

# Das Biomassekraftwerk E-Wood – flexible Wirbelschichttechnologie für anspruchsvolle Brennstoffe

Johannes Gernert, Sebastian Zimmer und Detlef Simon

## 1 Einleitung

Mit dem Biomassekraftwerk E-Wood wurde in Doel, Belgien eine hochmoderne Biomasse-Kraftwerksanlage realisiert, die auf die thermische Verwertung von rund 150.000 Tonnen Altholz und biogenen Reststoffen pro Jahr ausgelegt ist. Hauptsächlich sind das Altholz der Klassen A-3 und A-4 (B-/C-Category) sowie kleinere Mengen Übergrößen aus der Kompostierung sowie Landschaftspflegeholz. Die Feuerungswärmeleistung von 71,3 MW und die daraus resultierende elektrische Nettoleistung von knapp 20 MW werden durch ein besonders flexibles und robustes Anlagenkonzept ermöglicht, das gezielt auf heterogene Brennstoffe zugeschnitten ist.

Der Beitrag beschreibt das neue Biomasse-HKW mit seinen wesentlichen Komponenten: Feuerung, Dampferzeuger und Rauchgasreinigung. Im Zentrum der Anlage steht die stationäre Wirbelschichtfeuerung, die durch ihre gleichmäßige Temperaturverteilung, hohe Durchmischung und extensive Luftstufung eine besonders stabile und emissionsarme Verbrennung gewährleistet. In Kombination mit dem hängenden Wasserrohrkessel in vertikaler Zuganordnung ermöglicht sie eine zuverlässige Dampferzeugung bei hoher Effizienz.

## 2 Aufbau der Anlage

Der Anlagen-Aufbau besteht im Wesentlichen aus 5 Verfahrenseinheiten. Diese sind wie folgt aufgebaut (Bild 1) und werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

- Brennstoffsystem mit Annahme, Aufbereitung, Lagerung und Transport
- Stationäre Wirbelschichtfeuerung, Brennstoff-Vorlagebehälter und Dosierung, Asche-/Sandsystem
- Dampferzeuger in vertikaler 4-Zug-Bauweise, mit Reinigungseinrichtungen und Entaschung sowie einer selektiven nicht-katalytischen Entstickung (SNCR) im ersten Kesselzug.
- Rauchgasreinigung (Trockensorption) mit Zyklon-Abscheider, Gewebefilter, Adsorbens-Eindüsung und Entaschung
- Wasser- / Dampf-Kreislauf mit Dampfturbine/Generator, LUKO und Nebengewerken wie Speisewasser-Behälter, Entgaser, Speisepumpen, etc.

## 3 Brennstoffsystem mit Annahme, Aufbereitung und Transport

Der Brennstoff wird mit LKWs zur Anlage geliefert (Bild 2). Am Eingang des Betriebsgeländes werden die LKWs zunächst gewogen, dann fahren die LKWs in die Brennstoffhalle des Biomasse HKW wo der Brennstoff in einem freien Bereich vor oder

direkt auf einen der 6 Schubböden abgeladen wird. Es können sowohl Kipp-LKWs als auch Schubboden LKWs eingesetzt werden. Danach erfolgt die weitere Förderung in die Brennstoff-Aufbereitung. Diese besteht aus einer Scheibensieb-Anlage zur Abscheidung der Übergrößen und einer Eisenmetall-Abscheideanlage (Überbandmagnetabscheider). Die Brennstoff-Übergrößen werden einem Schredder zugeführt und nach der Zerkleinerung dem Brennstofftransport wieder zugegeben. Es besteht auch die Möglichkeit, z.B. wenn Wartungen am Schredder durchgeführt werden, die Übergrößen mittels eines Förderbands in einen außerhalb des Brennstoffaufbereitungsgebäudes aufgestellten Container auszuschleusen. Das abgeschiedene Eisenmetall wird kontinuierlich in einen außen aufgestellten Container gefördert.

Der aufbereitete Brennstoff wird über Kratzkettenförderer zum Kesselhaus befördert und in den Brennstoff-Vorlagebehälter eingebracht. Das gesamte Brennstoffaufbereitungs- und Transportsystem ist vollständig redundant aufgebaut.

## 4 Feuerung

### 4.1 Brennstoff-Vorlagebehälter und Dosierung

Die Brennstoffvorlage und Dosierung ist ebenfalls redundant aufgebaut. Dies als Rundsilos ausgeführten Vorlagebehälter werden jeweils mittels einer reversierbaren Doppelschnecke kontinuierlich und gleichmäßig entsprechend der Levelmessung im Behälter von oben nachgefüllt. Der Brennstoff wird jeweils mittels einer weiteren Doppelschnecke über eine exzentrisch angeordnete Öffnung im Siloboden abgezogen. Um den Materialfluss zum Austrag zu verbessern und um Brückenbildung zu vermeiden, ist ein zentral im Siloboden gelagerter Rotor vorgesehen.

Die Siloaustragsschnecken fördern den Brennstoff in einen als Vorlage für die Do-

## Autoren

Dr. Johannes Gernert  
Sebastian Zimmer, M.Sc.  
Detlef Simon  
Standardkessel  
Baumgarte GmbH  
Mülheim an der Ruhr,  
Deutschland

