
Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	iii
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vii
1 Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele der Arbeit	5
1.3 Aufbau der vorliegenden Arbeit	7
2 Grundlagen der Energiewirtschaft	9
2.1 Eigenschaften des elektrischen Energieversorgungssystems .	10
2.2 Herausforderungen für das Bundesland Bayern	26
3 Entwicklung eines Modellkonzepts	37
3.1 Energiesystemanalyse	38
3.2 Klassifizierung von Energiesystemmodellen	39
3.3 Bisherige Arbeiten auf dem Gebiet der Energiesystemanalyse	42
3.3.1 Ansätze aus der Optimierung	42

3.3.2	Ansätze aus der Simulation	44
3.4	Anforderungen an ein Energiesystemmodell	49
3.5	Struktur des Simulationsmodells	54
3.5.1	System Dynamics	55
3.5.2	Diskrete Ereignissimulation	56
3.5.3	Hybride Simulation	57
3.5.4	Verwendete Simulationssoftware	58
3.6	Vorüberlegungen zur Implementierung eines Simulationsmodells	59
4	Modellbeschreibung	63
4.1	Eingabe- und Ausgabeparameter	64
4.2	Struktur des Modells	66
4.2.1	Einteilungsmöglichkeiten der Modellregion	66
4.2.2	Modellebenen	68
4.2.3	Aufbau eines Punktmodells	72
4.3	Beschreibung der einzelnen Modellkomponenten	73
4.3.1	Stromnachfrage	73
4.3.2	Wind- und Sonnenenergie	84
4.3.3	Weitere erneuerbare Energieträger	89
4.3.4	Wärmegeführte KWK-Anlagen	94
4.3.5	Konventionelle Kraftwerke	96
4.3.6	Stromspeicher	101
4.4	Modelllogik	103
4.4.1	Berechnung der Residuallast	104
4.4.2	Kraftwerkseinsatzplanung	105
4.4.3	Stromtausch	107
4.4.4	Redispatch-Maßnahmen	108
4.4.5	Speichereinsatz	109
4.4.6	Weitere Maßnahmen	111
4.4.7	Einsatz von Regelleistung	111
4.5	Validierung des Gesamtmodells	113

5	Definition der Szenarien	117
5.1	Feste Rahmenbedingungen	118
5.2	Handlungsoptionen für das Bundesland Bayern	122
5.3	Beschreibung der Szenarien	128
6	Ergebnisse	131
6.1	Vorgehensweise zur Erzielung der Ergebnisse	131
6.2	Vergleich der Szenarien	134
6.2.1	Stromerzeugungsbilanzen	134
6.2.2	Stromimporte und -exporte	137
6.2.3	CO ₂ -Emissionsbilanzen	139
6.2.4	Redispatch-Maßnahmen	143
6.2.5	Weitere Maßnahmen	145
6.2.6	Entwicklung des Börsenpreises	148
6.3	Spezifische Ausgabeparameter	152
6.3.1	Entwicklung der Residuallast	152
6.3.2	Auslastung neugebauter Gaskraftwerke	157
6.3.3	Auslastung neugebauter Stromtrassen	162
6.3.4	Auslastung neugebauter Stromspeicher	165
6.4	Diskussion	167
6.4.1	Schlussfolgerungen	168
6.4.2	Grenzen der Aussagefähigkeit der Ergebnisse	172
7	Zusammenfassung und Ausblick	175
	Literaturverzeichnis	181