



ICEBE
IMAGINEERING
NATURE

Aufgabenstellung

Simulation eines Gas- und
Dampfkraftwerkes zur Erzeugung
von Strom aus Biomasse
mit IPSEpro[®]

Prozesssimulation UE
166.219

2018

Einleitung

Kombinierte Gas- und Dampf-(GuD)-Kraftwerke sind eine verbreitete Möglichkeit, um aus Erdgas oder anderen gasförmigen Brennstoffen Strom zu erzeugen. Anhand eines Beispiels für einen GuD Prozess, der mit Gas aus einer Biomassevergasungsanlage betrieben wird, soll das Verständnis für Prozesssimulation vertieft werden, und Vorteile aber auch Grenzen dieses Werkzeuges aufgezeigt werden.

Aufgabenstellung

Es ist ein Simulationsmodell eines GuD Prozesses in Kombination mit einer Biomassevergasungsanlage zu erstellen. Das prinzipielle Layout des abzubildenden Prozesses ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Vorgabewerte für den Prozess sind in Tabelle 1 bis

Tabelle 5 angeführt.

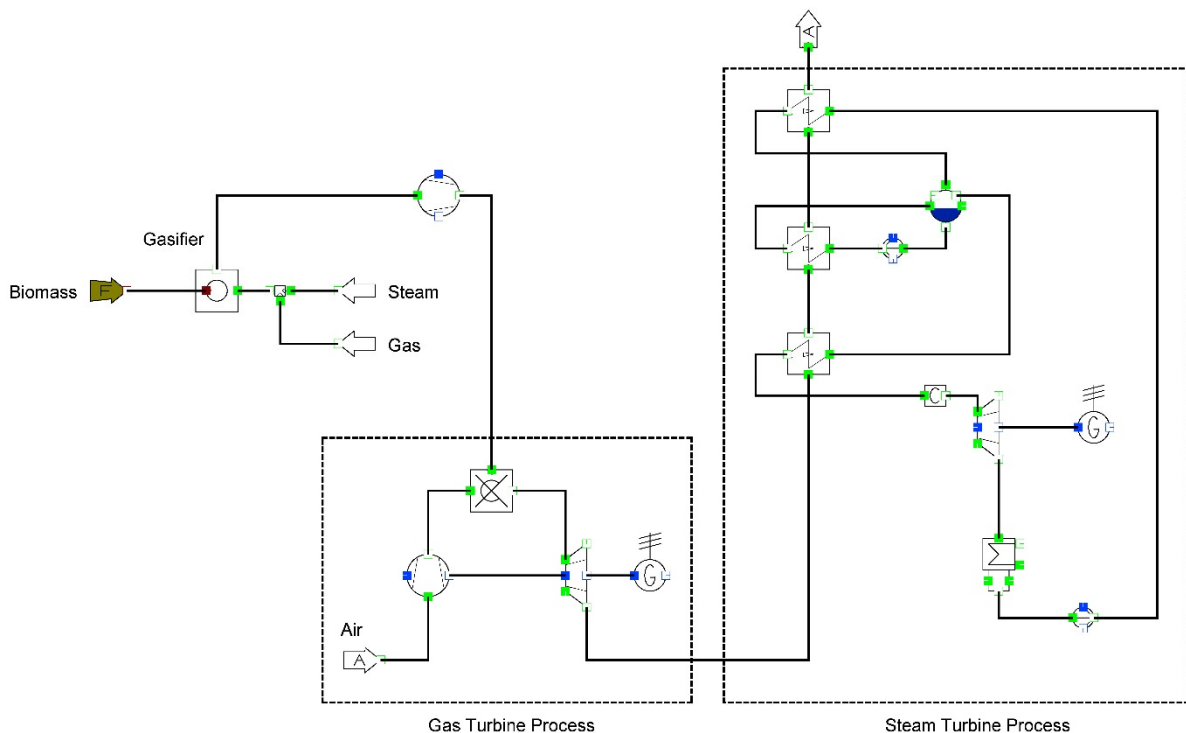


Abbildung 1: Layout des GuD Prozesses in Kombination mit einer Biomassevergasungsanlage

Weiters sollen Verbesserungsmaßnahmen für den Prozess evaluiert werden. Dazu soll einerseits untersucht werden, welchen Einfluss eine Zwischenüberhitzung des Dampfes in der Turbine auf den Wirkungsgrad der Anlage hat. Andererseits soll eine regenerative Speisewasservorwärmung durch Implementierung eines Mischvorwärmers und deren Einfluss auf den Wirkungsgrad der Anlage untersucht werden. In beiden Fällen soll die Wärme an geeigneter Stelle aus dem heißen Abgas der Gasturbinenanlage entnommen werden.

