

Wasserstoff

Michael Eingartner

Gerd Eisenbeiß

Martin Fuchs

TEIL X der Reihe

REGENERATIVE ENERGIEN

1. Einleitung	1
2. Wasserstoff als Energieträger	4
3. Sicherheit von Wasserstoff	7
4. Gewinnung von Wasserstoff	11
4.1 Elektrolyse	11
4.1.1 Klassischer alkalischer Wasserelektrolyseur	12
4.1.2.1 Fortgeschrittener alkalischer Wasserelektrolyseur	19
4.1.2.2 Membranelektrolyse oder Solid-Polymer-Elektrolyt (SPE)-Wasserelektrolyse	22
4.1.3 Hochtemperaturdampfelektrolyse ("Hot Elly")	25
4.1.4 Weiterentwicklung der fortgeschrittenen Elektrolyseure	27
4.2 Weitere Verfahren der Wasserstoffgewinnung	28
4.2.1 Photoelektrochemische Wasserspaltung oder Photoelektrolyse	28
4.2.2 Photochemische Wasserstofferzeugung	30
4.2.3 Photobiologische Wasserstofferzeugung	31
5. Speicherung von Wasserstoff	32
5.1 Druckgasspeicherung	32
5.1.1 Übertage-Druckgasspeicher	33
5.1.2 Untertage-Druckgasspeicher	35
5.2 Kryogene Speicher	35
5.3 Metallhydridspeicher	37

6.	Wasserstoffanwendung im Verkehr	38
6.1	Straßenfahrzeuge	38
6.1.1	Fahrzeugantrieb mit Verbrennungskraftmaschinen	40
6.1.2	Fahrzeugantrieb mit Brennstoffzellen und Elektromotoren	44
6.2	Luft- und Raumfahrt	45
7.	Wasserstoffanwendung zur Stromerzeugung	49
7.1	Brennstoffzellen	49
7.1.1	Brennstoffzellen mit alkalischen Elektrolyten (AFC)	52
7.1.2	Brennstoffzellen mit protonenleitenden Membranen als Elektrolyt (PMFC)	56
7.1.3	Brennstoffzellen mit phosphorsaurem Elektrolyten (PAFC)	58
7.1.4	Brennstoffzellen mit Alkalikarbonat - Schmelzelektrolyte (MCFC)	63
7.1.5	Oxidkeramische Brennstoffzellen (SOFC)	66
7.2	Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger	67
7.3	Wasserstoff-Gasturbinen	70
8.	Wasserstoffanwendung zur Wärmeerzeugung	71
8.1	Wasserstoff/Luft-Brenner	71
8.2	Katalytische Heizer	72
9.	Solarer Wasserstoff	76
9.1	Grundsätzliche Überlegungen	76
9.2	Pilotprojekte der Solar-Wasserstoff-Technik	81
10.	Zusammenfassung	87
11.	Literaturverzeichnis	88