



Inhaltsverzeichnis

Danksagung	V
Kurzfassung.....	VII
Abstract	IX
Inhaltsverzeichnis	XI
Abbildungsverzeichnis.....	XIV
Tabellenverzeichnis.....	XVIII
Abkürzungsverzeichnis.....	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	2
2 Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz	5
2.1 Internationale Anstrengungen	7
2.2 Entwicklungen auf nationaler Ebene	14
2.2.1 Veränderung des Energiemixes.....	15
2.2.2 Förderung erneuerbarer Energie	21
2.2.3 Reaktionen der Wirtschaft.....	25
2.3 Sind wir auf dem richtigen Weg?.....	28
3 Stromversorgung 2.0.....	34
3.1 Entwicklung der Stromversorgung bis 1990	34
3.1.1 Nachfrage	34
3.1.2 Kraftwerksmix	36
3.1.3 Leistungsbereitstellung	38
3.1.4 Wirkungsgrad.....	39
3.1.5 Versorgungssystem 1950 - 1990	42
3.2 Wandel zur Stromversorgung 2.0.....	43
3.2.1 Nachfrage	44
3.2.2 Kraftwerksmix	45
3.2.3 Erzeugungscharakteristik.....	49
3.2.4 Wirkungsgrad.....	53
3.2.5 Versorgungssystem im Wandel zwischen 1990 und 2010.....	56



3.3	Weitere Veränderungen in der Stromversorgung 2.0	58
3.3.1	Anhaltender Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen	59
3.3.2	Angepasste Terminologie zur Beschreibung von Zeitreihen	62
3.3.3	Segmentierung von Leistungssaldo-Zeitreihen	66
4	Analyse prognostizierter Leistungssalden	69
4.1	Visualisierung des Leistungssaldos	70
4.1.1	Visualisierung Standardlastprofil eines Jahres.....	70
4.1.2	Visualisierung Quasi-Verbraucherlast eines Jahres.....	72
4.1.3	Einfluss von Photovoltaik und Wind-onshore	74
4.1.4	Einfluss von Wind-offshore	79
4.1.5	Einfluss von Biomasse und Wasserkraft unter heutigen Einsatzbedingungen.....	83
4.2	Analyse der zeitlichen Veränderungen.....	85
4.2.1	Charakteristik der Fluktuationen erneuerbarer Energieerzeugung.....	90
4.2.2	Analyse der Fluktuationen von Leistungssalden im Jahr 2010	93
4.2.3	Analyse der Fluktuationen von Leistungssalden im Jahr 2020	94
4.2.4	Analyse der Fluktuationen von Leistungssalden im Jahr 2030	96
4.2.5	Analyse der Fluktuationen von Leistungssalden im Jahr 2050	97
4.2.6	Zusammenfassung	98
4.3	Ergebnis der Zeitreihenanalysen.....	101
5	Leistungssaldoausgleich durch Einsatz von Energiespeichern.....	107
5.1	Theoretischer Speicherbedarf	109
5.1.1	Analyse der Leistungssegmente bei theoretischem Speichereinsatz .	111
5.1.2	Untersuchung von Fluktuation und Dynamik.....	114
5.1.3	Vergleich der Dauerlinien.....	116
5.2	Marktnahes Modell für die Integration stationärer Elektroenergiespeicher	119
5.2.1	Dimensionierung der PV-Anlage.....	120
5.2.2	Dimensionierung und Betrieb eines Photovoltaik-Speicher-Systems..	123
5.2.3	Extrapolation auf den deutschen Strommarkt	128
5.2.4	Untersuchung von Fluktuation und Dynamik.....	129
5.3	Realisierbarkeit der Speicherintegration.....	132
6	Kritische Würdigung	134



7	Zusammenfassung.....	137
	Literaturverzeichnis	i
8	Anhang.....	x
8.1	Prognose der Erzeugungskapazitäten Erneuerbare Energien	x
8.2	Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland	xiv
8.3	Datengrundlage.....	xvi
8.4	Ermittlung der Kennzahl „Vollastbenutzungsstunden“	xvii
8.5	Nutzung von Dauerlinien	xviii
8.6	Erstellung eines BoxPlot aus gegebenen Zeitreihen	xx
8.7	Synthese eines Profils für den Bereich Photovoltaik	xxi
8.8	Verfahren zur Annäherung eines Erzeugungsprofils für Wasserkraft.....	xxiv
8.9	Verfahren zur Bestimmung der Verbraucherlast	xxvi
8.10	Synthese eines Erzeugungsprofils für offshore-Windenergieanlagen	xxvii
8.11	Analyse von Fluktuationen in Zeitreihen.....	xxix
8.12	Glättung des Leistungssaldos durch Speicher	xxxii
8.13	Entwicklung eines Marktpreises für Strom	xxxiii