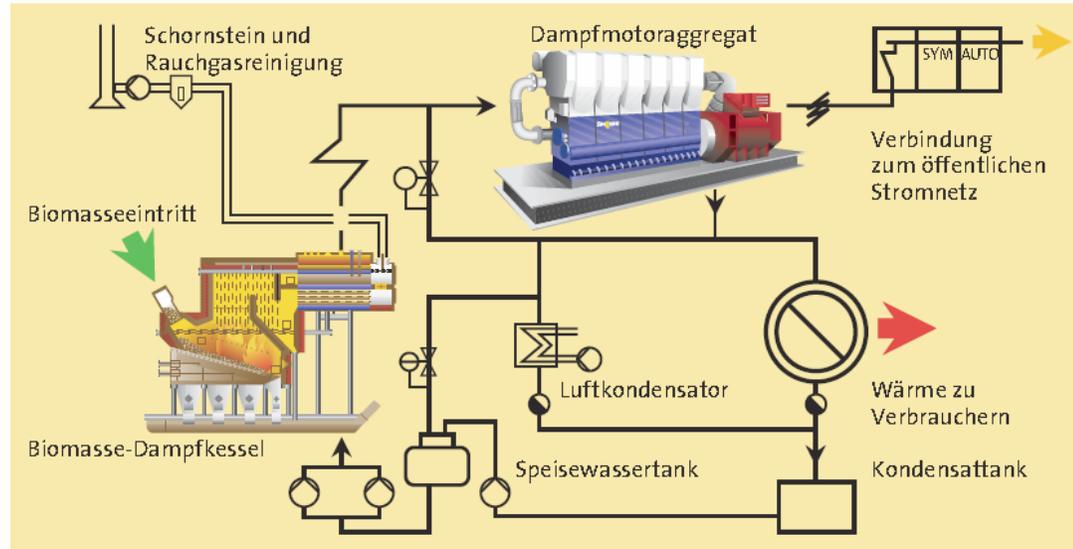


Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung mit Dampfturbine



Die Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologie auf Basis einer Dampfturbine stellt eine interessante und praxiserprobte Anwendung zur Stromerzeugung aus fester Biomasse im Leistungsbereich ab 2 MW elektrisch dar.

Auf Basis eines Dampfschraubenmotors wird bei fester Biomasse ein Leistungsbereich mit einer Nennleistung von 100 kW_{el} bis ca. 2.500 kW_{el} abgedeckt.

Da das Prinzip gleich ist nehmen wir hier das Beispiel an Hand des Dampfturbinenprozesses.



Der Dampfprozess zur Stromproduktion wird immer in die Teilsysteme Feuerung (Verbrennung der Biomasse), Dampfsystem (Dampfkessel und Dampfverteilung), Dampfturbine mit Generator sowie in das Speisewasser- und Kondensatsystem gegliedert.

Bezüglich Feuerungstechnologie werden üblicherweise Rostfeuerungen oder ab Feuerungswärmeleistungen von 20 bis 30 MW auch Wirbelschichtfeuerungen realisiert.

Im unteren Leistungsbereich der Dampfturbinentechnologie kommen als Dampferzeuger entweder noch Rauchrohr- oder bereits Wasserrohrkessel zum Einsatz. Im Leistungsbereich ab 5 MW_{el} wird der Dampf aufgrund der höheren, erzielbaren Frischdampfparameter in Wasserrohrkesselanlagen produziert.

