



# Wasserstoffspeicherung im KFZ

# Inhalt

## ■ **Einleitung**

- Warum Wasserstoffspeicherung?
- Speicherungsarten

## ■ **Hauptteil**

- Speicherungsarten

1. *Druckwasserstoffspeicherung*
2. *Flüssigwasserstoffspeicherung*
3. *Metallhydridspeicher*
4. *Flüssighydridtank & Grafitnanofasertank*
5. + *Sicherheitsaspekte*

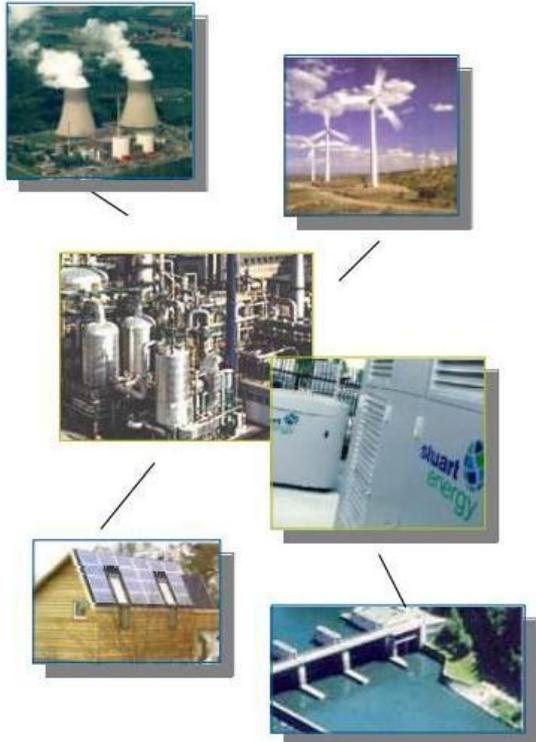
- Vergleich der Speicherungsarten

## ■ **Schluss**

- persönliche Stellungnahme
- Ausblick

# Warum Wasserstoffspeicherung?

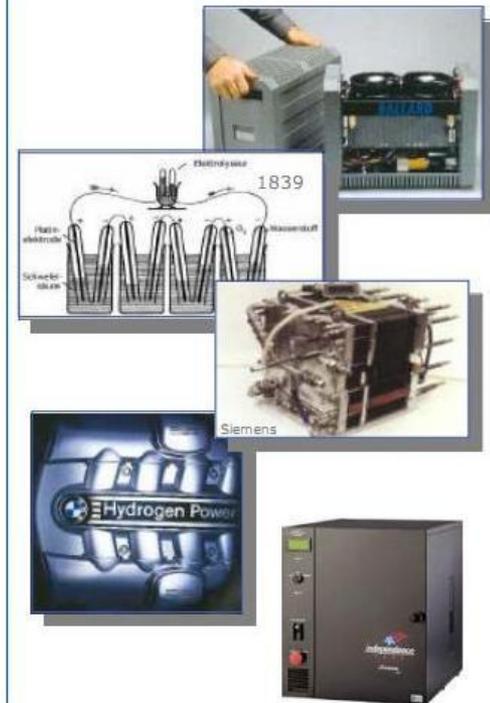
## H<sub>2</sub>-Gewinnung



## H<sub>2</sub>-Speicherung



## H<sub>2</sub>-"Verbrennung"



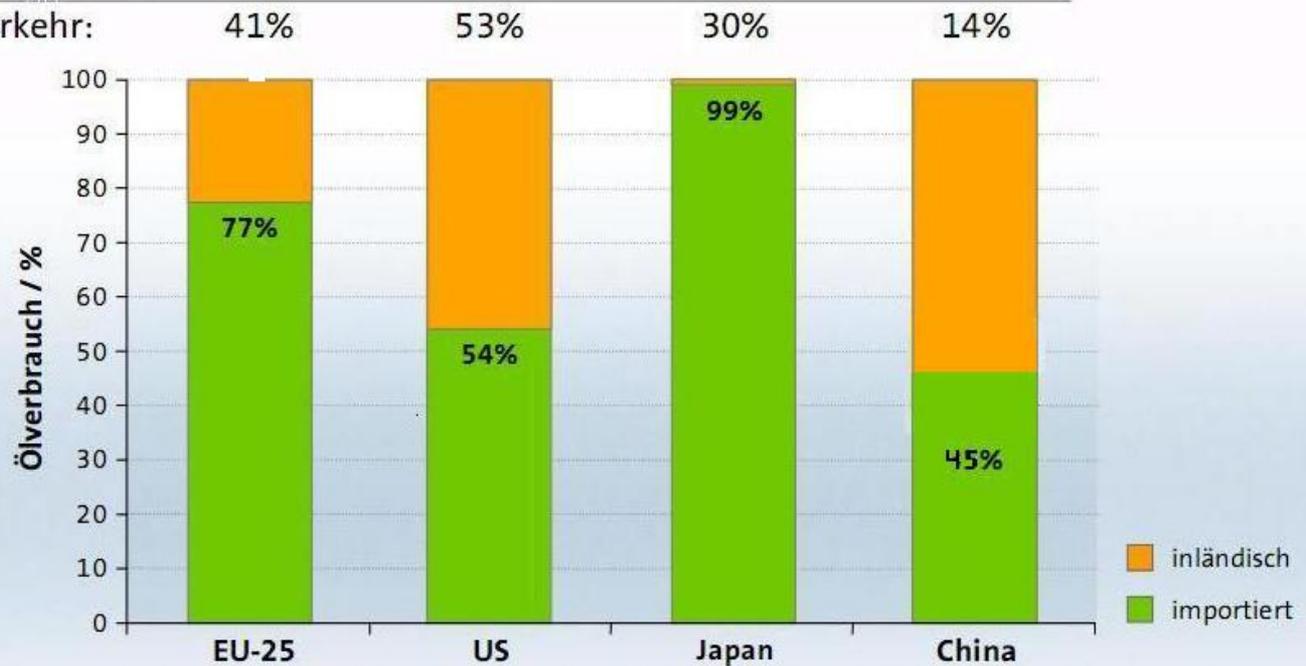
# Alternative Antriebsenergie



# Abhängigkeit von Ölimporten

## Ölverbrauch

Anteil Straßenverkehr:



Etwa 98% der Energie im Verkehrssektor basiert auf Öl