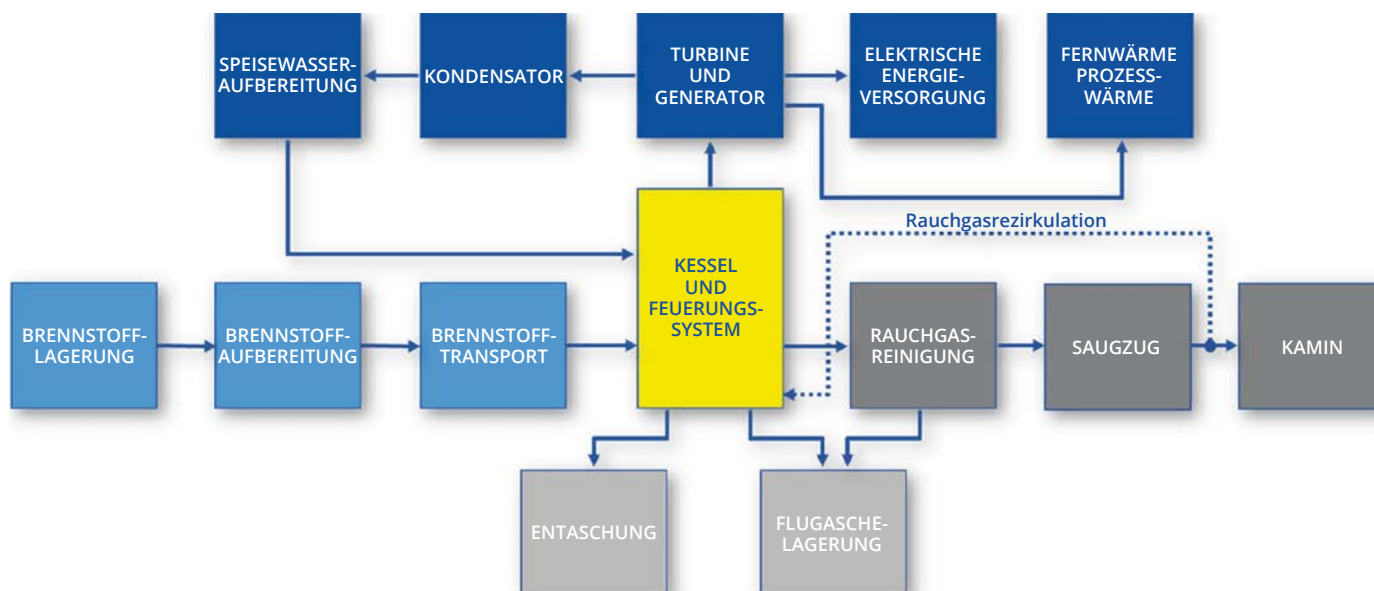


Bild 1. Anlagen-Aufbau.



Bild 2. Brennstoff-Lager und Brennstoff-Transport.

sierschnecken dienenden kleinen Dosierbehälter. Durch die Trennung von Vorlage und Dosierung wird der Druck auf die Dosierschnecke minimiert und damit die Regelgüte der Dosierung verbessert. Die leicht ansteigend angeordneten Dosierschnecken sind als Doppelschnecken mit in Förderrichtung aufweitendem Wendelabstand ausgeführt.

Die Dosierschnecken fördern den Brennstoff in die quadratischen, steil angestellten Brennstoffschürren. Diese fördern den Brennstoff gravimetrisch über die Vorderwand in die Feuerung. Für die Sicherstellung des Luftabschlusses ist im oberen Teil der Schürre eine Zentralschleuse vorgesehen. Um nach Abschaltung der Feuerung die Vorlage vom Feuerraum zu trennen ist zusätzlich ein fehlersicherer pneumatisch angetriebener Flachschieber vorgesehen. Die Brennstoffschürren werden während des Betriebes im unteren Bereich mit rezirkuliertem Rauchgas gekühlt. Sie sind so angeordnet, dass der Brennstoff optimal direkt in die stationäre Wirbelschicht eingetragen wird.

## 4.2 Stationäre Wirbelschicht

Die Wirbelschicht hat die Funktion, den zugeführten Brennstoff aufzunehmen, gleichmäßig über den Querschnitt des Feuer-

raums zu verteilen, zu erwärmen, trocknen und zu vergasen bzw. zu verbrennen.

Die Wirbelschicht besteht aus feinkörnigem, inertem Material, das durch das von unten mit hohem Überdruck einströmende aus Verbrennungsluft und rezirkuliertem Rauchgas bestehende Primärgas in der Schwebe gehalten wird. Diese Schicht aus Primärgas und feinkörnigem Material wird auch als Wirbelbett bezeichnet. Das feinkörnige Material befindet sich in einem quasi-flüssigen Zustand, der zu einer intensiven und turbulenten Bewegung der einzelnen Partikel führt. Diese sorgt für eine sehr gleichmäßige Material- und Temperaturverteilung, einen intensiven Wärme- und Stoffaustausch und damit für homogene Verbrennungsbedingungen. Der Brennstoffanteil im Wirbelbett beträgt lediglich 1 - 2 % des gesamten Bettmaterials, weshalb das Bettmaterial eine außerordentlich gute Pufferfunktion bei kurzfristigen Schwankungen der Brennstoffqualität oder Brennstoffmenge aufweist.

Bei einem Kaltstart des Dampferzeugers wird die Wirbelschicht zunächst mit Hilfsbrennern auf ihre Betriebstemperatur erwärmt. Anschließend wird der Brennstoff über die Brennstoffdosierung auf die Wir-

belschicht aufgegeben und taucht in die Wirbelschicht ein.

Die Wirbelschicht selbst wird unterstöchiometrisch betrieben, d.h. der Brennstoff wird zunächst in ein Pyrolysegas umgewandelt, welches zum großen Teil erst in der nachfolgenden Nachverbrennungszone oxidiert. Die Energiefreisetzung in der Wirbelschicht wird somit beschränkt und die Wirbelschichttemperatur auf typischerweise ca. 700 – 800 °C eingestellt. Die Temperaturregelung der Wirbelschicht erfolgt über den Sauerstoffeintrag aus dem Primärgas (Gemisch aus Primärluft und Rezirkulationsgas). Bei gleichbleibenden Brennstoffeigenschaften führt eine Erhöhung des Sauerstoffeintrags zu einer erhöhten Oxidationsrate im Wirbelbett und damit zu einer Temperaturerhöhung.

