

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Hintergrund .....	1
1.2	Zielstellung.....	4
1.3	Aufbau der Arbeit.....	5
<b>2</b>	<b>Stromerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Brennstoffarten und -eigenschaften.....	7
2.1.1	Klassifizierung.....	7
2.1.2	Eigenschaften .....	8
2.1.3	Ableitung eines Referenzbrennstoffs.....	11
2.2	Brennstoffkonversion .....	12
2.2.1	Grundlagen der thermochemischen Konversion .....	13
2.2.1.1	Begriffsbestimmung.....	13
2.2.1.2	Teilschritte .....	14
2.2.2	Technologische Umsetzung der Vergasung .....	17
2.2.2.1	Bereitstellungstechnik.....	18
2.2.2.2	Vergasungstechnik.....	19
2.2.2.3	Gasreinigungstechnik.....	25
2.2.2.4	Gasnutzungstechnik .....	30
2.2.3	Technologische Umsetzung der Verbrennung .....	33
2.2.3.1	Bereitstellungstechnik.....	33
2.2.3.2	Feuerungstechnik .....	34
2.2.3.3	Gasnutzungstechnik .....	35
2.2.3.4	Abgasreinigungstechnik.....	37
2.3	Fazit.....	39
<b>3</b>	<b>Methodische Vorgehensweise</b> .....	<b>40</b>
3.1	Technische Bewertung .....	41
3.1.1	Grundlagen .....	42
3.1.1.1	Begriffsbestimmung.....	42
3.1.1.2	Multikriterienanalysen .....	44
3.1.1.3	Weitere Bewertungsansätze .....	48
3.1.2	Entwicklung einer Bewertungsmethodik .....	49
3.1.2.1	Ziele und Anforderungen .....	49

---

3.1.2.2	Vorgehensweise .....	52
3.1.2.3	Bewertungsgrößen .....	56
3.2	Konzeptableitung.....	58
3.2.1	Schwachstellenanalyse und Lösungsansätze.....	60
3.2.2	Ableitung der Referenzkonzepte .....	61
3.3	Ökonomische Bewertung .....	62
3.3.1	Grundlagen .....	62
3.3.1.1	Statische Berechnungsverfahren.....	63
3.3.1.2	Dynamische Berechnungsverfahren .....	63
3.3.1.3	Analyse der Lerneffekte.....	66
3.3.2	Festlegung der Bewertungsmethodik .....	67
3.3.2.1	Kennzahlberechnung.....	67
3.3.2.2	Kostenentwicklung.....	69
<b>4</b>	<b>Technische Analyse und Bewertung der Vergasung .....</b>	<b>72</b>
4.1	Technische Bewertung .....	72
4.1.1	Bewertete Anlagen .....	72
4.1.2	Bewertungsergebnisse .....	75
4.1.2.1	Bereitstellung .....	75
4.1.2.2	Vergasung .....	77
4.1.2.3	Gasreinigung.....	79
4.1.2.4	Gasnutzung.....	80
4.1.2.5	Gesamtanlagen.....	82
4.1.3	Fazit .....	85
4.2	Konzeptableitung.....	88
4.2.1	Schwachstellenanalyse und Lösungsansätze.....	88
4.2.1.1	Bereitstellung .....	88
4.2.1.2	Vergasung .....	92
4.2.1.3	Gasreinigung.....	97
4.2.1.4	Gasnutzung.....	101
4.2.1.5	Fazit.....	103
4.2.2	Darstellung kurzfristig umsetzbarer Konzepte .....	104
4.2.2.1	Doppelfeuervergasung mit nasser Gasreinigung .....	104
4.2.2.2	Doppelfeuervergasung mit katalytischer Gasreinigung.....	105
4.2.3	Darstellung mittelfristig umsetzbarer Konzepte.....	107
4.2.3.1	Mehrstufige Vergasung mit trockener Gasreinigung.....	107

