

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis I

Tabellenverzeichnis IV

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes V

1 Einleitung 1

1.1 Hintergrund und Motivation 1

1.2 Zielstellung 3

1.3 Stand der Technik 4

1.4 Vorgehen und Aufbau der Arbeit 8

2 Grundlagen 10

2.1 Strommärkte 10

2.2 Regelleistung 12

2.3 Fernwärme 15

2.4 Lineare und gemischt-ganzzahlige lineare Optimierung 19

3 Modell zur Einsatzplanung 22

3.1 Grundannahmen 22

3.2 Zielfunktion und Variablen 24

3.3 Nebenbedingungen für nicht speichernde Erzeugungsanlagen 31

3.4 Nebenbedingungen für Speicher 33

3.5 Bilanznebenbedingungen 36

4 Parametrierung des Modells zur Einsatzplanung 39

4.1 Nicht speichernde Erzeugungsanlagen 39

4.2 Speicher 47

4.3 Zeitreihenerstellung für Anlagen mit variabler
Primärenergieträgerverfügbarkeit 50

4.3.1 Photovoltaik 51

4.3.2 Wind 53

4.4 Nachfrage 56

4.4.1	Elektrische Last	56
4.4.2	Fernwärmelast	56
4.4.3	Regelleistung	60
4.5	Grenzüberschreitender Handel	61
5	Lösungsheuristik für das Modell zur Einsatzplanung	63
5.1	Aggregation und Deaggregation ausgewählter Anlagen.....	63
5.2	Zerlegung in Teilsysteme	67
5.2.1	Rolling Horizon	68
5.2.2	Grobplanung	70
5.2.3	Fokussierung auf einzelne Preis- und Regelzonen	71
6	Modell zur Preisermittlung	74
6.1	Grundannahmen und Vorgehen	74
6.2	Preisobergrenzen für die Strommärkte.....	77
6.3	Preise an den Regelleistungsmärkten.....	86
6.4	Preisuntergrenzen für die Strommärkte.....	91
7	Plausibilisierung der Modelle.....	94
7.1	Szenario	94
7.2	Kraftwerkseinsatz	96
7.3	Internationaler Strom- und Regelleistungshandel.....	107
7.4	Preisermittlung.....	109
8	Fallstudie.....	115
9	Zusammenfassung und Ausblick	120
10	Literaturverzeichnis	127
	Lebenslauf.....	147