Mit dem Brennstoff eingetragene schwere Fremdstoffe wie Steine oder metallische Teile sowie Grobasche, werden über den Düsenboden abgezogen, ausgesiebt und in einem Container für Grobmaterialien gesammelt. Die Feinfraktion wird in die Wirbelschicht zurückgeführt oder, abhängig vom Bettmaterialhaushalt, dem Aschecontainer zugeführt.

## 4.3 Freeboard (Nachverbrennungszone)

Über dem Wirbelbett (Bild 3) befindet sich eine Nachverbrennungszone (Freeboard), welche die Funktion hat, die in der Wirbelschicht erzeugten Pyrolysegase vollständig zu verbrennen. Die Nachverbrennung wird so ausgelegt und betrieben, dass zum einen die Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases möglichst gering ist, um ein Mitreißen von Bettmaterial und Holzkohlepartikel zu minimieren und entsprechende Verweilzeiten für den vollständigen Ausbrand zu ermöglichen, zum anderen der Sauerstoffgehalt, die Temperaturen und Verweilzeiten so eingestellt sind, dass die

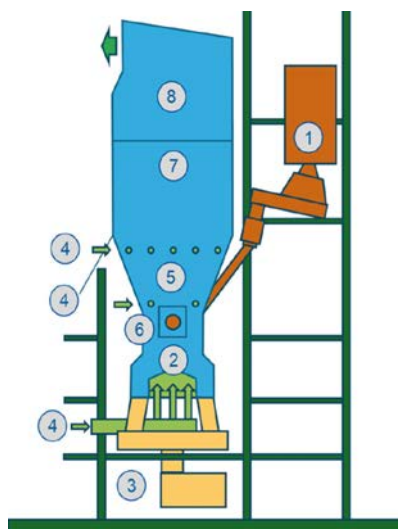


Bild 3. SBG Wirbelschichtfeuerung.

Bildung von Roh- $\text{NO}_x$  so gering wie möglich bleibt.

Über drei Ebenen wird gestuft vorgewärmte Verbrennungsluft und Rezirkulationsgas eingeblasen. Die Aufteilung der Luftmengen auf die Luftebenen erfolgt so, dass Energiefreisetzung durch die Teilverbrennungen und Wärmeentnahmen in den einzelnen Abschnitten des Freeboards im Gleichgewicht sind. Hierzu wird die Gastemperatur im Freeboard direkt mittels Strahlungspyrometern gemessen und auch die akustische Gastemperaturmessung (AGAM) genutzt. Die Verbrennungsluft und das Luft-/ Rezirkulationsgasgemisch werden mit hohem Impuls in den Feuerraum eingeblasen. Dadurch wird eine sehr gute Durchmischung der teilverbrannten Gase aus der Wirbelschicht mit der restlichen Verbrennungsluft erreicht. Die CFD-optimierte Auslegung der Sekundär- und Tertiärluftdüsen und die Bemessung der Tertiärluftmenge erfolgt so, dass das Rauchgas vollständig in die Freistrahlen der Sekundär- und Tertiärluft aufgeso-

gen wird. Die Menge des Luft-/ Rezirkulationsgasgemischs (2. Ebene) wird über die Temperatur im oberen Bereich des Freeboard geregelt. Die Verbrennungsluftmenge wird zum einen über die Freeboard-Temperatur (1. Ebene) und zum anderen über den  $\text{O}_2$ -Gehalt des Rauchgases (3. Ebene) geregelt. Im Teillastbetrieb kann die oberste Verbrennungslufteindüsung abgeschaltet werden.

Zur Reduzierung der Stickoxid-Frachten ist eine SNCR-De $\text{NO}_x$ -Anlage vorgesehen. Durch die Eindüsung von Harnstoff im oberen Bereich des Freeboard wird der  $\text{NO}_x$ -Gehalt der Rauchgase auf den entsprechend der Genehmigung vorgegebenen Wert von  $< 120 \text{ mg/Nm}^3$  reduziert. Die Eindüsung ist in mehreren Ebenen angeordnet. Das Temperaturprofil über den Querschnitt des Freeboards wird kontinuierlich mittels akustischer Temperaturmessung überwacht. So kann der Freeboard im Bereich der SNCR-Düsenebenen in verschiedene Quadranten aufgeteilt werden und die Eindüsung den

Anforderungen der SNCR (RG-Geschwindigkeit und Temperatur) entsprechend geregelt werden.

Zum Schutz der Membranwände und zur Stabilisierung der Rauchgastemperatur (Sicherstellung der Verweilzeit, insbesondere im Teillastbereich) sind in den unterschiedlichen Zonen des ersten Kesselzuges verschiedene Plattenmaterialien als Auskleidung vorgesehen. Im unteren Bereich sind hochwärmeleitende Plattenmaterialien verwendet, im oberen Bereich sind weniger leitende Plattenmaterialien eingesetzt

#### 4.4 Düsenboden

Zum Einsatz kommt der SBG-Düsenboden in geschlossener und geneigter Ausführung (Bild 4). Die Grobasche und die Störstoffe werden über die Neigung des Düsenbodens nach außen zu den großen rechteckigen Austragsschächten abgeleitet.

Diese Art von Düsenboden empfiehlt sich insbesondere für Abfallbrennstoffe mit hohen Mengen an großformatigen Störstoffanteilen.

Der Düsenboden ist mit einer feuerfesten Auskleidung versehen, um die Konstruktion vor Verschleiß durch das heiße Wirbelbett zu schützen.

Die Primärgas-Düsen sind auf vertikal angeordnete Rohre aufgeschraubt. Der minimal erforderliche Druckabfall der Düsen für eine gleichmäßige Gasverteilung wird durch die Anzahl und Größe der Düsenbohrungen gewährleistet.

