

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation der Forschungsarbeiten	1
1.2	Problemstellung	7
1.3	Ziele und Aufbau der Arbeit	10
2	Grundlagen und Methodik	11
2.1	UPSW Prosper-Haniel	11
2.1.1	Grundprinzip von Pumpspeicherwerken	12
2.1.2	Technisches Konzept des UPSW	14
2.1.3	Marktsituation und Marktteilnahme	18
2.2	Power to Heat als Ansatz der Sektorenkopplung	23
2.2.1	Motivation für Sektorenkopplung	24
2.2.2	Wärmepumpen	26
2.2.3	Heizkessel	28
2.2.4	Fernwärme	29
2.2.5	Wärmespeicher	32
2.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	33
2.3.1	Kapitalwertmethode	33
2.3.2	Investitionskosten	35
2.3.3	Laufende Kosten	36
2.3.4	Jährliche Einnahmen	37
3	Wirtschaftlichkeit des Unterflur-Pumpspeicherwerks	41
3.1	Kostenmodell	41
3.2	Kostengleitung	44
3.3	Kostensätze der Komponenten	46
3.3.1	Oberbecken	46
3.3.2	Kavernen	51
3.3.3	Maschinen	53
3.3.4	Ringspeicher	54
3.3.5	Infrastruktur	58
3.3.6	Sonstiges	66

3.4	Betrachtete Varianten und Parameter	72
3.5	Bau- und Investitionskosten	76
3.5.1	Baukosten bei variierenden Anlagenparametern.....	76
3.5.2	Spezifische Baukosten	80
3.5.3	Investitionskosten.....	82
3.6	Laufende Kosten.....	83
3.7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	84
4	Konzeptentwicklung eines PtH-Heizwerks	89
4.1	Grundsätzliche Ziele der PtH-Erweiterung	89
4.2	Abschätzung des Wärmepotenzials im Oberbecken	92
4.2.1	Grundlegender Modellaufbau	92
4.2.2	Teilsystem Oberbecken.....	95
4.2.3	Teilsystem Turbomaschinen	101
4.2.4	Teilsystem Ringspeicher	105
4.2.5	Parametrierung des Modells.....	111
4.2.6	Ergebnisse der Potenzialabschätzung	114
4.3	Auslegung der Anlage	117
4.3.1	Technische Rahmenbedingungen.....	117
4.3.2	Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	120
4.3.3	Komponenten	121
4.4	Modellierung der Anlage.....	128
4.4.1	Aufbau des Modells	129
4.4.2	Betrachtete Szenarien und Annahmen	131
4.4.3	Modellparameter	132
4.5	Abschätzung der Wirtschaftlichkeit	137
4.5.1	Kostenstruktur.....	137
4.5.2	Vermarktung der Anlage.....	138
4.5.3	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	139
4.6	Umweltaspekte	143
4.6.1	Einsparungen von Treibhausgasemissionen.....	143
4.6.2	Thermische Gewässernutzung	145

4.7 Übertragung des Konzepts	146
5 Fazit.....	151
5.1 Zusammenfassung.....	151
5.2 Ausblick.....	154
Literaturverzeichnis.....	155
Anhang	169