Tabelle 1: Allgemeine Vorgaben

	Wert	Einheit
Mechanischer Wirkungsgrad Gebläse	0,97	-
Isentroper Wirkungsgrad Gebläse	0,85	-
Pumpenwirkungsgrad	0,7	-
Mechanischer Wirkungsgrad Pumpen	0,9	-
Pumpenwirkungsgrad	0,7	-
Elektrischer Wirkungsgrad Generatoren	0,98	-
Mechanischer Wirkungsgrad Generatoren	0,98	-
Druckverluste in Wärmetauschern	0,1	bar
Minimale Temperaturdifferenz in Wärmetauschern	5	°C
Minimale Rauchgastemperatur	130	°C
Seehöhe Standort	40	m
Umgebungstemperatur	15	°C
Relative Luftfeuchtigkeit	60	%

Tabelle 2: Zusammensetzung Biomasse

	Wert	Einheit
C	0,6416	kg/kg
H	0,0492	kg/kg
N	0,0115	kg/kg
O	0,0925	kg/kg
S	0,0356	kg/kg
H ₂ O	0,0771	kg/kg
Asche	0,0925	kg/kg
cp	0,86	kJ/kgK

Tabelle 3: Vorgabewerte Biomassevergasungsanlage

	Wert	Einheit
Biomassestrom	1	kg/s
Temperatur Biomasse	25	°C
Massenstrom Dampf	0,174	kg/s
Druck Dampf	2	bar
Temperatur Dampf	240	°C
Massenstrom Gas	0,731	kg/s
Druck Gas	1,3	bar
Temperatur Gas	90	°C
Anteil N ₂ im Gas	0,1443	kg/kg
Anteil O ₂ im Gas	0,8557	kg/kg
Druck Mischstrom aus Dampf und Gasstrom	1,3	bar
Vergaser Modell	Gasifier_hom	
Druckverlust Vergaser	0,05	bar
Berechnung Heizwert	Formel von Boie	
Wärmeverlust Vergaser	3	%
cp-Wert Asche Vergaser	0,86	kJ/kgK
Temperatur Asche Vergaser	240	°C
Kohlenstoffumsetzung	0,98	kg/kg
Wassergas Shift Reaktion	nicht im Gleichgewicht	
Dampfreformierungsreaktion	nicht im Gleichgewicht	
Anteil CO im Vergasergas	0,75	kg/kg
Anteil H ₂ O im Vergasergas	0,03	kg/kg

Tabelle 4: Vorgabewerte Gasturbinenanlage

	Wert	Einheit
Druck gasförmiger Brennstoff	10	bar
Druck komprimierte Luft	10	bar
Druckverlust Brennkammer	0,1	bar
Temperatur Austritt Brennkammer	1.200	°C
Isentroper Wirkungsgrad Gasturbine	0,9	-
Mechanischer Wirkungsgrad Gasturbine	0,98	-

Tabelle 5: Vorgabewerte Dampfturbinenanlage

	Wert	Einheit
Eingangsdruck Dampfturbine bzw. Hochdruckstufe Dampfturbine	60	bar
Eingangstemperatur Dampfturbine bzw. Hochdruckstufe Dampfturbine	550	°C
Ausgangsdruck Dampfturbine	0,5	bar
Isentroper Wirkungsgrad Dampfturbine	0,9	-
Mechanischer Wirkungsgrad beide Druckstufen Dampfturbine	0,98	-
Unterkühlungstemperatur Kondensator	2	°C
Druckverlust Kondensator, heiße Seite	0,01	bar
Druckverlust Kondensator, kalte Seite	0,1	bar
Druckverluste Dampftrommel	0,5	bar
Temperaturdifferenz Annäherungspunkt Dampftrommel	7	°C
Rezirkulationsrate Dampftrommel	8	-
Temperatur Abgas	150	°C