Der komplette Düsenboden besteht aus einer Stahlblechkonstruktion, die in das Kesselsystem integriert ist. Der Düsenboden, der an den Eintrittssammlern der Membranwand befestigt ist, bewegt sich so mit der Außenmembran vom kalten zum heißen Zustand mit.

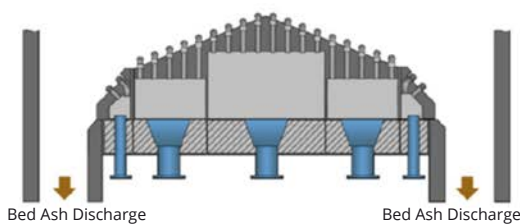


Bild 4. Düsenboden





Um den Eigenbedarf für die Gebläse zu reduzieren und eine Anpassung der Primär-gas-Verteilung zu ermöglichen, ist der Düsenboden mit separaten Gaszonen ausgestattet, welche durch verschiedene Booster-gebläse gespeist werden.

#### 4.5 Asche- und Sandkreislauf

Das Gemisch aus Bettmaterial und grober Asche/Störstoffe wird über zwei wassergekühlte Schurren zu der darunterliegenden wassergekühlten Doppelschnecke transportiert (Bild 5). Der Ein- und Auslaufquerschnitt des Austrags ist so dimensioniert, dass auch größere Störstücke problemlos ausgetragen werden können.

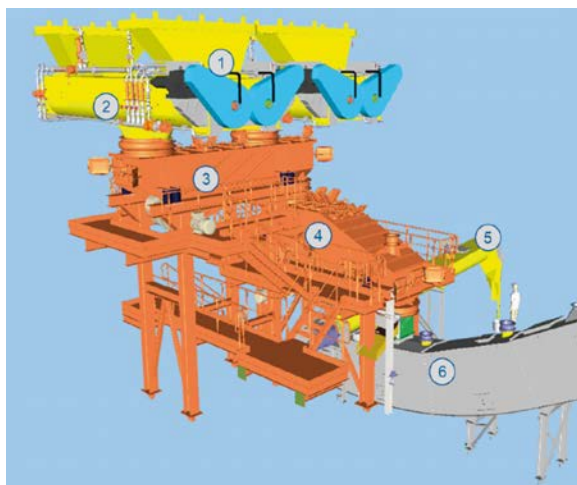
Die Schnecke fördert das heiße Material zur mittig angeordneten Auslassöffnung. Dieses Konzept ist sehr unempfindlich gegenüber Verstopfungen oder Materialansammlungen, die sich innerhalb der Wirbelschicht bilden können. Die Schnecken und Antriebe werden so ausgelegt, dass sie auch in der Lage sind Materialklumpen zu brechen. Die Kühlung von Gehäuse und Welle führt zu niedrigen Materialoberflächentemperaturen, wodurch der Abrieb durch den heißen, scharfkantigen Sand reduziert wird. Durch den Einsatz von Doppelschnecken kann die Drehzahl jeder Schnecke im Vergleich zur Einzelschneckentechnologie auf die Hälfte reduziert werden. Außerdem werden die Schneckengänge mit einer verschleißfesten Auftragsschweißung versehen. Um abhängig von betrieblichen Anforderungen die optimale Fördergeschwindigkeit einzustellen und bei einer notwendigen Entleerung des Fließbettes einen schnellen Austrag des Sandes zu ermöglichen, sind beide Doppelschnecken mit Frequenzumrichtern ausgestattet.

Das von den Doppelschnecken ausgetragene Material wird mittels Vibrorinne weiter zur Siebmaschine -geführt. Um den Abrieb zu minimieren, sind die kritischen Abschnitte des Schwingförderers mit Verschleißplatten ausgestattet.

Das zweistufige mechanische Schwingsieb siebt kontinuierlich Grob- und Feinmaterial mit einer für die Fluidisierung ungeeigneten Korngröße aus. Dies ist für eine stabile und ungestörte Fluidisierung des Bettes essenziell. Die Siebmaschine zeichnet sich durch eine gute Trennstellengenauigkeit, geringe Sandverluste und eine verschleißfeste Konstruktion aus.

Die Grobasche und Störstoffe wie Steine und Metalle werden über einen Troglplattenbandförderer und eine Zwei-Wege-Weiche zu den beiden Aschebehältern transportiert.

Das Unterkorn wird über eine einzelne Förderschnecke zum Becherwerk transportiert. Der Schneckenförderer ist großzügig ausgelegt, um eine hohe Drehzahl der Schnecke und damit Abrasion weitgehend zu vermeiden. Der Trog und die Mitnehmer sind mit einem Verschleißschutz versehen.



##### Funktionseinheiten

- ① Bettasche-Trichter
- ② Wassergekühlte Schnecken
- ③ Vibrations-Förderer
- ④ Siebmaschine
- ⑤ Feinkorn-Austragsschnecke
- ⑥ Troglplattenbandförderer

Bild 5. Bettasche-System.

Das Becherwerk transportiert das Bettmaterial in den Sandtrichter, der mit einem Sandventil und einer Überlaufdüse ausgestattet ist. Im Normalbetrieb fließt der Sand niveaugesteuert über eine Schurre zum Wirbelbett zurück. Wenn Bettmaterial aus dem Prozess ausgetragen werden muss, wird das Material im Sandtrichter aufgestaut und über die Überlaufdüse zu einer Zweiwege-weiche geführt. Hier liegt es im Ermessen des Bedienpersonals, das Material über eine Schurre direkt auf den Troglplattenbandförderer zu fördern und damit zu verwerfen oder in das Sandsilo einzulagern.

