

## Masterarbeit

# Technologische ökologische Bewertung einer innovativen Verbrennungstechnologie

erstellt für

**Christof Group – REJECT TO POWER  
Verbrennungstechnologie**

**Vorgelegt von:**

Martina Gertrud Pußwald  
MatNr.: 0735112

**Betreuer/Gutachter:**

Dipl.-Ing. Gerald Pichler (Christof Group)  
Dipl.-Ing. Dr.mont. Alfred Friedacher (Christof Group)  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Markus Lehner (Montanuniversität)

Leoben, Datum

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit/Bachelorarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

## **AFFIDAVIT**

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.



## **DANKSAGUNG**

Auf diesem Weg bedanke ich mich bei meinen Betreuern Herrn Dipl.-Ing. Gerald Pichler und Herrn Dipl.-Ing.Dr.mont. Alfred Friedacher von der Firma Christof Group für die Zusammenarbeit. Ein Dankeschön geht ebenfalls an Herrn Oliver Christof für die Ermöglichung der Masterarbeit in der Firma Christof Group.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Eltern, Geschwistern, Verwandten und Freunden für die Unterstützung und für das Daumendrücken bei jeder Prüfung in den letzten Jahren sehr herzlich bedanken.

## **Kurzfassung**

### **Technisch ökologische Bewertung einer innovativen Verbrennungstechnologie**

Die Verbrennungsprozesse zur Gewinnung von Energie und Wärme sind heutzutage ein wichtiges Thema in unserer Gesellschaft. Doch durch die vielen verschiedenen Technologien ist es meist nicht so einfach für einzelne Rohstoffe bzw. Abfallstoffe das richtige Verfahren auszuwählen.

Eine Rostfeuerung hat andere Vorteile aber auch Nachteile, als eine Wirbelschichtfeuerung und umgekehrt. Auch jedes Beschickungssystem, jedes Ascheustragsystem, jedes Kühlsystem, etc. hat spezielle Besonderheiten. Es muss jeder Fall einzeln betrachtet werden, um die richtige Wahl für eine Technologie treffen zu können.

In dieser Arbeit wurden die vielen verschiedenen technischen, ökologischen und ökonomischen Vorteile, aber auch die Nachteile der Verbrennungstechnologie (Rost und Wirbelschicht) mit der innovativen REJECT to POWER Verbrennungstechnologie verglichen. Angefangen mit der Beschickung des Brennstoffes in die Feuerung, über die Verteilung der Verbrennungsluft und dem Ausbrand, die Kühlung, bis hin zum Ascheaustragungssystem.

Schlussendlich wurden die Technologien anderer europäischer Firmen, die auf dem Markt zu finden sind, beschrieben und deren technische, ökologische und ökonomische Vor- und Nachteile mit der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie verglichen.

Als Ergebnis zeigt sich, dass die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie eine gute Kombination aus den Vorteilen der Rost- und Wirbelschichtfeuerung ist und im unteren Leistungsbereich gut positioniert ist.

## **Abstract**

### **Technically ecological evaluation of innovative combustion technology**

Nowadays the production of energy and heat through combustion processing is a very important topic in society. Since there is a huge variety of diverse technologies existing, it is hard to choose for the right technology for certain raw and waste materials.

There are different advantages and disadvantages of a firing grate and a fluidized bed combustion. Each feeding system, ash removal system and cooling system is showing up special features. To make the right choice, each case has to be considered individually.

Within this master thesis several technical, environmental and economic advantages and also disadvantages of the combustion technology (grate and fluidized bed) are compared to the innovative REJECT to POWER technology. Starting with the feeding system of the fuel, followed by the furnace, the distribution of the combustion air and the burn out, leading to the ash removal system.

Finally, the technologies of other european companies on this market are described and the technical, environmental and economic advantages and also the disadvantages are compared to the REJECT to POWER technology.

The result shows up, that the innovative REJECT to POWER technology is a good combination of the advantages of grate and fluidized bed firing and it is positioned in the lower power range.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
1.1 Problemstellung .....	4
1.2 Zielsetzung .....	4
<b>2 VERBRENNUNGSARTEN THERMISCHER VERWERTUNG .....</b>	<b>5</b>
2.1 Allgemeines .....	5
2.1.1 Verbrennungsvorgang .....	5
2.1.2 Reaktionsvorgänge .....	6
2.1.2.1 Kohlenstoffreaktion .....	7
2.1.2.2 Wasserstoffreaktion .....	9
2.1.2.3 Schwefelreaktion.....	9
2.1.2.4 Stickstoffreaktion.....	10
2.1.3 Gesetzliche Vorgaben einer Verbrennung .....	11
2.1.4 Abfalldreieck .....	11
2.1.5 Heizwert bzw. Brennwert .....	12
2.2 REJECT to POWER Verbrennungstechnologie (R2P) .....	13
2.3 Rostfeuerung .....	16
2.3.1 Planrost .....	19
2.3.2 Wanderrost .....	20
2.3.3 Unterschubrost .....	21
2.3.4 Walzenrost.....	21
2.3.5 Treppenroste .....	22
2.3.5.1 Vorschubrost.....	23
2.3.5.2 Rückschubrost .....	24
2.3.5.3 Gegenlauf- Überschubrost .....	25
2.4 Wirbelschicht .....	27
2.4.1 Stationäre Wirbelschicht (langsame Wirbelschicht - SWS).....	29
2.4.2 Rotierende Wirbelschicht (RWS).....	30
2.4.3 Zirkulierende Wirbelschicht (schnelle Wirbelschicht - ZWS).....	31
2.4.3.1 Turbowirbelschicht .....	32
2.5 Drehrohrofen.....	34

Inhaltsverzeichnis	2
2.6 Gegenüberstellung der Feuerungssysteme .....	35
2.6.1 Brennstoff .....	36
2.6.2 Emissionen .....	36
2.6.3 Kesselwirkungsgrad .....	37
2.6.4 Laständerungsgeschwindigkeit .....	38
2.6.5 Elektrischer Eigenbedarf .....	38
2.6.6 Investitionskosten .....	38
2.6.7 Gegenüberstellung der Parameter – Tabelle .....	39
<b>3 ELEMENTE DER FEUERUNG .....</b>	<b>40</b>
3.1 Eintrag des Brennstoffes .....	40
3.1.1 Aufgabestößel, -schieber, -kolben .....	40
3.1.2 Rutsche .....	42
3.1.3 Aufgaberost .....	42
3.1.4 Wurfbeschicker .....	43
3.1.5 Schnecke .....	43
3.1.6 Pumpe .....	43
3.1.7 Gegenüberstellung der Eintragungsarten .....	44
3.2 Brennstoff in der Feuerung .....	45
3.2.1 Transport .....	45
3.2.2 Dicke bzw. Dichte der Schüttung .....	46
3.2.3 Kühlung .....	47
3.2.3.1 Einbauten im Feuerraum .....	47
3.2.3.2 Feuerraum .....	48
3.2.3.3 Vorteile und Nachteile .....	48
3.3 Ascheaustrag .....	50
3.3.1 Ausbrandverhalten .....	52
3.4 Prozesstechnik und Regelung der Feuerung .....	53
3.4.1 Leistungsregelung .....	53
3.4.1.1 Beobachtungsarten .....	54
3.4.2 Luftsysteme .....	56
3.4.2.1 Primärluft: .....	56
3.4.2.2 Sekundärluft: .....	57
3.4.2.3 Tertiärluft: .....	57
3.4.2.4 Rezirkulationsluft .....	57

Inhaltsverzeichnis	3
<b>4 BENCHMARKING</b>	<b>58</b>
4.1 Beschreibungen der Firmen	58
4.1.1 Christof Group	58
4.1.2 VALMET Corporation	61
4.1.3 OSCHATZ Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG	66
4.1.4 B & W VOLUND	69
4.1.5 OUTOTEC GmbH & Co.KG	76
4.1.6 BERTSCH ENERGY	80
4.1.7 MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik	84
4.1.8 ANDRITZ Energy & Environment GmbH	90
4.1.9 Standardkessel Baumgarte	94
<b>5 ERGEBNISSE / DISKUSSION</b>	<b>100</b>
5.1 Papier Industrie	102
5.2 Klärschlamm	103
5.3 Biomasse	104
5.4 Abfallwirtschaft – „Smart Energy from Waste“	106
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>108</b>
<b>7 VERZEICHNISSE</b>	<b>114</b>
7.1 Literatur	114
7.2 Abkürzungsverzeichnis	117
7.3 Tabellen	118
7.4 Abbildungen	119
<b>ANHANG</b>	<b>I</b>

# 1 Einleitung

Heutzutage ist das Thema Energiegewinnung immer mehr ein wichtiger Punkt in unserer Gesellschaft. Die Nachfrage nach verschiedensten elektrischen Geräten für unseren Alltag oder den Beruf lässt den Energieverbrauch steigen. Die kurze Lebensdauer der Apparate und das Bedürfnis immer auf dem neuesten Stand der Technik zu sein, erfordern ebenfalls eine Energiesteigerung.

Ein weiterer nennenswerter Punkt ist der Abfall der dadurch vermehrt anfällt, sei es im Bereich des Haushaltes oder aus dem Industriesektor.

Verbrennungsprozesse gehören zu den klassischen Verfahren, die als Basis der Energiegewinnung angesehen werden können. Durch die jahrelangen Erfahrungen und Technologieentwicklungen kann heutzutage durch die Verbrennung von Brennstoffen viel Energie gewonnen werden. Dieses Verfahren wird auch gerne als thermische Verwertung bezeichnet. Die Verbrennung hat einerseits den Vorteil, dass die Mengen an Abfall dadurch reduziert werden und andererseits Energie und Wärme gewonnen wird und somit sich eine sinnvolle Nutzung ergibt.

Es gibt mehrere Verbrennungstechnologien die je nach Brennstoffart und -gefüge eingesetzt werden. Das gewünschte Ziel ist aber immer das Gleiche: maximale Ausbeute an Energie und Wärme, bei minimalem Ausstoß an Emissionen.

## 1.1 Problemstellung

Wo liegen die Vorteile einer Rostfeuerung, wo die Nachteile? Wo liegen die Vorteile einer Wirbelschichtfeuerung, wo die Nachteile? Wo steht die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie der Christof Group zum Vergleich zu Technologien anderer Firmen in den Bereichen der thermischen Verwertung von Rohstoffen bzw. Reststoffen aus den Branchen Papier Industrie, Biomasse, Abfallwirtschaft und Klärschlamm?

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die technischen, ökologischen und ökonomischen Vor- und Nachteile einer Verbrennung auf einem Rost und die Verbrennung in einer Wirbelschicht von verschiedenen europäischen Firmen mit der Verbrennung in der REJECT to POWER Anlage der Firma Christof Group in den Bereichen Papier Industrie, Biomasse, Abfallwirtschaft und Klärschlamm zu vergleichen.

## 2 Verbrennungsarten thermischer Verwertung

### 2.1 Allgemeines

[1] [2] [3] [4] [9] [11] [12] [16]

Ein wichtiger Bestandteil der Industrie bzw. des Recyclings ist heutzutage die Verbrennung. Nicht nur um die richtige Wärme für bestimmte Prozesse zu schaffen, sondern auch um das Abfallproblem und dessen Volumenreduktion zu bekommen. Doch was genau ist eine Verbrennung?

„Die Verbrennung ist ein chemisch-physikalischer Vorgang, bei dem die Umwandlung der im Brennstoff gebundenen Energie unter starker Wärmeentwicklung und Lichterscheinung erfolgt. Unter Verbrennung versteht man die chemische Vereinigung der brennbaren Grundstoffe mit Sauerstoff (Oxidation).

Als brennbare Brennstoffe gelten bei den festen und flüssigen Brennstoffen Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Schwefel (S) und bei den Brenngasen Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>), Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S). Nicht brennbare Bestandteile sind Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoff (N<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>).“ [9]

Für eine optimale Verbrennung sind bestimmte Fragestellungen empfehlenswert:

- Welcher Brennstoff ist vorhanden?
- Welches Oxidationsmittel wird verwendet?
- Gibt es eine gute Durchmischung zwischen Brennstoff und Oxidationsmittel?
- Welche Zündquelle wird verwendet?
- Wird eine genügend hohe Temperatur erreicht?

#### 2.1.1 Verbrennungsvorgang

Einen Verbrennungsvorgang kann man in mehrere Teilprozesse aufteilen:

- Trocknung (65°C bis 75°C)
- Entgasung (≤250°C)
- Zündung (250°C bis 300°C)
- Vergasung (500°C bis 600°C)
- Verbrennung (>800°C)

##### Trocknung:

Die Trocknung ist eine Sonderform der Vergasung, bei der das nicht chemisch gebundene Wasser vom Brennstoff getrennt wird. Die Trocknung des Brennstoffes ist vom zugeführten Primärluftstrom und den Strahlungsvorgängen im Feuerraum abhängig. Aber auch der Wassergehalt des Brennstoffes spielt eine wesentliche Rolle. Wenn der Brennstoff



getrocknet ist, steigt die Temperatur stark an und der Verbrennungsvorgang geht in den nächsten Teilprozess über.

#### Entgasung:

Bei der Entgasung werden die flüchtigen Bestandteile aus dem Brennstoff ausgetrieben. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um Wasser (Trocknung), aber auch Schwefelgase oder Kohlenwasserstoffe. Von einer reinen Entgasung ist nur dann die Rede, wenn keine Oxidation stattfindet. Dieser Teilprozess ist von der zugeführten Wärmemenge abhängig.

#### Zündung:

Die Zündung leitet den eigentlichen Verbrennungsvorgang ein. Die Zündtemperatur ist genau jene Temperatur, wo die freigesetzte Wärmeenergie die Wärmeabfuhr durch Wärmeleitung, -strahlung und Konvektion übersteigt. Diese Temperatur ist vor allem von den brennbaren Bestandteilen und den leicht flüchtigen Bestandteilen abhängig. Je mehr flüchtige Bestandteile, desto niedriger ist die Zündtemperatur.

#### Vergasung:

Unter Vergasung wird die chemische Umsetzung des Kohlenstoffes bzw. dessen Verbindungen in gasförmige Produkte verstanden. Wasserdampf und Sauerstoff fördern diesen Prozess. Die Umsetzung erfolgt dabei nur partiell, Heizwert ist in den Produkten noch vorhanden.

#### Verbrennung:

Bei der eigentlichen Verbrennung werden die brennbaren Gase, die bei den vorhergehenden Prozessen entstanden sind, vollständig oxidiert. Als Produkte der Verbrennung entstehen hauptsächlich Kohlendioxid und Wasserdampf.

Diese Teilprozesse lassen sich in der Regel aber bei Verbrennungsanlagen nicht durch örtliche oder auch zeitliche Gegebenheiten unterscheiden. Sie laufen meist parallel ab und sind voneinander abhängig.

### **2.1.2 Reaktionsvorgänge**

Bei einer Verbrennung laufen mehrere chemische Reaktionen, bei denen einige Stoffe entstehen können, ab.

Die meisten Stoffe die entstehen sind Schadstoffe die direkt gegen die Menschen wirken oder als klimaschädliche Gase wirken. Die Menge dieser Schadstoffe kann als Indikator für die Verbrennungsqualität angesehen werden. Einerseits, für die vollständige Verbrennung und andererseits, als Hinweis für die Umweltschädlichkeit. Je besser die Durchmischung des Brennstoffes mit der Verbrennungsluft und desto besser der Ausbrand ist, desto weniger Schadstoffe werden entstehen. Je niedriger die Schadstoffwerte, desto besser ist es für die Umwelt und für die Menschheit.

„Bei technischen Feuerungen ist die CO<sub>2</sub>- Emission durch den Kohlenstoffgehalt definiert und kann nur durch eine Verbesserung des Umwandlungswirkungsgrads vermindert werden.

Die Emission der anderen Schadstoffe lässt sich durch eine entsprechende Führung des Verbrennungsvorgangs beeinflussen. Wobei diese sogenannten Primärmaßnahmen zum Teil gegenläufige Auswirkungen haben.“ [12]

### 2.1.2.1 Kohlenstoffreaktion

Die wichtigsten Reaktionen bei der Verbrennung sind die Kohlenstoffreaktionen. Die Änderung der spezifischen Sauerstoffmenge und der vorhandenen Kohlenstoffe können den Verbrennungsvorgang stark beeinflussen. Dieses Verhältnis nennt man Luftüberschusszahl und ist wie folgt definiert:

$$\lambda = \frac{O_2}{C}$$

$\lambda > 1$

Bei dieser Reaktion ist der Sauerstoff überstöchiometrisch.

$\lambda = 1$

Bei dieser Reaktion ist genau so viel stöchiometrische Menge an Sauerstoff vorhanden, wie bei einer vollständigen Oxidation des Kohlenstoffes zu  $CO_2$  benötigt wird. Theoretisch entsteht kein CO.

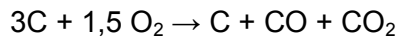
$\lambda < 1$

Bei dieser Reaktion ist der Sauerstoff unterstöchiometrisch. Es gibt einen Überschuss an Kohlenstoff, was nach der Verbrennung zu einer Anwesenheit von unverbrannten C, CO und  $CO_2$  führt.

Des Weiteren ist zu unterscheiden:

- Vollkommene, vollständige Verbrennung:  
Es entsteht nur  $CO_2$  und es gibt keinen C-Rest. Luftüberschusszahl von  $\lambda > 1$   
 $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- Vollkommene, unvollständige Verbrennung:  
Es entsteht  $CO_2$  und zusätzlich gibt es einen C-Rest. Luftüberschusszahl von  $\lambda > 1$   
 $2C + O_2 \rightarrow C + CO_2$
- Unvollkommene, vollständige Verbrennung:  
Neben  $CO_2$  entsteht zusätzlich CO und es gibt keinen C-Rest. Luftüberschusszahl von  $\lambda < 1$   
 $2C + 1,5 O_2 \rightarrow CO + CO_2$
- Unvollkommene, unvollständige Verbrennung:

Neben der Entstehung von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CO}$  gibt es einen C-Rest. Luftüberschusszahl von  $\lambda < 1$



Die folgende Darstellung (Abbildung 1) zeigt die Gaszusammensetzung bezogen auf die Vorgänge in den Verbrennungszonen. Dieses Diagramm ist sehr idealisiert, sprich, es beruht nur auf die Verbrennung von reinem Sauerstoff und dies ist eher selten der Fall. Daher ist die grafische Darstellung nur als ein grober Richtwert anzusehen. In der Realität hat man keine genauen Grenzen. In der Wirklichkeit überlappen sich die Vorgänge.

Die nachfolgende Erklärung des Diagrammes erfolgt mit Hilfe einer Rostfeuerung (y- Achse bezieht sich auf die Höhe über dem Rost). Das Prinzip der reinen Verbrennung des Kohlenstoffes ist aber auf die Wirbelschicht ebenfalls übertragbar.

Zunächst erfolgt eine vollkommene Verbrennung (grafische Darstellung „a“). Hier liegt eine Luftüberschusszahl von  $\lambda > 1$  vor, Sauerstoff ist überstöchiometrisch. Je weiter vom Rost in die Brennstoffschicht eingedrungen wird, desto weniger  $\text{O}_2$  aber desto mehr  $\text{CO}_2$  ist vorhanden. Sobald der Überschuss an Sauerstoff verbraucht ist ( $\lambda=1$ ) und die Schicht noch ausreichend hoch ist (grafische Darstellung „b-a“), beginnt der Bereich der unvollkommenen Verbrennung. Dies bedeutet eine Luftüberschusszahl von  $\lambda < 1$ , Sauerstoff ist unterstöchiometrisch. Das bereits vorhandene  $\text{CO}_2$  reagiert bei hohen Temperaturen mit dem noch im Brennstoff vorhandenen Kohlenstoff zu  $\text{CO}$ . Neben  $\text{CO}_2$  entsteht nunmehr auch  $\text{CO}$ .

Des Weiteren ist die Minderung des Partialdruckes vom Stickstoffe im Bereich der unvollkommenen Verbrennung gut ersichtlich. Im Bereich der vollkommenen Verbrennung passiert mit dem Stickstoff recht wenig, aber sobald man in den unvollkommenen Bereich gelangt, wird der Partialdruck des  $\text{N}_2$  Gehaltes reduziert.

Dies ist unter anderem der Hauptgrund warum heutzutage mit Hilfe der Primärluft in den Verbrennungsanlagen unterstöchiometrisch im Verbrennungsbereich gefahren wird.

Ein weiterer Grund ist, dass in Laufe der Zeit ein immer heizwertreicherer Abfall zur Verfügung steht und damit die Gefahr der Überschreitung der Schlackenschmelztemperatur besteht. Mit dem unterstöchiometrischen Fahren senkt man die Betttemperatur und minimiert somit diese Gefahr. Da die unterstöchiometrischen fahrweise ein unvollständige Verbrennung verursacht, müssen die unverbrannten Gase mittels Sekundärluft in der so genannten Nachbrennkammer des Feuerraumes nachverbrennt werden. Dies führt zur sogenannten Zweistufigen Verbrennung. Sprich, ein Teil der Verbrennung erfolgt mit Hilfe der Primärluft auf oder direkt über dem Rost und der andere Teil der Verbrennung erfolgt mit Hilfe der Sekundärluft im Feuerraum.

Auch die Temperatur des Feuerbetts ist stark von der Luftüberschusszahl  $\lambda$  abhängig. Denn bei einer Verminderung der Luftüberschusszahl kommt man in den unterstöchiometrischen

Bereich, da der Sauerstoff mit der Zeit verbraucht wird. Das  $\text{CO}_2$  wird in  $\text{CO}$  umgewandelt und da dies eine endotherme Reaktion ist, sinkt die Temperatur ab. Des Weiteren reagiert das  $\text{CO}$  mit  $\text{NO}_x$ , was eine Reduktion mit sich bringt.

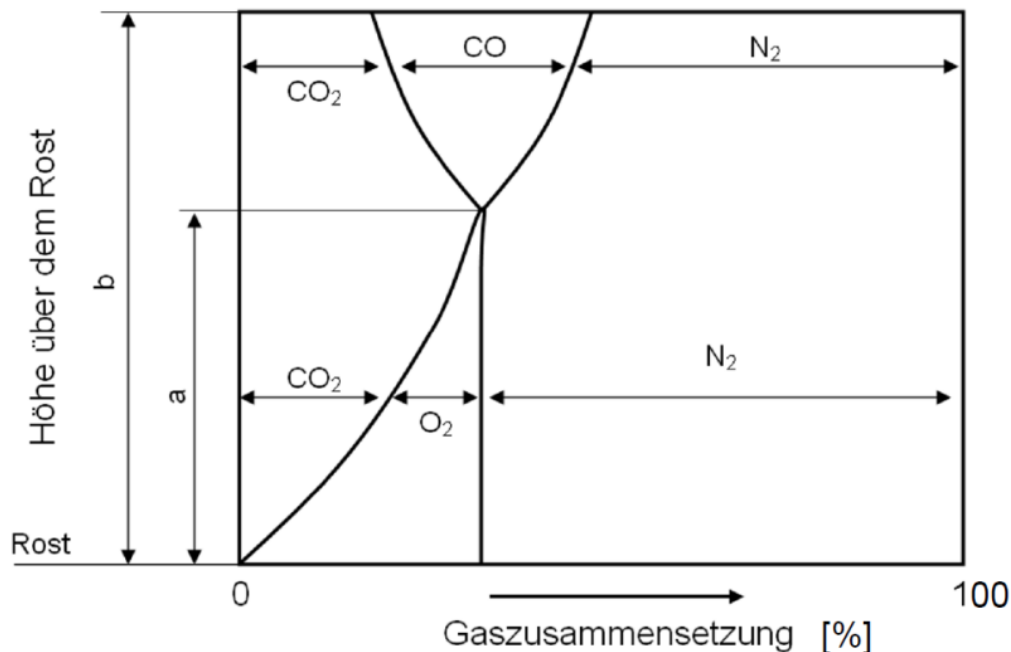
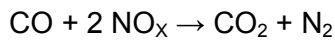
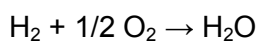


Abbildung 1: Gaszusammensetzung über Rost [1]

### 2.1.2.2 Wasserstoffreaktion

„Ein weiterer oftmals gerne übersehener Vorgang ist die thermische Spaltung von Wasser, das zusammen mit der Verbrennungsluft ins Feuerbett eingetragen wird. Dieser Spaltprozess ist endotherm. Dadurch wird Energie verbraucht und die Feuerbett-Temperatur herabgesetzt. Die Energie wird im Feuerraum wiederum zurückgewonnen, indem im nachgeschalteten Feuerraum das  $\text{H}_2$  zu  $\text{H}_2\text{O}$  oxidiert wird.“ [1]

Aber am meisten Wasser wird durch den Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes selber eingebracht.

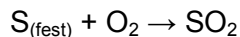


### 2.1.2.3 Schwefelreaktion

Bereits im Feuerbett wird der Schwefel im Brennstoff zu Schwefeldioxid umgesetzt (Hausmüll ca. 2 bis 7 g S/kg<sub>tr.</sub>). Zur Verminderung dieser Schwefeldioxid-Emissionen kann als Primärmaßnahme eine Zudosierung von gebranntem Kalk ( $\text{CaO}$ ), kalzinierem oder unkalzinierem Dolomit ( $\text{CaCO}_3/\text{MgO}$  oder  $\text{CaOMgO}$ ) in die Brennzzone erfolgen.

„Da die optimale Temperatur für den Kalzinierungsschritt im Temperaturbereich zwischen 800 und 1000°C liegt, bietet sich die Wirbelschichtverbrennung von Kohle für diese sehr wirtschaftliche Primärmaßnahme besonders an.“

Für andere Feuerungssysteme und Brennstoffe müssen die Schwefeloxide durch Sekundärmaßnahmen, das heißt, Rauchgaswäscher beseitigt werden.“ [12]



#### 2.1.2.4 Stickstoffreaktion

Mit dem Begriff  $NO_x$  wird  $NO$  und  $NO_2$  gemeinsam bezeichnet. Bei einer Verbrennung entsteht meist Stickstoffmonoxid, welches dann in der Atmosphäre zu  $NO_2$  reagiert.

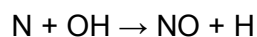
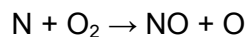
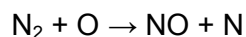
Generell spricht man von zwei Entstehungsarten von Stickoxiden:

- Thermisches  $NO_x$  - Oxidation der Verbrennungsluft
- Brennstoffstickoxide - Gebundener Stickstoff im Brennstoff oxidiert

Es gibt aber noch eine zusätzliche Entstehungsart und zwar, wenn es eine understöchiometrische Verbrennung des Luft- Stickstoffs mit Kohlenwasserstoff- Radikalen bei hohen Temperaturen gibt. Diese werden Prompt-  $NO_x$  bezeichnet.

Thermische Stickoxide werden durch die Oxidation der Verbrennungsluft bei einer Temperatur von  $1400^\circ\text{C}$  gebildet. Bei einer Temperatur zwischen  $800^\circ\text{C}$  und  $950^\circ\text{C}$  bildet sich kein nennenswertes  $NO_x$  aus. Daher ist diese Art der Entstehung der Stickoxide bei Verbrennungsanlagen eher nicht der Fall.

Die Reaktionen der Entstehung des Thermischen Stickstoffes sehen wie folgt aus:



Die Bildung der Brennstoffstickoxide ist nicht genau definiert. Diese Entstehung ist von der Bindungsenergie und vor allem vom Stickstoffgehalt im Brennstoff abhängig. Eine Theorie besagt, dass durch die Verbrennung des Brennstoffs stickstoffhaltige Radikale gebildet werden, wie z.B.  $CN$  oder  $NH$ . Durch diese Radikale und die Verbindung mit  $N_2$  bzw.  $O_2$  durch die Verbrennungsluft kommt es zur Entstehung von  $NO_x$ . Bei einer Verbrennung von Abfall ist dies der Hauptgrund von der Entstehung von  $NO_x$ .

Da die Bildung der Stickoxide nicht genau vorher zu sagen ist, gibt es gewisse Richtwerte die man zur Abschätzung heranziehen kann.

„Es gibt jedoch keinen linearen Zusammenhang zwischen  $NO_x$ - Emissionen und Stickstoffgehalt im Brennstoff. Mit zunehmendem Stickstoffgehalt wird ein immer geringerer Anteil des Brennstoffstickstoffs in  $NO_x$ - Emissionen überführt. Bei geringen Stickstoffgehalten unter 0,5% werden 30 – 50% des Brennstoffstickstoffs zu Stickoxiden umgesetzt. Beträgt der Stickstoffgehalt im Brennstoff mehr als 1%, werden davon nur noch ca. 10% in  $NO_x$ - Emissionen überführt.“ [16]

In der folgenden Darstellung (Abbildung 2) sind die verschiedenen Arten in Abhängigkeit der Temperatur dargestellt. Wie bei diesem Diagramm ersichtlich ist, wird die Bildung der

Stickoxide bei hohen Temperaturen begünstigt. Des Weiteren spielt die Verweilzeit ebenfalls eine Rolle.

Gut ersichtlich ist ebenfalls, dass bei den klassischen Verbrennungsanlagen die Temperatur ca. bei 900°C liegt, typischerweise bildet sich neben NO auch N<sub>2</sub>O. In Abhängigkeit steigender Temperatur nimmt die Bildung von NO<sub>x</sub> zu, gleichzeitig senkt sich die N<sub>2</sub>O Bildung.

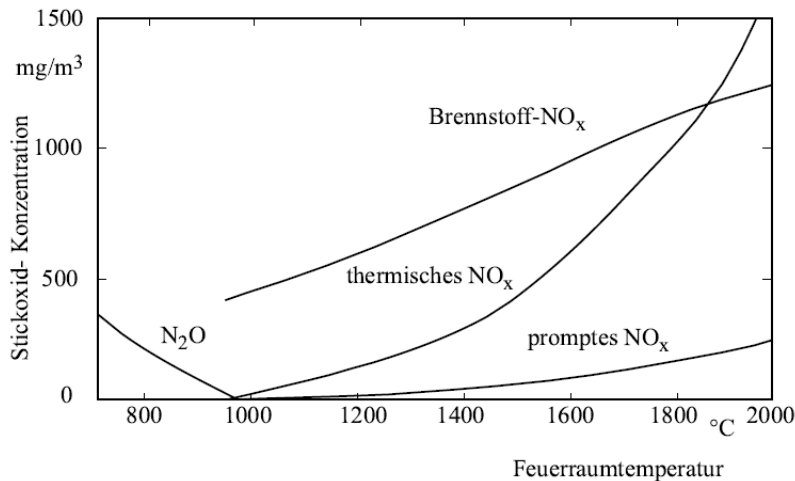


Abbildung 2: Qualitative Temperaturabhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen [12]

### 2.1.3 Gesetzliche Vorgaben einer Verbrennung

„Die 17. BImSchV. fordert eine Mindesttemperatur in der Nachbrennzone von 850°C. Die Nachbrennzone beginnt ab der letzten Stelle der Sekundärluftzugabe. Eine Mindestverweilzeit innerhalb der Nachbrennzone ist mit 2 Sekunden vorgegeben. Unter der Verweilzeit eines Gasstromes innerhalb des Feuerraumes wird in der Praxis eine mittlere Verweilzeit des Gesamt- Abgasvolumenstromes verstanden.“ [1]

### 2.1.4 Abfalldreieck

Nicht jeder Abfall hat die richtigen Bedingungen um verbrannt zu werden. Hierfür kann man sich das so genannte Abfalldreieck zu Hilfe nehmen.

Das Abfalldreieck nach Tanner beschreibt das Zusammenspiel des Wassergehaltes, des Aschegehaltes und den Anteil an Brennbarem. Wenn die Daten der Analyse des Brennstoffes in das Dreieck eingezeichnet werden, kann festgestellt werden, ob eine Stützfeuerung benötigt wird oder nicht. Ein selbstständiges Brennen wäre dann der Fall, wenn der Wassergehalt bei < 50%, Aschegehalt bei < 60% und Brennbarem bei < 25% liegt. Der Mindestheizwert in dieser Darstellung bezieht sich auf 5000 kJ/kg. Dieser Wert ist aber von verschiedenen Wissenschaftlern immer wieder geändert worden. Laut CHRISTMANN darf der Heizwert z.B. von 6500 kJ/kg nicht unterschritten werden, um die gesetzlichen Anforderungen der 17. BImSchV zu erfüllen. In der Regel gelten diese Werte für den Europäischen Abfall.

In den letzten Jahren hat sich die Zusammensetzung des Abfalles verändert, vor allem im Bereich des höher werdenden Kunststoffgehaltes. Jedoch ist im Abfalldiagramm nach Tanner der Bereich vom Europäischen Abfall sehr breitläufig, daher kann es ohne weiteres verwendet werden.

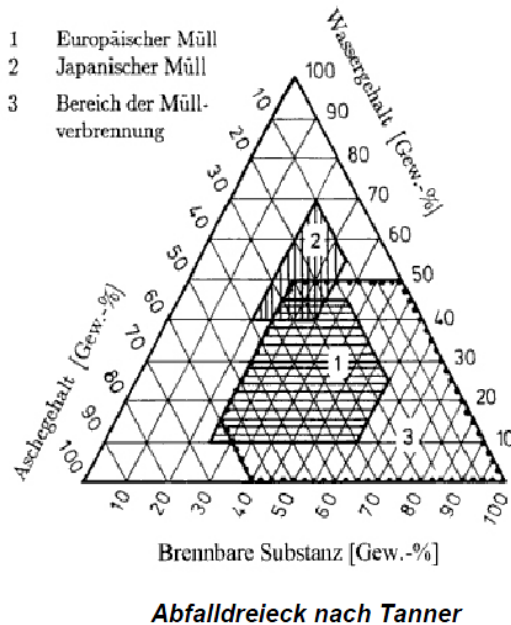


Abbildung 3: Abfalldreieck nach Tanner [2]

### 2.1.5 Heizwert bzw. Brennwert

„Die im Brennstoff enthaltene Wärmeenergie setzt sich bei Brennstoffen, welche aus verschiedenen Einzelementen bestehen aus deren Einzelwärmeenergien zusammen. Diese Wärmeenergie wird in Brennwert und Heizwert ausgedrückt.

Der **Brennwert  $H_0$**  ist die Wärmemenge, die bei der vollständigen Verbrennung mit Luft von einem Kilogramm festem Brennstoff frei wird, wenn die Verbrennungsprodukte auf die Ausgangsbedingungen von 1,01325 bar und 25 °C zurückgeführt werden und das bei der Verbrennung gebildete Wasser in flüssigem Zustand vorliegt.

Der **Heizwert  $H_U$**  ist die Wärmemenge, die bei der vollständigen Verbrennung mit Luft von einem Kilogramm festem Brennstoff frei wird, wenn die Verbrennungsprodukte auf die Ausgangsbedingungen von 1,01325 bar und 25 °C zurückgeführt werden und das bei der Verbrennung entstehende Wasser in dampfförmigem Zustand vorliegt.“ [9]

Der Unterschied zwischen dem unteren Heizwert und Brennwert liegt nur darin, dass beim Einen das Wasser im flüssigem Zustand und beim Anderen im dampfförmigem Zustand vorliegt. Das bedeutet, dass sie sich nur von der Verdampfungswärme unterscheiden.



## 2.2 REJECT to POWER Verbrennungstechnologie (R2P)

[10]

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie beruht auf einem horizontalen Vorschubrost. Eine Besonderheit dieser Technologie ist der spezielle Eintrag des Brennstoffes und die darauffolgende Verbrennung.

Der Brennstoff wird einer Aufbereitung unterzogen, bevor er in die Verbrennungsanlage gelangt. Nach dieser Behandlung weist der Brennstoff eine perfekte Homogenität mit einer maximalen Seitenlänge von 8 cm (bzw. von maximal 18 cm in Breite + Länge + Höhe) auf. Durch die Vorbereitung des Brennstoffes entsteht eine bessere Control Möglichkeit im Brennraum, eine geringere Emissionsbildung und die Verhinderung von Emissionsspitzen, was zu optimalen Verbrennungsbedingungen führt. Mit einer REJECT to POWER Verbrennungsanlage können Brennstoffe mit einem Heizwert zwischen 6.000 kJ/kg und 18.000 kJ/kg und mit einem Wassergehalt von bis zu 45% verbrannt werden.

Von einem Vorlagebehälter wird der Brennstoff mit Hilfe einer bzw. mehrerer Schnecken zu einem bzw. mehreren Schleuderrädern (ein bis drei Schleuderräder - baugrößenabhängig) befördert. Der tatsächliche Eintrag des zerkleinerten Brennstoffes erfolgt mit den Schleuderrädern, die den Brennstoff in einer Flugbahn gleichmäßig auf den Rost verteilen.

Der Rost ist ein horizontaler Vorschubrost, der den Brennstoff entgegen der Flugrichtung des Brennstoffeintrages transportiert. Der hydraulisch angetriebene Rost ist je nach Abhängigkeit der Baugröße in zwei oder vier separate Zonen geteilt. In jeder Zone können die verschiedenen Mengen an vorgewärmter Verbrennungsluft und gegebenenfalls Rezirkulationsluft eingebracht werden.

Der Rost wird hinsichtlich Brennstoffaufgabe entlang der Transportrichtung in zwei Zonen unterteilt. Einerseits in die Verbrennungszone und andererseits in die Ausbrandzone. Die Verbrennungszone ist der Bereich, in dem der Brennstoff auf das vorhandene Glutbett fällt. Die Ausbrandzone ist der Bereich, wo kein Brennstoff mehr hinfällt und die brennbaren Stoffe gegebenenfalls noch abbrennen und anschließend abkühlen können, eher sie zum trockenen Ascheaustrag gelangen.

Die gleichmäßige Verteilung des Brennstoffes durch das Schleuderrad am Rost verhindert Brennstoffansammlungen und damit lokale Temperaturspitzen sowohl im Glutbett wie auch am Rost. Dies minimiert einerseits die Gefahr der Schlackenbildung und andererseits die Entstehung von Stickoxiden. Eine ständige dünne Schicht an Asche zwischen dem Rost und der Glut/ Bettasche gewährleistet eine niedrigere Rosttemperatur und verhindern das Durchfallen von Unverbrannten zwischen den Roststäben. Dadurch wird ein exzellenter Ausbrand gewährleistet.

Eine weitere Unterteilung ist im Bereich der Verbrennung zu treffen. Die erste Phase ist die Verbrennung des Brennstoffes in der Flugphase, was mit der Hilfe des Schleuderrades erreicht wird. In dieser Flugphase wird der Brennstoff einerseits getrocknet und andererseits



werden die feinen Partikeln bereits vergast bzw. gezündet ehe sie in das brennende Glutbett fallen. Die zweite Phase ist die Verbrennung auf dem Rost.

Die Asche die sich auf dem Rost bildet, fällt in einen Trichter, von dort aus wird sie im trockenen Zustand mit Hilfe von Schnecken und einem Becherwerk in einen Silo transportiert.

Die Verbrennungsanlage ist zusätzlich mit Brennern ausgestattet, die beim Start, beim Shut Down oder aber auch bei einer Temperaturunterschreitung von 850°C automatisch gestartet werden. Diese werden meist mit Biogas oder Erdgas betrieben.

In der Nachbrennkammer kann nach Bedarf Sekundärluft aber auch Rezirkulationluft eingeblasen werden. Dies führt zu einer zweistufigen Verbrennung. Was wiederum eine kontrollierbare Regelung des Sauerstoffgehaltes und der Temperatur des Rauchgases ermöglicht.

Der Feuerungsraum ist adiabatisch ausgeführt, sprich es wird keine Wärme an die Umgebung abgegeben. Dies hat den Vorteil, dass die gesetzliche Vorgabe von einer Temperatur von 850°C und 2 Sekunden eingehalten wird. Ein anderer Punkt ist, dass es zu keinen Ablagerungen kommt. Weiters ist durch die konstante Temperatur über dem gesamten Ausbrandturm, auch bei Teillast, eine optimale Umgebung für die SNCR gegeben. Zur Minimierung von NO<sub>x</sub> wird im Feuerraum zusätzlich ein Harnstoff/Wasser Gemisch eingedüst.

Die Einsatzgebiete der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie sind:

- Papierindustrie - Papier- Recyclinganlagen, wie z.B.: Karton-, Sanitärpapier- und Zeitungspapier Herstellung; Anwendbare Rückstände: Rejects, Spuck- und Faserstoffe, Papierschlamm
- Biomasseanlagen – Einsetzbar für problematische Biomasse, wie z.B.: problematisches Altholz und Abbruchholz (mit z.B. Lack- und Kunststoffverschmutzungen), Siebrückstände aus Holzspan Herstellung, Rückstände aus Biodiesel-Anlagen
- Abfallwirtschaft – „Smart Energy from Waste“ – Anwendbare Rückstände: Biomasse aus Abfällen, RDF (trockene, energiereiche und sortierte Abfallfraktion), getrocknete Bio-Schlamm, thermisch verwertbare Fraktion aus einer MBA
- Klärschlamm Entsorgung – Anwendbar für die thermische Entsorgung von Klärschlamm -> Energieautarke Klärschlamm – Monoverbrennung (Trocknung und Verbrennung)

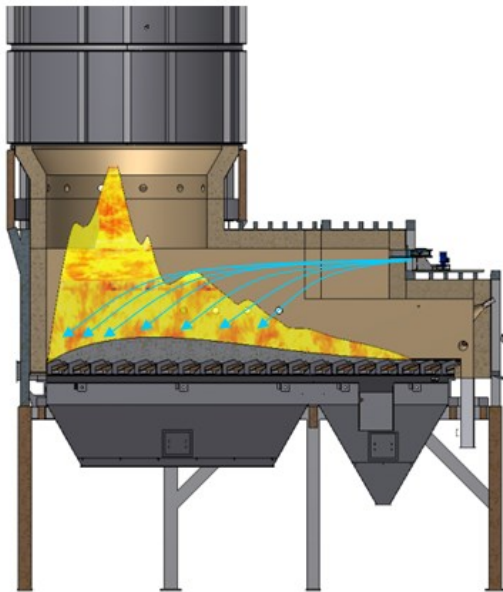


Abbildung 4: Darstellung des Brennstoffeintrages und der gegengesetzten Rostrichtung[10]

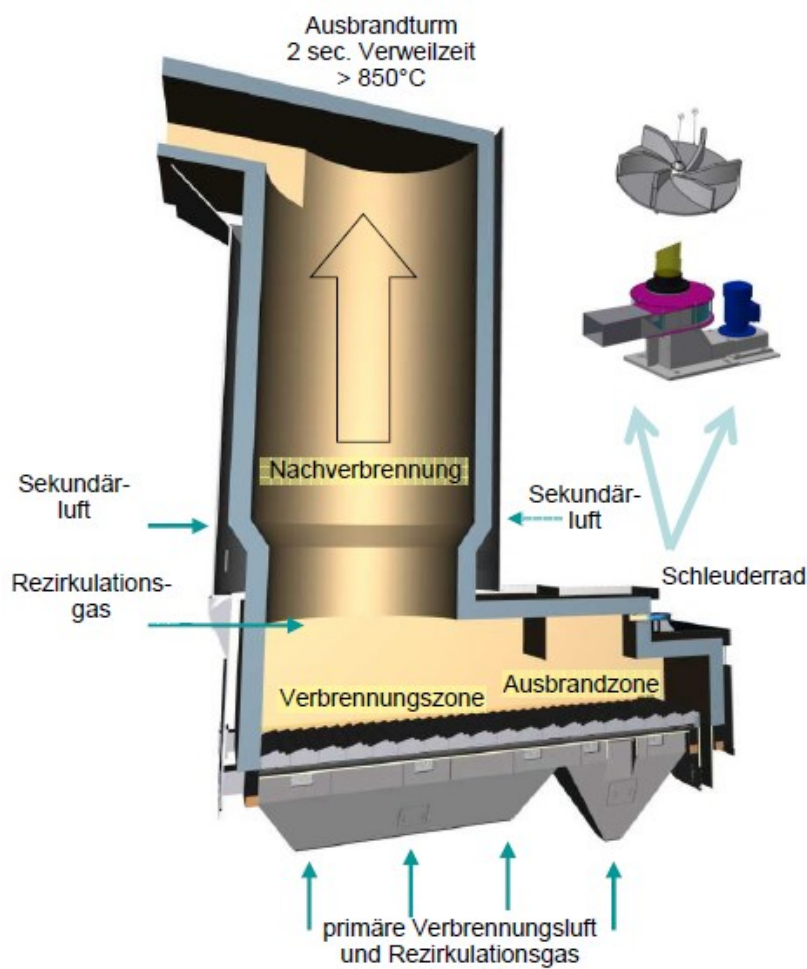


Abbildung 5: Schematische Darstellung von REJECT to POWER Verbrennung [10]

## 2.3 Rostfeuerung

[1] [4] [5] [6] [15]

Die Rostfeuerung ist eine Verbrennungsanlage für feste Brennstoffe. Die Geschichte zeigt, dass der Bereich Abfallverbrennung schon eine 130-jährige Erfahrung in dem Bereich der Rostfeuerung aufweisen kann. Dies kann man auf den einfachen und übersichtlichen Aufbau und einem niedrigen Eigenenergiebedarf zurückführen.

Die Verbrennung in einer Rostfeuerung kann in drei Verfahrensschritte gegliedert werden. Der erste Schritt „getrocknet“, den zweiten Schritt „verbrannt“ und als letzten und dritten Schritt „gesintert“. Wobei die Sinterung eher vermieden werden sollte.

Diese Verfahrensschritte können bei einem Rost auch als Zonen angesehen werden. Zunächst die Trockenzone, bei der der Brennstoff durch die Wärme getrocknet wird. Anschließend die Zündzone, bei der sich der Brennstoff durch die immer wärmer werdende Temperatur selbständig entzündet. Dies führt direkt in die Verbrennungszone, wo der eigentliche Verbrennungsvorgang stattfindet. In diesem Bereich wird die größte Luftmenge benötigt. Anschließend die Nachbrennzone, bei der der vollständige Ausbrand bzw. die Kühlung der Schlacke erfolgt. Hierfür wird eine geringere Luftmenge als in der Verbrennungszone benötigt. Durch den guten Ausbrand bleiben geringe Reststoffmengen nach der Verbrennung übrig.

Wie bereits erwähnt, ist der Luftbedarf ein wichtiger Punkt bei einer Verbrennung. Die gleichmäßige Luftzufuhr in den Verbrennungsraum erfolgt durch die Rostkonstruktion. Zwischen bzw. in den Roststäben sind kleine Öffnungen angebracht in die die Luft eingeblasen wird. Somit kann die gewünschte Luftmenge je nach Bedarf eingebracht werden. In Kapitel „2.1.2.1. Kohlenstoffreaktion“ wurde bereits erklärt, dass heutzutage die Verbrennung in der Zweistufigen Verbrennung ausgeführt wird und somit die Emissionswerte minimiert werden. Diese Schadstoffe entstehen in den Übergangsbereichen der einzelnen Zonen.

Durch den einfachen Aufbau einer Rostfeuerungsanlage ist der Aufwand einer Brennstoffaufbereitung gering, wobei feine und flüssige Brennstoffe durch die Gefahr von Anbackungen nur bedingt verwendet werden sollten. Des Weiteren ist ein breites zulässiges Brennstoffband mit verschiedenen Brennstoffkombinationen möglich.

Durch die Rostkonstruktion und dessen große Brennstoffmenge am Rost ist die Regelbarkeit eher langsam, jedoch ist die Steuerbarkeit des Verbrennungsprozesses einfach. Durch die Rostlänge bzw. der vorhandenen Rostgeschwindigkeit bzw. der vorhandenen Roststabbewegung ist die Verweilzeit gut einstellbar.

Eine Rostfeuerung ist gegenüber dem Heizwert und der Durchsatzmenge sehr flexibel. Der Heizwert des Brennstoffes kann im Allgemeinen zwischen 6 und 16 MJ/kg in Abhängigkeit des Rosttypes liegen.

Eine Auflistung der Anforderungen, die an die Roste und Rostsystem gestellt werden:

- Variable zonenweise Einstellung der Transportgeschwindigkeit auf dem Rost
- Höhe der Abfallschicht auf dem Rost einstellbar
- Lage der Verbrennungszone einstellbar
- Gute Schür- und Wendewirkung des Brennstoffes
- Zerkleinerung der Abfälle bei der Verbrennung ohne die Erzeugung von Feinstaub
- Vergleichsmäßigung der Abfall-/ Schlackenschichtung über die gesamte Fläche der jeweiligen Rostzonen
- Keine Bildung von Primärluft-Strähnen
- Geringe Rostdurchfallmenge
- Sicherer Abtransport des Rostdurchfalls
- In jedem Betriebszustand durch die Primärluft ausreichend Kühlung des Rostes
- Fahrweise auch mit vorgewärmter Verbrennungsluft
- Fahrweise mit rezirkuliertem Abgas
- Automatisierung der Regelungsvorgänge
- unmittelbares Ansprechen auf Regelungseingriffe
- Schnelles An- und Abfahren möglich
- Keine Versinterungen und Anbackungen am Rost
- Einfaches und schnelles Auswechseln von Roststäben
- Lange Reisezeiten

„Das vorrangige Kriterium für die Wahl des Rosttypes ist die Abfallart. Bei Kleinanlagen, in denen z.B. Rückstände aus der Holzindustrie oder Rohmüll in kleinen Mengen verbrannt werden sollen, wird der Vorschubrost eingesetzt. Der Gegenlaufrost eignet sich für die Verbrennung von Hausmüll im mittleren Leistungsbereich. Der Walzenrost dient in erster Linie zur Verbrennung von Rohmüll im Bereich mittlerer bis großer Durchsatzmenge.“ [1]

Die Eigenschaften des Brennstoffes, wie Korngröße, Heizwert, Brennwert, Aschegehalt, Feuchtegehalt, etc. stellen daher einen wichtigen Aspekt für die Planung und Dimensionierung einer Rostfeuerungsanlage dar.

Bei Rostfeuerungsanlagen kann der Brennstoffstrom mit dem Rauchgasstrom in drei Variationen ausgeführt sein:

### Gleichstrom:

- Brennstoff und Abgas gehen in dieselbe Richtung durch Feuerraum
- geringe Temperaturdifferenz zwischen Brennstoff und Abgas
- eine lange Trockenzone des Brennstoffes
- eine zu hohe Feuerraumtemperatur über dem Rost wird vermieden
- für heizwertreiche Brennstoffe
- geringste Wärmebelastung am Rost

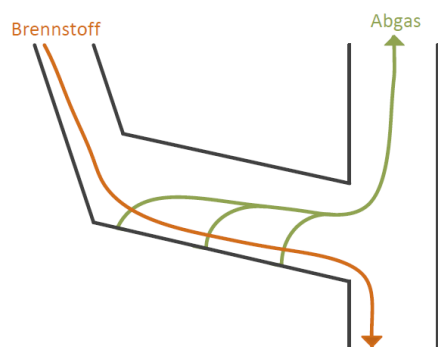


Abbildung 6: Skizze des Gleichstromes

### Gegenstrom:

- Brennstoff und Abgas gehen in die gegengesetzte Richtung durch Feuerraum
- hohe Temperaturdifferenz zwischen Brennstoff und Abgas
- intensiver Wärmeaustausch durch Strahlung und Konvektion
- eine verkürzte Trockenzone des Brennstoffes
- für feuchter, heizwertarmer Brennstoff
- höchste Wärmebelastung am Rost

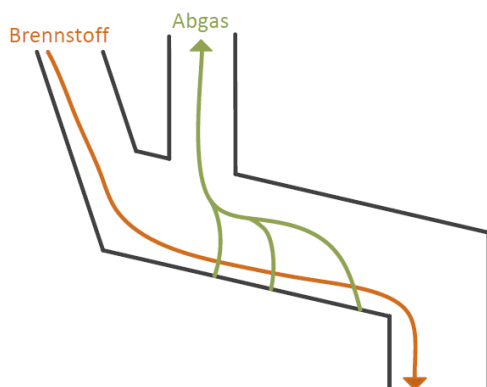


Abbildung 7: Skizze des Gegenstromes

**Mittelstrom:**

- Kombination zwischen Gleichstrom und Gegenstrom
- relativ gleichmäßige Temperaturverteilung zwischen Brennstoff und Abgas
- am häufigsten in Mitverbrennungsanlagen verwendet
- Abgas mit unterschiedlichen Temperaturen vermischen sich nicht
- für heizwertschwankende Brennstoffe
- mittlere Wärmebelastung am Rost

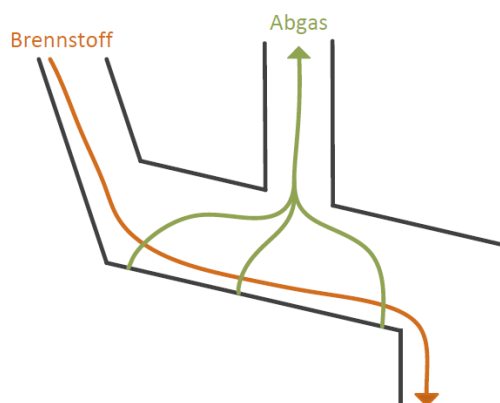


Abbildung 8: Skizze des Mittelstromes

In den nächsten Kapiteln sind die verschiedenen Rostfeuerungsarten beschrieben.

**2.3.1 Planrost**

[2] [8] [13]

Der Planrost ist die einfachste und älteste Form der Rostarten, der für alle festen Brennstoffe geeignet ist. Der Rost ist annähernd eben und unbeweglich aufgebaut und die Aufgabe des Brennstoffes erfolgt bei kleinen Anlagen manuell, bei größeren Anlagen mit Hilfe von Wurfbeschicker. Bei der manuellen Beschickung ist die Gefahr der Falschlufteintragung groß. Durch diese Eigenschaften kommt es zu einer schlechten Durchmischung des Brennstoffes und ist deshalb für die Verbrennung von Abfällen eher nicht geeignet. Da der gesamte Rost unbeweglich ist, gibt es keine automatische Durchmischung des Brennstoffes, daher wird meist manuell oder durch Rütteln eine Bewegung erzeugt. Die entstehende Asche fällt durch den Rost in den Aschekasten der meist manuell ausgetragen werden muss. Durch denselben Rost wird die Verbrennungsluft im Überschuss zugeführt.

Wegen diesen Merkmalen und den niedrigen Investitionskosten kommt dieser Rost gerne in häuslichen und Kleinbetrieben zum Einsatz. Die maximale Größe liegt bei 5 m<sup>2</sup>.

### 2.3.2 Wanderrost

[2] [3] [8] [13]

Der Wanderrost besteht aus zwei Wellen, die mit einem endlos langen Rostband mit beweglichen Gliedern verbunden sind. Die Roststäbe, auch Kettenglieder genannt, werden an einer Auflagefläche zwischen den Wellen in der horizontalen Ebene gehalten. Auf dieser horizontalen Ebene findet die Verbrennung statt. Wenn die Stäbe durch die Wellen umgelenkt werden, stellen sie sich in eine senkrechte Position, die Asche kann somit hindurchfallen und ausgetragen werden. Es gibt zwei Möglichkeiten die Roststäbe auf dieser Fläche anzubringen. Entweder quer oder parallel zur Bewegungsrichtung. Die Anordnung quer zum Bewegungsablauf verhindert das Durchfallen von unverbrannten Brennstoffen.

Ein entscheidendes Merkmal des Wanderrostes ist, dass es keine Durchmischung des Brennstoffes gibt. Daher ist es wichtig, dass die Beschickung gleichmäßig erfolgt, um die Gefahr von Anbackungen, von zum Beispiel feinen Brennstoffen oder aschereichen Brennstoffen, zu vermeiden. Zu beachten ist, dass eine gleichmäßige Beschickung durch das breite Korngrößenspektrum schwierig ist. Die Schichtdicke auf dem Rost nimmt mit Fortschritt der Verbrennung ab.

Weiters ist zu bedenken, dass die Zündung in einem Wanderrost durch Strahlung aus dem Feuerraum erfolgt. Das heißt, dass im unteren Bereich der Schicht eine niedrigere Temperatur herrscht als an der Oberfläche der Brennstoffschicht. Der Reaktor muss daher so ausgeführt werden, dass die Strahlung der Reaktorwand bzw. -decke die erforderliche Strahlung an den Brennstoff abgeben kann. Die Zündung erfolgt schlussendlich von oben nach unten, wobei die Luftzufuhr von unten nach oben erfolgt. Dies sind nicht die optimalsten Bedingungen für eine Verbrennung. Eine Verbesserung könnte die Einbringung der Verbrennungsluft in verschiedenen Zonen sein.

Wegen der Biegekräfte ist die Größe dieses Rostes auf maximal 70 m<sup>2</sup> begrenzt.

Dieser Rost wird meist für Biomassefeuerung verwendet, weniger für die Abfallverbrennung.



Abbildung 9: Skizze Wanderrost [8]



### 2.3.3 Unterschubrost

[9] [13]

Der Unterschubrost ist dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffeintrag von unten erfolgt, sprich es ergibt sich ein gleichmäßiger Brennstoffeintrag von unten nach oben auf einen ringförmigen Brennteller. Der große Vorteil ist, dass keine Falschluff eindringen kann. Der Brennstoff wird durch Wärmeleitung von der darüberliegenden Schicht gezündet. Die entstehenden Gase gehen durch die glühende Brennstoffschicht und bewirken dadurch einen guten Ausbrand. Die Verbrennung erfolgt auf dem Teller, wobei die Asche nach außen transportiert wird und schließlich in den Aschetrichter fällt. Ein weiterer Vorteil ist, dass im Feuerraum keine schwelenden Spänehaufen entstehen die zu Verpuffungen neigen könnten.

Dieser Rost wird meist für Hackgut, Holzpellets und Kohle verwendet.

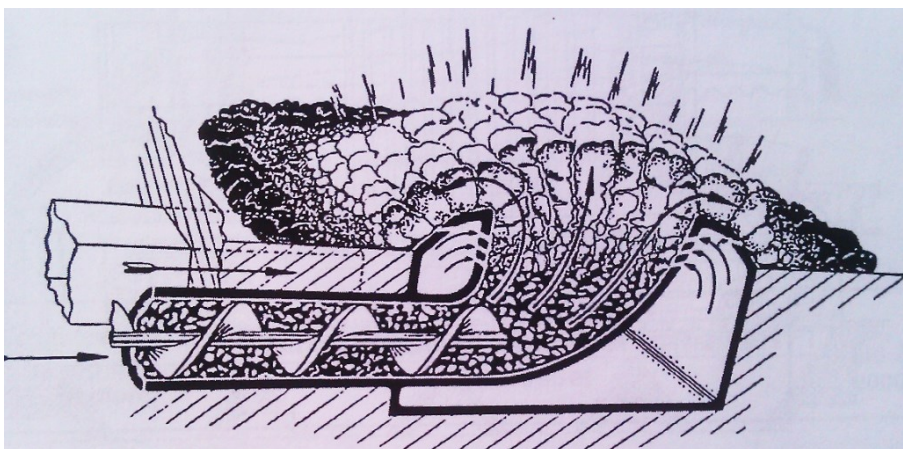


Abbildung 10: Skizze eines Unterschubrostes [9]

### 2.3.4 Walzenrost

[1] [2] [8]

Der Walzenrost kann horizontal und geneigt gebaut werden. Die Rostfläche besteht aus großen, hintereinanderliegenden, rotierenden und einzeln regelbaren Walzentrommeln die jeweils mit Roststäben versehen sind. Die Neigung dieses Rostes ist eher steil, daher ist die Möglichkeit des Abrutschens des Brennstoffes groß. Dies führt zu einer starken Durchmischung zwischen den jeweiligen Walzen. Durch die Größe einer Walze (bis zu 1.5 m Durchmesser) ist der untere Teil immer gut durch die Primärluft gekühlt und nur ein kleiner Teil der Walze ist wirklich im Feuerraum und den thermischen Belastungen ausgesetzt.

„Die zwischen den Walzen gebildeten Vertiefungen stellen den Übergang des Mülls von einer Walze auf die nächste Walze sicher. Durch die resultierende Kraft aus Gewicht und Reibfaktor des Fördergutes wird in den Vertiefungen der Müll gewendet und gut durchmischt. Trotz intensiver Schürung werden feine Brennstoffteilchen nicht aus dem Abfallbett mitgerissen, da die Vertiefungen eine jeweils neue gleichmäßig verteilte Brennstoffauflage zur nächsten Walze hin gewährleisten.“ [1]



Der Walzenrost wird gerne für nicht aufbereiteten, inhomogenen und eher problematischen Brennstoffe verwendet, wo die Gefahr des Verklebens bzw. des Verschlackens groß ist.

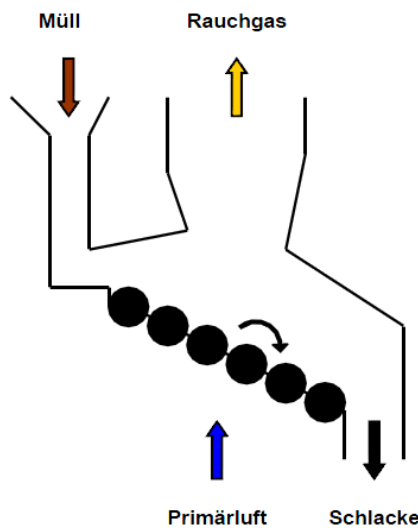


Abbildung 11: Skizze Walzenrost [6]

### 2.3.5 Treppenroste

[1] [4]

Ein wichtiges Merkmal der Treppenroste ist, dass sich die Rostteile bewegen. Die festen und beweglichen Roststabsreihen wechseln sich über die Länge hin ab. Die Geschwindigkeit der beweglichen Reihen kann variiert werden, um so den optimalen Verbrennungsverlauf zu erzielen. Es können mehrere Bahnen nebeneinander der Breite nach angeordnet werden, was zu sehr großen Rostfeuerungsanlagen führt. Die Neigung des Rostes kann je nach Brennstoff bis zu  $40^\circ$  variieren.

Durch die unterschiedlichen Bewegungen der Roststäbe wird der Brennstoff stark umgewälzt und dadurch gut durchmischt. Die möglichen Glutbereiche kommen an die Oberfläche und der Brennstoff der noch nicht gezündet hat fällt in die Glutbereiche. Diesen Vorgang nennt man Schürwirkung. Diese Vermischung führt zu einer gleichmäßigen und stabilen Verbrennungsprozess.

Da bei dieser Feuerung der Brennstoff geschürt wird, wird diese Art auch gerne Schürrostfeuerung genannt. Es gibt viele Sonderformen und unterschiedliche Bezeichnungen wie Schwerkraftrost, Schüttelrost, Kaskadenrost, etc.

Die Treppenroste werden für eher grobstückige und aschereiche Brennstoffe verwendet, wo eine intensivere Schürung zu Vorteilen führt. Des Weiteren ist diese Art von Feuerungsanlagen für schwierig zu verfeuernde Brennstoffe geeignet.

### 2.3.5.1 Vorschubrost

[1] [2] [5] [6]

Ein Vorschubrost kann horizontal oder auch geneigt gebaut werden. Die gebräuchliche Neigung liegt zwischen 15 und 25 Grad, wobei der Winkel von der Abfallzusammensetzung abhängig ist. Eine zu steile Rostneigung ist bei bestimmten Brennstoffen nicht erwünscht, da sie abrutschen könnten und dadurch keine vollständige Verbrennung gewährt werden kann. Bei anderen Zusammensetzungen ist eine steile Neigung für eine bessere Schürwirkung wiederum erwünscht.

Die Besonderheit dieses Rostes ist, das die Roststäbe durch die Hin- und Herbewegung den Brennstoff in Richtung Ascheaustrag bewegen (siehe Pfeile in der Abbildung 12). Bei einem geneigten Rost ist die Schürbewegung somit rostabwärts gerichtet. Das heißt, der Transport und die Schürung des Brennstoffes sind in Flussrichtung. Dies wird meistens mit L-förmigen Roststäben, die nach unten gerichtet sind, bewerkstelligt. Die Brennstoffhöhe kann durch die Vorschubgeschwindigkeit des Brennstoffes in den einzelnen Zonen individuell eingestellt werden. Die Regelung erfolgt über die Pausenzeiten des Rostantriebes. Der Rostantrieb selbst weist meist eine konstante Geschwindigkeit auf. Mit Hilfe dieser Bewegung kommt es zu einer guten Durchmischung des Abfalls, aber auch zu einer größeren Menge an Flugasche.

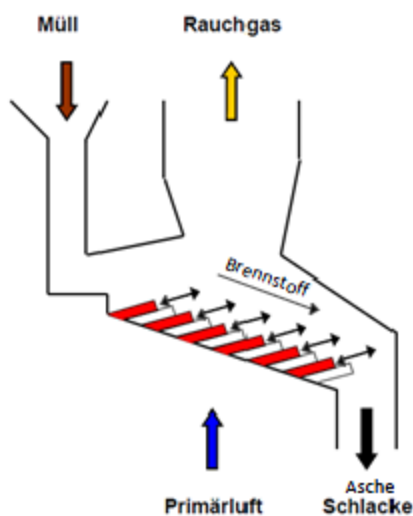


Abbildung 12: Skizze Vorschubrost [6]

In Abbildung 13 ist eine schematische Darstellung der Funktionsweise der Roststäbe skizziert. Meist ist nur jeder zweite Roststab beweglich. Diese Stäbe sind mit einem Rostwagen verbunden, um einerseits eine gleichmäßige und regelmäßige Bewegung zu erzielen, andererseits erspart man sich damit mehrere Antriebe, was zu einer Kostenersparnis führt.

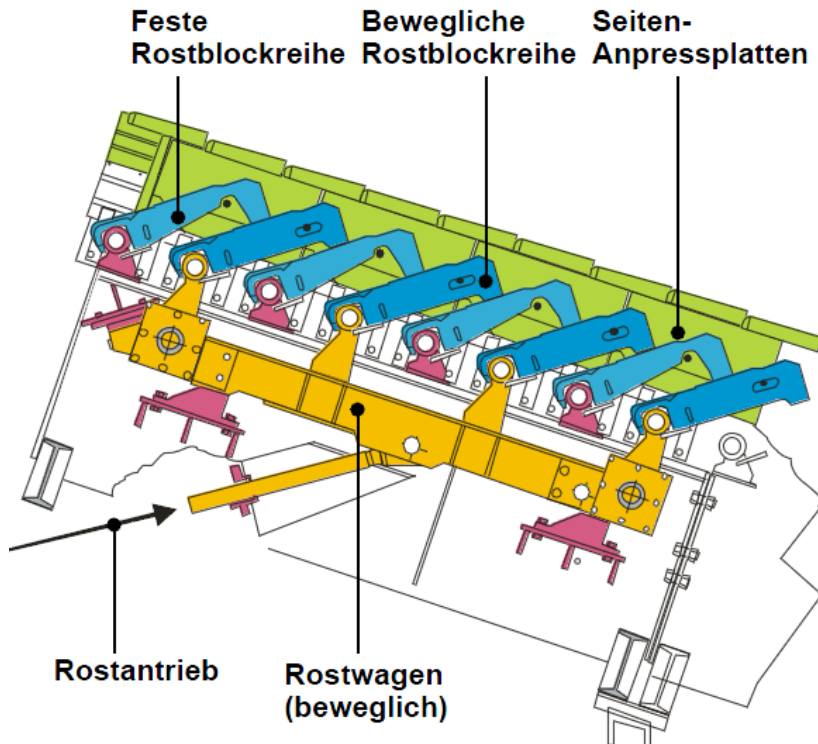


Abbildung 13: schematische Darstellung der Bewegung der Stäbe eines Vorschubrostes [6]

### 2.3.5.2 Rückschubrost

[2] [4] [6]

Die Besonderheit eines Rückschubrostes ist, dass die Bewegung der Roststäbe rückwärts, also gegen den Ascheaustrag abläuft (siehe Pfeile Abbildung 14). Das heißt, dass der Transport des Brennstoffes mit der Schwerkraft geht, aber die Schürung gegen die Schwerkraft. Durch die Neigung, die meist steiler ist als bei einem Vorschubrost und durch die entgegengesetzte Vorschubrichtung überschlägt sich der Brennstoff. Dies ist ein großer Vorteil des Rückschubrostes gegenüber dem Vorschubrost. Die verstärkte Durchmischung von der heißen Schlacke mit dem getrockneten und zündfähigen Brennstoff. Bewerkstelligt wird dies meistens mit L-förmige Roststäbe die nach oben gerichtet sind. Durch die Rückwärtsbewegung kommt es zu einer höheren Schichtdicke, wodurch eine höhere Pressung der Luftzufuhr benötigt wird.

Durch die intensive Durchmischung ist dieser Rost für feuchte, aschereiche Brennstoffe geeignet.

