

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	iii
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	xvii
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Forschung	3
2.1 Industrielle Prozesswärme	3
2.2 Prozesswärme in der Papierindustrie	5
2.3 Industrieller Prozessdampf	9
2.3.1 Industrielle Dampfnetze	9
2.3.2 Großwasserraum- und Wasserrohrkessel	11
2.3.3 Elektro- und Elektrodenkessel	12
2.3.4 Solarthermische Dampferzeugung	12
2.3.5 Dampferzeugende Wärmepumpen	13
2.4 Tiefengeothermie	19
2.4.1 Erschließungskonzepte	19
2.4.2 Nutzungsformen der Tiefengeothermie	21
2.4.3 Aktueller Stand in Deutschland	23
2.4.4 Industrielle Nutzung von Tiefengeothermie	24
2.5 Geothermale Dampferzeugung	26
2.5.1 Dampferzeugung aus Nass- und Heißdampffeldern	26
2.5.2 Verfahrensrouten mit negativem Temperaturgradienten	27
2.5.3 Verfahrensrouten mit positivem Temperaturgradienten	28
2.6 Fragestellung und Mehrwert der Arbeit	30
3 Entwicklung der Methodik	33
3.1 Konzeptionierung	34
3.2 Prozessebene	38
3.2.1 Kennzahlen der Prozessebene	39
3.3 Systemebene	42
3.3.1 Kennzahlen Systemebene	45
3.4 Grundlegende Bilanzvorschriften	47

Inhaltsverzeichnis

4	Modellbildung	52
4.1	Modellstruktur	52
4.2	Modellkomponenten	53
4.2.1	Technologiebaukasten	53
4.2.2	Allgemeine Komponenten	63
5	Anwendung der Methodik	68
5.1	Konzeptionierung der Verfahrensrouten	68
5.2	Modellierung und Parametrisierung	70
5.2.1	Verfahrensrouten	70
5.2.2	Energieversorgungssystem	72
5.3	Untersuchungen auf Prozessebene und Diskussion	75
5.3.1	Technische Randbedingungen	76
5.3.2	Betriebsweise	82
5.3.3	Prozesseitige Randbedingungen	89
5.3.4	Geologische Randbedingungen	96
5.3.5	Wechselwirkungen von Parametern	105
5.4	Untersuchungen auf Systemebene und Diskussion	107
5.4.1	Szenarien der Systemebene	107
5.4.2	Geothermaler Dampfanteil	110
5.4.3	Energiebezug	114
5.4.4	CO ₂ -Emissionen	117
5.4.5	Primärenergiebedarf	119
5.4.6	Wechselwirkung der systemischen Kennzahlen	121
5.5	Fazit und Einordnung der Verfahrensrouten	122
6	Zusammenfassung und Ausblick	126
6.1	Zusammenfassung	126
6.2	Ausblick	129
	Literatur	131
	Anhang	I