Das Sandsilo ist so dimensioniert, dass es das Bettmaterial für eine vollständige Befüllung des Wirbelschicht- und Sandkreislaufs speichern kann. Die Befüllung des Sandsilos mit frischem Sand erfolgt über Silofahrzeuge und einer pneumatischen Förderleitung. Die Entleerung des Sandsilos erfolgt über eine reversierbare Förderschnecke, die entweder die Beschickung der Förderschnecke vor dem Becherwerk oder die Entleerung über Schurren in den Troglplattenbandförderer ermöglicht.

#### 4.6 Entaschung 2. und 3. Kesselzug

Unterhalb des 2. und 3. Kesselzuges sind die Membranwände 2-seitig zu einem Längs-

trichter geformt. Unterhalb der Trichteröffnung befindet sich eine Längs-Schurre mit einer innenliegenden Schnecke. Diese fördert über einen mittigen Auslauf die Asche in ein Trommelsieb (Bild 6). Hier werden grobe und feine Aschepartikel voneinander getrennt. Für die Sicherstellung des Luftabschlusses ist vor dem Sieb eine Zellrad-schleuse angeordnet. Die grobteilige Asche wird mechanisch in einen Container befördert, die feinteilige Asche wird, über eine pneumatische Fördereinrichtung, in das Flugasche-Silo transportiert.

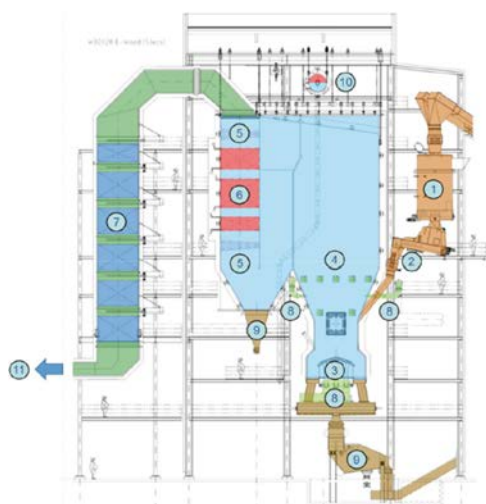
### 5 Dampferzeuger

Der Dampferzeuger (Bild 7) ist als stehender, selbsttragender 4-Zug-Naturumlauf-Kessel konzipiert. Die entstehenden Rauchgase durchströmen zunächst den ersten und zweiten Strahlungszug und werden so auf das erforderliche Temperaturniveau vor dem Eintritt in den dritten Kesselzug (Konvektionszug) heruntergekühlt. Das Speisewasser wird im Economiser vorgewärmt und anschließend in den Membranwänden und im Konvektionsverdampfer verdampft. Der Dampf wird in der Dampftrommel abgeschieden und in den Überhitzern auf die gewählte Dampftemperatur überhitzt. Der somit erzeugte HD-Dampf wird zur Dampftur-



- ① Austrags-Schnecke
- ② Zellrad-schleuse
- ③ Trommelsieb
- ④ Austrag feine Asche
- ⑤ Austrag grobe Asche

Bild 6. Entaschung 2. und 3. Kesselzug.



- ① Brennstoff-Vorlagebehälter
- ② Brennstoff-Aufgabe
- ③ SBG Wirbelschichtfeuerung
- ④ Brennkammer
- ⑤ Verdampfer
- ⑥ Überhitzer
- ⑦ Economiser
- ⑧ Verbrennungsluft
- ⑨ Asche- / Sand-System
- ⑩ Kesseltrommel
- ⑪ Rauchgas zur RGR

Bild 7. Dampferzeuger.



Reinigung von Strahlungsflächen

- ① Sprühdüse
- ② Wasserschlauch
- ③ Schutzkorb
- ④ Führungstrichter
- ⑤ Traverse
- ⑥ Bühne über dem 2. Kesselzug

Bild 8. Wandheizflächen-Sprühreinigung.

bine geführt. Die gesamten Verdampfer-Überhitzer- und Economiser-Heizflächen können vollständig entwässert bzw. wo erforderlich entlüftet werden. Reichlich bemessene Befahrungsgassen ermöglichen eine gute Zugänglichkeit der Heizflächen. Einsteigtüren sowie Schau- und Messöffnungen sind in genügender Anzahl vorhanden. Zur Begehung der Anlage sind Treppen und Bühnen in erforderlichem Umfang vorgesehen.

### 5.1 Wandheizflächen-Sprühreinigung

Die Sprüheinrichtung – oder auch Spray Cleaning System – wird zum Reinigen der Wandheizflächen des zweiten Kesselzuges (Strahlungszug) eingesetzt (Bild 8). Das Reinigungsprinzip basiert auf dem Verdampfungseffekt des Wassers. Beim Reinigen wird Wasser auf die heißen Strahlungsheizflächen gesprüht. Ein Teil des Wassers dringt leicht in die Verschmutzung ein und verdampft durch die hohen Temperaturen augenblicklich. Durch die Volumenvergrößerung von Wasser zu Dampf wird die Verschmutzung abgesprengt. Dieser Reinigungseffekt verbessert damit wieder den Wärmeübergang an den Strahlungsheizflächen. Unser Sprühreinigungssystem wurde speziell für die Verwendung in industriellen Kesselanlagen entwickelt und zur Reinigung der Strahlungsheizflächen in den Kesselzü-

gen eingesetzt. Jedes System wird individuell an die Einsatzbedingungen der Kesselanlagen angepasst. Als Betriebsmittel dient Prozesswasser, welches über einen speziellen Reinigungskopf auf die heißen Strahlungszüge gesprüht wird.

### 5.2 Heizflächenreinigung Konvektions-Heizflächen 3. Zug

Die Bündelheizflächen der Überhitzer, Zwischenüberhitzer und Verdampfer im dritten Zug (Konvektionszug) werden mit Lanzenschraubbläsern mit Hilfe von Hochdruckdampf während des Betriebes gereinigt

(Bild 9). Lanzenschraubbläser sind gekennzeichnet durch das Lanzrohr, das am Ende zwei gegenüberliegende Blasdüsen trägt. Es wird bei Blasbeginn schraubend in den Kessel gefahren. Haupteigenschaft sind die wirksame Reinigung hartnäckiger Verschmutzungen an Bündelheizflächen bei relativ hohen Rauchgastemperaturen.

