

Inhaltsverzeichnis

I	Grundlagen	1
1	Das Prinzip der Brennstoffzelle	2
1.1	Wasserstoff-Sauerstoff-Elemente	3
1.2	Brennstoffzellentypen	5
1.3	Zellkomponenten	7
1.4	Verstromung von Flüssigbrennstoffen	9
1.5	Kohleverstromung	10
1.6	Biologische Brennstoffzellen	11
1.7	Redoxprozesse in Lösungen	12
1.8	Stationäre Brennstoffzellensysteme	13
1.9	Mobile Anwendungen	14
1.10	Stromerzeugung mit Elektrosynthese	15
2	Thermodynamik und Kinetik der Brennstoffzelle	17
2.1	Stille Verbrennung	17
2.2	Energiewandler	18
2.3	Zellspannung und Elektrodenpotential	19
2.4	Entropie und Abwärme	23
2.5	Wirkungsgrad	24
2.6	Zellspannung	26
2.7	Leistung	26
2.8	Überspannung	27
2.9	Strom-Spannungs-Kennlinie	28
2.10	Impedanzspektrum	30
2.11	Ersatzschaltbilder	32
2.12	Die Elektrodenoberfläche	33
2.13	Kinetik der Elektrodenvorgänge	35
2.14	Wasserstoffelektrode	39
2.15	Wasserstoffoxidation	40
2.16	Sauerstoffelektrode	41
2.17	Sauerstoffreduktion	42
2.18	Cyclovoltammetrie	43
2.19	Elektrokatalysatoren	45
2.20	Gasdiffusionselektroden	47
II	Technik und Anwendungen	53

3	Alkalische Brennstoffzelle (AFC)	54
3.1	Kenndaten des AFC-Systems	55
3.2	Thermodynamik der AFC	56
3.3	Alkalische Elektrolyte	57
3.4	Elektrodenmaterialien	60
3.5	Betriebsverhalten der AFC	63
3.6	Zelldesign	65
3.7	Brennstoffzellen für die Raumfahrt	66
3.8	FAE-Brennstoffzelle	67
3.9	AFC mit mobilen Elektrolyten	69
3.10	Alkalische Fallfilmzelle	72
3.11	Anwendungen	72
3.12	Ammoniak-Brennstoffzelle	73
3.13	Hydrazin-Brennstoffzelle	74
4	Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle	77
4.1	Kenndaten der PEM-Brennstoffzelle	78
4.2	Polymerelektrolyte	79
4.3	Elektrodenmaterialien	87
4.4	Betriebsverhalten	98
4.5	Anwendungen	106
4.6	Brennstoffzellenboote und -flugkörper	109
4.7	Antriebskonzepte im Vergleich	112
4.8	Brennstoffzellenkraftfahrzeuge	115
4.9	Wasserstoff aus Sekundärbrennstoffen	123
4.10	Stationäre PEM-Brennstoffzellen	126
4.11	Tragbare PEM-Brennstoffzellen	127
4.12	Kühlsystem	129
5	Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC)	145
5.1	Kenndaten des DMFC-Systems	146
5.2	Thermodynamik der Direktzelle	147
5.3	Elektrodenreaktionen und -materialien	148
5.4	Betriebsverhalten der DMFC	153
5.5	Anwendungen	158
5.6	Direktverstromung von Ethern	159
6	Phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC)	163
6.1	Kenndaten des PAFC-Systems	164
6.2	Saure Elektrolyte	165
6.3	Elektrodenmaterialien	166
6.4	Betriebsverhalten	169

6.5	Stationäre Anlagen	170
6.6	Systemvergleich von Brennstoffzellen	176
6.7	Feststoff-Säure-Brennstoffzellen	176
7	Schmelzelektrolyt-Brennstoffzelle (MCFC)	179
7.1	Kenndaten des MCFC-Systems	180
7.2	Schmelzflüssige Elektrolyte	181
7.3	Elektrodenmaterialien	183
7.4	Betriebsverhalten	186
7.5	Anwendungen	188
7.6	Verstromung von Biogas	193
8	Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC)	195
8.1	Kenndaten des SOFC-Systems	196
8.2	Festelektrolyte	197
8.3	Elektrodenmaterialien	199
8.4	Betriebsverhalten	203
8.5	Zelldesign	206
8.6	SOFC-Kraftwerke	209
8.7	Festoxidzellen in Fahrzeugen	212
9	Redoxbrennstoffzellen und Hybridsysteme	215
9.1	Metall-Luft-Elemente	215
9.2	Metalloxid-Wasserstoff-Batterien	217
9.3	Redoxbrennstoffzellen	218
9.4	Brennstoffzellen in Chemieprozessen	219
10	Gaserzeugung und Brennstoffaufbereitung	221
10.1	Wasserstoffgewinnung	221
10.2	Wasserstoff aus Erdgas	222
10.3	Treibstoffe aus Erdöl	232
10.4	Treibstoffe aus Kohle	236
10.5	Wasserstoff aus Methanol	239
10.6	Synthetische Kraftstoffe	240
10.7	Wasserstoff aus Biomasse	243
10.8	Wasserstoff aus regenerativen Quellen	243
10.9	Wasserstoff aus unedlen Metallen	244
10.10	Wasserstoffspeicherung	246
Index		251