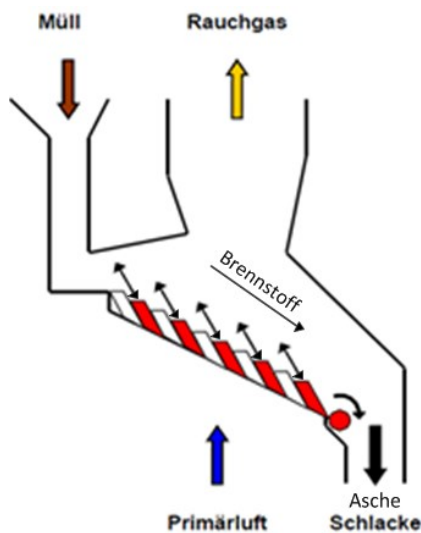


Abbildung 14: Skizze Rückschubrost [6]

### 2.3.5.3 Gegenlauf- Überschubrost

[1] [2]

Der Gegenlauf- Überschubrost ist hinsichtlich der Bewegung der Roststäbe her eine Kombination des Vorschubrostes und des Rückschubrostes. Wie in der Abbildung 15 durch die Pfeile ersichtlich, bewegen sich die einzelnen Rostreihen gegenläufig. Durch diese Bewegung ist eine gute Durchmischung und ein sehr guter Ausbrand gewährleistet und das Abrutschen des Brennstoffes wird zusätzlich verhindert. Der Zündvorgang passiert hier nicht nur von oben sondern durch die Umwälz- und Schürbewegung auch von unten.

„Durch kontinuierliches Schüren und Umwälzen des Brennstoffes wird das Brennstoffbett wiederholt aufgelockert und neu geordnet. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Zündung und Verbrennung aus, da durch das Auflockern eine größere Brennstoffoberfläche begünstigt wird.“ [1]

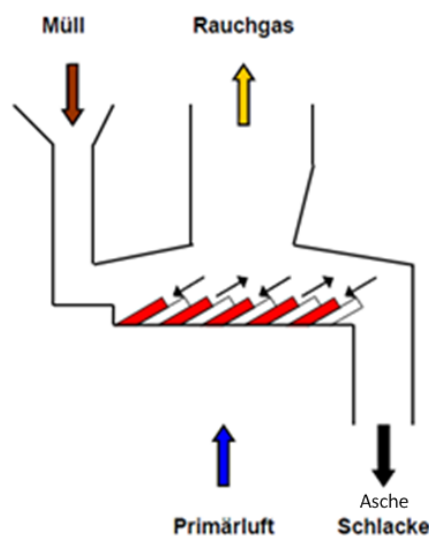


Abbildung 15: Skizze Gegenlauf- Überschubrost [6]

In der folgenden Abbildung (Abbildung 16) sieht man eine schematische Darstellung der Bewegung der Roststäbe. Die Stäbe A, B, und C sind feste, unbewegliche Stäbe. Stab 1 und 2 bewegen sich gegenläufig. Das heißt, wenn sich Stab 1 vorwärts bewegt, bewegt sich Stab 2 rückwärts und umgekehrt.

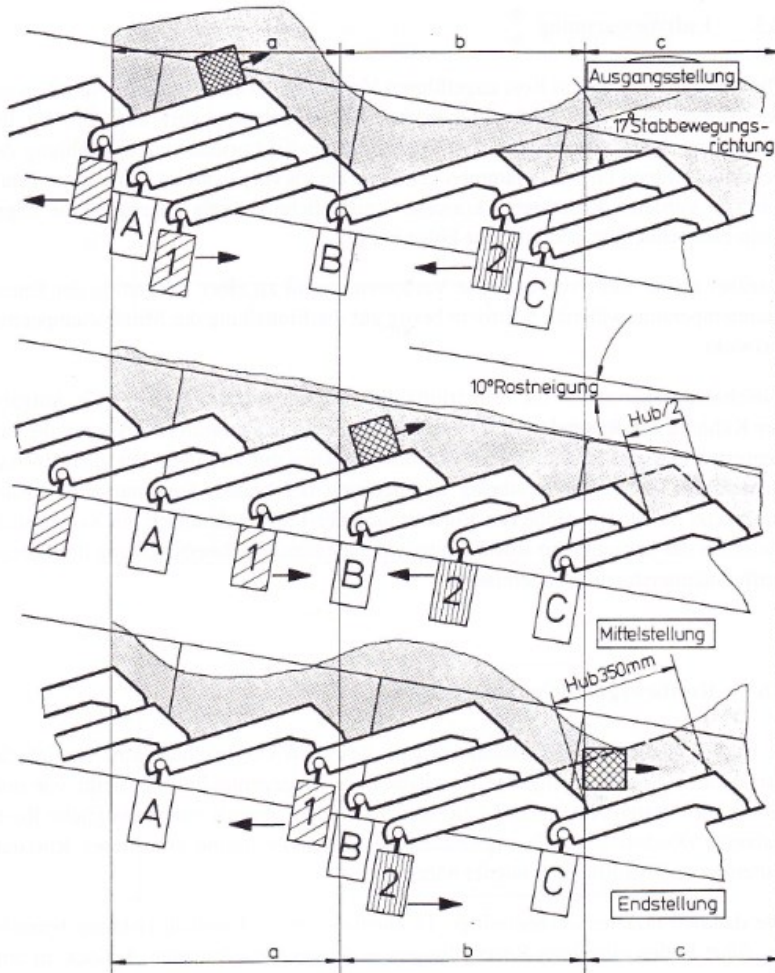


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Bewegung der Roststäbe [4]

## 2.4 Wirbelschicht

[1] [2] [5] [13]

Eine weitere Verbrennungsmöglichkeit von Brennstoffen ist die Wirbelschicht.

„Definition: Wirbelschicht ist der Zustand, in dem sich Feststoffpartikel befinden, wenn sie in einem Reaktor durch ein von unten nach oben strömendes fluides Medium von ihrem Festbett aufgewirbelt werden. In Abhängigkeit einer bestimmten Durchströmungsgeschwindigkeit stellt sich eine lebhafteste Bewegung und Durchmischung der Festpartikel ein. Der Übergang vom Festbett zum Wirbelbett, das sich wie ein Fluid verhält, wird als Wirbelpunkt bezeichnet.“ [1]

Im unteren Teil des Reaktors befinden sich eingebaute Teile wie Rost, Düsenboden oder gelochte Luftverteilerrohre. Mit Hilfe dieser Teile wird das Bettmaterial, meist ein Inertmaterial wie Quarzsand, durch das Einblasen der Primärluft zum Schweben gebracht. Der Brennstoffanteil im Verhältnis zum Quarzsand beträgt 1 – 3 Gew%. Das Zusammenspiel der Schichthöhe und der Anströmgeschwindigkeit ist ein wichtiger Punkt, denn sie ist für die Ausbildung der Wirbelschicht und für die Verbrennung zuständig.

Der Brennstoff wird entweder von der Seite oder von oben kontinuierlich eingebracht. Durch die Schwerkraft sinken die Grobstoffe nach unten und das aschebeladene Rauchgas wird nach oben hin ausgetragen.

Durch die gezielte unterstöchiometrische Luftzugabe durch die Primärluft kann eine Entgasung des Verbrennungsgutes erreicht werden. Erst mit der Zugabe der Sekundärluft kann eine vollständige Verbrennung im oberen Bereich des Reaktors erfolgen.

Durch die Ausbildung einer Wirbelschicht wird nicht nur eine intensive Durchmischung erreicht, sondern auch eine homogene Temperaturverteilung im gesamten Verbrennungsraum, was eine sehr gute Ausbrandeigenschaft hervorruft. Eine niedrige Verbrennungstemperatur zwischen 750°C und 900°C wird durch diese gleichmäßige Temperaturverteilung gewährleistet. Dies führt dazu, dass die Entstehung von Stickoxiden und anderen Schadstoffen minimiert wird. Des Weiteren erreicht die Verbrennungstemperatur nicht die so genannte Schmelztemperatur der Asche, was eine Sinterung vermeidet.

Um mit einem Brennstoff eine Wirbelschicht ausbilden zu können, benötigt der Brennstoff zunächst eine Aufbereitung. Diese Aufbereitung ist schlussendlich mit höheren Kosten verbunden. Des Weiteren ist der Schwebebereich im Reaktor sehr klein, was die Regelung des Verbrennungsvorganges erschwert. Zugleich führt der Schwebezustand zu höheren Druckverlusten, die hierfür leistungsstärkeren Gebläse erhöhen wiederum die Kosten. Des Weiteren ist zu beachten, dass Blasenbildung und /oder Rückvermischung im Reaktor einen schlechten Umsatz zur Folge hat.

Die Aschemenge bei diesem Verfahren ist aufgrund des teilweisen Sandaustrages hoch, was zu höheren Entsorgungskosten führen kann. Die Wartungskosten können sich einerseits

durch die Gefahr des Verstopfens des Düsenbodens erhöhen, andererseits können sie sich durch das Vorhandensein unbeweglicher Teile im Feuerraum minimieren.

Vorteile und Kennzeichnungen einer Wirbelschicht:

- Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer
- Intensive Durchmischung zwischen Brennstoff und Verbrennungsluft
  - Gleichmäßige Reaktionsbedingungen über gesamten Reaktor
  - Gute Zündung – schneller Ausbrand
  - Hohe Temperaturkonstanz des Wirbelbettes – gleichmäßiges Temperaturprofil, keine Temperaturspitzen
  - Gute Stoff- und Wärmeübergänge zwischen Brennstoffpartikeln und zwischen Brennstoff und Verbrennungsluft
- Ausgleich der Schwankungen von Feuchtigkeitsgehalt und Qualität des Brennstoffes
- Keine beweglichen Einbauten im Feuerraum
  - Führt zu geringeren Wartungskosten
- Flexibler Einsatz ballaststoffreicher Brennstoffe
  - Fester, pastöser, flüssiger oder gasförmiger Brennstoff möglich
- Schnelle Prozessregelung über den Durchsatz
- Guter Ausbrand
  - Bei vergleichsweise niedrigem Luftüberschuss
  - Führt zu geringen Rauchgasmengen und
  - Führt zu geringem Restanteil von C < 0,5 Massen%
- Niedrige Verbrennungstemperatur
  - Kein thermisches NO<sub>x</sub>
  - NO<sub>x</sub> Emissionsgrenzwerte meist ohne Sekundärmaßnahmen einhaltbar
- Gute, interne Einbringung von Zuschlagstoffen für die Schadstoffbindung
  - Niedrige Schadstoffe SO<sub>2</sub>, HCl
    - Gegebenenfalls keine separate Entschwefelungsanlage notwendig
- Direkte Wärmenutzungsmöglichkeit im Bereich des Wirbelbettes durch Wasserkühlung



Nachteile einer Wirbelschicht:

- Aufbereitung der Brennstoffe erforderlich
  - Konstante Größe
  - Brennstoff und Bettmaterial sollten gleiche Sinkgeschwindigkeit aufweisen
  - Leichter und flockiger Brennstoff nicht geeignet
  - Brennstoffkosten durch technischen und energetischen Aufwand höher
- Verschleiß der Wände und Leitungen durch Erosion
- Große Mengen an Flugasche (durch Sandabrieb)
  - Aufwendige Rauchgasreinigungsanlage
  - Höhere Entsorgungskosten
- Größere Menge an Asche (durch Sandaustrag)
  - Eventuelle höherer Reinigungsaufbereitung (Asche/ Sand Trennung)
- Leistungsstarke Luftgebläse werden für die Ausbildung der Wirbelschicht benötigt
  - Elektrischer Eigenbedarf ist hoch
- Schwebezustand nur in einem bestimmten Bereich möglich
  - Regelbereich recht klein
  - Regelbarkeit insgesamt schwierig
- Erst bei einer bestimmten Kraftwerksgröße wird es wirtschaftlich sinnvoll
- Asche mit niedrigem Ascheschmelzpunkt versintert mit Bettmaterial
- Empfindlich gegenüber Störstoffen (z.B. Stein, Schrott, etc.)

### 2.4.1 Stationäre Wirbelschicht (langsame Wirbelschicht - SWS)

[1] [8] [13]

Die Stationäre Wirbelschicht, oder auch langsame Wirbelschicht genannt, ist die Grundform der Wirbelschichten. Die Gasgeschwindigkeit beträgt zwischen 1m/s und 2,5 m/s. Die typische maximale Korngröße des Brennstoffes bewegt sich im Bereich von 30 – 50 mm. Das verwendete Bettmaterial liegt zwischen 0,5 und 1 m im ruhenden Zustand. Der Reaktor wird zuerst mit einem Hilfsbrenner aufgeheizt, erst nach dem Erreichen der gewünschten Temperatur wird der Brennstoff, meist von oben, in die Wirbelschicht eingebracht. Durch den Schwebebereich werden die flugfähigen Teilchen, wie zum Beispiel Aschepartikel oder Staubpartikel, mit dem aufsteigenden Gasstrom ausgetragen. Dadurch kann die Staubbelastung des Rohgases einen Wert von 20 bis 80 g/m<sup>3</sup> betragen. Die unbrennbaren, nicht flugfähigen Teilchen sinken im Reaktor zu Boden und werden dort abgezogen. Durch



das Anströmverhalten wird das Austragverhalten gesteuert, jedoch kann der Austrag des Feinanteiles durch das Gas nicht zu Gänze verhindert werden.

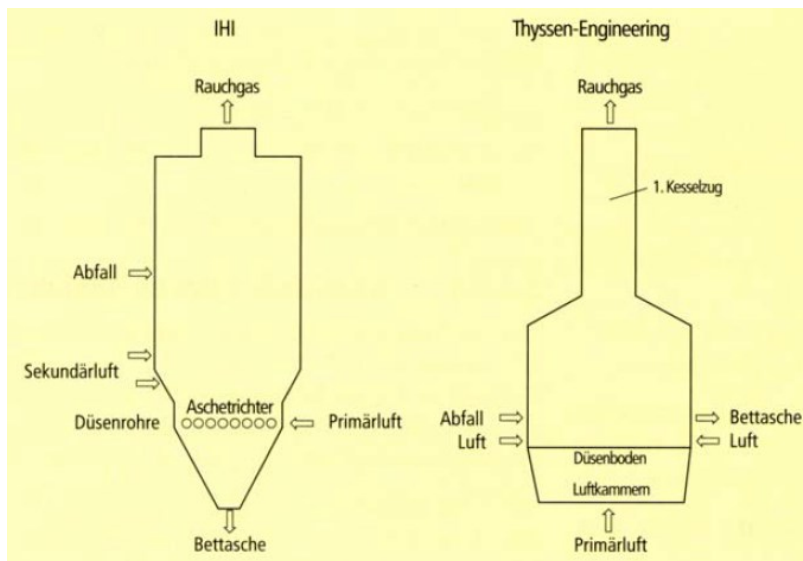


Abbildung 17: Skizze Stationäre Wirbelschicht [1]

## 2.4.2 Rotierende Wirbelschicht (RWS)

[1] [8] [10]

Die Rotierende Wirbelschicht ist eine Sonderform der Stationären Wirbelschicht. Sie wird ebenfalls als Wirbelschichtrost bezeichnet. Ein spezielles Merkmal dieser Technologie ist die Erzeugung der Zwangszirkulation für eine bessere Festbettdurchmischung.

„Die Primärluft wird über mehrere Luftkammern in den Reaktor geleitet, wobei die Strömungsgeschwindigkeit zum unteren Ende des Düsenbodens hin zunimmt. da es dort das Bettmaterial nach oben gegen die Reflektorplatte getragen und im Bereich mäßiger Strömungsgeschwindigkeit am höheren Ende des Rostes umgelenkt wird. Damit wird das Wirbelbett in einer elliptischen Bahn zwangsorientiert. Die Wirbelschicht besteht daher in der Einzelvariante aus einer rotierenden Walze und in der Doppelbettvariante aus zwei gegenläufig rotierenden Walzen.“ [1]

„Das zu verbrennende Material gelangt an der höchsten Stelle auf den Rost und bewegt sich im aufgelockerten Zustand langsam zu tiefsten Stelle, wo es als ausreagierte Asche abgezogen wird.“ [8]

„In Gegensatz zur üblichen stationären Wirbelschichtfeuerung wird also zusätzlich zur vertikalen eine horizontale Fluidisierungskomponente gebildet, wodurch das Verbrennungsgut und die Betttemperatur vergleichmäßigt wird.“ [1]

Diese Technologie ist eher für Hausmüll und Klärschlamm in kleineren Anlagen, jedoch für die reine Abfallverbrennung schlecht geeignet. Die Vorteile liegen eher im niederkalorischen Abfall mit einer engeren Heizwertbandbreite, was bei europäischem Abfall eher nicht der Fall ist. Diese Wirbelschicht benötigt ein sehr schnelles Regelungskonzept und eine erfahrene

Mannschaft, da dieser Verbrennungsprozess kein „Selbstläufer“ ist. Des Weiteren sind keine prozesstechnischen Vorteile ersichtlich, die die Mehrkosten dieses Verfahrens rechtfertigen könnten.

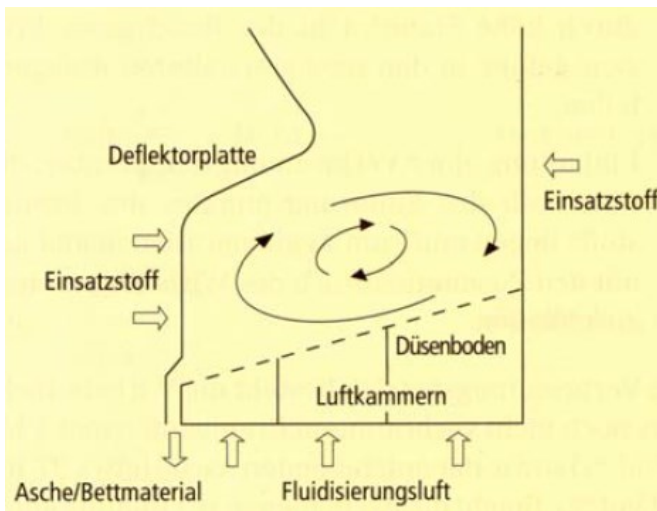


Abbildung 18: Skizze einer Rotierenden Wirbelschicht - Einzelbett Variante [1]

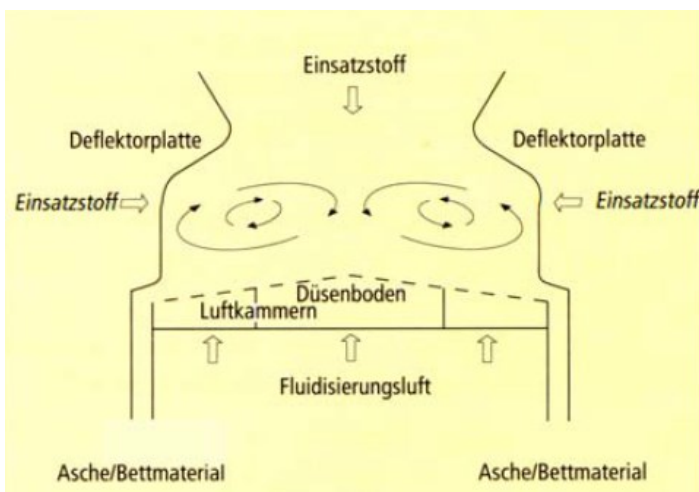


Abbildung 19: Skizze einer Rotierenden Wirbelschicht - Doppelbett Variante [1]

### 2.4.3 Zirkulierende Wirbelschicht (schnelle Wirbelschicht - ZWS)

[1] [8] [13]

Bei einer Zirkulierenden Wirbelschicht, oder auch Schnelle Wirbelschicht genannt, ist nach dem Verbrennungsreaktor ein Zyklon nachgeschaltet. Die Wirbelschicht wird über dem sogenannten Austragungspunkt betrieben. Dies bedeutet, dass das Material bewusst aus dem Reaktor ausgetragen wird. Die Anströmgeschwindigkeit ist dementsprechend hoch (zwischen 5m/s und 8m/s). Das Material/Gas -Gemisch wird in den Zyklon geleitet, wo das Rohgas schlussendlich abgesaugt wird und die Partikel die abgeschieden werden in den Verbrennungsreaktor zurückgeführt werden, womit man eine Zirkulation erzeugt hat.

Der Brennstoff, der eine Korngröße von 10 – 20mm aufweist, kann entweder im oberen Teil des Feuerraumes oder in den rückgeführten Strom eingebracht werden.

Durch die Zirkulation entstehen höhere Verweilzeiten und dadurch ergibt sich ein besserer Brennstoffverteilung, -umsetzung und Ausbrand. Es besteht die Möglichkeit einer gestuften Verbrennung, was zu einer größeren Energieumsetzungsgeschwindigkeit und folglich zu einer kleineren Dimensionierung der Anlage führt.

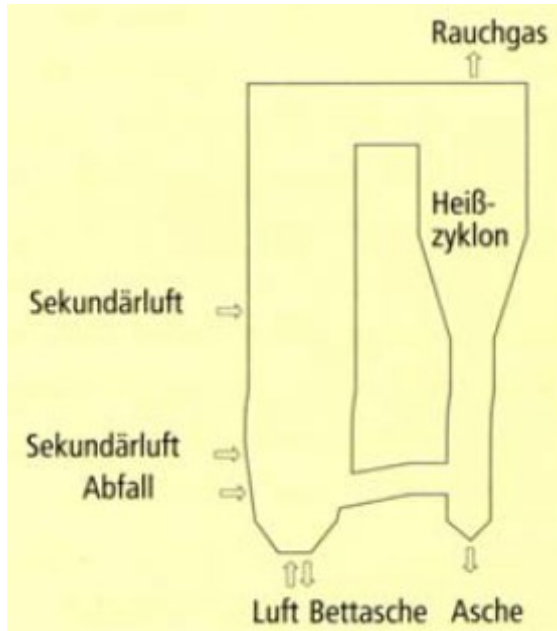


Abbildung 20: Skizze einer zirkulierenden Wirbelschicht [1]

### 2.4.3.1 Turbowirbelschicht

[1] [8] [13]

Eine Sonderform der stationären und der zirkulierenden Wirbelschicht ist die Turbowirbelschicht.

Sie besteht aus zwei Zonen. Die erste Zone ist die blasenbildende Wirbelschicht, die Aufgabezone. Über dieser Zone wird der Brennstoff eingebracht. Da hier eine geringe Geschwindigkeit der Wirbelschicht herrscht werden die feinen Teilchen nicht ausgetragen. Die zweite Zone besteht aus einer stark expandierten Wirbelschicht, die sogenannte Verbrennungszone. Da hier eine höhere Geschwindigkeit herrscht, werden der Brennstoff und das Bettmaterial ausgetragen. Am Austritt dieser Zone ist ein Abscheidesystem angebracht, dass das abgeschieden Material wieder zurückführt wird.

Die Aufgabe- und Verbrennungszone sind miteinander verbunden, wodurch das Material von der Aufgabezone in die Verbrennungszone gelangen kann. Durch die hervorgerufene Zirkulation des Bettmaterials und gegebenenfalls des Brennstoffes von der Aufgabezone in die Verbrennungszone über den Abscheider zurück in die Aufgabezone, wird dieses System auch intern zirkulierende Wirbelschicht genannt.

Über den beiden Wirbelschichtausbildungen existiert eine Nachbrennkammer. Dies ist das Hauptmerkmal einer Turbowirbelschicht.

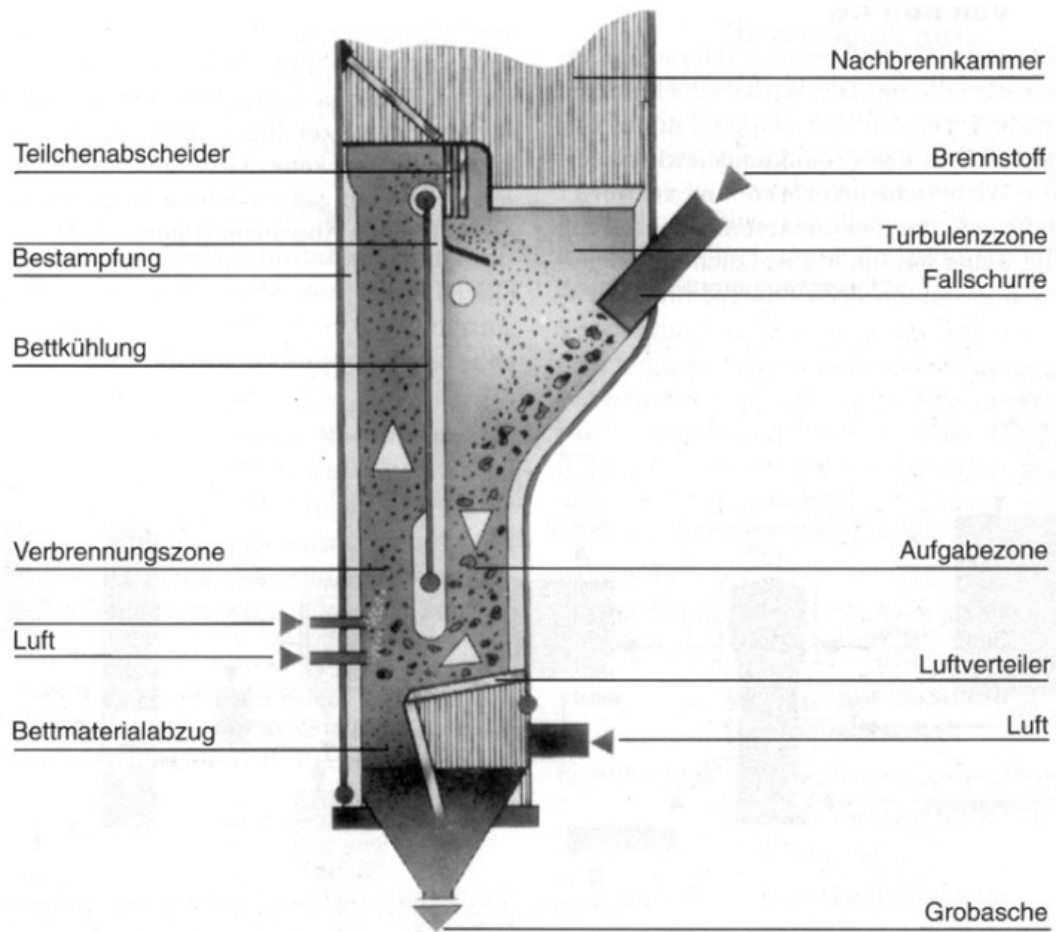


Abbildung 21: Skizze einer Turbowirbelschicht [1]

## 2.5 Drehrohrofen

[1] [8]

Ein Drehrohrofen, oder auch direkt beheizter Drehrohrofen genannt, ist eine zylindrische, leicht geneigte Fördereinrichtung, die sich um die eigene Achse dreht. Der Mantel ist mit einer feuerfesten Auskleidung oder einem gekühlten Stahlmantel versehen. An der Kopfseite wird der feste, pastöse oder flüssige Brennstoff im Wechsel durch verschiedene Beschickungseinrichtungen aufgegeben. An der Fußseite wird die Asche bzw. Schlacke ausgetragen. Weiteres werden die Rauchgase wegen der recht kurzen Verweilzeit im Drehrohrofen in eine Nachbrennkammer weitergeleitet.

Durch die ständige Drehung des Zylinders wird ein „bewegtes“ Bett erzeugt. Der Hohlraum des Zylinders ist meist nur zu 20% mit Brennstoff befüllt. Die Umwälzung erfolgt durch die ständige Längsdrehung des Zylinders und durch den damit verbundenen Brennstofftransport zur tieferliegenden Stelle des Drehrohrofens. Diese gute Durchmischung kann durch statische Mischereinbauten im Inneren unterstützt werden.

Der große Vorteil von Drehrohrofen ist die Unempfindlichkeit gegenüber verschiedener Konsistenzen und schwankenden Zusammensetzungen vom Brennstoff. Durch die gleichmäßige und wechselnde Beschickung der Brennstoffe ist ein kontinuierlicher, effizienter und strömungsfreier Betrieb möglich. Im Gegensatz zu einer Rostfeuerung kann die Verbrennung in einem Drehrohrofen nicht zonenweise geregelt werden.

Die ständige und wiederkehrende Berührung des Brennstoffes mit dem Mantel kann hohe mechanische, thermische und chemische Beanspruchungen herbeiführen, die zum Verschleiß der feuerfesten Ausmauerung führen kann. Des Weiteren ist die Gefahr des Abriebes von möglichen Einbauten sehr hoch. Diese haben die Aufgabe, die Entmischung des Brennstoffes zu vermeiden. Durch die Umwälzung im Drehrohrofen werden die Grobanteile nach außen befördert und der Feinanteil wird zur Innenseite transportiert.

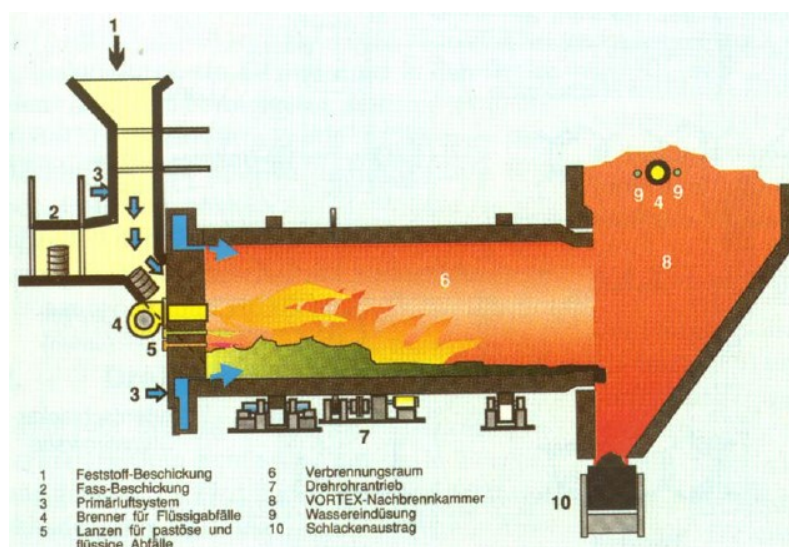


Abbildung 22: Skizze eines Drehrohrofens [1]



## 2.6 Gegenüberstellung der Feuerungssysteme

[10] [14] [17]

Jedes Feuerungssystem hat Vorteile, aber auch Nachteile. Die Entscheidung welches Feuerungssystem schlussendlich verwendet wird, hängt von vielen Faktoren ab. In den nächsten Abschnitten sind einerseits bereits beschriebene Vorteile und Nachteile einer Rostfeuerung und einer Wirbelschicht gegenübergestellt, andererseits sind weitere entscheidende Merkmale zusammengefasst.

Die Einsatzbereiche von Rost- und Wirbelschichtfeuerung überlappen sich in weiten Bereichen des Leistungs- und Brennstoffspektrums.

In der folgenden Abbildung ist zu sehen, dass im Allgemeinen eine stationäre Wirbelschicht bei niedrigen Heizwerten und kleinen Leistungen und eine zirkulierende Wirbelschicht bei hohen Heizwerten und großen Leistungen verwendet werden. Eine Rostfeuerung liegt jeweils im mittleren Bereich.

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie ist im roten Bereich tätig.

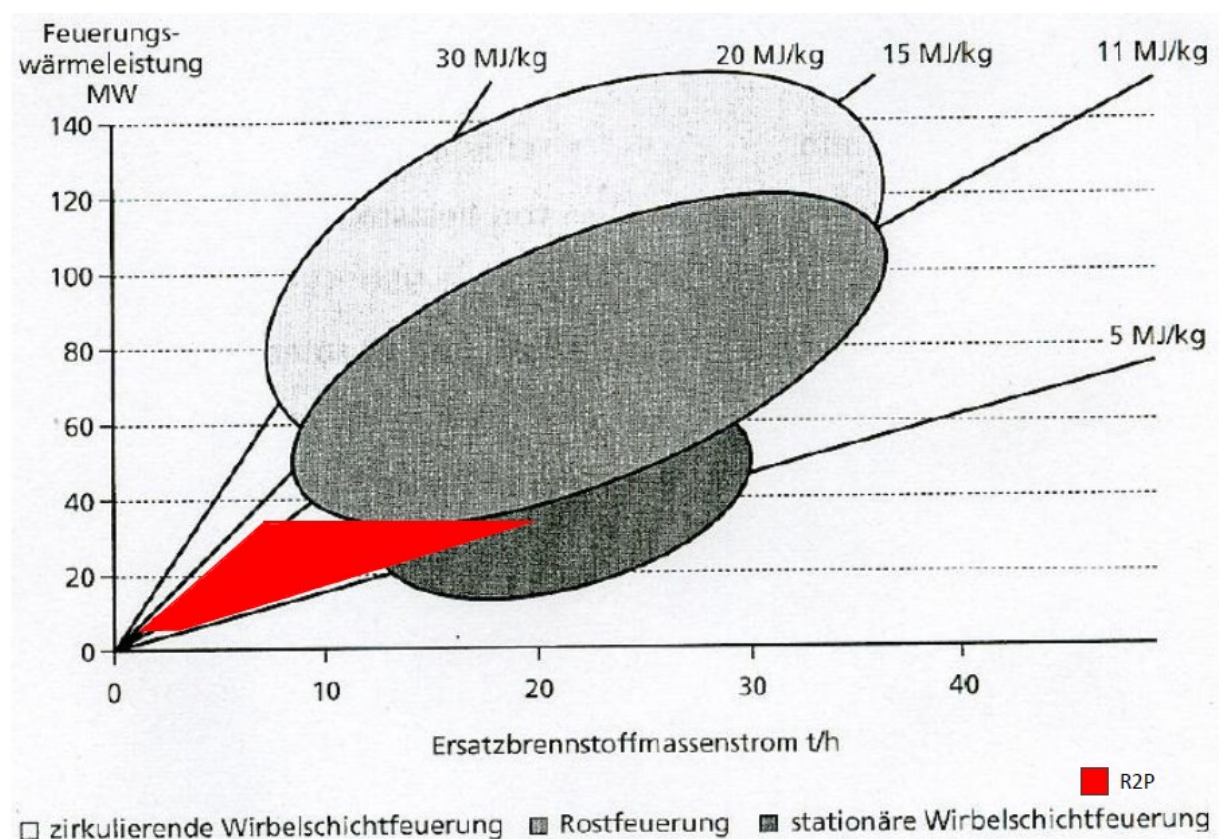


Abbildung 23: Gegenüberstellung der Feuerungssysteme bezogen auf Massenstrom und Feuerungsleistung [14]

## 2.6.1 Brennstoff

Der Brennstoff ist einer der wichtigsten Entscheidungspunkte. Es geht um die Qualität und die Beschaffenheit des Brennstoffes. Ein Vorteil der Rostfeuerung ist Flexibilität, bezogen auf die Art, die Stückigkeit des Brennstoffes und der Störstoffanteiles, der beliebige hoch sein kann, und daher auch die Anteile von Eisen- und Nicht-Eisenmetallen. Die Stückigkeit bilden nur Kriterien bezogen auf die Beschickung und den Ausbrand. Ein Nachteil bei einer Wirbelschicht ist, dass der Brennstoff meist aufwendig aufbereitet werden muss. Der Brennstoff sollte ein 100x100mm Sieb passieren können bzw. eine maximale Kantenlänge von 350 mm nicht überschreiten, um die Stückigkeit somit zu reduzieren. Diese Werte hängen von der Anlagengröße ab. Je größer die Stückigkeit ist, desto größere Druck-, Leistungs- und O<sub>2</sub>-Schwankungen können auftreten. Eine zu kleine Stückigkeit, also ein zu hoher Feinanteil, ist für eine Wirbelschichtfeuerung besser geeignet (bessere Verbrennung in der Fluidisierungsbildung), als für eine Rostfeuerungsanlage (Durchfall von unverbranntem Brennstoff durch die Roststäbe).

Die Entfernung von Eisen- und Nicht-Eisenmetallen sollte so weit wie möglich stattfinden, da es bei einer Wirbelschicht einerseits zu Verstopfungen des Düsenbodens und andererseits durch die meist niedrigen Schmelzpunkte zu Problemen führen kann. Grundsätzlich ist die Wirbelschicht ebenfalls für hohe Störfallmengen geeignet, allerdings muss der Apparat sehr robust, und mit leistungsstarken Entaschungssystemen, die sehr verschleißanfällig sind, konstruiert sein.

Ein weiterer wichtiger Punkt beim Brennstoff ist dessen Heizwert bzw. dessen Feuchtigkeitsgehalt. Die Wirbelschicht hat diesbezüglich große Vorteile gegenüber der Rostfeuerung. Der Heizwertbereich liegt bei einer Wirbelschicht zwischen 3,5 - 20 MJ/kg und höher. Der Vorteil ist, dass Brennstoffe mit unterschiedlichen Heizwerten gleichzeitig verbrannt werden können. Deshalb ist zum Beispiel ein mechanisch entwässerter Schlamm mit einem Heizwert <0 MJ/kg und 20% - 25% Trockensubstanz, solange eine heizwertreiche Fraktion mitverbrannt wird, kein Problem. Bei einem Rost ist dies nur bedingt möglich. Der Feuchtigkeitsgehalt reicht bis zu 70% und höher. Die obere Grenze des Heizwertes ist meist nicht der Heizwert selbst, sondern der Anteil der flüchtigen Brennstoffe.

Eine luftgekühlte Rostfeuerungsanlage wird bei einem Heizwertbereich von ca. 6 – 15 MJ/kg betrieben. Unter diesem Wert ist der Brennstoff schwer zu zünden und oberhalb dieses Bereiches ist der Verschleiß zu groß. Bei einem wassergekühlten Rost kann der Heizwert nach oben hin erweitert werden, doch zusätzliche Investitionskosten fallen an.

Schlussendlich hängt der Brennstoff vor allem von seinem Anlieferungszustand ab. Bei einer großen Stückigkeit und mit vielen Störstoffen ist die Rostfeuerung im Vorteil. Bei einem hohen Heizwert bzw. bei hohen Heizwertschwankungen ist die Wirbelschicht im Vorteil.

## 2.6.2 Emissionen

Ein wesentlicher Vorteil der Wirbelschicht und der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie sind die niedrigen Emissionswerte gegenüber einer Rostfeuerungsanlage. Vor allem im Bereich der NO<sub>x</sub>- Emissionen kann es sein, dass eine

Wirbelschicht die Grenzwerte ohne zusätzliche Sekundärmaßnahmen erreichen kann. Mit einer Rostfeuerung ist dies nicht möglich.

Dies ist meist der Grund, warum die Investitionskosten der Wirbelschicht im Vergleich zu einer Rostfeuerung niedriger ausfallen, da keine SNCR Anlage benötigt wird. Des Weiteren werden keine Betriebsmittelkosten für Harnstoff oder Ammoniakwasser gebraucht. Ein Nachteil der Wirbelschicht ist aber, dass es durch die niedrigen Temperaturen in der Brennkammer, zu Lachgasbildung ( $\text{N}_2\text{O}$ ) kommen kann. Diese Bildung könnte den Grund geben, in der Zukunft einen Emissionsgrenzwert für Lachgas einzuführen.

Analog dazu kann der  $\text{SO}_2$  in der Wirbelschicht angesehen werden. Dieser wird vermehrt in der Asche eingebunden als bei einer Rostfeuerung. Zusätzlich hat die Wirbelschicht den Vorteil direkt in die Brennkammer Reaktionspartner (z.B.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ...) einzudüsen.

Alle Verbrennungstechnologien können die Grenzwerte bezüglich Emissionen von brennbaren Substanzen ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ,  $\text{CO}$ ) im Normalfall einhalten. Die Wirbelschicht erweist meist niedrigere Werte. Die  $\text{CO}$ - Emissionen liegen bei Rostfeuerungsanlagen typischerweise zwischen 50 und  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$  ( $6\%\text{O}_2$ , trocken). Bei einer Wirbelschichtanlage halbieren sich diese Werte etwa ( $0 - 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ). Beim TOC- Gehalt ist dies ein analoger Fall, nur bei sehr aschereichen Brennstoffen kann sich durch die Erhöhung dieses Wertes der Kesselwirkungsgrad bei der Rostfeuerung negativ auswirken ( $-1\%$  und mehr).

Eine Beurteilung bezogen auf die Feuerungsarten kann einerseits nur von Fall zu Fall und andererseits für die gesamte Anlage betrachtet werden.

### 2.6.3 Kesselwirkungsgrad

Der Kesselwirkungsgrad ist heutzutage ein wichtiges Wissen, das von mehreren Verlusten abhängig ist. Der Ausschlaggebendste ist der Abgasverlust, der wiederum von der Abgasmenge und der Abgastemperatur abhängig ist. Eine Wirbelschichtanlage wird meist mit einer niedrigeren Luftüberschusszahl betrieben als die Rostfeuerung. Des Weiteren werden Anlagen meist bei einem Sauerstoffgehalt im feuchten Abgas um die  $3\%$  vol betrieben. Dies sind Maßnahmen um die Abgasmengen zu reduzieren, um so die Abgasverluste zu minimieren. Die Verbrennungstemperatur ist unabhängig von der Abgastemperatur.

Ein weiterer nennenswerter Verlust ist der Verlust durch den unverbrannten Brennstoff in der Asche. Dies kann bei hohen Ascheanteilen im Brennstoff eine Kesselwirkungsgrad - Erniedrigung von über  $1\%$  betragen. Die Wirbelschicht und die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie, mit ihrem guten Ausbrand, hat diesbezüglich Vorteile. Wobei es bei aschearmen Brennstoffen in der Praxis keine Bedeutung hat.

Auch bei einem weiten Überschreiten der  $\text{CO}$ - Emissionswerte ist der Abgasverlust durch  $\text{CO}$  zu vernachlässigen.

Im Allgemeinen ist zu sagen, dass die Wirbelschicht und die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie im Vorteil ist gegenüber der Rostfeuerung.



## 2.6.4 Laständerungsgeschwindigkeit

Der Nachteil einer Rostfeuerungsanlage ist die große Verweilzeit des Brennstoffes und dadurch die Brennstoffmenge auf dem Rost. Dadurch kann einerseits die Feuerung bei einem Ausfall des Kessels nicht schnell genug unterbrochen werden und andererseits kann nur eine moderate Laständerungsgeschwindigkeit möglich sein. Dadurch ergibt sich ein sicherheitstechnischer Nachteil. Die Verweilzeit auf einem Rost ist zwischen 30 und 60 Minuten, bei einer Wirbelschicht sind es Sekunden bis wenige Minuten bis zum vollständigen Ausbrand. Dadurch kann die Feuerung bei einem Ausfall des Kessels zu einer rapiden Abnahme der Dampfproduktion in kürzester Zeit führen. Dies führt zu einer schnellen Regelungsmöglichkeit bezogen auf die Last. Dies benötigt aber eine gut abgestimmte Regel-, Mess- und Steuertechnik um Werte von 5 Prozent pro Minute und mehr.

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie liegt in diesem Fall zwischen der Rostfeuerung und der Wirbelschichtfeuerung.

## 2.6.5 Elektrischer Eigenbedarf

„Der elektrische Eigenbedarf von Wirbelschichtfeuerungen ist höher als jener von Rostfeuerungen. Gründe dafür sind die wesentlich höhere erforderliche Pressung der Primärluft (110 mbar versus 10 mbar) und der Umstand, dass Wirbelschichtanlagen meist mit erhöhter Rezirkulationsgasmenge betrieben werden. Dadurch steigt sowohl die Leistung des Rezirkulationsgasgebläses als auch jene des Saugzugs. Damit ergibt sich ein elektrischer Eigenverbrauch von ca. 1 % – 2 % für Rostanlagen und ca. 1,3 % – 2,5 % für Wirbelschichtanlagen bezogen auf die Brennstoffwärmeleistung.“ [17]

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie liegt in diesem Bereich eher auf Seiten der Rostfeuerung.

## 2.6.6 Investitionskosten

„Die Investitionskosten hängen sehr stark von der Komplexität der Gesamtanlage ab. Ist eine komplexe Brennstoffaufbereitung notwendig, dann werden die Kosten für eine Wirbelschichtfeuerung meist höher sein, als jene für eine Rostfeuerung. Ist bereits ein gut aufbereiteter Brennstoff vorhanden, dann ist dies nicht der Fall. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig die beiden Technologien gegeneinander abzuwiegen da die Betriebskosten einer Wirbelschichtanlage teilweise wesentlich niedriger sind.“ [17]

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie liegt in diesem Bereich wegen der leichteren Bauweise und der Aufbereitung zwischen der Rostfeuerung und der Wirbelschicht.

### 2.6.7 Gegenüberstellung der Parameter – Tabelle

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Technologien

Kriterium	REJECT to POWER Vorschubrost	Rostfeuerung	Wirbelschicht		Drehrohrofen		
			SWS / RWS	ZWS			
1. Leistung	Leistungsbereich	5 - 35 MW <sub>th</sub>	5 - 150 MW <sub>th</sub>	(5) 10 - 180 MW <sub>th</sub> (SWS bis max. 100 MW <sub>th</sub> )	(50) 100 - 1.000 MW <sub>th</sub>	k.A.	
2. Brennstoff	Brennstoffgröße	überwiegend kleinstückig; max. 180 mm (b+h); max. 80 mm (eine Seitenlänge)	überwiegend großstückig; typisch 80 % < 250 mm; üblich 30 - 300 mm	überwiegend kleinstückig; typisch 90 % < 75 mm durch 100x100 mm Sieb; max. Kantenlänge 350 mm		von Schlamm bis Fässer	
	Brennstoffaufbereitung	Brecher und Schredder	kommt auf den Brennstoff draufan: Brecher	kommt auf den Brennstoff draufan: Brecher und Schredder		im Allgemeinen keine mechanische Aufbereitung (gegebenenfall Schredder), meist nur Vorvermischung,	
	Brennstoffheizwert	6 - 18 MJ/kg	6 - 16 MJ/kg	3,5 - 30 MJ/kg	3,5 - 30 (40) MJ/kg	8 - 45 MJ/kg	
	Feuchtigkeitsgehalt	bis zu 45 %	bis zu 65 %	bis zu 70 % und höher		bis 80 Gew%	
	Brennstoff - Staubanteil < 1 mm	< 20 %	< 5 %	< 20 %		< 50 %	
	Brennstoff - Aschegehalt	gut geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt	wenig geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt	gut geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt		eher für weniger Aschegehalt geeignet	
	Fremdstoffe im Brennstoff, sonstige Beschaffenheiten	Größe und Menge von Fremdstoffen eingeschränkt; nicht flüssig, pastös oder klebrig	relativ unempfindlich	Eisenschrotte, schmelzende Metallbestandteile können bei geschlossenen Düsenboden zu gravierende Betriebsstörungen führen		Größe und Menge von Fremdstoffen eingeschränkt; nicht flüssig, pastös oder klebrig	
3. Asche	Austrag	trocken	trocken / nass	trocken		trocken oder nass; meistens mit Nassentschlacker; Trocken: Asche fällt in Trichter und darunter wassergekühlter Förderrinne;	
	Schlackebildung	gering; niedrige Temperatur am Rost; keine hot spots	relativ hoch, da hot spots auftreten können, geringe Brennstoffvermischung	gering, eventuell bei großen Ofenquerschnitten	keine, Ascheschmelzpunkt wird unterschritten	möglich	
	Ausbrand	sehr guter Ausbrand, geringe Rostbelegung, lange Nachbrenn- / Abkühlzone	kann zum Problem werden, besonders bei hohen Feinanteil	sehr guter Ausbrand		gut, Nachbrennkammer erforderlich	
4. Verbrennung	Verbrennungstemperatur	800 - 950 °C	ca. 1100 °C	800 - 950 °C		650 - 1400 °C	
	Temperaturverteilung	gleichmäßig; keine Temperaturspitzen	lokale Überhitzungen und / oder Unterkühlungen möglich	nicht gleichmäßig	gleichmäßig, keine Temperaturspitzen	eher gleichmäßig; wenn hot spots: Abhilft mit Einbauten	
	Schadstoffe - Emissionswerte	NO <sub>x</sub> Wert	wie Wirbelschicht	höher als bei WS - thermisches NO <sub>x</sub> und NO <sub>x</sub> aus Brennstoff N ist möglich; Sekundärmaßnahme erforderlich	kein thermisches NO <sub>x</sub> ; NO <sub>x</sub> aus Brennstoff - N ca. 150 - 200 mg/Nm <sup>3</sup> ; meist keine Sekundärmaßnahme erforderlich		höher als bei WS - thermisches NO <sub>x</sub> und NO <sub>x</sub> aus Brennstoff - N ist möglich; Sekundärmaßnahme erforderlich
		N <sub>2</sub> O Bildung	möglich	eher nicht möglich	möglich		möglich
		SO <sub>2</sub> / HCl	bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich	kann durch Kalkeinbringung wenig SO <sub>2</sub> in Asche binden bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich	kann durch Kalkeinbringung mehr SO <sub>2</sub> in Asche binden bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich		bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich
		CO	im Bereich der Wirbelschicht	50 - 100 mg/Nm <sup>3</sup> (6% O <sub>2</sub> , tr.)	0 - 50 mg/Nm <sup>3</sup>		0 - 50 mg/Nm <sup>3</sup> ; anhängig vom Brennstoff und Gesetze
	brennbare Substanzen	im Bereich der Wirbelschicht	höher als bei Wirbelschicht	niedriger als bei Rost		im Bereich der Wirbelschicht	
	Verbrennungsluftgeschwindigkeit	< 2 m/s	< 2 m/s	1 bis 2 m/s	5 bis 8 m/s	eher unter Rostfeuerung	
	Brennstoffbeschickung	Schleuderrad; keine Abdichtung erforderlich	mehrere Möglichkeiten; kein Abdichtungsorgan erforderlich	Verteilung über mehrere Aufgabestellen; Abdichtungsorgan erforderlich	wenige Aufgabestellen notwendig; Abdichtungsorgan erforderlich	feste Abfälle über Trichter und Schnecke; paröse Abfälle über Kolbenpumpe und Aufgabedüse; flüssiger Abfall über Lanzen und Brenner; Abfall kann im wechsel eingebracht werden; Stirnwand mit Drehrohr bzw Drehroh zur Nachbrennkammer mit Abdichtung	
	Luftüberschusszahl	1,4 - 1,5	1,4 - 2,0 (vorzugsweise 1,6)	ca. 1,25	>1,1	1,1 - 3	
	Primärluft / Sekundärluft	zwischen 70/30 und 50/50	k.A.	80 / 20	60 / 40	70 / 30 (mit Tertiärluft 60 / 25 / 15)	
	Querschnittsbelastung	0,6 - 0,8 MW/m <sup>2</sup>	0,8 - 1,4 MW/m <sup>2</sup>	1 - 2 MW/m <sup>2</sup>	4 - 6 MW/m <sup>2</sup>	k.A.	
Staubgehalt Kesseleintritt	geringer Staubgehalt, geringe Mengen an Flugasche	geringer Staubgehalt, geringe Mengen an Flugasche	hohe Staubfracht, hoher Anteil an Flugasche		un ter Rostfeuerung		
Bettmaterial	keines erforderlich	keines erforderlich	eher grobkörnig	eher feinkörnig	keines erforderlich		
Antrieb	hydraulisch, elektrisch und Luft	hydraulisch oder elektrisch	Luft		über Zahnkranztrieb, Ritzel über hydraulischen Motor oder Triebstock		
Verweilzeit des Abfalles in Brennkammer	wenige Sekunden bis 30 Minuten	30 - 60 Minuten	wenige Sekunden bis Minuten		30 - 60 min		
Kühlung	Luft	Wasser / Luft	Wasser		Luft oder Wasser		
5. Kessel	Teillastregelung	bis 35% der Nennlast möglich	k.A.	bis 70% der Nennlast, hoher Regelaufwand	bis 40% der Nennlast, geringer Regelaufwand	Teillastbetrieb möglich	
	Überhitzertemperatur	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	Überhitzer bis 500°C (Entüberhitzer als Bettwärmetauscher in Sandrückführung möglich)	k.A.	
6. System	Eigenenergiebedarf elektrisch	gering 11 kW / MW <sub>th</sub>	niedrig 1 - 2 % bezogen auf Brennstoffwärmeleistung	mittel 1,3 - 2,5 % bezogen auf Brennstoffwärmeleistung	hoch	hoch	
	Rauchgasreinigung / SCR / SNCR	Rauchgasreinigung abhängig von BlmSch	erforderlich	meist nicht erforderlich aber abhängig von gesetzlichen Grenzwerten		Gesetzeslage	
	Reinigungsintervall	zwischen Rost und Wirbelschicht	1 - 3 Tage	0 - 1 Tag		eher selten (nach bedarf)	
	Reinigungsdauer	zwischen Rost und Wirbelschicht	länger als Wirbelschicht	kürzer als Rost		eher lange (Ausmauerung)	
	Wartung (bezogen auf Feuerung)	zwischen Rost und Wirbelschicht	hoch	niedrig		niedrig	
	Betrieb (bezogen auf Störung)	zwischen Rost und Wirbelschicht	nicht empfindlich	empfindlich		nicht empfindlich	
	Kesselwirkungsgrad	im Bereich der Wirbelschicht	kleiner als bei Wirbelschicht	größer als bei Rostfeuerung		besser als bei Rostfeuerung	
	f (O <sub>2</sub> -Wert, Ausbrand, Austrittstemperatur Kessel)						
Investitionskosten	niedrig	eher niedriger	eher höher	hoch	hoch		

## 3 Elemente der Feuerung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Elemente der Feuerung vom Eintrag des Brennstoffes über den Transport bis zur Prozesstechnik und Regelung, bezogen auf die verschiedenen Möglichkeiten der Feuerungsarten, beschrieben.

### 3.1 Eintrag des Brennstoffes

[1] [3] [10] [15]

Ein wichtiger Bestandteil einer Feuerungsanlage ist der Eintrag des Brennstoffes in den Feuerraum, der am besten gleichmäßig und kontinuierlich erfolgen soll. Wenn der Eintrag diskontinuierlich ist, besteht die Gefahr, dass durch die unregelmäßige Brennstoffschicht eine unregelmäßige Verbrennung bzw. Ausbrand stattfindet und diese eine schlechte Temperaturverteilung hervorruft. Dies kann zu Temperaturpeaks mit all den negativen Einflüssen ( $\text{NO}_x$ , Schlacke, etc.) führen.

Zunächst wird mit Hilfe eines Kranes der Einfülltrichter beschickt, der als Zwischenlager dient. Mit Hilfe des Einfülltrichters ist eine kontinuierliche Beschickung möglich. Die Verbindung zwischen dem Einfülltrichter und dem Beschickungssystem ist der Einfüllschacht, auch Schurre genannt. Zu beachten ist, dass der Trichter und der anschließende Einfüllschacht so ausgeführt sind, dass keine Gefahr der Brückenbildung entstehen kann. Dies beugt man zum Beispiel mit unterschiedlichen Neigungen der Wände vor. Der Schacht ist auch dafür zuständig, dass keine Falschlufte in den Feuerraum während des Betriebes eindringen kann. Zwischen Trichter und Schurre sind eine oder mehrere Absperrklappen montiert, die zum Beispiel beim Leerfahren geschlossen werden und so für die Verhinderung von Falschlufzugabe und Vermeidung von Rückbränden zuständig sind.

Die Beschickung erfolgt über eine Dosiereinrichtung. Eine Dosiereinrichtung dient zur definierten Materialmengen zugabe. Sie können mechanisch oder hydraulisch angetrieben werden und müssen stufenlos regelbar sein.

Es gibt mehrere Möglichkeiten das Material optimal einzubringen.

#### 3.1.1 Aufgabestößel, -schieber, -kolben

Der Stößel bewegt sich auf einem Tisch meist hydraulisch hin und her. Durch den Vorschub wird immer die gleiche Menge an Brennstoff eingebracht. Die Kapazität wird mit Hilfe des Stößels geregelt. Die Vorschubgeschwindigkeit ist dadurch regelbar, wobei die Rückschubgeschwindigkeit immer konstant gehalten wird. Um eine kontinuierlichere Aufbringung zu schaffen, ist die Vorschubgeschwindigkeit kleiner als die Rückschubgeschwindigkeit.

Es gibt mehrere Variationen wie man die Stößel anordnet. Ein Einstufiger wird meist bei kleinen Anlagen verwendet, bei größeren Anlagen können zwei Stößel oder sogar mehrere angebracht werden. Sind es zum Beispiel drei Stößel, dann haben die äußeren Stößel einen gemeinsamen Vorschub, der mittlere Stößel ist gegengleich. Dadurch wird eine

gleichmäßigere Beschickung bewirkt. Es gibt ebenso Anordnungen von zwei übereinander liegenden Stößel, wobei der obere Stößel zur Vorverdichtung des Brennstoffes dient und der untere Stößel für die eigentliche Zubringen auf den Rost zuständig ist, sodass eine kontinuierliche und keine pulsierende Beschickung erreicht wird. Denn aufgrund der Vor- und Rückschubbewegung ist das einstufige Aufgabesystem keine kontinuierliche, sondern eine pulsierende Aufgabe.

Beim Übergang des Zuteiltisches und des Rostanfanges kann wahlweise eine Rutsche (meist bei höheren Heizwerten) oder eine Kante (meist bei niedrigen und mittleren Heizwerten) angebracht werden, um eine optimale Anpassung an den Rostverlauf zu gewähren.

#### Vorteile:

- Einbringung gleicher Menge an Brennstoff
- Kapazität regelbar
- Kontinuierliche Aufbringung wenn mehrere Einbringungen vorhanden
- Unempfindlich und unkompliziert
- Robustes, stabiles System
- Geringe Staubfracht
- Preiswert wenn einfache Ausführung
- Keine oder nur geringe Aufbereitung notwendig

#### Nachteile:

- Bei einfacher Ausführung meist keine kontinuierliche Aufbringung, sondern pulsierend
- Mehrere Schieber/Stößel/ Kolben sind teuer

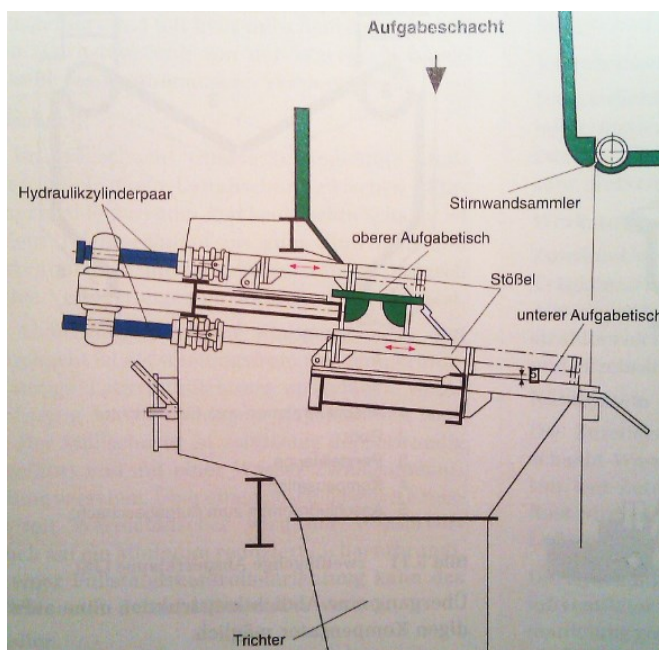


Abbildung 24: Beschickung mit übereinanderliegenden Stößeln [1]

### 3.1.2 Rutsche

Der Brennstoff rutscht einfach von der Schurre in den Brennraum. Es muss ein Unterdruck im Feuerraum vorliegen um Rückbrand und Rauchgas- Austritt zu vermeiden.

Vorteile:

- Einfaches System
- Kontinuierliche Beschickung
- Benötigt keine extra Bauteile

Nachteile:

- Unterdruck im Feuerraum muss sein
- Neigt zu Verstopfungen
- Unkontrolliert hohe Menge an Falschluff

### 3.1.3 Aufgaberost

Der Aufgaberost ist baulich gleich wie ein normaler Rost aufgebaut, nur dient er als Beschickung und nicht zur Verbrennung. Er wird direkt unter der Fallschurre leicht zum Rost hin geneigt angebracht.

Vorteile:

- Gleichmäßige Einbringung
- Kontinuierliche Beschickung
- Stufenlos regelbare Beschickung

Nachteile:

- Zusätzliche Antriebe und Messungen notwendig
- Bewegte Teile verursachen mehr Wartungsaufwand

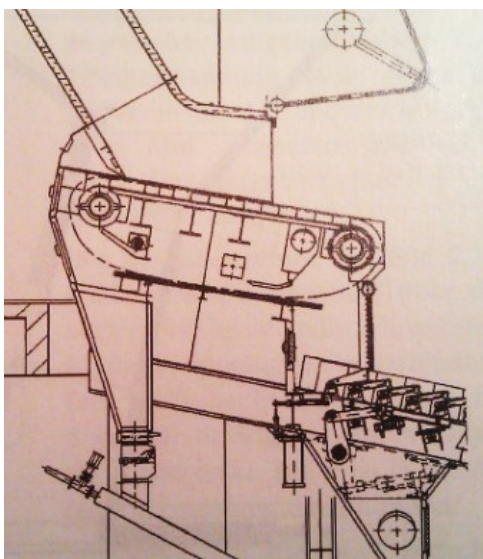


Abbildung 25: Beschickung mit Aufgaberost (Wanderrost) [1]

### 3.1.4 Wurfbeschicker

Durch einen Wurfbeschicker wird der Brennstoff in den Feuerungsraum in einer definierten Flugbahn eingebracht, z.B. mit Hilfe eines Schleuderrades. Der Brennstoff erhält bereits im Flug eine Trocknung und fällt auf das bereits vorhandene Glutbett und findet somit eine günstigere Zündung.

Vorteile:

- Gute Verteilung auf dem Rost bzw. gute Verteilung auf Glutbett, daher günstige Zündung
- Trocknung bereits während des Fluges
- Niedrige Verbrennungstemperatur
  - Niedrigen  $\text{NO}_x$
  - Luftgekühlter Rost ist ausreichend
- Geringe Staubfracht

Nachteile:

- Brennstoffgröße ist definiert – meistens eine Aufbereitung notwendig

### 3.1.5 Schnecke

Eine Förderschnecke kann einen Brennstoff kontinuierlich einbringen. Durch die Fördergeschwindigkeit der Schnecke kann der Durchsatz beliebig geregelt werden.

Vorteile:

- Kontinuierliche Einbringung
- Durchsatz regelbar

Nachteile:

- Verstopfungsgefahr und Anbackungsgefahr in der Schnecke
- Verdichtung des Brennstoffes führt zu schlechter Zündung
- Brennstoffgröße ist definiert – meistens eine Aufbereitung notwendig
- Schlechte Verteilung des Brennstoffes, daher schlechte Temperaturverteilung

### 3.1.6 Pumpe

Eine Pumpe wird für die Feinanteile oder für flüssige Brennstoffe verwendet. Meist wird dafür eine Verdrängerpumpe verwendet. Die Pumpen werden an mehreren Stellen angebracht und können somit die optimale Verbrennung durch die unabhängig voneinander regelbare Steuerung unterstützen. Pumpen sind immer in Kombination mit anderen Beschickungseinrichtungen zu finden.

Vorteile:

- Kontinuierlicher Eintrag
- Einzelne Pumpen unabhängig voneinander regelbar



Nachteile:

- Eigenständig nicht möglich, immer in Kombination mit einer anderen Beschickungseinrichtung

### 3.1.7 Gegenüberstellung der Eintragsarten

Hier wird eine Gegenüberstellung der Eintragsarten bezogen auf die verschiedenen Verbrennungstechnologien übersichtlich dargestellt. Des Weiteren werden einige Merkmale speziell aufgelistet.

Tabelle 2: Eintragsarten in die Feuerungsanlagen

Eintragsarten	Rostfeuerung						Wirbelschicht			R2P	
	Planrost	Wanderrost	Unterschubrost	Treppenroste			Walzenrost	Stationäre WS	Rotierende WS		Zirkulierende WS
				Vorschubrost	Rückschubrost	Gegenlauf - Überschubrost					
Stößel, Schieber, Kolben		X	X	X	X	X	X				
Rutsche				X				X			
Schnecke			X				X	X	X	X	
Aufgaberost				X	X	X	X				
Wurfbeschicker											X
Pumpen			X	X	X	X		X	X	X	X
manuell	X										

X..... Diese Eintragsart ist bei diesen Verbrennungstechnologien üblich.

Tabelle 3: Merkmale der Eintragsarten

Eintragsarten	Investitions- kosten	Wartungs- kosten	def. Brennstoffgröße	Dosierbarkeit	Anzahl	Verteilung in Brennraum
Stößel, Schieber, Kolben	hoch	hoch	nein	gut	eine bis mehrere	normal
Rutsche	niedrig	niedrig	nein	schlecht	eine	schlecht / mäßig
Schnecke	normal	normal	ja	gut	eine bis mehrere	schlecht
Aufgaberost	hoch	hoch	nein	gut	eine	normal
Wurfbeschicker	niedrig	niedrig	ja	gut	eine bis mehrere	gut / gleichmäßig
Pumpen	normal	niedrig	ja	gut	eine bis mehrere	schlecht

## 3.2 Brennstoff in der Feuerung

[1] [3] [10]

In diesem Kapitel ist der Weg des Brennstoffes im Feuerraum näher erklärt.

### 3.2.1 Transport

Der größte Unterschied ist, dass der Brennstoff im Feuerraum durch die Roststäbe transportiert wird, die Roststäbe selber werden entweder hydraulisch oder elektrisch angetrieben. Bei der Wirbelschicht hingegen mit Hilfe der Luft.

Bei einem Walzenrost ist jede einzelne Walze mit einem Getriebe verbunden, die das Drehen um die eigene Achse ermöglicht. Die Drehzahl kann einzeln angepasst werden, um einen optimalen Verbrennungsverlauf zu gewährleisten.

Bei einem Wanderrost sind die einzelnen Roststäbe auf langen Ketten montiert, die die typische Bewegung des Wanderrostes ausführen. Es gibt mehrere Ketten die nebeneinander angeordnet sind. Jede Kette ist mit einem Treibrad und einem Spurrad verbunden, wobei die Treibräder und die Spurräder jeweils auf einer Welle angeordnet sind. Die Kette wird mit Hilfe des Treibrades, das hydraulisch oder elektrisch angetrieben werden kann, betrieben.

Bei den Treppenrosten ist es ein wenig aufwendiger. Wenn jeder einzelne Roststab angetrieben würde, würde es zu extremer Erhöhung der Kosten führen. Deswegen werden mehrere bewegliche Roststäbe in Einheiten bzw. in sogenannte Rostwagen zusammengeschlossen, welche mit hydraulischen Antriebszylindern angetrieben werden. Um einen optimalen Verbrennungsvorgang zu gewährleisten, kann die Vorschubgeschwindigkeit der einzelnen Antriebszonen dem Verbrennungs- bzw. des Abbrandverhaltens des Brennstoffes angepasst werden. Der hydraulische bzw. elektrische Antrieb kann stufenlos geregelt werden.

Bei einer Wirbelschicht wird der Brennstoff mit Hilfe der Verbrennungsluft transportiert. Die Primärluft die zugeführt wird dient nicht nur der Verbrennung, sondern auch der Ausbildung der Wirbelschicht und dient dem Transport des Brennstoffes. Die Anströmgeschwindigkeit der Luft kann mit Hilfe des Gebläses gesteuert bzw. angepasst werden.

Bei der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie werden zwei Transportarten des Brennstoffes verwendet. Einerseits wird durch das elektrisch angetriebene Schleuderrad das Material in einer Flugbahn durch die Förderluft befördert, andererseits wird der Brennstoff auf dem Rost durch einen hydraulischen Antrieb der Roststäbe auf dem horizontalen Vorschubrost transportiert.



Tabelle 4: Antriebsarten bei Feuerungsanlagen

Antriebsart	Rostfeuerung						Wirbelschicht			R2P	
	Planrost	Wanderrost	Unterschubrost	Treppenroste			Walzenrost	Stationäre WS	Rotierende WS		Zirkulierende WS
				Vorschubrost	Rückschubrost	Gegenlauf - Überschubrost					
elektrisch		X					X				X
hydraulisch		X	X	X	X	X					X
Luft								X	X	X	X

### 3.2.2 Dicke bzw. Dichte der Schüttung

Die Dicke bzw. Dichte des Brennstoffes ist ein wichtiger Punkt in der Verbrennung, da damit mehrere wesentliche Punkte beeinflusst werden.

- Regelbarkeit der Verbrennung
  - Eine optimale Dicke bzw. Dichte des Brennstoffes muss für eine optimale Verbrennung gewährleistet sein. Zu wenig Brennstoff aber auch zu viel Brennstoff ist nicht vorteilhaft.
- Druckverlust der Verbrennung
  - Die unterschiedliche Dicke bzw. Dichte des Brennstoffes führen zu unterschiedlichen Druckverlusten. Eine hohe Brennstoffschicht benötigt mehr Druck um durch die Schicht zu gelangen. Bei einer niedrigeren Brennstoffschicht wird weniger Druck gebraucht um die Verbrennungsluft durch die Schicht zu bekommen.
- Homogenität der Dicke
  - Bei einer gleichmäßigen, homogenen Schichtaufbringung wird eine gleichmäßigere Verbrennung gewährleistet. Temperaturspitzen werden dadurch zum Beispiel vermieden.

Diese Punkte sollten bei einer optimalen Verbrennung beachtet werden.

„Für die gleichmäßige Verteilung der Primärverbrennungsluft in die sich ständig ändernde Brennstoffschicht sorgen die mehr oder minder hohen Druckverluste der einzelnen Rostsysteme, die sich aus ihrer freien Rostfläche ergeben.“ [1]

Bei normaler Schichtdicke, durchschnittlicher Zusammensetzung und Brennstoffdichte, liegt der Widerstand dieser Brennstoffschicht bei ungefähr 300 Pa. Dieser kann auf 150 Pa absinken, wenn der Brennstoff sehr leicht und locker ist. Aber auch auf 500 Pa ansteigen, wenn die Feuchte zunimmt. Die Roststäbe weisen ebenfalls einen Luftwiderstand auf. Dieser beträgt 1000 Pa und ist deutlich größer als der Widerstand der Brennstoffschicht.