### 5.3 Heizflächenreinigung Konvektions-Heizflächen 4. Zug

Die Bündelheizflächen der Ecos im vierten Zug werden mit Vorschubbläsern in regelmäßigen Abständen ebenfalls bei laufendem Kesselbetrieb mit Hilfe von Hochdruckdampf gereinigt (Bild 10). Im Prinzip funktioniert dieser Bläser wie ein Drehrohrbläser, allerdings ist er mit mehreren Blasdüsen bestückt und im Vorschub begrenzt. Durch die verringerte Anzahl an Düsen hat er eine bessere Reinigungswirkung als ein reiner Drehrohrbläser (je Gasse eine Düse).

## 6 Rauchgasreinigung

Hinter dem Dampferzeuger werden die Rauchgase in die anschließende Rauchgasreinigungsanlage eingeleitet (Bild 11 und Bild 12). Zur Vorabscheidung der groben Aschefraktion und der in seltenen Fällen anfallenden glühenden Holzkohlepartikel werden die Rauchgase über eine Zyklon-Anlage, bestehend aus 2 parallel geschalteten Zyklonen, geführt. Anschließend werden die Rauchgase in den u-förmigen Reaktor bestehend aus einem abwärtsdurchströmten Kanal, einer 180° Umlenkung mit Aufbereitungsvorrichtung sowie einem aufwärtsdurchströmten Kanal geführt. Im Reaktor werden Kalkhydrat und Aktivkohle eingedüst.

Mittels Trockenadsorption werden die sauren Bestandteile des Abgases sowie die Schwermetalle abgeschieden. Die Reststoffe, bestehend aus Flugasche, Reaktionsprodukt und nicht umgesetzten Adsorbentien werden am Gewebefilter abgeschieden. Die abgeschiedene Flugasche und die Reststoffe werden pneumatisch in die entsprechenden



- ① Bläsergehäuse
- ② Dampfleitung
- ③ Antrieb
- ④ Bündelrohr
- ⑤ Lanze
- ⑥ Düsen

Bild 9. Heizflächenreinigung Konvektions-Heizflächen (3. Zug).



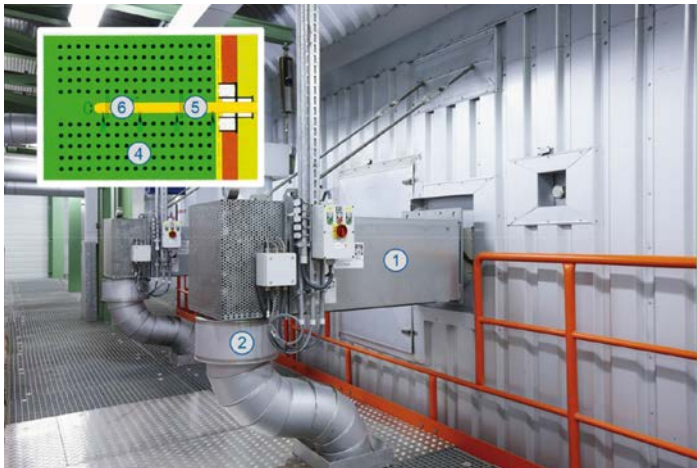


Bild 10. Heizflächenreinigung Konvektions-Heizflächen (4. Zug).

Silos geführt. Um den Adsorbens-Verbrauch zu optimieren wird ein Teil des abgeschiedenen Reststoffes nach einer Befeuchtung in einem Doppelwellenmischer in den Reaktor recirkuliert.

## 7 Wasser-Dampf-Kreislauf

Im Dampferzeuger wird der Hochdruckdampf bei 71 barü auf eine Temperatur von 453 °C überhitzt und zur Dampfturbine geleitet. In der einstufigen Kondensations-Dampfturbine wird der Dampf auf 70 mbar abs. entspannt. Dabei wird die Energie im Generator in elektrischen Strom umgewandelt. Maximal erzeugt die Anlage eine Leistung von brutto 20 MW-el. Weiterhin hat die Dampfturbine drei Anzapfungen, Hochdruckdampf mit 60 barü, Mitteldruckdampf mit 3 barü und Niederdruckdampf mit 0,2 barü, aus welchen der Dampf einerseits als Prozessdampf in ein bestehendes Netz am Standort exportiert und andererseits für den Eigenbedarf des Kraftwerkes genutzt wird. Der Abdampf aus der Turbine wird zu einem luftgekühlten Kondensator (LUKO)

geleitet, wo er dann kondensiert. Das Kondensat wird dann, nach einer Vorwärmung mittels ND-Dampf und Rauchgas wieder dem Speisewassertank zugeführt. Es besteht auch die Möglichkeit die Dampfturbine komplett zu umfahren und über eine Hoch- und Niederdruck-Umformstation den

Dampf direkt auf den LUKO und das Niederdruck-Dampfsystem zu leiten.

## 8 Erste Betriebsergebnisse und Fazit

Die Betriebserfahrungen mit der Altholzverbrennungsanlage bestätigen die im Vorfeld angestellten Prognosen in vollem Umfang. Nach einer intensiven Optimierungsphase im Rahmen der Inbetriebsetzung entfaltet die gestufte Verbrennung mit langen Verweilzeiten ihre erwartete positive Wirkung: Sowohl die NO<sub>x</sub>-Bildung als auch die Ausbrandwerte (TOC, CO) bewegen sich auf außergewöhnlich niedrigem Niveau. Der Roh-NO<sub>x</sub>-Gehalt (vor SNCR) beträgt bei vergleichbaren Brennstoffen im Vergleich zu einer Rostfeuerung nur ca. 50% des Rostfeuerungs-Wertes.

