

Dipl.-Ing. Dirk Boeddicker, Essen

**Thermodynamische und
energiewirtschaftliche
Bewertung eines Kombi-
Kraftwerks mit integrierter
Kohlevergasung und
CO₂-Rezyklierung**

Reihe **6**: Energietechnik

Nr. **368**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VIII
1 Einleitung und Problemstellung	1
2 Methoden der CO₂-Rückhaltung	8
2.1 Primärmaßnahmen	8
2.2 Sekundärmaßnahmen	11
2.2.1 Absorptions-Verfahren	11
2.2.2 Membran-Verfahren	13
2.2.3 Verbrennung mit technisch reinem Sauerstoff	14
2.3 Bewertung der Sekundärmaßnahmen	17
3 Thermodynamische Analyse eines Kombi-Kraftwerks mit integrierter Kohlevergasung und CO₂-Rezyklierung	19
3.1 Thermodynamische Analyse von Energieumwandlungsprozessen	19
3.1.1 Energie	19
3.1.2 Exergie	20
3.1.3 EDV-Programmsystem AESTUS	24
3.1.4 Module des Programmsystems AESTUS	25
3.2 Übersicht über Basiskonzepte	36
3.3 Kombi-Kraftwerk mit integrierter Kohlevergasung und CO ₂ -Rezyklierung	39
3.3.1 Berechnungsgrundlagen	43
3.3.2 Autotherme Kohlevergasung	48
3.4 CO ₂ -Gasturbinenprozeß	49
3.4.1 Gasturbinenarbeitsmittel Luft und Kohlendioxid	50
3.4.2 Der geschlossene Gasturbinenprozeß	57
3.5 Thermodynamische Analyse	70
3.5.1 Kombi-Kraftwerk mit integrierter H ₂ O/O ₂ -Kohlevergasung und CO ₂ -Rezyklierung	73
3.5.2 Kombi-Kraftwerk mit integrierter CO ₂ /O ₂ -Kohlevergasung und CO ₂ -Rezyklierung	78
3.5.3 Vergleich der Prozesse	80
3.6 Auslegungspunkte	85
4 Kostenanalyse von Energieumwandlungsprozessen	89
4.1 Kosten der Energieumwandlung	89

4.2	Grundlagen der Projektierung und Vorkalkulation	91
4.3	Methoden zur Vorkalkulation des Anlagekapitalbedarfs im Anlagenbau	95
4.3.1	Vorkalkulation ohne Zuschlagfaktoren	95
4.3.2	Vorkalkulation mit Zuschlagfaktoren	98
4.3.3	Methoden mit spezifischen Daten	102
4.3.4	Detaillierte Kalkulationsmethoden	103
5	Darstellung eines Vorkalkulationsmodells als Basis zur Erstellung von Kostenfunktionen	106
5.1	Darstellung des Vorkalkulationsmodells	106
5.2	Differenzierte Zuschlagfaktoren für Nebenpositionen	110
5.3	Kostenfunktionen für Hauptpositionen	116
6	Thermo-ökonomische Analyse eines Kombi-Kraftwerks mit integrierter Kohlevergasung und CO₂-Rezyklierung	132
6.1	Methode der erweiterten Kreisprozeßcharakteristik	133
6.2	Thermo-ökonomische Analyse von Kombi-Prozessen mit der erweiterten Kreisprozeßcharakteristik	138
6.2.1	Kombi-Kraftwerk mit integrierter H ₂ O/O ₂ -Kohlevergasung und CO ₂ -Rezyklierung	139
6.2.2	Kombi-Kraftwerk mit integrierter CO ₂ /O ₂ -Kohlevergasung und CO ₂ -Rezyklierung	143
6.3	Weitere Kriterien	148
6.3.1	Kosten im Auslegungspunkt	148
6.3.2	Kosten der CO ₂ -Emissions-Vermeidung	149
7	Schlußbetrachtung	151
Anhang		155
Anhang 1	1. Annahmen zur thermodynamischen Analyse der untersuchten Energieumwandlungsanlagen	155
	2. Ansätze zur Berechnung des Eigenbedarfs der Kombi-Kraftwerke mit CO ₂ -Rezyklierung	
	3. Anlagenleistung, Anlagenwirkungsgrad und Eigenbedarf der Kombi-Kraftwerke mit CO ₂ -Rezyklierung im Auslegungspunkt	
Anhang 2	Annahmen zur Kostenanalyse der untersuchten Energieumwandlungsanlagen	160
Anhang 3	Bestimmung des mittleren Degressionsexponenten \bar{n} für einen Benson-Dampferzeugers mit Kohlenstaubfeuerung	165

Anhang 4	Thermodynamische Bewertung offener Gasturbinenanlagen mittels Kreisprozeßcharakteristiken	170
Anhang 5	CO ₂ -Entsorgung	173
Anhang 6	Farbilder (Bild 6.1. bis Bild 6.5.)	174
Literatur		180