Bei einem Walzenrost sieht dies ein wenig anders aus. Der Rostbelag und die Rostkonstruktion werden von der durchströmenden Luft gekühlt, wobei das Primärluftgebläse einen Druck der Verbrennungsluft unter dem Rost von 400 Pa erzeugt. Der Energiebedarf des Gebläses ist daher verhältnismäßig niedrig.

Die Wirbelschicht hat einen viel höheren Druck als ein Rost. Dieser kann bis zu 11000 Pa betragen.

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie weist eine Druckdifferenz von 150 – 200 Pa von Glutbett und Brennstoff auf.

### 3.2.3 Kühlung

[1] [3] [8] [10]

Prinzipiell muss unterschieden werden, was genau gekühlt wird. Sind es die Einbauten wie Roste oder Düsenböden, oder die Wände des Feuerraumes?

#### 3.2.3.1 Einbauten im Feuerraum

Die Roststäbe bzw. Rostwalzen müssen vor thermischer, chemischer und mechanischer Beanspruchungen geschützt werden, um ihre Aufgabe längerfristig erfüllen zu können. Sie sind feerraumseitig hohen Wärmebelastungen ausgesetzt, weshalb die Einbauten gekühlt werden müssen. Dies geschieht mit Hilfe der durchströmenden Luft oder mit Wasser.

##### Luftkühlung:

Die Luft in einer Rostfeuerung hat zwei Aufgaben. Einerseits ist sie für die Verbrennung zuständig und andererseits dient sie zugleich der Kühlung.

Die Primärluft wird mittels kleiner Öffnungen oder Luftdüsen in das Bett eingeblasen/gepresst (Unterwindpressung). Durch dieses Einblasen kann es in der Nähe zu unerwünscht starker Feuerbildung und Staubaufwirbelungen kommen. Weshalb es unterschiedliche Geometrie bzw. Stabformen gibt, die diese Probleme einschränken sollen. Durch die speziellen Formen der Stäbe kommt es zu einer Zwangskühlung des gesamten Stabes, da sie an der Unterseite wie ein Labyrinth aufgebaut sind, wo sich die Luft durchbewegen muss. Des Weiteren erfolgt die Einbringung der Luft parallel zur Rostfläche, um den Weg der Luft durch den Brennstoff zu maximieren.

Bei einem Walzenrost dient die Verbrennungsluft ebenfalls der Kühlung. Die Walze ist nur zu einem kleinen Teil im Feuerraum, wo sie den Wärmebelastungen ausgesetzt ist. Der Rest der Walze liegt im so genannten Unterwindbereich. Dies führt zu einer intensiven Kühlung des Rostbelages und der gesamten Walzenkonstruktion.

Ein Problem der Walzenroste ist aber, dass der Werkstoff der Walze sehr großen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Einerseits ist ein kleines Stück der Walze im Feuerraum und daher den hohen Temperaturen ausgesetzt, andererseits wird sie durch die

intensive Kühlung im Unterwindbereich abgekühlt. Dies führt zu Temperaturwechsel von einigen hundert Grad Celsius die der Werkstoff ohne Schädigung überstehen muss.

Bei einer Wirbelschichtanlage müssen Düsenboden und/oder Luftverteilungsanlagen ebenfalls von den thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen geschützt werden. Dies kann zum Beispiel durch die Rezirkulationsluft geschehen.

#### Wasserkühlung:

Durch die hohen Belastungen von Heizwerten  $> 16 \text{ MJ/kg}$ , kann es sein, dass die Kühlung durch Luft nicht ausreicht. Um höhere Wärmemengen abzuführen, werden die Einbauten mittels Wasserkühlung ausgestattet.

Bei der Rostfeuerung ist aufgrund der beweglichen Teile eine Wasserkühlung aufwendiger als bei einer Wirbelschichtanlage.

### **3.2.3.2 Feuerraum**

Bei der Kühlung des Feuerraumes muss unterschieden werden, ob die Wände des Feuerraumes, oder der Innenraum des Feuerraumes gekühlt werden sollen (Abkühlung des Rauchgases).

#### Luftkühlung:

Der Feuerraum selbst kann nur durch die Eindüsung der Rezirkulationsluft, sei es von unten oder von der Seite, gekühlt werden. Sie verhindert eine zu hohe Temperatur im Feuerraum, was eine Minimierung der Entstehung von  $\text{NO}_x$  Emissionen zur Folge hat. Die Sekundärluft spielt dabei keine Rolle, sie dient rein der Nachverbrennung.

Bei adiabat ausgeführtem Feuerraum muss der Wandaufbau so gewählt werden, dass die Wärmemenge durch die Innenisolierung (Schamotte) an der Außenseite des Stahlmantels abgeführt wird. Diese Wärme wird dann durch eine hinterlüfteten Außenverkleidung abgeführt. Diese vorgewärmte Luft kann direkt als Verbrennungsluft genutzt werden.

#### Wasserkühlung:

Die Wand des Feuerraumes kann mit Wasser gekühlt werden. Wasser als Kühlung ist effizienter als Luft, daher sind die Wände von großen Anlagen meist standartmäßig mit einer Wasserkühlung ausgestattet. Das Wasser kann dadurch direkt für die Dampferzeugung genutzt werden und ist als Teil des Dampfkessels zu sehen.

### **3.2.3.3 Vorteile und Nachteile**

#### Luftkühlung

Vorteile:

- Billiger als Wasserkühlung
- Zugabe von Rezirkulationsluft – geringe Investitionskosten gegenüber einer Wasserkühlung
- Leichterer Wartungsaufwand

Nachteile:

- Für hohe Feuerraumbelastungen (heizwertreiche Brennstoffe)
- Zugabe von Rezirkulationsluft führt zu höheren Rauchgasmengen, dies führt zu höheren Investitionskosten der Rauchgasreinigungsanlage
- Größere Bauteile erforderlich

### Wasserkühlung

Vorteile:

- Direkte Nutzung zur Dampferzeugung möglich
- Bei Wirbelschicht – konstante Temperatur des Wasserdampfes (Erhitzung in Düsenboden) auch bei Teillast
- Kleinere Bauweise möglich – Kühlung im Kessel integriert

Nachteile:

- Hohe Investitionskosten
- Höherer Wartungsaufwand
- Kein optimales Temperaturprofil im Feuerraum bezogen auf das Rauchgas, speziell bei Teillast

Bei der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie wird Luft zur Kühlung verwendet.

Die Primärluft dient nicht nur als Verbrennungsluft, sondern auch als Kühlung der Einbauten, also den Roststäben. Ebenso wird Rezirkulationsluft zur Minimierung der Glutbetttemperatur unterhalb des Rostes beigemischt.

Der Feuerraum ist adiabatisch ausgeführt. Dies bedeutet, dass einerseits keine Wärme zur Dampferzeugung abgegeben wird, andererseits herrscht eine konstante Temperatur im gesamten Feuerraum. Die Stahlwände werden mittels Ausmauerung und einer natürlichen Außenbelüftung vor der Überhitzung geschützt.

Die Rauchgastemperatur des Brennraumes selbst wird mit der Zuführung der Rezirkulationsluft geregelt. Somit können optimale Bedingungen für die SNCR Anlage geschaffen werden.

### 3.3 Ascheaustrag

[1] [3] [9] [10]

Die Asche ist der unbrennbare Teil, der nach der Verbrennung als feste Form zurück bleibt. Sie ist nicht mit den vorhandenen Mineralstoffen im Brennstoff übereinstimmend, sondern sie bildet den Glührückstand der mineralischen Begleitstoffe. Bei der Veraschung geschehen chemische Umsetzungen der Minerale, die sich gewichtsvermindernd, aber auch gewichtsvermehrend auswirken können. Beim feuerungstechnischen Verhalten macht sich Asche besonders bemerkbar, da sie als Ballaststoff angesehen werden muss.

Ein Anmerkungspunkt ist, dass die Asche zu Schlacke versintern kann. Dies passiert, wenn die Temperatur den Ascheschmelzpunkt erreicht. Da die Asche ein Gemisch aus anorganischen Verbindungen ist, ist es schwierig einen eindeutigen Ascheschmelzpunkt zu ermitteln. Wenn die Temperatur erreicht wird, wird die Asche weich, verklebt und bildet dann feste Schlacke. Dieser Vorgang wird als Sinterung bezeichnet. Wenn dies der Fall ist, wird meist mit einem nachgeschalteten Brecher gearbeitet, was wiederum zu höheren Kosten führt.

Der Ascheaustrag kann in verschiedenen Möglichkeiten ausgeführt sein. Der größte Unterschied ist, ob der Austrag trocken oder nass erfolgt.

Bei einem Wanderrost ist der Ascheaustrag recht einfach, da dieser Rost ein so genannter selbstreinigender Rost ist. Sobald der Rost rückgeführt wird, stellen sich die Stäbe auf und die Asche kann ohne Fremdeinwirkung zwischen die Rostelemente hindurchfallen. Unterhalb befindet sich meist ein Auffangtrichter.

Bei den Treppenrosten erfolgt der Ascheaustrag über konstruktive Maßnahmen. Die Stäbe sind so geformt, dass die Asche durch die Stäbe hindurchfallen kann. Dies geschieht meist durch eine Verjüngung des Stabes nach unten hin. Zu beachten ist, dass sich somit die Einbringung der Primärluft verändern kann, da der Querschnitt verengt wird und der Widerstand dabei erhöht wird. Unter dem Rost ist wiederum ein Auffangtrichter. Ziel jedoch ist es, so wenig wie möglich durch die Roststäbe fallen zu lassen. Da die Gefahr des Durchfallens von unverbranntem Brennstoffes sonst zu groß ist. Der Hauptascheaustrag ist daher am Ende des Rostes angebracht.

Bei einer Walze sind im Inneren der Walzenkonstruktion Einbauten montiert, die für den Austrag des Durchfallgutes zuständig sind. Unter jeder Walze gibt es einen eigenen Auffangtrichter. Die Trichter befördern die Asche mit Hilfe eines Fallrohres zur Austrageeinrichtung.

Eine weitere Möglichkeit ist, dass eine Austragswalze am Ende eines z.B. Rückschubrostes angebracht ist. Einerseits kann durch die Einstellungen der Geschwindigkeit die Brennschichthöhe geregelt werden und andererseits werden die Rückstände vom Rost in den Schlackenfallschacht befördert.

Die Gemeinsamkeit aller Arten besteht darin, dass die Asche in einem Auffangtrichter gesammelt wird und von dort aus weiter abtransportiert wird. Im Trichter kann die Asche / Schlacke entweder trocken oder nass gesammelt werden.

Bei einer trockenen Ascheustragung ist der Vorteil, dass die Asche meist nicht mehr weiter aufbereitet werden muss und einfach mit Hilfe einer Austragseinrichtung wie z.B. einer Schnecke weiter transportiert werden kann. Sie kann z.B. bei der Herstellung von Zement verwendet werden. Ein Nachteil ist, dass es zu Staubentwicklungen kommen kann.

Wenn der Auffangtrichter als Wasserbad ausgeführt ist, ergibt sich der nasse Ascheustrag. Hier kommt es zwar zu keiner Staubentwicklung, aber das Asche/Wasser- Gemisch muss einer Abwasseraufbereitung unterzogen werden. Dies ist mit erheblichen Mehrkosten verbunden. Das Hauptproblem ist, dass die vielen giftigen Stoffe die in der Asche vorhanden sind, sich im Wasser lösen und somit die Abwasseraufbereitung erschwert wird. Beim trockenen Ascheustrag ergibt sich dies nicht, da die schädlichen Stoffe als Feststoff weiterhin gebunden vorliegen. Ein Vorteil des nassen Ascheustrages ist, dass durch das Wasser ein abgeschlossenes System entsteht, was einerseits die Einbringung von Falschluff unterbindet und andererseits einen geruch- und staubfreien Austrag der Schlacke gewährleistet.

Wenn die Gefahr der Sinterung groß ist, wird das nasse System gerne verwendet, das zur Kühlung der Schlacke dient. Hierbei ist zu beachten, dass immer genug Kühlwasser vorhanden ist, um damit die Wärme die dabei entsteht sicher abtransportieren zu können. Nur die Wassermenge, die durch die Abkühlung verbraucht wird, muss nachgefüllt werden. Des Weiteren muss der Abtransport des eventuell entstandenen Dampfes ebenso gewährleistet sein.

Bei einer Rostfeuerung kann es durch die Aufwirbelung des Brennstoffbettes durch die Verbrennungsluft zur Bildung von Flugasche kommen. Meist ist der Grund, dass die Verbrennungsluft nicht richtig eingebracht wird und somit das Bett aufwirbelt. Bei einem Walzenrost kann damit beholfen werden, dass die Primärluft nur einen Druck von 4 mbar erzeugt und somit nicht nur den Energiebedarf des Gebläses niedrig hält, sondern auch die Flugasche minimiert. Eine nachgeschaltete Abgasreinigungsanlage, die die Flugasche vom Abgas filtert, ist aber trotzdem bei jeder Anlage notwendig. Nur die bauliche Größe ist schlussendlich von Bedeutung.

Bei einer Wirbelschichtverbrennungsanlage sieht der Ascheustrag etwas anders aus. In der Wirbelschicht wird sowohl Brennstoff, Asche und der Sand in Schwebelage gehalten. Wenn die Ascheteilchen für den Fluidisierungsvorgang zu leicht werden, werden sie einfach mit dem Abgas aus dem Reaktor abtransportiert. Die Aschepartikel im Rauchgas werden in der Rauchgasreinigungsanlage abgeschieden. Wenn die Ascheteilchen zu groß bzw. zu schwer für den Fluidisierungsvorgang sind, dann fallen sie zu Boden bzw. in einen Trichter und das so genannte Bodenkorn wird durch Schnecken abtransportiert. Hier kann der Trichter, gleich wie beim Rost, ebenfalls als Wasserbadausgeführt werden.

### 3.3.1 Ausbrandverhalten

Ein perfekter Ausbrand ist die beste Voraussetzung für eine optimale Ausnutzung des Brennstoffes für die Energiegewinnung, den Ascheanteil so minimal wie möglich zu halten und die Emissionen zu minimieren. Des Weiteren muss durch den Ausbrand sichergestellt werden, dass die gesetzlichen Vorgaben des Rest C- Gehaltes eingehalten werden. Um dies zu gewähren, ist die im Kapitel „3.4.1 Leistungsregelung“ zu erwähnen.

Der theoretische Verlauf vom Ausbrandverhalten des Brennstoffes ist in Abbildung 26 ersichtlich. Zu verhindern ist das Durchfallen des Brennstoffes bzw. der Asche durch die Roststäbe, sei es vor bzw. in der Ausbrandzone.

Bei einer Wirbelschicht laufen die einzelnen Schritte des Verbrennens ebenfalls ab, aber es können keine konkreten Zonen aufgezeichnet werden. Die Gefahr bei diesem System ist, dass feine, unverbrannte Teile aus der Wirbelschicht ausgetragen werden kann. Dadurch wird eine größere Menge an Rauchgas erzeugt und dies muss mit größerem Aufwand gereinigt bzw. getrennt werden.

Bei der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie läuft es etwas anders ab. Hier ist immer eine Ascheschicht bzw. ein Glutbett vorhanden. Auf bzw. in diese Schicht fällt der bereits getrocknete Brennstoff und der Verbrennungsvorgang nimmt seinen Lauf (Abb. 27).

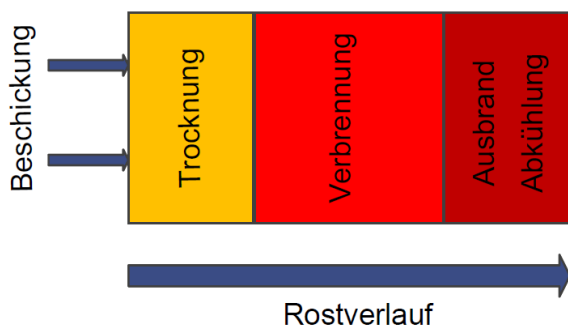


Abbildung 26: Ausbrandverhalten eines Rostes (Grundriss)

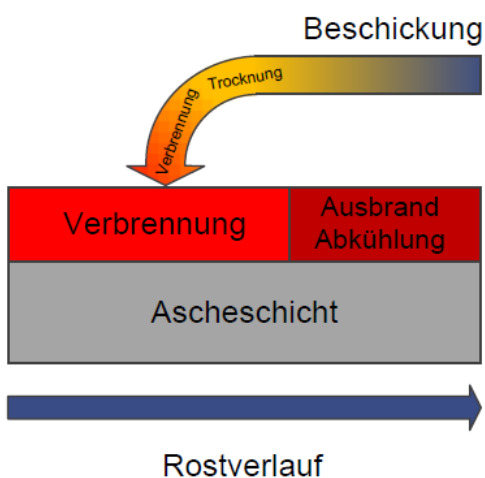


Abbildung 27: Ausbrandverhalten bei R2P (Aufriss)

## 3.4 Prozesstechnik und Regelung der Feuerung

[1] [3] [4] [10]

Ein wichtiger Bestandteil der Verbrennungstechnologie ist die Steuerung bzw. Regelung des Verfahrens.

Ein optimaler Verbrennungsprozess ist:

- Wenn der Ausbrand sehr gut ist
- Wenn der größtmögliche Wirkungsgrad erzielt wird
- Wenn die Schadstoffe durch Optimierung von Verbrennungsluft und Rezirkulationsluft so minimal wie möglich sind
- Wenn die erbrachte Leistung so konstant wie möglich ist

Der Betreiber gibt in der Regel Sollwerte (Leistung, Emissionsgrenzwerte, etc.) vor, die dann mit Hilfe der Mess- und Regeltechnik eingehalten werden. Wenn Differenzen der Sollwerte zu den Istwerten existieren, reagiert das System sofort auf diese.

Zu Schwankungen der IST-Werte kann es durch folgende Punkte kommen:

- Heizwertschwankungen des Brennstoffes – saisonbedingt bzw. Inhomogenitäten
- Unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte des Brennstoffes
- Unterschiedlicher Ascheanteil
- Inhomogene Zusammensetzung des Brennstoffes
- etc.

Diese Schwankungen werden vom System erfasst und so gut wie möglich mit

- Geschwindigkeiten des Vorschubes des Rostes bzw. der Walzen
  - Ergibt Verweilzeitänderungen in den unterschiedlichen Zonen
  - Ergibt Änderung der Schürwirkung
- Brennstoffdurchsatz
  - Geschwindigkeitsänderung des Beschickungssystems
- Primär- bzw. Sekundärluftdurchsatz
  - in den jeweiligen Zonen unterschiedlicher Massenstrom
- etc.

dem Sollwert angepasst.

### 3.4.1 Leistungsregelung

Für die Leistungsregelung stehen in der Theorie grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Festlastregelung
- Verbrennungsluftregelung

bzw. eine Kombination aus Beiden.



Die **Festlastregelung** beruht auf das Konstanthalten der Verbrennungsluftmenge und der Veränderung der Abfalldosierung. Die Differenzen zum Sollwert werden mit Hilfe der Aufgabe- und der Rostgeschwindigkeit kontrolliert angepasst.

Die Vorteile dieser Regelung sind die gleichmäßige Abgasgeschwindigkeit im Kessel und die relativ konstante Produktion des Dampfes.

Der Nachteil dieser Regelung ist, dass das Beschickungssystem gut einstellbar sein muss. Aber auch die Änderung der Rostgeschwindigkeit der einzelnen Zonen muss gewährleistet sein. Dies kann zu einer starken Schürung führen und auch die Rostlänge muss dementsprechend adaptiert werden.

Die **Verbrennungsluftregelung** beruht auf das Konstanthalten des Abfalldurchsatzes und der Änderung der Primär- und Sekundärluftzufuhr.

Der Vorteil dieses Systems ist, dass durch die Änderung der Primär- und Sekundärluft auf die kurzzeitigen Schwankungen schnell eingegangen werden kann. Dies äußert sich im Verbrennungsverhalten und in der Abgaszusammensetzung.

Der Nachteil dieses Systems ist der Vorteil bei der Festlastregelung.

Das optimalste System ist eine Kombination der Beiden, da die Vorteile verknüpft werden können.

### 3.4.1.1 Beobachtungsarten

Um die gewünschten Ziele zu erreichen ist das Wissen des genauen Verbrennungsvorganges vorteilhaft. Die Veränderungen des Verbrennungsvorganges frühzeitig zu erkennen und gegebenenfalls Maßnahmen zu treffen. Der wichtigste Punkt ist dabei die Abfallbetttemperatur.

Dies erfolgt mit Hilfe von Infrarot Thermographie oder den verschiedenen Detektoren. Diese beruhen auf folgende physikalischen Gesetze wie dem Plank'sche Strahlungsgesetz, dem Wienscher Verschiebungsgesetz, dem Stefan- Boltzmann Gesetz und dem Kirchhoff'schen Gesetz.

Eine **Infrarotkamera** ist meist auf der Decke des Feuerraumes montiert. Bei der Verarbeitung der Daten ist zunächst auf ihre Plausibilität zu achten. Durch zufällig, kurze Ereignisse auf dem Weg zwischen Abfallbett und Kamera z.B. durch Fremdstrahlung, Staub- oder Rußpartikel, kann es zu verfälschten Bildern kommen die eliminiert werden müssen.

Mit Hilfe der Bildinformationen werden zwei Parameter errechnet, mit denen die Position des Feuers auf dem Rost und seine Ausdehnung in Rostlängsrichtung beschrieben werden. Beide Parameter beschreiben in entsprechender Kombination miteinander die Feuersituation. Diese Informationen kennzeichnen die Verteilung der Verbrennungsintensität auf dem Rost und damit den tatsächlichen, örtlichen Verbrauch an Primärluft. Deshalb dienen sie dazu der Anpassung an den tatsächlichen, örtlichen Bedarf an Primärluft und somit der Abweichung des Sollwertes der Feuerverteilung entgegenzuwirken.

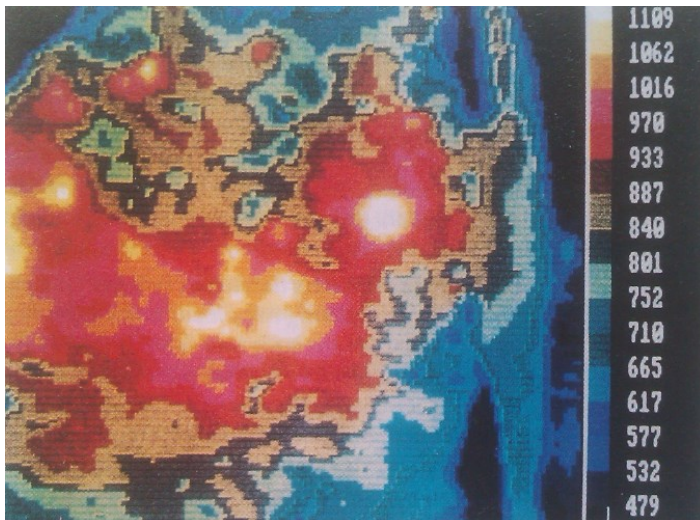


Abbildung 28: Ausschnitt eines IR Bildes [1]

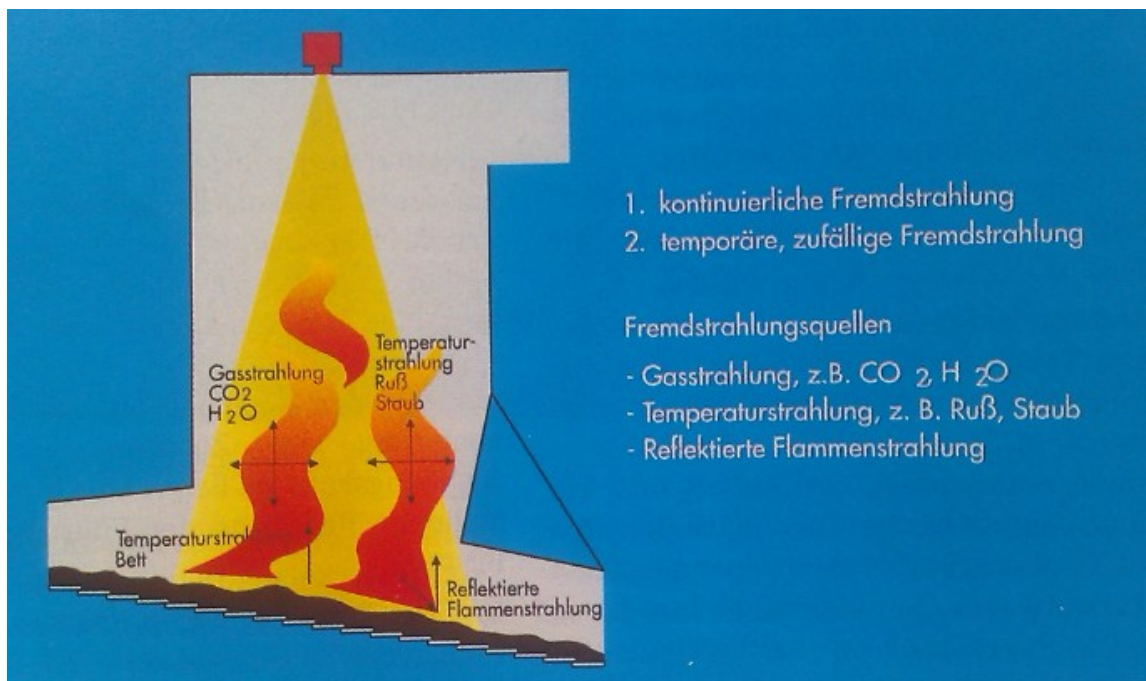


Abbildung 29: Einblick in die Störquellen bzw. Einbauort einer IR Kamera [1]

Es gibt **Detektoren**, auch Pyrodetektoren genannt, die als Sensoren angesehen werden können. Einerseits gibt es Detektoren die von der Wellenlänge (photoelektrische Detektoren) und andererseits von der Strahlung (thermische Detektoren) abhängig sind. Durch Integral- und Spektralverfahren können bestimmte Bereiche betrachtet werden.

Ein Pyrodetektor wird dann gerne verwendet, wenn z.B. ein exaktes, verzögertes Signal fehlt und daher keine genaue Regelbarkeit gewährleistet werden kann. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass zum jeweiligen Zeitpunkt und Ort die Flammenqualität bzw. Intensität bekannt sind. Jeder einzelnen Rostzone sind Pyrodetektoren zugeordnet, sodass eine individuelle Steuerung der Roststäbe und der Primärluftzufuhr für jeden Bereich der Verbrennung optimal gegeben ist.

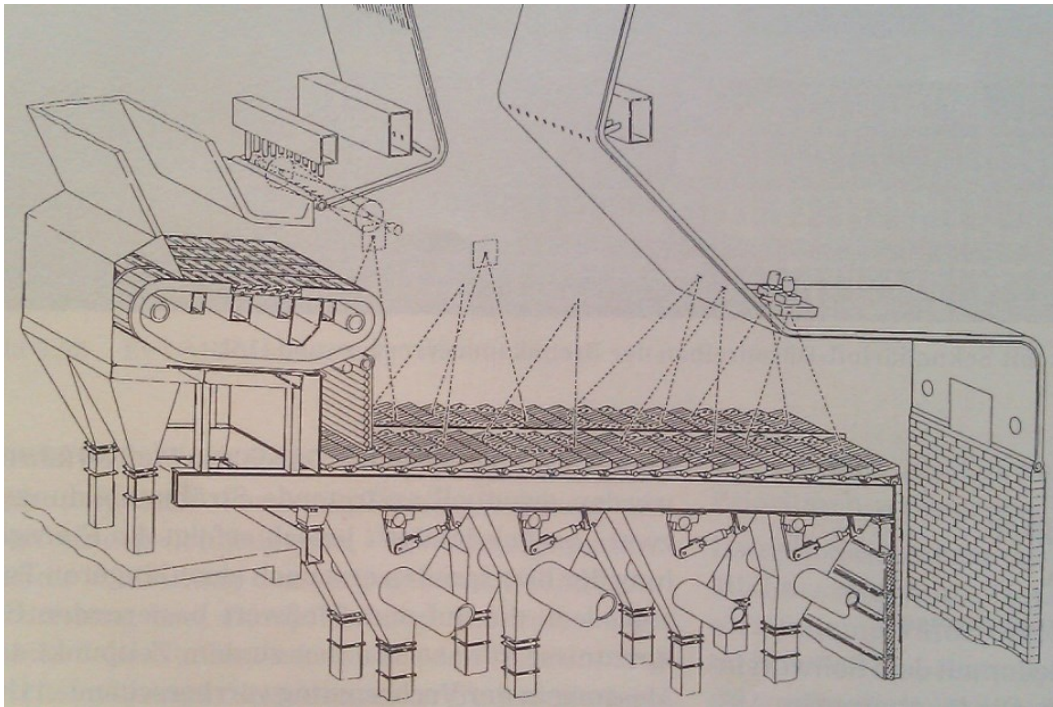


Abbildung 30: Beispiel eines Vorschubrostes mit Anordnung der Pyrodetektoren [1]

Bei der REJECT to POWER Verbrennungstechnologie ist die Leistungsregelung schneller, als bei einer Rostfeuerung, anzusehen. Durch die rasche Brennstoffmengenänderung, die durch das Schleuderrad und schlussendlich auch auf die Dosierbarkeit, Dicke und Dichte des Brennstoffes gegeben ist, sind dadurch schnelle Auswirkungen auf den gesamten Feuerraum gewährleistet. Durch die geringe Brennstoffmenge im Feuerraum in Relation zur zugeführten Brennstoffmenge ist eine schnelle Leistungsregelung möglich.

### 3.4.2 Luftsysteme

Die Luftsysteme bei einem Verbrennungssystem sind ein wichtiger Bestandteil, da sie mehrere Aufgaben zu erfüllen haben:

- dient als Oxidationsmittel
- Kühlung der Stäbe bzw. Walzen
- Verhinderung von Verschlackung
- intensive Vermischung der Abgase
- Verhinderung von Strahlenbildung
- Strömungsverhältnisse stabilisieren

#### 3.4.2.1 Primärluft:

Die Primärluft kann entweder aus dem Abfallbunker abgesaugt werden, was zusätzlich den Vorteil hat, dass bei geschlossenem Bunker ein Unterdruck entsteht und die Geruchbildung nach außen minimiert wird, oder einfach mit Hilfe eines Gebläses von der Umgebungsluft eingeblasen werden.

Die gleichmäßige Verteilung der Primärluft ist zu beachten, um einerseits die Verbrennung so optimal wie möglich zu gestalten. Andererseits, um mögliche Temperaturspitzen in der Brennstoffschicht und die damit verbundene Möglichkeit zur Entstehung von Stickoxiden zu vermeiden.

In der Wirbelschicht dient die Primärluft als Verbrennungs- und Fluidisierungsluft. Hier kann wiederum die Luft gezielt, unterstöchiometrisch für die Entgasung oder Teilvergasung genutzt werden. Die vollständige Verbrennung erfolgt im oberen Bereich des Reaktors.

#### **3.4.2.2 Sekundärluft:**

Wie bereits erwähnt, dient die Sekundärluft zur Sicherstellung der Nachverbrennung der unverbrannten Gase. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten und Orte wo man diese Luft einbringen kann. Hier spielt die Geometrie des Feuerraumes eine Rolle um die bestmögliche Stelle zu verwenden. Dies geschieht meist mit Lanzen, die in den Feuerraum reichen, oder mit Düsen, die die Luft mit hoher Geschwindigkeit einblasen. Weiteres ist eine intensive Vermischung der Abgase und die Verhinderung von Strahlenbildung damit gewährleistet.

#### **3.4.2.3 Tertiärluft:**

Die Tertiärluft wird meist mit Hilfe einer Lochplatte eingeblasen. Sie dient der Sicherstellung der vollständigen Oxidation der Abgase und zusätzlich zur Kühlung der Seitenwände. Die Strömungsverhältnisse können durch das Eindüsen dieser Luft stabilisiert und die Flugasche beseitigt werden, dadurch kann es zu Minimierung von Anbackungen an den Wänden kommen.

#### **3.4.2.4 Rezirkulationsluft**

Hier wird das entstaubte Abgas nach der Rauchgasreinigung entnommen und in den Feuerraum rückgeführt. Es gibt die Primäre Rezirkulationsluft, die unter dem Rost zugeführt wird, die Sekundäre Rezirkulationsluft, die über dem Rost eingebracht wird und gegebenenfalls gibt es auch noch die Tertiäre Rezirkulationsluft, die nach der Sekundären Rezirkulationsluft eingedüst wird. Ein Nachteil dieses System ist, dass die Rauchgasmengen größer werden und dadurch auch deren Reinigungsanlagen. Ein Vorteil ist aber, dass dies eine Primärmaßnahme zur Vermeidung bzw. Verminderung von  $\text{NO}_x$  und Erniedrigung der Verbrennungstemperatur ist.



## 4 Benchmarking

### 4.1 Beschreibungen der Firmen

#### 4.1.1 Christof Group

[10]

Christof Group wurde im Jahr 1966 von Herrn Johann Christof sen. als ein Einmannbetrieb gegründet. Heutzutage ist Christof Group zu einem fachkundigen und verlässlichen Partner in den Bereichen Anlagenbau, Industrieservice, Apparatebau, Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Energie- und Umwelttechnik und Oilfield Service geworden und kann innovative Konzepte und Ideen erfolgreich umsetzen. Durch die breite Aufstellung durch die bestehenden 19 Gruppenunternehmen und ihren rund 3000 Mitarbeitern, können für internationale Kunden abgestimmte Lösungen in 17 Industriezweigen angeboten werden.

Eine Sparte von Christof Group ist die REJECT to POWER Abteilung. Diese ist in den Industriezweigen Energie- und Umwelttechnik und Anlagenbau tätig. Das REJECT to POWER Konzept wurde in den 1990er Jahren für die Verbrennung von Hackschnitzeln entwickelt und in den Jahren 2003 und 2005 wurde das System für die Verbrennung von Reststoffen aus der Papierindustrie adaptiert und die erste Anlage bei MM Hirschwang, Österreich, erfolgreich aufgestellt. In den Jahren 2006 und 2013 wurde das Verfahren bei Siemens AG Österreich weiterentwickelt und verbessert. Aufgrund der Konzentration auf das Kerngeschäft bei Siemens AG Österreich kam es Ende 2013 zur Übertragung der Technologie zu Christof Group.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Klärschlamm
- Papier Industrie
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma Christof Group ein

- Horizontaler Vorschubrost

verwendet.

Der Brennstoff wird nach der Aufbereitung über einen Silo mit Hilfe eines Schneckensystems befördert und schlussendlich mit einem Schleuderrad eingebracht. Der Brennstoff wird dadurch in einer Flugphase gleichmäßig über den Rost verteilt. Der Vorschubrost bewegt den Brennstoff entgegen der Flugbahn und es ist immer eine dünne Schicht an Asche auf

den Roststäben vorhanden. Bereits in der Flugphase wird der Brennstoff getrocknet bzw. die feinen Partikel verbrannt. Größere Brennstoffteile werden auf dem Rost verbrannt. Durch die Verhinderung des Durchfallens von Unverbranntem durch die Ascheschicht wird ein hervorragender Ausbrand sichergestellt. Der Ascheaustrag erfolgt trocken über einen Trichter und einer Schnecke. In der Nachbrennkammer wird Sekundärluft eingeblasen um eine Zweistufige Verbrennung sicherzustellen. Der Feuerraum ist adiabatisch ausgeführt.

Nähere Beschreibung des Verfahrens siehe Kapitel 2.2.

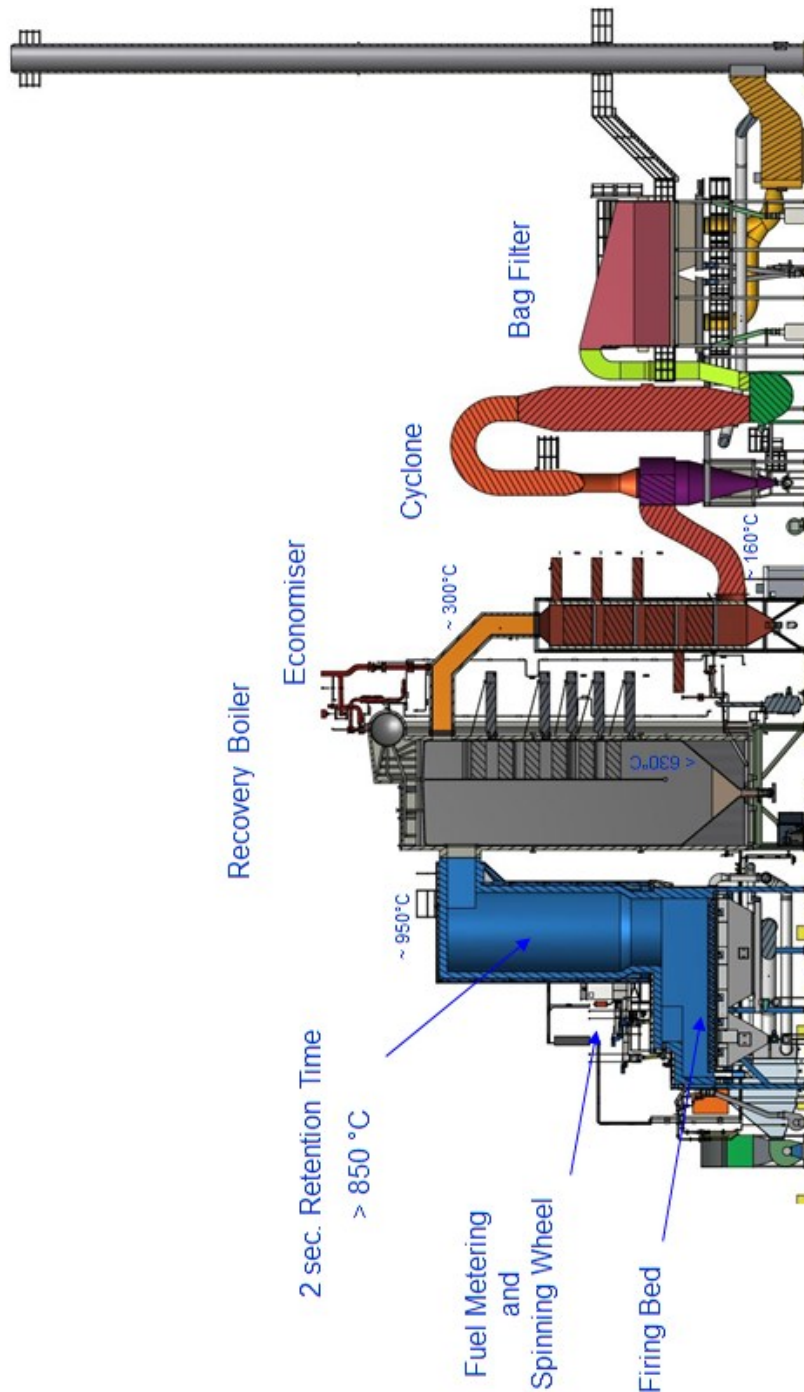


Abbildung 31: Darstellung einer REJECT to POWER Verbrennungsanlage [10]

Tabelle 5: Parameter der Firma Christof Group – R2P

Brennstoffe	<b>Papier Industrie / Waste to Energy / Klärschlamm / Biomasse</b>
Feuerungsart	<b>horizontaler Vorschubrost</b>
Leistungsgröße	5 - 35 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%
Definierte Brennstoffgröße	max. Seitenlänge 80mm (180mm B+L+H)
Brennstoffaufbereitung	Brecher und Schredder
Ausbrand	ausgezeichnet
Schlackenbildung	nein
Eigenenergieverbrauch	11 kW/MW th
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)
Antrieb	elektrisch, hydraulisch, Luft
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer ist adiabatisch ausgeführt;
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag
Schadstoffe - Grenzwerte ☐	geringe Emissionsbildung (CO, NO <sub>x</sub> ); Weitere Reduktion von NOX durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR)
Verbrennungsluft	Primärluft von unten durch die Roststäbe; Sekundärluft von der Seite in die Nachbrennkammer; Zweistufige Verbrennung; Eindüsung von Rezirkulationsluft;

Referenzen:

Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie wurde bereits in

- MM Karton Hirschwang, Österreich
- RBB BHKW Böblingen, Deutschland
- SAICA Energy Recovery Boiler, England

verwirklicht. Nähere Informationen sind im Anhang unter „“ zu finden.

## 4.1.2 VALMET Corporation

[18] [19]

Die Firma Valmet Corporation ist ein Entwickler und Anbieter von Dienstleistungen und Technologien für die Zellstoff-, Papier- und Energieindustrie. Heutzutage umfasst die Firma Valmet rund 10.000 Mitarbeiter in 30 Ländern. Der Hauptsitz ist in Espoo, Finnland.

Begonnen hat alles mit ein paar Gießereien und Metallwerkstätten im Jahr 1750. Mit der Zeit wurden die Tätigkeiten auf Schiffe, Flugzeuge, Waffen, Lokomotiven und auf die Papierindustrie gelenkt und so kam ein neuer Name zu Beginn des Jahres 1951, Valtion Metallitehtaat Valmet Oy. In den Jahren 1980 und 1990 wurden die Schiffsindustrie und die Herstellung von Fahrzeugen größtenteils verkauft um die Papierindustrie zu stärken. 1999 fusionierte Valmet mit Rauma Metso, die auf Fasertechnologien und Steuerlösungen konzentriert waren. Schlussendlich folgte der neue Firmename Metso Corporation. Anfang des 20. Jahrhundert wurden mehrere Firmen erworben, um sich in der Papier-, Zellstoff- und auch auf der Energiebranche zu verbessern. Im Jahr 2013 wurde die Firma in zwei Unternehmen aufgespalten. In Metso (Konstruktion und Automatisierungsunternehmen) und in Valmet Corporation (Zellstoff, Papier und Stromgeschäft).

Ihre Angebote in der Energiebranche reichen von Vergasung und Verbrennung in Wirbelschichtanlagen, Power Plant bis hin zu Equipment für die Umwelt.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Klärschlamm
- Papier Industrie
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma Valmet Corporation eine

- Stationäre Wirbelschicht
- und eine
- Zirkulierende Wirbelschicht

verwendet. Die Verwendung der jeweiligen Technologie ist vom eingesetzten Brennstoff abhängig. Die Stationäre Wirbelschicht wird eher für Biomasse und Papier Industrie verwendet, da hier die Heizwerte eher niedrig sind und der Brennstoff eher feucht ist. Die zirkulierende Wirbelschicht wird bei Abfall und Kohle verwendet. Die erste Wahl ist meist die stationäre Wirbelschicht, da es die einfachere und günstigere Lösung ist.



Die Emissionswerte bei beiden Anlagen (SWS und ZWS) sind gering. Zusätzlich wird für die Minimierung von  $\text{NO}_x$  eine SNCR oder SCR nachgeschaltet. Für die Reduzierung von  $\text{SO}_2$ , HCl, HF, Metalle und andere Dioxine wird ein Rauchgaswäscher, E-Filter und/oder Gewebefilter zur Hilfe genommen.

Die Stationäre Wirbelschicht ist für folgende Brennstoffe ausgelegt: Rinde, Hackschnitzel, Sägemehl, Waldreste, Torf, landwirtschaftliche Reste, Papier und Zellstoffe, Abwasserschlämme, Reishülsen und andere Recyclingprodukte.

Von Silos wird der Brennstoff, wenn die richtige Temperatur durch Brenner vorhanden ist, mit Hilfe von Schnecken über eine Rutsche in den Wirbelschichtreaktor befördert. Im unteren Teil des Reaktors wird der Brennstoff mit dem Bettmaterial (Sand) vermischt. Zusätzlich sind Zelleräder eingebaut, um die heißen Gase von ihrer Rückströmung aus den Reaktor zu verhindern. Mit der freigesetzten Energie wird mit Hilfe der Wände, die mit Wasserrohren versehen sind, Dampf und daraus wiederum Strom und Wärme erzeugt (Membranwand).

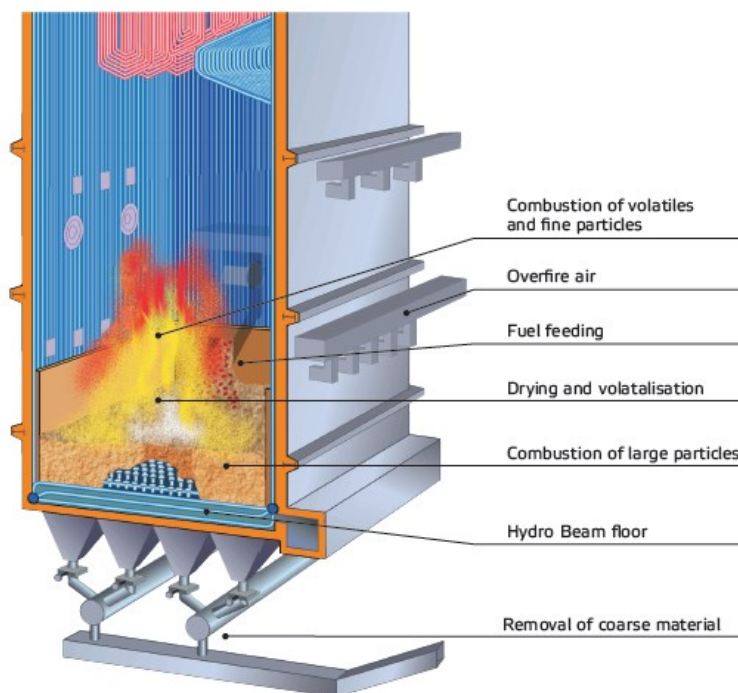


Abbildung 32: Aufbau der Stationären Wirbelschicht von Valmet [18]

Eine Besonderheit ist der wassergekühlte Rost, der so genannte HYDRO BEAM GRATE, der patentiert wurde. Die Primärluft strömt über Düsen in den Feuerraum. Darunter ist ein wassergekühlter Rost, der die Entfernung von Verunreinigungen und grobem Material gewährleistet. Mehr als 30 % der Rostkonstruktion ist für den Ascheaustrag offen. Die Asche fällt in einen Trichter hindurch, wo sie über ein Fördersystem weiter transportiert wird. Das Bettmaterial kann ebenso hindurch fallen, wird aber über ein Sieb ausgetragen und zurück in den Wirbelschichtreaktor befördert.

Die größte Menge an Asche ist die Flugasche, sie wird über ein Reinigungsfiltersystem in einen Silo befördert.

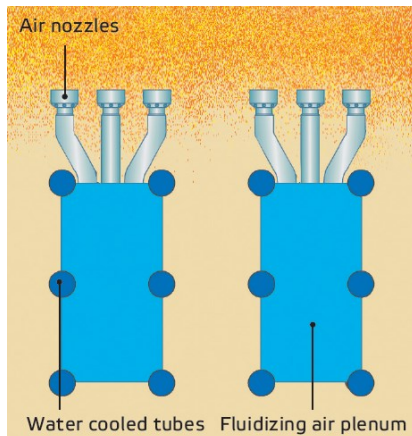


Abbildung 33: Skizze des patentierten Hydro Beam Grate [18]

Die Zirkulierende Wirbelschicht ist für folgende Brennstoffe geeignet: Kohle und andere fossile Brennstoffe, Sekundärbrennstoffe, Biomasse einschließlich Brennstoffe aus landwirtschaftlichen Abfallströmen

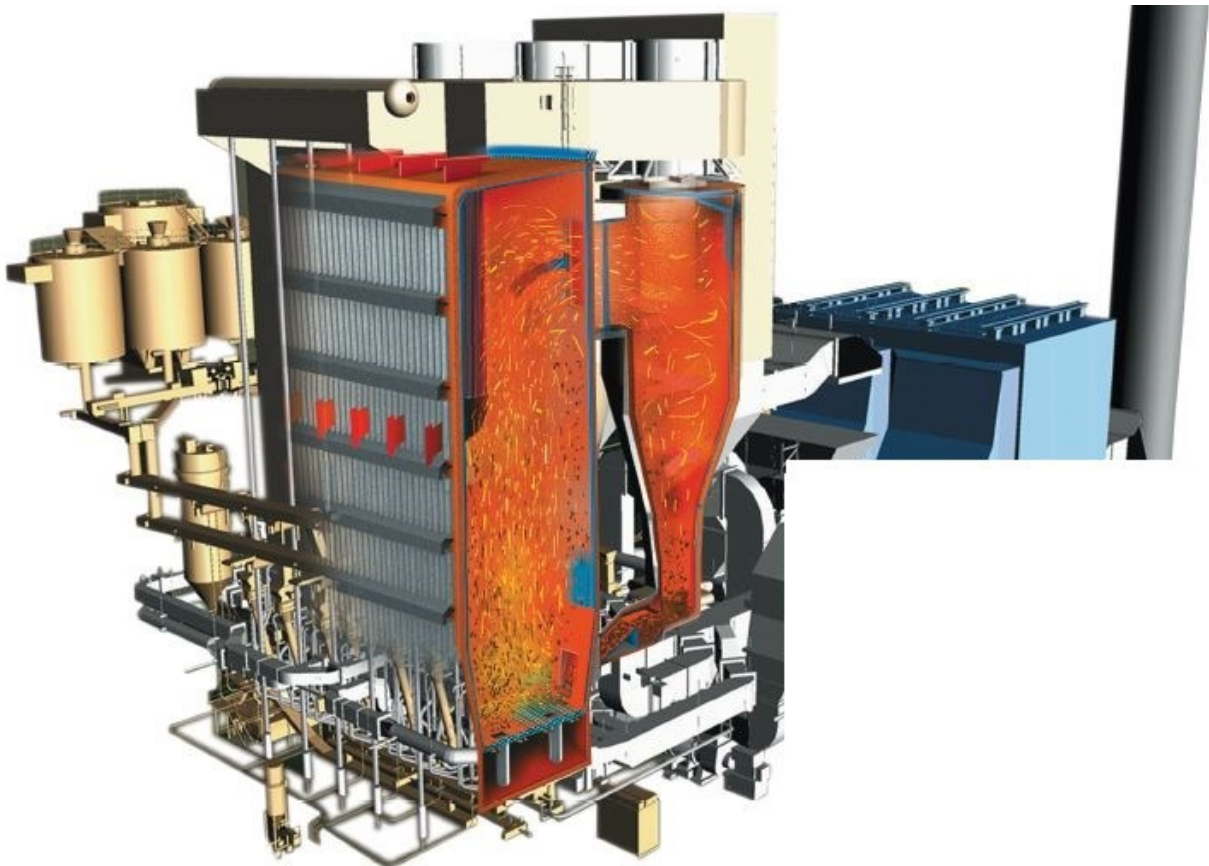


Abbildung 34: Aufbau der Zirkulierenden Wirbelschicht von Valmet [18]

Die Zirkulierende Wirbelschicht von Valmet besteht aus einem Ofen bzw. Hauptverbrennungsreaktor, einem Zyklon und einer so genannten „loop seal“. Der Brennstoff wird im unteren Teil des Ofens eingebracht und verbrannt, das Rauchgas/ Bettmaterial/ Brennstoffpartikel Gemisch wird im Zyklon getrennt. Das Rauchgas wird in einem zweiten separaten Zug zur Rauchgasreinigungsanlage weiter befördert. Das Bettmaterial mit den anderen Partikeln geht zurück in den Ofen. Wie dies eine typische Zirkulierende Wirbelschicht definiert.

Ein wichtiger Punkt in diesem System ist der Zyklon und die „loop seal“. Beide Teile sind als Membranwand ausgeführt, die entweder mit Wasser oder Dampf gekühlt wird. Diese Wände haben mehrere Vorteile, z.B. den geringen Wärmeverlust, was wiederum zu einer Reduzierung der Größe des Apparates und der Wärmeübertragungsfläche führt. Um hohe Dampfparameter, ohne starke Korrosion erzielen zu können, ist in der so genannten „loop seal“ ein Wärmetauscher integriert. Diese kann als Zwischenüberhitzer genutzt werden. Weiteres ist keine Dehnfuge zwischen Ofen und Zyklon notwendig.

Wenn ein Brennstoff mit hohem Asche- und/oder Schwefelgehalt zu erwarten ist, wird eine Bettaschekühlung verwendet. Dies ist in der Wasserkühlung der Membranwand integriert. Die Wärme wird somit dem System zurückgegeben und genutzt.

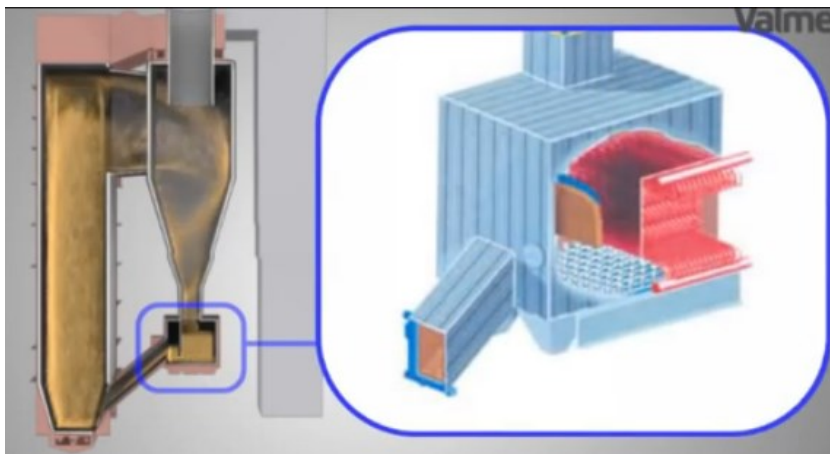


Abbildung 35: Detailansicht einer "loop seals" [18]

Die Verbrennungsluft wird durch den zweiten Zug vorgewärmt, bevor sie bei der Wirbelschicht eingeblasen wird. Die Primärverbrennungsluft wird von unten in den Ofen eingeblasen. Die Sekundärluft wird im unteren Teil des Hauptreaktors von der Seite eingedüst. Auch in der „loop seal“ wird Verbrennungsluft von unten eingeblasen. Zusätzlich wird mit Rezirkulationsluft gearbeitet.

Tabelle 6: Parameter der Firma Valmet Corporation

Brennstoffe	Biomasse / Papier Industrie / Klärschlamm / Waste to Energy	Waste to Energy / Kohle
Feuerungsart	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	20 - 400 MW th	40 - 1000 MW th
Heizwert	4,5 - 14 MJ/kg	ab 8 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	20 - 65 %	bis 55 %
Definierte Brennstoffgröße	100 mm Sieb	k.A.
Brennstoffaufbereitung	Schredder und Homogenisierung	
Ausbrand	Verbrennungseffizienz fast 100 %; Typischerweise unverbrannter Brennstoffverlust unter 0,5% der Zufuhr bei SWS.	
Schlackenbildung	geringe Bildung wegen niedriger Temperatur	
Eigenenergieverbrauch	k.A.	
Beschickungsart	Brennstoff abhängig; z.B Schnecke, Rutsche	
Antrieb	Luft	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Hydro Beam grate - patentiert	Ofen und Zyklon aus Membranwand; loop seal mit integrierten Wärmetauschern
Ascheaustrag	abhängig vom Brennstoff, Wärmerückgewinnung und Sanddurchsiebung	
Schadstoffe - Grenzwerte	niedrige Emissionswerte (Eindüsung möglich)	
Verbrennungsluft	Primärluft über Düsenboden für die Fluidisierung; Sekundärluft für Nachverbrennung	

k.A. → keine Angaben gefunden bzw. erhalten

### Referenzen:

Die Firma Valmet Corporation kann bei der Stationären Wirbelschicht über 200 Lieferungen und bei der Zirkulierenden Wirbelschicht über 70 Lieferungen aufweisen.

Im Anhang finden sie nähere Details von Verbrennungsanlagen in

- Boras Energi och Miljö - Verbrennung von Hausmüll
- und Lidköping - Verbrennung von Hausmüll, kommerzieller und industrieller Abfall.

### 4.1.3 OSCHATZ Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG

[20] [21]

Oschatz ist mit seinen 1400 Mitarbeitern und zahlreichen Tochterfirmen in den Bereichen Eisen- und Stahlmetallurgie, Nichteisenmetallurgie, Chemie- und Kraftwerkstechnik tätig. Das im Jahre 1849 in Meerane (Nähe Chemnitz, Deutschland) als Fabrik für Brauereibehälter gegründete Unternehmen liefert heutzutage einzelne Komponenten bis hin zur schlüsselfertigen Anlage. Die Produktion der Teile wird je nach Standort in den Fertigungsbetrieben in Istanbul/Türkei und in Nanjing/China nach allen internationalen Qualitätsstandards gefertigt. Der Hauptsitz ist seit 1951 in Essen, Deutschland.

Um den Bereich Kraftwerkstechnik zu stärken, gibt es seit Jänner 2012 eine Tochterfirma namens Oschatz Kraftwerkstechnik Hamburg GmbH & Co.KG.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy (EBS)
- Papier Industrie
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma Oschatz ein

- Vorschubrost

verwendet. Der Brennstoff wird über einen Greifer in einen Trichter befördert. Die eigentliche Beschickung erfolgt mit einem Schieber, Schnecke, etc. Dies ist vom Brennstoff abhängig und kann nicht verallgemeinert werden.

Der Rost ist ein so genannter Vorschubrost. Dieser ist je nach Brennstoff entweder mit Luft oder mit Wasser gekühlt. Der luftgekühlte Rost wird von der Firma Oschatz selbst gebaut. Der wassergekühlte Rost wird zugekauft (Rowitec, Koch). Die Luftzufuhr (7% O<sub>2</sub>) von unten erfolgt nicht nur mit Primärluft sondern auch mit Rezirkulationsluft. Die Breite der Verbrennungsanlage kann je nach Brennstoffeinsatz variieren. Die maximal, sinnvolle Breite ist 8 m. Oberhalb dieser Breite müssen sich Gedanken über die Verteilung der Sekundärluft gemacht werden.

Der Heizwertbereich kann nicht genau definiert werden, da mehrere Faktoren, wie z.B. Vorwärmung der Luft, einen Einfluss haben. Es können Brennstoffe mit 3,5 MJ/kg aufwärts eingesetzt werden. Wobei bei einer Papier- und Zellstoffverbrennung meist bei 15 MJ/kg Schluss ist. Der Feuchtigkeitsgehalt kann ebenso nicht definiert werden, da auch hier mehrere Einflüsse eine Rolle spielen. Die Firma Oschatz GmbH hat bereits eine Anlage mit 65 % Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes gebaut.

Um einen guten Ausbrand zu gewährleisten, ist durch die Zonen der Verbrennung eine erforderliche Länge des Rostes vorgegeben. Ob es eine Schlackenbildung gibt oder nicht kann nicht verallgemeinert werden, da die Brennstoffe zu unterschiedlich sind, weshalb zunächst der Brennstoff auf seine genauen Eigenschaften geprüft wird. Erst danach kann das System entsprechend ausgewählt werden.

Der prinzipielle Ascheaustrag erfolgt bei der Firma Oschatz immer als Nassaustrag. Ein Kettenförderer ist direkt unter dem Rost angebracht und die Asche fällt ins Wasser. Von dort wird sie mit Hilfe eines Plattenförderers ausgetragen und weiter verarbeitet. Durch die Ascheeigenschaften, die vorher geprüft worden sind, kann es sein, dass die Asche schwimmt oder nicht. In den meisten Fällen schwimmt sie nicht und sie wird mit Hilfe des Plattenförderers ausgetragen. Wenn die Eigenschaften der Asche aber so sind, dass sie schwimmt, kann es mit einem Plattenförderer zu Problemen kommen und es muss eine andere Lösung gefunden werden.

Der Kessel kann in verschiedenen Variationen ausgeführt sein. In horizontaler, vertikaler oder auch als Kombination beider Ausführungen. Ein paar Eckdaten dafür wären: Dampfkapazität: 20 - 250 t/h; Dampfdruck: bis zu 150 bar; Dampftemperatur: bis zu 550°C; Rauchgasstrom: bis zu 350,000 Nm<sup>3</sup>/h.

Je nach Standort und den dort herrschenden gesetzlichen Gegebenheiten gibt es eine entsprechende Rauchgasreinigungsanlage wie z.B. SNCR, etc.

Tabelle 7: Parameter der Firma Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG

Brennstoff	Papier Industrie / Biomasse / Waste to Energy
Feuerungsart	Vorschubrost
Leistungsgröße	20 - 90 MWth
Heizwert	ab 3,5 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	65%
Definierte Brennstoffgröße	Kundenangabe
Brennstoffaufbereitung	Kundenangabe; individuell
Ausbrand	gut
Schlackenbildung	möglich; Brennstoffabhängig
Eigenenergieverbrauch	k.A.
Beschickungsart	Schieber, Schnecke, etc. Brennstoffabhängig
Antrieb	hydraulisch
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Luftgekühlter Rost bei $H_u < 13$ MJ/kg oder niederkalorischer Brennstoff oder höherer Ascheschmelzpunkt, z.B: Biomasse, Siedlungsabfälle Wassergekühlter Rost bei $H_u > 13$ MJ/kg oder hochkalorischer Brennstoff oder niedriger Ascheschmelzpunkt, z.B: Holzabfälle, RDF
Ascheaustrag	Nassaustrag
Schadstoffe - Grenzwerte	13. oder 17. BImSch
Verbrennungsluft	evt. Vorwärmung der Luft; Primär- und Rezirkulationsluft in mehreren Zonen; Sekundärluft in Brennraum

k.A. → keine Angaben gefunden bzw. erhalten



Referenzen:

Die Firma Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG hat eine Referenzliste von 13 Anlagen die im Anhang unter „Oschatz Referenzen“ zu finden ist.

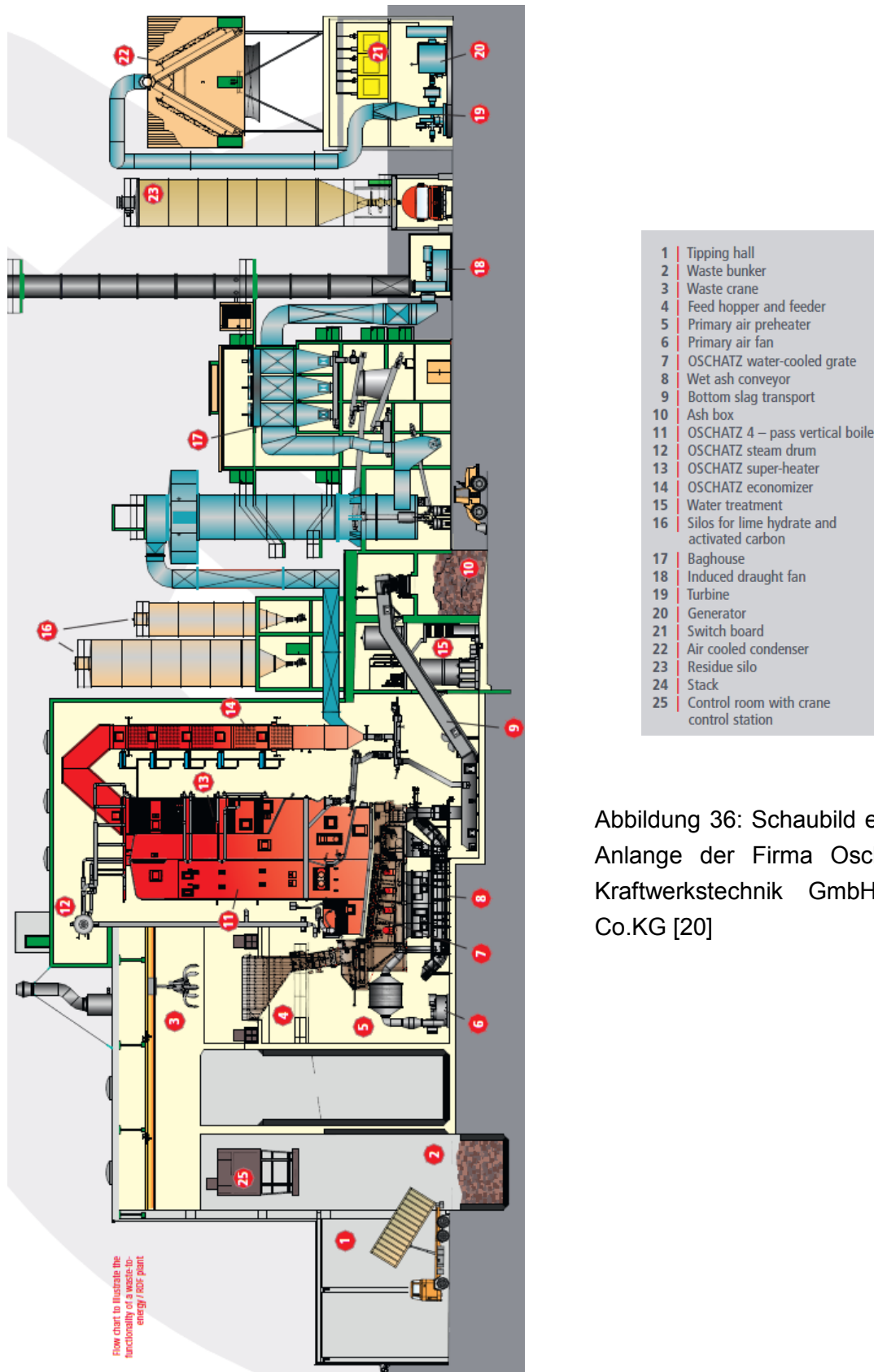


Abbildung 36: Schaubild einer Anlage der Firma Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG [20]



#### 4.1.4 B & W VOLUND

[22] [23]

Die Firma Babcock & Wilcox Volund wurde im Jahr 1898 gegründet und hat heutzutage 412 Mitarbeiter. Im Jahr 1930 wurde ihre erste Waste to Energy Anlage erbaut. Seither sind davon über 500 in über 30 Länder erbaut worden. Der Hauptsitz ist in Esbjerg, Dänemark.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Papier Industrie
- Biomasse

Für die Verbrennung werden von der Firma B & W Volund

- Verschiedene Rostarten

verwendet. Die Firma Volund unterscheidet, ob es Waste to Energy, Biomasse (Papier Industrie zählen sie bei der Biomasse dazu) oder eine Multi- Verbrennung ist. Doch z.B. die Beschickung ist meist bei allen Systemen gleich aufgebaut.

Ein Kran bringt die Brennstoffe vom Bunker in den Aufgabetrichter, von dort gelangen sie über eine wassergekühlte Schurre zum tatsächlichen Beschickungssystem, einem hydraulischen Schieber. Zu erwähnen ist, dass zwischen dem Abfalltrichter und der Schurre zwei automatische Sicherheitsklappen montiert sind. Weiteres ist die Schurre durch die Kühlung gegen Feuer resistent.

##### Waste to Energy

Für die Verbrennung von allen unsortierten Abfällen und die Co- Verbrennung mit Biomasse hat die Firma Volund zwei Technologien zur Auswahl. Dies wären ein wassergekühlter Rost namens DynaGrate und ein luftgekühlter Rost namens VolundGrate.

Der DynaGrate ist ein Feuerungsrost, der treppenförmig aufgebaut ist und auch unempfindlich auf Störstoffe wie Dosen und Metallen ist. Die einzelnen Roststufen sind abwechselnd vertikal und horizontal angeordnet und mit Wellen verbunden sind. Wenn sich diese Welle um 60° dreht, bewegen sich die vertikalen Roststufen in die horizontale und umgekehrt. Dies bewirkt eine einzigartige wellenförmige Bewegung des Brennstoffes. Somit wird die Schürung des Brennstoffes durch die Wellenbewegung und der Transport durch die Schwerkraft erzeugt. Dieser Rost hat in der Welle eine integrierte Wasserkühlung, die patentiert wurde. Diese Kühlung ist unabhängig von der Primärluft. Dies bringt den Vorteil, dass die Primärverbrennungsluft rein für die Verbrennung zuständig ist und sich dadurch die Luftüberschusszahl erniedrigt. Es gibt aber auch die luftgekühlte Ausführung dieses Rostes.

Auch bei der Luftgekühlten Version ist sie ebenfalls in der Welle integriert. Die Verbrennungsluft wird in vier separate und einzeln steuerbare Abschnitte je Spur eingedüst. Der DynaGrate wurde für extreme Schwankungen entwickelt und hat eine Kapazität von bis zu 44 Tonnen von Abfall in der Stunde. Er ist für alle Abfälle geeignet und ist in Rost – Module aufgebaut, die je 6 m breit sind.