---

4.2.3.2	Doppelfeuervergasung mit Nachvergasung .....	108
4.2.4	Konzeptberechnung .....	109
4.2.4.1	Berechnungsmodell und Rahmenannahmen .....	109
4.2.4.2	Berechnungsergebnisse .....	112
4.2.4.3	Fazit .....	118
<b>5</b>	<b>Technische Analyse und Bewertung der Verbrennung.....</b>	<b>119</b>
5.1	Verfahrensanalyse .....	119
5.1.1	Feuerungstechnologien .....	119
5.1.1.1	Unterschubfeuerung .....	119
5.1.1.2	Rostfeuerungen .....	119
5.1.1.3	Vorofenfeuerung .....	120
5.1.1.4	Vergleich .....	120
5.1.2	KWK-Technologien .....	121
5.1.3	Abgasreinigungstechnologien .....	122
5.2	Darstellung kurzfristig umsetzbarer Referenzkonzepte .....	122
5.2.1	Rostfeuerung mit Dampfschraubenmotor .....	123
5.2.2	Rostfeuerung mit ORC-Prozess .....	123
5.3	Darstellung mittelfristig umsetzbarer Referenzkonzepte .....	124
5.3.1	Rostfeuerung mit Dampfschraubenmotor .....	124
5.3.2	Rostfeuerung mit ORC-Prozess .....	124
5.4	Konzeptberechnung .....	126
5.4.1	Berechnungsmodell und Rahmenannahmen .....	126
5.4.2	Berechnungsergebnisse .....	127
5.4.3	Fazit .....	129
<b>6</b>	<b>Ökonomische Analyse und Bewertung .....</b>	<b>131</b>
6.1	Berechnungsmodell und Rahmenannahmen .....	131
6.2	Berechnungsergebnisse .....	133
6.2.1	Investitionskosten .....	133
6.2.1.1	Vergasung .....	135
6.2.1.2	Verbrennung .....	136
6.2.2	Annuität und Stromgestehungskosten .....	137
6.2.2.1	Vergasung .....	137
6.2.2.2	Verbrennung .....	138
6.2.3	Kostenentwicklung .....	141

---

6.2.3.1	Vergasung .....	141
6.2.3.2	Verbrennung.....	142
6.2.4	Sensitivitätsanalysen.....	145
6.2.4.1	Brennstoffkosten .....	145
6.2.4.2	Volllaststunden .....	146
6.2.4.3	Brennstoffwärmeleistung.....	148
6.2.4.4	Wärmevergütung.....	149
6.2.5	Fazit .....	150
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....</b>	<b>152</b>
7.1	Zusammenfassung .....	152
7.1.1	Technische Analyse und Bewertung .....	152
7.1.2	Ökonomische Analyse und Bewertung .....	156
7.1.3	Technisch-ökonomische Bewertung.....	158
7.2	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	160
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>162</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>186</b>
A	Referenzbrennstoff .....	187
B	Bewertungsgrößen.....	188
	Bewertungskriterien und Maßzahlen.....	188
	Rangfolgen-Matrizen.....	199
C	Kurzbeschreibung der bewerteten Vergasungsanlagen.....	205
	HTV-Espenhain.....	205
	HKW-Siebenlehn .....	205
	Xylowatt .....	207
	Hengelo .....	209
	Pyroforce .....	210
	Harboore.....	212
	Domsland.....	213
	Wiener Neustadt.....	214
	Arbre .....	217
	Värnamo .....	218
	Güssing.....	219
	Vermont.....	221
	Umsicht .....	222

---

Carbo-V .....	224
CarboCompact.....	225
DTU-Anlage.....	227
Blauer Turm .....	228
D Maßzahlen der technischen Bewertung.....	230
E Verfahrensfließbilder.....	232
F Technische Kennzahlen der Konzepte .....	241
G Ökonomischen Kennzahlen der Konzepte .....	243
<b>Lebenslauf.....</b>	<b>248</b>