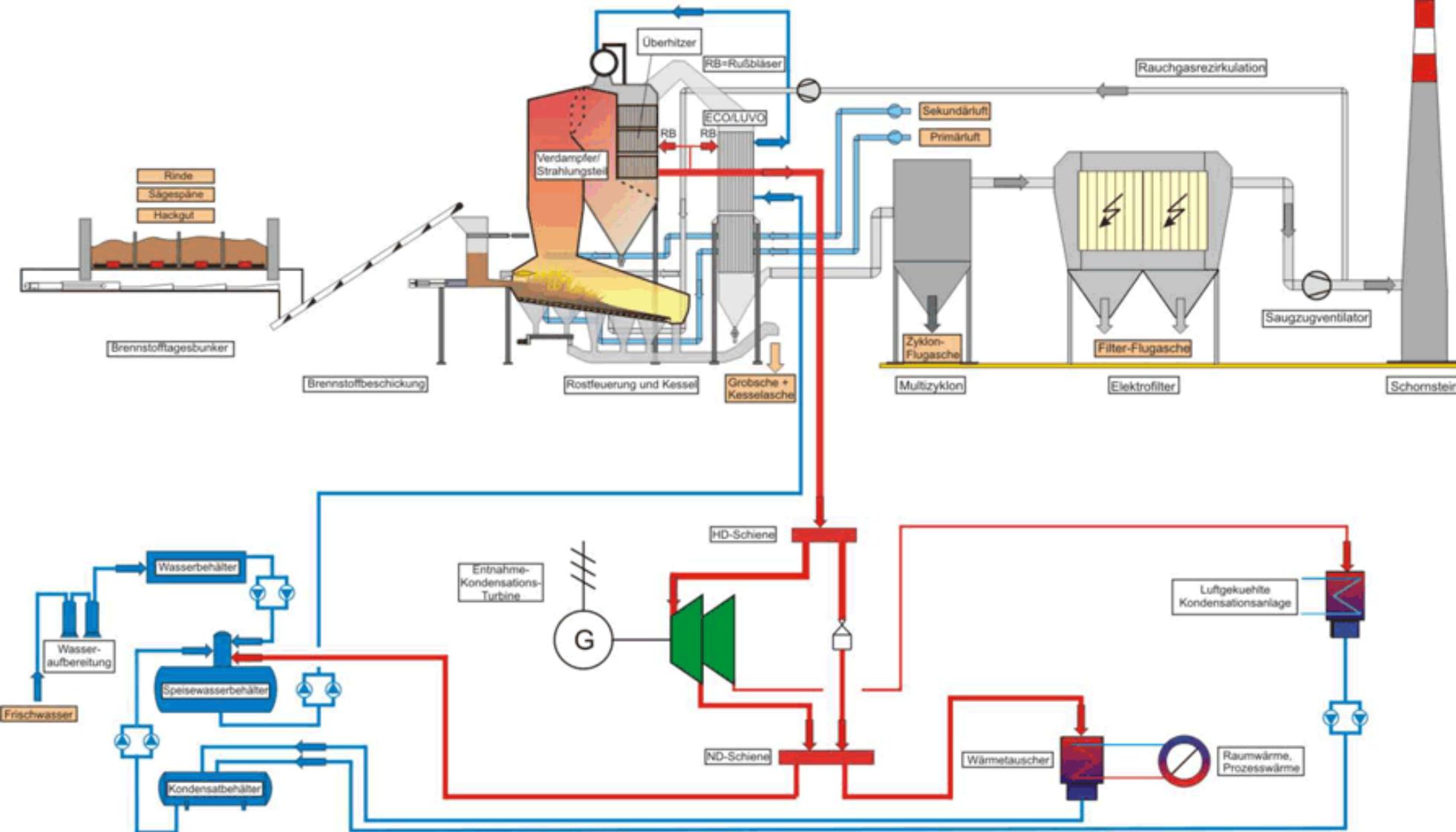
Hinsichtlich Dampfturbinentechnologie ist zwischen Gegendruckturbinen und Entnahme-Kondensationsturbinen zu unterscheiden. Ist am Standort ein ganzjähriger, konstanter Wärmebedarf in Form von Heißwasser oder Niederdruckdampf gegeben werden Gegendruckturbinen eingesetzt. Dort wo eine Entkopplung zwischen Stromerzeugung und Wärmebedarfsdeckung erforderlich ist, kommen Entnahme-Kondensationsturbinen zum Einsatz, um in Betriebszeiten mit niedrigem bzw. keinem Wärmebedarf den nicht für die Wärmebereitstellung erforderlichen Dampf im Niederdruckteil der Turbine zu verstromen.

Arbeitsprinzip

Das Arbeitsprinzip entspricht dem klassischen Clausius-Rankine-Prozess. Im Dampfkessel wird Wasser bei hohem Druck bis zum Siedpunkt erwärmt, verdampft und anschließend im Überhitzer auf entsprechend hohe Temperaturen überhitzt. Der Dampf wird dann in einer Turbine unter Verrichtung von Arbeit entspannt und im Kondensator unter Wärmeabgabe verflüssigt. Das Kondensat wird von der Speisewasserpumpe auf Kesseldruck gebracht und wieder in den Kessel gefördert.

