

Inhalt

Vorwort	VII
1 Einführung	1
1.1 Strukturen der Strom- und Wärmeerzeugung	1
1.2 Gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Randbedingungen der Energiewandlung	5
1.2.1 Energiebedarf und Weltbevölkerung	5
1.2.2 Reichweite und Risiken fossiler Energieträger	8
1.2.3 Der Treibhauseffekt	11
1.2.4 Die Entwicklung der internationalen Strommärkte	14
1.2.5 Die Entwicklung Erneuerbarer Energien und der CO ₂ - Emissionen	15
1.3 Probleme beim dezentralen Einsatz konventioneller Technologien	17
1.3.1 Technologien für dezentrale Stromerzeugung	17
1.3.2 Einfluss der Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit	18
1.3.3 Einfluss der Anlagengröße auf die thermodynamische Effizienz	19
1.3.4 Einfluss der Anlagengröße auf die Flexibilität	20
1.3.5 Einfluss der Anlagengröße auf die Ökologie	20
2 Thermodynamische Grundlagen der Energiewandlung	21
2.1 Wirkungsgrade bei der Energiewandlung	21
2.1.1 Die Energiebilanz	23
2.1.2 Der ideale Kreisprozess	27
2.1.3 Die Exergiebilanz	31
2.2 Die thermodynamische Berechnung thermischer Prozesse	38
2.2.1 Die thermische Konversion von Brennstoffen	38
2.2.2 Zustandsänderungen in Energiesystemen	73
2.2.3 Numerische Berechnung thermischer Prozesse	82
2.2.4 Thermodynamische Bewertung der Energiewandlung	89
3 Energiesysteme für die Strom- und Wärmeerzeugung	97
3.1 Wärmeerzeugung	97
3.1.1 Konzepte zur Wärmeversorgung	99

3.1.2	Wärmeerzeuger	102
3.1.3	Feuerungskonzepte	106
3.1.4	Wirkungsgrade bei der Erzeugung von Nutzwärme	109
3.1.5	Verbrennung von Festbrennstoffen	122
3.2	Stromerzeugung in Wärmekraftwerken	133
3.2.1	Das klassische Dampfkraftwerk	135
3.2.2	Gasturbinen-Kraftwerke	146
3.2.3	Kombinierte Kraftwerke	158
3.3	Kraft-Wärme-Kopplung	161
3.3.1	Energiebilanz der Kraft-Wärme-Kopplung	161
3.3.2	Thermodynamische Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung	170
3.3.3	Wirtschaftliche Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung	181
3.3.4	Arbeitsmaschinen für die Kraft-Wärme-Kopplung	184
3.4	Strom- und Wärmeerzeugung mit integrierter Vergasung	195
3.4.1	Die Vergasung von Festbrennstoffen	195
3.4.2	Brenngasaufbereitung und Systemintegration	222
3.4.3	Stoff-Wärme-Kopplung und Polygeneration	229
3.5	Brennstoffzellen	238
3.5.1	Funktionsweise von Brennstoffzellen	238
3.5.2	Wirkungsgrade von Brennstoffzellen	242
3.5.3	Brennstoffzellen-Systeme	262
4	Grundsätze für die Entwicklung dezentraler Energiesysteme	265
4.1	Prinzipien für die Entwicklung thermodynamisch effizienter Energiesysteme	265
4.1.1	Optimierung des Carnot-Faktors	266
4.1.2	Minimierung von Rauchgasverlusten	271
4.1.3	Optimierung der thermodynamischen Systemintegration	293
4.1.4	Zusammenfassung der Prinzipien für thermodynamisch effiziente Energiesysteme	303
4.2	Prinzipien für die Entwicklung flexibler Energiesysteme	306
4.2.1	Bedeutung der Flexibilität eines Energiesystems für die Versorgungssicherheit	306
4.2.2	Versorgungssicherheit in Stromnetzen	308
4.2.3	Lastmanagement und Anlageneinsatzplanung	313
4.2.4	Energiesysteme mit günstigem Teillastverhalten	317
4.2.5	Leistungssteigernde Maßnahmen bei Dampfturbinen-Prozessen	329
4.2.6	Leistungssteigernde Maßnahmen bei Gasturbinen	330
4.2.7	Flexibilisierung durch die Kraft-Wärme-Kopplung	334
4.2.8	Virtuelle Kraftwerke' und ‚Smart Grids‘	338
4.2.9	Energiespeicherung und Speichertechnologien	340
4.2.10	Erweiterung des Brennstoffbandes	348
4.2.11	Zusammenfassung der Prinzipien für flexible Energiesysteme	350

4.3	Prinzipien für die Entwicklung ökonomisch effizienter Energiesysteme.....	352
4.3.1	Wirtschaftliche Randbedingungen dezentraler Anlagen	352
4.3.2	Maßnahmen zur Minimierung der Energieerzeugungskosten	379
4.3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagenauslastung.....	383
4.3.4	Peak-Shaving	387
4.3.5	Wirtschaftliche Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung	390
4.3.6	Erwirtschaftung von Zusatzerlösen	394
4.3.7	Vermeidung von Planungsfehlern	396
4.3.8	Zusammenfassung der Prinzipien für wirtschaftlich effiziente Energiesysteme	413
4.4	Prinzipien für die Entwicklung ökologischer Energiesysteme.....	416
4.4.1	Minderung der spezifischen CO ₂ -Emissionen.....	416
4.4.2	Verwendung regenerativer Energieträger.....	419
4.4.3	Minimierung der Umweltbelastung durch Emissionen.....	427
4.4.4	Minimierung der Umweltbelastungen durch Transport und Verteilung	434
4.4.5	Zusammenfassung der Prinzipien für nachhaltige Energiesysteme	436
5	Zusammenfassung und Ausblick	439
5.1	Die Notwendigkeit der Entwicklung dezentraler Energiesysteme	439
5.2	Zusammenfassung der Prinzipien für die Entwicklung dezentraler Energiesysteme	441
5.3	Lösungsansätze für die Umsetzung notwendiger Entwicklungsarbeiten	443
6	Literatur	447
7	Anhang	457
7.1	Tabellenverzeichnis	457
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	458
	Stichwortverzeichnis	465