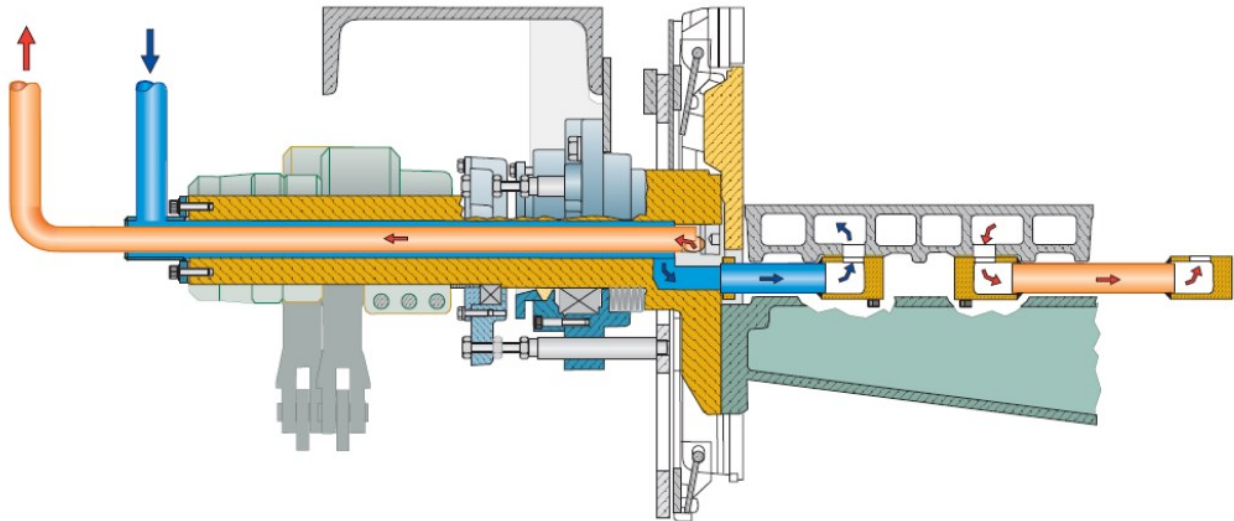


Abbildung 37: Ausschnitt der integrierten Kühlung in der Welle bei einem DynaGrate [23]

Der VolundGrate ist ein traditioneller, luftgekühlter Feuerungsrost der für gemischte Hausabfälle und industrielle Abfälle konstruiert ist. Er ist in vier Sektionen aufgebaut. Die ersten beiden Rostabschnitte haben eine Neigung von 15° und bilden den eigentlichen Verbrennungsrost. Über einen 1m hohen vertikalen Rost, der für das Aufbrechen der Klumpen zuständig ist, folgen die nächsten beiden Rostabschnitte. Diese haben eine Neigung von 7,5° und bilden den Ausbrandrost. Jede Sektion hat seinen eigenen Antrieb und auch die Verbrennungsluft ist unabhängig voneinander regelbar.

### Biomasse

Für die Biomasseverbrennungsanlage sind folgende Brennstoffe geeignet: Hackschnitzel, Pellets, Sägemehl, Stroh, Gerste, Reis Stroh, Rinde und Bagasse, Sägemehl, Holzspäne, Torf, Moore, Raps, Palmölrückstände. Aber auch RDF, Abfälle der Papier Industrie und industrielle Nebenprodukte.

Zunächst sind die chemischen und physikalischen Eigenschaften zu definieren um dann weiter entscheiden zu können. Es gibt drei Brennstoffkategorien:

- Ballenmaterial (Ballen aus Weizen, Gerste, Raps, etc.), wird mittels „Ballenverbrennung“ verbrannt
- feines Schüttgut – erfüllen die Kriterien der Standard Sieb Analyse von Volund und wird „Suspensionsverbrennung“ genannt

- grobes Schüttgut – erfüllen nicht die Kriterien der Standard Sieb Analyse von Volund und wird mittels Rostfeuerung verbrannt.

Das grobe Schüttgut wird auf einem Vibrationsrost verbrannt. Der Aufbau dieses Rostes ist einfach, hat weniger bewegliche Teile und die Neigung beträgt 6°. Er besteht aus zwei oder vier Platten die an Federn montiert sind, die mit einer Vibrationseinheit über eine Verbindungsstange verbunden sind. Die Platten laufen paarweise in Gegenphase um externe Kräfte auszugleichen. Die Schwingungsfrequenz ist durch eine Keilriemenscheibe einstellbar. Der Rost hat eine Wasserkühlung. Die Asche bzw. Schlacke fällt am Ende des Rostes in einen Schlackentrichter.

Das feine Schüttgut mit der Suspensionsverbrennung wird von den Silos über Förderbänder und Schnecken zur Beschickungseinrichtung befördert. Der Eintrag des Brennstoffes in den Kessel erfolgt mit einem Zellrad. Dies bewirkt, dass die feinen Teile im Feuerraum entzünden und die größeren Teilchen auf den Rost fallen. Die Luftverteilung geschieht im hinteren 2/3 - Teil des Rostes.

Die Ballenverbrennung erfolgt auf einem wassergekühlten Vibrationsrost. Die Besonderheit dieser Anlage ist die Beschickung. Dies ist ein patentierter Heuwender, der die Ballen und gegebenenfalls andere Biomasse Abfälle über ein Schneckensystem vermischt. Die eigentliche Beschickung erfolgt mit Hilfe einer Schnecke und einer wassergekühlten Beschickungsplattform. Zunächst findet eine Pyrolyse (80% des Energiegehaltes) statt. Die Verbrennung erfolgt auf einem wassergekühlten Vibrationsrost. Das entstandene Gas der Pyrolyse wird mit der Sekundärluft vollständig verbrannt. Der Austrag der Asche bzw. Schlacke geschieht mit Nassentaschung.

### Multi-Fuel Verbrennung

Dieses Verfahren bietet die Kombination der beiden bereits beschriebenen Technologien von Waste to Energy und Biomasse an. Der Vorteil ist, dass mehr Möglichkeiten von lokal verfügbaren Brennstoffen vorhanden sind, keine Speicherung erforderlich und es nicht saisonabhängig ist.

Die Brennstoffe die für diese Verbrennungsanlage geeignet sind, sind: alle Arten von Biomasse, verunreinigter Biomüll, Gewerbemüll, RDF, SRF und Multi-Brennstoff.

Die Beschickung erfolgt mit dem gleichen System wie bei Waste to Energy über einen hydraulischen Schieber. Der Rost ist ein Vibrationsrost, der bei der Biomasse bereits beschrieben wurde.

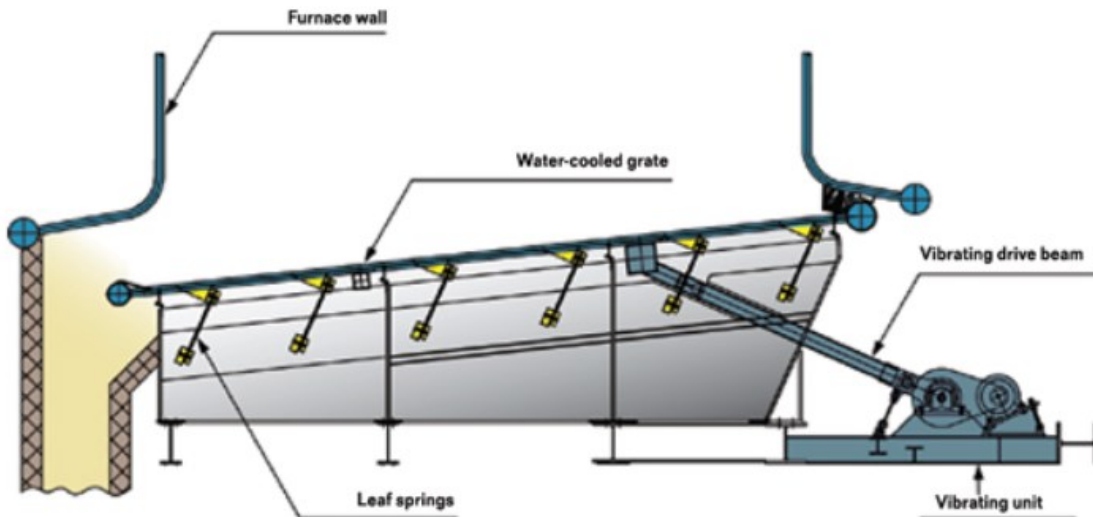


Abbildung 38: Skizze des wassergekühlten Vibrationsrostes [22]

Eine Besonderheit der Firma ist die so genannte water-cooler wear zone. Dies ist eine mit Wasser gekühlte Verschleißzone, die den ungekühlten feuerfesten Bereich im Kessel reduziert. Der Nachteil von ungekühlten Kesselbereichen ist, dass durch die hohen Temperaturen eine Schlackenbildung stattfinden kann, was wiederum den Verbrennungsprozess stören könnte. Diese Zone ist als komplett geschweißte Konstruktion aus dickwandigen Rohren und Platten aufgebaut und ist entweder ein Teil des Verdampfers oder als Teil eines separaten Kreislaufes anzutreffen. Um die Wärme aufnehmen zu können und so die Effizienz zu steigern, können drei verschiedene Arten verwendet werden:

- Direkte Verbindung: Hier ist die water-cooled wear zone direkt mit Naturumlauf mit dem Kesselkreislauf verbunden.
- Indirekte Verbindung: Hier wird die Wärme als Luftvorwärmung oder für das Kondensat genutzt.
- Externe Verbindung: Hier wird die Wärme für die Fernwärmeversorgung genutzt.

Mit diesem System kann zusätzlich Energie erhalten und somit die Größe des Kessels reduziert werden. In den letzten 7 Jahren wurden neun bestehende Anlagen und sechs neue Anlagen mit diesem System ausgestattet. Die neue Generation wurde patentiert.

Das gesamte System besteht aus 4 Zügen. Wobei der Erste die vertikale Nachbrennkammer darstellt. Anschließend sind zwei vertikale Züge angebracht. Der letzte Zug, in dem Verdampfer und Economizer montiert sind, kann vertikal oder horizontal ausgeführt sein.

Eine weitere Besonderheit ist das so genannte VoluMix. Dies ist ein spezielles Eindüsesystem der Sekundärluft. Die Düsen werden so angeordnet, dass sich im Kessel zwei Wirbel bzw. Spiralen ausbilden. Dies führt zu einer bessern Durchmischung der Rauchgase mit der Verbrennungsluft und somit zu niedrigen Emissionen, ohne dass

Rezirkulationsluft benötigt wird. Weiters werden dadurch hot spots vermieden und bekommen eine gleichmäßigere Geschwindigkeitsverteilung. Zusätzlich ist ein niedriger Luftüberschuss möglich, was den Wirkungsgrad erhöht.

Tabelle 8: Parameter der Firma B&W Volund

	Waste to Energy		Biomasse	Multi-fuel
	DynaGrate	VolundGrate		
Brennstoff				
Feuerungsart				
Leistungsgröße	k.A.		15,8 - 112 MW th	14 - 57,1 MW
Heizwert	für extreme Schwankungen	k.A.	k.A.	k.A.
Feuchtigkeitsgehalt	k.A. (bis 55%)		k.A. (bis 55%)	bis 55%
Definierte Brennstoffgröße	k.A.		Ballen; loses Material	k.A.
Brennstoffaufbereitung	nein	k.A. (Brecher)	k.A. (Brecher)	k.A. (Brecher)
Ausbrand	ausgezeichnet	k.A. (gut)	gut	k.A. (gut)
Schlackenbildung	k.A. (möglich)		möglich	möglich
Eigenenergieverbrauch	k.A.		k.A.	k.A.
Beschickungsart	hydraulischer Schieber		Ballen: patentierter Heuwender, Schneckensystem; Schüttgut: Förderbänder, Schnecken und rotierende Klappe	hydraulischer Schieber
Antrieb	Welle	k.A. (hydraulisch)	Keilriemen	Keilriemen
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Wasserrohrkessel; Wassergekühlter Rost bei > 25MJ/kg - patentierte Kühlung (Luftkühlung und Kombination möglich)	Wasserrohrkessel; Luftgekühlter Rost ist typisch (auch Wasserkühlung möglich)	Wasserrohrkessel; Wassergekühlter Rost	Wasserrohrkessel; Wassergekühlter Rost
Ascheaustrag	k.A.		unter Wasser Fördersystem	Schlackentrichter
Schadstoffe - Grenzwerte	VoluMix - niedrige Emissionen	VoluMix - niedrige Emissionen	VoluMix - niedrige Emissionen	VoluMix - niedrige Emissionen
Verbrennungsluft	mit Wasserkühlung - Primärluft rein für die Verbrennung zuständig; Sekundärluft - VoluMix	Primärluft rein für die Verbrennung; Sekundärluft - VoluMix	Primärluft rein für die Verbrennung; Sekundärluft - VoluMix	Primärluft rein für die Verbrennung; Sekundärluft - VoluMix

k.A.(...) → keine Angaben gefunden bzw. erhalten ()

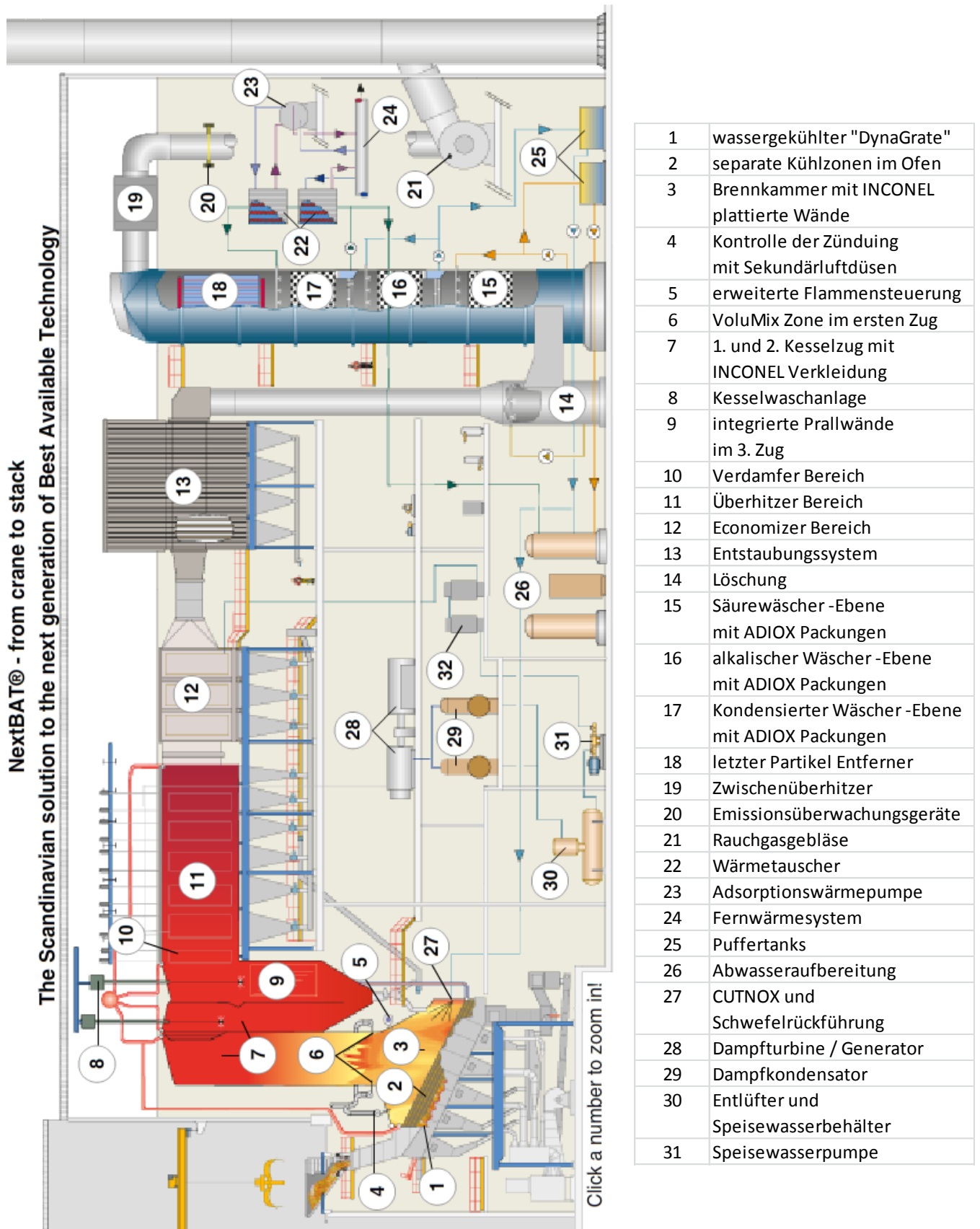


Abbildung 39: Ausschnitt einer Verbrennungsanlage der Firma B&W Volund [22]

Referenzen:

Die Firma B&W Volund hat im Bereich Waste to Energy in ihrer 80 jährigen Erfahrung über 500 Anlagen weltweit errichtet bzw. daran mitgearbeitet. Im Bereich der Biomasse weisen sie eine 30 jährige Erfahrung auf und haben bereits 50 Anlagen weltweit erbaut.

Eine Liste der Anlagen bezogen auf Biomass Energy Plants 1996 – 2015 ist im Anhang unter „Volund Referenzen“ zu finden. Weiters sind detailliertere Beschreibungen von

- Örebro Kartonbruk AB (Schweden)
- und Biowanze (Belgien)

im Anhang zu sehen.

Eine Liste der Anlagen bezogen auf Multi-fuel Energy Plants 2000-2012 ist im Anhang unter „Volund Referenzen“ zu finden. Weiters sind detailliertere Beschreibungen von

- Landskrona Kraft AB (Schweden)
- und Strängnäs Energi AB (Schweden)

im Anhang erfasst.

Eine Liste der Anlagen bezogen auf Waste-to-Energy Plants 1997 - 2016 ist im Anhang unter „Volund Referenzen“ zu finden. Weiters sind detailliertere Beschreibungen von

- Amager Bakke - Copenhagen (Dänemark),
- County Meath (Irland)
- und West Palm Beach –Florida (USA)

im Anhang zu sehen.



### 4.1.5 OUTOTEC GmbH & Co.KG

[24] [25]

Im Jahr 2007 hat sich der Name Outokumpu Technology auf Outotec geändert. Die Wahl des Namens Outotec repräsentiert die Evolution der Outokumpu Technologie von einer technologischen Abteilung innerhalb von Outokumpu, durch Expansion und mehrere Akquisitionen, zu einem unabhängigen, börsenorientierten Unternehmen mit eigenen Markenwerten und einer visuellen Identität. Sie sind aktiv in den Bereichen der Entwicklung, Konstruktion, Lieferung und in der zugehörigen Ausrüstung für die Metallindustrie tätig. Outotec bietet innovative Lösungen für die Produktion von Buntmetallen, Basismetallen, Aluminiumoxid und Aluminium, Edelmetallen (PGM), seltenen Erden, Industriemineralien und Schwefelsäure. In den letzten Jahren beschäftigt sie sich mit Wirbelschichttechnologien für die verschiedensten Anwendungen. Heutzutage unterteilt sich Outotec in zwei Geschäftsbereiche: „Metall, Energie und Wasser“ und „Mineralaufbereitung“. Das Management hat seinen Sitz in Finnland.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy (EBS)
- Klärschlamm
- Papier Industrie
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma Outotec GmbH & Co.KG eine

- Stationäre Wirbelschicht
- und eine
- Zirkulierende Wirbelschicht

verwendet. Für die Entscheidung des richtigen Verbrennungssystems wird eine so genannte Entscheidungsmatrix, welche Merkmale wie Leistung, Heizwert und Fremdkörper im Brennstoff berücksichtigt, verwendet.

Der erste Entscheidungspunkt ist die Leistung. Die Stationäre Wirbelschicht wird bei <70 MWth verwendet und die Zirkulierende Wirbelschicht bei >70 MWth. Dies ist aber nur ein Daumenwert, es gibt auch Ausnahmen, wie in der Tabelle 9 ersichtlich.

Der zweite Entscheidungspunkt ist der Heizwert. Bei einem Heizwert von <4500 kJ/kg gibt es eine adiabate Verbrennungskammer. Eine Vorwärmung der Verbrennungsluft ist möglich und der Brennstoff wird meist mit einem anderen Brennstoff, der einen höheren Heizwert

aufweist, vermischt. Bei einem Heizwert von  $> 4500 \text{ kJ/kg}$  ist eine Kühlung erforderlich. Dies geschieht einerseits mit Hilfe einer Membranwand und andererseits mit Hilfe der Bettmaterialkühlung durch die Rezirkulationsluft. Bei diesem Heizwert ist ein externer Wärmetauscher erforderlich. Dieses System wird nur mit der Zirkulierenden Wirbelschicht betrieben.

Der dritte Punkt bezieht sich auf den Düsenboden. Wenn es Fremdkörper im Brennstoff gibt, dann wird ein offener Düsenrost verwendet. Sind keine Störstoffe im Brennstoff vorhanden, wird ein geschlossener Düsenrost verwendet.

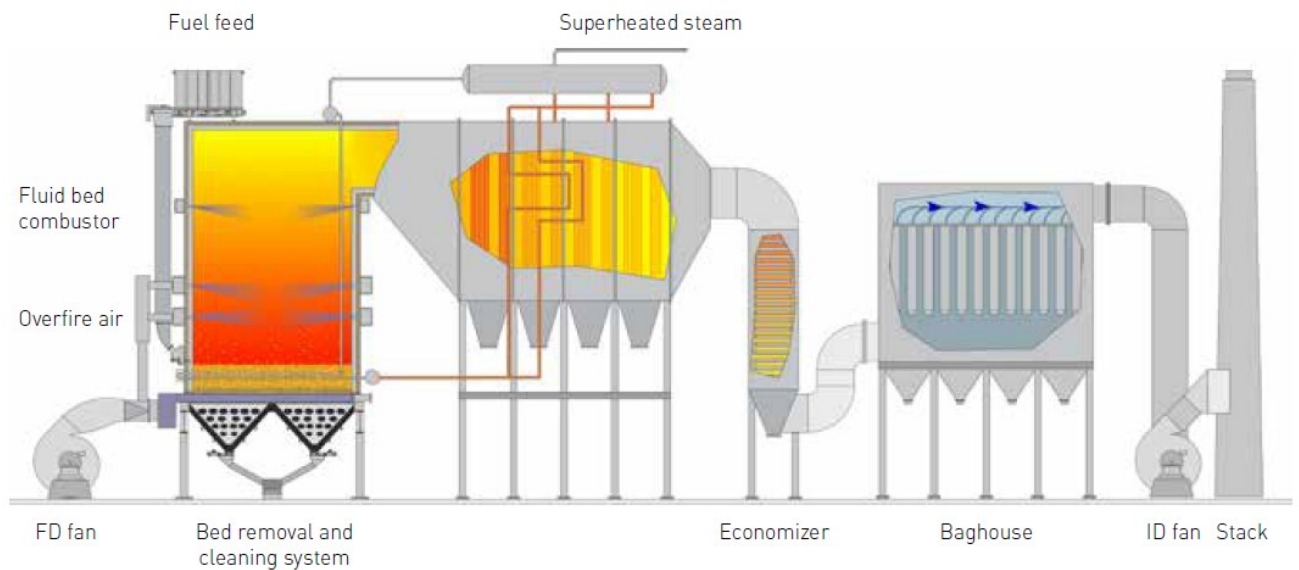


Abbildung 40: Typisches Layout der Firma Outotec GmbH & Co.KG [24]

Der Ascheaustrag erfolgt bei beiden Verbrennungssystemen über ein so genanntes Zweiventilsystem. Bei diesem System sieht die Anordnung des Equipments wie folgt aus: Schieber, ein 200l Raum, wieder einen Schieber und danach eine Schurre die in einem Container endet. Der erste Schieber wird geöffnet und die Asche kann in den 200l Raum ausgetragen werden. Wenn der Raum voll ist wird der erste Schieber geschlossen und die Asche kühlt ab. Danach wird der zweite Schieber geöffnet und die Asche rutscht über eine Schurre in den Container.

Die Firma Outotec bietet ein einzigartiges Materialbett Recycling System an. Das Bettmaterial wird kontinuierlich bzw. getaktet aus dem Wirbelbett gleichmäßig durch die Luftverteilerbalken über den Doppelkonus abgezogen (siehe Abbildung 41). Durch den Doppelkonus wird eine Kernströmung verhindert. Hierbei wird das Material durch eine integrierte Luftkühlung gekühlt und zu einem Sieb weitergeleitet. Das grobe Material wird ausgetragen, das Feine wird entweder ausgeschleust oder in die Wirbelschicht zurückgeführt.

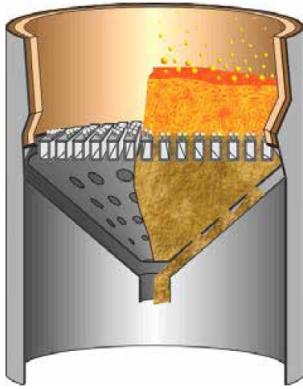


Abbildung 41: Skizze des Bettmaterialabzugssystems mit Doppelkonus [24]

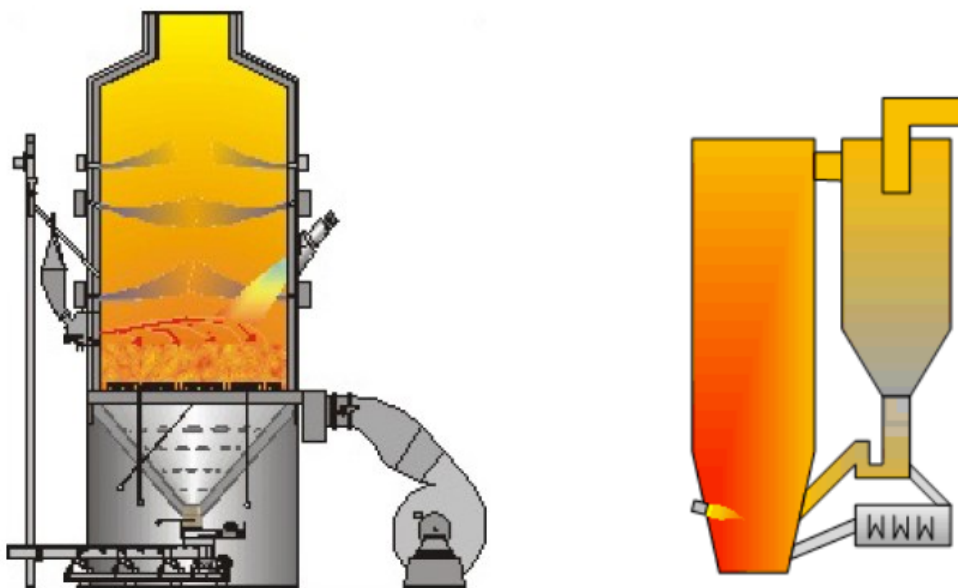


Abbildung 42: Links: Skizze der Stationären Wirbelschicht; Rechts: Skizze der Zirkulierenden Wirbelschicht [24]

#### Referenzen:

Die Firma Outotec GmbH & Co.KG können 103 Wirbelschichtanlagen aufweisen. Des Weiteren können sie seit dem Jahr 1982 bis 2013 insgesamt 17 power plant/combustion units aufweisen. Eine Liste dieser Anlagen finden sie im Anhang unter „Outotec Referenzen“.

Im Anhang finden sie weiters nähere Details von Verbrennungsanlagen in

- ERZ Zurich, Schweiz - Verbrennung von Schlamm
- Modern Karton, Corlu Türkei – Biomasse CHP

Tabelle 9: Parameter der Firma Outotec GmbH &amp; Co.KG

Brennstoffe	<b>Biomasse / Klärschlamm / Waste to Energy / Papier Industrie</b>	
Feuerungsart	<b>Stationäre Wirbelschicht</b>	<b>Zirkulierende Wirbelschicht</b>
Leistungsgröße	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th
Heizwert	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	40% für Faulschlamm; 35% für Frischschlamm; 60% für Klärschlamm; 15 - 50% für Holz	
Definierte Brennstoffgröße	bis zu ungefähr 100 mm (4 Zoll)	
Brennstoffaufbereitung	Biomasse: Zerkleinerung; Waste wird zu RDF aufbereitet; Schlamm von pulp and paper: Entwässerung; kommunaler Schlamm: entwässert und getrocknet	
Ausbrand	gut	
Schlackenbildung	nein	
Eigenenergieverbrauch	k.A.	
Beschickungsart	klebrige, poröse werden von der Seite aufgestreut (Wurfbeschickung); trockene stückförmige über Schurre	
Antrieb	Luft	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	< 4500 kJ/kg : diabate Verbrennungskammer, evt. Luftvorwärmung , Wasserkühlung an der Beschickung; > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand, nur bei ZWS, Bettkühlung durch Rezirkulationsluft, Wasserkühlung an der Beschickung;	
Ascheaustrag	Zweiventilsystem	
Schadstoffe - Grenzwerte	k.A. (Eindüsung möglich)	
Verbrennungsluft	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen

k.A.() → keine Angaben gefunden bzw. erhalten (...)

### 4.1.6 BERTSCH ENERGY

[26] [27]

Die Bertsch Group ist seit der Gründung im Jahr 1925 ein Familienunternehmen und ist bereits in der 3. Generation tätig. Ihr Hauptsitz ist in Bludenz, Österreich. Eine Unterfirma ist die so genannte Bertsch Energy die im Bereich Industrie- und Kraftwerkstechnik beschäftigt ist.

Die Firma Bertsch Energy kann eine Gesamtanlage angefangen von der Brennstoffaufbereitung über die Verbrennung mit Rauchgasreinigung bis hin zur Verstromung, Regelung und Steuerung errichten. Sie können mit ihren Anlagen mit Hilfe von Gasturbinen bis zu 65 MW elektr. und mit einer Dampfturbine bis zu 20 MW elektr. produzieren.

Ihr Brennstoffband geht von konventionellen, flüssigen und gasförmigen über biogene Brennstoffe bis zu Abfallbrennstoffen, z.B.: Waldhackgut, Rinde, Sägespäne, Landschaftspflegegut, biogene Reststoffe, Torf, Altholz, Sonderbrennstoffe

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma Bertsch Energy eine

- Stationäre Wirbelschicht

und ein

- Vorschubrost

verwendet. Information: Kohle wird von der Firma Bertsch mit Hilfe eines Schuppenwanderrostes verbrannt.

Die Entscheidung über die richtige Feuerungsanlage erfolgt mit Hilfe mehrerer Kriterien, wie z.B. Brennstoff, Emissionswert, Wirkungsgrad, Investitionskosten, etc.

Die gängige Rostfeuerung ist ein luftgekühlter Vorschubrost. Die Neigung des Rostes beträgt zwischen 10 – 16°. Die Ausbrandzone ist teilweise auch horizontal angelegt. Die Beschickung erfolgt über einen Brennstoffschacht und einem Schieber / Stößel, der den Brennstoff direkt auf die erste Rostzone befördert. Diese erste Rostzone dient hauptsächlich als Transportzone, die den Brennstoff auf den Verbrennungsteil dosiert. Der Rost ist in 4 – 6 Zonen geteilt und alle Zonen sind unabhängig voneinander nach der erforderlichen Primärluftzufuhr (gegebenenfalls auch Rezirkulationsluft) regelbar. In den letzten Zonen wird auf die Zugabe von Rezirkulationsluft meist verzichtet, da diese Zonen bereits die

Ausbrandzone darstellt und hier keine hohen Temperaturen herrschen. Je nach Wassergehalt des Brennstoffes wird 35% – 55% der Gesamtluftzufuhr als Primärluft unter dem Rost zugegeben. Daher hat das Abgas noch einen CO- Gehalt von >10 Vol% der dann in der Nachbrennkammer mit Hilfe der Sekundärluft nachverbrannt wird. Die Wände der Nachbrennkammer sind je nach Heizwert des Brennstoffes mit einer Ausmauerung verkleidet. Je nach Stickstoffgehalt im Brennstoff sind Eindüsungsebenen (mit Harnstoff oder Ammoniakwasser) nach dem SNCR Verfahren eingebaut.

Eine Besonderheit ist, dass die Wand vom Rost und der Nachbrennkammer als Membranwand (Flossenwand) ausgeführt sind und daher direkt im Dampferzeuger integriert sind (siehe Abbildung 43).

Der Kessel ist als Membranwandkessel im Naturumlauf konstruiert.

Um einerseits einen guten Ausbrand zu erzielen und andererseits die Asche so minimal wie möglich zu halten, wird die Asche zwischen 2. und 3. Zug und nach dem Economiser rückgeführt.

Dieses System kann in Abhängigkeit vom Brennstoff eine Dampfmenge von 15 – 55 t/h je Linie erreichen und dies mit den Dampfparametern 40 – 130 barü und 400 – 520°C.

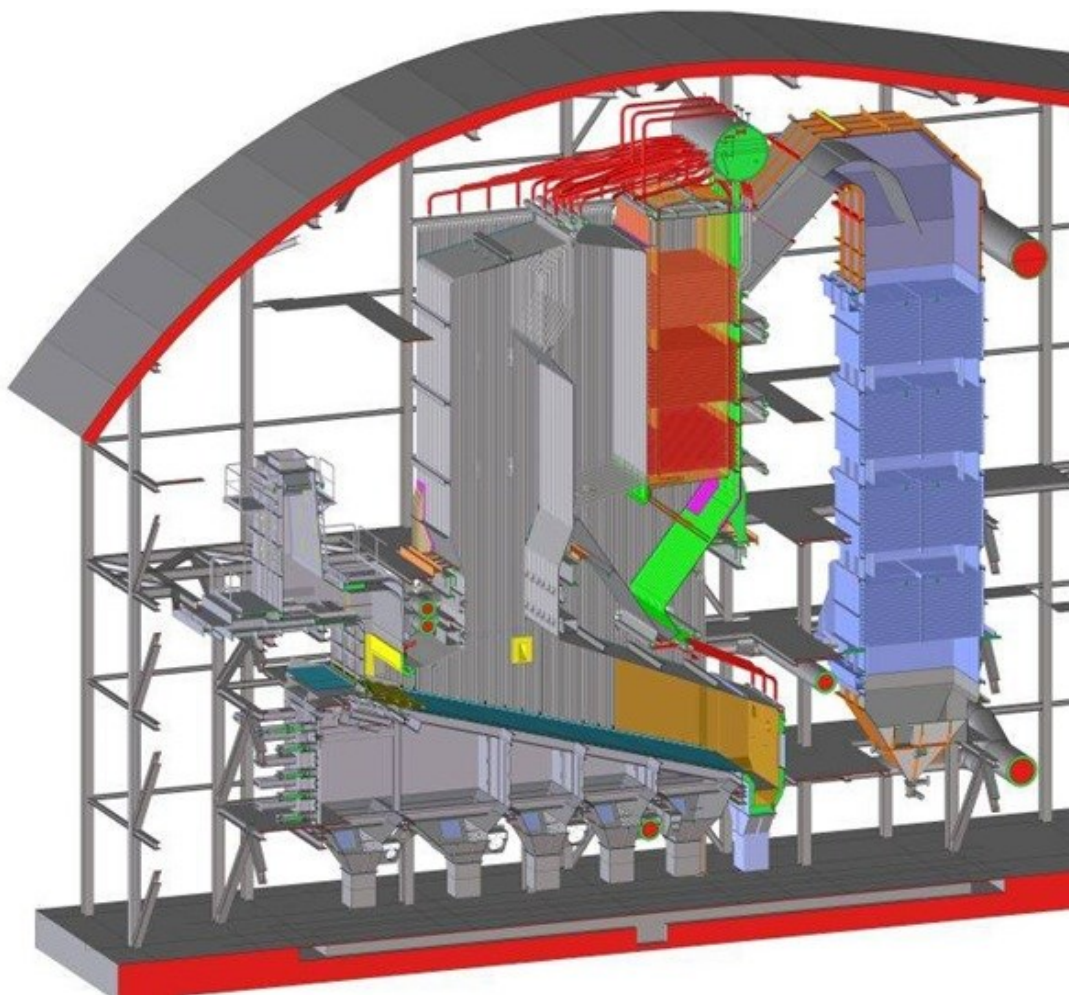


Abbildung 43: Abbildung der kesselintegrierten Rostfeuerung [17]



Die Stationäre Wirbelschicht wird mit einem offenen Düsenboden ausgeführt. Dieser offene Düsenboden ist so gebaut, dass die Störstoffe problemlos nach unten abgezogen werden können. Die Beschickung erfolgt mit Hilfe einer Dosierschnecke und über einen Fallschacht in eine Einblasschurre. Für den Fluidisierungsvorgang wird ein Gemisch aus Primärluft und Rezirkulationsluft über die Düsentaschen eingebracht. Der erste Kesselzug, direkt über dem Wirbelbett, dient rein als Nachbrennzone. Dort wird in zwei Ebenen Sekundärluft eingebracht. Die Zünd- und Stützbrenner sind über dem Freeboard angebracht und werden mit Öl oder Gas betrieben. Die Entaschung erfolgt nach unten. Durch den offenen Düsenboden können die Asche, das Bettmaterial (Sand) und die Störstoffe ausgetragen werden. Dieses Gemisch wird auf einen Austragsrost gleichmäßig verteilt und kommt in einen pneumatischen Sichter. Dieser trennt die Störstoffe und die Asche vom Sand und führt den noch verwendbaren Sand in die Wirbelschicht wieder zurück (siehe Abbildung 44).

Dieses System ist, gleich wie die Rostfeuerung, direkt im Dampferzeuger integriert und ist somit als Membranwandkessel im Naturumlauf ausgeführt. Je nach Brennstoff und Emissionswert ist eine SNCR Eindüsung über der letzten Luftzugabe vorgesehen.

Dieses System kann in Abhängigkeit vom Brennstoff eine Dampfmenge von 20 - 80 t/h je Linie erreichen und dies mit den Dampfparametern 40 – 130 barü und 400 – 520°C.

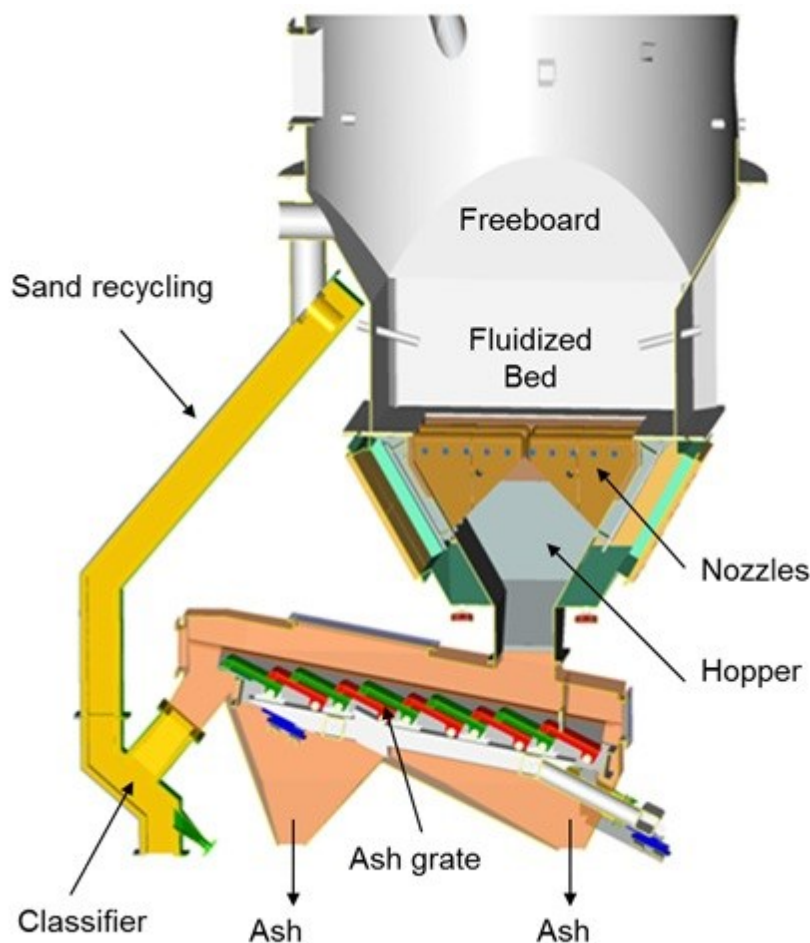


Abbildung 44: Prinzip der Wirbelschicht mit Ascheaustragsystem [17]



Tabelle 10: Parameter der Firma Bertsch Energy

Brennstoff	Biomasse / Waste to Energy	
	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht
Feuerungsart		
Leistungsgröße	20 - 80 MW; < 20MW sind Sonderkessel - bieten sie teilweise an	
Heizwert	5,5 - 15 MJ/kg	4 - 20+ MJ /kg
Feuchtigkeitsgehalt	30 - 65 %	0 - 65 % (und höher)
Definierte Brennstoffgröße	Kundenvorgabe bzw. sollte stückig sein (100mm x 100mm Sieb oder max. 350mm)	Kundenvorgabe
Brennstoffaufbereitung	meistens nicht notwendig	meistens notwendig, Brecher und Schredder
Ausbrand	Wirbelschicht besser als Rost	
Schlackenbildung	ja	nein
Eigenenergieverbrauch	Abhängig vom Lieferumfang: Rost typischerweise etwas weniger als WS	
Beschickungsart	Schieber/ Stößel direkt auf erste Rostzone	Dosierschnecke und Brennstoffrutsche
Antrieb	hydraulisch	Luft
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlter Rost; falls Wasserkühlung notwendig (hoher Heizwert) dann WS; Brennkammerwände gekühlte Membranwand mit feuerfester Auskleidung	
Ascheaustrag	meist Schnecke mit Zellrad schleuse; Nassentschlacker	Austragsrost; pneumatischer Sichter
Schadstoffe - Grenzwerte	TOC: <3%	TOC: 0 - 1%
Verbrennungsluft	Primärluft in 5 Zonen regelbar; Sekundärluft am Eintritt der Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis auf 250°C vorgewärmt; Rezirkulationsluft zur Optimierung des Verbrennungsvorganges dazugemischt;	Fluidisierungsluft: Gemisch von Verbrennungsluft und Rauchgas; Sekundärluft und Rezirkulationsluft in die Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis vorgewärmt

### Referenzen:

Die Firma Bertsch Energy hat in den Jahren 2002 bis 2014 bei 24 Feststoff- Kesselanlagen mitgewirkt. Eine Liste dieser Anlagen mit genaueren Daten siehe im Anhang „Bertsch Referenzen“.

Des Weiteren sind im Anhang genauere Beschreibungen von weiteren Referenzanlagen vorhanden.

### 4.1.7 MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik

[28] [29]

Das Familienunternehmen wurde im Jahr 1925 von Herrn Josef Martin, welcher den Rückschubrost erfunden und das Prinzip patentiert hat, gegründet. Der Unternehmen ist in München, Deutschland, ansässig.

Die betriebsinterne Erfahrung erfasst heutzutage nicht nur den Rückschubrost, sondern schließt auch die Bereiche Dampfkessel, Rückgewinnung der Wärme, Abgasreinigung und weitere Komponente mit ein. Die Firma Martin konzentriert sich ausschließlich auf Verbrennungsanlagen und somit können sie ihre Angebote von der Errichtung über die Betreuung, Beratung bis hin zur Ersatzteilversorgung decken.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Klärschlamm
- Biomasse

Für die Verbrennung wird von der Firma MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik ein

- Horizontal Rost
- und
- Rückschubrost

verwendet. Die Verwendung des jeweiligen Feuerungssystems, erfolgt entweder in der Ausschreibung oder auf Kundenwunsch.

Ein Kran bringt den Abfall in die Beschickungsschurre, bestehend aus einem Einfülltrichter und einem Einfüllschacht. Zwischen Trichter und Schacht ist eine Absperrklappe angebracht. Die eigentliche Beschickung erfolgt mit Hilfe eines hydraulisch angetriebenen Beschickungskolbens. Der Übergang von Beschickungssystem und Rost ist in den meisten Fällen als Abwurfkante konstruiert, kann aber auch als Schräge gebaut sein.

Die Firma MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik bietet zwei Arten von Rückschubrosten an. Dies wären der so genannte Rückschub- Rost Vario und der Rückschub – Rost Sity 2000.

Der Rückschub – Rost Vario ist treppenförmig aufgebaut und besteht aus mehreren Roststufen. Jede zweite dieser Roststufen bewegt sich entgegen der Rostneigung. Dieser Rost hat drei Antriebszonen je Rostbahn, die getrennt voneinander regelbar sind. Damit ist

es möglich, die Schürung an die wechselnden Abfallqualitäten anzupassen. Die Primärluft wird über fünf Zonen, die jeweils einzeln regelbar sind, eingebracht. Die Sekundärluft wird mit Hilfe von Düsen oberhalb der Brennschicht eingebracht. Eine Besonderheit dieses Rostes ist, dass durch sein Antriebskonzept, das für eine stabile Rostbedeckung sorgt, auch bei hohen Heizwerten keine Kühlung benötigt wird. Die Luftkühlung durch die Primärluft ist ausreichend. Es können bis zu acht Rostbahnen nebeneinander montiert werden, was eine Gesamtbreite von bis zu 20 m möglich macht.

Der Rückschub – Rost Sity 2000 ist für einen sehr feuchten und heizwertreichen Abfall geeignet. Er ist gegenüber der Horizontalen 24° geneigt. Das Prinzip des Rückschubrostes ist gleich wie beim Rückschub- Rost Vario, dennoch hat der Rückschub- Rost Sity 2000 ein paar konstruktive Veränderungen. Einerseits hat der Rückschub – Rost Sity 2000 nur einen Antrieb pro Rostbahn und andererseits nur drei Zonen für die Zufuhr der Primärluft.

Der Horizontal Rost hat abwechselnd feste und bewegliche Roststabreihen. Die beweglichen Roststäbe gehen gegenläufig. Dieser Rost ist mit einer Wasserkühlung ausgestattet um den thermischen Belastungen Stand zu halten und die Lebensdauer des Rostes zu verlängern. Die Primärluft dient ausschließlich der Verbrennung. Die abgeführte Wärme kann direkt dem Prozess rückgeführt werden.

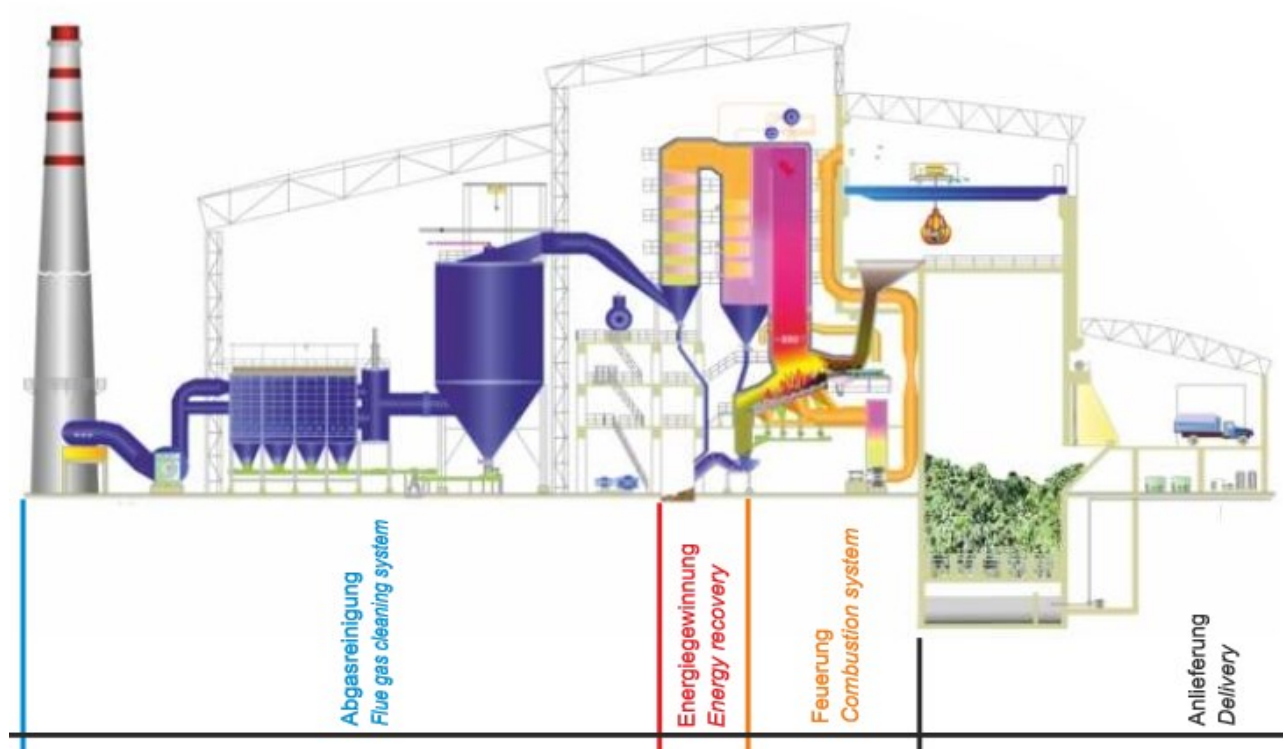


Abbildung 45: Skizze einer Martin Feuerungsanlage [28]

Die thermische Leistung ist vom Durchsatz, der Rostbreite und von der Anzahl der Bahnen abhängig und kann daher nicht eindeutig festgelegt werden. Durch die Referenzblätter sind

folgenden Daten festgestellt worden: Bei den Rückschubrosten beträgt die thermische Leistung zwischen 4 bis 116 MW th pro Linie und bei einem Horizontal Rost zwischen 4 und 93 MW th pro Linie.

Einige Einzelheiten haben alle Rostarten gemeinsam, wie die separate Eindüsung der Rezirkulationsluft in den Feuerraum.

Des Weiteren ist die Entschlackung bei allen Systemen baulich gleich. Die Ascheaustragsysteme können entweder als Trocken- oder als Nassentschlackung ausgeführt sein. Das Trockenentschlackungsverfahren ist ein recht neues Verfahren, das die Rückgewinnung von Wertstoffen in der Schlacke ermöglichen kann. Dabei gibt es nachgeschaltete verfahrenstechnische Systeme, wie z.B. einem Windsichter, Staubabscheider, etc. Wann welches System benutzt wird ist zum großen Teil vom Kunden abhängig.

Die Firma Martin GmbH Umwelt- und Energietechnik verwendet verschiedene Kesseltypen, von Horizontalkessel, Vertikalkessel bis zu Doppeltrommelkessel. Rauchgasreinigungsanlagen werden nach technischen, wirtschaftlichen und gesetzlichen Gegebenheiten einbezogen. Des Weiteren werden neben den üblichen Messgeräten auch IR- Kameras für die Feuerungsleistungsregelung eingesetzt.

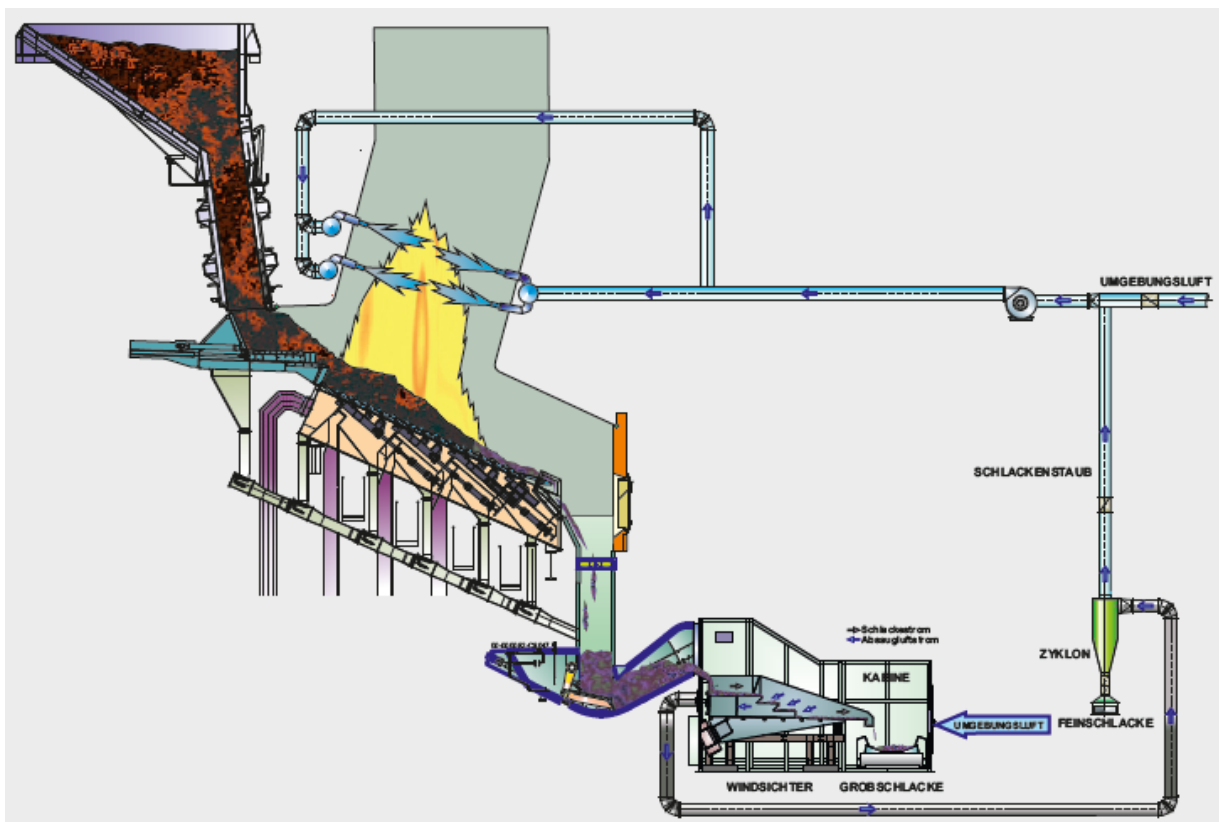


Abbildung 46: Überblick über einen Rückschubrost mit anschließendem Trockenentschlackungssystem [28]

Die Firma Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik hat ein spezielles Konzept für die Minimierung der Schadstoffe im Abgas entwickelt. Das so genannte SYNCOM Verfahren.

Dieses Verfahren besteht aus folgenden Verfahrensstufen:

- „Rostfeuerung mit dem Rückschub-Rost
- Sauerstoffanreicherung der Primärluft
- Feuerungsregelung mit Infrarot (IR) - Thermographie
- Sekundärluftsystem mit 4 Düsenreihen - „4 row stitching“
- Abgasrezirkulation

Die Merkmale des SYNCOM Verfahrens sind:

- Intensivere, gleichmäßigere Verbrennung
- Deutlich reduzierter CO-Gehalt im Abgas
- Temperatur im Brennbett in der Hauptverbrennungszone ca. 100 °C höher
- Teilweise Sinterung der Schlacke, dadurch
  - Verbesserter Ausbrand
  - Geringere Eluation von Schwermetallen
- Verringerung der Abgasmenge um ca. 35 %
  - Höherer Kessel-Wirkungsgrad
  - Verringerte Schadstoff-Fracht am Kamin
  - Verringerung der Flugaschemenge“ [28]

Ein erweitertes Verfahren zum SYNCOM Verfahren ist das SYNCOM-Plus Verfahren. Bei diesem Verfahren wird die Sinterung der Rostasche bewirkt. Die Feinfraktion der Rostasche wird abgetrennt und mit einem Teil der Flugasche zurück in die Feuerung gegeben. Beim erneuten Durchlauf erfolgt die Sinterung.

„Merkmale des SYNCOM-Plus Verfahrens sind:

- Rostfeuerung mit dem Rückschub-Rost
- Verringerung der Abgasmenge um 35% und entsprechende Verringerung der Schadstoff-Fracht
- Dioxinzerstörung > 90 %
- Granulat-Produkt mit Glühverlust < 0,1% und Inertstoffqualität nach 1999/31/EC
- Keine Vorbehandlung des Abfalls notwendig
- Verglasung der Restprodukte nicht erforderlich
- Netto-Stromabgabe > 500 kWh/t Abfall (netto, bei reiner Stromerzeugung)“ [28]

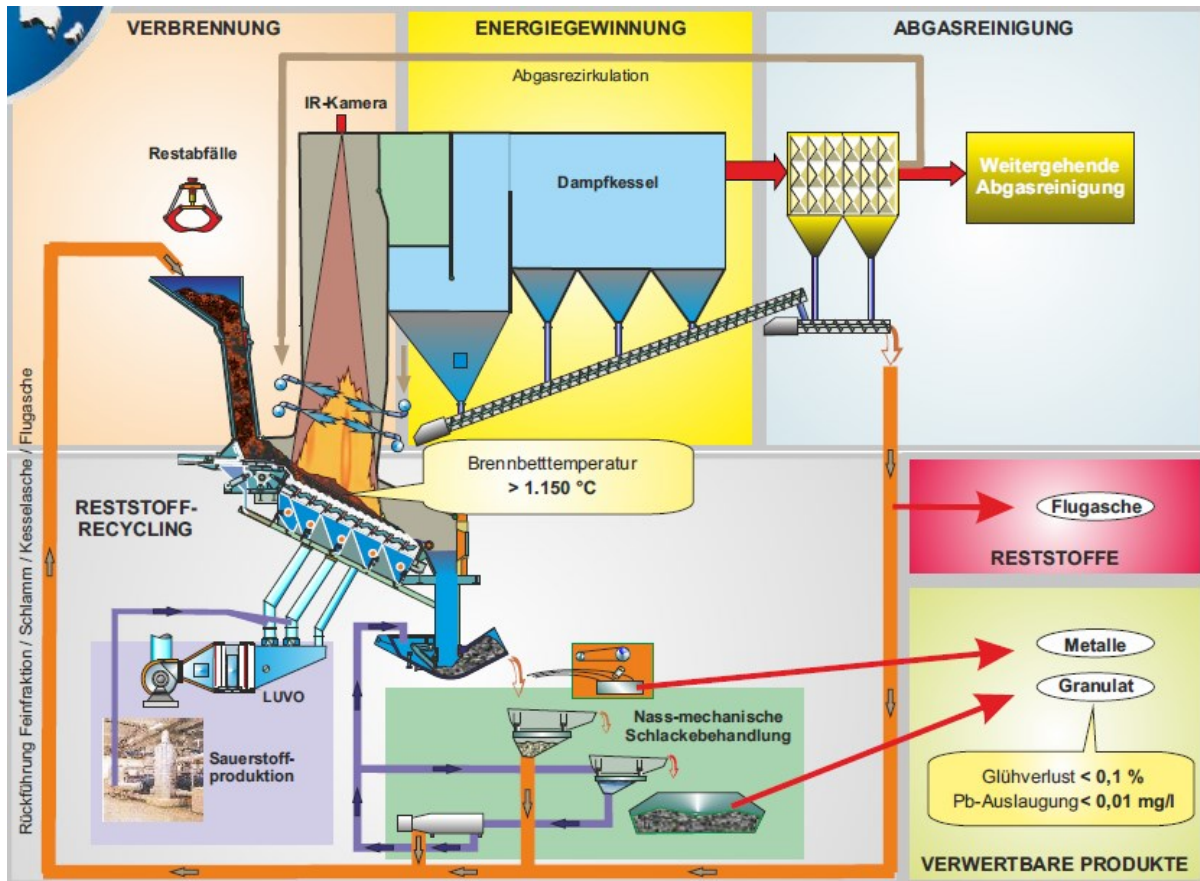


Abbildung 47: Überblick des SYNCOM - Plus Verfahrens [28]

Tabelle 11: Parameter der Firma Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik

Brennstoffe	Waste to Energy / Klärschlamm / Biomasse	
	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost
Feuerungsart	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost
Leistungsgröße	4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie
Heizwert	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg	
Feuchtigkeitsgehalt	k.A.	
Definierte Brennstoffgröße	k.A.	
Brennstoffaufbereitung	Hausmüll keine Aufbereitung; Gewerbemüll muss zum Teil zerkleinert werden	
Ausbrand	gut	
Schlackenbildung	SYNCOM - teilweise Sinterung; SYNCOM PLUS - Sinterung der Rostasche;	
Eigenenergieverbrauch	k.A.	
Beschickungsart	hydraulischer Kolben pro Rostbahn	
Antrieb	k.A.	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind
Ascheaustrag	Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad	
Schadstoffe - Grenzwerte	SYNCOM bzw. SYNCOM PLUS Verfahren	
Verbrennungsluft	Sity 2000: Primärluft über 4 Zonen; Vario: Primärluft über 5 Zonen; Rezirkulationluft über separate Düsen	Primärluft rein für die Verbrennung; Rezirkulationluft über separate Düsen

k.A. → keine Angaben gefunden bzw. erhalten



## Referenzen

Die Firma Martin GmbH Umwelt- und Energietechnik hat bis zu diesem Zeitpunkt (2014) fast 410 Feuerungsanlagen realisiert. Die Liste dieser Anlagen mit genaueren Daten siehe im Anhang „Martin Referenzen“.

Des Weiteren finden sie von

- KHKW Zürich- Hagenholz (Schweiz)
- RENOVA Göteborg (Schweden)
- ICTR Giubiasco (Schweiz)
- Pozilli – Energonut (Italien)

genauere Details über die jeweiligen Anlagen im Anhang.



### 4.1.8 ANDRITZ Energy & Environment GmbH

[30] [31]

Die Firma Andritz Group mit Hauptsitz in Graz, Österreich, bietet weltweit allerlei Technologien und Dienstleistungen an. Angefangen von Lieferungen von Anlagen, Ausrüstung und Serviceleistungen für Wasserkraftwerke, Zellstoff- und Papierindustrie, Metallindustrie, Stahlindustrie, Maschinen für Vliesstoff- und Kunststofffolien, Dampfkesselanlagen, Biomasseanlagen, Vergasungsanlagen bis hin zur Automatisierung. Die Zahl der Mitarbeiter umfasst 24.100 Personen weltweit.

Andritz Energy & Environment GmbH ist für die Kraftwerkstechnik zuständig (vormals AE&E) und ist seit 2012 bei Andritz. Dadurch bring sie eine jahrzehntelange Erfahrung auf diesem Gebiet mit.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Papier Industrie
- Klärschlamm
- Biomasse

Für die Verbrennung werden von der Firma Andritz eine

- Stationäre Wirbelschicht
- und eine
- Zirkulierende Wirbelschicht

verwendet. Wann welche verwendet wird ist von mehreren Faktoren abhängig, wie z.B. Heizwert und Eigenschaften des einsetzbaren Brennstoffes, erwünschte Leistung, Investitionskosten, etc.

In der Stationären Wirbelschicht können folgende Brennstoffe verbrannt werden: Torf, Abfallholz und landwirtschaftliche Reststoffe, industrielle und kommunale Klärschlämme, Rückstände der Zellstoff- und Papierindustrie, RDF und Biomasse wie Hackschnitzel, Rinde, etc.

Die Firma Andritz bezeichnet ihre Stationären Wirbelschichten als EcoFluid. Sie hat drei verschiedene Grundkonzepte zur Auswahl, die sie individuell gestalten kann.

- Der EcoFluid „BC“ (Biomass Concept) ist für eine saubere Biomasse geeignet.
- Der EcoFluid „AC“ (Advanced Concept) ist für Biomasse, Schlämme, Altholze, Rejecte und für landwirtschaftliche Rückstände geeignet.
- Der EcoFluid „RC“ (Residue Concept) ist für RDF, Rejecte und Schlämme geeignet.

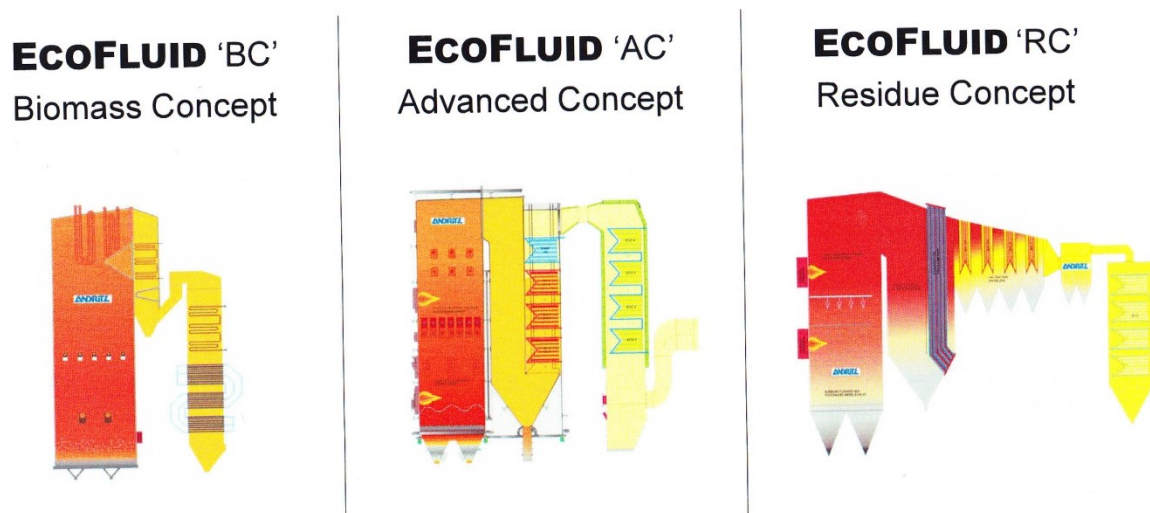


Abbildung 48: Überblick der EcoFluid Konzepte [31]

Der Brennstoff wird mit einem Schnecken- oder bei RDF als Plattenfördersystem zur Beschickungssystem befördert und wird letztendlich eine Rinne oberhalb des fluidisierenden Bettes in den Wirbelschichtreaktor eingebracht. Schlämme werden hineingepumpt. Der untere Teil des Kessels ist bei jedem Konzept mit einer feuerfesten Auskleidung versehen. Der obere Teil ist als Membranwand mit einer dünnen feuerfesten Schicht ausgeführt und hat eine natürliche Zirkulation. Bei der EcoFluid „AC“ können bei Erfordernis zusätzliche Wände und feuerfeste Auskleidungen eingebaut werden.

Der Düsenboden ist als offener Düsenboden mit einer Wasser- oder Luftkühlung ausgeführt. Durch die Offenheit ist eine kontinuierliche Entladung von inerten großen Partikeln und Steinen während des Betriebes gewährleistet. Zusätzlich wird das Bettmaterial nach der Trennung von der groben Fraktion recycelt. Bei den Düsenköpfen selbst gibt es je nach Konzept verschiedene Arten. Bei einem EcoFluid „BC“ ist der Düsenboden wassergekühlt und die Düsen sind plattenförmig. Bei einem EcoFluid „AC“ ist er luftgekühlt und die Düsen sind blasenförmig. Beim EcoFluid „RC“ ist er luftgekühlt und die Düsen balkenförmig.

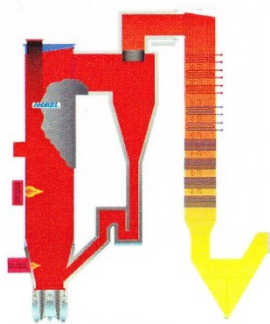
Durch den Düsenboden fällt die Asche in einen Trichter als trockene Asche und wird meistens durch Kühlschnecken abtransportiert. Auch ein Vibrationssichter kann vorhanden sein. Das Bettmaterial kann durch diesen Sichter aber auch durch ein Sieb wieder rückgeführt werden. Bei der Verbrennung von Biomasse dient meist nur ein Fallrohr als Ascheaustragsystem.

In der Zirkulierenden Wirbelschicht können folgende Brennstoffe verbrannt werden: Braunkohle, Steinkohle, Petrolkoks, Rückstände von Kohleschlamm und Kohleabfällen, Altholz, Torf, RDF, Papierschlamm und Klärschlamm.

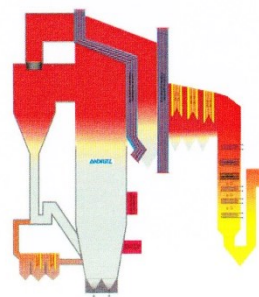
Die Firma Andritz bezeichnet ihre Zirkulierenden Wirbelschichten als PowerFluid. Auch hier sind drei verschiedene Grundkonzepte zur Auswahl, die individuell gestaltet werden können.

- Der PowerFluid „CC“ (Conventional Concept) ist für saubere Biomasse, Kohle, Schlamm und Petrolkoks geeignet.
- Der PowerFluid „HC“ (Hybrid Concept) ist für Holzabfälle, RDF, Rejecte, Schlamm und Kohle geeignet.
- Der PowerFluid „RC“ (Residue Concept) ist für RDF, Rejecte, Schlamm, Holzabfall und Kohle geeignet.

**POWERFLUID 'CC'**  
Conventional Concept



**POWERFLUID 'HC'**  
Hybrid Concept



**POWERFLUID 'RC'**  
Residue Concept

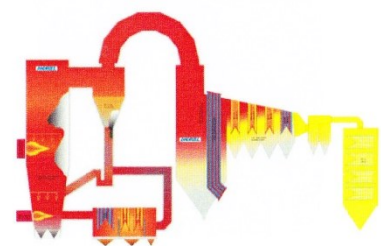


Abbildung 49: Überblick der PowerFluid Konzepte [31]

Der Brennstoff wird mit Hilfe von Fördereinrichtungen von den Silos zur Beschickungsanlage befördert. Für flockige Brennstoffe werden pneumatische Förderer verwendet. Schlämme werden gepumpt. Der untere Teil des Ofens ist mit feuerfesten Materialien ausgekleidet. Beim oberen Teil des Ofens gibt es je nach Konzept Unterschiede. Bei PowerFluid „CC“ ist der Ofen als Membranwand mit Flügelwänden aufgebaut und der Querschnitt ist rechteckig. Beim PowerFluid „HC“ ist nur eine Membranwand und der Querschnitt ist rechteckig und kreisförmig. Bei PowerFluid „RC“ ist der Ofen adiabatisch ausgeführt und der Querschnitt ist kreisförmig. Des Weiteren sind der Zyklon und die „loop seal“ adiabatisch mit feuerfester Auskleidung ausgeführt.