Das ist vereinfachte Anlagenschema eines Biomasseheizkraftwerkes mit der Basis einer Dampfturbine.

best bio
energy





In Abhängigkeit der Rahmenbedingungen am Anlagenstandort im Bezug auf Brennstoffanlieferung, Zwischenlager und Grad der Automatisierung sowie in Abhängigkeit der verschiedenen Brennstofffraktionen (Rinde, Hackgut und Sägespäne) kommen verschiedene Brennstofffördersysteme zum Einsatz, um den Brennstoff vom Brennstofflager in die Feuerung zu transportieren.

In Vorschubrostfeuerungen wird der Brennstoff mittels hydraulischer Einschubvorrichtungen horizontal auf den Rost aufgegeben. Der Vorschubrost selbst besteht aus beweglichen und fixen Reihen von Roststäben.

Der Dampfkessel besteht aus den Verdampferrohren, sowie den Überhitzer- und Economiserbündeln die sehr häufig in Vierzugbauweise (siehe auch Abbildung 2) angeordnet sind. Einige Hersteller situieren zusätzlich noch Verbrennungsluftvorwärmerbündel im Rauchgasstrom. Andere wärmen die Verbrennungsluft mit Dampf oder Heißwasser vor.

Das aus dem Wasser-Dampf-Kreislauf kommende Speisewasser wird in den Economiserbündeln knapp unter die Siedepunkttemperatur vorgewärmt. Die Economiserbündel sind wasserseitig die ersten Wärmetauscherflächen des Dampfkessels in denen die Rauchgasenergie vor Austritt aus dem Kessel noch entsprechend genutzt wird.

In der Brennkammer wird die im Brennstoff gebundene Energie freigesetzt und über den Kessel und die Wärmetauscherflächen dem Wasser-Dampf-Kreislauf zugeführt. Das vorgewärmte Wasser wird in den Verdampferrohren verdampft und gelangt in die Dampftrommel. Gewöhnlich bilden die vertikal angeordneten Verdampferrohre teilweise auch die Wände der Brennkammer. Die Dampftrommel ist außerhalb des Rauchgasstromes angeordnet. Der Sattedampf wird von der Dampftrommel abgezogen und dem Überhitzer zugeführt.

Der Überhitzer nutzt Rauchgas auf einem hohen Temperaturniveau für die Überhitzung des Dampfes. Besonderes Augenmerk ist dabei auf etwaig auftretende Hochtemperatur-Korrosionsmechanismen zu legen, die die Anordnung der Überhitzerbündel in einem besonders geschützten Temperaturgebiet erforderlich machen.

Nach der Kesselanlage werden üblicherweise Multizyklonanlagen und Elektro- oder Gewebefilter zur Vorentstaubung bzw. zur Feinstaubabscheidung eingesetzt. Der überhitzte Dampf wird mit entsprechend hoher Temperatur und hohem Druck über die Frischdampfleitung der Turbine zugeführt und dort entspannt. Bei einer Entnahme-Kondensationsturbine wird der Dampf im Hochdruckteil der Turbine bis zu jenem Entnahmedruck abgearbeitet, der für die Versorgung der Wärmeabnehmer erforderlich ist. Der Großteil des Entnahmedampfes wird im Heizkondensator niedergeschlagen. Ein kleinerer Teil wird für die Beheizung des Speisewasserbehälters eingesetzt. Der nicht an der Entnahmestelle abgezogene Dampf wird im Niederdruckteil der Turbine ins Vakuum entspannt und anschließend bei konstantem Druck kondensiert. Je nach Gegebenheiten am Standort der Anlage werden für die Kondensation des Abdampfes luftgekühlte Kondensationsanlagen oder wassergekühlte Kondensatoren eingesetzt.

Die Turbinen-/Generatoreinheit umfasst grundsätzlich folgende Module:

- Dampfturbine
- Getriebe-/Generatoreinheit
- Schmierölsystem
- Regelölsystem
- Mess-, Steuer- und Regelsystem



Im Wasser-Dampf-Kreislauf wird vollentsalztes Wasser eingesetzt, um einen störungsfreien Kesselbetrieb aufrecht erhalten zu können. Hierfür werden in der Wasseraufbereitungsanlage Verunreinigungen, die im Rohwasser in gelöster und ungelöster Form enthalten sind, entfernt.

