

# Inhaltsverzeichnis

<b>Nomenklatur</b>	<b>xi</b>
<b>Danksagung</b>	<b>xv</b>
<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2 Stand der Wissenschaft</b>	<b>9</b>
2.1 Politische und gesellschaftliche Situation . . . . .	9
2.2 Grundlagen der mathematischen Modellierung und Optimierung . . . . .	10
2.2.1 Fachbegriffe und mathematische Problemklassen	11
2.2.2 Verwendete Modellierungsumgebung und Gleichungslöser . . . . .	15
2.3 Ökonomische Grundlagen . . . . .	16
2.4 Kriterien zur Modellklassifizierung und Überblick über bestehende Energiesystemmodelle . . . . .	24
<b>3 Das kommunale Energiesystemmodell KomMod</b>	<b>37</b>
3.1 Grundkonzept und charakteristische Merkmale . . . . .	37
3.1.1 Methodischer Ansatz . . . . .	38
3.1.2 Implementierung der räumlichen Auflösung . . . . .	53
3.2 Verwendete Komponentenmodelle und Module . . . . .	61
3.2.1 Komponentenübergreifende Beziehungen . . . . .	62
3.2.2 Brennstoffbetriebene Anlagen . . . . .	64
3.2.3 Solarenergienutzung und Sonnenstandsberechnung	68
3.2.4 Photovoltaik . . . . .	70
3.2.5 Solarthermie . . . . .	72
3.2.6 Wärmepumpen . . . . .	79

3.2.7	Wasserkraftanlagen . . . . .	83
3.2.8	Windenergieanlagen . . . . .	84
3.2.9	Thermische und elektrische Energiespeicher . . . . .	86
3.2.10	Gasnetze, elektrische und thermische Netze . . . . .	90
3.3	Programmiertechnische Umsetzung . . . . .	91
<b>4</b>	<b>Anwendung des Modells auf reale Untersuchungsgebiete</b>	<b>93</b>
4.1	1-Knoten-Modell am Beispiel von Frankfurt am Main . . . . .	94
4.1.1	Hintergrund und Kernfragestellungen . . . . .	94
4.1.2	Potentialvarianten erneuerbare Energien . . . . .	96
4.1.3	Szenarien und Umfang der Berechnungen . . . . .	99
4.1.4	Ergebnisdiskussion . . . . .	103
4.1.5	Einfluss der zeitlichen Auflösung auf die Ergebnisse	113
4.1.6	Schlussfolgerungen . . . . .	121
4.2	Mehr-Knoten-Modell am Beispiel von Freiburg-Haslach	123
4.2.1	Hintergrund und Kernfragestellungen . . . . .	123
4.2.2	Szenarien und Umfang der Berechnungen . . . . .	125
4.2.3	Erstellung der Zeitreihen des elektrischen und thermischen Bedarfs . . . . .	129
4.2.4	Räumliche Auflösung . . . . .	132
4.2.5	Ergebnisdiskussion und Vergleich verschiedener räumlicher Aggregationsstufen . . . . .	135
4.2.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen . . . . .	166
<b>5</b>	<b>Kritische Bewertung des Modells</b>	<b>177</b>
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>183</b>
<b>Anhang</b>		<b>187</b>
	Sonnenstandsberechnung . . . . .	187
	Solare Einstrahlung auf die geneigte und gedrehte Anlagenebene	189
	Ergänzende Angaben zum Anwendungsbeispiel Frankfurt am Main . . . . .	192
	Ergänzende Angaben zum Anwendungsbeispiel Freiburg-Haslach . . . . .	204
<b>Index</b>		<b>237</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>243</b>