

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit	4
2 Grundlagen einer nachhaltigen Energieversorgung	8
2.1 Nachhaltige Energieversorgung	8
2.1.1 Nachhaltige Entwicklung	8
2.1.2 Nachhaltigkeit in der Energieversorgung	11
2.1.3 Indikatorensets	13
2.2 Grundlagen der Szenarienentwicklung	15
2.2.1 Erstellungsprozess und Typologien von Szenarien	16
2.2.2 Methoden der Szenarienentwicklung	19
2.3 Grundlagen der Wertschöpfungsrechnung	20
2.4 Grundlagen der multikriteriellen Optimierung	23
2.4.1 Optimierungs- bzw. Lösungsverfahren	25
2.5 Stand der Forschung zur Modellierung regionaler Energiesysteme	33
2.5.1 Abgrenzung der Themenstellung	37
3 Modellierung des regionalen Energiesystems	38
3.1 Regionale Abgrenzung der Untersuchungsregion	38
3.2 Abbildung des elektrischen Energiebedarfs	39
3.2.1 Allgemeiner elektrischer Energiebedarf	39
3.2.2 Profil der allgemeinen elektrischen Last	41
3.2.3 Elektrischer Energiebedarf neuer Stromanwendungen	43
3.3 Modellierung der regionalen Leistungsbereitstellung dezentraler Energiewandlungsanlagen	48
3.3.1 Windenergie	48
3.3.2 Photovoltaik	55
3.3.3 Bioenergieanlagen	56
3.3.4 KWK-Anlagen	57
4 Potentialanalyse	58
4.1 Abgrenzung des Potentialbegriffs	59
4.2 Automatisierte Ermittlung der Windenergiopotentiale	60
4.2.1 Datengrundlage	62
4.2.2 Kriterien für die Bestimmung des Flächenpotenzials	64
4.2.3 Bestimmung des verfügbaren Flächenpotentials	66

4.2.4	Windenergieanlagenallokation	81
4.3	Ermittlung der Photovoltaik-Potentiale	87
4.3.1	Automatisierte Ermittlung der PV-Freiflächenpotentiale	87
4.3.2	Potential für PV-Dachflächenanlagen	91
4.4	Ermittlung von Bioenergypotentialen	91
4.5	Zusammenfassung	96
5	Formulierung von Zukunftsszenarien für regionale Energiesysteme	98
5.1	Strategien zur Erstellung regionaler Energieszenarien	98
5.2	Erstellung von Zielszenarien	100
5.2.1	Variable Restriktionen und Kriterien	101
5.2.2	Fortschreibung der elektrischen Energienachfrage	105
5.3	Definition von Zielindikatoren	108
5.3.1	Regionaler Autarkiegrad als energietechnischer Indikator	109
5.3.2	Ökologische Indikatoren	110
5.3.3	Ökonomische Indikatoren	122
5.3.4	Zusammenfassung	139
6	Entwicklung eines multikriteriellen Optimierungsmodells	140
6.1	Optimierungsziel und Entscheidungsgrößen	141
6.2	Zeitliche und räumliche Modellstruktur	143
6.3	Formale Beschreibung des Optimierungsmodells	145
6.3.1	Methodischer Ablauf	145
6.3.2	Mathematische Formulierung	147
6.3.3	Bilanzierung der Leistungsflüsse	152
6.3.4	Auswertung der Optimierungsergebnisse	153
6.3.5	Zusammenfassung der verwendeten Entscheidungsvariablen, Parameter und Mengen	154
6.4	Implementierung des MOPS-Modells	157
7	Fallstudie Landkreis Ahrweiler	158
7.1	Rahmendaten des Landkreises	158
7.1.1	Ausgangssituation und Potentiale erneuerbarer Energien	160
7.2	Beschreibung der Zielszenarien	165
7.3	Anwendung des MOPS-Modells und Ergebnisse	170
7.3.1	Präferiertes Technologieportfolio und Szenarienvergleich	176
7.3.2	Nachhaltigkeitsbewertung der Szenarien	179
7.4	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	186

8 Zusammenfassung, Diskussion und kritische Würdigung	189
8.1 Zusammenfassung	189
8.2 Diskussion, kritische Würdigung und Ausblick	193
Literatur	201
Abkürzungsverzeichnis	219
Symbolverzeichnis	220
A Wissenschaftlicher Tätigkeitsnachweis	225
B Verwendete Simulationsparameter	228
C Lebenslauf	229