

# INHALT

|             |                                   |    |
|-------------|-----------------------------------|----|
| 1           | Einleitung.....                   | 14 |
| 2           | Heutige Energieversorgung.....    | 18 |
| .... 2.1    | Energiebedarf.....                | 20 |
| .... 2.2    | Heutige Energiequellen.....       | 23 |
| ..... 2.2.1 | Primärenergieverbrauch.....       | 23 |
| ..... 2.2.2 | Stromverbrauch.....               | 25 |
| .... 2.3    | Zeitliche Verfügbarkeit.....      | 30 |
| .... 2.4    | Umweltbelastung.....              | 35 |
| ..... 2.4.1 | Limitierte Emissionen.....        | 38 |
| ..... 2.4.2 | Nichtlimitierte Emissionen.....   | 39 |
| ..... 2.4.3 | CO <sub>2</sub> -Problematik..... | 39 |
| ..... 2.4.4 | Wasserdampfbildung.....           | 42 |
| .... 2.5    | Atomenergie.....                  | 45 |
| .... 2.6    | Lastmanagement.....               | 46 |
| .... 2.7    | Entwicklung im Energiesektor..... | 50 |
| ..... 2.7.1 | Wirtschaft.....                   | 50 |
| ..... 2.7.2 | Technik.....                      | 52 |
| ..... 2.7.3 | Thermodynamik.....                | 52 |
| .... 2.8    | Solare Wasserstoffwirtschaft..... | 56 |
| ..... 2.8.1 | Desertec.....                     | 57 |
| ..... 2.8.2 | Neunburg vorm Wald.....           | 59 |
| ..... 2.8.3 | Phoebus.....                      | 60 |
| ..... 2.8.4 | Insellösung Utsira.....           | 61 |
| ..... 2.8.5 | Island.....                       | 62 |
| 3           | Wasserstoff.....                  | 64 |
| .... 3.1    | Eigenschaften.....                | 64 |
| .... 3.2    | Knallgas.....                     | 67 |

|  |           |
|--|-----------|
| .... 3.3 H <sub>2</sub> -Konfiguration ..... | 68        |
| .... 3.4 Materialwechselwirkungen .....      | 68        |
| .... 3.5 Stadtgas .....                      | 70        |
| .... 3.6 Kernreaktoren .....                 | 70        |
| <b>4 Herstellung .....</b>                   | <b>73</b> |
| .... 4.1 Elektrolyse .....                   | 73        |
| .... 4.2 Dampfreformer .....                 | 76        |
| .... 4.3 Partielle Oxidation .....           | 79        |
| .... 4.4 Autothermer Reformier .....         | 80        |
| .... 4.5 Kvaerner-Verfahren .....            | 80        |
| .... 4.6 Vergasung .....                     | 81        |
| .... 4.7 Biochemische Herstellung .....      | 82        |
| .... 4.8 Chemische Industrie .....           | 84        |
| .... 4.9 Methanhydrat .....                  | 85        |
| .... 4.10 Dissoziation .....                 | 86        |
| .... 4.11 Herstellungskosten .....           | 86        |
| <b>5 Reinigung .....</b>                     | <b>89</b> |
| <b>6 Verflüssigung .....</b>                 | <b>92</b> |
| <b>7 Speicherung .....</b>                   | <b>94</b> |
| .... 7.1 Druckbehälter .....                 | 95        |
| .....7.1.1 Niederdrucktank .....             | 95        |
| .....7.1.2 Hochdrucktank .....               | 97        |
| .... 7.2 Kryogenbehälter .....               | 98        |
| .... 7.3 Metallhydrid .....                  | 102       |
| .... 7.4 Nanoröhrchen .....                  | 107       |
| .... 7.5 Carbazol .....                      | 108       |
| .... 7.6 MTH-Speicher .....                  | 111       |
| .... 7.7 Unterirdische Kavernen .....        | 111       |
| .... 7.8 Methanisierung .....                | 113       |