Quellen: EU Energy and Transport-statistical pocketbook (EU), GM-GMIA (U.S., Japan), <http://english.peopledaily.com.cn> (China)

# Speicherungsarten

Gebräuchliche Methoden der Speicherung und Lagerung:

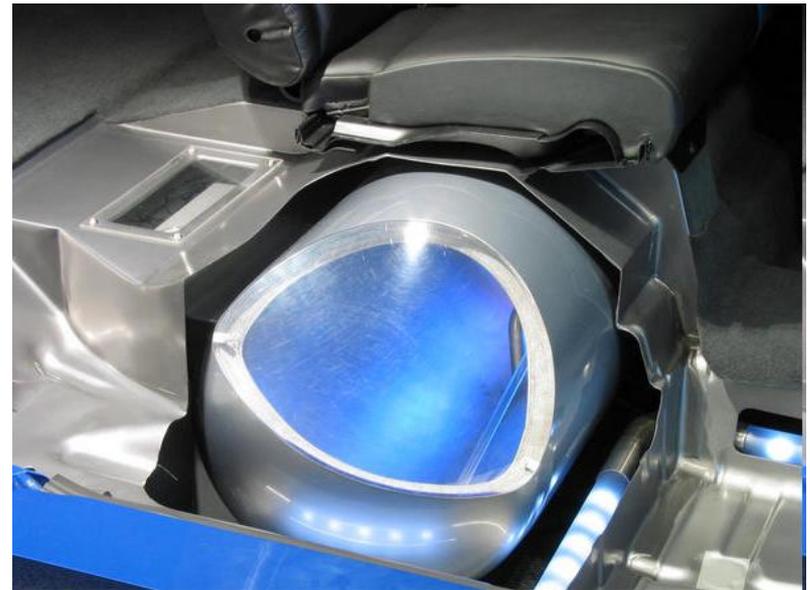
- Druckgasspeicherung (Speicherung in Druckbehältern durch Verdichten mit Kompressoren)
- Flüssiggasspeicherung (Speicherung in verflüssigter Form durch Kühlung und Verdichten)

Eine spezielle Form der Speicherung von Wasserstoff ist der

- Metallhydridspeicher

# Flüssigwasserstoffspeicherung

- Abkühlung auf „-253C°“
- 700 bar Druck
- hohe Energiedichte
- 4,6kg H<sub>2</sub>



## Flüssigwasserstofftank



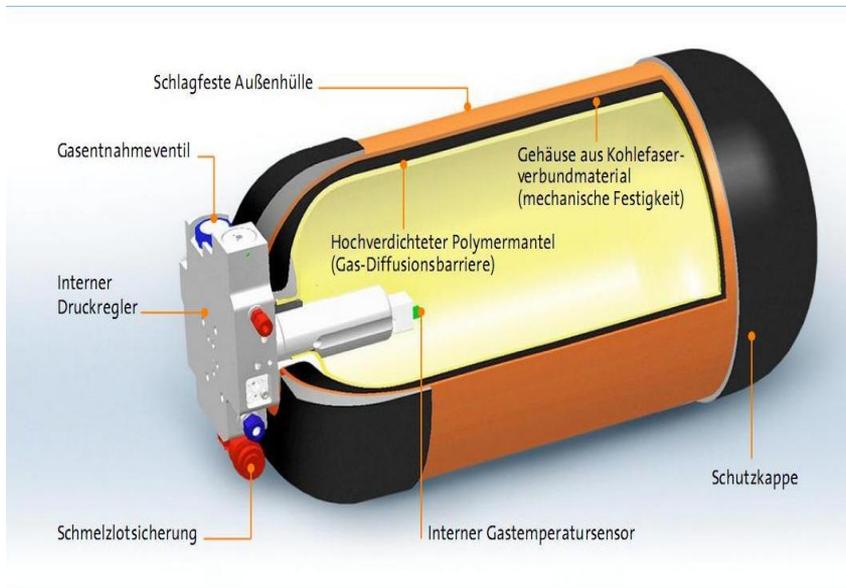
- Wasserstoff wird im inneren Tank gelagert
- Innerer Tank befindet sich in einem Vakuum
- Äußerer Tank dient zum Schutz
- 4.6 kg für rund 400 km Reichweite

