

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	I
Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel der Arbeit	2
2 Stand der Forschung	5
2.1 Entwicklung des Energiesystems von Deutschland	5
2.2 Power-to-X-Anlagen	6
3 Simulationsansatz	11
3.1 Modelle von zentralen Systemkomponenten	11
3.1.1 Power-to-Gas-Anlagen	11
3.1.2 Batteriespeicher	15
3.1.3 Gas- und Dampfturbinenkraftwerke	16
3.1.4 Wärmeerzeuger und Wärmenetze	17
3.2 Systemgrenzen	19
3.2.1 Clustering der Gebiete	19
3.3 Bedarfsprofile	20
3.3.1 Datengrundlage	20
3.3.2 Strombedarfsprofile	21
3.3.3 Wärmebedarfsprofile	38
3.3.4 Bedarfsprofile des Verkehrssektors	40
3.4 Stromerzeugerprofile der regenerativen Stromerzeuger	41
3.4.1 Stromerzeugerprofile der Onshore- Windenergieanlagen	42

3.4.2 Stromerzeugerprofile der Offshore-Windenergieanlagen.....	47
3.4.3 Stromerzeugerprofile der Photovoltaikanlagen.....	47
3.4.4 Stromerzeugerprofile der Biomasseanlagen	50
3.4.5 Stromerzeugerprofile der Wasserkraftwerke.....	52
3.5 Abbildung des Strom- und Gasnetzes.....	52
3.6 Regelung der Systemkomponenten.....	55
3.6.1 Regelung der elektrischen Leistung.....	55
3.6.2 Regelung der Wärmeerzeugung	59
3.6.3 Regelung der Power-to-Gas-Anlagen	62
3.7 Bewertung der Szenarien	64
3.7.1 Kostenberechnung.....	64
3.7.2 CO ₂ -Emissionen	66
4 Szenarien	69
4.1 Szenario 1 – Referenzszenario	71
4.2 Szenario 2 – CO ₂ -Abtrennung aus der Luft.....	80
4.3 Szenario 3 – Abwärmenutzung der PtG-Anlagen	86
4.4 Szenario 4 – Wasserstoffdirektnutzung	87
4.5 Szenario 5 – Power-to-Heat.....	90
4.6 Szenario 6 – Variation des Wasserstoffanteils im Gasnetz	96
4.7 Szenario 7 – Wasserstoffumstellung in Region 1 und Region 3.....	96
4.8 Szenario 8 – Wasserstoffumstellung und Power-to-Heat.....	101
5 Auswertung.....	105
5.1 Auswertung der Kosten.....	106
5.2 Auswertung der CO ₂ -Emissionen.....	110
5.3 Regionalisierte Auswertung	112
6 Zusammenfassung	115
Literatur	119
Anhang.....	129