

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis XIII

1. Einleitung 1

 1.1 Zielstellung.....4

 1.2 Aufbau.....4

2. Grundlagen 7

 2.1 Meteorologie 9

 2.1.1 Solare Strahlung.....9

 2.1.2 Windenergie 11

 2.2 Wasserstoffproduktion 14

 2.2.1 Stromerzeugung 14

 2.2.1.1 Photovoltaiksysteme 14

 2.2.1.2 Windkraftanlagen 16

 2.2.2 Elektrolyse 17

 2.2.3 Kompression 21

 2.2.4 Energiespeicherung.....22

 2.2.4.1 Batterien.....22

 2.2.4.2 Druckgastanks.....23

 2.2.4.3 Salzkavernen.....24

 2.3 Wasserstofftransport.....25

 2.3.1 Pipelinetransport 25

 2.3.2 Schiffstransport.....27

 2.3.2.1 Flüssigwasserstoff.....28

 2.3.2.2 Flüssige organische Wasserstoffträger 29

2.3.2.3	Methanol	31
2.3.2.4	Ammoniak	32
3.	Methodisches Vorgehen	35
3.1	Systemdefinition und Rahmenbedingungen.....	37
3.1.1	Grundlagen.....	37
3.1.2	Umsetzung	38
3.2	Modellierung.....	41
3.2.1	Grundlagen.....	41
3.2.1.1	Technik	41
3.2.1.2	Ökonomie	42
3.2.2	Umsetzung	43
3.2.2.1	Technik	43
3.2.2.2	Ökonomie	55
3.3	Optimierung und Simulation.....	61
3.3.1	Grundlagen.....	61
3.3.1.1	Optimierung.....	61
3.3.1.2	Simulation.....	62
3.3.2	Umsetzung	63
3.3.2.1	Optimierung.....	63
3.3.2.2	Simulation.....	64
3.4	Daten	66
3.4.1	Grundlagen.....	66
3.4.2	Umsetzung	68
3.5	Analyse und Bewertung	69
3.5.1	Grundlagen.....	69
3.5.1.1	Technik	70
3.5.1.2	Ökonomie	71
3.5.1.3	Potenzial	72
3.5.2	Umsetzung	73

3.5.2.1	Technik	73
3.5.2.2	Ökonomie	77
3.5.2.3	Potenzial	79
4.	Wasserstoffbereitstellung für Deutschland	81
4.1	Rahmenbedingungen	81
4.2	Datengrundlage	83
4.2.1	Wasserstoffproduktion	84
4.2.1.1	Stromerzeugung	84
4.2.1.2	Elektrolyse	87
4.2.1.3	Wasserstoffkompression	88
4.2.1.4	Energiespeicherung	89
4.2.2	Wasserstofftransport	90
4.2.2.1	Pipelinetransport	91
4.2.2.2	Schiffstransport	92
4.2.3	Flächenverfügbarkeit	100
4.3	Analyse und Bewertung	101
4.3.1	Wasserstoffproduktion	102
4.3.1.1	Technik	102
4.3.1.2	Ökonomie	123
4.3.1.3	Potenzial	132
4.3.1.4	Gesamtanalyse, Einordnung und Zwischenfazit	136
4.3.2	Wasserstofftransport	141
4.3.2.1	Technik	143
4.3.2.2	Ökonomie	148
4.3.2.3	Gesamtanalyse, Einordnung und Zwischenfazit	152
4.3.3	Wasserstoffbereitstellung	153
4.3.3.1	Technik	153
4.3.3.2	Ökonomie	158
4.3.3.3	Potenzial	163

4.3.3.4	Gesamtanalyse, Einordnung und Zwischenfazit.....	165
5.	Schlussbetrachtung	169
5.1	Zusammenfassung.....	170
5.2	Schlussfolgerungen	175
	Literaturverzeichnis	179
	Anhang.....	199