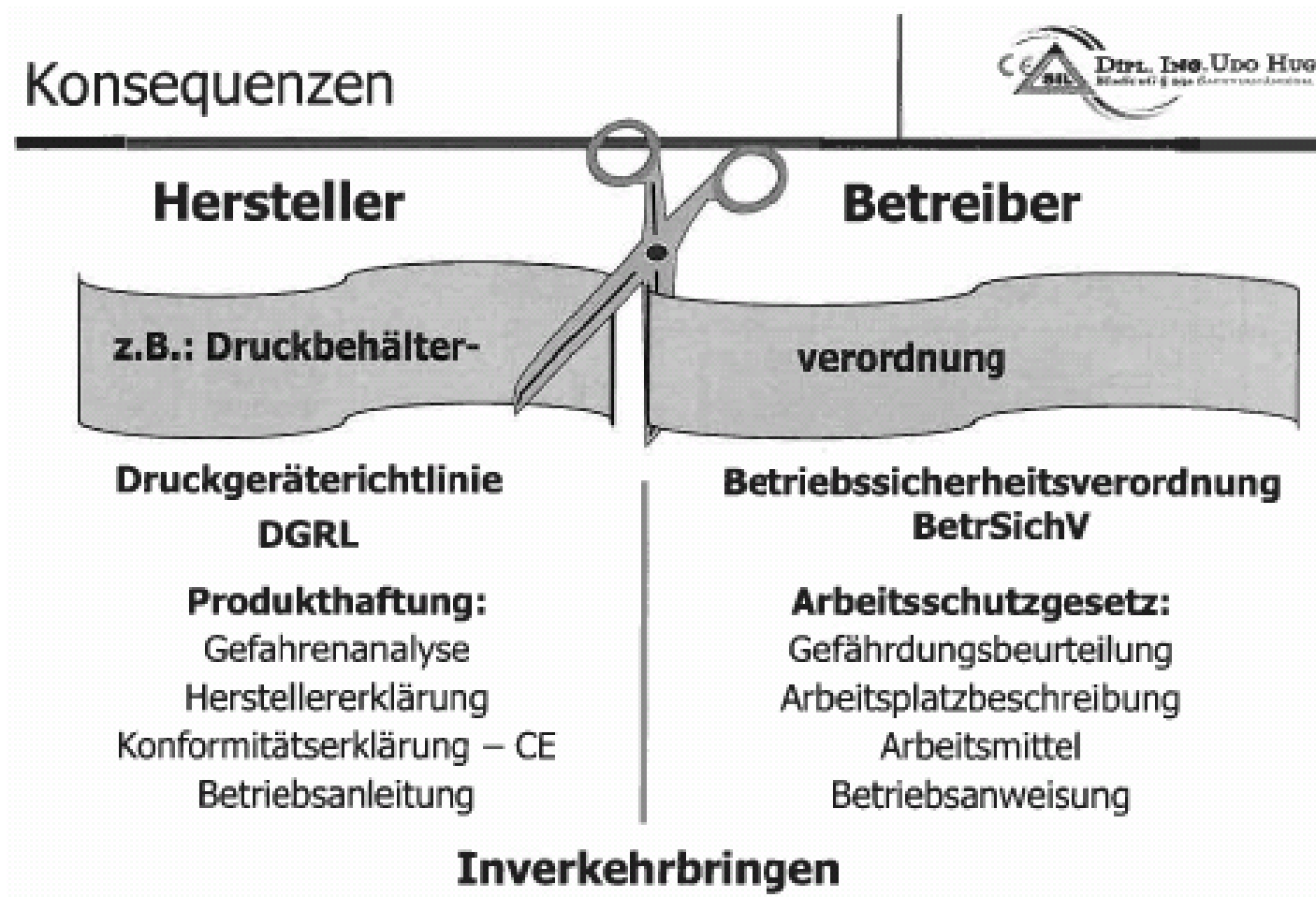
### Betreiber

Sicherheit u. Gesundheits-  
schutz bei der Arbeit  
Artikel 137

Mindest-Anforderungen der  
EU durch  
Richtlinien festgelegt!

Geltungsbereich der nationalen  
Bestimmungen.  
Zusätzliche nationale  
Abweichungen erlaubt!