Der Düsenboden kann geschlossen aber auch offen ausgeführt sein. Die Düsenköpfe sind entweder plattenförmig oder blasenförmig konstruiert. Beim Ascheaustrag fällt die Asche in einen Trichter oder wird durch ein Rohr abtransportiert. Von dort aus wird sie über integrierte Kühlschnecken oder über ein Vibrationstrennsieb weiter befördert. Beim Sieb erfolgt die

Trennung von Metallteilen und anderen Partikeln, gegebenenfalls wird das Bettmaterial rückgeführt.

Die zirkulierende Wirbelschicht wird gerne für die Multi – Brennstoffverbrennung verwendet.

Tabelle 12: Parameter der Firma Andritz

Brennstoffe	Waste to Energy / Biomasse / Klärschlamm / Papier Industrie	Klärschlamm / Papier Industrie / Biomasse
Feuerungsart	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th
Heizwert	3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 65 %	bis 60 %
Definierte Brennstoffgröße <sup>1)</sup>	Biomasse 5 - 40mm (Maschenbreite)	100% <250mm ; 95% < 120mm
Brennstoffaufbereitung	k.A. (Brecher und Schredder)	
Ausbrand	vollständige Verbrennung	nahezu vollständige Verbrennung
Schlackenbildung	k.A.	
Eigenenergieverbrauch	SWS weniger als ZWS	
Beschickungsart	Schneckenförderung oder Plattenbandförderer bei RDF zur Rinne, Pumpe für Schlamm	Pumpe für Schlamm, Rinne, pneumatische Förderer für flockigen Brennstoff
Antrieb	Luft	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Membranwand; Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag in Trichter; Vibrationssichter, Kühlschnecke oder Rohr	trockener Ascheaustrag in Trichter; Kühlschnecke oder Vibrationsieb
Schadstoffe - Grenzwerte	niedrige Emissionswerte - Eindüsung möglich	
Verbrennungsluft	genaue Betttemperatur durch Primär- und Rezirkulationsluft; einstellbare Zonen	

1) Nähere Informationen siehe Anhang „Andritz Referenzen“

k.A. → keine Angaben gefunden bzw. erhalten

## Referenzen

Die Firma Andritz Energy & Environment GmbH hat seit dem Jahr 1980 rund 230 Anlagen installiert. Die Liste dieser Anlagen mit genaueren Daten siehe im Anhang „Andritz Referenzen“.

Des Weiteren finden sie von

- Adularya Energy Electricity Generation and Mining Co. – Koyunagil (Turkey),
- OTV SA (Hong Kong),
- POSCO Engineering & Construction Co., Ltd. - Donghae (Republic of Korea)

genauere Details über die jeweiligen Anlagen im Anhang.

### 4.1.9 Standardkessel Baumgarte

[32] [33]

Standardkessel und Baumgarte sind zwei Traditionsunternehmen, die gemeinsam auf eine lange Erfahrung und Entwicklung zurückgreifen können. Angefangen als klassischer Kesselbauer (Standardkessel gegründet 1925 und Baumgarte gegründet 1935) können sie heute gemeinsam mit ihren 255 Mitarbeitern (Stand 2013) mit Sitz in Duisburg, Deutschland, schlüsselfertige Kraftwerke und Kraftwerkskomponenten zur industriellen und kommunalen Energieversorgung liefern.

„Dabei werden neben fossilen Energieträgern wie Kohle, Gas und Öl auch alternative Energieträger wie Biomasse, biogene Reststoffe sowie Hausmüll, Ersatzbrennstoffe und Reststoffe aus industriellen Produktionsprozessen eingesetzt und umweltfreundlich in Wärme und Strom umgewandelt.“ [32]

Sie sind ein reines Engineering Unternehmen, sprich sie lassen nach deren detaillierten Vorgaben fertigen.

Die Firma ist tätig in den Bereichen der Verbrennung von:

- Waste to Energy
- Biomasse

#### Waste to Energy:

Die typischen Brennstoffe in diesem Bereich sind: Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, Produktionsrückstände, Altreifen, Gichtgas, Koksgas, flüssige und gasförmige Industrie-Reststoffe.

Für die Verbrennung von Abfällen wird von der Firma Standardkessel Baumgarte eine

- Vorschubrost  
und eine
- Stationäre Wirbelschicht

verwendet. Der Vorschubrost wird gerne bei unkonditioniertem Abfall genutzt, da man sich die Konditionierung sparen möchte. Unter einem Heizwert von 6 MJ/kg bekommt der Rost jedoch Probleme. Die Wirbelschicht wird gerne bei sehr stark schwankenden aber auch sehr niedrigen Heizwerten verwendet.

Ein Kran befördert den Abfall in einen Brennstofftrichter, der mit verschleißbarem Material ausgekleidet ist. Über einen wassergekühlten Schachtteil gelangt der Brennstoff zum

Beschickungssystem, einem hydraulisch angetriebenen Schieber/ Stößel. Die beweglichen Roststäbe sind in Schlitten zusammengefasst und werden mit Hilfe eines Hydraulikzylinders angetrieben. Meist ist der gesamte Vorschubrost in drei Sektionen unterteilt, die jeweils mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten gesteuert werden. Dadurch wird die richtige Verweilzeit und schlussendlich der Ausbrand sicher gewährleistet. Des Weiteren ist der Rost in Zonen unterteilt, mit denen die Primärluftzufuhr unterschiedlich gesteuert werden kann. Auch die Rezirkulationsluft wird gegebenenfalls von unten eingeblasen. Mit Hilfe der Primärluft werden prinzipiell die Roststäbe gekühlt. Doch bei höheren Heizwerten und thermischen Beanspruchungen ist diese Kühlung nicht ausreichend. Dies geschieht, wenn zu wenig Verbrennungsluft zur Verfügung steht, oder die Wärmeleistung des Brennstoffbettes zu hoch ist, um sie mit Hilfe der Luft abtransportieren zu können. Bei diesen Fällen kommt eine Wasserkühlung zum Einsatz. Wasserrohre sind in den Roststäben eingegossen. Die Nachverbrennung erfolgt mit Hilfe der Sekundärluftzufuhr, die in der Vorder- bzw. Rückwand meist bei der Verjüngung des Feuerraumes angebracht sind. Die Asche- bzw. der Schlackenauswurf erfolgt mit Hilfe eines Wasserbades. Entweder wird die Asche mit Hilfe eines Pressentschlackers oder mit einem Plattenband weiter befördert. Es gibt aber auch Systeme die ohne Wasser betrieben werden. Diese haben einen Pressentschlacker und die Luft dient als Kühlung. Die Flugasche wird über Trichter, Schnecken, Zellradschleusen oder Doppelpendelklappen, Trogkettenförderer und pneumatische Fördereinrichtungen in den Aschesilo transportiert. Bei größeren Ascheklumpen, die zum Beispiel bei den Zügen entstehen, wird zunächst eine Zellradschleuse mit Brechfunktion angebracht bevor der Abtransport mit Hilfe eines Trogkettenförderers stattfinden kann.

Weitere Parameter: O<sub>2</sub> -Wert 6 – 8 Vol%; Primärluft 70 – 50%; Sekundärluft 30 – 50%

Die Geometrie des Rostes: Neigung 10°; Bahnlänge 10.800 mm; max. Bahnbreite 4.275 mm; Anzahl Module pro Bahn 3; Anzahl Luftzonen pro Rostbahn 5 oder 6.

Die Firma Standardkessel Baumgarte verwendet eine Stationäre Wirbelschicht mit einer mehrstufigen Nachverbrennung aus dem adiabatischen Wirbelbett in einer gekühlten Nachbrennkammer. Der Wirbelboden ist je nach Brennstoffstückigkeit geschlossen oder offen. Die Beschickung der Wirbelschicht ist vom Brennstoff abhängig. Eine Schnecke bei einem stückigen Brennstoff, Schnecke oder Wurfbeschickung bei Schlämmen und Stäube werden eingeblasen. Das verwendete Bettmaterial wird mit der Asche über gekühlte Schnecken mitausgetragen und einem nachgeschalteten Rüttelsieb zugeführt. Grobe Asche und Metallteile werden abgeschieden und der Sand wird wieder dem Wirbelbett zugeführt. Das Wirbelbett selbst wird nicht gekühlt. Die Hauptverbrennung erfolgt in der Nachbrennkammer, die mit keramisch isolierten Verdampferwänden ausgestattet ist. Die Wärme wird somit direkt genutzt. Die Verbrennung erfolgt einerseits mit Hilfe der Primär- und Rezirkulationsluftzufuhr über den Düsenboden und andererseits über die mehreren Ebenen der Sekundär- bzw. Tertiärluftzufuhr in der Nachbrennkammer. Eine Schlackenbildung ist bei einer Wirbelschicht durch die niedrigen Temperaturen nicht gegeben, jedoch kann bei der



Nachbrennkammer an den Wänden eine Schlackenbildung erfolgen, diese brechen ab und zu ab und werden mit der Asche ausgetragen.

Weitere Parameter: O<sub>2</sub> -Wert 3 – 5 Vol%;

Beide Systeme, sei es Vorschubrost oder Wirbelschicht, könnten ebenfalls mit Kohle betrieben werden, der Heizwert läge dann bis 30 MJ/kg.

Tabelle 13: Parameter der Firma Standardkessel Baumgarte - Waste to Energy

Brennstoffe	Waste to Energy	
	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht
Feuerungsart		
Leistungsgröße	50 - 110 MW th	
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	ist flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	max. ca. 50%	k.A.
Definierte Brennstoffgröße	k.A.	ca. 50 - 250 mm
Brennstoffaufbereitung	stückig bis zu einer Größe einer Waschmaschine; Hausmüll möglichst keine Aufbereitung; Sperrmüll durch Schredder	aufwendige Vorbereitung/ Zerkleinerung
Ausbrand	gut	gut
Schlackenbildung	ja	nein; evt. in der Nachbrennkammer
Eigenenergieverbrauch	Gebläse ca. 5 kWel/MWth	Gebläse ca. 11 kWel/MWth
Beschickungsart	ist Brennstoff abhängig: stückiger Brennstoff mit Schnecke; Schlämme mit Schnecke oder Wurfbesicker; Stäube werden eingeblasen; Müll gerne über Doppelschnecken.	
Antrieb	hydraulisch	Luft
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Hu 8 - 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu 12 - 25 MJ/kg : wassergekühlter Rost Kessel mit Verjüngung - Membranwand	Sand am Ascheaustrag wird gekühlt; Wirbelbett ungekühlt; Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen
Ascheaustrag	fällt in Wasserbad; entweder Pressentschlacker oder Plattenband; ohne Wasser; Pressentschlacker, wird mit Luft gekühlt	Asche/Sandgemisch unter/neben Düsenboden über gekühlte Schnecke abgezogen und Rüttelsieb zugeführt; Sand wird rückgeführt; Trogkettenförderer
Schadstoffe - Grenzwerte	i.d.R TOC <1 gew% tr ; bei niedrigem Heizwert < 3 gew%	i.d.R TOC <1 gew% tr
Verbrennungsluft	separat einstellbare Zonen bei der Primärlufteindüsung; Sekundärluftzufuhr bei der Verjüngung des Kessels	Primär - Rezirkulationsluftzufuhr ber Düsenboden; Sekundär- Tertiärluftzufuhr in der Nachbrennkammer

k.A. → keine Angaben gefunden bzw. erhalten

## Referenzen

Die Firma Baumgarte Boiler System GmbH kann zwischen 1970 und 2013 70 Entsorgungsanlagen nachweisen. Weitere 28 Entsorgungsstoff- Kesselanlagen hat die Firma Standardkessel GmbH zwischen den Jahren 1984 und 2014 installiert. Die Listen dieser Anlagen mit genaueren Daten siehe im Anhang „Standardkessel Baumgarte Referenzen“.



Des Weiteren finden sie von

- HKW Spreerecycling (Deutschland),
- WTE Plant OULU (Finnland),
- Energie Anlage Bernburg GmbH (Deutschland),
- TRB Bitterfeld (Deutschland),

genauere Details über die jeweiligen Anlagen im Anhang.

### Biomasse

Die typischen Brennstoffe in diesem Bereich sind: Altholz, Abfallholz, Frischholz, Waldrestholz, Grünschnitt, Torf, Rinde. Andere biogene Energieträger wie z.B. Reisschalen, Olivenpressreste, usw.

Für die Verbrennung von Biomasse wird von der Firma Standardkessel Baumgarte eine

- Vorschubrost,
  - Wanderrost
- und eine
- Stationäre Wirbelschicht

verwendet.

Der Unterschied zwischen den Vorschubrosten bei der Verbrennung von Abfall und Biomasse ist, dass bei der Biomasse ein leichter Rost ist, sprich er wird nicht so massiv gebaut.

Der Unterschied zwischen der Stationären Wirbelschicht bei der Verbrennung von Abfall und Biomasse ist, dass auch hier bei der Biomasse dieser leichter gebaut wird. Die Beschickung ist einfacher und der Ascheauswurf ist kleiner gehalten, da einerseits der Brennstoff kleinstückiger ist und andererseits weniger Asche anfällt als bei der Verbrennung von Abfall. Des Weiteren wird weniger Sand verwendet und die Rückführung geschieht nicht so oft. Die Wirbelschicht mit Biomasse wird etwas kälter gefahren als die Wirbelschicht mit Müll, um Verschlackungen zu vermeiden.

Der Wanderrost wird gerne bei sehr homogenen Brennstoffen verwendet, die eine konstante Verbrennung auf dem Rost aufweisen. Die Beschickung erfolgt entweder durch Schieber oder durch Wurfbeschickung. Dieser Wanderrost ist für die Primärluft nicht in Zonen unterteilt so wie es beim Vorschubrost der Fall ist. Daher gibt es keine unterschiedlichen

Luftzündungsmengen. Wenn der Brennstoff viele Störstoffe hat, ist der Wanderrost eher die letzte Wahl. Da durch die Störstoffe die Gefahr der Anpackungen auf dem Rost zu groß ist und dies zu zusätzlichem Wartungsaufwand führt. Das Ascheaustragungssystem ist meist als Nassentschlackung ausgeführt. Der Kessel hat keine Verjüngung, wie der Kessel beim Vorschubrost und hat dadurch eine nicht so gute Durchmischung des Abgases mit der Sekundärluft. In den meisten Fällen gibt es bei einem Wanderrost keine Sekundärluftzuführung.

Die nachgeschaltete Rauchgasreinigungsanlage ist bei sauberer Biomasse meist nicht notwendig und es reicht eine einfache Entstaubung aus, da die Schadstoffe wesentlich niedriger sind als bei anderen Brennstoffen. Bei Altholz zum Beispiel sieht die Sache allerdings wieder anders aus.

#### Referenzen:

Die Firma Standardkessel GmbH hat zwischen den Jahren 1996 und 2014 60 Anlagen erbaut. Eine Liste dieser Anlagen mit genaueren Daten siehe im Anhang „Standardkessel Baumgarte Referenzen“.

Des Weiteren finden sie von

- Biomassekraftwerk 2 Crotone (Italien),
- Biomasse- Heizkraftwerk 2 Ulm (Deutschland),
- Biomassekraftwerk BEC Twence (Niederlande),

genauere Details über die jeweiligen Anlagen im Anhang.

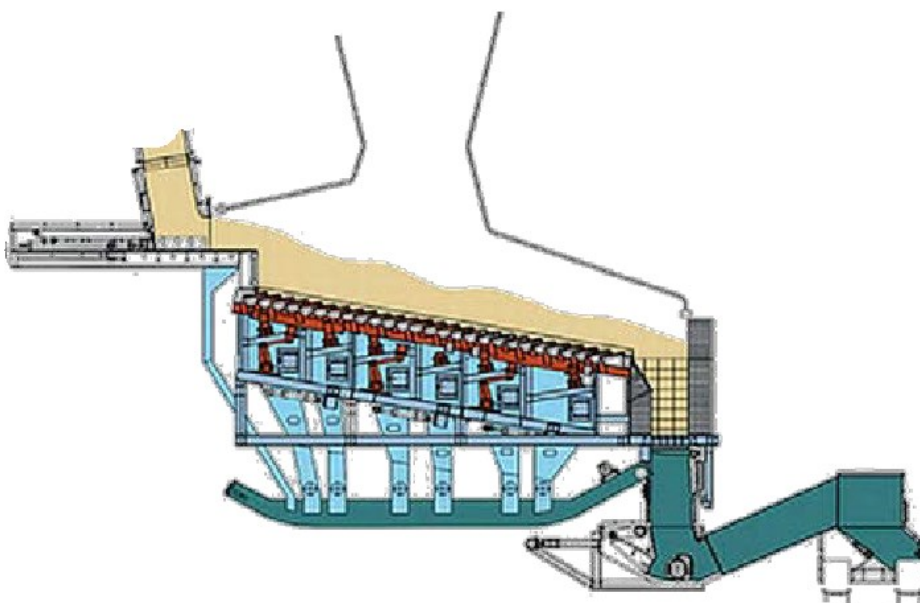


Abbildung 50: Skizze des Vorschubrostes [32]

Tabelle 14: Parameter der Firma Standardkessel Baumgarte - Biomasse

Biomasse			
	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Wanderrost
Brennstoffe			
Feuerungstyp			bis 130 MW th
Leistungsgröße	50 - 110 MW th		11 - 30 MJ/kg
Heizwert	6 - 25 MJ/kg	flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg	bis 60%
Feuchtigkeitsgehalt	max. ca. 50%	k.A.	k.A.
Definierte Brennstoffgröße	k.A.	ca. 50 - 250 mm	notwendig
Brennstoffaufbereitung	notwendig	notwendig	gut
Ausbrand	gut	gut	sollte verhindert werden
Schlackenbildung	ja	nein; evt. in der Nachbrennkammer	k.A.
Eigenenergieverbrauch	Gebläse ca. 5 kWeI/MWth	Gebläse ca. 11 kWeI/MWth	
Beschickungsart	ist Brennstoff abhängig: stückiger Brennstoff mit Schnecke; Schlämme mit Schnecke oder Wurfbeschieker; Stäube werden eingeblasen		Schieber oder Wurfbeschieker
Antrieb	hydraulisch	Luft	k.A. (elektrisch)
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	Hu < 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu > 12 MJ/kg : wassergekühlter Rost Kessel mit Verjüngung - Membranwand	Sand am Ascheaustrag wird gekühlt; Wirbelbett ungekühlt; Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen	Luftkühlung Kessel ohne Verjüngung- Membranwand
Ascheaustrag	Nass - oder Trockenschlackung kleinere Ausführung als bei Verbrennung von Waste	kleinere Ausführung als bei Verbrennung von Waste	meist Nassentschlackung
Schadstoffe - Grenzwerte	Schadstoffe wesentlich niedriger; z.B. saubere Biomasse meist nur Entstaubung; z.B. Altholz benötigt Rauchgasreinigung	Schadstoffe wesentlich niedriger; z.B. saubere Biomasse meist nur Entstaubung; z.B. Altholz benötigt Rauchgasreinigung	k.A. (geringe Emissionen)
Verbrennungsluft	separat einstellbare Zonen bei der Primärlufteindüsung; Sekundärluftzufuhr bei der Verjüngung des Kessels	Primär - Rezirkulationsluftzufuhr bei Düsenboden; Sekundär- Tertiärluftzufuhr in der Nachbrennkammer	keine separat einstellbaren Zonen bei der Primärlufteindüsung; meist keine Sekundärluft

k.A.(...) → keine Angaben gefunden bzw. erhalten ( )

## 5 Ergebnisse / Diskussion

Das erste Ergebnis dieser Arbeit ist, dass es sowohl bei der Rostfeuerung als auch bei der Wirbelschicht zu Vor- und Nachteilen kommt. Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie ist eine gute Kombination aus den Vorteilen der beiden Verbrennungsarten (siehe im Kapitel „Zusammenfassung“ in der Tabelle 21 und Tabelle 22).

Ein weiteres Ergebnis ist, dass die Eigenschaften des Brennstoffes einen wesentlichen Einfluss auf das Verbrennungssystem haben. Sie spielen in der Entscheidung des richtigen Beschickungssystems eine wichtige Rolle, aber auch bei der Wahl des Feuerungssystems. Eine weitere Wichtigkeit hat der Brennstoff bzw. dessen Ausbrand auf die Verwendung des passenden Kühlungssystems und des Ascheaustragsystems. Letztendlich muss jede Verbrennung von Brennstoffen individuell betrachtet werden, bevor die Entscheidungen für das Feuerungssystem und die richtigen Elemente der Feuerung getroffen werden können.

Das entscheidende Ergebnis dieser Arbeit ist das Benchmarking der beschriebenen Firmen bezogen auf die Verbrennung von Brennstoffen in den Bereichen:

- Papier Industrie
  - Klärschlamm
  - Biomasse
- und
- Waste to Energy.

Die meisten betrachteten Firmen sind in allen genannten Bereichen tätig und können Technologien für ein breites Brennstoffspektrum aufweisen. Doch es ist ganz unterschiedlich, welches Verbrennungssystem von den einzelnen Firmen für den jeweiligen Brennstoffbereich verwendet wird. Wird von einer Firma ein Rost verwendet, benutzt eine andere Firma für die Verbrennung desselben Brennstoffes eine Wirbelschicht oder umgekehrt. Manche Firmen haben sogar mehrere Verbrennungstechnologien bezogen auf einen Brennstoffbereich, andere wiederum nur eine.

Es ist nicht einfach eine konkrete Aussage zu treffen, da jede Firma im technischen Detail Unterschiede hat. Jedes System hat Vor- und Nachteile. Letztendlich wird versucht, mit Hilfe einiger Parameter, die Verbrennungssysteme der Firmen in den folgenden Tabellen (Tabelle 15 - 20) gegenüberzustellen.

Im Bereich Papier Industrie (siehe Tabelle 15) sind sechs Firmen gegenübergestellt. Bei dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass die Hälfte eine Wirbelschicht und die andere Hälfte eine Rostfeuerung für ihre Verbrennung verwendet. Der Leistungsbereich sowie alle anderen Parameter der Anlagen sind breit gefächert.

Im Bereich Klärschlamm (siehe Tabelle 16) sind fünf Firmen gegenübergestellt. Auch hier ist ersichtlich, dass sowohl Wirbelschicht als auch Rostfeuerung für die Verbrennung verwendet werden. Auch die weiteren Parameter sind breit gefächert.

Im Bereich Biomasse (siehe Tabelle 17 und Tabelle 18) sind neun Firmen gegenübergestellt. Hier werden die Anlagen ebenfalls fast zur Hälfte mit Wirbelschicht und zur anderen Hälfte mit Rostfeuerung betrieben. Auch die weiteren Parameter sind breit gefächert.

Im Bereich Waste to Energy (siehe Tabelle 19 und Tabelle 20) sieht die Sache gleich wie im Bereich Biomasse aus.

Bei dieser Gegenüberstellung der Firmen in den verschiedenen Bereichen ist es schwierig eine eindeutige Beurteilung abzugeben, da alle Verbrennungsanlagen Vorteile, aber auch Nachteile aufweisen.

Aufgrund des immer stärker werdenden Konkurrenzkampfes ist eine Einteilung der Verbrennungsbereiche, bezogen auf die Größenabhängigkeit und den unteren Heizwert, für eine Anlage, wie in Abbildung 23 (Seite 35) ersichtlich ist, nicht mehr möglich. Es wurde festgestellt, dass Stationäre Wirbelschichten ebenfalls in dem kleiner werdenden Bereich des Heizwertes zu finden sind. Auch mit einer Zirkulierenden Wirbelschicht sind kleinere Anlagen möglich. Des Weiteren ist ein Rost im Bereich der kleineren Anlagen beziehungsweise im Bereich der kleineren Heizwerte ersichtlich.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass es keine klassische Aufteilung gibt. In jedem Bereich der Verbrennung von Brennstoffen sind Rost sowie Wirbelschichten gleichermaßen tätig.

Leider ist es nicht möglich gewesen alle Parameter zu recherchieren bzw. von den Firmen zu erhalten. Es war öfters der Fall, dass keine eindeutige Aussage getroffen werden konnte. Der Grund dafür ist, dass einige Parameter einfach von mehreren Faktoren abhängig sind und deshalb nicht verallgemeinert werden können.

### 5.1 Papier Industrie

Hier werden die Brennstoffe Rejekte, Papierfaserschlämme und Schlämme aus den Abwasseranlagen eingesetzt.

Der Heizwert in diesem Bereich liegt zwischen 12 MJ/kg (Rejekte) und 4,3 MJ/kg (Schlämme).

Tabelle 15: Vergleich der Firmen im Bereich Papier Industrie

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation	Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG	B&W Volund	Outotec GmbH&Co.KG		Andritz	
<b>Feuerungsart</b>	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Vibrationsrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
<b>Leistungsgröße</b>	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 90 MWth	15,8 - 112 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th
<b>Heizwert</b>	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	k.A.	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg	3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg
<b>Feuchtigkeitsgehalt</b>	bis 45%	20 - 65%	65%	k.A. [bis 55%]	k.A.		bis 65%	bis 60%
<b>Definierte Brennstoffgröße</b>	max. Seitenlänge 80mm (180mm B+L+H)	100 mm Sieb	k.A.	k.A.	bis zu ungefähr 100 mm (4 Zoll)		Biomasse 5 - 40mm (Maschenbreite)	100% <250mm ; 95% < 120mm
<b>Brennstoff-aufbereitung</b>	Rejecten: Schredder Faserschlamm: keine mech. Aufbereitung notwendig - Entwässerung auf 45% Feuchte	Schredder und Homogenisierung [Schlamm von Papier und Zellstoff: Entwässerung]	individuell nach Brennstoff des Kunden [Schlamm von Papier und Zellstoff: Entwässerung]	k.A. [Schlamm von Papier und Zellstoff: Entwässerung]	Schlamm von Papier und Zellstoff: Entwässerung		k.A. [Schredder, Schlamm von Papier und Zellstoff: Entwässerung]	
<b>Ausbrand</b>	gut auch bei Papierfasern und Schlämme	Verbrennungseffizienz fast 100%; typischerweise unverbrannter Brennstoffverlust unter 0,5% der Zufuhr bei SWS.	gut [Papierfaser und Schlämme schlechter Ausbrand]	k.A. [Papierfaser und Schlämme schlechter Ausbrand]	gut		vollständige Verbrennung	nahezu vollständige Verbrennung
<b>Schlackenbildung</b>	nein	gering	möglich	möglich	nein		k.A. [nein]	
<b>Eigenenergie-verbrauch</b>	11 kW/MW th	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.		SWS weniger als ZWS	
<b>Beschickungsart</b>	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	Schieber, Schnecke, etc.	Förderbänder, Schnecken und Zellradschleuse	klebrige, poröse werden von der Seite aufgestreut (Wurfbeschickung); trockene stückförmige über Schurre		Schneckenförderung oder Pumpe für Schlamm	Pumpe für Schlamm, pneumatische Förderer für flockigen Brennstoff
<b>Antrieb</b>	elektrisch, hydraulisch, Luft	Luft	hydraulisch	Keilriemen	Luft		Luft	
<b>Kühlung/Wärmeabfuhr/Wärmerückgewinnung</b>	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer ist adiabatisch ausgeführt (2 sec); Wärmerückgewinnung im Abhitzeessel für Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Wände mit Wasserrohren versehen (Membranwand)	luftgekühlter Rost bei Hu < 13 MJ/kg oder niederkalorischer Brennstoff oder höherer Ascheschmelzpunkt; wassergekühlter Rost bei Hu > 13 MJ/kg oder hochkalorischer Brennstoff oder niedriger Ascheschmelzpunkt	wassergekühlter Rost, Wasserrohrkessel;	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, evt. Luftvorwärmung , Wasserkühlung an der Beschickung; > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand, nur bei ZWS, Bettkühlung durch Rezirkulationsluft, Wasserkühlung an der Beschickung;		Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung; Membranwand	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände
<b>Ascheaustrag</b>	trockener Ascheaustrag	abhängig von Brennstoff, Wärmerückgewinnung und Sanddurchsiebung	Nassastrag	unter Wasser Fördersystem	Zweiventilsystem - trockener Austrag		trockener Ascheaustrag in Trichter; Vibrationsrichter, Köhlschnecke oder Rohr	trockener Ascheaustrag in Trichter; Köhlschnecke oder Vibrationsieb
<b>Schadstoffe - Grenzwerte</b>	geringe Emissionsbildung (CO, NO <sub>x</sub> ); weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR); Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 17	niedrige Emissionswerte (CO, NO <sub>x</sub> ) [weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR); Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 17]	Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 13 und BImSch 17	durch VoluMix (spezielles Eindüsesystem der Sekundärluft) geringe Emissionen (CO, TOC) [Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 17]	k.A. [weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR); Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 17]		niedrige Emissionswerte (CO, NO <sub>x</sub> ) [weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR); Rauchgasreinigung notwendig für Grenzwerte (SO <sub>2</sub> , HCl) lt. BImSch 17]	
<b>Verbrennungsluft</b>	Primärluft von unten durch die Roststäbe; Sekundärluft von der Seite in die Nachbrennkammer; Zweistufige Verbrennung; Eindüsung von Rezirkulationsluft;	Primärluft über Düsenboden für die Fluidisierung; Sekundärluft für Nachverbrennung	evt. Vorwärmung der Luft; Primär- und Rezirkulationsluft in mehreren Zonen; Sekundärluft in Brennraum	Primärluft rein für die Verbrennung; Sekundärluft - VoluMix	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	genaue Betttemperatur durch Primär- und Rezirkulationsluft; einstellbare Zonen	

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise



## 5.2 Klärschlamm

Hier wird der Brennstoff Klärschlamm, der mit einem externen Trockner von zunächst 20 % TS auf 75 % TS getrocknet wird, eingesetzt.

Der Heizwert beträgt bei 75 % TS ca. 8,5 MJ/kg.

Tabelle 16: Vergleich der Firmen im Bereich Klärschlamm

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation	Outotec GmbH&Co.KG		Martin GmbH&Co.KG		Andritz	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th	4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	40% für Faulschlamm; 35% für Frischschlamm; 60% für Klärschlamm		k.A.		bis 65%	bis 60%
Definierte Brennstoffgröße	max. Seitenlänge 80mm (180mm B+L+H)	100 mm Sieb	bis zu ungefähr 100 mm (4 Zoll)		k.A.		Biomasse 5 - 40mm (Maschenbreite)	100% <250mm ; 95% < 120mm
Brennstoffaufbereitung	keine mechanische Aufbereitung notwendig; Entwässerung des Klärschlammes von 20%TS auf ca. 70% mit der Wärmeenergie aus der Verbrennung	Homogenisierung [Entwässerung]	kommunaler Schlamm: entwässert und getrocknet		k.A. [nicht notwendig bzw. Entwässerung]		k.A. [nicht notwendig bzw. Entwässerung]	
Ausbrand	ausgezeichnet	Verbrennungseffizienz fast 100 %; typischerweise unverbrannter Brennstoffverlust unter 0,5% der Zufuhr bei SWS.	gut		gut [schlecht]		vollständige Verbrennung	nahezu vollständige Verbrennung
Schlackenbildung	nein	gering	nein		SYNCOM - teilweise Sinterung; SYNCOM PLUS - Sinterung der Rostasche;		k.A. [nein]	
Eigenenergieverbrauch	11 kW/MW th	k.A.	k.A.		k.A.		SWS weniger als ZWS	
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	klebrige, poröse werden von der Seite aufgestreut (Wurfbeschickung); trockene stückförmige über Schurre		hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung, Pumpe	Pumpe
Antrieb	elektrisch, hydraulisch, Luft	Luft	Luft		k.A. [hydraulisch]		Luft	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer ist adiabatisch ausgeführt (2 sec); Wärmerückgewinnung im Abhitzeessel für Trocknung Klärschlamm	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Wände mit Wasserrohren versehen (Membranwand)	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, evtl. Luftvorwärmung , Wasserkühlung an der Beschickung; > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand, nur bei ZWS, Bettkühlung durch Rezirkulationsluft, Wasserkühlung an der Beschickung;		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung ; Membranwand;	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	abhängig von Brennstoff, Wärmerückgewinnung und Sanddurchsiebung	Zweiventilsystem - trockener Austrag		Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag in Trichter; Vibrationssichter, Kühltische oder Rohr	trockener Ascheaustrag in Trichter; Kühltische oder Vibrationssieb
Schadstoffe - Grenzwerte	geringe Emissionsbildung (CO, NO <sub>x</sub> ); weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR)	niedrige Emissionswerte ; [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR)]	k.A. [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR)]		spezielles Konzept (SYNCOM bzw. SYNCOM -PLUS Verfahren): Reduktion von CO, Dioxinzerstörung >90% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]		niedrige Emissionswerte ; [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR)]	
Verbrennungsluft	Primärluft von unten durch die Roststäbe; Sekundärluft von der Seite in die Nachbrennkammer; Zweistufige Verbrennung; Eindüsung von Rezirkulationsluft;	Primärluft über Düsenboden für die Fluidisierung; Sekundärluft für Nachverbrennung	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Sity 2000: Primärluft über 4 Zonen; Vario: Primärluft über 5 Zonen; Rezirkulationluft über separate Düsen	Primärluft rein für die Verbrennung; Rezirkulationluft über separate Düsen	genaue Betttemperatur durch Primär- und Rezirkulationsluft; einstellbare Zonen	

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise



### 5.3 Biomasse

Hier sind die Brennstoffe problematische Biomasse, wie z.B. problematisches Altholz und Abbruchholz, sowie Siebrückstände aus der Holzspanherstellung und Rückstände aus Biodieselanlagen, eingesetzt.

Der Heizwert in diesem Bereich liegt zwischen 12 und 42 MJ/kg.

Tabelle 17: Vergleich der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 1

	Christof Group - RZP	VALMET Corporation	Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG	B&W Volund	Outotec GmbH&Co.KG	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Vibrationsrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 90 MWth	15,8 - 112 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	k.A.	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	65%	k.A. [bis 55%]	15 - 50% für Holz	
definierte Brennstoffgröße	max. Seitenlänge 80mm (180mm B+L+H)	100 mm Sieb	k.A.	Ballen; loses Material	bis zu ungefähr 100 mm (4 Zoll)	
Brennstoff-aufbereitung	Brecher	Brecher und Homogenisierung	individuell nach Brennstoff des Kunden [Brecher bzw. nicht notwendig]	k.A [Brecher bzw. nicht notwendig]	Brecher	
Ausbrand	sehr gut	Verbrennungseffizienz fast 100 %; typischerweise unverbrannter Brennstoffverlust unter 0,5% der Zufuhr bei SWS.	gut	gut	sehr gut	
Schlackenbildung	nein	gering	möglich	möglich	nein	
Eigenenergieverbrauch	11 kW/MW th	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	Schieber, Schnecke, etc.	Ballen: patentierter Heuwender, Schneckensystem; Schüttgut: Förderbänder, Schnecken und Zentralschleuse	klebrige, poröse werden von der Seite aufgestreut (Wurfbeschickung); trockene stückförmige über Schurre	
Antrieb	elektrisch, hydraulisch, Luft	Luft	hydraulisch	Keilriemen	Luft	
Kühlung/Wärmeabfuhr/Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer ist adiabatisch ausgeführt (2 sec); Wärmerückgewinnung im Abhitzeessel für Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Wände mit Wasserrohren versehen (Membranwand);	luftgekühlter Rost bei $H_u < 13$ MJ/kg oder niederkalorischer Brennstoff oder höherer Ascheschmelzpunkt; wassergekühlter Rost bei $H_u > 13$ MJ/kg oder hochkalorischer Brennstoff oder niedriger Ascheschmelzpunkt,	wassergekühlter Rost; Wasserrohrkessel;	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, evt. Luftvorwärmung , Wasserkühlung an der Beschickung; > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand, nur bei ZWS, Bettkühlung durch Rezirkulationsluft, Wasserkühlung an der Beschickung;	
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	abhängig von Brennstoff, Wärmerückgewinnung und Sanddurchsiebung	Nassaustrag	unter Wasser Fördersystem	Zweiventilsystem -trockener Austrag	
Schadstoffe - Grenzwerte 1)	geringe Emissionsbildung (CO, NO <sub>x</sub> ); weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung	niedrige Emissionswerte [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	k.A. [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	durch VoluMix (spezielles Eindüsesystem der Sekundärluft) geringe Emissionen (CO, TOC); [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	k.A. [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) notwendig; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	
Verbrennungsluft	Primärluft von unten durch die Roststäbe; Sekundärluft von der Seite in die Nachbrennkammer; Zweistufige Verbrennung; Eindüsung von Rezirkulationsluft;	Primärluft über Düsenboden für die Fluidisierung; Sekundärluft für Nachverbrennung	evt. Vorwärmung der Luft; Primär- und Rezirkulationsluft in mehreren Zonen; Sekundärluft in Brennraum	Primärluft rein für die Verbrennung; Sekundärluft - VoluMix	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise

1)→Eindüsung von Grenzwerten abhängig – bei diesem Brennstoff grenzwertig

Tabelle 18: Vergleich der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 2

Feuerungsart	Bertsch Energy		MartinGmbH&Co.KG		Andritz		Standardkessel Baumgarte		
	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Wanderrost
Leistungsgröße	20 - 80 MW; < 20MW sind Sonderkessel - bieten sie teilweise an		4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th	50 - 110 MW th		
Heizwert	5,5 - 15 MJ/kg	4 - 20+ MJ /kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg	6 - 25 MJ/kg	flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg	11 - 30 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	30 - 65%	0 - 65% (und höher)	k.A.		bis 65%	bis 60%	max. ca. 50%	k.A.	bis 60%
definierte Brennstoffgröße	Kundenvorgabe bzw. sollte stückig sein (100mm x 100mm Sieb oder max. 350mm)	Kundenvorgabe	k.A.		Biomasse 5 - 40mm (Maschenbreite)	100% <250mm ; 95% < 120mm	k.A.	ca. 50 - 250 mm	k.A.
Brennstoff-aufbereitung	meistens nicht notwendig	meistens notwendig, Brecher und Schredder	k.A. [Brecher bzw. nicht notwendig]		k.A. [Brecher bzw. nicht notwendig]		Brecher	Brecher und Schredder	Brecher
Ausbrand	Wirbelschicht besser als Rost		gut		vollständige Verbrennung	nahezu vollständige Verbrennung	gut	sehr gut	gut
Schlackenbildung	ja	nein	SYNCOM - teilweise Sinterung; SYNCOM PLUS - Sinterung der Rostasche;		k.A. [nein]		ja	nein; evt. in der Nachbrennkammer	sollte verhindert werden
Eigenenergie-verbrauch	Abhängig vom Lieferumfang: Rost typischerweise etwas weniger als WS		k.A.		SWS weniger als ZWS		Gebläse ca. 5 kWel/MWth	Gebläse ca. 11 kWel/MWth	k.A.
Beschickungsart	Schieber/ Stößel direkt auf erste Rostzone	Dosierschnecke und Brennstoffrutsche	hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung oder Plattenbandförderer zur Rinne	Rinne, pneumatische Förderer für flockigen Brennstoff	stückiger Brennstoff mit Schnecke, Stäube werden eingeblasen		
Antrieb	hydraulisch	Luft	k.A. [hydraulisch]		Luft		hydraulisch	Luft	k.A. [elektrisch]
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerück-gewinnung	luftgekühlter Rost; falls Wasserkühlung notwendig (hoher Heizwert) dann Verwendung von Wirbelschicht; Brennkammerwände gekühlte Membranwand mit feuerfester Auskleidung		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung; Membranwand;	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände	Hu < 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu > 12 MJ/kg : wassergekühlter Rost Kessel mit Verjüngung - Membranwand	Sand am Ascheaustrag wird gekühlt; Wirbelbett ungekühlt; Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen	Luftkühlung Kessel ohne Verjüngung- Membranwand
Ascheaustrag	meist Schnecke mit Zellradschleuse; Nassentschlacker	Austragsrost; pneumatischer Sichter	Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag in Trichter; Vibrationssichter, Kühlschnecke oder Rohr	trockener Ascheaustrag in Trichter; Kühlschnecke oder Vibrationssieb	Nass - oder Trockenentschlackung kleinere Ausführung als bei Verbrennung von Waste	kleinere Ausführung als bei Verbrennung von Waste	meist Nassentschlackung
Schadstoffe - Grenzwerte 1)	TOC: <3% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	TOC: 0 - 1% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]	spezielles Konzept (SYNCOM bzw. SYNCOM -PLUS Verfahren): Reduktion von CO, Dioxinzerstörung >90% [Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]		niedrige Emissionswerte - [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]		Schadstoffe wesentlich niedriger; z.B. saubere Biomasse meist nur Entstaubung; z.B. Altholz benötigt Rauchgasreinigung [lt. BImSch]	Schadstoffe wesentlich niedriger; z.B. saubere Biomasse meist nur Entstaubung; z.B. Altholz benötigt Rauchgasreinigung [lt. BImSch]	k.A. [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Rauchgasreinigungsanlage lt. BImSch, evt. nur Schlauchfilter notwendig für Entstaubung]
Verbrennungsluft	Primärluft in 5 Zonen regelbar; Sekundärluft am Eintritt der Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis auf 250°C vorgewärmt; Rezirkulationsluft zur Optimierung des Verbrennungsvorganges dazugemischt;	Fluidisierungsluft: Gemisch von Verbrennungsluft und Rauchgas; Sekundärluft und Rezirkulationsluft in die Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis vorgewärmt	Sity 2000: Primärluft über 4 Zonen; Vario: Primärluft über 5 Zonen; Rezirkulationsluft über separate Düsen	Primärluft rein für die Verbrennung; Rezirkulationsluft über separate Düsen	genaue Betttemperatur durch Primär- und Rezirkulationsluft; einstellbare Zonen		separat einstellbare Zonen bei der Primärlufteindüsung; Sekundärluftzufuhr bei der Verjüngung des Kessels	Primär - Rezirkulationsluftzufuhr bei Düsenboden; Sekundär- Tertiärluftzufuhr in der Nachbrennkammer	keine separat einstellbaren Zonen bei der Primärlufteindüsung; meist keine Sekundärluft

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise

1)→Eindüsung von Grenzwerten abhängig – bei diesem Brennstoff grenzwertig

### 5.4 Abfallwirtschaft – „Smart Energy from Waste“

Hier sind die Brennstoffe Rückstände, wie Biomasse aus Abfällen, getrockneter Bio-Schlamm, thermisch verwertbare Fraktionen aus einer MBA und RDF, eingesetzt.

Der Heizwert in diesem Bereich liegt im Allgemeinen zwischen 9 und 12 MJ/kg, wobei der Heizwert bei RDF ca. bei 18 MJ/kg liegt.

Tabelle 19: Vergleich der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 1

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation		Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG	B&W Volund		Outotec GmbH&Co.KG	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Vorschubrost	DynaGrate	VolundGrate	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	40 - 1000 MW th	20 - 90 MWth	k.A.		20 - 150 MW th	50 - 300 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 8 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	für extreme Schwankungen		<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	bis 55%	65%	k.A. (bis 55%)		k.A.	
Definierte Brennstoffgröße	max. Seitenlänge 80mm (180mm B+L+H)	100 mm Sieb	k.A.	k.A.	k.A.		bis zu ungefähr 100 mm (4 Zoll)	
Brennstoff-aufbereitung	Brecher und Schredder	Schredder und Homogenisierung		individuell nach Brennstoff des Kunden [Brecher und Schredder]	nein	k.A. [Brecher und Schredder]	Waste wird zu RDF aufbereitet	
Ausbrand	ausgezeichnet	Verbrennungseffizienz fast 100 %; typischerweise unverbrannter Brennstoffverlust unter 0,5% der Zufuhr bei SWS.		gut	ausgezeichnet	k.A. [gut]	gut	
Schlackenbildung	nein	gering		möglich	k.A. [möglich]		nein	
Eigenenergieverbrauch	11 kW/MW th	k.A.		k.A.	k.A.		k.A.	
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche		Schieber, Schnecke, etc.	hydraulischer Schieber		klebrige, poröse werden von der Seite aufgestreut (Wurfbeschickung); trockene stückförmige über Schurre	
Antrieb	elektrisch, hydraulisch, Luft	Luft		hydraulisch	Welle	k.A. [hydraulisch]	Luft	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer ist adiabatisch ausgeführt (2 sec); Wärmerückgewinnung im Abhitzeessel für Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Wände mit Wasserrohren versehen (Membranwand);	Ofen und Zyklon aus Membranwand; loop seal mit integrierten Wärmetauschern	luftgekühlter Rost bei Hu < 13 MJ/kg oder niederkalorischer Brennstoff oder höherer Ascheschmelzpunkt, wassergekühlter Rost bei Hu > 13 MJ/kg oder hochkalorischer Brennstoff oder niedriger Ascheschmelzpunkt	wassergekühlter Rost bei > 25MJ/kg - patentierte Kühlung (Luftkühlung und Kombination möglich); Wasserrohrkessel;	luftgekühlter Rost ist typisch (auch Wasserkühlung möglich); Wasserrohrkessel;	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, evt. Luftvorwärmung , Wasserkühlung an der Beschickung; > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand, nur bei ZWS, Bettkühlung durch Rezirkulationsluft, Wasserkühlung an der Beschickung;	
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	abhängig von Brennstoff, Wärmerückgewinnung und Sanddurchsiebung		Nassaustrag	k.A.		Zweiventilsystem - trockener Austrag	
Schadstoffe - Grenzwerte	geringe Emissionsbildung (CO, NO <sub>x</sub> ); weitere Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch	niedrige Emissionswerte [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch]		13. oder 17. BImSch [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]	durch VoluMix (spezielles Eindüsesystem der Sekundärluft) geringe Emissionen (CO, TOC); [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]		k.A. [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch]	
Verbrennungsluft	Primärluft von unten durch die Roststäbe; Sekundärluft von der Seite in die Nachbrennkammer; Zweistufige Verbrennung; Eindüsung von Rezirkulationsluft;	Primärluft über Düsenboden für die Fluidisierung; Sekundärluft für Nachverbrennung		evt. Vorwärmung der Luft; Primär- und Rezirkulationsluft in mehreren Zonen; Sekundärluft in Brennraum	mit Wasserkühlung - Primärluft rein für die Verbrennung zuständig; Sekundärluft - VoluMix		Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen	Primärluft durch offenen oder geschlossenen Düsenboden eingeblasen

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise

Tabelle 20: Vergleich der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 2

Feuerungsart	Bertsch Energy		Martin GmbH & Co. KG		Andritz	Standardkessel Baumgarte	
	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht
Leistungsgröße	20 - 80 MW; < 20MW sind Sonderkessel - bieten sie teilweise an		4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 110 MW th	
Heizwert	5,5 - 15 MJ/kg	4 - 20+ MJ /kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	6 - 18 MJ/kg	ist flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	30 - 65%	0 - 65% (und höher)	k.A.		bis 65%	max. ca. 50%	k.A.
Definierte Brennstoffgröße	Kundenvorgabe bzw. sollte stückig sein (100mm x 100mm Sieb oder max. 350mm)	Kundenvorgabe	k.A.		Biomasse 5 - 40mm (Maschenbreite)	k.A.	ca. 50 - 250 mm
Brennstoff-aufbereitung	meistens nicht notwendig	meistens notwendig, Brecher und Schredder	Hausmüll keine Aufbereitung; Gewerbemüll muss zum Teil zerkleinert werden		k.A. [Brecher und Schredder]	stückig bis zu einer Größe einer Waschmaschine; Hausmüll möglichst keine Aufbereitung; Sperrmüll durch Schredder	aufwendige Vorbereitung/ Zerkleinerung
Ausbrand	Wirbelschicht besser als Rost		gut		vollständige Verbrennung	gut	gut
Schlackenbildung	ja	nein	SYNCOM - teilweise Sinterung; SYNCOM PLUS - Sinterung der Rostasche;		k.A. [nein]	ja	nein; evt. in der Nachbrennkammer
Eigenenergieverbrauch	Abhängig vom Lieferumfang: Rost typischerweise etwas weniger als WS		k.A.		k.A.	Gebläse ca. 5 kWel/MWth	Gebläse ca. 11 kWel/MWth
Beschickungsart	Schieber/ Stößel direkt auf erste Rostzone	Dosierschnecke und Brennstoffrutsche	hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung oder Plattenbandförderer bei RDF zur Rinne	stückiger Brennstoff mit Schnecke; Stäube werden eingeblasen; Müll gerne über Doppelschnecken	
Antrieb	hydraulisch	Luft	k.A. [hydraulisch]		Luft	hydraulisch	Luft
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlter Rost; falls Wasserkühlung notwendig (hoher Heizwert) dann Verwendung von Wirbelschicht; Brennkammerwände gekühlte Membranwand mit feuerfester Auskleidung		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände die mit feuerfester Auskleidung versehen sind	Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung; Membranwand;	Hu 8 - 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu 12 - 25 MJ/kg : wassergekühlter Rost Kessel mit Verjüngung - Membranwand	Sand am Ascheaustrag wird gekühlt; Wirbelbett ungekühlt; Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen
Ascheaustrag	meist Schnecke mit Zellradschleuse; Nassentschlacker	Austragsrost; pneumatischer Siebtrichter	Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag in Trichter; Vibrationssichter, Kühlschnecke oder Rohr	fällt in Wasserbad; entweder Pressentschlacker oder Plattenband; ohne Wasser; Pressentschlacker, wird mit Luft gekühlt	Asche/Sandgemisch unter/neben Düsenboden über gekühlte Schnecke abgezogen und Rüttelsieb zugeführt; Sand wird rückgeführt; Trogkettenförderer
Schadstoffe - Grenzwerte	TOC: <3% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]	TOC: 0 - 1% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch]	spezielles Konzept (SYNCOM bzw. SYNCOM -PLUS Verfahren): Reduktion von CO, Dioxinzerstörung >90% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]		niedrige Emissionswerte [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch]	i. d.R TOC <1 gew% tr ; bei niedrigem Heizwert < 3 gew% [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Reaktionsmitteln (SNCR) notwendig; Grenzwerte lt. BImSch]	i. d.R TOC <1 gew% tr [Reduktion von NO <sub>x</sub> durch Eindüsung von Reaktionsmitteln in den Feuerraum (SNCR) möglich; Grenzwerte lt. BImSch]
Verbrennungsluft	Primärluft in 5 Zonen regelbar; Sekundärluft am Eintritt der Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis auf 250°C vorgewärmt; Rezirkulationsluft zur Optimierung des Verbrennungsvorganges dazugemischt;	Fluidisierungsluft: Gemisch von Verbrennungsluft und Rauchgas; Sekundärluft und Rezirkulationsluft in die Nachbrennkammer; Verbrennungsluft nach Erfordernis vorgewärmt	Sity 2000: Primärluft über 4 Zonen; Vario: Primärluft über 5 Zonen; Rezirkulationsluft über separate Düsen	Primärluft rein für die Verbrennung; Rezirkulationsluft über separate Düsen	genaue Betttemperatur durch Primär- und Rezirkulationsluft; einstellbare Zonen	separat einstellbare Zonen bei der Primärlufteindüsung; Sekundärluftzufuhr bei der Verjüngung des Kessels	Primär - Rezirkulationsluftzufuhr per Düsenboden; Sekundär- Tertiärluftzufuhr in der Nachbrennkammer

k.A. → keine Angaben bzw. Informationen der Firma erhalten

[ ] → normalerweise bzw. logischerweise

## 6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden im ersten Teil die Vorgänge bei einer Verbrennung beschrieben. Dies wären Trocknung, Entgasung, Zündung, Vergasung und Verbrennung. Weiters wurden die wichtigsten chemische Reaktionen, die während dieser Schritte ablaufen, erklärt.

Zum zweiten Teil wurden die einzelnen Technologien der Verbrennung genauer behandelt. Die Funktionsweise einer Rostfeuerung, sowie die Funktionsweise einer Wirbelschichtfeuerung erläutert und die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie im Detail beschrieben.

Die Gegenüberstellung der Technologien der Verbrennung zeigt, dass es bei der Rostfeuerung und der Wirbelschicht zu Vor- und Nachteilen gibt und die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie eine gute Kombination aus den Vorteilen der beiden Verbrennungsarten darstellt. Eine Auflistung der Vor- und Nachteile ist in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 21: Gegenüberstellung der Vorteile der Technologien

Reject to Power	Rostfeuerung	Wirbelschicht
» wenig empfindlich gegenüber Heizertschwankungen	» keine bzw. geringe Brennstoffaufbereitung notwendig	» intensive Durchmischung zwischen Brennstoff und Verbrennungsluft
» für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt geeignet	» geringe Staubfracht	» wenig empfindlich gegenüber Heizertschwankungen
» für Brennstoffe mit hohem Feuchtigkeitsgehalt geeignet	» gute Schür- und Wendewirkung	» schnelle Prozessregelung durch den Durchsatz
» guter Ausbrand in Sekunden bis paar Minuten	» sicherer Abtransport des Rostdurchfalls	» geringe NO <sub>x</sub> Bildung
» homogene Brennstoffaufgabe auf Rost	» luftgekühlter Rost meist ausreichend, sonst wassergekühlter Rost möglich	» guter und schneller Ausbrand in Sekunden bis wenigen Minuten
» luftgekühlter Rost ist ausreichend	» schnelles An- und Abfahren möglich	» hohe Wärmeübertragungsrate an den Heizflächen
» niedrige Verbrennungstemperatur	» einfaches und schnelles Auswechseln von Roststäben	» gleichmäßige Temperaturverteilung
» keine hot spot Bildung	» relativ unempfindlich gegenüber Fremdstoffen im Brennstoff	» für Brennstoffe mit hohem Feuchtigkeitsgehalt geeignet
» gleichmäßige Temperaturverteilung am Rost	» Lachgasbildung eher nicht möglich	» für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt geeignet
» geringe NO <sub>x</sub> Bildung	» kein Bettmaterial erforderlich	» keine bzw. geringe Schlackenbildung
» geringe Schlackenbildung	» niedriger elektrischer Eigenenergiebedarf	» direkte Entschwefelung mit Kalkeindüsung möglich
» Einsatz von Siebunterläufe direkte Entschwefelung mit Kalkeindüsung möglich		» keine hot spot Bildung
» geringe Staubfracht		» niedrige Verbrennungstemperatur
» einfaches und schnelles Auswechseln von Roststäben		
» schnelles An- und Abfahren möglich		
» kein Bettmaterial erforderlich (Sand)		
» geringer elektrischer Eigenenergiebedarf		
» niedrige Investitionskosten		



Tabelle 22: Gegenüberstellung der Nachteile der Technologien

Reject to Power	Rostfeuerung	Wirbelschicht
» Größe und Menge an Fremdstoffen eingeschränkt	» Gefahr des Durchfallens von Unverbranntem durch Rost	» hoher Verschleiß im Verbrennungsraum, Kessel und Heizflächen
» Brennstoffaufbereitung erforderlich	» wenig geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt	» in geringem Umfang Bindung von Schwermetallen in der Asche - ggf. nicht mehr weiterverwendbar (z.B. Straßenbau) und Entsorgung notwendig
» flüssige und pastöse Rohstoffe nicht geeignet	» hohe Schlackenbildung	» Brennstoffaufbereitung erforderlich
	» Bildung von hot spots möglich	» hohe Staubfracht - Entsorgungskosten höher
	» bei hohem Feinanteil kann Ausbrand zum Problem werden	» nicht geeignet für Brennstoffe mit leichter und flockiger Struktur
	» hohe NO <sub>x</sub> Bildung möglich	» schlechtes Teillastverhalten
	» keine gleichmäßige Temperaturverteilung	» gegenüber Fremdstoffen im Brennstoff empfindlich
		» Bettmaterial erforderlich
		» hoher elektrischer Eigenenergiebedarf
		» hohe Investitionskosten

Des Weiteren wurden nicht nur die Vor- und Nachteile der Verbrennungstechnologien gegenübergestellt, sondern auch weitere nennenswerte Parameter (siehe Tabelle 24). Das Fazit dieser Gegenüberstellung ist, dass die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie in manchen Bereichen auf Seiten der Rostfeuerung steht und in anderen Bereichen auf Seiten der Wirbelschicht ist. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie eine gute Mischung aus den wichtigsten Parametern der Rostfeuerung und der Wirbelschicht ist.

Im nächsten Teil der Arbeit wurden weitere Faktoren der Verbrennung behandelt, die einen weiteren wesentlichen Anteil an das Gesamtsystem vorweisen. Dies wären die verschiedenen Beschickungsmöglichkeiten des Brennstoffes in das Feuerungssystem. Diese sind vor allem von den Eigenschaften des Brennstoffes abhängig. Ein weiterer Punkt war der Transport des Brennstoffes im Feuerraum. Wird der Brennstoff mit Hilfe der Luft durch die Brennkammer befördert wie bei einer Wirbelschicht, oder doch mit einem hydraulisch angetriebenen Rost? Ebenso die Kühlungsarten des Feuerraumes bzw. der Einbauten im Feuerraum, das Ascheaustragsystem und das Ausbrandverhalten werden betrachtet. Diese Punkte wurden bezogen auf die verschiedenen Verbrennungstechnologien behandelt und verglichen.

Im letzten Teil dieser Arbeit wurden die Verbrennungstechnologien mehrerer namhafter Firmen beschrieben, um schlussendlich diese Technologien bezogen auf die Verbrennung von Brennstoffen in den Bereichen Papier Industrie, Klärschlamm, Biomasse und Abfallwirtschaft „Smart Energy from Waste“ gegenüberzustellen.

Tabelle 23: betrachtete Firmen bezogen auf die einzelnen Verbrennungsbereiche

<b>Biomasse</b>	<b>Waste to Energy</b>
Christof Group - R2P	Christof Group - R2P
Valmet Corporation	Valmet Corporation
Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG	Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG
B & W Volund	B & W Volund
Outotec GmbH&Co.KG	Outotec GmbH&Co.KG
Bertsch Energy	Bertsch Energy
Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik	Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik
Andritz	Andritz
Standardkessel Baumgarte	Standardkessel Baumgarte
<b>Papier Industrie</b>	<b>Klärschlamm</b>
Christof Group - R2P	Christof Group - R2P
Valmet Corporation	Valmet Corporation
Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH&Co.KG	Outotec GmbH&Co.KG
B & W Volund	Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik
Outotec GmbH&Co.KG	Andritz
Andritz	

Sämtliche Verbrennungssysteme der beschriebenen Firmen haben Vor- und Nachteile. Eine Beurteilung der Verbrennungstechnologien bezogen auf ihre Verwendung in den verschiedenen Brennstoffbereichen ist nicht einfach zu treffen. Die REJECT to POWER Verbrennungstechnologie ist eine gute Kombination aus den wichtigsten Vorteilen. In den Tabellen 25 – 30 ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Technologiemerkmale der Firmen zu finden.



Tabelle 24: Gegenüberstellung der Verbrennungstechnologien

Kriterium	REJECT to POWER Vorschubrost	Rostfeuerung	Wirbelschicht		Drehrohrofen		
			SWS / RWS	ZWS			
1. Leistung	Leistungsbereich	5 - 35 MW th	5 - 150 MWth	(5) 10 - 180 MWth (SWS bis max 100MW th)	(50) 100 - 1.000 MWth	k.A.	
2. Brennstoff	Brennstoffgröße	überwiegend kleinstückig; max. 180 mm (b+h); max. 80 mm (eine Seitenlänge)	überwiegend großstückig; typisch 80 % < 250 mm; üblich 30 - 300 mm	überwiegend kleinstückig; typisch 90 % < 75 mm durch 100x100 mm Sieb; max. Kantenlänge 350 mm		von Schlamm bis Fässer	
	Brennstoffaufbereitung	Brecher und Schredder	kommt auf den Brennstoff draufan: Brecher	kommt auf den Brennstoff draufan: Brecher und Schredder		im Allgemeinen keine mechanische Aufbereitung (gegebenenfall Schredder), meist nur Vorvermischung,	
	Brennstoffheizwert	6 - 18 MJ/kg	6 - 16 MJ/kg	3,5 - 30 MJ/kg	3,5 - 30 (40) MJ/kg	8 - 45 MJ/kg	
	Feuchtigkeitsgehalt	bis zu 45 %	bis zu 65 %	bis zu 70 % und höher		bis 80 Gew%	
	Brennstoff - Staubanteil < 1 mm	< 20 %	< 5 %	< 20 %		< 50 %	
	Brennstoff - Aschegehalt	gut geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt	wenig geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt	gut geeignet für Brennstoffe mit hohem Aschegehalt		eher für weniger Aschegehalt geeignet	
	Fremdstoffe im Brennstoff, sonstige Beschaffenheiten	Größe und Menge von Fremdstoffen eingeschränkt; nicht flüssig, pastös oder klebrig	relativ unempfindlich	Eisenschrotte, schmelzende Metallbestandteile können bei geschlossenen Düsenboden zu gravierende Betriebsstörungen führen		Größe und Menge von Fremdstoffen eingeschränkt; nicht flüssig, pastös oder klebrig	
3. Asche	Austrag	trocken	trocken / nass	trocken		trocken oder nass; meistens mit Nassentschläcker; Trocken: Asche fällt in Trichter und darunter wassergekühlter Förderrinne;	
	Schlackebildung	gering; niedrige Temperatur am Rost; keine hot spots	relativ hoch, da hot spots auftreten können, geringe Brennstoffvermischung	gering, eventuell bei großen Ofenquerschnitten	keine, Ascheschmelzpunkt wird unterschritten	möglich	
	Ausbrand	sehr guter Ausbrand, geringe Rostbelegung, lange Nachbrenn- / Abkühlzone	kann zum Problem werden, besonders bei hohen Feinanteil	sehr guter Ausbrand		gut, Nachbrennkammer erforderlich	
4. Verbrennung	Verbrennungstemperatur	800 - 950 °C	ca. 1100 °C	800 - 950 °C		650 - 1400 °C	
	Temperaturverteilung	gleichmäßig; keine Temperaturspitzen	lokale Überhitzungen und / oder Unterkühlungen möglich	nicht gleichmäßig	gleichmäßig, keine Temperaturspitzen	eher gleichmäßig; wenn hot spots: Abhilft mit Einbauten	
	Schadstoffe - Emissionswerte	NO <sub>x</sub> Wert	wie Wirbelschicht	höher als bei WS - thermisches NO <sub>x</sub> und NO <sub>x</sub> aus Brennstoff N ist möglich; Sekundärmaßnahme erforderlich	kein thermisches NO <sub>x</sub> ; NO <sub>x</sub> aus Brennstoff -N ca. 150 -200 mg/Nm <sup>3</sup> ; meist keine Sekundärmaßnahme erforderlich		höher als bei WS - thermisches NO <sub>x</sub> und NO <sub>x</sub> aus Brennstoff -N ist möglich; Sekundärmaßnahme erforderlich
		N <sub>2</sub> O Bildung	möglich	eher nicht möglich	möglich		möglich
		SO <sub>2</sub> / HCl	bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich	kann durch Kalkeinbringung wenig SO <sub>2</sub> in Asche binden bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich	kann durch Kalkeinbringung mehr SO <sub>2</sub> in Asche binden bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich		bei Brennstoffen gem. Abfallwirtschaft - Rauchgasreinigung erforderlich
		CO	im Bereich der Wirbelschicht	50 - 100 mg/Nm <sup>3</sup> (6% O <sub>2</sub> , tr.)	0 - 50 mg/Nm <sup>3</sup>		0 - 50 mg/Nm <sup>3</sup> ; anhängi vom Brennstoff und Gesetze
	brennbare Substanzen	im Bereich der Wirbelschicht	höher als bei Wirbelschicht	niedriger als bei Rost		im Bereich der Wirbelschicht	
	Verbrennungsluftgeschwindigkeit	< 2 m/s	< 2 m/s	1 bis 2 m/s	5 bis 8 m/s	eher unter Rostfeuerung	
	Brennstoffbeschickung	Schleuderrad; keine Abdichtung erforderlich	mehrere Möglichkeiten; kein Abdichtungsorgan erforderlich	Verteilung über mehrere Aufgabestellen; Abdichtungsorgan erforderlich	wenige Aufgabestellen notwendig; Abdichtungsorgan erforderlich	feste Abfälle über Trichter und Schnecke; paröse Abfälle über Kolbenpumpe und Aufgabedüse; flüssiger Abfall über Lanzen und Brenner; Abfall kann im wechsel eingebracht werden;Stirnwand mit Drehrohr bzw Drehroh zur Nachbrennkammer mit Abdichtung	
	Luftüberschusszahl	1,4 - 1,5	1,4 - 2,0 (vorzugsweise 1,6)	ca. 1,25	>1,1	1,1 - 3	
	Primärluft / Sekundärluft	zwischen 70/30 und 50/50	k.A.	80 / 20	60 / 40	70 / 30 (mit Tertiärluft 60 / 25 / 15)	
Querschnittsbelastung	0,6 - 0,8 MW/m <sup>2</sup>	0,8 - 1,4 MW/m <sup>2</sup>	1 - 2 MW/m <sup>2</sup>	4 - 6 MW/m <sup>2</sup>	k.A.		
Staubgehalt Kesseleintritt	geringer Staubgehalt, geringe Mengen an Flugasche	geringer Staubgehalt, geringe Mengen an Flugasche	hohe Staubfracht, hoher Anteil an Flugasche		un ter Rostfeuerung		
Bettmaterial	keines erforderlich	keines erforderlich	eher grobkörnig	eher feinkörnig	keines erforderlich		
Antrieb	hydraulisch, elektrisch und Luft	hydraulisch oder elektrisch	Luft		über Zahnkranztrieb, Ritzel über hydraulischen Motor oder Triebstock		
Verweilzeit des Abfalles in Brennkammer	wenige Sekunden bis 30 Minuten	30 - 60 Minuten	wenige Sekunden bis Minuten		30 - 60 min		
Kühlung	Luft	Wasser / Luft	Wasser		Luft oder Wasser		
5. Kessel	Teillastregelung	bis 35% der Nennlast möglich	k.A.	bis 70% der Nennlast, hoher Regelaufwand	bis 40% der Nennlast, geringer Regelaufwand	Teillastbetrieb möglich	
	Überhitzertemperatur	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	üblich bis zu 420 °C in Abhängigkeit vom Brennstoff höher	Überhitzer bis 500°C (Entüberhitzer als Bettwärmetauscher in Sandrückführung möglich)	k.A.	
6. System	Eigenenergiebedarf elektrisch	gering 11 kW / MW th	niedrig 1 - 2 % bezogen auf Brennstoffwärmeleistung	mittel 1,3 - 2,5% bezogen auf Brennstoffwärmeleistung	hoch	hoch	
	Rauchgasreinigung / SCR / SNCR	Rauchgasreinigung abhängig von BlmSch	erforderlich	meist nicht erforderlich aber abhängig von gesetzlichen Grenzwerten		Gesetzeslage	
	Reinigungsintervall	zwischen Rost und Wirbelschicht	1 - 3 Tage	0 - 1 Tag		eher selten (nach bedarf)	
	Reinigungsdauer	zwischen Rost und Wirbelschicht	länger als Wirbelschicht	kürzer als Rost		eher lange (Ausmauerung)	
	Wartung (bezogen auf Feuerung)	zwischen Rost und Wirbelschicht	hoch	niedrig		niedrig	
	Betrieb (bezogen auf Störung)	zwischen Rost und Wirbelschicht	nicht empfindlich	empfindlich		nicht empfindlich	
	Kesselwirkungsgrad f (O <sub>2</sub> -Wert, Ausbrand, Austrittstemperatur Kessel)	im Bereich der Wirbelschicht	kleiner als bei Wirbelschicht	größer als bei Rostfeuerung		besser als bei Rostfeuerung	
	Investitionskosten	niedrig	eher niedriger	eher höher	hoch	hoch	

Tabelle 25: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Papier Industrie

	Christof Group-R2P	VALMET Corporation	Oschatz Kraftwerkstechnik	B&W Volund	Outotec GmbH&Co.KG		Andritz	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Vibrationsrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 90 MWth	15,8 - 112 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	k.A.	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg	3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	65%	k.A. [bis 55%]	k.A.		bis 65%	bis 60%
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	Schieber, Schnecke, etc.	Förderbänder, Schnecken und Zellradschleuse	Wurfbeschickung oder über Schurre		Schneckenförderung oder Pumpe	Pumpe, pneumatische Förderer
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer - adiabatisch; Kessel -Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Membranwand	luftgekühlter Rost bei Hu < 13 MJ/kg wassergekühlter Rost bei Hu > 13 MJ/kg	wassergekühlter Rost Wasserrohrkessel;	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand,		Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung; Membranwand;	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	Wärmerückgewinnung, Sanddurchsiebung	Nassaustrag	unter Wasser Fördersystem	Zweiventilsystem - trockener Austrag		trockener Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag

Tabelle 26: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Klärschlamm

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation	Outotec GmbH&Co.KG		Martin GmbH&Co.KG		Andritz	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th	4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	40% für Faulschlamm; 35% für Frischschlamm; 60% für Klärschlamm		k.A.		bis 65%	bis 60%
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	Wurfbeschickung oder über Schurre		hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung, Pumpe	Pumpe
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer - adiabatisch; Kessel -Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Membranwand	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand,		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände	Membranwand; Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	Wärmerückgewinnung, Sanddurchsiebung	Zweiventilsystem - trockener Austrag		Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag

