

Inhaltsverzeichnis

1	Chemisches Element Wasserstoff	1
1.1	Charakteristika des Wasserstoffs	1
1.2	Herstellungsverfahren	2
1.2.1	Elektrolysemethoden	2
1.2.2	Thermochemische Kreisprozesse	34
1.2.3	Offene thermochemische Methoden zur Wasserstofferzeugung	38
1.2.4	Dampfreformierung	39
1.2.5	Kværner-Verfahren	46
1.2.6	Ammoniak-Synthese	46
1.3	Wasserstoffspeicherung in Feststoffen	49
1.3.1	Physisorption in porösen Materialien	49
1.3.2	Wasserstoffspeicherung in Metallhydriden	65
1.4	Verflüssigung von Wasserstoff	76
1.4.1	Ortho-Para-Umwandlung	76
2	Großflächige nachhaltige Energieerzeugung zur Produktion des Energieträgers Wasserstoffs	83
2.1	Solarenergie	83
2.2	Solarthermie	83
2.2.1	Solarturmkraftwerke	84
2.2.2	Solarfarmkraftwerke	86
2.3	Photovoltaik	89
2.3.1	Perspektiven	89
2.3.2	Energieertrag einer Photovoltaikanlage	91
2.3.3	Verschmutzung und Reinigung	92
2.3.4	Erntefaktor	93
2.4	Windenergie	95
2.4.1	Konzeption von Windkraftanlagen	97
2.5	Stromgestehungskosten	100
2.6	Stromtransport	102

2.6.1	Hochspannungsgleichstromkabel	102
2.6.2	Vor- und Nachteile der Hochspannungs-Gleichstromübertragung	104
2.6.3	Supraleitende Kabel	107
2.7	Wasserstofferzeugung durch Hochtemperaturkernreaktoren	113
3	Wasserstoffspeicher und ihre Anwendung	119
3.1	Überblick	119
3.1.1	Energieversorgung mit Wasserstoff	121
3.1.2	Wie sicher ist die Nutzung von Wasserstoff?	122
3.2	Speichertechnologien für Wasserstoff	125
3.2.1	Gasförmige Wasserstoffspeicherung (GH ₂)	128
3.2.2	Flüssige Wasserstoffspeicherung (LH ₂)	130
3.2.3	Wasserstoffspeicherung in Metallhydriden und Metal-Organic Frameworks (MOFs)	131
3.2.4	Wasserstoffspeicherung mittels Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)	132
3.2.5	Chemisch gebundener Wasserstoff	132
3.2.6	Glasspeicher	134
3.2.7	Nanotubes	134
3.3	Einsatz von Wasserstoffspeichern	135
3.3.1	Wasserstoffspeicher für gasförmigen Wasserstoff	136
3.3.2	Wasserstoffspeicher für flüssigen Wasserstoff	142
3.3.3	Wasserstoffspeicher auf Basis von flüssigen Trägerstoffen (LOHC)	142
3.4	Märkte für Wasserstoffspeicher	143
3.5	Die Bedeutung von Wasserstoff im Energiesystem	146
3.5.1	Speichersystem Power-To-Gas	148
3.5.2	Power-To-Gas als Element der elektrischen Energieversorgung	150
3.5.3	Das Verfahren Power-to-Gas als Produkt	154
3.6	Technische Systeme zur Wasserstoffnutzung in einem Energiesystem ...	157
3.6.1	Systemkomponenten eines wasserstoffbasierten Energiesystems	158
3.6.2	Die Wasserstofferzeugungssysteme	159
3.6.3	Anforderungen an Elektrolyseanlagen	163
3.6.4	Wasserstoffspeicherung	166
3.7	Wasserstoff als Energieträger für kleine Siedlungen	167
3.7.1	Das Szenario als Planungsgrundlage	170
3.7.2	Die Gebietsanalyse	172
3.7.3	Funktionselemente einer Wasserstoffversorgung	173
3.7.4	Dynamische Energiespeicher zur Versorgungsglättung	179
3.7.5	Funktionseinheit Speichersystem POP	180

3.7.6	Funktionseinheit Virtuelle Pipeline	181
3.7.7	Disposition der Energieversorgung	183
3.7.8	Simulation von kleinen Wohnsiedlungen	187
4	Wasserstoffnutzung in Gebäuden	197
4.1	Gebäudeausführung	199
4.1.1	Behaglichkeitskriterium Temperatur und Feuchtigkeit	200
4.2	Solarenergienutzung durch optimale Gebäudegestaltung	201
4.3	Wärmespeichersysteme	202
4.4	Wasserstoffnutzung und -speicherung	202
5	Kritische Betrachtung der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Nutzung des Energieträgers Wasserstoff	205