Normungsbedarf muss mindestens auf europäischer Ebene ansetzen

Normungsbedarf entsteht in absehbarer Zeit vor allem durch seine Einführung als Treibstoff in den Verkehr (Zulassungsvorschriften). Außerdem werden allgemein verstärkt Druckbehälter aus faserverstärktem Kunststoff oder anderen neuen Werkstoffen eingesetzt werden. Hier treten andere Sicherheitsfragen auf als bei der herkömmlichen Gasflasche aus Stahl oder Aluminium (Quelle DWV)

Aufklärung und Diskussionen um Sicherheit von Wasserstoff sind zu führen

- Marktakzeptanz nur über transparente Sicherheit erreichbar (eindeutige Prüfverfahren und neutrale Prüflabore)
- Grenzwerte und Prüfanweisungen sind allgemeingültig erforderlich (bspw. Grenzwerte für Dichtigkeit von Komponenten)
- Regelwerke sind bisher immer anwendungsorientiert, erforderlich wären produktorientierte Regelwerke (für Wasserstoff als Energieträger)

## Notwendige Sicherheitsstrategien:

Analogiebetrachtungen

(bspw. aus Sicherheitsdatenblättern auf die Zustandsgrößen der jeweiligen Anwendung)

## Standardisierungsprozesse:

Für alle Schnittstellen erforderlich

(Druckniveau, Reinheit, Leitungsquerschnitt, Dichtungsmaterial

=> spezifische Anschlusskupplung)

Entwicklung eines Qualitätssiegels für  
Wasserstoff-Eignung von Komponenten  
unter sicherheitstechnischen  
Gesichtspunkten

- Am ZBT existiert ein **Prüflabor für Brennstoffzellen und Komponenten** in dem nach IEC/ DIN EN 62282-2 (Module) geprüft wird. Die Auditierung ist erfolgt, die Akkreditierung ist **beantragt**.



- Mit einer benannten Stelle gemeinsam wird die **Zertifizierung von Brennstoffzellen** und Komponenten vorangetrieben.
- Die Norm IEC/ DIN EN 62282 -2 stellt eine **gute Grundlage** dar, da alle anderen Normen der 62282-Reihe sich auf die Module-Norm beziehen.
- Es werden **Herstellerangaben überprüft**, die für die Systembauer notwendig sind.

Im **Prüflabor BrennstoffzellenTechnik** können folgende Prüfungen durchgeführt werden:

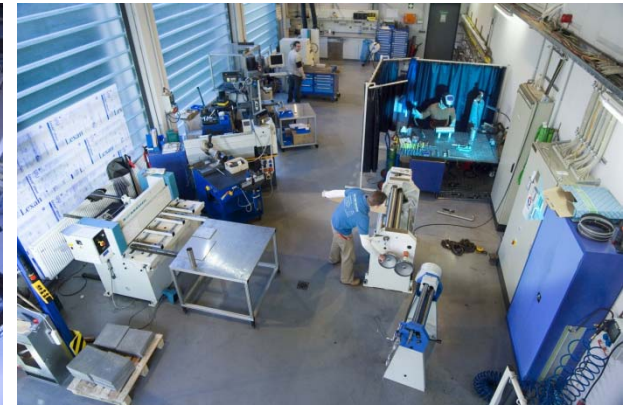
- **Gasleckageprüfung**
- **Prüfung des Normalbetriebs**
- **Prüfung des zulässigen Betriebsdrucks**
- **Prüfung des Kühlsystems**
- **Elektrische Überlastprüfung**
- **Überdruckprüfung**
- **Isolationsprüfung**
- **Differenzialdruckprüfung**
- **Prüfung von abnormalen Bedingungen**



The existing building



The main laboratory



The mechanical workshop

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH  
Carl-Benz-Straße 201  
47057 Duisburg  
Germany

Fon: +49-203-7598 0  
Fax: +49-203-7598 2222  
[www.zbt-duisburg.de](http://www.zbt-duisburg.de)  
[info@zbt-duisburg.de](mailto:info@zbt-duisburg.de)



Project supported by the European Funds for  
Regional Development and the Region of North  
Rhine-Westphalia, Germany



Test and application centre