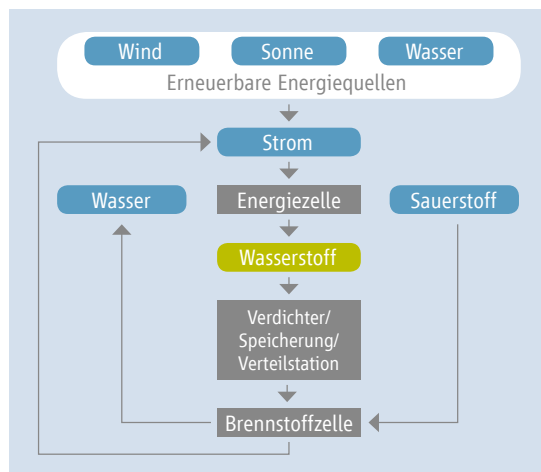




## Einleitung

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen ist Wasserstoff unverzichtbar geworden. Dieser neue „Energieträger“ ist insbesondere als Teil eines regenerativen Kreislaufs wichtig, der mit folgendem Bild dargestellt werden kann:



## Charakterisierung von Wasserstoff

- Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ist das kleinste existierende Molekül
- Unter Normalbedingungen ist es ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas
- Wasserstoff ist das leichteste Gas, steigt schnell auf, ist extrem entzündbar und bildet mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre
- Die beinahe unsichtbare Flamme ist sehr heiß (2045 °C)

### Kenndaten Wasserstoff

Explosionsgrenzen	4–75 Vol.-%
Mindestzündenergie	0,02 mJ
Zündtemperatur	585 °C
Relative Dichte (bezogen auf Luft)	0,07
Einstufung nach ISO/IEC DIS 80079-20-1 für Gase und Dämpfe	II C

## Wasserstoffherstellung

- Keine direkt verwertbaren natürlichen Ressourcen
- Zwei Hauptmethoden zur Herstellung: Wasserelektrolyse oder Methanreformierung

## Speicherung

Wasserstoff wird hauptsächlich in drei Formen gespeichert:

- als Gas unter Druck (200–900 bar)
- tiefkalt verflüssigt (–253 °C); d. h. 1 Liter flüssiger Wasserstoff ergibt bei 15 °C und 1013 mbar 844 Liter Gas
- als Feststoff (Metallhydride, die extrem stark mit Wasser reagieren und in der Luft selbstentzündlich sind)

## Hauptrisiken

- Durch den Wasserstoff: Brand/Explosion, Materialunverträglichkeit
- In der Anwendung: Druck, Kälte, elektrischer Strom

## Wichtigste Präventions- und Schutzmaßnahmen beim Einsatz von Wasserstoff

### Technische Maßnahmen

- Alle Systemteile aus wasserstoffbeständigen Materialien
- Leitungsnetz vor Druckstößen und Erschütterungen geschützt, Anschlüsselemente im Leitungsnetz möglichst geschweißt
- Erdung der Anlage
- Permanente Lüftung
- Gaswarneinrichtungen (Luftüberwachung, Detektion von Leckagen ...) gekoppelt mit Schaltfunktionen (10 % UEG: Anlage gestoppt; 25 % UEG: Sicherung und Spülung der Anlage, Evakuierung)
- System zur Spülung und Stickstoff-Inertisierung des Leitungsnetzes



- Brandbekämpfungssysteme (manuelle oder automatische): Feuerlöschgeräte, Feuerlöschschläuche, Wasservorhänge ...
- Zentrale NOT-AUS-Einrichtung (leicht und von einem sicheren Platz erreichbar)