## Sicherheitsaspekte bei Flüssigwasserstoff

- Tank übersteht Brände von 1000 C°
- Wasserstoff entweicht über Ventile
- übersteht Verformungen
- besteht Frontal,-Seiten und -Heckcrashes



# Druckgasspeicherung



- nur 3,4 kg Wasserstoff
- geringe Energiedichte
- 700 bar Druck

# Druckgaswasserstofftank

- zylindrische Bauform
- besteht aus mehreren Schichten
- weitverbreitete und einfache Art der Wasserstofflagerung



## Sicherheitsaspekte bei Druckgas

- gasförmiger Wasserstoff ... sicherheitstechnisch gefährlichste Form
- Wasserstoffgas entweicht und sammelt sich nicht um das Fahrzeug
- Wasserstoffsensoren schließen alle Ventile bei H-Austritt



## Metallhydridspeicherung



- Speicherung in fester Form durch chemische Bindung an das entsprechende Metall
- durch Wärmezufuhr in gasförmigen Zustand versetzbar
- kaum Druck nötig

# Metallhydridtank

- Frei wählbare Form
- Hoher Sicherheitsstandard
- 200kg schwere Tanks



## Sicherheitsaspekte Metallhydrid-Speicher

- sehr hoher Sicherheitsstandard
- chem. Bindung mit dem Metall (kein Austritt von H möglich)
- erst bei Zuführung von Wärme löst sich das Gas vom Metallhydrid
- Im Falle eines Feuers entweicht der Wasserstoff über Sicherheitsventile und brennt kontrolliert ab

## Flüssighydridtank & Grafitnanofasertank

- H<sub>2</sub>-Speicherung in chem. Verbindung (z.B. Methanol)
- Geringer Aufwand bei Umrüstung
- derzeitiges Tankstellenetz weiter nutzbar

aber

- Kohlenmonoxid –dioxid und Stickstoff freigesetzt
- bei reinem Wasserstoff entstehen solche Stoffe nicht

- Wasserstofftank von 25 Litern und 87 kg, mit einer Reichweite von 8000 km
- Speicherung nur vier- bis fünfmal möglich
- Speicherung dauert zwischen 4 und 24 Stunden

# Vergleich der Speicherungsarten

| Speicherungsart         | Vorteil  | Nachteil   |
|-------------------------|--|--|
| Flüssigwasserstofftank  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung des Gewichts aufgrund einer Bauweise aus Karbonfasern</li> <li>• Karbonfasern übertragen Wärme schlechter als Metall (Entweichung des Wasserstoffes verringert)</li> <li>• freie Formbarkeit des Tanks</li> <li>• günstigeres Masse-Volumenverhältnis</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verflüchtigung bei Aufwärmung</li> <li>• Tank + alle anderen Teile müssen extrem gut isoliert werden, aufgrund der Tankkühlung (-253 C°)</li> <li>• Verflüssigung ist energieintensiv</li> </ul>                                |
| Druckgaswasserstofftank | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Am weitesten verbreitete und einfachste Art Wasserstoff zu lagern</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck für eine ausreichende Energiedichte reicht nicht aus</li> <li>• Für eine höhere Energiedichte müssten statt 700 bar, 1250 bar verwendet werden</li> <li>• hoher Raumbedarf, daher groß und schwer</li> </ul>              |
| Metallhydridspeicher    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Speicherdichte pro Volumen / kompakt</li> <li>• Niedriger („frei wählbarer“) Speicherdruck</li> <li>• Niedriger Befülldruck (z.B. direkte Beladung aus Elektrolyse möglich)</li> <li>• Potential für flexibles Tank Design</li> <li>• Betankungsdauer über 1h</li> <li>• hohes Gewicht (200 kg)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringe gravimetrische Speicherdichte mit derzeit verfügbaren Materialien und Technologien</li> <li>• hohe Gasentnahmeraten erfordern effektive System-Integration mit heutigen Speichermaterialien z.T. hohe Kosten</li> </ul> |

## Speicherung von Flüssig und -Druckwasserstoff

HydroGen3 liquid



- Kraftstoff: 4,6 kg LH<sub>2</sub>
- Reichweite : 400 km

HydroGen3 compressed 700



- Kraftstoff: 3,1 kg CGH<sub>2</sub> bei 700 bar
- Reichweite : 270 km

# Betankungsvorgang mit Wasserstoff



A large black left square bracket is on the left, and a large gold right square bracket is on the right. A horizontal line with a gold-to-white gradient runs across the page, starting from the left bracket and ending at the right bracket. The word "Quellen" is centered between the brackets, above the line.

## Quellen

- Brockhaus 2007
- wikipedia.de
- opel.de
- HERA
- Google.de (Stichwort: Wasserstoffspeicherung)