

Inhalt

Vorwort	9
1 Einleitung	11
2 Das Element Wasserstoff	13
3 Die frühe Geschichte	15
4 Die Technik 1	33
4.1 Gewinnung	33
4.1.1 Schwarzer und brauner Wasserstoff	34
4.1.2 Grauer Wasserstoff	36
4.1.3 Blauer Wasserstoff	37
4.1.4 Türkiser Wasserstoff	39
4.1.5 Grüner Wasserstoff	40
4.1.5.1 Elektrolyse	41
4.1.5.1 Wasserstoff aus Biomasse	53
4.1.6 Roter Wasserstoff	59
4.1.7 Überblick	59
4.2 Speicherung	60
4.2.1 Die Verfahren	60
4.2.1.1 Kryospeicherung	60
4.2.1.2 Druckgasspeicherung	62
4.2.1.3 Metallhydridspeicher	62
4.2.1.4 Nanoporöse Materialien	64
4.2.1.5 Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC)	64
4.2.2 Umsetzungsbeispiele	65
4.2.2.1 Stationäre Speicher	65
4.2.2.2 Mobile Anwendungen	66
4.2.2.3 Tankstellen	68
4.3 Transport und Verteilung	70
4.3.1 Individualtransporte	71
4.3.2 Transport über Leitungen	75
4.3.2.1 Netze für den Wasserstoff	85
4.4 Speicherung und Transport von Derivaten	93

5	Die Technik 2: Wandler für Wasserstoff	95
5.1	Motorische Nutzung	95
5.1.1	Verbrennungsmotor	95
5.1.2	Dampfturbine	100
5.1.3	Gasturbine	104
5.1.4	Wasserstoffmotoren, Wasserstoffturbinen	106
5.2	Brennstoffzellen: Strom und Wärme	109
5.3	Verfahrenstechnik: Chemische Prozesse	118
6	Perspektiven der Anwendung	127
6.1	Energiewirtschaft	129
6.1.1	Umweltbilanz Energiewirtschaft	129
6.1.2	Energiewirtschaftliches Programm	130
6.1.2.1	Flexible Stromerzeugung	131
6.1.3	Die Rolle des Wasserstoffs	131
6.1.4	Wasserstoffproduktion	133
6.1.5	Wasserstofffabriken	140
6.1.6	Roadmap für die Energiewirtschaft	142
6.2	Industrie	143
6.2.1	Umweltbilanz Industrie	144
6.2.2	Wasserstoff für die Industrie	145
6.2.3	Gesamtbedarf und Roadmap	151
6.3	Verkehr	153
6.3.1	Umweltbilanzen Luftverkehr, Seeverkehr	156
6.3.2	Wasserstoff für den Verkehr?	161
6.3.3	Roadmap für den Verkehr	168
6.4	Gebäude	170
6.4.1	Umweltbilanz Gebäudesektor	171
6.4.2	Wasserstoff oder Wärmepumpe für den Gebäudesektor?	172
6.4.2.1	Exkurs: Wärmepumpen	173
6.4.3	Zukunft offen	182
6.5	Wasserstoffbedarf und Preise	184
6.6	Wasserstoffwirtschaft	187
7	Wasserstoff als Teil der Energiewende	195
7.1	Der Weg zur Energiewende	196
7.2	Welt-Klimakonferenzen	212
7.3	Nationale Wasserstoffstrategie	226
7.4	Europäische Wasserstoffstrategie	238
7.4.1	Das Europäische Parlament	238
7.4.2	Die Kommission	248
7.5	Wasserstoffstrategie in Frankreich	252

7.6 Wasserstoffstrategie in Großbritannien 254

7.7 Europa im Überblick und Vergleich 258

7.8 Wasserstoff in USA 260

7.9 Wasserstoff in Japan 265

7.10 Wasserstoff in China 268

7.11 Wasserstoff in Australien 272

7.12 Wasserstoff in Saudi-Arabien 272

7.13 Wasserstoff in Qatar und VAE 273

8 Zusammenfassung 277

Abkürzungen 285

Literatur und Quellen 289

Register 293

Abbildungsverzeichnis 301

Tabellenverzeichnis 309