---

|  |     |
|--|-----|
| 8 Transport.....                         | 116 |
| .... 8.1 Gastransport.....               | 116 |
| .... 8.2 Flüssigtransport.....           | 117 |
| .... 8.3 Pipeline.....                   | 118 |
| .... 8.4 Leitungen & Ventile.....        | 119 |
| 9 Infrastruktur.....                     | 121 |
| .... 9.1 Tankstellen.....                | 121 |
| .... 9.2 GH <sub>2</sub> -Betankung..... | 127 |
| .... 9.3 LH <sub>2</sub> -Betankung..... | 129 |
| 10 Sicherheit.....                       | 132 |
| .... 10.1 Vorsichtsmaßnahmen.....        | 132 |
| .... 10.2 Unfallgefahren.....            | 136 |
| .....10.2.1 Lkw-Unfall.....              | 136 |
| .....10.2.2 Pkw-Brand.....               | 137 |
| .....10.2.3 Lachenbildung.....           | 138 |
| 11 Brennstoffzelle.....                  | 140 |
| .... 11.1 Funktionsweise.....            | 142 |
| .... 11.2 Hohe Effizienz.....            | 148 |
| .... 11.3 Verschiedene Typen.....        | 150 |
| .....11.3.1 AFC.....                     | 150 |
| .....11.3.2 DMFC.....                    | 152 |
| .....11.3.3 PEM-FC.....                  | 153 |
| .....11.3.4 PAFC.....                    | 156 |
| .....11.3.5 MCFC.....                    | 156 |
| .....11.3.6 SOFC.....                    | 158 |
| .....11.3.7 SAFC.....                    | 159 |
| .....11.3.8 Mikrobielle BZ.....          | 160 |
| .... 11.4 Brennstoffe.....               | 161 |
| .....11.4.1 Erdgas.....                  | 161 |
| .....11.4.2 Flüssiggas.....              | 162 |

|  |     |
|--|-----|
| .....11.4.3 Biogas.....                              | 163 |
| .....11.4.4 Methanol.....                            | 164 |
| .... 11.5 Kosten.....                                | 167 |
| .... 11.6 Vor- & Nachteile.....                      | 168 |
| <br>   |     |
| 12 Einsatzgebiete.....                               | 170 |
| .... 12.1 Mikro und Mini.....                        | 170 |
| .... 12.2 Portable Einheiten.....                    | 171 |
| .... 12.3 Unterbrechungsfreie Stromversorgung.....   | 172 |
| .... 12.4 Hausenergieversorgung.....                 | 173 |
| .... 12.5 Kraftwerksbetrieb.....                     | 175 |
| .... 12.6 Fahrzeuge.....                             | 178 |
| .....12.6.1 Pkw.....                                 | 179 |
| .....12.6.2 Busse.....                               | 182 |
| .... 12.7 Luftfahrt.....                             | 185 |
| .... 12.8 Raumfahrt.....                             | 186 |
| .... 12.9 Schifffahrt.....                           | 187 |
| <br>   |     |
| 13 Wasserstoffmotor.....                             | 189 |
| .... 13.1 Gemischbildung.....                        | 189 |
| .... 13.2 Umweltbilanz.....                          | 194 |
| .... 13.3 Autos mit H <sub>2</sub> -Motor.....       | 195 |
| <br>   |     |
| 14 Katalytischer Brenner.....                        | 197 |
| <br>   |     |
| 15 Fazit.....  | 198 |
| <br>   |     |
| 16 Anhang.....                                       | 208 |
| .... 16.1 Abkürzungen.....                           | 208 |
| .... 16.2 Geschichte.....                            | 211 |
| .... 16.3 Kennwerttabelle.....                       | 216 |
| .... 16.4 LH <sub>2</sub> -Sicherheitsmaßnahmen..... | 218 |

---

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Literatur.....       | 220 |
| Index.....           | 230 |
| Autor.....           | 234 |
| Verlagsprogramm..... | 235 |