#### Bauliche Maßnahmen

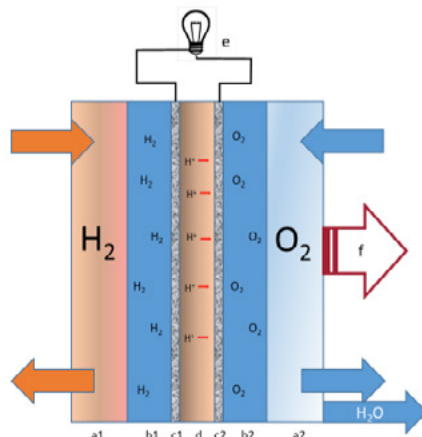
- Spezielle, räumlich getrennte Bereiche, um Wasserstoffansammlungen zu vermeiden: Öffnungen im Deckenbereich
- Aufstellung von Druckspeichern im Freien

#### Organisatorische Maßnahmen

- Kennzeichnung (Anlage, Leitungen ...) und Sicherheitszeichen
- Ex-Zonen
- Arbeiten an der Anlage
  - (1) Freigabeverfahren mit Freimessen
  - (2) Stoff- und Energieströme trennen und sichern, z. B. LOTO (Lockout/Tagout)
  - (3) Regelungen für Heißenarbeiten
- Schulung der Beschäftigten

### Brennstoffzellen

Brennstoffzellen, insbesondere Wasserstoffzellen, werden oft als eine interessante alternative Stromproduktionsmethode präsentiert. Deren Anwendungen werden immer zahlreicher, mit steigender Marktpräsenz, z. B. als vorübergehende Lösung oder als permanente Energieversorgungsquelle bei Gabelstaplern, Fahrzeugen, Heizungsanlagen etc. Auch konventionelle Kraftwerke wollen künftig Wasserstoff zur Speicherung von Energie verwenden.



- a1, a2 Gaszuführung
- b1, b2 Diffusionsbereich
- c1 Anode
- d Protonenaustauschmembran
- c2 Kathode
- e elektrischer Verbraucher
- f Wärmentswicklung

### Wie funktioniert das?

Brennstoffzellen bestehen aus zwei Elektroden, von denen eine mit Wasserstoff ( $H_2$ ), die andere mit (Luft)-Sauerstoff ( $O_2$ ) in Kontakt steht. Die elektrochemische Reaktion produziert Wasser, Wärme und Strom.

### Zusätzliche Präventions- und Schutzmaßnahmen in den verschiedenen Prozessstufen

#### Elektrizitätswerk (Produktion und/oder Speichern) und Stromnetz

- In ausreichender Entfernung zur Verteilstation
- Brandschutz bei umliegenden Bauteilen oder Anlagen

#### Verteilstation

- In ausreichender Entfernung zum Elektrizitätswerk
- Beim Füllvorgang: Stellteile mit selbsttätiger Rückstellung
- Leitungsnetz (zwischen Speicherungs- und Verteilstation) nach dem Füllvorgang mit Stickstoff spülen
- NOT-AUS-Einrichtung (von einem sicheren Platz erreichbar)

#### Brennstoffzelle (am Fahrzeug, etc.)

- Tank vor Druckstößen und Erschütterungen schützen
- Eine explosionsfähige Atmosphäre wird jedes Mal gebildet, wenn Wasser von der Zellmembran mit Wasserstoff entfernt wird (dies erfolgt insbesondere bei der PEMFC-Technologie); vor allem sollte auf eine sichere Position des Wasserableitungsventils geachtet werden
- Überwachung (Druck, Temperatur, Wasserstand ...)

### Weiterführende Literatur

Hinweise auf den sicheren Umgang mit Wasserstoff sind z. B. auf folgenden Websites zu finden:

- » [www.bam.de](http://www.bam.de)
- » [www.bgrci.de](http://www.bgrci.de)
- » [www.dguv.de](http://www.dguv.de)
- » [www.gischem.de](http://www.gischem.de)

#### Herausgeber:

IVSS Sektion Chemie  
Kurfürsten-Anlage 62  
69115 Heidelberg

IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit  
Dynamostraße 7–11  
68165 Mannheim