Tabelle 27: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 1

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation	Oschatz Kraftwerkstechnik	B&W Volund	Outotec GmbH&Co.KG	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Vibrationsrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	20 - 90 MWth	15,8 - 112 MW th	20 - 150 MW th	50 - 300 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	k.A.	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	65%	k.A. [bis 55%]	15 - 50% für Holz	
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche	Schieber, Schnecke, etc.	patentierter Heuwender, Schneckensystem, Förderbänder, Zellradschleuse	Wurfbeschickung oder über Schurre	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer - adiabatisch; Kessel -Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Membranwand	luftgekühlter Rost bei Hu < 13 MJ/kg wassergekühlter Rost bei Hu > 13 MJ/kg	wassergekühlter Rost; Wasserrohrkessel	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand,	
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	Wärmerückgewinnung, Sanddurchsiebung	Nassaustrag	unter Wasser Fördersystem	Zweiventilsystem - trockener Austrag	

Tabelle 28: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 2

	Bertsch Energy		MartinGmbH&Co.KG		Andritz		Standardkessel Baumgarte		
Feuerungsart	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Wanderrost
Leistungsgröße	20 - 80 MW; < 20MW sind Sonderkessel		4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 500 MW th	50 - 110 MW th		bis 130 MW th
Heizwert	5,5 - 15 MJ/kg	4 - 20+ MJ /kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	5 - 40 MJ/kg	6 - 25 MJ/kg	flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg	11 - 30 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	30 - 65%	0 - 65% (und höher)	k.A.		bis 65%	bis 60%	max. ca. 50%	k.A.	bis 60%
Beschickungsart	Schieber/ Stößel direkt auf erste Rostzone	Dosierschnecke und Brennstoffrutsche	hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung, Plattenbandförderer zur Rinne	Pumpe, Rinne, pneumatische Förderer	Schnecke, Stäube eingeblasen		Schieber oder Wurfbeschicker
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlter Rost; falls Wasserkühlung notwendig (hoher Heizwert) dann WS; Brennkammerwände gekühlte Membranwand mit feuerfester Auskleidung		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände	Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung; Membranwand;	adiabatischer Reaktor, Verdampferwände	Hu < 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu > 12 MJ/kg : wassergekühlter Rost	Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen	Luftkühlung; Kessel ohne Verjüngung, Membranwand
Ascheaustrag	meist Schnecke mit Zellradschleuse; Nassentschlacker	Austragsrost; pneumatischer Sichter	Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	Nass- oder Trockenentschlackung	kleinere Ausführung als bei Verbrennung von Waste	meist Nassentschlackung

Tabelle 29: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 1

	Christof Group - R2P	VALMET Corporation		Oschatz Kraftwerkstechnik	B&W Volund		Outotec GmbH&Co.KG	
Feuerungsart	Horizontaler Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Vorschubrost	DynaGrate	VolundGrate	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht
Leistungsgröße	5 - 35 MW th	20 - 400 MW th	40 - 1000 MW th	20 - 90 MWth	k.A.		20 - 150 MW th	50 - 300 MW th
Heizwert	6 - 18 MJ/kg	4,5 - 14 MJ/kg	ab 8 MJ/kg	ab 3,5 MJ/kg	für extreme Schwankungen	k.A.	<4500 kJ/kg	> 4500 kJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	bis 45%	20 - 65%	bis 55%	65%	k.A. [bis 55%]		k.A.	
Beschickungsart	Wurfbeschickung (Schleuderrad)	Schnecke, Rutsche		Schieber, Schnecke, etc.	hydraulischer Schieber		Wurfbeschickung oder über Schurre	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlte Roststäbe; Brennkammer - adiabatisch; Kessel -Dampfproduktion	Hydro Beam grate - patentiert: wassergekühlter Rost; Membranwand	Ofen und Zyklon aus Membranwand; loop seal mit integrierten Wärmetauschern	luftgekühlter Rost bei Hu < 13 MJ/kg wassergekühlter Rost bei Hu > 13 MJ/kg	wassergekühlter Rost bei > 25MJ/kg - patentierte Kühlung; Wasserrohrkessel	luftgekühlter Rost ist typisch; Wasserrohrkessel;	< 4500 kJ/kg : adiabate Verbrennungskammer, > 4500 kJ/kg : Kühlung erforderlich - Membranwand	
Ascheaustrag	trockener Ascheaustrag	Wärmerückgewinnung, Sanddurchsiebung		Nassaustrag	k.A.		Zweiventilsystem - trockener Austrag	

Tabelle 30: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 2

	Bertsch Energy		MartinGmbH&Co.KG		Andritz	Standardkessel Baumgarte	
Feuerungsart	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht	Rückschub-Rost Vario Rückschub-Rost Sity 2000	Horizontaler Rost	Stationäre Wirbelschicht	Vorschubrost	Stationäre Wirbelschicht
Leistungsgröße	20 - 80 MW; < 20MW sind Sonderkessel		4 - 116 MW th pro Linie	4 - 93 MW th pro Linie	40 - 350 MW th	50 - 110 MW th	
Heizwert	5,5 - 15 MJ/kg	4 - 20+ MJ /kg	bei deutschen Anlagen meist durchschnittlicher Wert von 10 MJ/kg		3 - 20 MJ/kg	6 - 18 MJ/kg	ist flexibel: z.B. 5 - 18 MJ/kg
Feuchtigkeitsgehalt	30 - 65%	0 - 65% (und höher)	k.A.		bis 65%	max. ca. 50%	k.A.
Beschickungsart	Schieber/ Stößel direkt auf erste Rostzone	Dosierschnecke und Brennstoffrutsche	hydraulischer Kolben pro Rostbahn		Schneckenförderung oder Plattenbandförderer, zur Rinne	Schnecke, Wurfbeschicker	
Kühlung/ Wärmeabfuhr/ Wärmerückgewinnung	luftgekühlter Rost; falls Wasserkühlung notwendig (hoher Heizwert) dann WS; Brennkammerwände gekühlte Membranwand mit feuerfester Auskleidung		keine Wasserkühlung des Rostes; Feuerraum: Verdampferrohrwände	Wasserkühlung notwendig Feuerraum: Verdampferrohrwände	Membranwand; Düsenboden Wasser- oder Luftkühlung	Hu 8 - 12 MJ/kg : luftgekühlter Rost Hu 12 - 25 MJ/kg : wassergekühlter Rost	Nachbrennzone mit isolierten Verdampferwänden umschlossen
Ascheaustrag	meist Schnecke mit Zellradschleuse; Nassentschlacker	Austragsrost; pneumatischer Sichter	Entschlackersystem mit oder ohne Wasserbad		trockener Ascheaustrag	Nass- und Trochenentascher	Asche/Sandgemisch unter/neben Düsenboden über gekühlte Schnecke abgezogen und Rüttelsieb zugeführt

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Literatur

- [1] Karl Joachim Thomé-Kozmiensky: Thermische Abfallbehandlung, 1994, in: Berlin, EF- Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, 2. völlig neu bearbeitete Auflage,
- [2] Johannes Rieger, Thermische Abfallverwertung - Skriptum, WS 2011/12, Institut für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes der Montanuniversität Leoben
- [3] Fritz Mayr, Kesselbetriebstechnik, Kraft- und Wärmeerzeugung in Praxis und Theorie, 2005, 11. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage herausgegeben von Dipl.-Ing. (Univ.) Wolfgang Linke ehem. Hrsg. Dipl.-Ing. Fritz Mayr †, Verlag Dr. Ingo Resch GmbH
- [4] Dieter O. Reimann (Hrsg.), Rostfeuerung zur Abfallverbrennung, 1991, Berlin, Copyright: Prof.Dr.-Ing. Karl J. Thomé-Kozmiensky, Technische Universität Berlin, Institut für technischen Umweltschutz, EF- Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH
- [5] Markus Franz, Gegenüberstellung von Rostfeuerung und Wirbelschichtfeuerung, 2009, Tegra-Concept, die Enginering & Energieconcept AG, Online im WWW unter URL: <http://www.axpo-holz.ch/files/artikel/183/Rostfeuerung.pdf>, Stand: 23.04.2014; 08:17
- [6] Verband KVA Thurgau, Rostfeuerung, 2011, Online im WWW unter URL: <http://www.yavana.ch/abfalltechnik/media/pdf/Kapitel%206/06-2-Rostfeuerung-und-Luftfuehrung.pdf>, Stand: 13.05.2014; 08:32
- [7] Markus Franz, Feuerungstechnik, Online im WWW unter URL: <http://www.axpo-holz.ch/files/artikel/192/Feuerung.pdf>, Stand: 13.05.2014; 09:43
- [8] Werner Kepplinger, Bernd Hollauf, Thermische Abfallbehandlung- Skriptum, 2006, Institut für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes der Montanuniversität Leoben, persönliches Gespräch mit Herrn Kepplinger am 17.06.2014
- [9] Franz Mugrauer, Energieformen, -nutzung und -umwandlung – Skriptum, 2009, Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik der Montanuniversität Leoben
- [10] Gerald Pichler, Reject to Power Verbrennungstechnologie Christof Group, 2014, Präsentation, Technischer Bericht, Reporte, Emailverkehr, etc. Email-Kontakt: [g.pichler@christof-group.com](mailto:g.pichler@christof-group.com) , Online im WWW unter URL: <http://www.christof-group.at/division/energie-und-umwelttechnik/reject-to-power/>

- [11] Klaus Cord-Landwehr, Einführung in die Abfallwirtschaft, 2002, 3. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Teuber Verlag
- [12] R. Kneer, Feuerungstechnik – Skriptum, WS 2006/2007, Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung an der Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Online im WWW unter URL: <http://www.wsa.rwth-aachen.de>
- [13] Klaus Reisinger und Alfred Schmidt, Energetische Verwertungsmöglichkeiten von biogenen Reststoffen verschiedener Industriebranchen sowie aus kommunalen Sammelsystemen, 1997, Hrsg. Österreichische Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesellschaft, im Rahmen der Forschung im Verbund am Institut für Verfahrens-, Brennstoff- und Umwelttechnik an der Technischen Universität Wien
- [14] Rüdiger Trumpf und Joachim Sommer, Energetische Nutzung von Reststoffen und Ersatzbrennstoff in unterschiedlichen Feuerungssystemen – Konzept zur Versorgung von Industriebetrieben, 2008, Eproplan GmbH Stuttgart
- [15] Josef Stubenvoll, Siegmund Böhmer und Ilone Szednyj, Stand der Technik bei Abfallverbrennungsanlagen, Studie im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2002, Wien
- [16] Markus Franz, Rauchgasreinigung, Online im WWW unter URL: <http://www.axpo-holz.ch/files/artikel/186/Rauchgasreinigung.pdf> STAND: 06.04.2012
- [17] Phillip Kolitsch und Arno Kolbitsch, Vergleich von Rost- und Wirbelschichtfeuerung: Technik, Kosten, Anwendung, 2014, Wien, Josef Bertsch GmbH & Co. KG
- [18] Online im WWW unter URL: <http://www.valmet.com> , Stand: Sommer 2014
- [19] Risto Etelaaho und Pertti Petanen von der Firma Valmet, Email - Kontakt: [risto.etelaaho@valmet.com](mailto:risto.etelaaho@valmet.com) , [pertti.petanen@valmet.com](mailto:pertti.petanen@valmet.com)
- [20] Online im WWW unter URL: <http://www.oschatz.com> , Stand: Sommer 2014
- [21] Thomas Seyser von der Firma Oschatz, Telefonat am 11.09.2014, Email- Kontakt: [Seyser.T@Oschatz.com](mailto:Seyser.T@Oschatz.com)
- [22] Online im WWW unter URL: <http://www.volund.dk> , Stand: Sommer 2014
- [23] Babcock & Wilcox Volund A/S, Ole Hedegaard Madsen, Meath Waste-to-Energy, Next Generation of Waste Fired Power Plants, Online im WWW unter URL: <http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/WGER/WGER%20Meeting%202011%2009%2029%20Dublin%20Ireland/Presentations/21%20B%26WV%20ISWA%202011%20IN%20DAVER%201.pdf> , Stand: 2010
- [24] Online im WWW unter URL: <http://www.outotec.com> , Stand: Sommer 2014



- [25] Stefan Salzman von der Firma Outotec, Email - Kontakt: [stefan.salzman@outotec.com](mailto:stefan.salzman@outotec.com)
- [26] Online im WWW unter URL: <http://www.bertsch.at> , Stand: Sommer 2014
- [27] Philipp Kolbitsch von der Firma Bertsch, Email – Kontakt: [Philipp.Kolbisch@bertsch.at](mailto:Philipp.Kolbisch@bertsch.at)
- [28] Online im WWW unter URL: <http://www.martingmbh.de> , Stand: Sommer 2014
- [29] Valerie Martin von der Firma Martin, Email – Kontakt: [Valerie.Martin@martingmbh.de](mailto:Valerie.Martin@martingmbh.de)
- [30] Online im WWW unter URL: <http://www.andritz.com/de/> , Stand: Sommer 2014
- [31] Wolfgang Oberleitner und Thomas Hofer der Firma Andritz, persönliches Gespräch am 22.09.2014, Email – Kontakt: [wolfgang.oberleitner@andritz.com](mailto:wolfgang.oberleitner@andritz.com) , [thomas.hofer@andritz.com](mailto:thomas.hofer@andritz.com)
- [32] Online im WWW unter URL: <http://www.standardkessel-baumgarte.com> , Stand: Sommer 2014
- [33] Nils Foster von der Firma Baumgarte, Email – Kontakt: [NFoster@baumgarte.com](mailto:NFoster@baumgarte.com); Andre Flötgen von der Firma Baumgarte, Telefonat am 16.10.2014, Email - Kontakt: [AFloetgen@standardkessel.de](mailto:AFloetgen@standardkessel.de)

## 7.2 Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
°	Grad
z.B.	zum Beispiel
etc.	et cetera
bzw.	beziehungsweise
usw.	und so weiter
Abb.	Abbildung
ca.	zirka
>	größer
<	kleiner
=	ist gleich
Pa	Pascal
bar	Bar
%	Prozent
Gew%	Gewichtsprozent
Vol%	Volumprozent
def.	Definiert
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
C	Kohlenstoff
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Kohlenwasserstoff
S	Schwefel
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
H <sub>2</sub> S	Schwefelwasserstoff
N <sub>2</sub>	Stickstoff
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	NO und NO <sub>2</sub> gemeinsam
OH	Hydroxid
H <sub>2</sub> O	Wasser
HCl	Chlorwasserstoff
TOC	Total organic carbon, gesamte organische Kohlenstoff
SNCR	Selective non.catalytic reduction, selektive nicht-katalytische Reduktion
BImSchV	Bundes- Immissionsschutz – Verordnung
λ	Luftüberschusszahl
R2P	Reject to Power



## 7.3 Tabellen

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Technologien .....	39
Tabelle 2: Eintragsarten in die Feuerungsanlagen.....	44
Tabelle 3: Merkmale der Eintragsarten .....	44
Tabelle 4: Antriebsarten bei Feuerungsanlagen .....	46
Tabelle 5: Parameter der Firma Christof Group – R2P .....	60
Tabelle 6: Parameter der Firma Valmet Corporation .....	65
Tabelle 7: Parameter der Firma Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG .....	67
Tabelle 8: Parameter der Firma B&W Volund.....	73
Tabelle 9: Parameter der Firma Outotec GmbH & Co.KG .....	79
Tabelle 10: Parameter der Firma Bertsch Energy.....	83
Tabelle 11: Parameter der Firma Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik.....	88
Tabelle 12: Parameter der Firma Andritz.....	93
Tabelle 13: Parameter der Firma Standardkessel Baumgarte - Waste to Energy .....	96
Tabelle 14: Parameter der Firma Standardkessel Baumgarte - Biomasse.....	99
Tabelle 15: Vergleich der Firmen im Bereich Papier Industrie .....	102
Tabelle 16: Vergleich der Firmen im Bereich Klärschlamm.....	103
Tabelle 17: Vergleich der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 1 .....	104
Tabelle 18: Vergleich der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 2.....	105
Tabelle 19: Vergleich der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 1 .....	106
Tabelle 20: Vergleich der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 2 .....	107
Tabelle 21: Gegenüberstellung der Vorteile der Technologien .....	108
Tabelle 22: Gegenüberstellung der Nachteile der Technologien.....	109
Tabelle 23: betrachtete Firmen bezogen auf die einzelnen Verbrennungsbereiche .....	110
Tabelle 24: Gegenüberstellung der Verbrennungstechnologien .....	111
Tabelle 25: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Papier Industrie...	112
Tabelle 26: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Klärschlamm.....	112
Tabelle 27: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 1	112
Tabelle 28: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Biomasse - Teil 2	113
Tabelle 29: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 1 .....	113

Tabelle 30: Kurzfassung der Gegenüberstellung der Firmen im Bereich Waste to Energy - Teil 2 .....	113
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## 7.4 Abbildungen

Abbildung 1: Gaszusammensetzung über Rost [1] .....	9
Abbildung 2: Qualitative Temperaturabhängigkeit der NO <sub>x</sub> - Konzentrationen [12].....	11
Abbildung 3: Abfalldreieck nach Tanner [2] .....	12
Abbildung 4: Darstellung des Brennstoffeintrages und der gegengesetzten Rostrichtung[10] .....	15
Abbildung 5: Schematische Darstellung von REJECT to POWER Verbrennung [10] .....	15
Abbildung 6: Skizze des Gleichstromes.....	18
Abbildung 7: Skizze des Gegenstromes .....	18
Abbildung 8: Skizze des Mittelstromes .....	19
Abbildung 9: Skizze Wanderrost [8].....	20
Abbildung 10: Skizze eines Unterschubrostes [9].....	21
Abbildung 11: Skizze Walzenrost [6] .....	22
Abbildung 12: Skizze Vorschubrost [6] .....	23
Abbildung 13: schematische Darstellung der Bewegung der Stäbe eines Vorschubrostes [6] .....	24
Abbildung 14: Skizze Rückschubrost [6].....	25
Abbildung 15: Skizze Gegenlauf- Überschubrost [6].....	25
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Bewegung der Roststäbe [4].....	26
Abbildung 17: Skizze Stationäre Wirbelschicht [1] .....	30
Abbildung 18: Skizze einer Rotierenden Wirbelschicht - Einzelbett Variante [1] .....	31
Abbildung 19: Skizze einer Rotierenden Wirbelschicht - Doppelbett Variante [1].....	31
Abbildung 20: Skizze einer Zirkulierenden Wirbelschicht [1].....	32
Abbildung 21: Skizze einer Turbowirbelschicht [1].....	33
Abbildung 22: Skizze eines Drehrohres [1].....	34
Abbildung 23: Gegenüberstellung der Feuerungssysteme bezogen auf Massenstrom und Feuerungsleistung [14].....	35
Abbildung 24: Beschickung mit übereinanderliegenden Stößeln [1] .....	41
Abbildung 25: Beschickung mit Aufgaberost (Wanderrost) [1] .....	42
Abbildung 26: Ausbrandverhalten eines Rostes (Grundriss).....	52

Abbildung 27: Ausbrandverhalten bei R2P (Aufriss) .....	52
Abbildung 28: Ausschnitt eines IR Bildes [1].....	55
Abbildung 29: Einblick in die Störquellen bzw. Einbauort einer IR Kamera [1] .....	55
Abbildung 30: Beispiel eines Vorschubrostes mit Anordnung der Pyrodetektoren [1] .....	56
Abbildung 31: Darstellung einer REJECT to POWER Verbrennungsanlage [10] .....	59
Abbildung 32: Aufbau der Stationären Wirbelschicht von Valmet [18].....	62
Abbildung 33: Skizze des patentierten Hydro Beam Grate [18] .....	63
Abbildung 34: Aufbau der Zirkulierenden Wirbelschicht von Valmet [18] .....	63
Abbildung 35: Detailansicht einer "loop seals" [18] .....	64
Abbildung 36: Schaubild einer Anlage der Firma Oschatz Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG [20] .....	68
Abbildung 37: Ausschnitt der integrierten Kühlung in der Welle bei einem DynaGrate [23]...70	
Abbildung 38: Skizze des wassergekühlten Vibrationsrostes [22].....	72
Abbildung 39: Ausschnitt einer Verbrennungsanlage der Firma B&W Volund [22].....	74
Abbildung 40: Typisches Layout der Firma Outotec GmbH & Co.KG [24] .....	77
Abbildung 41: Skizze des Bettmaterialabzugssystems mit Doppelkonus [24] .....	78
Abbildung 42: Links: Skizze der Stationären Wirbelschicht; Rechts: Skizze der Zirkulierenden Wirbelschicht [24] .....	78
Abbildung 43: Abbildung der kesselintegrierten Rostfeuerung [17] .....	81
Abbildung 44: Prinzip der Wirbelschicht mit Ascheustragsystem [17] .....	82
Abbildung 45: Skizze einer Martin Feuerungsanlage [28] .....	85
Abbildung 46: Überblick über einen Rückschubrost mit anschließendem Trockenentschlackungssystem [28].....	86
Abbildung 47: Überblick des SYNCOM - Plus Verfahrens [28] .....	88
Abbildung 48: Überblick der EcoFluid Konzepte [31] .....	91
Abbildung 49: Überblick der PowerFluid Konzepte [31] .....	92
Abbildung 50: Skizze des Vorschubrostes [32] .....	98

# Anhang

## Referenzlisten bzw. Referenzanlagen der Firmen:

Christof Group – R2P	Seite 2 bis 4
VALMET Corporation	Seite 5 bis 8
OSCHATZ Kraftwerkstechnik GmbH & Co.KG	Seite 9 bis 15
B & W Volund	Seite 16 bis 38
OUTOTEC GmbH & Co.KG	Seite 39 bis 66
BERTSCH Energy	Seite 67 bis 77
MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik	Seite 78 bis 101
ANDRITZ	Seite 102 bis 117
Standardkessel Baumgarte	Seite 118 bis 160



## REFERENCES



**Client:** Mayr-Melnhof Karton GmbH

**Project:** MM Karton Hirschwang, Austria

**Implement. period:** 16 months, Start Up: 2005

**Fuel heat capacity:** 4,8 MW

**Fuel:** Rejects, Wood and Bio sludge

**Steam data:** 80 bar, 480 ° C

### Scope of supply and services:

- **General contractor**
  - Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning
- **Supply of main equipment**
  - ✓ Fuel storage, treatment, transport system
  - ✓ Incineration
  - ✓ Water tube boiler with economiser
  - ✓ SCNR system
  - ✓ Flue gas treatment system
  - ✓ BoP with boiler house
  - ✓ Ash handling system
  - ✓ Instrumentation, Electrical and Control system
  - ✓ Building and civil works

### Spotlights:

- Sophisticated integration of steam supply into existing power plant
- Turn Key installation



REFERENCES

	<p><b>Client:</b> Zweckverband RBB  <b>Project:</b> RBB BHKW Böblingen, Germany  <b>Implement. period:</b> 18 months, Start Up: 2008</p>
	<p><b>Fuel heat capacity:</b> 6 MW  <b>Fuel:</b> Screening residues from wood chip fabrication  <b>Steam data:</b> 40 bar, 390° C</p>
	<p><b>Scope of supply and services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>EPC contractor</b>              Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning</li> <li>▪ <b>Supply of main equipment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incineration</li> <li>✓ Water tube boiler with economiser</li> <li>✓ SCNR system</li> <li>✓ Flue gas de-dusting system</li> <li>✓ BoP with boiler house</li> <li>✓ Control system</li> <li>✓ Electrical system</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>Spotlights:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Installation in limited space of existing building</li> <li>▪ Biomass with extremely low heating value and very high ash content</li> <li>▪ Dust emission level &lt;10mg/Nm3</li> </ul>





# REFERENCES

<p><b>Client:</b> SAICA Containerboard UK</p> <p><b>Project:</b> PM11_Energy Recovery Boiler, UK</p> <p><b>Implement. period:</b> 28 months, Start Up: 2012</p> <p><b>Fuel heat capacity:</b> 21,9 MW</p> <p><b>Fuel:</b> Rejects, RDF, Sludge and Biogas</p> <p><b>Steam data:</b> 20 bar, 215° C</p> <p><b>Scope of supply and services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EPC contractor                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning</li> </ul> </li> <li>▪ <b>Supply of main equipment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuel and Ash transport system</li> <li>✓ Incineration</li> <li>✓ Water tube boiler with economiser</li> <li>✓ SCNR system</li> <li>✓ Flue gas treatment system</li> <li>✓ Steel construction and Pipework to transfer points</li> <li>✓ Instrumentation and Electrical equipment, Control system</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Spotlights:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ High flexibility of useable fuels (Reject, RDF, Biogas, Natural gas, Sludge) in any ratio</li> <li>▪ Outdoor installation in UK</li> </ul>	<p><b>Client:</b> SAICA Containerboard UK</p> <p><b>Project:</b> PM11_Energy Recovery Boiler, UK</p> <p><b>Implement. period:</b> 28 months, Start Up: 2012</p> <p><b>Fuel heat capacity:</b> 21,9 MW</p> <p><b>Fuel:</b> Rejects, RDF, Sludge and Biogas</p> <p><b>Steam data:</b> 20 bar, 215° C</p> <p><b>Scope of supply and services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EPC contractor                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning</li> </ul> </li> <li>▪ <b>Supply of main equipment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuel and Ash transport system</li> <li>✓ Incineration</li> <li>✓ Water tube boiler with economiser</li> <li>✓ SCNR system</li> <li>✓ Flue gas treatment system</li> <li>✓ Steel construction and Pipework to transfer points</li> <li>✓ Instrumentation and Electrical equipment, Control system</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Spotlights:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ High flexibility of useable fuels (Reject, RDF, Biogas, Natural gas, Sludge) in any ratio</li> <li>▪ Outdoor installation in UK</li> </ul>	<p><b>Client:</b> SAICA Containerboard UK</p> <p><b>Project:</b> PM11_Energy Recovery Boiler, UK</p> <p><b>Implement. period:</b> 28 months, Start Up: 2012</p> <p><b>Fuel heat capacity:</b> 21,9 MW</p> <p><b>Fuel:</b> Rejects, RDF, Sludge and Biogas</p> <p><b>Steam data:</b> 20 bar, 215° C</p> <p><b>Scope of supply and services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EPC contractor                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning</li> </ul> </li> <li>▪ <b>Supply of main equipment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuel and Ash transport system</li> <li>✓ Incineration</li> <li>✓ Water tube boiler with economiser</li> <li>✓ SCNR system</li> <li>✓ Flue gas treatment system</li> <li>✓ Steel construction and Pipework to transfer points</li> <li>✓ Instrumentation and Electrical equipment, Control system</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Spotlights:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ High flexibility of useable fuels (Reject, RDF, Biogas, Natural gas, Sludge) in any ratio</li> <li>▪ Outdoor installation in UK</li> </ul>	<p><b>Client:</b> SAICA Containerboard UK</p> <p><b>Project:</b> PM11_Energy Recovery Boiler, UK</p> <p><b>Implement. period:</b> 28 months, Start Up: 2012</p> <p><b>Fuel heat capacity:</b> 21,9 MW</p> <p><b>Fuel:</b> Rejects, RDF, Sludge and Biogas</p> <p><b>Steam data:</b> 20 bar, 215° C</p> <p><b>Scope of supply and services:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EPC contractor                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Project management, Engineering, Procurement, Transport, Construction, Commissioning</li> </ul> </li> <li>▪ <b>Supply of main equipment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuel and Ash transport system</li> <li>✓ Incineration</li> <li>✓ Water tube boiler with economiser</li> <li>✓ SCNR system</li> <li>✓ Flue gas treatment system</li> <li>✓ Steel construction and Pipework to transfer points</li> <li>✓ Instrumentation and Electrical equipment, Control system</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Spotlights:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ High flexibility of useable fuels (Reject, RDF, Biogas, Natural gas, Sludge) in any ratio</li> <li>▪ Outdoor installation in UK</li> </ul>

# Strong Focus on the Ecocycle

Borås Energi och Miljö, Sweden



## Perfect for modern waste management

### Bubbling Fluidized Bed (BFB) boilers can combust:

- High heat value fuels
- Dry, light fuels
- Wet waste and sewage sludge

### BFB provides:

- Minimized emissions to air and ground
- Good fuel flexibility
- High boiler efficiency
- Reliable operation

A city free from fossil fuels - that is the dream of the waste management and energy production company "Borås Energi och Miljö". To produce electricity and heat from household waste is an important step in making this dream become reality.

## Combustion means recovery

In Borås, Sweden, household waste is sorted into compostable and combustible, respectively; printed matter and paper-based packaging is turned over to paper collection, glass bottles are deposited in containers for recycling and batteries are sorted separately. This prevents environmentally hazardous substances from contaminating nature via refuse dumps and lowers consumption of timber and other natural resources.

## Fuel from waste replaces fossil fuels

Earlier, the Municipality of Borås had to truck waste away for incineration. This was expensive, and the transports were detrimental to the environment. In 2003 Valmet built two boilers for combustion of RDF (Refuse Derived Fuel) at the Ryaverket cogeneration plant. This made it possible for Borås Energi och Miljö to transform combustible waste into electricity and district heating. The city of Borås has

a district heating network, about 260 km in length, which transports hot water for heating homes and buildings. The energy is produced mainly from biofuels, but the combustion of waste is a considerable part of the total energy production. Borås Energi och Miljö has radically decreased the use of fossil fuels, which is beneficial for both the inhabitants of Borås and the environment.

## Technical data

2 Bubbling Fluidized Bed boilers with Advanced Combustion Zone.

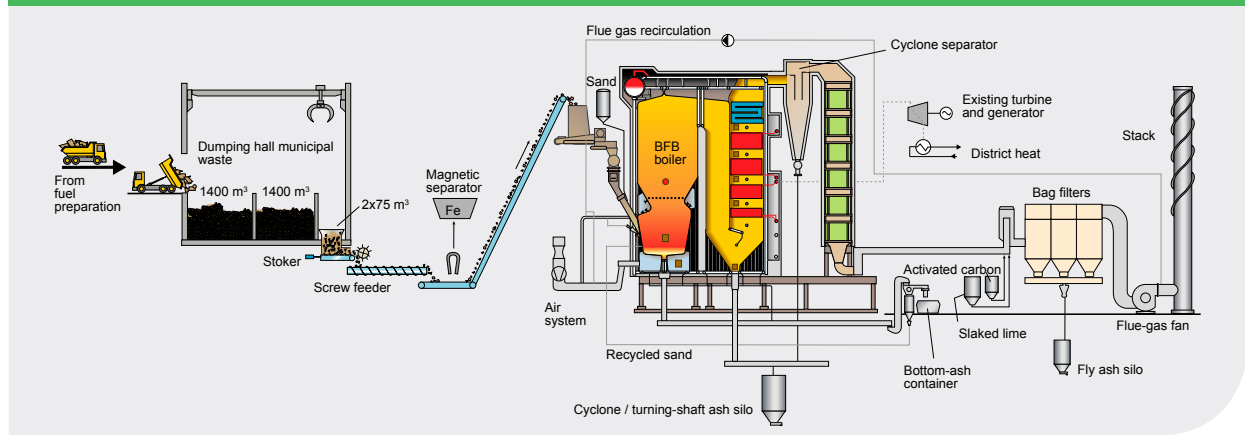
**Thermal efficiency:** 2x20MW

**Steam data:** 49 bar, 405°C. 2x27 tons/h

**Fuel consumption:** Approx. 7tons/h per boiler

**Fuels:** Source-sorted combustible household waste, industrial waste, recovered wood chips and biofuels.

## From fuel to energy



## Ryaverket

### Fuel preparation

Source-sorted household waste suitable for combustion, industrial waste, recovered wood chips and biofuels are gathered and prepared at the waste disposal facility in Borås. Magnetic separation sorts out ferric object and a hammer mill and a shredder breaks the fuel into suitably sized pieces. The fuel is then transported to Ryaverket.

### Fuel storage

The Ryaverket cogeneration plant has a fuel storage for three days operation.

### Fuel feed system

Fuel is fed to the boilers with Valmet's own sophisticated equipment, namely the Feedingmaster. The system provides very even fuel flow and high availability.

### Boiler plant

The plant produces superheated steam used for production of electricity and district heat. The two new boilers are integrated with the biofuel boilers. This enables utilization of the cogeneration plant's turbines and other plant facilities. The boilers are designed for optimal efficiency, minimum emission and high availability.

### Flue-gas cleaning

The flue-gas cleaning system is based on modern environmentally-friendly technology for dry flue-gas cleaning. By having the flue gas react with additives of hydrated lime and activated carbon, the system ensures minimum emission levels. The plant fulfills the requirements of the EU and the Swedish Environmental Protection Agency.

### Ash handling system

The ash system minimizes ash from the bag filter system as this ash must be sent to controlled disposal. The remaining ash, which makes up the largest portion, is recycled as filling material. The bottom ash is screened and the fine-grained portion (recycled sand) is returned to the boiler. This reduces consumption of fresh sand.

### Boiler technology

The waste boilers are Bubbling Fluidized Bed boilers with Advanced Combustion Zone. Combustion in these boilers takes place in a bed of red-hot sand, ash particles and fuel. The bed is kept under constant motion (bubbling) with air, injected through nozzles in the bottom of the boiler. The hot bed stores heat and works like a "thermal flywheel", guaranteeing even combustion temperature, also in the event of temporary variations in the moisture content or heat value of the fuel. The mixing of air, fuel and hot sand creates ideal conditions for complete combustion of the fuel. The BFB boilers feature high efficiency, excellent environmental rating and outstanding ash characteristics. In ACZ boilers, air and flue gas is also inserted above the bed. The mixing effect of the added air and flue gas is maximized by reduced cross-sectional area of the furnace, so called arches. This creates a staged combustion which significantly contributes to the excellent results. Our combination of controlled combustion temperature, low excess air and "staged" combustion provides the best conditions for meeting strict environmental requirements for the combustion of waste fuels. With Valmet's in-house developed SNCR system, featuring ammonia solution injection, nitrogen oxide emissions can be reduced even further.

For more information, contact your local Valmet office. [www.valmet.com](http://www.valmet.com)

Specifications in this document are subject to change without notice.  
Product names in this publication are all trademarks of Valmet Corporation.



# Building for the Environment

## Energy-from-Waste increase at Lidköping, Sweden



The Lidköping plant was designed to utilize the increasing amount of household, commercial and industrial waste, produced by the community, as fuel. By burning 100.000 tons of waste each year, the plant supplies some 20.000 people with district heating. By choosing our fluidized bed boilers to burn the refuse, stringent environmental standards can be met, and energy needs can be covered at low cost, helping the community save money.

The Lidköping district heating plant in Sweden is one of Valmet's oldest Energy-from-Waste customers. We supplied Lidköping with two boilers in the mid-80s designed to fire peat and bio/waste, separately or together. In the first years the plant used about 10 000 – 12 000 tons of local household and industrial waste a year. This was very profitable in comparison with landfill. Over the years, the capacity has been subsequently increased to relieve other communities of waste. It is now approximately 100 000 tons a year, and 60% of this is industrial waste.

### 1993 – BFB boilers

Escalating oil prices and shortage of landfill sites were the main reasons for the development of the project. By using refuse, the dependence on fossil fuels was minimized, and a considerable proportion of the

region's refuse could be recycled into energy.

The plant originally incorporated two 12MW<sub>th</sub> BFB and two 20MW<sub>th</sub> oil fired hot water boilers which were in operation at the end of 1985. The BFBs have later been upgraded to 15MW<sub>th</sub> each.

A new, highly efficient, low emission Advanced Combustion Zone (ACZ) has been introduced, and the boilers have been converted to steam generating units for future power generation. The updated boilers went into operation in 1993 and 1994 respectively. The BFB boilers are used for base load throughout the year, whereas the oil fired boilers are used for peak loads during the winter. Typically, shredded Municipal Solid Waste (MSW) is burned 24 hours a day, 5-6 days a week.

A decision was made to expand Energy from Waste capacity for district heating, and a third line was ordered from Valmet in August 2000. The new third generation BFB boiler is somewhat larger than the two original first generation units, about 20 MW<sub>th</sub>. It produces steam used to drive a power turbine, supply process steam for a neighboring plant and provide district heat energy.

### Why is BFB an optimal solution?

The BFB boilers installed at Lidköping combine high overall efficiency with excellent environmental performance (low NO<sub>x</sub> formation). This is achieved through low excess air, turbulent mixing of air and fuel, and a uniform temperature profile across the furnace.

### Additional benefits of the BFB boiler systems include:

- Compact, cost-efficient design
- Rapid start-up and shut-down
- Reduced maintenance due to the absence of moving parts

“

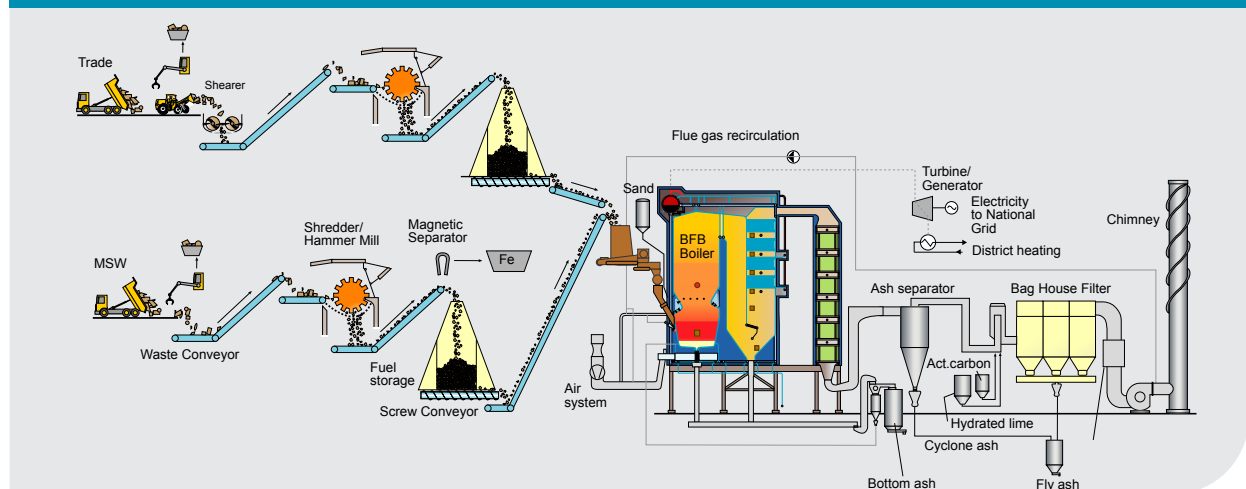
We chose Valmet again because they have well known, proven fluidized-bed technology and extensive trial programs to test their designs. We are very satisfied with our co-operation with them over the years. Valmet supplies a superior all-inclusive solution ensuring fewer operating disruptions and low maintenance costs, which pays off in the long run. And the company is in the forefront when it comes to meeting strict environmental requirements.”

**Bengt-Olof Andersson,**  
*Manager of Operations at Lidköping*

#### Technical data of third line

Boiler type: Fluidized Bed 20 MW <sub>th</sub>	Steam data: 40 bar/saturated	HCl: 10 mg/Nm <sup>3</sup>
Furnace design: Advanced Combustion Zone technology	Stack emissions: at 11% O <sub>2</sub>	Dioxin: 0.1 ng/Nm <sup>3</sup>
Fuel: MSW and industrial waste	General: In acc. with EU waste incineration directive (2000/76/EC)	Combustion: standard 850°C for > 2s
Calorific value: 7–18 MJ/kg	CO: 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Bottom ash: < 1% unburnt C
Fuel capacity: max 11 tons/h	NO <sub>x</sub> : 150 mg/Nm <sup>3</sup>	
Steam output: 35 tons/h	TOC: 10 mg/Nm <sup>3</sup>	

#### From fuel to energy

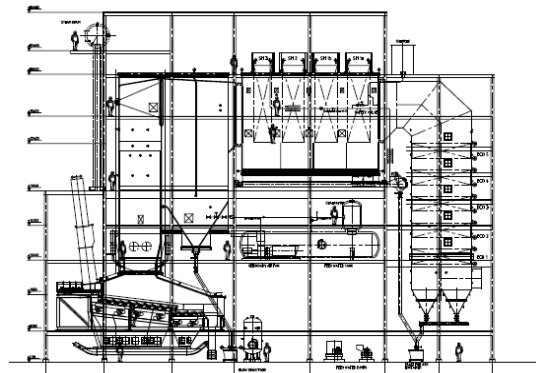


For more information, contact your local Valmet office. [www.valmet.com](http://www.valmet.com)

Specifications in this document are subject to change without notice.  
Product names in this publication are all trademarks of Valmet Corporation.

CHEMTEX - Italien

A1853



2 bahniger  
Rost, ca. 6m breit

Biomasse-Anlage: thermische Verwertung von Reststoffen

Brennstoff: Lignin aus der Bioethanol-Produktion oder Arundo-Frischmaterial

Luftgekühlter Verbrennungsrost, Dampfkessel mit Überhitzer-Horizontalzug, Rauchgasreinigung und Kamin

Frischdampfdruck 65 bar

Frischdampftemperatur 480 °C

Dampfmenge: 50 t/h

Feuerungswärmeleistung: 44 MW

Beginn Inbetriebnahme Ende 2011

Chemieunternehmen – Deutschland

A 1834



Zwei direkt befeuerte Kesselanlagen (ohne Bau), ausgeführt als Turmkessel

Brennstoff: Erdgas sowie Wasserstoff

Frischdampfdruck 43 bar

Frischdampftemperatur 400 °C

Dampfmenge: 2 x 190 t/h

Feuerungswärmeleistung: 2 x 160 MW

Inbetriebnahme Ende 2010



MKV – Mecklenburger Kartoffelveredlung,  
19230 Hagenow

A 1771



EBS, Wassergekühlt,  
ca.13Mj/kg ca.4,5mbreit

Komplette schlüsselfertige Ersatzbrennstoff -  
Anlage einschl. Dampfturbine, LUKO,  
Bauleistungen

Ausführung als GU

Durchsatz Rostfeuerung 7,1 t/h

Brennstoff: Ersatzbrennstoffe

Dampfdruck / Temperatur  
46 bar ü / 410 °C

Dampfmenge 38,5 t/h

Feuerungswärmeleistung: 30,0 MW

Elektrische Leistung 6,8 MW

Inbetriebnahme Ende 2008

IHKW – Andernach  
Rasselstein Weissblech,  
Andernach  
A 1782



Ersatzbrennstoff – Anlage, Rostfeuerung,  
Kessel, externer Überhitzer und  
Rauchgasreinigung

Durchsatz Rostfeuerung 14,6 t/h

Brennstoff: Ersatzbrennstoffe

Dampfdruck / Temperatur  
70 bar ü / 525 °C

Dampfmenge 65 t/h

Feuerungswärmeleistung: 54 MW

Inbetriebnahme August 2008

wassergekühlt, ca.13MJ/kg,ca.7m  
beit, einbahning

Zweckverband Abfallwirtschaft Saale-Orla  
(ZASO), Rudolstadt in Thüringen

A 1751



Komplette schlüsselfertige  
Reststoffverbrennungsanlage

Ausführung als GU

Durchsatz Rostfeuerung 8 t/h

Brennstoff: Reststoffe aus Abfallaufbereitung  
und Papierproduktion

Rauchgastemperatur Eintritt/Austritt  
1.220 °C / 180 °C

Dampfdruck / Temperatur  
38 bar ü / 420 °C

Dampfmenge: 32,7 t/h  
Feuerungswärmeleistung: 29,5MW

Inbetriebnahme 2007

EBS+Papierfabrikreste, wassergekühlt,  
ca. 4,3m breit, einbahnig, 13 MJ/kg

Wilmersdorf

A 1733



Thermische Verwertung von Altholz

Verbrennungsrost und Kessel

Durchsatz Rostfeuerung: 7 t/h

Brennstoff: Altholz (A1-AIV)

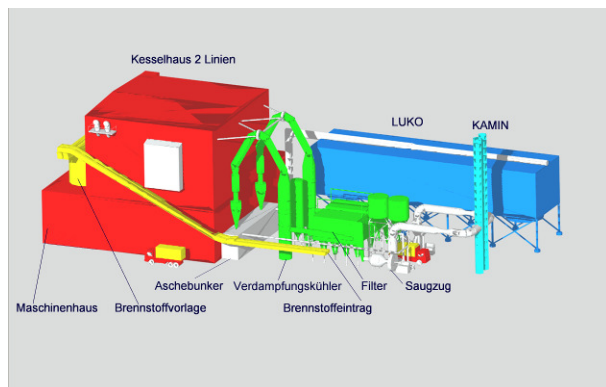
Dampfdruck / Temperatur  
42 bar g / 425 °C

Dampfmenge: 28 t/h  
Feuerungswärmeleistung: 29,5 MW

Inbetriebnahme 2004

Projektentwicklung einer Gesamtanlage für  
Stroh / Mais/ Holzverbrennung

PU 04 -328



Komplette schlüsselfertige Biomasse-  
Verbrennungsanlage für Stroh / Mais/  
Holzverbrennung mit Turbine  
u. Rauchgasreinigung.

Hauptbrennstoff: 70 % Stroh/ Mais und  
30 % Holz-Chips

Brennstoffverbrauch (normal): 15 t/h Stroh / Mais  
und 6,6 t/h Holzchips

Werte für eine Linie (2 Linien werden installiert )  
Dampfmenge: 49 t/h  
Dampfdruck: 64 bar (a)  
Dampftemperatur: 452 °C  
Feuerungswärmeleistung: 46 MW

Wert für 2 Linien bei 100% Last  
Elektr. Leistung: 22 MW el.

Marsberger Kraftwerk GmbH  
Giershagen  
A 1647



Komplette schlüsselfertige Reststoff-  
Verbrennungsanlage in Verbindung mit einem  
Gasturbinen - Prozess und Abhitzeessel

Durchsatz Rostfeuerung 13 t/h  
Brennstoff: Faserreststoffe und Rejekte aus der  
Altpapierproduktion  
Dampfmenge 27 t/h (HD)  
Feuerungswärmeleistung: ca. 24 MW

luftgekühlt, 6,4  
mJ, luftgekühlt

Abhitzeessel nach Gasturbine  
Dampfmenge HD 18 t/h mit Zusatzfeuerung  
Dampfmenge ND 4 t/h (3,5 bar / 165 °C)

Dampfdruck / Temperatur (HD)  
83 bar / 450 °C





Weig GmbH & Co. KG, Mayen

A 1767



Komplette Abhitzeesselanlage mit Zusatzfeuerung einschl. Bau mit Einbindung an vorgeschalteter Gasturbine

Brennstoff: Erdgas sowie Nutzung Gasturbinenabgase

Frischdampfdruck 80 bar

Frischdampf Temperatur 540 °C

Dampfmenge: 100 to/h

IB Ende 2007

Weig GmbH & Co. KG, Mayen

A 1613



Komplette Reststoffverbrennungsanlage einschl. Bau

Durchsatz Rostfeuerung 5 t/h

Brennstoff: Rückstände aus der Papierproduktion

Dampfdruck / Temperatur  
82 bar / 495 °C

Dampfmenge 15 t/h

Feuerungswärmeleistung: ca. 15 MW

luftgekühlt, ca. 4 Mj , ca. 2 m breit

Weig GmbH & Co. KG, Mayen

A 1597



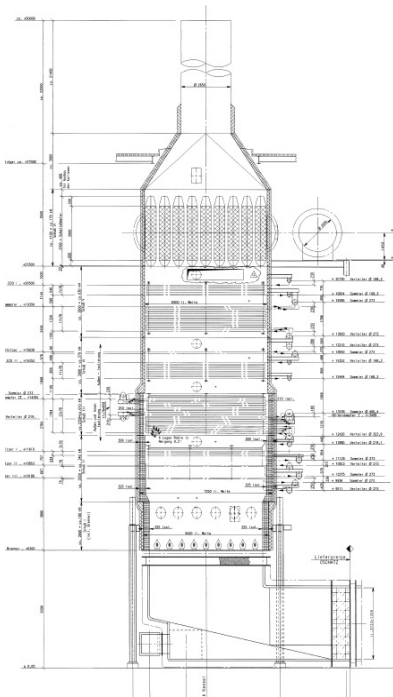
Umbau der Altanlage sowie Neubau einer schlüsselfertigen Abhitzeanlage mit Einhausung und Einbindung Altanlage einschl. Bau

Dampfdruck/ Temperatur  
95 bar/ 495 °C

Dampfmenge  
94 t/ h (+ 14 t/h Fremddampf)  
40 t/ h

VEW, Dortmund für Papierfabrik  
Baienfurt

A 1630



Abhitze-Dampferzeuger im Kombibetrieb mit Erdgasfeuerung, Frischlüfterbetrieb und Kamin

Frischdampfdruck 56 bar

Frischdampf Temperatur 420 °C

Dampfmenge: 80 t/h

Technische Werke (TWK),  
Kaiserslautern

A 1635



Komplette betriebsfertige Gasturbinen-  
anlage mit Abhitzekeessel

Dampfdruck/ Temperatur  
78 bar/ 500 °C

Dampfmenge  
10 t/ h





## Reference list: Waste-to-Energy Plants 1997 – 2016

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Plant size t/h Per line	Steam t/h Per line	Type of output	Type of grate	Pressure bar	Temperature °C
2016	Nordforbrænding, Hørsholm	Denmark	Waste	1	10	43.6	Electricity District heating	DynaGrate® Air-cooled	50	400
2016	Peterborough	United Kingdom	Waste	1	11.1	33.5	Electricity	DynaGrate® Air-cooled	65	440
2016	Amager Bakke, Copenhagen	Denmark	Waste	2	35	141.1	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled	70	440
2015	West Palm Beach	USA	Waste	3	37.8	128.7	Electricity	DynaGrate® Water-cooled	63	443
2015	Nansha, Guangzhou	China	Waste	3	31.3	63	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	400
2015	Zengcheng, Guangzhou	China	Waste	3	31.3	63	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	400
2015	Sembcorp, Sakra	Singapore	Waste	2	24	98.5	Steam	DynaGrate® Water-cooled	53,5	403
2013	Gyeongsan	Korea	Waste	1	4.2	17.9	Steam Electricity	Vølund grate Air-cooled	31	300
2013	Lidköping	Sweden	Waste	1	9.3	32.4	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled	41	353
2013	Voimala 2, Riihimäki	Finland	Waste	1	16.4	43.5	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled	26	320
2013	Helsingborg	Sweden	Waste	1	27	88	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled	50	425
2013	Changwong	Korea	Waste	1	8.3	39.3	Electricity	Vølund grate Air-cooled	19.6	240

# Reference list: Waste-to-Energy Plants 1997 – 2016

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Plant size t/h (MCR)	Steam t/h	Type of output	Type of grate	Pressure bar	Temperature °C
2012	Landskrona	Sweden	Multi-fuel	1	11.9	39.7	Electricity District heating	Vibrating grate Water-cooled	70	430
2012	Ulsan	Korea	Waste	1	10.4	42.7	Electricity	Vølund grate Air-cooled	47	400
2012	Forus 2, Stavanger	Norway	Waste	1	8.8	28.4	Electricity District heating	DynaGrate® Air-cooled	42	403
2011	Lekeng II, Guangzhou	China	Waste	3	31.3	63	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	400
2011	Meath	Ireland	Waste	1	26.7	82.7	Electricity	DynaGrate® Air-cooled	43	400
2011	Chuncheon	Korea	Waste	1	7.1	37.7	Electricity	Vølund grate Water-cooled"	30	300
2011	Hamar, Trehoeringen	Norway	Waste	1	10.8	38.4	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled"	42	402
2009	Tafjord II	Norway	Waste	1	8.8	29	Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	40	400
2008/10	Sarcelles	France	Waste	2	11	24.3	Steam Electricity	Vølund grate Air-cooled	45	380
2009	Fiskeby Board	Sweden	Multi-fuel	1	11.7	54	Steam Electricity	Vibrating grate Water-cooled	65	430
2008	Boden	Sweden	Waste	1	8.8	46	Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	40	400
2008	Strängnäs Energi KVV	Sweden	Multi-fuel	1	9.5	48	Steam Electricity District heating	Vibrating grate Water-cooled	72	480/430
2007	Kolding	Denmark	Waste	1	12.5		District heating	DynaGrate® Water-cooled	10	180
2007	Garp / Linköping	Sweden	Waste	2	12	47.9	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	17.5	206
2006	Affald+, Naestved	Denmark	Waste	1	8	31	Electricity District heating	DynaGrate® Air-cooled	50	400
2006	Sundsvall	Sweden	Waste	1	25	69.7	Electricity District heating	DynaGrate® Water-cooled	40	400
2005	Reno Nord	Denmark	Waste	1	24	80.7	Electricity District heating	DynaGrate® Air-cooled	50	425
2005	MAPO	Korea	Waste	3	11.5	39	Electricity	Vølund grate with rotary kiln Air-cooled	18	207

# Reference list: Waste-to-Energy Plants 1997 – 2016

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Plant size t/h (MCR)	Steam t/h	Type of output	Type of grate	Pressure bar	Temperature °C
2005	Eksjö	Sweden	Waste	1	8	28.3	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	16	217
2005	Skövde	Sweden	Waste	1	9	28.3	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	16	217
2004	ICDI Charleroi	Belgium	Waste	1	8	23.4	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	380
2004	I/M Eeklo	Belgium	Waste	2	6.3	18	Electricity	Vølund grate Air-cooled	38	400
2004	Finspaang	Sweden	Waste	1	4.4		Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	16	150
2004	Linköping	Sweden	Waste	1	24	90.4	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	43	400
2004	Högdalen	Sweden	Waste	1	37	117	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	36	400
2003	Esbjerg	Denmark	Waste	1	26.4	95	Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	43	400
2003	Miryang	Korea	Waste	1	2.1	7.3	Electricity	Vølund grate Air-cooled	10	183
2003	Hässleholm	Sweden	Waste	1	8.2	28.3	Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	16	217
2002	Hammel I	Denmark	Waste	1	4.6		Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	6	110
2002	Nevers	France	Waste	1	6	19.4	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	350
2002	Avesta	Sweden	Waste	1	10		Electricity District heating	Vølund grate Water-cooled	16	217
2001	Hobro	Denmark	Waste	1	4.7		Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	6	110
2001	Yokohama, Kanazawa	Japan	Waste	3	16.7	68.8	Electricity	Vølund grate Air-cooled	40	400
2001	Cheon-an	Korea	Waste	1	8.3		Electricity	DynaGrate® Air-cooled		
2001	Ljungby	Sweden	Waste	1	8.2	28.3	Electricity District heating	Vølund grate Air-cooled	21	217
2000	Örebro	Sweden	Multi-fuel	1	4.2	22	Steam Electricity	Vibrating grate Water-cooled	16	201

# Reference list: Waste-to-Energy Plants 1997 – 2016

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Plant size t/h (MCR)	Steam t/h	Type of output	Type of grate	Pressure bar	Temperature °C
2000	Slough Heat and Power	United Kingdom	Multi-fuel	1	13	74	Electricity	Vibrating grate	47	442
2000	Changwon I	Korea	Waste	1	8.3	26	Electricity	Vølund grate	20.6	240
2000	Ulsan	Korea	Waste	2	8.3	29.2	Electricity	Vølund grate	16.7	203
1999	Svendborg II	Denmark	Waste	1	6	23.8	Electricity District heating	Vølund grate	52	400
1999	Nykøeping F. III	Denmark	Waste	1	9	35	Electricity District heating	Vølund grate	40	400
1999	Shetland Islands	United Kingdom	Waste	1	3.5		District heating	DynaGrate®		120
1999	Kinna Marks Värme	Sweden	Waste	1	4		District heating	DynaGrate®	32	220
1998	AVV Hjoerring	Denmark	Waste	1	6	24	Electricity District heating	DynaGrate®	50	400
1998	Vestforbraending II, Glostrup	Denmark	Waste	1	26	103	Electricity District heating	Vølund grate	53	380
1998	Pali	Taiwan	Waste	3	19	57	Electricity	Vølund grate	40	57
1998	Samui	Thailand	Waste	2	2.92		Electricity	Vølund grate		
1997	Lannion	France	Waste	1	7	18.9	Electricity District heating	Vølund grate	39	350
1997	Tokyo, Edogawa	Japan	Waste	2	12.5	52.1	Electricity District heating	Vølund grate	28	300
1997	Kalix	Sweden	Waste	1	4.3		District heating	Vølund grate	16	400
1997	Tainan	Taiwan	Waste	2	19	42	Electricity	Vølund grate	40	400
1997	Hsinchu	Taiwan	Waste	2	19	57	Electricity	Vølund grate	40	400
1997	Cleveland	United Kingdom	Waste	2	14	43.4	Electricity District heating	Vølund grate	45	400



## WASTE-TO-ENERGY PLANT

# Amager Bakke Copenhagen, Denmark



**Copenhagen's state of the art plant sets new standards for environmental performance, energy production and waste treatment. Innovative technology and architecture integrate to form a future in which waste-to-energy plants are welcomed in any backyard.**

In year 2017, Copenhageners and visitors will witness a waste-to-energy plant that is not only one of the best performing European plants in terms of energy efficiency, waste treatment capacity, and environmental consideration, but also in terms of visual rendition and local acceptance.

The plant, Amager Bakke, is being constructed by Amager Ressourcecenter, owned by five Danish municipalities. Amager Bakke will be equipped with two furnace lines and a joint turbine- and generator system. The plant replaces a 45-year-old plant with four furnace lines.

By 2017 Amager Ressourcecenter will run a plant that burns 2 x 35 tonnes of waste per hour.

Altogether the plant will:

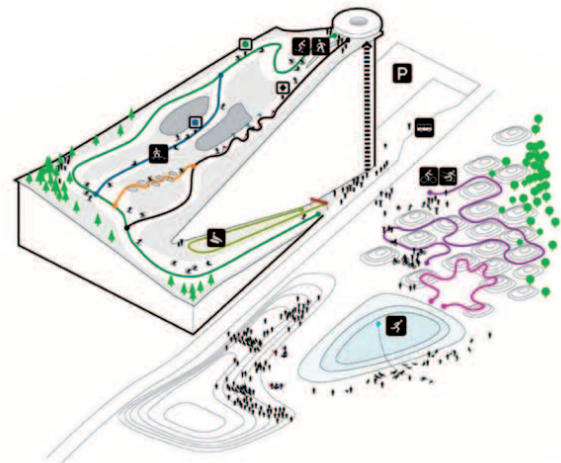
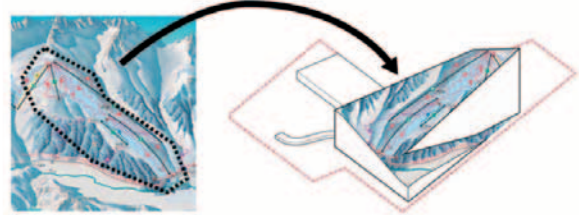
- Treat around 400,000 tonnes of waste annually produced by 500,000–700,000 inhabitants and at least 46,000 companies.
- Supply a minimum of 50,000 households with electricity and 120,000 households with district heating.
- Have steam data at 440 degrees and 70 bars which doubles the electrical efficiency compared to the former plant.

In addition to the technological merits, the plant's architecture includes a roof-wide artificial ski slope open to the public.

We have been contracted to supply the entire combustion system from crane through feeding, DynaGrate® and boiler, to ash handling, as well as a particle and NOx-reduction system.



Source: BIG



*Amager Bakke features a artificial ski slope inspired by the ski slopes in the Alps.*

## Taking technology further

"It is a multi-purpose plant that is already catching the eyes of the world because of its local appeal. The plant provides energy and waste treatment, and will be an architectural landmark and a leisure facility. The novelty of the project is the combination of ingenious technology and innovative architecture in a project dedicated local community," says Ole Hedegaard Madsen, Director of Technology and Marketing at Babcock & Wilcox Vølund.

Project Manager, Lars Juel Rasmussen, at Amager Resourcecenter also sees the future plant as a showcase for Danish innovative technology.

"The plant stands out in terms of environmental considerations, energy production, and its working environment. It is also located near the airport and just five kilometers from Copenhagen's Town Hall Square, so we're not just talking about an industrial installation, but a landmark of the Danish capital, as well," the Project Manager comments.

### Energy efficient – clean air plant

Lars Juel Rasmussen is proud to build a plant that utilizes more than 100% of the fuel's energy content, has a 28% electrical efficiency rate, reduces sulphur emissions by 99.5%, and minimizes NOx emissions to a tenth, compared to the former plant. The NOx-reduction is enabled due to a flue gas cleaning technology, Selective Catalytic Reduction (SCR), which we will install in cooperation with the catalyst manufacturer Haldor Topsøe. This is the first installation of SCR in a Danish waste-to-energy plant. Hence, ski enthusiasts need not to worry about the air quality at the slope on the operating plant.

"State of the art technology at Amager Bakke has an incredibly high environmental performance. Not least because the plant makes full and efficient use of the energy contained in the waste. It is possible to process all types of waste as fuel and still obtain a high level of energy recovery. For instance, we are able to use the organic fraction contained in the waste very efficiently," says Ole Hedegaard Madsen.



## A DynaGrate® at heart

### Water-cooled dynamics make the difference

The ever innovative technology of the DynaGrate® is unique in its fuel flexibility, optimized combustion and minimal maintenance cost. All due to the mechanical design and optimised the water-cooling system.

### Fuel flexibility

The mechanical design of the DynaGrate® is developed in response to the general waste-to-energy plant vulnerability to e.g. metal contents in waste. Today, plant operation is not interrupted by melting metals. Further, the mechanical break-up of the waste layer on the grate results in thorough agitation and superior combustion conditions. The water-cooling system allows high heating values that are vital to fuel flexibility. Together, the water-cooling and mechanics result in high plant efficiency and excellent burnout of the waste, evident for example from very low TOC values (around 0.2%) in bottom ash.

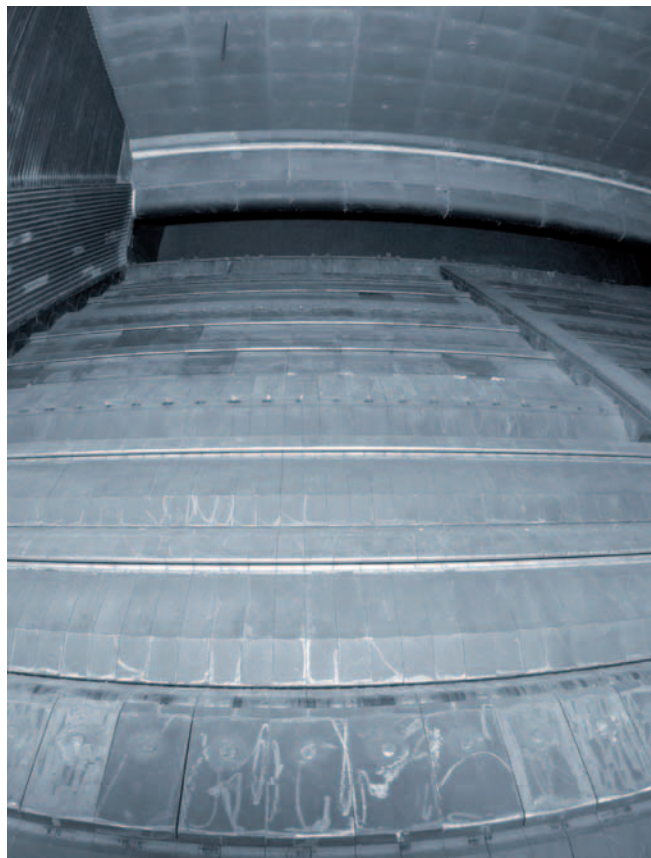
### Optimized combustion

Since the water-cooled optimised DynaGrate® is not dependent on air cooling, full control of the primary combustion air is reached. This means that the combustion process can be optimised in order to e.g. reduce the NO<sub>x</sub> formation at the source. B&W Vølund tests operating at oxygen levels around 4.5 – 5% show NO levels in the range of 200–250 mg/Nm<sup>3</sup>. This is before the flue gas reaches the SCR filter. Moreover, low excess air result in less flue gases thereby reducing the stack loss and power consumption for the fans.

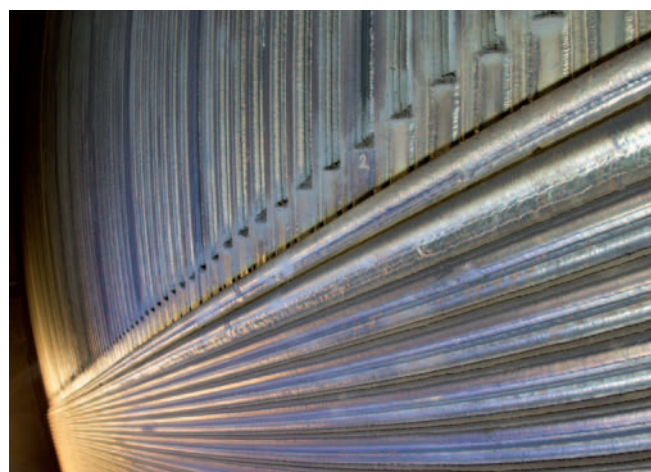
Besides low raw NO<sub>x</sub> emission, our CFD designed over-fire system VoluMix™ reduces CO and TOC to a minimum. Volumix™ injects secondary air into the combustion zone – with a complete burnout in the gas phase.

### Minimised maintenance cost

The DynaGrate® reduces maintenance cost because the entire cooling system is well integrated and protected in the steel shaft. There are no sensitive hose connections inside the furnace. Damages due to grate siftings, melting tin, aluminium, and the like are efficiently prevented. The driving mechanism is situated outside the furnace which means that the mechanism is not exposed to an aggressive environment and offers easy access for maintenance. Finally, the mechanical set-up secures that movable grate parts are not in contact, thereby reducing wear and tear of the grate.



DynaGrate®



*The water-cooled wear zone consists of a number of heavy steel tubes covered with Inconel®. The cold surfaces prevent build-up of slag and thereby operation problems.*

*The new wear zone is connected in natural circulation with the boiler drum and constitutes an integrated part of the boiler. This coupling increases the overall efficiency of the plant.*

**The Babcock & Wilcox Vølund contribution to Amager Bakke:**

- Crane
- Feeding system with hopper
- DynaGrate® with water-cooled wear zone
- Boiler
- Ash system
- Electrical system
- Electrostatic precipitator (ESP) for the reduction of particles in the flue gas
- Selective catalytic reduction (SCR) for reduction of NOx emissions
- Economiser for cooling of flue gas
- Combustion control system

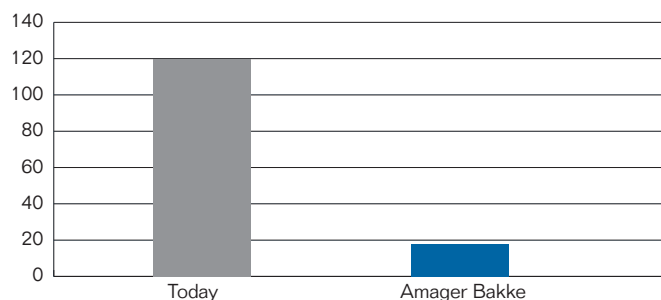
Amager Ressourcecenter is owned by the Danish municipalities of Dragør, Frederiksberg, Hvidovre, Copenhagen, and Tårnby.



Picture from the contract signing. From left: Ulla Röttger, CEO at Amager Ressourcecenter, Mogens Lønborg, Chariman of the board at Amager Ressourcecenter, and John Veje Olesen, CEO at B&W Vølund.

## Clean air plant

Reducing emissions by 85–99.9%



NOx emissions reduction (mg/m3)

Plant design data (per line)		
Process parameters	Guaranteed Values*	Units
Waste capacity	35	t/h
Heat value, lower	11.5	MJ/kg
Steam output	141.1	t/h
Steam temperature	440	°C
Steam pressure	70	bar
Boiler outlet flue gas temp.	160	°C
Feed water temperature	130	°C

Flue gas values: After cleaning	Guaranteed Values*	Units
NOx**	15	mg/ Nm <sup>3</sup>
CO***	50	mg/ Nm <sup>3</sup>
NH3**	3	mg/ Nm <sup>3</sup>
TOC	5	mg/ Nm <sup>3</sup>

\* All values refer to 11% O2 dry gas  
 \*\* 24-hour average  
 \*\*\* Half-hour average

**Babcock & Wilcox Vølund A/S**

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00  
 We have a branch office in Glostrup/Copenhagen, Denmark.



The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended or to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2013 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.



## WASTE-TO-ENERGY PLANT

# County Meath, Ireland

Located some 40 kilometres north of Dublin, Ireland's first waste-to-energy plant began delivering electricity to the city's grid in November 2011. Babcock & Wilcox Vølund provided the boiler, the combustion grate, the combustion control, as well as an SNCR system.

The combustion system is based on our newest and most efficient grate technology; DynaGrate®. The Belgian company Indaver served as the turnkey supplier in the project and operator of the plant.

