

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Das Konzept des Buches .....	3
1.2 Die Form des Buches .....	4
<b>2 Eigenschaften des Wasserstoffs</b> .....	<b>6</b>
2.1 Thermodynamische Zustandsberechnung .....	7
2.1.1 Wasserstoff als ideales Gas .....	8
2.1.2 Wasserstoff als reales Gas .....	10
2.1.3 Wasserstoff und die Wärmekapazität .....	12
2.1.4 Dissipation und Effizienz .....	14
2.1.5 Viskosität und Wärmeleitfähigkeit .....	17
2.1.6 Anteile und Konzentrationen in Mischungen .....	19
2.1.7 Anwendung von Mischungsregeln .....	23
2.2 Permeationsverhalten von Wasserstoff .....	26
2.2.1 Permeation durch Metalle .....	27
2.2.2 Permeation durch Kunststoffe .....	29
2.3 Metallversprödung unter Wasserstoffeinfluss .....	30
2.3.1 Versprödung bei quasistationärem Betriebszustand ....	31
2.3.1.1 Spannungsberechnung an einer Rissspitze ...	31
2.3.1.2 Anwendung des Leck-vor-Bruch-Kriteriums ...	32
2.3.2 Risswachstum unter zyklischer Beanspruchung .....	37
2.4 Sicherheit von Gemischen mit Wasserstoff .....	41
2.5 Thermodynamik der Wasserelektrolyse .....	44
2.6 Verbrennung mit Wasserstoff .....	47

<b>3</b>	<b>Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffprojekten</b> .....	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>Aufgaben und Potenziale des Wasserstoffs</b> .....	<b>53</b>
4.1	Wasserstoff in der Sektorenkopplung .....	53
4.2	Wasserstoff als Zusatz in Gasnetzen .....	56
<b>5</b>	<b>Wasserstofferzeugung</b> .....	<b>57</b>
5.1	Wasserstoff aus fossilen Quellen .....	58
5.1.1	Dampfreformierung .....	58
5.1.2	Thermische Pyrolyse .....	62
5.2	Wasserstoff aus regenerativen Quellen .....	63
5.2.1	Elektrolytische Wasserstoffproduktion .....	63
5.2.2	Biologische Wasserstoffproduktion .....	69
<b>6</b>	<b>Wasserstofftransport durch Leitungen</b> .....	<b>72</b>
6.1	Druckverlust in Rohrleitungen .....	73
6.2	Einspeisung in nachgeschaltete Systeme .....	76
<b>7</b>	<b>Fluidenergiemaschinen für Wasserstoff</b> .....	<b>79</b>
7.1	Kolbenverdichter .....	79
7.2	Gasturbine .....	80
7.3	Expansionsanlage .....	82
<b>8</b>	<b>Verflüssigter Wasserstoff</b> .....	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>Wasserstoffspeicher</b> .....	<b>87</b>
9.1	Wasserstoff in Fahrzeug-Tankbehältern .....	87
9.2	Wasserstoff in Salzkavernen .....	89
9.3	Wasserstoff in Metallhydriden .....	94
<b>10</b>	<b>Wasserstoffanwendungen</b> .....	<b>95</b>
10.1	Wasserstoff und die Ammoniaksynthese .....	95
10.2	Wasserstoff und synthetisches Methan .....	96
10.3	Wasserstoff in lokalen Verteilnetzen .....	101

<b>11</b>	<b>Lösungen zu allen Aufgabenstellungen</b>	<b>105</b>
11.1	Die Eigenschaften des Wasserstoffs	105
11.2	Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffprojekten	143
11.3	Aufgaben und Potenziale des Wasserstoffs	147
11.4	Wasserstofferzeugung	149
11.5	Wasserstofftransport durch Leitungen	161
11.6	Fluidenergiemaschinen für Wasserstoff	165
11.7	Verflüssigter Wasserstoff	168
11.8	Wasserstoffspeicher	169
11.9	Wasserstoffanwendungen	175
	<b>Anhang A: Einheiten und deren Umrechnungen</b>	<b>189</b>
	<b>Anhang B: Formelzeichen und Einheiten</b>	<b>191</b>
	<b>Anhang C: Abkürzungen und Eigennamen</b>	<b>198</b>
	<b>Anhang D: Verwendete Naturkonstanten und Bezugsgrößen</b>	<b>200</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>201</b>
	<b>Index</b>	<b>203</b>