Im Wasser-Dampf-Kreislauf treten Verluste durch Absatzung und Abschlammung sowie durch Probenahmen auf. Diese werden durch vollentsalztes Wasser aus der Wasseraufbereitungsanlage ergänzt.

Relevante technische Daten und Wirkungsgrade der Dampfturbine



Für den Fall, dass nur chemisch unbehandelte holzartige Brennstoffe eingesetzt werden, sind, nach derzeitigem Stand der Technik, Frischdampftemperaturen bis ca. 540°C möglich, beim Einsatz von Altholz müssen die Frischdampftemperaturen aufgrund des erhöhten Depositions- und Korrosionsangriffes auf rund 450°C abgesenkt werden.

Die erreichbaren elektrischen Jahresnutzungsgrade (= jährlich produzierte Strommenge / eingesetzte Brennstoffmenge [Hu] pro Jahr) sind von den Frischdampfparametern (Temperatur, Druck) einerseits und vom erforderlichen Temperaturniveau für die Prozess- bzw. Fernwärmeauskopplung andererseits abhängig. Sie liegen für Biomasse-KWK-Anlagen im Leistungsbereich zwischen 2 und 20 MWel üblicherweise zwischen 18 und 30%.

Dampfparameter und elektrische Leistungen:



- Frischdampfperatur: 450 – 540 °C
- Frischdampfdruck: 20 – 100 bar(a)
- Frischdampfleistung: 10 – 125 t/h
- Gegendruck bzw. Entnahmedampfdruck: 1 – 10 bar
- Abdampfdruck: 0,05 – 0,60 bar(a)
- Elektrische Leistung: 2 – 25 MW_{el}
- Elektrischer Jahresnutzungsgrad: 18 – 30 %

Zusammenfassung



Der thermischen Nutzung fester biogener Brennstoffe zur Wärme- und Stromerzeugung kommt in Europa- und weltweit eine steigende Bedeutung zu, da diese Energieträger unter Voraussetzung einer nachhaltigen Forst- und Landwirtschaft weitgehend CO₂ neutral sind und die regionale Wertschöpfung erhöhen. Technologien zur schadstoffarmen und effizienten Verbrennung von Biomassefestbrennstoffen wurden in den letzten 5 Jahren entwickelt und auch erfolgreich in den Markt eingeführt. Man unterscheidet hierbei Festbettfeuerungen (Rostfeuerungen), Wirbelschichtfeuerungen und Staubfeuerungen. Die richtige Wahl der Anlagentechnologie hängt von der Art und Charakteristik des eingesetzten Biomassen-Brennstoffes sowie von der erforderlichen Anlagengröße ab. Holz- als auch halmgutartige Brennstoffe können heutzutage umweltfreundlich energetisch genutzt werden. In den letzten Jahren wurden auch verstärkt Technologien zur Stromerzeugung im Leistungsbereich bis etwas 2 MWel. entwickelt bzw. verbessert, welche für den Einsatz in Biomasse-KWK-Anlagen sehr erfolgsversprechend scheinen. Derartige Anlagen sollten überwiegend wärmeführend betreiben werden, um hohe Gesamtwirkungsgrade zu erreichen und eine Anagenauslastung von größer 4.000 Vollnutzungsstunden aufzuweisen. Derzeit gibt es zwei marktreife Technologien zur dezentralen Stromerzeugung auf Basis Verbrennung von fester Biomasse. Es sind die der Dampfturbinen- und der Dampfkolbenmotorprozess. Drei innovative Technologien, nämlich der Dampfschraubenmotorprozess, der Stirlingmotor Prozess und der ORC- Prozess haben bereits ein hohes Entwicklungsniveau erreicht, wurden bereits erfolgreich demonstriert und haben eine gute Markteinführung hinter sich. Alle Technologien haben einen sehr hohen Spielraum für technischen und wirtschaftliche Weiterentwicklungen und Erschließungen für Potenziale und es sich durchaus noch deutliche Effizienzsteigerungen bei gleichzeitiger Kostensenkung möglich.



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**