

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Grundlagen .....</b>	1
<b>1 Das Prinzip der Brennstoffzelle .....</b>	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 Brennstoffzellensysteme .....	13
1.9 Anwendungen .....	14
1.10 Stromerzeugung mit Elektrosynthese .....	15
<b>2 Thermodynamik und Kinetik der Brennstoffzelle .....</b>	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 Reale 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
<b>II Technik und Anwendungen .....</b>	53

---

<b>3 Alkalische Brennstoffzelle (AFC) .....</b>	54
3.1 Kenndaten des AFC-Systems .....	55
3.2 Thermodynamik der AFC .....	56
3.3 Alkalische Elektrolyte .....	57
3.4 Elektrodenmaterialien .....	59
3.5 Betriebsverhalten der AFC .....	62
3.6 Zelldesign .....	64
3.7 Brennstoffzellen für die Raumfahrt .....	65
3.8 FAE-Brennstoffzelle .....	67
3.9 AFC mit mobilen Elektrolyten .....	68
3.10 Alkalische Fallfilmzelle .....	72
3.11 Anwendungstechnik .....	72
3.12 Alternative alkalische Zellen .....	74
<b>4 Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle .....</b>	77
4.1 Kenndaten des PEM-Systems .....	78
4.2 Polymerelektrolyte .....	79
4.3 Elektrodenmaterialien .....	86
4.4 Betriebsverhalten .....	95
4.5 Anwendungstechnik .....	104
4.6 Brennstoffzellenboote und -flugkörper .....	107
4.7 Brennstoffzellenkraftfahrzeuge .....	110
4.8 Wasserstoff aus Sekundärbrennstoffen .....	116
4.9 Stationäre PEM-Brennstoffzellen .....	120
4.10 Tragbare PEM-Brennstoffzellen .....	121
<b>5 Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC) .....</b>	125
5.1 Kenndaten des DMFC-Systems .....	126
5.2 Thermodynamik der Direktzelle .....	127
5.3 Elektrodenreaktionen und -materialien .....	128
5.4 Betriebsverhalten der DMFC .....	133
5.5 Anwendungstechnik .....	138
5.6 Direktverstromung von Ethern .....	139
<b>6 Phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC) .....</b>	143
6.1 Kenndaten des PAFC-Systems .....	144
6.2 Saure Elektrolyte .....	145
6.3 Elektrodenmaterialien .....	146
6.4 Betriebsverhalten .....	149
6.5 Stationäre Anlagen .....	150
6.6 Systemvergleich von Brennstoffzellen .....	156

<b>7 Schmelzelektrolyt-Brennstoffzelle (MCFC)</b>	159
7.1 Kenndaten des MCFC-Systems	160
7.2 Schmelzflüssige Elektrolyte	161
7.3 Elektrodenmaterialien	163
7.4 Betriebsverhalten	166
7.5 Anwendungstechnik	168
7.6 Verstromung von Biogas	173
<b>8 Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC)</b>	175
8.1 Kenndaten des SOFC-Systems	176
8.2 Festelektrolyte	177
8.3 Elektrodenmaterialien	179
8.4 Betriebsverhalten	183
8.5 Zelldesign	186
8.6 SOFC-Kraftwerke	189
8.7 Brennstoffzellen im Kfz-Bordnetz	193
<b>9 Hybridsysteme und Redoxbrennstoffzellen</b>	195
9.1 Metall-Luft-Elemente	195
9.2 Metalloxid-Wasserstoff-Batterien	197
9.3 Redoxbrennstoffzellen	198
9.4 Brennstoffzellen in Chemieprozessen	199
9.5 Hybridfahrzeuge	200
9.6 Lithiumbatterien und -akkumulatoren	202
9.7 Regenerative Energiewandler	203
<b>10 Gaserzeugung und Brennstoffaufbereitung</b>	205
10.1 Wasserstoffgewinnung	205
10.2 Wasserstoff aus Erdgas	206
10.3 Treibstoffe aus Erdöl	216
10.4 Treibstoffe aus Kohle	220
10.5 Wasserstoff aus Methanol	223
10.6 Synthetische Kraftstoffe	224
10.7 Wasserstoff aus Biomasse	227
10.8 Wasserstoff aus regenerativen Quellen	227
10.9 Wasserstoff aus unedlen Metallen	228
10.10 Wasserstoffspeicherung	230
10.11 Wasserstoffmotor	235
<b>Index</b>	237