Vorgehensweise

- Aufbau des Basis-Flowsheets
- Berechnung des Basis-Flowsheets

- Sensitivitäts-Analyse: Einfluss der Temperatur des Abgases am Austritt des Dampfturbinenkreislaufes auf den elektrischen Wirkungsgrad der Anlage. In welchen Grenzen kann die Rauchgastemperatur variiert werden (Achtung: minimale Temperaturdifferenzen in den Wärmetauschern beachten!).
- Abänderung des Basis-Flowsheets zu einem Flowsheet mit Zwischenüberhitzung: Ausführung der Dampfturbine als zweistufige Turbine. Überhitzung des Dampfes aus der Hochdruckturbine auf eine Überhitzungstemperatur von 600 °C mittels Wärmetausch mit dem Vergasergas nach der Verdichtung auf 10 bar.

Tabelle 6: Vorgabewerte zweistufige Dampfturbine für Zwischenüberhitzung

Isentroper Wirkungsgrad Niederdruckstufe Dampfturbine	0,9	-
Isentroper Wirkungsgrad Hochdruckstufe Dampfturbine	0,89	-
Mechanischer Wirkungsgrad beide Druckstufen Dampfturbine	0,98	-
Druck am Austritt Hochdruckstufe Dampfturbine	20	bar

- Berechnung des Flowsheets mit Zwischenüberhitzung und Vergleich mit dem Basis-Flowsheet.
- Sensitivitäts-Analyse: Einfluss des Druckniveaus am Austritt der Hochdruckstufe der Dampfturbine auf den elektrischen Wirkungsgrad der Anlage. In welchen Grenzen kann das Druckniveau erhöht bzw. verringert werden (Achtung: minimale Temperaturdifferenzen in den Wärmetauschern beachten!).
- Abänderung des Basis-Flowsheets zu einem Flowsheet mit regenerativer Speisewasservorwärmung: Ausführung der Dampfturbine als zweistufige Turbine und Implementierung eines Mischvorwärmers (Unit „deaerator“). Ein Teil des Dampfstromes am Austritt der Hochdruckturbine soll zur Erwärmung des Speisewassers im Mischvorwärmer genutzt werden.

Tabelle 7: Vorgabewerte Flowsheet mit regenerativer Speisewasservorwärmung

Isentroper Wirkungsgrad Niederdruckstufe Dampfturbine	0,9	-
Isentroper Wirkungsgrad Hochdruckstufe Dampfturbine	0,89	-
Mechanischer Wirkungsgrad beider Druckstufen Dampfturbine	0,98	-
Druck am Austritt Hochdruckstufe Dampfturbine	1,5	bar
Druckverluste im Mischvorwärmer	0.01	bar

- Berechnung des Flowsheets mit regenerativer Speisewasservorwärmung und Vergleich der Ergebnisse mit dem Basis-Flowsheet bzw. dem Flowsheet mit Zwischenüberhitzung.

Fragestellung/Inhalt Bericht

- Aufgabenstellungen.
- Darstellung der erstellten Flowsheets.
- Diskussion der berechneten elektrischen Wirkungsgrade und produzierte Strommengen der Teilprozesse und des Gesamtprozesses für das Basis-Flowsheet.
- Diskussion des berechneten Wirkungsgrades des Gesamtprozesses für das Flowsheet mit Zwischenüberhitzung inklusive Ergebnisse der Sensitivitäts-Analyse.
- Diskussion des Wirkungsgrades des Gesamtprozesses für das Flowsheet mit regenerativer Speisewasservorwärmung inklusive Vergleich zum Basis- Flowsheet und zum Flowsheet mit Zwischenüberhitzung.

Wir freuen uns über Feedback zur Übung (Verbesserungsmöglichkeiten? Wo haben Sie sich schwer getan? Wo ist mehr Hilfestellung notwendig?) und über Ihre Meinung zu den Tools und ihre Verwendung.

Viel Spaß beim Kennenlernen von IPSEpro!