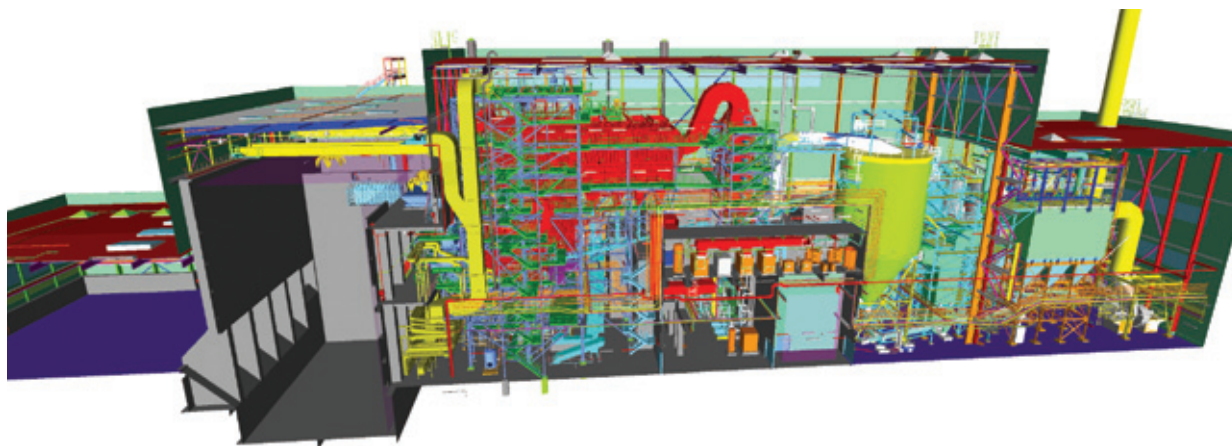


*Meath is the first waste-to-energy plant in Ireland. 20,000 households in the county will now be provided with waste-powered electricity.*



## WASTE-TO-ENERGY PLANT

## County Meath, Ireland



### Project Approach

The Meath plant was delivered on schedule as a result of our project methodology and the excellent partnership with our customer Indaver. Babcock & Wilcox Vølund's proven project execution is a result of strong project management skills and close project team cooperation with our client and subcontractors. BWV project managers are certified with the International Project Management Association (IPMA).

In order to make optimal decisions concerning technical solutions we focus on proper communication skills and project management tools. Our project teams are close units of experienced people who cover all aspects of the project with their combined knowledge and skills.

### Health and Safety

In Ireland, safety is a top priority. Babcock & Wilcox Vølund won the Safety Award for Contractor of the Month several times during the project, and the project was successfully completed without any accidents. One of the reasons are that we implemented the concept of Human Performance Improvement (HPI) which is a "tool" for prevention of major incidents that could result in unnecessary costs including accidents and errors.

Babcock & Wilcox Vølund will maintain high standards with continuous training and management involvement to reinforce our primary commitment "Safety First".

### Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00  
We have branch offices in Aarhus and Glostrup/Copenhagen, Denmark.

The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended or to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2012 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.

Plant design data (per line)		
Process parameters	Guaranteed Values*	Units
Waste capacity	26.7	t/h
Heat value, lower	8.0	MJ/kg
Steam output	82.7	t/h
Steam temperature	400	°C
Steam pressure	43	bar
Thermal input	69.3	MW
Thermal efficiency	86.9	%
TOC, bottom ash	3	%
Feed water temperature	130	°C
Boiler outlet flue gas temp.	190	°C

Flue gas values: Out of boiler	Guaranteed Values*	Units
NO <sub>x</sub> **	160	mg/Nm <sup>3</sup>
CO***	150	mg/Nm <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub> **	10	mg/Nm <sup>3</sup>

\*All values refer to 11% O<sub>2</sub> dry gas

\*\* Daily

\*\*\* 1/2 hour



## WASTE-TO-ENERGY PLANT

# West Palm Beach Florida, USA

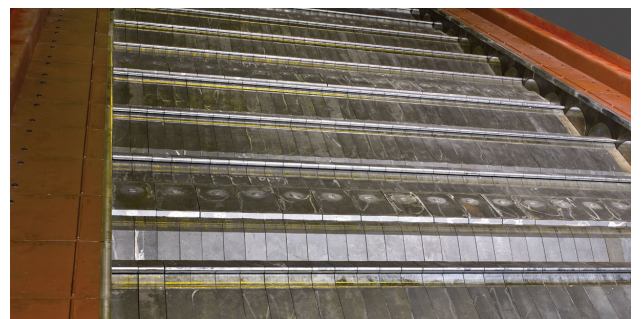


When the West Palm Beach renewable energy plant is commissioned in 2015, it will be one of the largest waste-to-energy plants in the world. Located in West Palm Beach, Florida, the plant is expected to process 2,700 tons of municipal solid waste per day – corresponding to 907,000 tons of municipal solid waste per year.

The waste-to-energy plant consists of three single-pass mass burn boilers, which are capable of generating enough electricity to power 56,000 homes. The boilers are specially designed to handle the massive input volume and have very high efficiency.

Furthermore, the plant will be equipped with advanced control technology to reduce emissions. In fact, the

emissions permit limits will be the lowest of any renewable energy facility burning municipal solid waste in the United States.



*The DynaGrate® is installed in the waste-to-energy plant in West Palm Beach*

## WASTE-TO-ENERGY PLANT

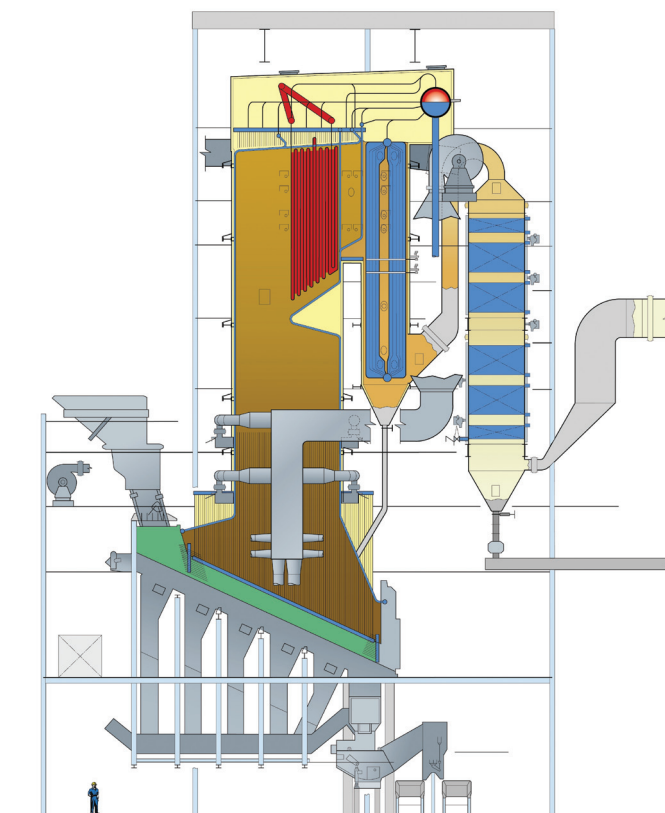
# West Palm Beach Florida, USA

## Perfect Partnership

Together with our American parent company, the Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc., we will design, procure and supply operation and maintenance services in order to provide the best possible power plant for the Solid Waste Authority of Palm Beach County. Babcock and Wilcox Vølund will supply the feed system, bottom ash discharger, grate siftings conveyor, hydraulic unit and our signature DynaGrate® system to facilitate the combustion process.

## Reliable Solutions

The DynaGrate® combustion grate system has been proven in numerous waste-to-energy installations around the world. It is installed in more than 100 plants worldwide. Moreover, the DynaGrate® system is flexible, with the ability to burn a wide variety of unsorted fuels having a broad range of heating values, with extremely good burn-out of the waste. The grate in the West Palm Beach plant will be the largest DynaGrate® in the world, measuring 130 square meters.



Sideview of single-pass boiler

Plant design data (all three lines)		
Process parameters	Guaranteed Values*	Units
Waste capacity	113.4	t/h
Heat value, lower	10.1	MJ/kg
Steam output	386.2	t/h
Steam temperature	443	°C
Steam pressure	63	bar
Gross electric output	95.3	MW
Boiler outlet flue gas temp.	179.44	°C
Feed water temperature	149	°C
TOC, bottom ash	3	%

Flue gas values: After cleaning	Guaranteed Values*	Units
NOx**	70	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub> **	49	mg/Nm <sup>3</sup>
HCl**	23	mg/Nm <sup>3</sup>
HF	2.12	mg/Nm <sup>3</sup>
CO***	89	mg/Nm <sup>3</sup>
TOC	9.82	mg/Nm <sup>3</sup>

\* All values refer to 11% O<sub>2</sub> dry gas

\*\* 24-hour average

\*\*\* Four-hour average

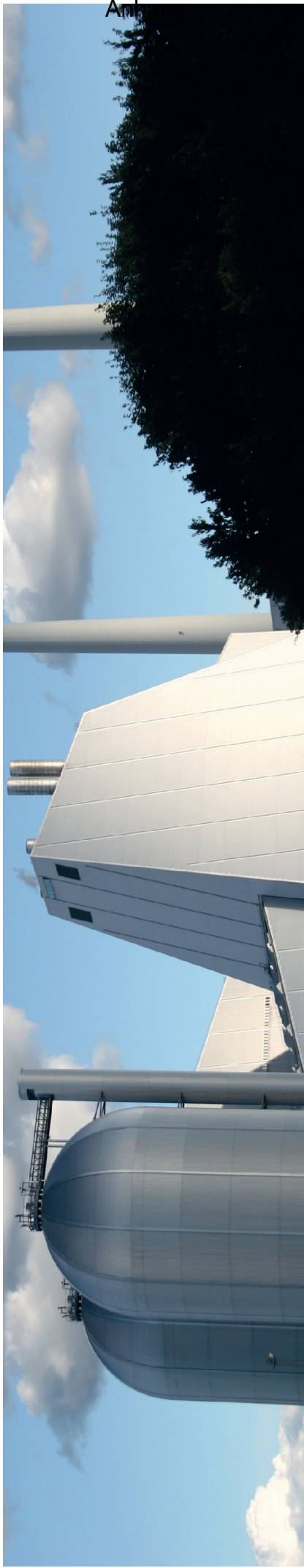
## Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00

We have a branch office in Glostrup/Copenhagen, Denmark.

The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended or to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2012 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.





## Reference list: Biomass Energy Plants 1996 – 2015

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Output MW / Per line Thermal	MW electrical	Type of output	Pressure bar	Temperature °C
2015	Bulleh Shah Packaging, Lahore	Pakistan	Straw husk	1	112	Nil	Steam Electricity	98	530
2015	Kerteh	Malaysia	Wood	3	47.8	Nil	Steam	27	243
2013	Ansell	Thailand	Wood	1	23	Nil	Hot water	20	185
2012	Landskrona	Sweden	Multi-fuel: Plastic, wood, paper, forest waste	1	29.7	8.43	Electricity District Heating	70	430
2010	Vichitbhan Palm Oil Co. Ltd.	Thailand	Palm waste	1	20	2	Steam Electricity	25	225
2009	Biowanze, Wanze	Belgium	Bran	1	76.7	25	Steam	93	520
2009	Fiskeby Board	Sweden	Multi-fuel: Paper waste, sludge, RDF	1	39.8		Steam Electricity	65	430
2008	Strängnäs Energi KVV	Sweden	Multi-fuel: Plast, wood, paper, waste wood	1	36.7	8.4	Electricity District Heating	72	480/430
2008	Kim Hock Coporations Pte. Ltd.	Singapore	Palm waste	1	22.2	1.2	Steam Electricity	25	225
2007	Bentong Biomass Energy Sdn. Bhd.	Malaysia	Palm waste, wood chips	1	22.2	1.2	Steam	25	225
2007	Menslim Holdings Sdn. Bhd.	Malaysia	Palm waste	1	22.2	1.2	Steam Electricity	25	225
2006	Vichitbhan Plantation Co. Ltd.	Thailand	Palm waste	1	22.2	2	Steam Electricity	25	225
2006	SEO Energy Sdn. Bhd. Sabah	Malaysia	Palm waste	1	22.2	1.2	Steam Electricity	25	225

All B&W Vølund biomass plants have a vibrating grate

# Reference list: Biomass Energy Plants 1996 – 2015

Anhang

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Output MW / Per line Thermal	MW electrical	Type of output	Pressure bar	Temperature °C
2006	LDEO Energy Sdn. Bhd. Sabah	Malaysia	Palm waste	1	22.2	1.2	Steam Electricity	25	225
2005	PGEO Edible Oils Sdn. Bhd.	Malaysia	Palm waste	1	19	Nil	Steam	25	225
2004	TSH	Malaysia	Palm waste	1	58.8	14	Steam	66	402
2003	Superlatex, Melaka	Malaysia	Palm waste	1	15.8	Nil	Steam	28	232
2003	IOI Edible Oils Sdn. Bhd. Sabah	Malaysia	Wood	1	15.8	Nil	Steam	28	232
2003	Siam Modern Palm Co. Ltd.	Thailand	Palm waste	1	23	1.5	Steam Electricity	25	225
2002	Kwantas Oil Sdn. Bhd, Sabah	Malaysia	Palm waste	2	23	9.8	Steam Electricity	25	225
2001	Avedoerevaerket, block 2	Denmark	Biomass	1	96	35	Electricity District heating	310	540
2001	Lam Soon	Thailand	Palm waste	1	20	1.2	Steam Electricity	25	232
2000	Pfaffenhofen	Deutschland	Biomass	1	23.3	Nil	Electricity District heating	62	452
2000	Pofachem, Klang	Malaysia	Palm waste	1	16.8	Nil	Steam	28	232
2000	Vichitban Palm Oil Co. Ltd.	Thailand	Palm waste	1	20	1.2	Steam Electricity	25	225
1999	Assens Varrevaerke	Denmark	Biomass	1	15.8	4.7	Steam Electricity	77	525
1998	LH Kiln Drying & Moulding	Malaysia	Wood	1		0.6	Electricity	28	
1996	Junckers	Denmark	Biomass	1	Nil	16.5	Electricity	92	525

All B&W Vølund biomass plants have a vibrating grate

Seite 29 von 160

Babcock & Wilcox Vølund A/S  
 Falkevej 2, DK-6705 Esbjerg Ø, Denmark  
 Tel.: +45 76 14 34 00  
 www.volund.dk



June 2014

2

## Steam boiler plant based on industrial waste

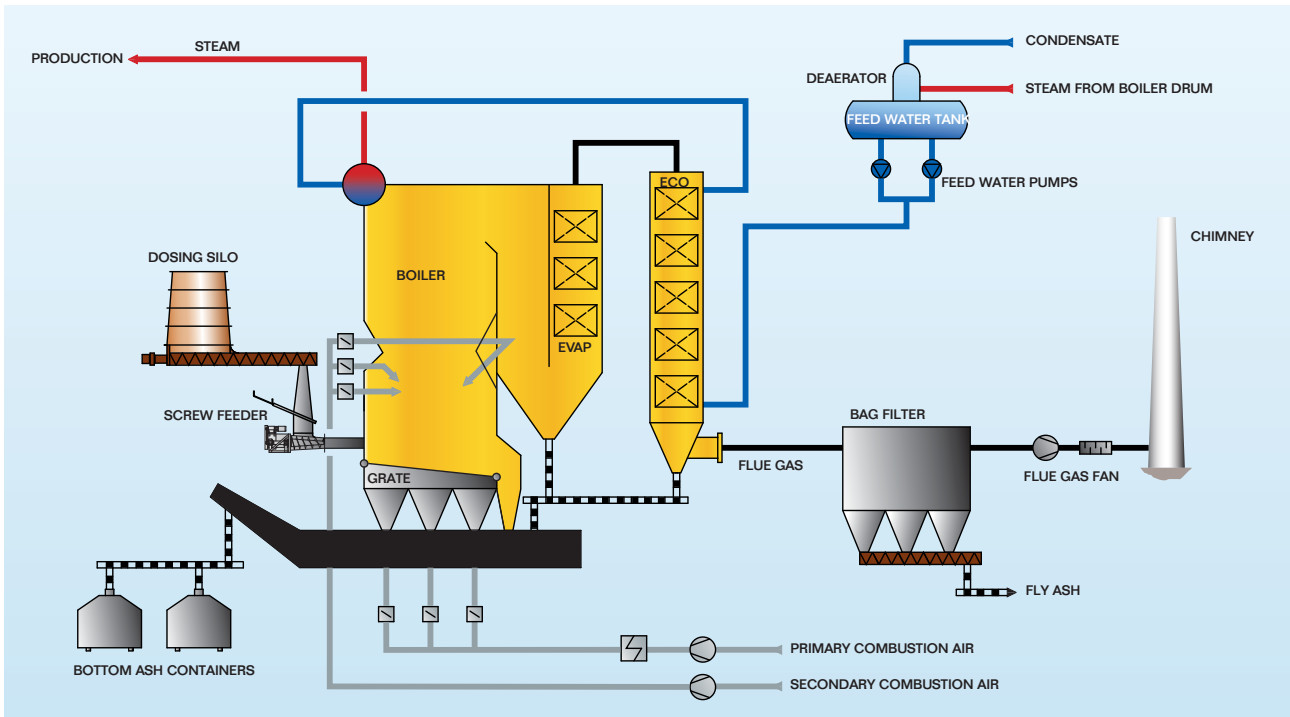
# Örebro Kartongbruk AB Örebro, Sweden



In November 1999 Babcock & Wilcox Vølund ApS (BWV), was awarded the contract for the delivery of a steam boiler plant for Birka Värme AB.

The plant is installed at the cardboard factory Örebro Kartongbruk AB, situated in Örebro in Sweden. The fuel consists partly of wet and dry fractions of waste from the cardboard factory and partly of unsorted industrial waste including plastic, wood and a fraction of uncombustible material. The boiler generates saturated steam for use in the cardboard factory.





The plant is equipped with a water-cooled vibrating grate. The different types of fuel receive preliminary treatment in order to divide the fuel into smaller particles and to mix the wet and dry material.

The fuel is delivered to a dosing silo from which it is distributed to four water-cooled screw feeders. In this way the fuel is kept close to the grate.

The industrial waste contains a certain amount of aluminium which will melt during combustion but will subsequently be cooled by the grate and carried out with the ash.

The boiler is provided with an SNCR plant for NO<sub>x</sub>-reduction.

The ash is delivered into containers for removal. The fly ash is gathered in so-called big bags for later disposal.

Bicarbonate is fed into the flue gas duct before the filter in order to reduce the amount of chlorides and sulphur dioxides in the flue gas. If necessary, active carbon can be added at a later stage for reduction of dioxins.

The steam is used in the cardboard factory's drying process and for heating purposes.

Plant data		
Process parameters	Values	Units
Nominal capacity	14	MW at 13,8 MJ/kg
Steam pressure and temperature	16	bar, 201 °C (saturated)
Steam production	22	t/h
Flue gas cleaning		Baghouse filter w/bicarbonate

Permitted emission values	Values	Units
Particles	20	mg/Nm <sup>3</sup> *)
NO <sub>x</sub>	49	mg/MJ
CO	90	mg/MJ
NH <sub>3</sub> -slip	20	mg/Nm <sup>3</sup> (after boiler)

\*) dry flue gas at 13% O<sub>2</sub>.

Measured during guarantee test	Values	Units
Particles	1-4	mg/Nm <sup>3</sup> *)
NO <sub>x</sub>	44	mg/MJ
CO	1-17	mg/MJ
NH <sub>3</sub> -slip	<20 mg	mg/Nm <sup>3</sup> (after boiler)

### Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00  
 We have branch offices in Aarhus and Glostrup/Copenhagen, Denmark.

The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2011 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.



## Bran-fired steam boiler

# Biowanze Wanze, Belgium



**In November 2006 Babcock & Wilcox Vølund A/S was awarded the contract for the supply of a bran and natural gas fired boiler for a new bioethanol factory under construction in Wanze, Belgium.**

The boiler is fired primarily with bran, which is a residue from the milling of wheat grain used for the production of ethanol. The steam from the boiler is expanded through a steam turbine to provide low pressure steam for the heating processes in the ethanol factory. The power is sold to the grid as green electricity. Usually, bran is used for cow feed, but the increasing amount of bran available and the favourable electricity prices have made the use of bran for

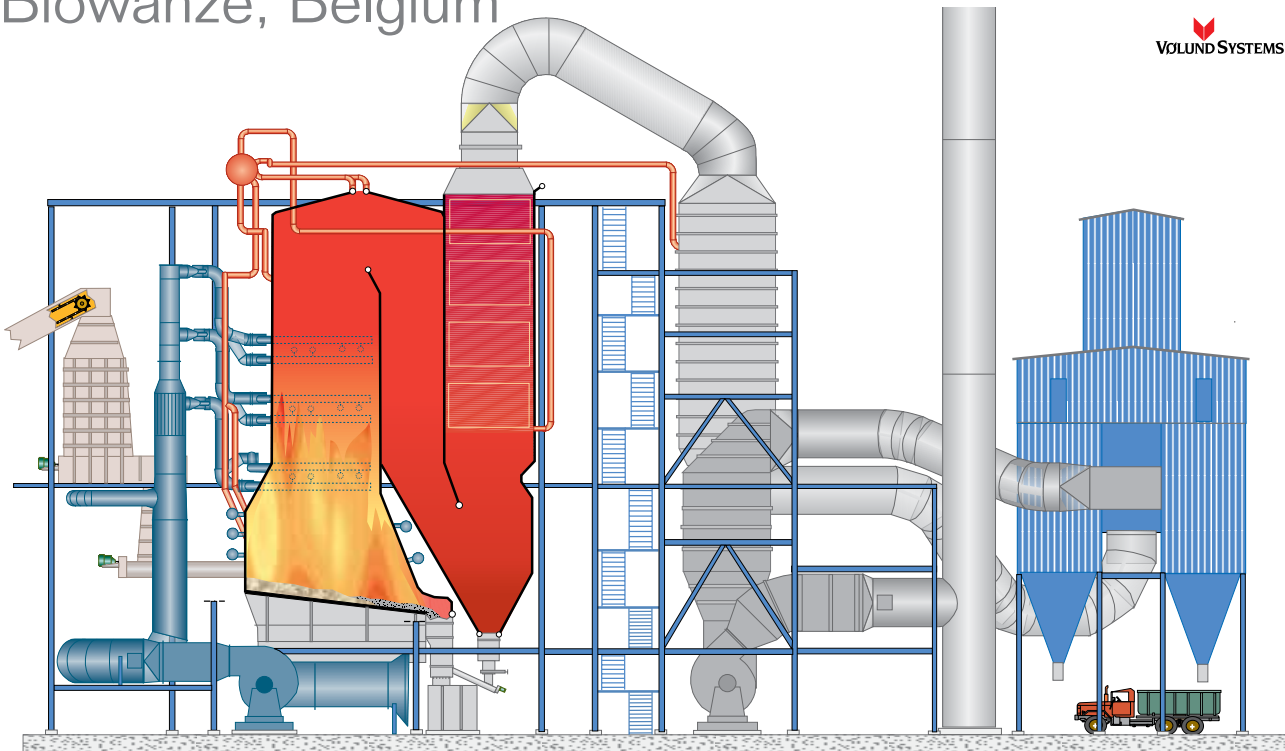
generating power more profitable. The bran boiler is unable to supply all the required steam on bran only, and it was decided to use natural gas for the remaining energy input.

The n-gas is utilised in an external superheater and the flue gas is led to the bran boiler. The external n-gas superheater allows a compact design and high conversion of n-gas to electricity.



# Bran-fired steam boiler

## Biowanze, Belgium



The European initiative to increase the share of the energy consumption within the transport sector based on renewables to 5,75% has led to an increasing demand for bioethanol to be mixed into the gasoline. The new bioethanol factory in Wanze will produce 758 m<sup>3</sup> of ethanol per day.

The bran is delivered to the boiler dosing silo and fed into the boiler with feeding screws. The combustion takes place on a water-cooled vibrating grate due to the ability of this grate to handle high LCV biomass fuels, the low cost of maintenance and operation and the superb performance on biomass.

In order to avoid clogging the boiler is designed with two empty boiler passes to ensure sufficient cooling of the fuel gas before entering the convection part. The bran fuel is expected to generate fouling and slag on the walls in the empty boiler passes, which have therefore been equipped with water sooth blowers.

The flue gas from the external superheater is mixed into the bran boiler in front of the convection section.

The boiler and economiser are of the vertical type. The bottom ash is removed with a submerged chain conveyor and carried to an open ash pit.

Plant design data		
Process parameters	Values	Units
Nominal capacity	20	t/h bran
Heating values	13.5-17	MJ/kg
Steam flow	100	t/h
Bran boiler temperature	430	°C
Final temperature	520	°C
Pressure	93	bara
Feed water temperature	105	°C

Flue gas guarantees: Out of boiler	Values	Units
CO	145	mg/Nm <sup>3</sup> *)
NO <sub>x</sub>	278	mg/Nm <sup>3</sup> *)
Dust	18	mg/Nm <sup>3</sup> *)
NH <sub>3</sub>	30	mg/Nm <sup>3</sup> *)
HCl	25	mg/Nm <sup>3</sup> *)
SO <sub>2</sub>	179	mg/Nm <sup>3</sup> *)
TOC	50	mg/Nm <sup>3</sup> *)

\*) The emission values refer to 6% dry O<sub>2</sub>

### Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00  
 We have branch offices in Aarhus and Glostrup/Copenhagen, Denmark.

The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2010 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.





## Reference list: Multi-fuel Energy Plants 2000 – 2012

Year Commissioning	Plant	Country	Fuel	Number of lines	Plant size t/h (MCR)	Specific fuel	Output MW	Steam t/h	Type of output	Pressure bar	Temperature °C
2012	Landskrona	Sweden	Multi-fuel	1	13.4	Plastic, wood, paper and forest waste	29.7	39.7	Electricity District heating	70	430
2009	Fiskeby Board	Sweden	Multi-fuel	1	11.7	Paper waste, sludge and RDF and forest waste	39.8	54	Steam Electricity	65	430
2008	Strängnäs Energi KVV	Sweden	Multi-fuel	1	9.5	Plastic, wood, paper and waste wood	36.7	48	Steam Electricity District heating	72	480/420
2000	Örebro	Sweden	Multi-fuel	1	4.2	Sorted and unsorted paper waste	14	22	Steam	16	201
2000	Slough Heat and Power	United Kingdom	Multi-fuel	1	13	SRF and industrial waste	57.1	74	Electricity	47	442

## MULTI-FUEL FIRED CHP PLANT

# Landskrona Kraft AB

Landskrona, Sweden



**Babcock and Wilcox Vølund has won the order from Landskrona Kraft AB for a multi-fuel plant for the combustion of refuse-derived fuels (RDF) from plastic, wood and cardboard production. The plant went into commercial operation on October 2012.**

The contract for the Landskrona project goes hand in hand with our strategy to supply both expertise and technology for all kinds of waste combustion processes. In the case of this project, we supply the complete plant

including cranes, feeding system with hopper, two-piece vibrating grate, boiler with SNCR, burners, soot blowers, water cleaning system and feed water system. We will also supply various auxiliary equipment and the electrical system including a DCS system, a semi-dry flue gas cleaning equipment with fly ash system and residual silo, a CEMS (Continuous Emissions Monitoring System), a flue gas condensing system from Götaverken Miljö AB (a Babcock & Wilcox Vølund owned subsidiary in Sweden) and a chimney.



## MULTI-FUEL FIRED CHP PLANT

# Landskrona Kraft AB

## Landskrona, Sweden

### Tomorrow's plants

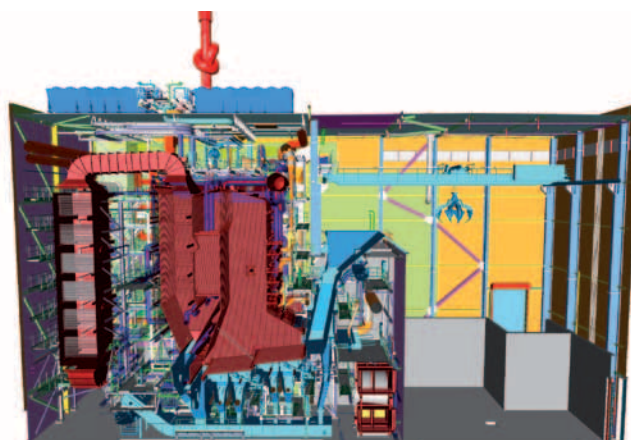
The new facility in Landskrona, Sweden, is part of a new generation of plants capable of burning a wide range of biomass and sorted waste fuels. It is a further development of the plants that Babcock & Wilcox Vølund has delivered to date.

In future, there will be an increased demand for advanced technology to exploit a wide range of resources. New fuels, generated from materials ranging from sorted industrial waste to wood chips, will help meet EU requirements for a reduction in emissions of greenhouse gases. Our multi-fuel fired combined heat and power plant in Landskrona is ready to face the challenges of the future due to our 2-step water-cooled vibration grate.

### Cost-saving solutions

The facility in Landskrona is able to process both biomass and refuse-derived fuels, all of which are very attractive options in the low-price category.

The flexibility of our multi-fuel solutions means that our customers do not have to store biomass fuel or ship it in from other regions. The multi-fuel energy plant in Landskrona can switch between fuels and maintain a steady production using locally available biomass throughout the year, resulting in significant cost savings on transport and fuel storage.



Plant design data (all three lines)		
Process parameters	Guaranteed Values*	Units
Waste capacity	9.3	t/h
Heat value, lower	12.8	MJ/kg
Steam output	39.6	t/h
Steam temperature	430	°C
Steam pressure	70	bar
Gross Electric Output	8.43	MW
District Heating Output	21	MJ/s
Boiler outlet flue gas temp.	141	°C
Feed water temperature	130	°C

Flue gas values: Out of boiler	Guaranteed Values*	Units
NO <sub>x</sub> **	57	mg/Nm <sup>3</sup>
CO**	46	mg/Nm <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub> **	12	mg/Nm <sup>3</sup>
TOC	10	mg/Nm <sup>3</sup>

\* All values refer to 11% O<sub>2</sub> dry gas

\*\* 24-hour average

### Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00

We have a branch office in Glostrup/Copenhagen, Denmark.



The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended or to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2012 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.



## Multi biofuel steam boiler

# Strängnäs Energi AB Strängnäs, Sweden



**Babcock & Wilcox Vølund A/S was in January 2007 awarded the contract for the supply of a multi biofuel boiler for Strängnäs Energi AB.**

The energy produced by the boiler is to be used for high-efficiency electricity production, process steam for neighbouring industries and district heat heating for the town of Strängnäs.

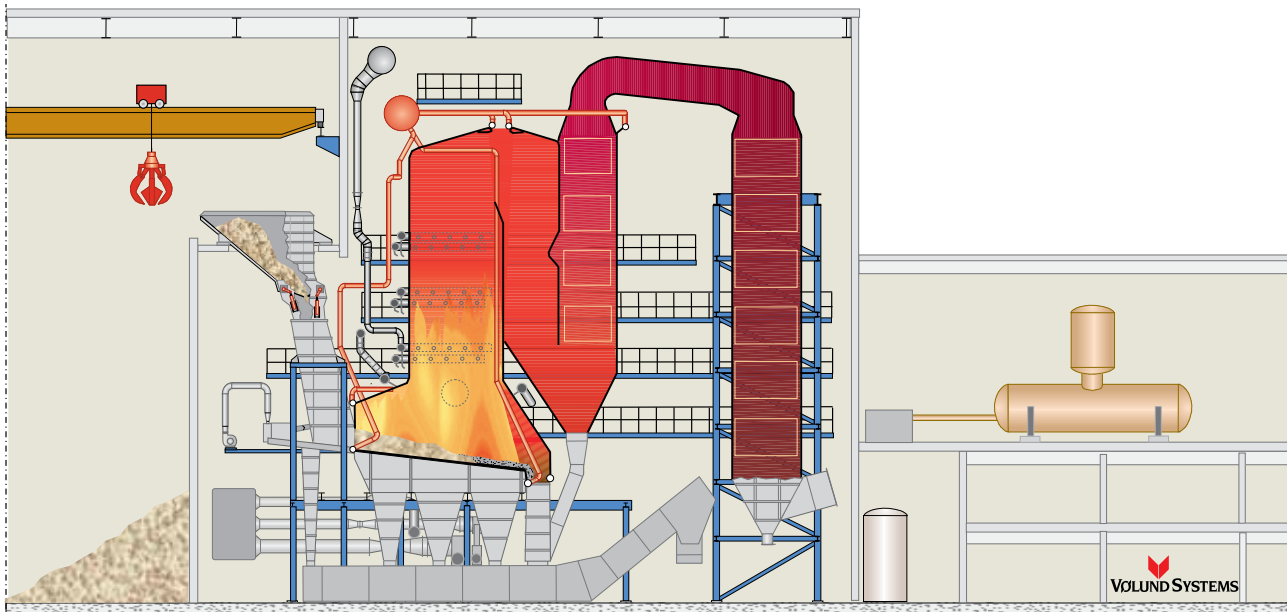
In order to benefit from green certificates for the initial 10 years' operation of the plant, virgin wood (GROT) and waste wood chips are intended as the main fuel. The plant has also been designed to burn refuse-derived fuel (RDF) based on wood, paper and plastic and a fraction of peat. The steam parameter has been adjusted to avoid corrosion in the boiler when burning waste fuels.



*The plant is designed to meet future requirements and is capable of burning a wide range of biomass and sorted waste fuels.*



# Multi biofuel steam boiler



The plant is equipped with a water-cooled vibration grate due to its ability to handle low melting point metals, and this gives low maintenance, smooth operation and superb performance from biomass.

The fuel arrives at the plant in trucks which offload the fuel into the bunker. Two overhead cranes mix the fuel in the bunker and feed it into the boiler hopper. The robust fuel feed pusher system has proved its worth in numerous waste-to-energy plants and makes it unnecessary to screen the fuel for metals or oversize material before feeding it in.

The bottom ash is removed on a submerged chain conveyor with rubber belts to closed containers.

The boiler has two empty radiation passes which cool the flue gas sufficiently before the convection part to avoid clogging the convection pass. The superheaters and economiser are in a vertical arrangement.

NO<sub>x</sub> is removed in the boiler with an SNCR plant based on NH<sub>3</sub> water solution injected into the first boiler pass.

Flue gas cleaning consists of a bag filter with lime injection followed by scrubber/condenser for final polishing of the flue gas.

The steam is expanded through a steam turbine with a 13 bara extraction of 7MW process steam. The condensation heat is used for district heating production.

The plant went into operation in November 2008.

Plant design data		
Process parameters	Values	Units
Nominal capacity	36.7	MW steam
Heating values	7 - 15	MJ/kg
Gross calorific value (incl. flue gas condensation)	37	MWt
Total thermal efficiency	90	%
<b>Steam from waste</b>		
- flow	48	t/h
- temperature	427	°C
- steam pressure	72	bara
- electricity	8.35	MWe
<b>Steam from wood</b>		
- flow	46	t/h
- temperature	482	°C
- steam pressure	72	bara
- electricity	8.7	MWe

Flue gas guarantees: Out of boiler	Values	Units
CO	50	mg/Nm <sup>3</sup> *)
NO <sub>x</sub>	80	mg/Nm <sup>3</sup> *)
Dust	10	mg/Nm <sup>3</sup> *)
N <sub>2</sub> O	20	MJ fuel
HCl	10	mg/Nm <sup>3</sup> *)
SO <sub>2</sub>	50	mg/Nm <sup>3</sup> *)
TOC	10	mg/Nm <sup>3</sup> *)

\*) The emission values refer to 11 % dry O<sub>2</sub>  
 The plant limit values comply with the waste incineration directive regarding co-combustion.

## Babcock & Wilcox Vølund A/S

Falkevej 2 • DK-6705 Esbjerg Ø • Denmark • Tel: +45 76 14 34 00 • Fax: +45 76 14 36 00  
 We have branch offices in Aarhus and Glostrup/Copenhagen, Denmark.

The information contained herein is provided for general information purposes only and is not intended or to be construed as a warranty, an offer, or any representation of contractual or other legal liability. Babcock & Wilcox Vølund A/S is 100% owned by Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. in Barberton, Ohio, USA. © 2010 Babcock & Wilcox Vølund A/S. All rights reserved.



**Energy refernces**

**Chapter :** A.2

**Revision:** 01

Proposal No. XXXX-A1

**Date:** 25.09.2014

**A – General Part**

**Page:** 1

**CHAPTER A.2**

**COMPANY PROFILE AND REFERENCES**

00	25.09.2014	SalS	First issue
<b>Revision</b>	<b>Date</b>	<b>Responsible</b>	<b>Comment</b>

Copyright © Outotec

The contents of this document are the sole property of Outotec Oyj. Any rights not expressly granted herein are reserved. Reproduction, transfer or distribution of part or all of the contents in any form without the prior written permission of Outotec is prohibited..

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 2

## TABLE OF CONTENTS

<b>C.1. Company Profile and References .....</b>	<b>3</b>
<b>C.1.1 Sales Organization.....</b>	<b>4</b>
<b>C.1.2 Energy Technology.....</b>	<b>5</b>
<b>C.1.3 References .....</b>	<b>6</b>
C.1.3.1 FB combustion units .....	6
C.1.3.2 Power plant/Combustion units.....	15
C.1.3.3 Alumina Calcination Units .....	17
C.1.3.4 Gold ore/concentrate Roasting.....	22
C.1.3.5 Zinc, Copper and Pyrite Roaster (Stationary Fluidized Bed (SFB) System).....	23
C.1.3.6 Iron Ore Applications .....	24

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 3

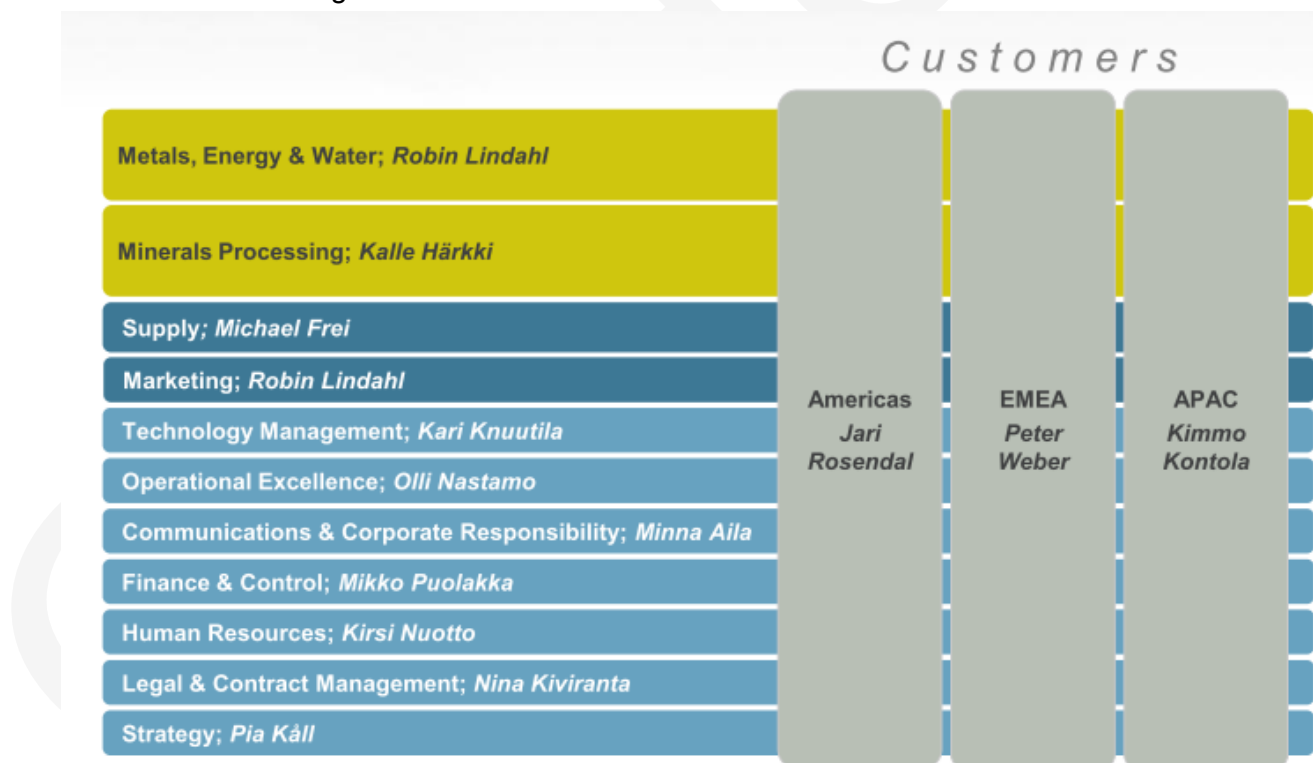
## C.1. Company Profile and References

On 24.04.2007 Outokumpu Technology’s global business name changed to Outotec. At the listing of Outokumpu Technology Oyj in October 2006, it was agreed with the former parent company Outokumpu Oyj that Outokumpu Technology would change its name.

The choice of name Outotec represents Outokumpu Technology’s evolution from a technology division within Outokumpu, through expansion and several acquisitions, to an independent listed company with our own brand values and visual identity. Outotec is active in the development, design and supply of metallurgical plants and related equipment.

Outotec provides innovative solutions for the production of ferrous metals and ferroalloys, base metals, alumina and aluminium, precious metals (PGM), rare earth, industrial minerals and sulphuric acid. In the last years build up the area Energy using mainly fluidized bed technologies for various applications. Outotec’s business operations are organized in two business lines:

- Metals, Energy & Water
- Mineral Processing



The two business lines cover the entire process chain from mine to metal, water and energy. Outotec’s deliveries range from single equipment to turnkey plants.

## Energy references

Chapter : A.2

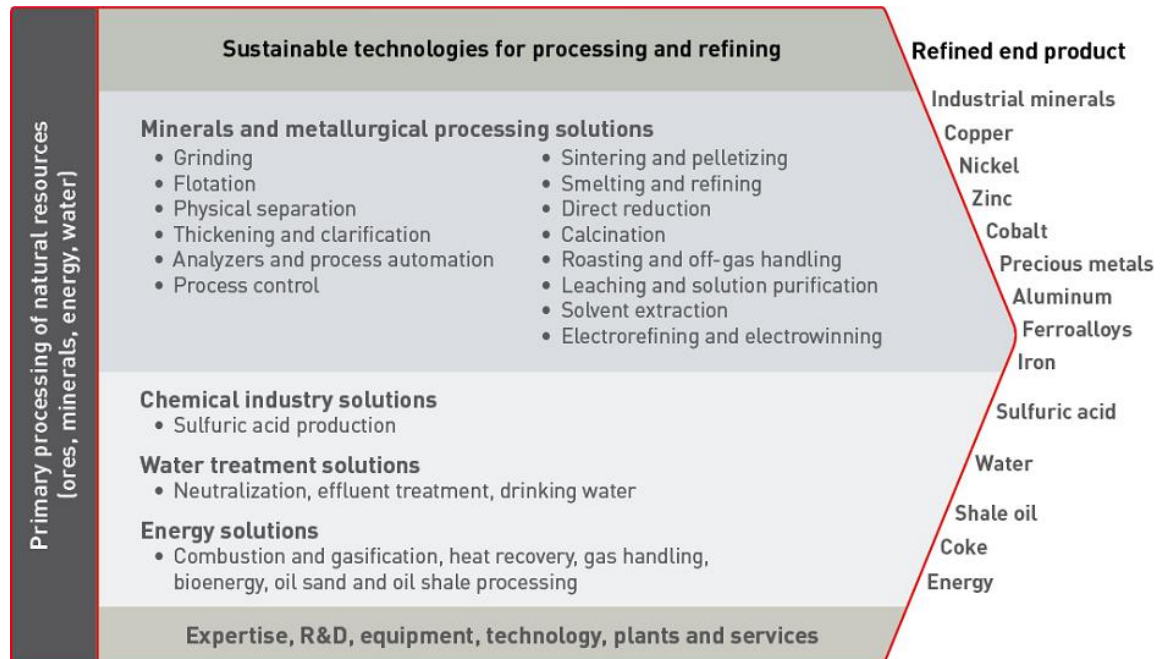
Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 4

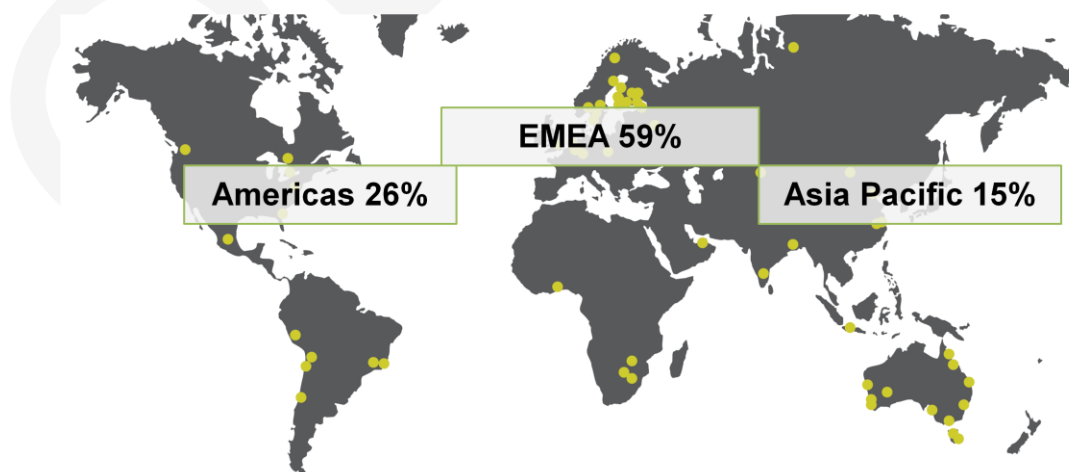


### C.1.1 Sales Organization

Outotec has strengthened the global marketing and sales organization in order to be closer to the customers.

The global markets of Outotec have been divided into three market areas.

- America
- EMEA (European, Middle East and Africa)
- APAC (Asia Pacific Australia and China)



## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 5

---

### C.1.2 Energy Technology

In the recent years the energy market was strongly altering with regard to the utilization of low quality fuels as sewage sludge, paper rejects, RDF from waste or other carbon containing raw materials as for example oil shale or biomass. Outotec is now broadening their process and technology portfolio within the business line energy using Outotec's strength of process and technology orientation.

Outotec is specialized in the design and building of thermal processing plants based on fluidized bed technology for the steam and power production with focus on adapting the plant to the special needs for alternative or difficult fuels. Incineration plants for various fuels, e.g. oil shale, biomass, sludge, lignite, coal, peat, etc. are becoming more and more part of Outotec's core business.



**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 6

**C.1.3 References**

**Outotec's References of Fluid Bed Technology**

**C.1.3.1 FB combustion units**

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
103.	CELLULOSIC ETHANOL PLANT Iowa	FBSG-2628 advanced staged gasification system	Cellulosic Ethanol Byproducts/Biomass	175,000 lb/hr saturated steam @ 255 psi
102.	37.5 MWe RENEWABLE ENERGY POWER PLANT Connecticut	FBSG-3035 advanced staged gasification system	Construction & Demolition (C&D) Waste plus Green Wood	348,000 lb/hr steam, 1565 psi, 955°F
101.	COMBINED HEAT & POWER (CHP) Alberta, Canada	FB-2015 fluidized bed boiler	Cattle Processing Waste	57,500 lb/hr steam, 665 psi, 750°F
100.	35 MWe RENEWABLE ENERGY POWER PLANT Oregon "Project currently on hold due to permitting issues"	FBSG-3035 advanced staged gasification system	Renewable Biomass Fuel	335,240 lb/hr steam, 1005°F, 1515 psia
99.	53.5 MWe net RENEWABLE ENERGY POWER PLANT Georgia	FBSG-3045 advanced staged gasification system	Renewable Biomass Fuel	480,000 lb/hr steam, 1005°F, 1500 psia
98.	18 MWe EUCALYPTUS FIRED POWER PLANT Sicily, Italy	FB-2028 fluidized bed boiler	Eucalyptus	164,400 lb/hr steam, 900°F, 900 psi
97.	COMBINED HEAT & POWER (CHP) PLANT- Unit #2 South Carolina	FB-1624 fluidized bed / boiler system	Wood Waste and Tire Derived Fuel	120,000 lb/hr steam, 865 psia, 825°F
96.	COMBINED HEAT & POWER (CHP) PLANT- Unit #1 South Carolina	FB-1624 fluidized bed / boiler system	Wood Waste and Tire Derived Fuel	120,000 lb/hr steam, 865 psia, 825°F
95.	STEAM PLANT Washington	FB-200	Wood Waste	85,000 lb/hr, 150 psi saturated steam
94.	BOARD PLANT Mississippi	FBSG-1629 Advanced staged gasification system – direct fired dryers	Hogged Fuel and Board Trim	100,000 pph-steam 800 psia, saturated plus 78 MBtu/hr process heat
93.	COAL-FIRED CO-GENERATION FOR ETHANOL FACILITY	FB-2024 fluidized bed / boiler	Illinois Gob coal slurry	180 MBtu/hr 120,000 pph steam

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 7

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	Illinois			650 psi, 750°F
92.	FEEDLOT BIOMASS-FIRED STEAM FOR ETHANOL PLANT Texas	FB-2044 boiler island	Cattle manure and Cotton gin waste	357 MBtu/hr 267,000 lb/hr steam 155 psia, saturated
91.	ETHANOL FACILITY Minnesota	FB-2034 fluidized bed / boiler	Powder River Basin coal	220 MBtu/hr 165,000 lb/hr steam 150 psia, saturated
90.	ETHANOL FACILITY North Dakota	FB-2034 fluidized bed / boiler	North Dakota lignite	220 MBtu/hr 165,000 lb/hr steam 150 psia, saturated
89.	BIOMASS POWER PLANT Maine	FBGB-1713 gasifier/boiler retrofit	Wood Waste	305 MBtu/hr 650 psi, 750°F, 185,000 pph steam
88.	RDF-FIRED GASIFIER U.K.	FBG-1 gasifier	Refuse Derived Fuel (RDF)	75kg/hour
87.	ETHANOL FACILITY Iowa	FB-2034 fluidized bed/boiler	Powder River Basin coal	220 MBtu/hr 165,000 lb/hr steam 150 psia, saturated
86.	ETHANOL FACILITY Iowa	FB-2034 fluidized bed/boiler	Powder River Basin coal	220 MBtu/hr 165,000 lb/hr steam 150 psia, saturated Closed loop dryer system
85.	PAPER COMPANY Eastern Washington	FBSG-120 advanced staged gasification system – steam plant	Paper sludge, primary deink sludge, secondary WA sludge	45 dtpd sludge 25 MBtu/hr 20,000 lb/hr steam
84.	RDF-FIRED POWER PLANT Italy	FBB-2023 power plant	Refuse Derived Fuel (RDF)	10MWe 133,400 lb/hr steam 667 psi, 752°F
83.	RDF-FIRED POWER PLANT Italy	FBB-2023 power plant	Refuse Derived Fuel (RDF)	10MWe 109,000 lb/hr steam 827 psi, 824°F
82.	ENGINEERED WOOD PRODUCTS FACILITY Northwest Ontario, Canada	FBSG-270 advanced staged gasification system –LSL plant energy system	Hog fuel, sander dust and dry, hogged board trim	175 MBtu/hr 95 MBtu to thermal fluid 80 MBtu to dryers

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 8

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
81.	SEWAGE SLUDGE/COAL-FIRED ENERGY SYSTEM Germany	FB-240 fluidized bed thermal oxidation system	Sewage sludge and coal	80 MBtu
80.	PAPER COMPANY Italy	FBB-2015 power plant	Paper sludge and wood waste	93 MBtu/hr 63,500 lb/hr 1247 psi /914°F
79.	WOOD WASTE-FIRED GASIFIER Tennessee	FBG-100 gasifier	Wood chips and sawdust	94 MBtu/hr 5 MWe power generator
78.	PAPER COMPANY Italy	FBB-160 power plant	Paper sludge	46 MBtu/hr 30,500 lb/hr steam 750 psi / 806°F
77.	MINICIPAL RDF-to –ENERGY FACILITY Italy	FBB-2010 power plant	Refuse Derived Fuel (RDF)	93 MBtu/hr 73,300 lb/hr steam 595 psi / 712°F
76.	PAPER COMPANY Wisconsin	FB-180 fluidized bed / boiler	250 DTPD paper mill and deinking sludge	59 MBtu/hr 50,500 lb/hr steam 160 psig saturated
75.	WOOD WASTE FIRED GASIFIER Iowa	FBG-100 gasifier firing boiler	Wood waste	6 MWe power generator 60,000 lb/hr 450 psi / 825°F steam
74.	MEDIUM DENSITY FIBERBOARD PLANT Georgia	FB-250 fluidized bed firing dryers and a boiler	MDF waste; resin impregnated sander dust and board trim, hog fuel	163 MBtu/hr
73.	SHIPYARD AND ENGINEERING FACILITY Malaysia	FB-160 fluidized bed	Petroleum tanker sludge	40 MBtu/hr
72.	MEDIUM DENSITY FIBERBOARD PLANT Pennsylvania	FB-250 fluidized bed firing dryers, a thermal fluid heating system and a boiler	MDF waste; resin impregnated sander dust and board trim, hog fuel	141 MBtu/hr total 75 MBtu dryer 20 MBtu oil 45,000 lb/hr steam
71.	PAPER COMPANY Australia	FB-2020 fluidized bed / boiler	Paper sludge, coal, wood waste, sewage sludge	138 MBtu/hr 102,500 lb/hr steam
70.	FOREST PRODUCTS	FB-140 fluidized bed	Wood waste	48 MBtu/hr

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 9

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	COMPANY New Brunswick, Canada	firing dryer		
69.	PAPER COMPANY Virginia	FB-100 fluidized bed firing rotary sludge dryer & boiler	Paper sludge	14.7 MBtu/hr 1.600 lb/hr steam 15 psig
68.	BIOMASS-FIRED POWER PLANT California	FBB-2033 fluidized bed / boiler	Agricultural waste, urban demolition waste	25 MWe 205,000 lb/hr steam 1350 psi, 955°F
67.	PAPER COMPANY Washington	FB-100 fluidized bed / boiler	Paper sludge	19.5MBtu/hr 16,000 lb/hr
66.	MINICIPAL WASTE WATER TREATMENT FACILITY Pennsylvania	FB-200 fluidized bed with afterburners	Waste water treatment sludge	52,800 lb/hr total 450 PSIG 460°F steam
65.	MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE FACILITY New Jersey	FBG-50 gasifier /boiler	Sewage sludge	10,000 lb/hr steam .75 MWe
64.	BIOMASS-FIRED-POWER PLANT California	FBB-2045 fluidized bed / boiler	Agricultural waste, urban demolition waste	32 MWe 255,000 lb/hr steam 1350 psi, 955°F
63.	INDUSTRIAL-WASTE FIRED POWER PLANT North Carolina	FB-200 fluidized bed / boiler	Industrial waste, corrugated paper, polyethylene, terphthalate and polyvinyl butyryl	70,000 lb/hr 175 psi satread steam
62.	PETROLEUM COKE FACILITY	FB-300	Petroleum coke	1200 lb/hr
61.	BIOMASS-IREED POWER PLANT California	FBB-2045 fluidized bed / boiler	Agricultural waste, urban demolition waste	27MWe 260,000 lb/hr 900 psi 850°F steam
60.	MUNICIPAL STEAM PLANT	Retrofil of existing boiler	Refuse derived fuel (RDF), wood, coal	25 MWe 270,000 lb/hr 425 psi 750°F steam
59.	EHIME PLYWOOD INDUSTRIES Matsuljama City Factory,	Fluidized bed / boiler	Bark chips	50,000 lb/hr steam

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 10

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	Ehime, Japan "Manufactured by Licensee"			
58.	BIOMASS-FIRED POWER PLANT California	FBB-2020 fluidized bed / boiler	Agriculture waste, urban demolition waste	12,5 MWe 122,000 lb/hr 650 psi 750°F steam
57.	FOREST PRODUCTS COMPANY Ontario, Canada	FB-2000 fluidized bed firing hot gas system with thermal oil heat exchanger	Wood chips, bark	100 MBtu/hr
56.	BIOMASS FIRED POWER PLANT California	FBB-2020 fluidized bed / boiler	Agricultural waste. Urban demolition waste	12.5 MWe 122,000 lb/hr 650 psi 750°F steam
55.	DANTANI PLYWOOD CO., LTD Shimonoseki Factory, Yamaguchi, Japan "Manufactured by Licensee"	Fluidized bed / boiler	Wood waste	45,000 lb/hr steam
54.	RDF AND WOOD FIRED POWER PLANT Wisconsin	Retrofit of existing boiler	Refuse derived fuel (RDF) and wood waste	150,000 lb/hr 450 psi 750°F steam
53.	WOOD WASTE-FIRED GASIFICATION POWER PLANT Oregon	FBG-100 gasifier firing boiler	Wood waste	6 MWe 60,000 lb/hr 450 psi 825°F steam
52.	BIOMASS-FIRED POWER PLANT California	FB-2033 fluidized bed / boiler	Agricultural waste, demolition waste	25 MWe 208,600 lb/hr 1250 psi 950°F steam
51.	WOOD-WASTE FIRED GASIFIER Missouri	FBG-100 gasifier firing Rotary kiln and fuel dryer	Wood chips	94 MBtu/hr
50.	PLYWOOD PLANT Ontario, Canada	FB-180 fluidized bed firing rotary dryers and thermal hot oil system	Wood waste	70 MBtu/hr
49.	MAJOR U.S. BOARD PLANT	FB-250 fluidized bed	Wood waste,	175 MBtu/hr



**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 11

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	Mississippi	firing rotary dryers and thermal hot oil system	sander dust	
48.	WOOD-WASTE FIRED COMBUSTION SYSTEM Pennsylvania	FB-160 fluidized bed	Wood waste	60 MBtu/hr
47.	PROCTOR AND GAMBLE CORP. Green Bay, Wisconsin	FB-220 fluidized bed	Wood waste	90 MBtu/hr
46.	BIOMASS-FIRED ENERGY SYSTEM Israel	FB-180 fluidized bed / boiler	Cotton hulls / coal	60,000 lb/hr 200 psi steam
45.	TOKYO PLYWOOD CORP.	FB-160 fluidized bed Firing veneer dryer	Wood waste	60 MBtu/hr
44.	AKIMOKU KOGYO CORP. "Akita Prefecture, Japan – Manufactured by licensee"	FB-160 fluidized bed Firing veneer dryer	Bark and wood chips	30 MBtu/hr
43.	SANYO-KOKUSAKU PULP CO. "Komatsushima Factory To- kushima Prefecture, Japan – Manufactured by Licensee"	FB-140 fluidized bed firing dryer	Bark and wood chips	18 MBtu/hr
42.	PLYWOOD PLANT Oregon	FB-180 fluidized bed / boiler firing dryer	Wood waste, board trim	80 MBtu/hr 8,000 lb/hr steam
41.	MUNICIPAL HEATING PLANT California	FBG-75 gasifier and boiler retrofit	Agricultural waste, yard waste	54 MBtu/hr 45,000 lb/hr 275 psi steam
40.	WOOD-WASTE FIRED COMBUSTION SYSTEM Georgia	FB-180 fluidized bed / firing fiberboard dryer	Wood waste, Fiberboard waste	80 MBtu/hr
39.	BEEF PROCESSING FACILITY Kansas	FB-75 fluidized bed / boiler	Paunch manure (simi- lar to sludge)	12 MBtu/hr 8,000 lb/hr
38.	FOREST PRODUCTS COMPANY Ontario, Canada	FB-180 fluidized bed firing rotary dryers and thermal hot oil system	Wood waste, board trim	80 MBtu/hr including 70 MBtu/hr to Dryers
37.	RDF AND WOOD-FIRED POWER PLANT Wisconsin	Retrofit of existing pow- er boiler	Refuse derived fuel (RDF); WOOD WASTE	150,000 lb/hr 450 psi 750°F steam
36.	DANTANI PLYWOOD CO.	FB-100 fluidized bed	Wood waste	24 MBtu/hr

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 12

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	Wakamatsu Factory, Wakamatsu-ku Kitakyushi City, Fukuoka Prefecture, Japan	firing one veneer dryer		
35.	BOARD PLANT Oregon	FB-200 fluidized bed / boiler plus direct firing of three jet veneer dryers	Wood waste, board trim	10 MBtu/hr 25,000 lb/hr 150 psi steam
34	WOOD PRODUCTS COMPANY Texas	FB-200 fluidized bed / boiler	Wood waste	70,000 lb/hr 350 psi steam
33.	WOOD PRODUCTS COMPANY Alabama „Manufactured by Licensee“	FB-180 fluidized bed / boiler	Wood waste	55,000 lb/hr 150 psi steam
32.	COLLEGE ENERGY PLANT FACILITY Mississippi „Manufactured by licensee“	FB-140 fluidized bed / boiler	Wood waste	27,000 lb/hr 150 psi steam
31.	WOOD PRODUCTS FACILITY Idaho	FB-220 fluidized bed / boiler	Wood waste	120 MBtu/hr 10,000 lb/hr 150 psi steam
30.	WOOD PRODUCTS FACILITY Connecticut	FB-75 fluidized bed / boiler	Wood waste	10,000 lb/hr steam
29.	WOOD PRODUCTS FACILITY Georgia “Manufactured by Licensee”	FB-100 fluidized bed direct firing two dry kilns	Wood waste	24 MBtu/hr
28.	BOARD PLANT Washington	FB-200 fluidized bed direct firing veneer dryers	Wood waste, board trim	100 MBtu/hr
27.	BOARD PLANT Washington	FB-160 fluidized bed direct firing veneer dryers	Wood waste, board trim	60 MBtu/hr
26.	LUMBER COMPANY Quebec, Canada “Manufactured by licensee”	FB-75 fluidized bed with heat exchanger indirect firing three dry kilns	Wood waste	12 MBtu/hr
25.	LUMBER COMPANY North Carolina	FB-100 fluidized bed / boiler	Bark	15,000 lb/hr 150 psi steam

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 13

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	"Manufactured by licensee"			
24.	PLYWOOD FACILITY Oregon	FB-200 fluidized bed boiler plus direct firing three veneer dryers	Wood waste, board trim	100 MBtu/hr including 20,000 lb/hr 150 psi steam
23.	BOARD MANUFACTURING CO. Oregon	FB-180 direct firing three veneer dryers	Hog fuel, board trim	80 MBtu/hr
22.	BOARD MANUFACTURING CO. Oregon	FB-140 fluidized bed / boiler, plus direct firing one veneer dryer	Hog fuel, board trim	48 MBtu/hr 24,000 lb/hr 180 psi steam
21.	LUMBER MILL Idaho	FB-140 fluidized bed / boiler	Wood waste	30,000 lb/hr 150 psi steam
20.	HOSPITAL ENERGY SYSTEM Vermont „Manufactured by licensee“	FB-75 fluidized bed / boiler	Wood waste	10,000 lb/hr 150 psi steam
19.	BOARD MANUFACTURING FACILITY Alabama	FB-180 fluidized bed / boiler, plus direct firing two jet veneer dryer	Wood waste, board trim	80 MBtu/hr Including 25,000 lb/hr 180 psi steam
18.	BOARD MANUFACTURING FACILITY North Carolina	FB-180 fluidized bed / boiler, plus direct firing two jet veneer dryer	Wood waste, board trim	80 MBtu/hr Including 25,000 lb/hr 180 psi steam
17.	WOOD PRODUCTS COMPANY Ontario, Canada	FB-180 retrofit of existing boiler	Bark and sludge	45,000 lb/hr 250 psi steam
16.	WOOD PRODUCTS COMPANY Maine "Manufactured by licensee"	FB-100 fluidized bed	Wood waste	26 MBtu/hr
15.	LUMBER COMPANY Wisconsin "Manufactured by Licensee"	FB-140 fluidized bed / boiler	Wood waste	20,700 lb/hr 175 psi steam
14.	WOOD PRODUCTS COMPANY Quebec, Canada	FB-75 fluidized bed direct fired kilns	Wood waste	13MBtu/hr

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 14

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	"Manufactured by licensee"			
13.	VENEER COMPANY North Carolina "Manufactured by licensee"	FB-75 fluidized bed direct fired kilns	Wood waste	10,000 lb/hr 200 psi steam
12.	BOARD MANUFACTURING COMPANY Wisconsin	FB-120 fluidized bed / boiler, plus direct firing fiber dryer	Wood waste, board trim	36 MBtu/hr Including 20,000 lb/hr 250 psi steam
11.	WOOD PRODUCTS COMPANY Idaho	FB-180 fluidized bed / boiler, plus direct firing two veneer dryers	Wood waste	60 MBtu/hr including 26,000 lb/hr 150 psi steam
10.	WOOD PRODUCTS COMPANY Wisconsin "Manufactured by licensee"	FB-120 fluidized bed / boiler	Wood waste	26,000 lb/hr 150 psi steam
9.	WOOD PRODUCTS COMPANY Ontario, Canada "Manufactured by licensee"	FB-140 fluidized bed / boiler	Wood waste	20,000 lb/hr 150 psi steam
8.	WOOD PRODUCTS COMPANY Idaho	FB-100 fluidized bed / boiler	Wood waste	18,000 lb/hr 150 psi steam
7.	OLIVE GROWERS California	FB-75 fluidized bed / boiler	Olive pits	10,000 lb/hr 150 psi steam
6.	WOOD PRODUCTS COMPANY Washington	FB-180 retrofit of exist- ing boiler	Wood waste	40,000 lb/hr 150 psi steam
5.	WOOD PRODUCTS COMPANY North Carolina "Manufactured by licensee"	FB-100 fluidized bed / boiler	Wood waste	15,000 lb/hr 150 psi steam
4.	WOOD PRODUCTS COMPANY Missouri "Manufactured by licensee"	FB-75 fluidized bed / boiler	Wood waste	10,000 lb/hr 150 psi steam
3.	WOOD PRODUCTS	FB-75 fluidized bed /	Wood waste	10,000 lb/hr

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 15

No.	Project	System Description	Fuel	Capacity
	COMPANY Massachusetts "Manufactured by licensee"	boiler		150 psi steam
2.	WOOD PRODUCTS COMPANY Montana	FB-100 fluidized bed / boiler	Wood waste	15,000 lb/hr 150 psi steam
1.	LUMBER MILL Coeur d'Alene, Idaho	FB-140 fluidized bed / boiler	Wood waste	30,000 lb/hr 150 psi steam

### C.1.3.2 Power plant/Combustion units

Nature and scope of projects is given in remarks column

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (MW <sub>th</sub> )	Qty. of Units	Remarks
City of Stuttgart/Stuttgart	2013	FB	10	2	Operator training
Infraserv/Frankfurt	2013	FB	12	2	Conceptual study
DRSH/Dordrecht	2013	FB	3 x 9/18	4	Conceptual study
ERZ/Zürich	2012	FB	10	1	Turn key
Eren/Corlu	2011	FB	85	1	Turn key
Antam Jindal Stainless Indonesia AJSI/ Indonesia	2011	CFB Coal	230	2	Basic design and feasibility study
Severstal Karelsky Okatysh/Russia	2011	CFB Coal	150	1	Feasibility study
SNB Moerdijk/ Netherlands	2011	FB Sludge	15	4	Conceptual Study boiler replacement
Queensland Energy Resource QER Brisbane/ Australia	2010	CFB Oil Shale	400	1	Conceptual Study
Cemex, Rüdersdorf,/ Germany	2010	CFB RDF	100	1	Technical assistance Gasification Unit before Cement Kiln



**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 16

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (MW <sub>th</sub> )	Qty. of Units	Remarks
Harmuth Entsorgung, Essen/ Germany	2010	FB Biomass, RDF	12	1	Technical assistance
Eesti Energia, Narva/ Estonia	2009	CFB Oil Shale	120	1	Enefit 280 Plant, incl. oil shale preparation
Skelleftea Kraft, Storuman/ Sweden	2008	CFB Wood	35	1	By KRAFT/ Green Exergy*
Panda Ethanol, Hereford, Texas/USA	2008	FB Cattle Manure	105	1	Material handling, Boiler Island, Dry FGC
Skelleftea Kraft, Hedensbyn/ Sweden	1996	CFB Wood	100	1	By KRAFT/ Green Exergy*
Stadtwerke Duisburg/ Germany	1985	CFB Coal	208	1	Lurgi Metallurgie**/German Babcock
Luenen/ Germany	1982	CFB Coal	84	1	Lurgi Metallurgie**/German Babcock

\*: Joint Venture company, Outotec-SKAB

\*\* : now Outotec GmbH

CFB: Circulating Fluidized Bed

FB: Stationary Fluidized Bed

FGC: Flue Gas Cleaning

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 17

#### C.1.3.3 Alumina Calcination Units

Contracts shown in chronological order (2011 to 1961)