Ein weiterer positiver sich daraus ergebender Aspekt ist der äußerst geringe Harnstoffverbrauch der SNCR-DeNO<sub>x</sub>. Dieser resultiert zudem aus den sehr günstigen Strömungs- und Temperaturbedingungen im



- ① Zyklon-Staubabscheider
- ② Gewebefilter
- ③ Reststoff-Silo
- ④ Flugasche-Silo
- ⑤ Aktivkohle-Silo
- ⑥ Kalkhydrat-Silo
- ⑦ Reaktor (hinter Zyklonen)

Bild 12. Rauchgas-Reinigung – Aufstellungskonzept.

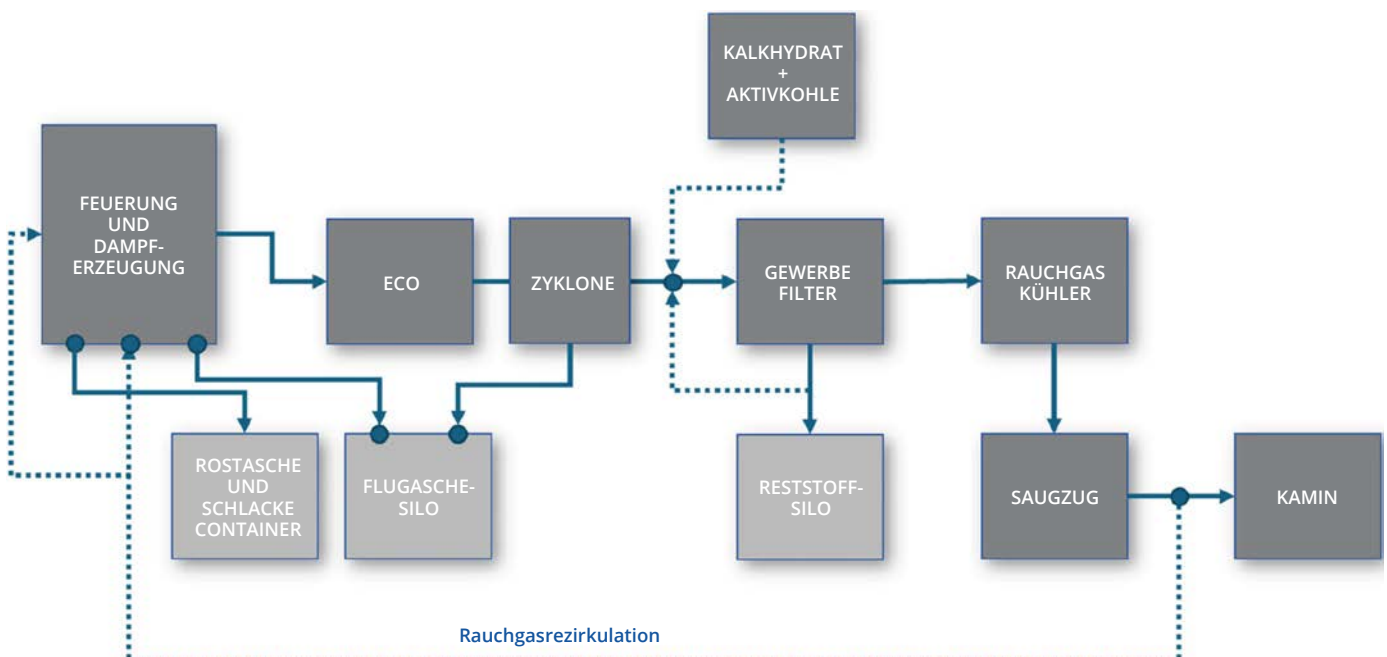


Bild 11. Rauchgas-Reinigung – Prinzipschema.

Eintrittsbereich der Düsenebenen. Durch das gleichmäßige Temperatur- und Geschwindigkeitsprofil sowie die weitgehende Vermeidung von CO-Strahlen werden ideale Randbedingungen für eine effiziente NO<sub>x</sub>-Minderung geschaffen. Daraus resultiert eine sehr gute Performance der SNCR mit niedriger Stöchiometrie.

Darüber hinaus konnte die Robustheit der SBG-Wirbelschicht mit dem geschlossenen geneigten Düsenboden besonders hinsichtlich des Austrags großer Störstoffe und Grobmasse eindrucksvoll unter Beweis gestellt werden was entsprechend zu der sehr guten Verfügbarkeit der Anlage beiträgt.

Durch den Einsatz der speziellen Siebmachmaschine konnten der Sandverbrauch im Vergleich zu einem Windsichter ebenfalls stark reduziert werden. Anfängliche Schwierigkeiten beim Austragssystem des Bettmaterials, welche aus einer höheren Rieselfähigkeit des Materials als in der Planungsphase angenommen resultierten und zu hohen Temperaturen im Sandfördersystem führten, konnten durch eine Optimierung der Steuerung der Austragsschnecken behoben werden.

Bis zum heutigen Zeitpunkt ist die Gesamtleistung zufriedenstellend und insbesondere zeigt die SBG Wirbelschichtfeuerung ein sehr gutes Betriebsverhalten. Ausblick.

Die Technologien zur Verwendung von Biomassen als Brennstoff, sowohl für Frischholz wie auch für Altholz, sind grundsätzlich ausgereift und zuverlässig.

Die Realisierbarkeit von Biomasse-Heizkraftwerken ist in großem Maße von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig. Dabei spielten und spielen finanzielle Anreize wie das EEG oder vergleichbare Zuwendungen eine sehr wichtige Rolle.

Aber auch der Marktpreis für den Brennstoff sowie die Erlöse für Strom und Wärme entscheiden über die wirtschaftliche Durchführbarkeit von Biomasse-Projekten in Deutschland und auch in der EU.

