

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Das Prinzip der Brennstoffzelle</b>	<b>2</b>
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</b>	<b>Thermodynamik und Kinetik der Brennstoffzelle</b>	<b>17</b>
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</b>	<b>Technik und Anwendungen</b>	<b>53</b>

<b>3</b>	<b>Alkalische Brennstoffzelle (AFC)</b>	<b>54</b>
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</b>	<b>Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle</b>	<b>77</b>
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</b>	<b>Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC)</b>	<b>125</b>
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</b>	<b>Phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC)</b>	<b>143</b>
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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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