Vor diesem Hintergrund spielen die Anlagen-Flexibilität, d.h. Fahrweise der Anlage gemäß den Marktanforderung (Strom und/oder Wärmeabgabe) sowie der Brennstoff-Nutzungsgrad eine entscheidende und immer größere Rolle.

Deshalb wird es in der Zukunft immer mehr Biomasse-Anlagen geben, die zur Erhöhung des Brennstoff-Nutzungsgrades eine Rauchgas-Kondensations-Stufe in das Anlagen-Konzept integrieren. Dieses Konzept haben wir bereits in das Biomasse-Heizkraftwerk in Hannover-Stöcken umgesetzt. Im reinen Heizbetrieb kann die Anlage, mit einer Feuerungs-Wärmeleistung von 90 MW, max. 89 MW Wärme bei einem Brennstoff Nutzungsgrad von nahezu 100% auskoppeln. Das ist durch die integrierte Abgaskondensation möglich, die den Brennwerteffekt ausnutzt. Die Kondensationswärme der im Abgas enthaltenen Feuchtigkeit wird dabei durch den Einsatz einer Absorptions-Wärmepumpe für die Fernwärmeerzeugung nutzbar gemacht.

Diese Anlage stellt den Verbrauchern eine ganzjährig verfügbare, nahezu CO<sub>2</sub>-neutrale Versorgung mit Wärme und Strom in jeglicher Kombination zu Verfügung.

## Abkürzungen

BMHKW	Biomasse-Heizkraftwerk
Biomasse-HKW	Biomasse-Heizkraftwerk
HD	Hochdruck
MD	Mitteldruck
ND	Niederdruck
Eco	Economiser oder auch Speisewasser-Vorwärmer
RG	Rauchgas
WT	Wärmetauscher
SCR	Selective Catalytic Reduction
SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction
LUKO	Luftgekühlter Kondensator

EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
CFD	Computational Fluid Dynamics (Strömungssimulation)
TOC	Total Organic Carbon

## Veröffentlichungs- und Veranstaltungshinweis

Der Beitrag basiert auf einem Vortrag gehalten auf dem „57. Kraftwerkstechnische Kolloquium“, 7. und 8. Oktober 2025, Dresden. Mit freundlicher Zustimmung der Autoren und des Veranstalters, [www.kraftwerkskolloquium.de](http://www.kraftwerkskolloquium.de). Das „58. Kraftwerkstechnische Kolloquium“ findet am 6. und 7. Oktober 2026 in Dresden statt.

## Abstract

The E-Wood biomass power plant – flexible fluidised bed technology for demanding fuels

*The E-Wood biomass power plant in Doel, Belgium, is a state-of-the-art biomass power plant designed to thermally convert around 150,000 tonnes of waste wood and biogenic residues per year. These are mainly waste wood of classes A-3 and A-4 (B/C category) as well as smaller quantities of oversized waste from composting and landscape maintenance wood. The firing heat output of 71.3 MW and the resulting net electrical output of just under 20 MW are made possible by a particularly flexible and robust plant concept that is specifically tailored to heterogeneous fuels.*

*The presentation describes the new biomass CHP plant with its main components: combustion, steam generator and flue gas cleaning. At the heart of the plant is the stationary fluidised bed combustion system, which ensures particularly stable and low-emission combustion thanks to its even temperature distribution, high mixing and extensive air staging. In combination with the suspended water tube boiler in a vertical draft arrangement, it enables reliable steam generation with high efficiency.*

be energised  
be inspired  
be connected  
be informed

vgbe  
ENERGY IS US

# Wasseraufbereitung

14. und 15. April 2026

Friendly Cityhotel Oktopus  
Siegburg, Deutschland

# SPECIMEN COPY - vgbe energy - All rights reserved / Alle Rechte vorbehalten - © #



Eine einwandfreie Qualität des Kesselspeisewassers setzt eine adäquate Aufbereitung des Zusatzwassers und ggf. der Kondensate voraus. Die adäquate Aufbereitung schafft die unverzichtbare Grundlage für die Einhaltung der in den einschlägigen Normen und Richtlinien geforderten wasserchemischen Grenz- und Richtwerte im Wasser-Dampf-Kreislauf. Den Teilnehmern werden in diesem Seminar die verschiedenen Verfahren zur Aufbereitung und (Voll-)Entsorgung von Zusatzwasser sowie Kondensaten im Kraftwerksbereich detailliert beschrieben.

Die naturwissenschaftlich-technischen Ursachen für Störmöglichkeiten werden anhand von Praxisbeispielen erläutert. Sie sollen in die Lage versetzt werden, die Vorgänge in ihren Anlagen besser zu verstehen, sie zielgerichtet zu prüfen und gegebenenfalls optimieren zu können.

Profitieren Sie durch die Teilnahme an diesem praxisorientierten Seminar von den langjährigen Erfahrungen der Mitarbeiter des Bereiches „Wasserchemie“ der Technischen Dienste des vgbe energy.



## INFORMATIONEN | PROGRAMM | ANMELDUNG

<https://t1p.de/vgbeWAWA26> (externer Kurzlink)



## TAGUNGsort

Friendly Cityhotel Oktopus

Zeithstraße 110

53721 Siegburg

[i https://www.friendly-cityhotel-siegburg.de](https://www.friendly-cityhotel-siegburg.de)



## KONTAKT

Eugenia Hartmann

**e** [vgbe-wasserdampf@vgbe.energy](mailto:vgbe-wasserdampf@vgbe.energy)

**t** +49 201 8128-266



vgbe energy service GmbH  
vgbe energy e.V.  
Deilbachtal 173  
45257 Essen  
Deutschland

be informed

[www.vgbe.energy](http://www.vgbe.energy)  
[www.vgbe.services](http://www.vgbe.services)