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
Ma'aden Bauxite and Alumina Company Ma'aden Aluminum Project /Kingdom of Saudi Arabia	2011	Alumina Sandy Coarse	3500	2	CFB	Engineering, Key equipment, Construction and Supervision	EPC Lump Sum Turnkey
ALUMINIUM OXID STADE GMBH / Stade GERMANY	2010	Alumina Sandy Coarse	800	1	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Upgrade of existing unit –
VEDANTA ALUMINIUM LTD./ Lanjigarh INDIA	2008	Alumina Sandy Coarse	3300	3	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil fired; Hydrate filtration plant included
COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO Alumínio-Mairinque/ BRAZIL	2007	Alumina Sandy Coarse	1600	1	CFB	EPC Basis	Natural gas and oil fired (Dual-Fuel)
ZAO KOMI ALUMINIUM LLC/ Sosnogorsk, Republic Komi RUSSIA	2007	Alumina Sandy Coarse	2640	2	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Natural gas and oil fired (Dual-Fuel)
ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S.A./ Barcarena BRAZIL	2006	Alumina Sandy Coarse	3300	2	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil fired; Hydrate filtration plant included
ALCAN GOVE DEVELOPMENT PTY.LTD subsidiary of ALCAN INC./ Gove, N.T. AUSTRALIA	2005	Alumina Sandy Coarse	3500	2	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil and natural gas fired (Dual-Fuel)
HINDALCO INDUSTRIES LTD./ Muri INDIA	2005	Alumina Sandy Coarse	1300	1	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil fired; Hydrate filtration plant included

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 18

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO Aluminio-Mairinque/ BRAZIL	2004	Alumina Sandy Coarse	1400	1	CFB	EPC Basis	Modification from oil to natural gas fired
COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO Aluminio-Mairinque/ BRAZIL	2004	Alumina Sandy Coarse	1050	1	CFB	EPC Basis	Modification from oil to natural gas fired
ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S.A./ Barcarena BRAZIL	2003	Alumina Sandy Coarse	3300	2	CFB	EPC Basis	Oil fired; Hydrate filtration plant included
ALUMINIUM PECHINEY Bauxilum/ Puerto Ordaz VENEZUELA	2003	Alumina Sandy Coarse	2000	3	CFB	EPC Basis	Upgrade of existing plants
GUIZHOU ALUMINIUM PLANT/ Guiyang CHINA	2002	Alumina Sandy Coarse	1800	1	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil fired
NIKOLAEV ALUMINA PLANT/ Nikolaev UKRAINA	2002	Alumina Sandy Coarse	1500	1	CFB	EPC Basis	Natural gas fired
SHANDONG ALUMINIUM CORP./ Zibo CHINA	2001	Alumina Sandy Coarse	1600	1	CFB	Engineering, Key equipment, Supervision	Oil fired
ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S.A./ Barcarena BRAZIL	2000	Alumina Sandy Coarse	3000	1	CFB	EPC Basis	Oil fired; Hydrate filtration plant included
WORSLEY ALUMINA PTY LTD/ Bunbury, W.A. AUSTRALIA	1999	Alumina Sandy Coarse	3100	1	CFB	EPC Basis	Natural gas fired

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 19

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
NATIONAL ALUMINIUM CORP./ Orissa State INDIA	1998	Alumina Sandy Coarse	2000	1	CFB	Engineering, Key equip- ment, Su- pervision	Oil fired
NABALCO PTY LTD/ Gove, N.T. AUSTRALIA	1998	Alumina Sandy Coarse	2700	1	CFB	EPC Basis	Oil fired
NATIONAL ALUMINIUM CORP./ Orissa State INDIA	1998	Alumina Sandy Coarse	1700	2	CFB	Engineering, Key equip- ment, Su- pervision	Capacity in- crease
SHANDONG ALUMINIUM CORP./ Zibo CHINA	1996	Alumina Sandy Coarse	1600	1	CFB	Engineering, Key equip- ment, Su- pervision	Oil fired
GUIZHOU ALUMINIUM PLANT/ Guiyang CHINA	1995	Alumina Sandy Coarse	1400	1	CFB	Engineering, Key equip- ment, Su- pervision	Oil fired
ALUMINA DO NORTE DO BRASIL S.A./ Barcarena BRAZIL	1993	Alumina Sandy Coarse	1850	2	CFB	EPC Basis	Oil fired; Hy- drate filtration plant included
ALUMINA PARTNERS OF JAMAICA/ St. Elizabeth JAMAICA	1991	Alumina Sandy Coarse	1400	2	CFB		Oil fired; Hy- drate filtration plant included
WORSLEY ALUMINA PTY LTD/ Bunbury, W.A. AUSTRALIA	1990	Alumina Sandy	1850	1	CFB		Natural gas fired
COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO Aluminio-Mairinque/ BRAZIL	1990	Alumina Sandy	1400	1	CFB		Oil fired
INTERALUMINA/ Puerto Ordaz VENEZUELA	1989	Alumina Sandy Coarse	1850	1	CFB		Natural gas fired; Hydrate filtration plant included

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 20

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
INTERALUMINA/ Puerto Ordaz VENEZUELA	1986	Alumina Sandy Coarse	1500	3	CFB		Upgrade of existing plants
VAW Bonn/ Schwandorf GERMANY	1985	Special Alumina	250	1	CFB		Extension of existing plant
CNTIC/ Shanxi China	1984	Alumina	1320	1	FFC	EPC Basis	Model Mark III (Alcoa Li- cense)
COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO Aluminio-Mairinque/ BRAZIL	1984	Alumina Sandy	1 050	1	CFB		Oil fired
ZSNP/ CZECHOSLOVAKIA	1983	Alumina Intermedi- ate	700	1	CFB		Natural gas fired
NATIONAL ALUMINIUM CORP./ Orissa State INDIA	1983	Alumina Sandy Coarse	1400	2	CFB		Oil fired
Alcoa Chemie GmbH /Ludwigshafen Germany	1983	Special alumina	360	1	FFC	EPC Basis	-
Alpart /Jamaica	1982	Alumina	1320	1	FFC	Engineering only	Model Mark III (Alcoa Li- cense)
KAISER ALUMINIUM & CHEMICAL CORP./ Baton Rouge, Louisiana USA	1981	Alumina Sandy Coarse	375	1	CFB		Natural gas fired
KAISER ALUMINIUM & CHEMICAL CORP./ Baton Rouge, Louisiana USA	1981	Alumina Sandy Coarse	1100	3	CFB		Natural gas fired
WORSLEY ALUMINA PTY LTD./ Bunbury, W.A. AUSTRALIA	1981	Alumina Sandy Coarse	1500	3	CFB		Oil / natural gas fired; Hydrate filtra- tion plant included



**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

**A – General Part**

Page: 21

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
QUEENSLAND ALUMINA LTD./ Gladstone, Q.L. AUSTRALIA	1980	Alumina Sandy Coarse	1350	1	CFB		Oil fired
INTERALUMINA/ Puerto Ordaz VENEZUELA	1979	Alumina Sandy Coarse	1400	3	CFB		Natural gas fired; Hydrate filtration plant included
VAW Bonn/ Luenen GERMANY	1978	Alumina Floury	820	1	CFB		Capacity increase
METALLURGIMPORT /Moscow Nikolaev USSR	1976	Alumina Sandy Coarse	800	4	CFB		Oil fired (in consortium with Aluminium Pechiney)
GUYANA BAUXITE CO./ Linden GUYANA	1976	Alumina Sandy Coarse	1050	1	CFB		Oil fired; Hydrate filtration plant included
mitsui ALUMINA CO.LTD. / Wakamatsu JAPAN	1974	Alumina Sandy Coarse	850	1	CFB		Oil fired
Aughinish Alumina Ltd./ Aughinish Ireland	1974	Alumina	1320	3	FFC		Model Mark III (Alcoa License)
Alcan/Jonquiere Canada	1974	Alumina	1320	3	FFC		Model Mark III (Alcoa License)
ALUMINIUM OXID STADE GMBH (VAW / REYNOLDS)/ Stade GERMANY	1971	Alumina Intermediate Coarse	800	3	CFB		Natural gas fired

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 22

Client/ Plant Location	Year of Order	Product	Capacity per Unit (tpd)	Units	Type	Scope	Remarks
VAW Bonn/ Schwandorf GERMANY	1971	Alumina Floury	570	1	CFB		Oil and natural gas fired
VAW Bonn/ Luenen GERMANY	1968	Alumina Floury	500	1	CFB		Oil fired
VAW Bonn/ Luenen GERMANY	1961	Alumina Floury	24	1	CFB		Oil and natural gas fired

CFB: Circulating Fluidized Bed, FFC: Flash Fluidized Calciner

### C.1.3.4 Gold ore/concentrate Roasting

Client	Start-Up Date	Capacity t/d	Roaster Type	Location
Syama	2009	590	1 X CFB	Mali
Minahasa	1996	2.160	1 X CFB	Indonesia
Newmont Gold	1994	7.680	2 X CFB	Nevada/USA
Cortez	1990	1.960	1 X CFB	Nevada/USA
Gidji/W.A. KGCM	1987	1.150	2 X CFB	Australia
Ergo	1975	1.500	3 X SFB	South Africa
Welkom	1975	1.000	2 X SFB	South Africa
Goldfields	1969	250	2 X SFB	South Africa

CFB: **CIRCULATING** Fluidized Bed, SFB: Stationary Fluidized Bed

## Energy references

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

### A – General Part

Page: 23

#### C.1.3.5 Zinc, Copper and Pyrite Roaster (Stationary Fluidized Bed (SFB) System)

Client	Year of order	Location	Capacity t/d	Feed Basis
Hindustan Zinc VI	2012	India	970	Zinc Concentrate
Hindustan Zinc V	2011	India	970	Zinc Concentrate
Hindustan Zinc IV	2009	India	970	Zinc Concentrate
Hindustan Zinc III	2008	India	970	Zinc Concentrate
Votorantim/ Cajamarquilla	2008	Peru	970	Zinc concentrate
Kardzhali	2007	Bulgaria	300	Zinc Concentrate
Mopani Copper	2005	Zambia	500	Copper+Cobalt Concentrate
Hindustan Zinc II	2005	India	970	Zinc Concentrate
Tongling	2004	China	1130	Pyrite / Pyrrhotite
Hindustan Zinc I	2003	India	950	Zinc Concentrate
ETI Holding	2001	Turkey	630	Pyrite Concentrate
Asturiana de Zinc	1999	Spain	950	Zinc Concentrate
Plovdiv	1998	Bulgaria	500	Zinc Concentrate
Penoles	1997	Mexico	550	Zinc Concentrate
Huangmailing	1997	China	800	Pyrites
CNTIC Wengfu	1996	China	2 x 600	Pyrite Concentrate
Refineria de Caramarquilla	1996	Peru	1 X 740	Zinc Concentrate
Mitsubishi Heavy Ind. Ltd./Tokyo	1994	Japan	1 X 1200	Coarse Pyrite and Concentrate
Padeang Industry Co. Ltd.	1992	Thailand	1 X 475	Zinc Concentrate

**Energy references**

Chapter : A.2

Revision: 01

Proposal No. XXXX-A1

Date: 25.09.2014

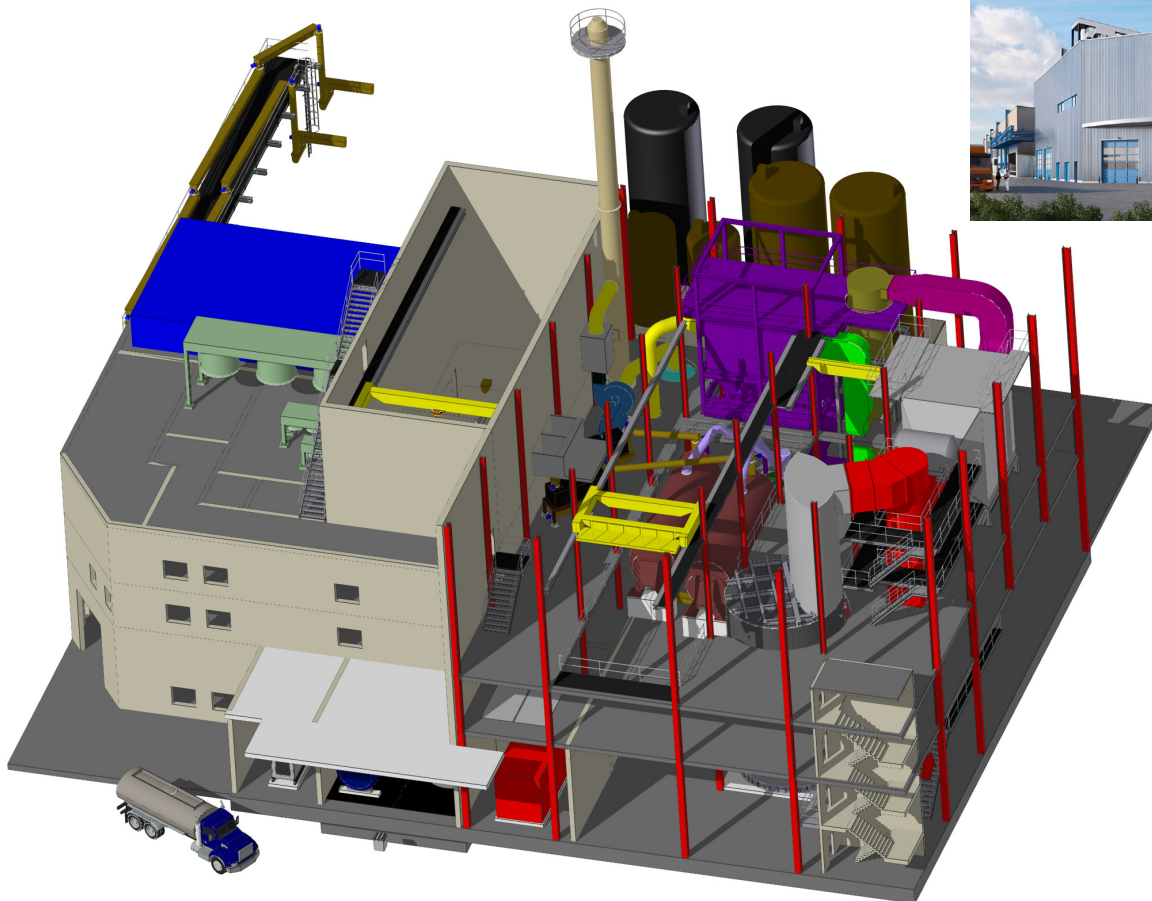
**A – General Part**

Page: 24

**C.1.3.6 Iron Ore Applications**

Client/ Plant Location	Year of commissioning	Type	Capacity per Unit	Remarks
CAL / Circored Point Lisas Trinidad	1999/2000	CFB/ SFB	500000tp a HBI	Iron ore direct reduction process
Hismelt / Circoheat Kwinana Australia	2004/2005	CFB	170 t/h	Iron ore preheater & hot ore conveying

# Sludge incineration plant - ERZ Zurich – Zurich, Switzerland

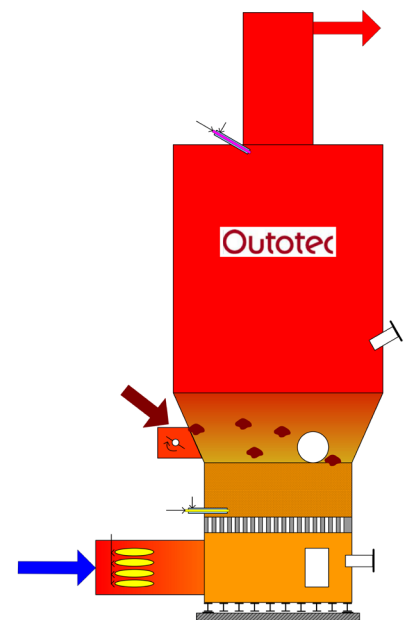


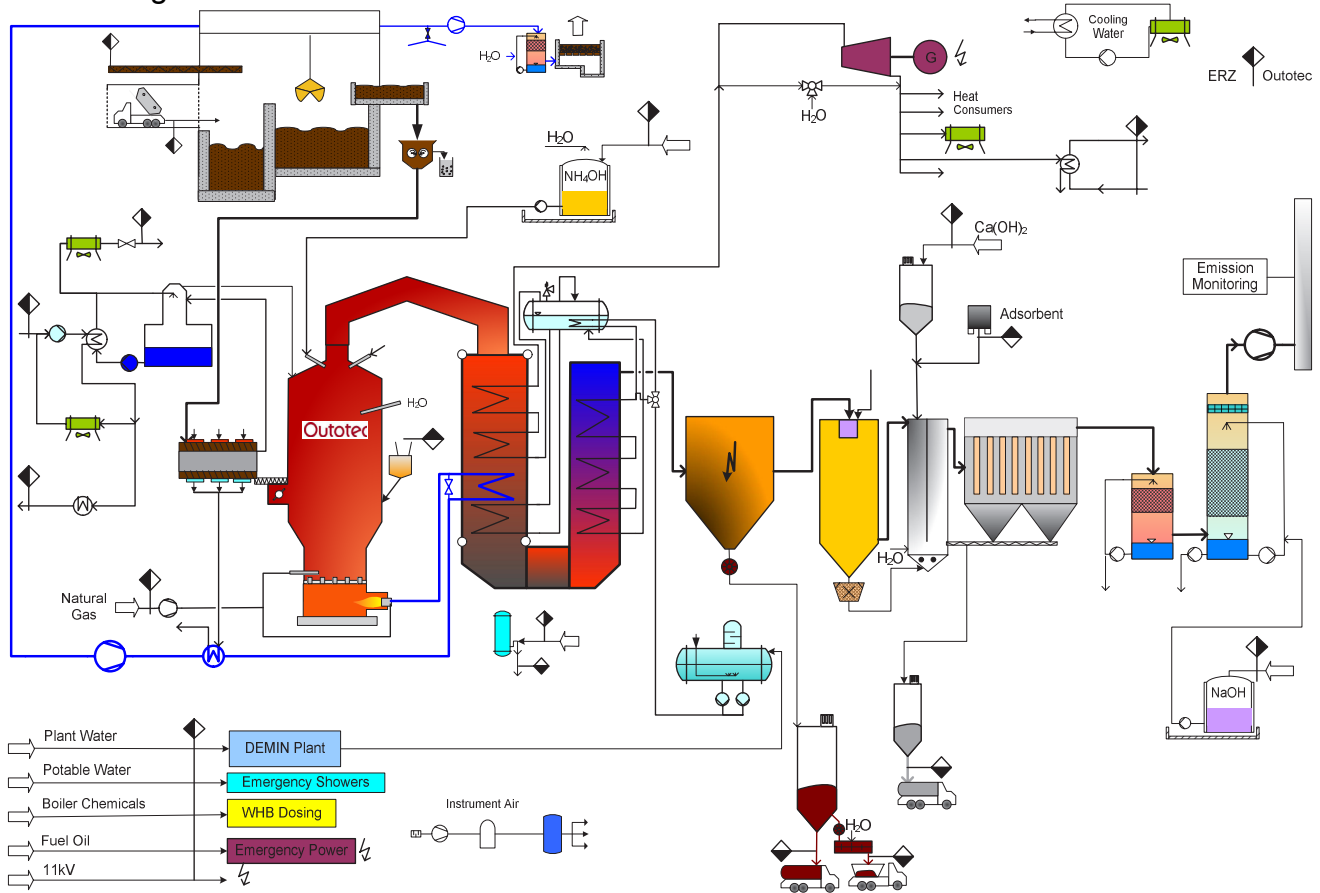
With its range of products and services, Swiss department of the city of Zurich Entsorgung and Recycling Zürich (ERZ), takes an active role in environmental protection as well as in waste water treatment. The plant is operated with minimal environmental emissions and maximum recovery of energy and raw materials.

ERZ selected Outotec in 2012 to build one of the most advanced sewage sludge incineration plants anywhere. The plant is designed to burn all of the sewage sludge produced in the Zurich region. ERZ wants to incinerate 100,000 metric tons of sewage sludge annually.



When completed, the plant will consist of a sludge reception, self-sustained incineration and flue gas cleaning and will not only meet the strictest environmental regulations, but it will be economically viable as well. It will also be Switzerland's largest sewage sludge incineration plant.





**ERZ Zurich - Zurich, Switzerland**

**How the Process Works**

The sewage sludge is mixed in a sludge receiving bunker and transported to an intermediate sludge hopper by a crane.

Conveyed to the dryer, the sludge is partly dried by steam and then fed to an Outotec fluidized bed incinerator via shaftless screw conveyors. The vaporized water from the sludge dryer is condensed in a vapor condensing unit and the recovered heat is used for district heating.

Natural gas lances and an induct burner are installed for the start-up phase. The plant is self-sustaining in terms of operation and requires no external fuel. The bunkers' venting air is pre-heated with a flue gas air pre-heater and then routed to the air distribution nozzles inside the fluidized bed incinerator. To further reduce NOx emissions, an SNCR with ammonia water injection and a dedicated post reaction chamber is used. The boiler system consists of a superheater, evaporators, economizer and an air pre-heater.

The fluidized bed incinerator's hot flue gases are used to produce steam for a steam turbine as well as to pre-dry the sludge.

The cooled flue gas leaving the economizer enters the electrostatic precipitator, where over 99.0% of the ash is separated. Using Outotec's

AshDec process, the ash can then be converted into phosphate fertilizer.

After de-dusting, the flue gas is cleaned with the help of additives, such as limestone and activated carbon, using a spray drying system, adsorption reactor and bag house filter.

Subsequently the flue gas is treated in a 2-stage scrubber system. The scrubber effluent is evaporated in the spray dryer.

The cleaned flue gas exits the plant through the stack.

**Design and Data**

**Throughput**  
 100,000 mtpy (sewage sludge)  
 30,000 mtDS/y (dry substance)

**Sludge Bunker**  
 Total capacity 2,050 m<sup>3</sup>  
 Crane capacity 8 t

**Sludge Pre-dryer**  
 Inlet DS content 22 – 30 %  
 Water evaporation 5,000 kg/h  
 Steam consumption 7,000 kg/h  
 Outlet DS content 35 – 45 %

**Fluidized Bed Incinerator**

Fluidizing air flow 16,000 Nm<sup>3</sup>/h  
 Oxygen content 7 – 11 % dry  
 Fluegas flow outlet 26,500 Nm<sup>3</sup>/h  
 Incineration temperature 870 – 950 °C

**Waste Heat Boiler**

Steam temperature 450 °C  
 Steam pressure 60 bar  
 Steam generation 9 t/h  
 Air preheater < 400 °C

**Steam Turbine + Generator Set**

Electrical power output 900 kWel

**Flue Gas Cleaning**

Flue gas quantity, wet < 30,000 m<sup>3</sup>/h  
 Flue gas outlet temperature 70 – 80°C

**Emissions**

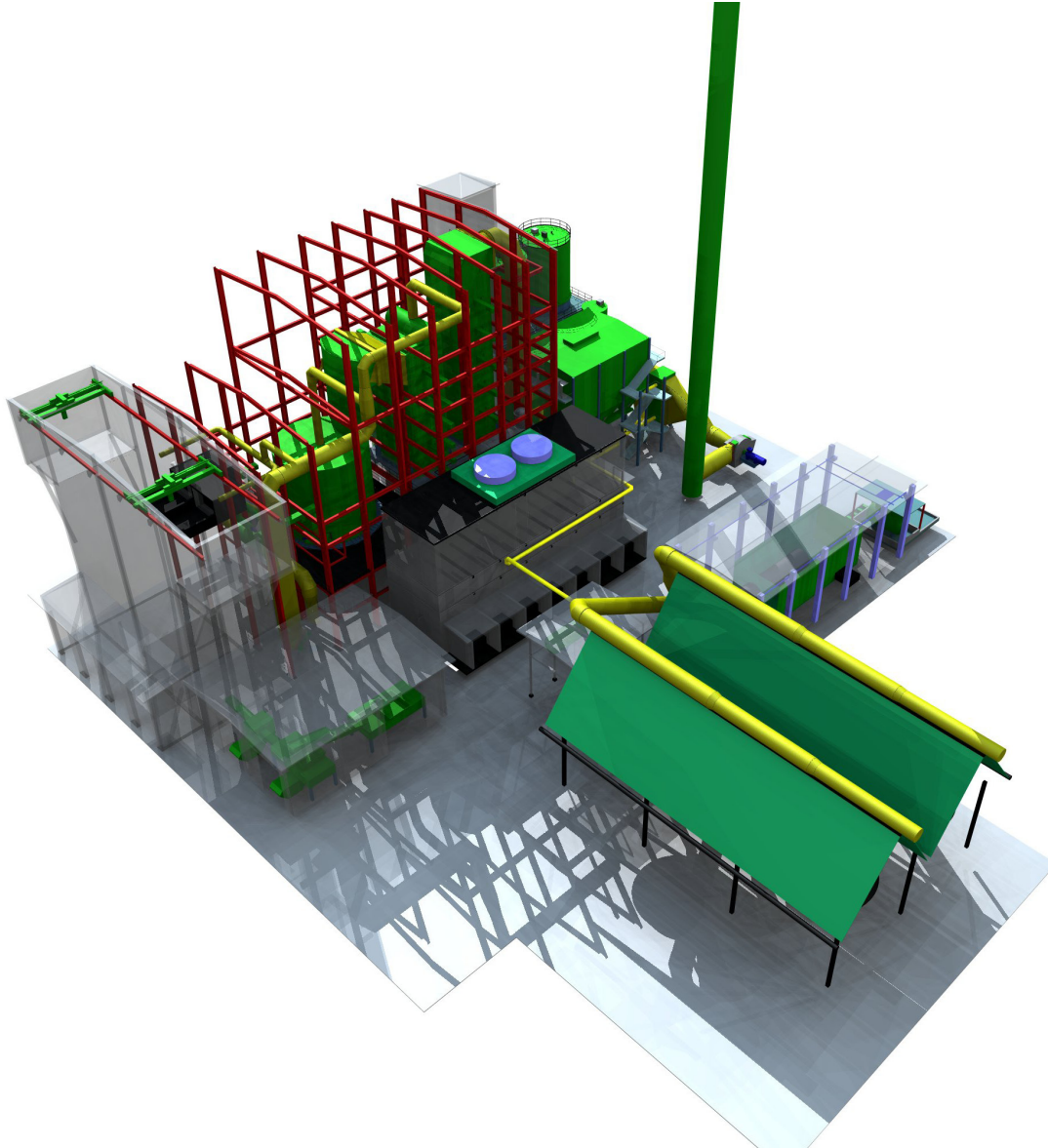
(Guaranteed values)

Dust	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>
Pb + Zn	< 1 mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	< 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
Cd	< 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	< 80 mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>
HF	< 1 mg/Nm <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>
PCDD/PCDF	< 0.1 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>



## Biomass CHP power plant - Modern Karton – Çorlu, Turkey

---



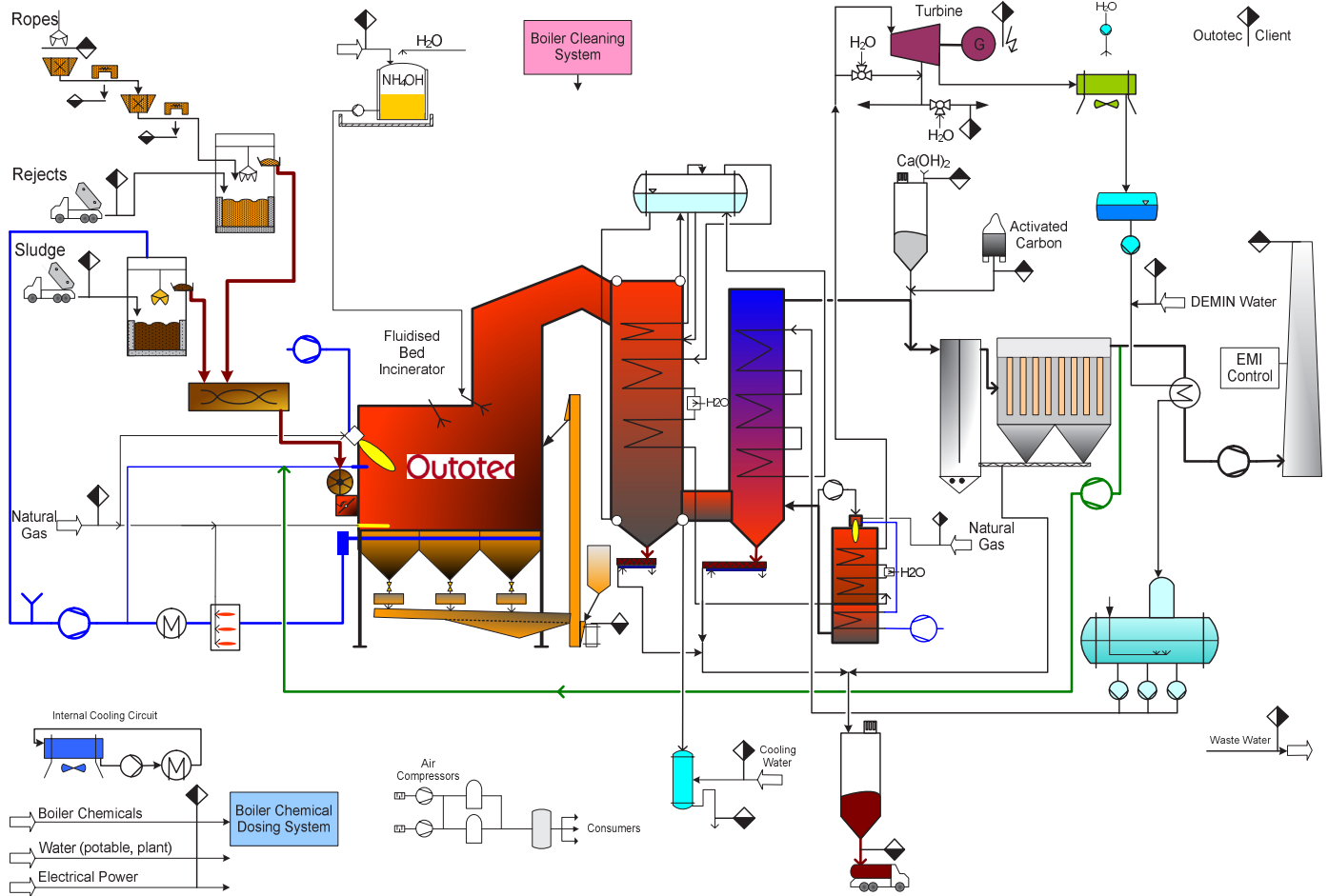
Eren Holding and its affiliates operate in the energy, paper, packaging, retail, cement, textile and tourism sectors. Modern Karton is one of the major European manufacturers in the paper industry. As the industry leader in Turkey, the vast majority of Modern Karton's paper export is to the European Union.

Modern Karton operates several paper machines at its production facilities in Çorlu located 90 km northwest of Istanbul. The facility produces 1.1 million mtpy of packaging papers and



corrugated cardboard materials from waste paper. Eren Holding wants to build a new biomass power plant utilizing by-products such as paper sludge, biological sludge, rejects and natural gas for fuel. It has selected Outotec to design and build a lumpsum turnkey CHP plant, which will produce both electricity for the network and steam for the production facilities.





**Modern Karton – Çorlu, Turkey**

**How the Process Works**

The various pre-treated fuels are transported via trucks, front-end loaders and conveyors to a bunker system. Next, the fuels are mixed and fed by a crane to an intermediate dosing hopper. The fuels are finally transported to a stationary fluidized bed incinerator.

The plant is designed to operate at a very high level of flexibility in terms of physical size and CV. The open-grate furnace also ensures processing of the inert coarse materials. The refractory-lined incinerator, equipped with an air pre-heater and flue gas recycling, allows for operation with a feed material's CV between 2,000 and 6,000 kJ/kg.

Using air from the bunkers, the combustion air first passes through a pre-heater and then travels to steel air distribution plates from the fluidized bed reactor's open nozzle grid.

With Outotec's open nozzle grid, debris such as metals, glass and stones can be removed during operation.

The waste heat boiler, which consists of an evaporator, super heater and economizer, uses the hot flue gases from the fluidized bed reactor to produce steam for the turbine.

An external super heater is installed to increase the live steam temperature to achieve high efficiency in the turbine.

The cold flue gas leaving the economizer enters the bag house filter, where lime and activated carbon are added to clean the flue gas.

The de-dusted flue gas leaves the plant by stack after passing a condensate preheater.

**Design and Data**

Fuel throughput: 450,000 t/a  
 (Biological sludge, paper sludge, rejects, etc.)  
 Natural gas: 32,600 Nm<sup>3</sup>/d

**Fluidized Bed Incinerator**

Combustion air flow 150,000 Nm<sup>3</sup>/h  
 Recycle gas flow 0 – 30,000 Nm<sup>3</sup>/h  
 Oxygen content flue gas 4 – 7 %  
 Flue gas flow outlet 210,000 Nm<sup>3</sup>/h  
 Flue gas temperature outlet 870 – 950°C  
 Air preheating < 260 °C

**Waste Heat Boiler (WHB)**

Steam temperature 380 °C  
 Steam pressure 62 bar(a)  
 Flue gas outlet temperature < 160 °C

**External Superheater**

Thermal capacity 13 MW  
 Temperature outlet 530 °C

**Steam Turbine**

Steam flow 96 t/h  
 Steam temperature 530 °C  
 Electrical power output: up to 30 MWeI

**Flue Gas Cleaning**

Flue gas flow 230,000 Nm<sup>3</sup>/h  
 Flue gas outlet temperature < 100 °C

**Emissions (acc. 2000/76/EC)**

Dust < 10 mg/Nm<sup>3</sup>  
 TOC < 10 mg/Nm<sup>3</sup>  
 HCl < 10 mg/Nm<sup>3</sup>  
 HF < 1 mg/Nm<sup>3</sup>  
 SO<sub>x</sub> < 50 mg/Nm<sup>3</sup>  
 CO < 50 mg/Nm<sup>3</sup>  
 NO<sub>x</sub> < 200 mg/Nm<sup>3</sup>  
 Dioxin/Furan < 0.1 ng/Nm<sup>3</sup>

**Time Schedule**

Contract start 01/2012  
 Start up 04/2014

## REFERENZLISTE KESSEL- UND ENERGIE-TECHNIK

Referenzliste über Kesselanlagen, bei denen unsere Mitarbeiter maßgeblich bei der Planung, Projektierung und Realisierung beteiligt waren.

Standort	Land	GWK ... Großwasserraumkessel WRK ... Wasserrohrkessel PGB ... Process Gas Boiler	Kesseltyp	A ... Abhitzeessel G ... gefeuerter Kessel	Abhitze nach (z.B. GT, Ofen, ...)	GT Typ	Brennstoff (bei gefeuerter Kessel)	Elektrische Leistung	Dampfleistung MCR	Genehmigungs- druck	Temperatur Liefer- grenze	IBN	IA ... in Arbeit	Alle Anlagen			
														Feststoff-Kesselanlagen	Gasturbinen-Kesselanlagen	Prozessabhitze-systeme	Abhitze-Kesselanlagen
Reci, Covasna	RO	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Holz und Rinde (W60), Altholz AI-AII	15	68 t/h	80 bar	500 °C	2. Quartal 2015	iA				
Eisfließ	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Landschaftspflege-gut, Altholz A1	7	29 t/h	78 bar	485 °C	4. Quartal 2014	iA				
Gouvy	BE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Holz und Rinde (W65)	4	22 t/h	66 bar	485 °C	3. Quartal 2013					
Berlin	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Landschaftspflegegut, Hackgut, Schredderholz (W30-W55, A15-30)	7	35 t/h	75 bar	495 °C	4. Quartal 2013					
Urmatt	FR	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Holz und Rinde (W65)	5	25 t/h	65 bar	485 °C	4. Quartal 2012					
Sandreuth	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			unbehandelte Biomasse (Holz-Hackschnitzel) und Landschafts- pflegegut	5	25 t/h	80 bar	485 °C	2. Quartal 2011					
Bern	CH	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit stationärer Wirbelschichtfeuerung	G			Altholz, unbehandelte Biomasse	7	32,2 t/h	75 bar	485 °C	4. Quartal 2012					
Aubugg	CH	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit stationärer Wirbelschichtfeuerung	G			Biomasse (Hackschnitzel)	12	46,5 t/h	97 bar	500 °C	4. Quartal 2010					
Kaiserslautern	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Wanderrostfeuerung	G			Steinkohle	10	36 t/h	104 bar	540 °	4. Quartal 2009					
Brunnsbüttel	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Landschaftspflege-gut, Energieholz aus Kompostierung, Hackgut, Rinde	7	32,27 t/h	75 bar	485 °	2. Quartal 2008					
Basel	CH	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit stationärer Wirbelschichtfeuerung	G			Altholz, unbehandelte Biomasse	7	41 t/h	54 bar	400 °C	3u4. Quartal 2008					

## REFERENZLISTE KESSEL- UND ENERGIETECHNIK

Referenzliste über Kesselanlagen, bei denen unsere Mitarbeiter maßgeblich bei der Planung, Projektierung und Realisierung beteiligt waren.

Standort	Land	GWK ... Großwasserraumkessel WRK ... Wasserrohrkessel PGB ... Process Gas Boiler	Kesseltyp	A ... Abhitzekeessel G ... gefeuerter Kessel	Abhitze nach (z.B. GT, Ofen, ...)	GT Typ	Brennstoff (bei gefeuertem Kessel)	Elektrische Leistung	Dampfleistung MCR	Genehmigungs- druck	Temperatur Liefer- grenze	IBN	IA ... in Arbeit	Alle Anlagen	
														Feststoff-Kesselanlagen	Gasturbinen-Kesselanlagen
Augsburg	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			unbehandelte Biomasse	5	30 t/h	75 bar	485 °C	1. Quartal 2008			
Vielesalm	BE	WRK	2 x Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Landschaftspflege-gut, Energieholz aus Kompostierung, Hackgut, Rinde	20	2 x 44 t/h	75 bar	485 °C	2. Quartal 2008			
Craichheim	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Landschaftspflege-gut, Energieholz aus Kompostierung, Hackgut, Rinde	7	36 t/h	75 bar	485 °C	4. Quartal 2007			
Sachsenburg	AT	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Waldhackgut	5	23 t/h	75 bar	485 °C	3. Quartal 2007			
Enns	AT	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			unbehandelte Biomasse (Holz und Rinde)	5	35 t/h	75 bar	485 °C	2. Quartal 2006			
Baden	AT	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Waldhackgut	5	32 t/h	70 bar	485 °C	2. Quartal 2006			
Mödling	AT	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Waldhackgut	5	32 t/h	70 bar	485 °C	2. Quartal 2006			
Altenstadt	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Wirbelschichtfeuerung	G			Altholz, unbehandelte Biomasse	12	50 t/h	70 bar	455 °C	4. Quartal 2005			
Neustrelitz	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Waldhackgut	5	32 t/h	75 bar	485 °C	4. Quartal 2005			
Ilmenau	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (hybrid)	G			Altholz A1 - A3	5	23 t/h	55 bar	430 °C	3. Quartal 2005			
Neufahm	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			Altholz A1 - A3	5	23 t/h	55 bar	430 °C	3. Quartal 2003			
Kulstern	AT	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (Luftgekühlt)	G			unbehandelte Biomasse (Holz und Rinde)	5	30 t/h	75 bar	450 °C	4. Quartal 2003			

## REFERENZLISTE KESSEL- UND ENERGIE TECHNIK

Referenzliste über Kesselanlagen, bei denen unsere Mitarbeiter maßgeblich bei der Planung, Projektierung und Realisierung beteiligt waren.

Standort	Land	GWK ... Großwasserraumkessel WRK ... Wasserrohrkessel PGB ... Process Gas Boiler	Kesseltyp	A ... Abhitzeessel G ... gefeuerter Kessel	Abhitze nach (z.B. GT, Ofen, ...)	GT Typ	Brennstoff (bei gefeuertem Kessel)	Elektrische Leistung	Dampfleistung MCR	Genehmigungs- druck	Temperatur Liefer- grenze	IBN	IA ... in Arbeit	Alle Anlagen		
														Feststoff-Kesselanlagen	Gasturbinen-Kesselanlagen	Prozessabhitze-systeme
Großaltingen	DE	WRK	Vierzug-Vertikalkessel mit Vorschubrostfeuerung (luftgekühlt)	G			Altholz A1 - A3	5	23 t/h	55 bar	430 °C	4. Quartal 2002				



# BERTSCHenergy

Boiler and Energy Technology  
Process Equipment Construction

BERTSCHgroup



BERTSCHenergy



BERTSCHfoodtec



BERTSCHlaska



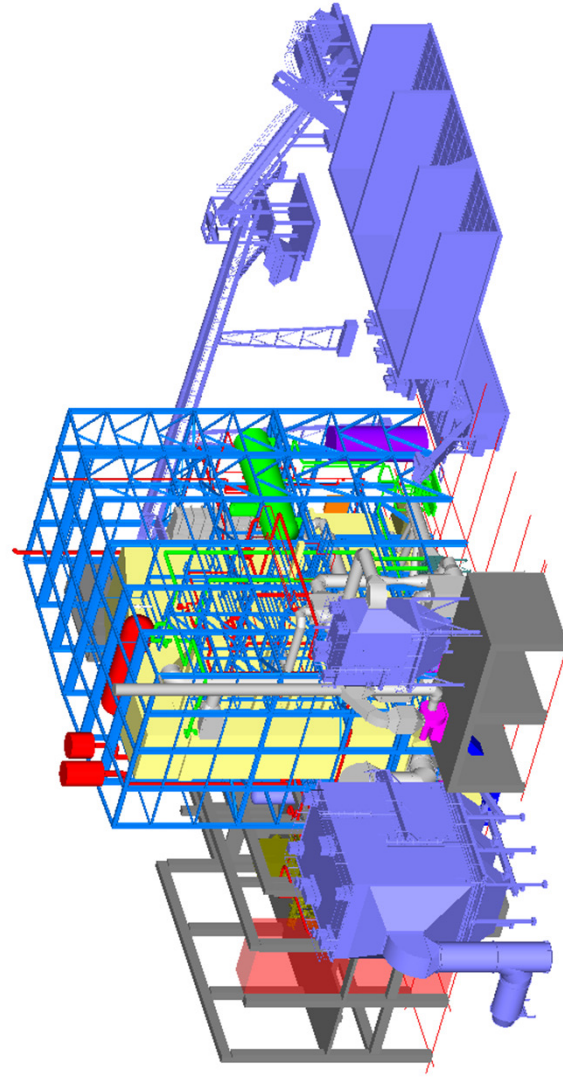
BERTSCHecopower





**Order-No.:** J130120S  
**Customer:** Holzindustrie Schweighofer; Covasna, Romania  
**Project name:** CHP-Plant for Natural Biomass and AI-All Wood

<b>Technical data:</b>			
Electrical output	15 MWe		<b>Clients responsibility:</b> Civil works
Thermal output (Heat appl.)	38+10 MW		
Thermal capacity	60 MW		<b>Date of Completion:</b> Q1 2015
Steam output	68 t/h		
Steam pressure	80 bar		<b>Project Manager:</b> Dipl.-Ing. Andreas Neuper
Steam temperature	500 ° C		
Fuel	Wood & bark; AI-All		
		<b>Scope of Supply:</b>	
		-Turn key project excluding civil works	
		-Construction planning	
		-Fuel storage and transportation	
		-Grate firing	
		-Boiler	
		-Steam turbine with generator	
		-Water – steam cycle	
		-Flue gas treatment	
		-10 MW backup boiler	
		-Boiler house	



**Order-No.:** J110178S  
**Customer:** Barthelemy Pauls Söhne AG; Gouvvy, Belgium  
**Project name:** CHP-Plant for Natural Biomass

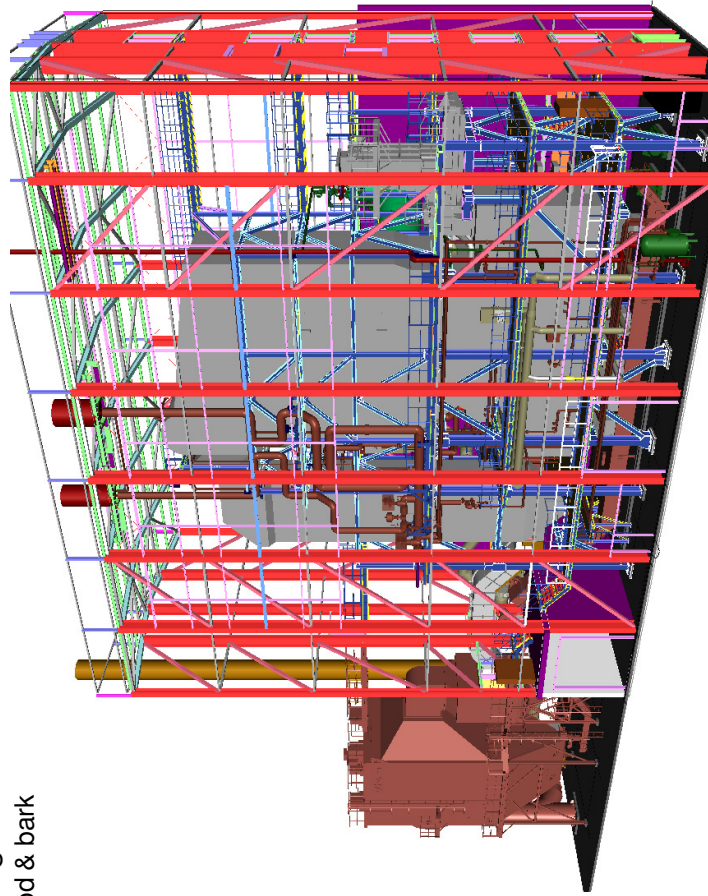
**Technical data:**  
Electrical output 4,7 MWe  
Thermal capacity 20 MW  
Steam output 22 t/h  
Steam pressure 66 bar  
Steam temperature 485 ° C  
Fuel Wood & bark

**Scope of Supply:**  
- Grate firing  
- Steam generator  
- Flue gas cleaning with chimney

**Clients responsibility:**  
Building, Technical building services, Fuel handling, Water / Steam circuit, Condenser, Steam turbine

**Date of Completion:**  
Mid 2013

**Project Manager:**  
Dipl.-Ing. Andreas Neuper



**Order-No.:** J110003S  
**Customer:** Siat Braun; F-67280 Urmatt, France  
**Project name:** CHP-Plant for Natural Biomass

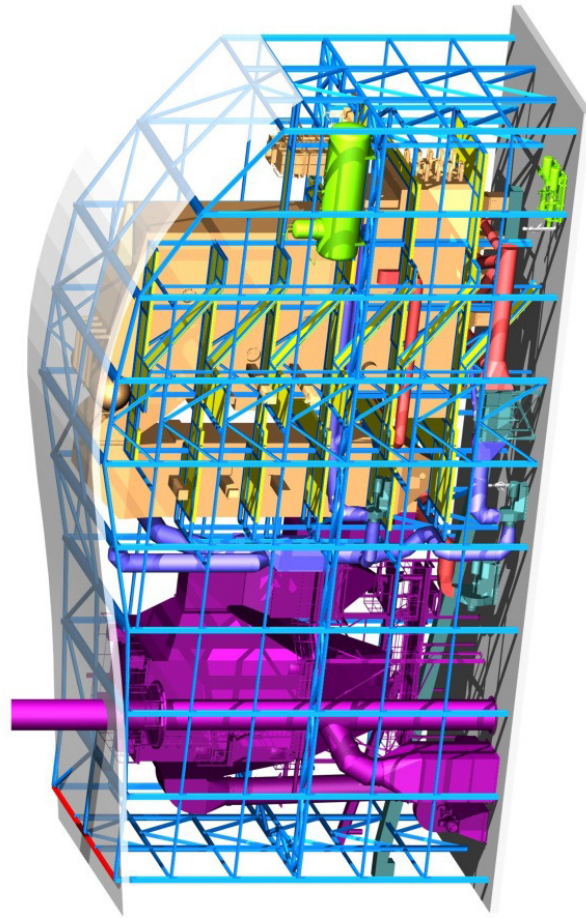
**Technical data:**  
Electrical output 5 MWe  
Thermal capacity 23 MW  
Steam output 25 t/h  
Steam pressure 65 bar  
Steam temperature 485 ° C  
Fuel Wood & bark (W65)  
Authorisation in acc. to french LRV

**Scope of Supply:**  
- Grate firing  
- Steam generator  
- Flue gas cleaning plant with chimney  
- Water treatment plant

**Clients responsibility:**  
Building, Technical building services , Fuel handling, Water / Steam circuit, Condenser, Steam turbine

**Date of Completion:**  
4. Quarter 2012

**Project Manager:**  
Dipl.-Ing. Carl Christian Redl



**Order-No.:** J090124S  
**Customer:** Energie Wasser Bern / KVA Bern, Forsthaus, Switzerland  
**Project name:** Wood CHP - KVA Bern

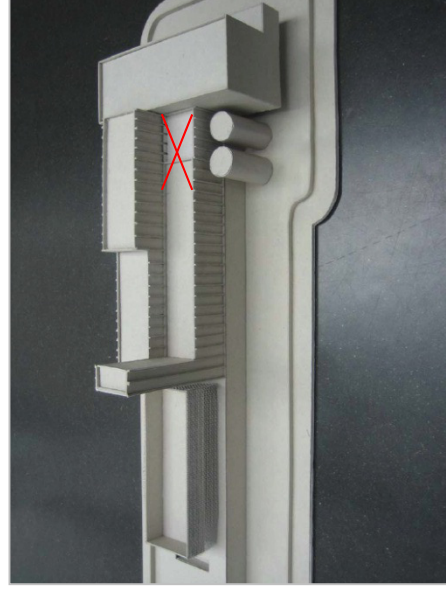
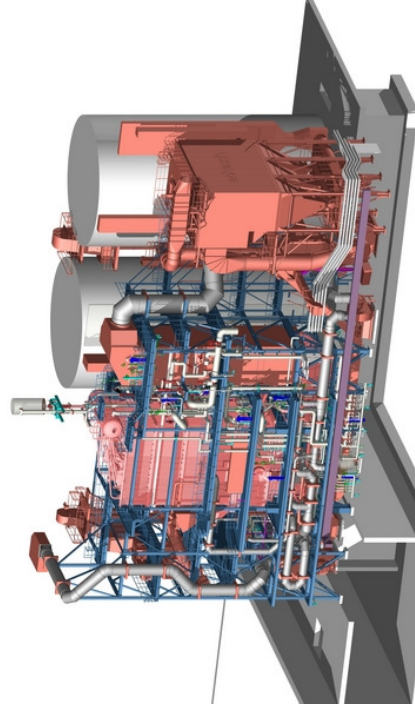
**Technical data:**  
Electrical output 7 MWe  
Thermal capacity 28,4 MW  
Steam output 32,2 t/h  
Steam pressure 75 bar  
Steam temperature 485 ° C  
Fuel Wood / Recycled wood (W20-W50)  
Emissions at 11 vol. % O2 CO 50 mg/Nm<sup>3</sup>  
NOX 100 mg/Nm<sup>3</sup>

**Scope of Supply:**  
- Fuel storage (Silos) and Fuel feed systems  
- Bubbling fluidized bed combustion  
- Steam generator  
- Fabric filter  
- SNCR  
- Combustion air / Flue gas fans  
- Boiler house steel / primary +secondary steel  
- I+C support services

**Clients responsibility:**  
Concrete construction, Technical building services, Water / Steam circuit, Condenser, Steam turbine, Chimney, I+C system, Water treatment plant, Feed water supply

**Date of Completion:**  
4. Quarter 2012

**Project Manager:**  
Ing. Walter Jenny



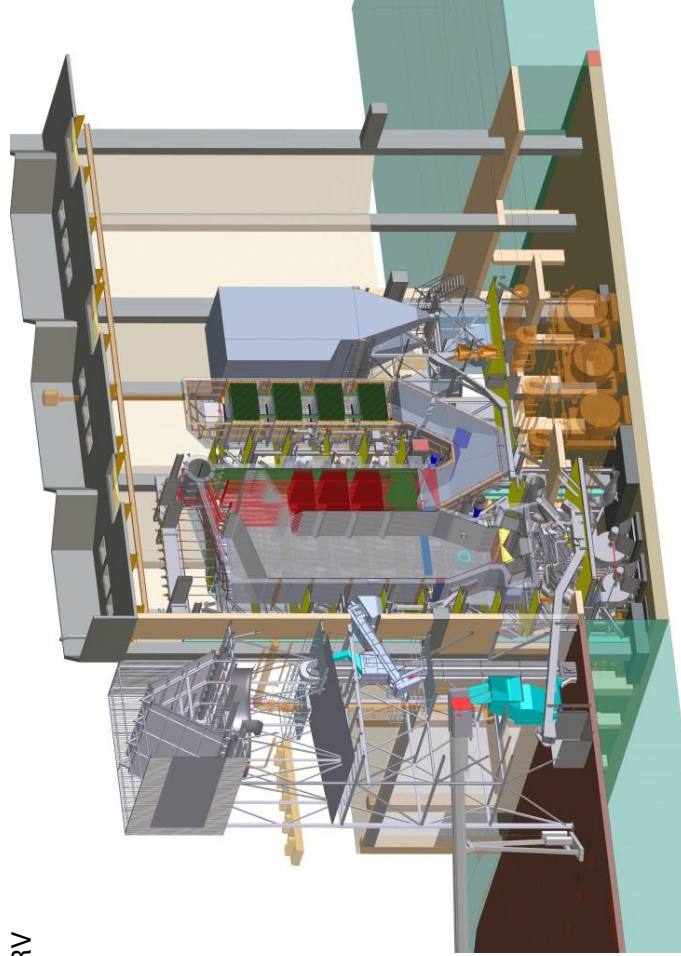


**Order-No.:** J090029S  
**Customer:** HHKW Aubrugg, Switzerland  
**Project name:** Biomass CHP-Plant at EKZ Power Station of Kanton Zürich

<b>Technical data:</b>	
Thermal capacity	41,5 MW
Steam output	46,5 t/h
Steam pressure	80 bara
Steam temperature	500 ° C
Fuel	Wood chips (W35-W55)
<b>Scope of Supply:</b>	
	- Fuel feed
	- Bubbling fluidized bed
	- Steam generator
	- Fabric filter
	- I+C – Siemens T3000
<b>Clients responsibility:</b>	
	Building, Technical building services, Fuel handling, Expansion of water / steam circuit
<b>Date of Completion:</b>	
	4. Quarter 2010

Authorisation in acc. to Swiss LRV

**Project Manager:**  
David Hötzi



**Order-No.:** J060152S  
**Customer:** Holzkraftwerk Basel AG, Switzerland  
**Project name:** Biomass Plant in der KVA der IWB Basel

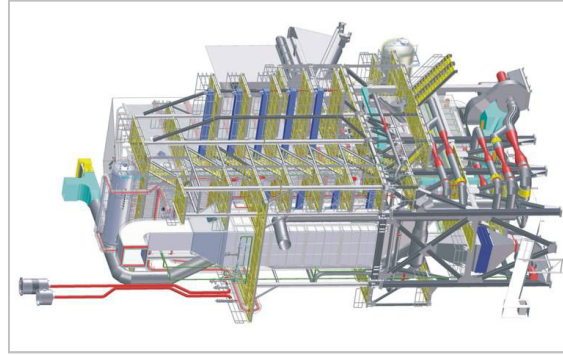
**Technical data:**  
Electrical output 8 MWe  
Thermal capacity 33,5 MW  
Steam output 41,5 t/h  
Steam pressure 40 bar  
Steam temperature 400 ° C  
Fuel Wood chips (W20-W50)  
Recycled wood AI - All  
Authorisation in acc. to Swiss LRV

**Scope of Supply:**  
- Fuel feed  
- Bubbling fluidized bed  
- Steam generator  
- Fabric filter  
- Instrumentation & control system  
- Steam distribution  
- Water / Steam circuit

**Clients responsibility:**  
Building, Technical building services, Fuel handling, Expansion of water / steam circuit

**Date of Completion:**  
Mid 2008

**Project Manager:**  
Dipl.-Ing. Otmar Bertsch





**Order-No.:** J060114S  
**Customer:** Industrie du Bois Vielsalm & CIE s.a., Belgium  
**Project name:** Biomass CHP-Plant IBV

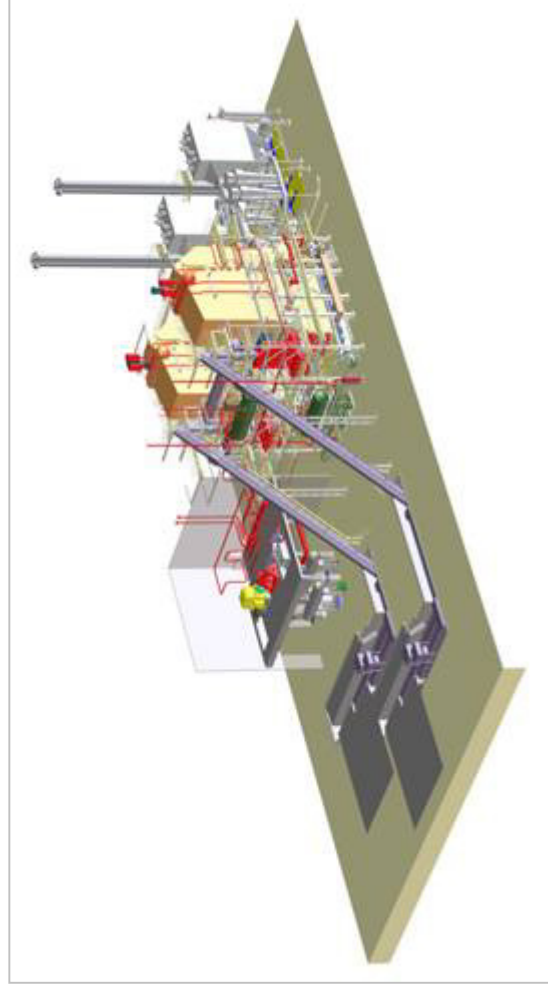
**Technical data:**  
Electrical output 19 MWe  
Thermal capacity 2 x 40 MW  
Steam output 2 x 44 t/h  
Steam pressure 65 bar  
Steam temperature 485 ° C  
Fuel Wood & Bark (W40-55)  
Authorisation in acc. to Belgium LRV

**Scope of Supply:**  
- Fuel handling  
- Fuel feed  
- Grate firing (Reciprocating grate)  
- Steam generator  
- Electrostatic filter with chimney  
- Instrumentation & Control system  
- Steam distribution  
- Water treatment plant  
- Pressurised air supply

**Clients responsibility:**  
Building, Technical building services, Condenser circuit, Heating condenser, Steam turbine

**Date of Completion:**  
2. Quarter 2008

**Project Manager:**  
Dipl.-Ing. Christian Gut



# Thermal waste treatment facilities using MARTIN technologies

*Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung mit MARTIN Technologien*

*Usines de traitement thermique des déchets urbains avec les technologies MARTIN*

*Impianti per il trattamento termico di rifiuti urbani con le tecnologie MARTIN*

Country	Number of plants	Number of lines	Throughput Mg/d
<i>Land</i> <i>Pays</i> <i>Paese</i>	<i>Anzahl Anlagen</i> <i>Nombre d'usines</i> <i>Numero impianti</i>	<i>Anzahl Linien</i> <i>Nombre de lignes</i> <i>Numero linee</i>	<i>Durchsatz</i> <i>Capacité</i> <i>Capacità</i>
Austria	6	10	3188
Azerbaijan	1	2	1584
Belgium	6	11	3878
Brazil	2	4	600
Canada	3	5	1156
China	37	76	35734
Czech Republic	2	3	1015
Denmark	3	3	1560
Estonia	1	1	660
Ethiopia	1	2	1234
France	65	113	28656
Germany	30	47	19609
Italy	13	22	9528
Japan	84	191	33245
Jersey	2	4	654
Korea, Rep. of	10	17	3825
Luxembourg	2	3	720
Macao	3	6	1728
Monaco	2	3	417
Netherlands	14	33	13936
Norway	3	6	1056
Poland	1	1	288
Portugal	1	2	1280
Russian Fed.	3	5	1000
Singapore	3	17	10392
Slovakia	1	2	524
Spain	3	5	1344
Sweden	11	13	4642
Switzerland	36	45	11754
Taiwan	7	18	7400
Thailand	1	1	250
United Kingdom	21	37	14548
United States	32	72	31592
<b>TOTAL</b>	<b>410</b>	<b>780</b>	<b>248998</b>



**MARTIN GmbH**  
für Umwelt- und Energietechnik

seit 1925

## Thermal waste treatment facilities using MARTIN technologies

Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung mit MARTIN Technologien  
Usines de traitement thermique des déchets urbains avec les technologies MARTIN  
Impianti per il trattamento termico di rifiuti urbani con le tecnologie MARTIN

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacité Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
1	BR	São Paulo-Ponte Pequena	2	150	300	9.44	18.88	1959	R
2	BR	São Paulo-Vergueiro	2	150	300	9.44	18.88	1967	R
3	NL	Rotterdam	4	375	1500	32.00	128.00	1964	R
4	DE	München-Nord, Block 1	2	600	1200	52.34	104.68	1964	R
5	DE	Stuttgart	1	480	480	51.17	51.17	1965	R
6	FR	Paris / Issy-les-Moulineaux	4	408	1632	43.61	174.44	1965	R
7	CH	Zermatt	1	40	40	4.86	4.86	1964	R
8	CH	Limmattal	2	55	110	4.11	8.22	1971	R
9	DE	München-Nord, Block 2	1	960	960	87.23	87.23	1966	R
10	DE	Hamburg-Borsigstraße, S1	1	288	288	27.31	27.31	1967	R
11	NL	Amsterdam	4	540	2160	47.10	188.40	1969	R
12	DE	München-Süd, Block 5	1	960	960	87.23	87.23	1969	R
13	FR	Rennes	2	120	240	14.53	29.06	1968	R
14	FR	Paris / Ivry	2	1200	2400	116.30	232.60	1969	R
15	AT	Wien-Spittelau	2	360	720	31.40	62.80	1971	R
16	FR	Metz	2	144	288	17.44	34.88	1970	R
17	RU	Moscow	2	200	400	14.55	29.10	1975	R
18	GB	Exeter	1	203	203	23.75	23.75	1970	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
19	DE	Heidenheim	1	48	48	6.98	6.98	1970	R
20	GB	Birmingham	2	285	570	36.37	72.74	1971	R
21	US	Chicago-NW, IL	4	363	1452	42.91	171.64	1970	R
22	FR	Cannes / Antibes	2	216	432	23.03	46.06	1969	R
23	CH	Hinwil	1	120	120	12.79	12.79	1970	R
24	FR	Avignon	1	120	120	11.63	11.63	1971	R
25	DE	München-Stüd, Block 4	1	960	960	87.23	87.23	1971	R
26	SE	Malmö	2	204	408	32.62	65.24	1973	R
27	NL	Leeuwarden	2	144	288	13.96	27.92	1974	R
28	NL	Alkmaar	2	144	288	12.79	25.58	1971	R
29	SE	Halmstad	2	120	240	14.06	28.12	1971	R
30	DE	Neunkirchen	1	120	120	11.63	11.63	1970	R
31	DE	Hamburg-Stellinger Moor	2	450	900	33.00	66.00	1972	R
32	US	Harrisburg, PA	2	327	654	39.56	79.12	1972	R
33	FR	Vallée de Chevreuse	1	120	120	13.96	13.96	1972	R
34	GB	Coventry	3	288	864	26.38	79.14	1975	R
35	NL	Dordrecht	3	168	504	16.28	48.84	1972	R
36	GB	Nottingham	2	281	562	27.21	54.42	1973	R
37	FR	Caën / Colombelles	2	180	360	17.44	34.88	1972	R
38	FR	Lens-Liévin	2	161	322	18.70	37.40	1973	R
39	FR	Thiverval/Grignon/Plaisir	2	192	384	22.33	44.66	1974	R
40	CH	Zürich-Hagenholz, OL3	1	400	400	38.38	38.38	1973	R
41	FR	Hénin-Carvin	2	84	168	11.23	22.46	1973	R
42	JP	Kawasaki-Tachibana	3	200	600	18.34	55.02	1974	R
43	JP	Kyoto-Minami	3	200	600	24.13	72.39	1975	R
44	JP	Yokohama-Minami-Sakae	3	500	1500	62.31	186.93	1976	R
45	JP	Kobe-Higashi	3	230	690	24.52	73.56	1975	R
46	CH	Hinwil	2	150	300	21.81	43.62	1976	R
47	JP	Tokyo-Katsushika	3	400	1200	50.88	152.64	1976	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
48	CH	Zürich-Josefstraße, OL2	*	450	450	43.61	43.61	1978	R
49	LU	Luxemburg		240	480	23.26	46.52	1976	R
50	CH	Bazenheid		84	168	12.21	24.42	1976	R
51	CH	Winterthur		400	400	43.61	43.61	1978	R
52	DE	Neunkirchen	*	240	240	23.26	23.26	1977	R
53	CH	Genève-Les Cheneviers		460	460	50.88	50.88	1978	R
54	FR	Valenciennes		120	360	12.79	38.37	1977	R
55	FR	Nice		320	640	27.91	55.82	1977	R
56	FR	Denain		120	240	12.79	25.58	1977	R
57	FR	Arles		72	72	7.68	7.68	1977	R
58	BE	Bruges		216	648	26.17	78.51	1981	R
59	JP	Kawasaki-Tsutsumine	*	300	600	29.08	58.16	1979	R
60	JE	Jersey		147	294	16.28	32.56	1979	R
61	JP	Otokuni		150	150	13.08	13.08	1978	R
62	JP	Akita		150	300	13.08	26.16	1978	R
63	NL	Alkmaar	*	144	144	13.96	13.96	1978	R
64	JP	Nagasaki		200	400	17.44	34.88	1979	R
65	MC	Monaco		139	278	12.84	25.68	1980	R
66	FR	Hénin-Carvin	*	84	84	10.18	10.18	1977	R
67	JP	Koochi		150	450	14.54	43.62	1980	R
68	DE	Hamburg-Borsigstraße, S2	*	288	288	27.91	27.91	1982	R
69	DE	Nürnberg		480	480	48.85	48.85	1979	R
70	JP	Tsushima		150	300	14.54	29.08	1983	R
71	JP	Sagamihara		200	600	19.39	58.17	1980	R
72	JP	Matsumoto		150	300	14.54	29.08	1980	R
73	JP	Tachikawa		90	180	10.03	20.06	1979	R
74	JP	Toyohashi		115	230	10.58	21.16	1980	R
75	JP	Iwaki		150	300	17.44	34.88	1980	R
76	DE	München-Nord, Block 3	*	480	960	58.15	116.30	1984	R



No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosttechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
77	JP	Yokohama-Kita	*	400	1200	48.38	145.14	1984	R
78	JP	Kobe-Port Island	*	150	450	18.14	54.42	1984	R
79	FR	Lille-Sequedin		240	240	23.26	23.26	1980	R
80	JP	Naha-Okinawa		150	300	16.05	32.10	1981	R
81	JP	Kuki		77	77	6.00	6.00	1980	H
82	DE	Bielefeld		384	1152	49.60	148.80	1981	H
83	BE	Bruxelles		555	1665	53.73	161.19	1985	R
84	FR	Lille-Wasquehal	*	240	240	23.26	23.26	1980	R
85	MC	Monaco	*	139	139	12.84	12.84	1981	R
86	JP	Kamakura		75	150	9.08	18.16	1982	R
87	SE	Uppsala IV		264	264	29.00	29.00	1982	H
88	CH	Zürich-Hagenholz, OL1		444	444	43.60	43.60	1982	H
89	CH	Buchs, SG		202	202	23.30	23.30	1982	H
90	FR	Nice	*	320	320	27.91	27.91	1982	R
91	JP	Shizuoka		200	400	21.32	42.64	1982	R
92	DE	Schwandorf, OL1-3		451	1354	41.00	123.00	1982	H
93	CH	Turgi, OL3		163	163	17.40	17.40	1983	H
94	DE	Ingolstadt		240	240	29.00	29.00	1983	H
95	US	Pinellas County, FL		953	1906	111.65	223.30	1983	R
96	JP	Tokyo-Hikarigaoka	*	150	300	20.62	41.24	1983	R
97	SE	Uppsala I	*	360	360	43.70	43.70	1983	H
98	DE	Würzburg		300	600	29.08	58.16	1984	R
99	SE	Kisa		77	77	6.40	6.40	1983	H
100	JP	Akita	*	200	200	21.32	21.32	1983	R
101	JP	Himeji		150	300	14.54	29.08	1984	R
102	JP	Saitama-Chuubu		80	240	7.74	23.22	1984	R
103	CH	Linthgebiet		210	210	26.17	26.17	1984	R
104	CH	Buchs, AG		222	222	27.91	27.91	1984	R
105	BE	Thumaide		163	163	17.40	17.40	1984	H

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosttechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
106	ES	Girona	2	72	144	6.98	13.96	1983	R
107	NO	Fredrikstad	2	108	216	13.00	26.00	1984	H
108	FR	Toulon	2	320	640	27.91	55.82	1984	R
109	JP	Komaki-Iwakura	2	150	300	13.08	26.16	1984	R
110	JP	Otokuni	1	80	80	8.92	8.92	1984	R
111	NO	Oslo-Klemetsrud	2	240	480	27.80	55.60	1985	H
112	JP	Takayama	2	50	101	4.00	8.00	1986	H
113a	NO	Oslo-Haraldrud I	1	180	180	18.90	18.90	1986	H
113b	NO	Oslo-Haraldrud II	1	180	180	18.90	18.90	1987	H
114	JP	Nagoya-Yamada	3	150	450	15.99	47.97	1986	R
115	FR	Vallée de Chevreuse	1	192	192	16.75	16.75	1984	R
116	FR	Rungis	2	245	490	17.79	35.58	1984	R
117	LU	Luxemburg	1	240	240	23.26	23.26	1985	R
118	US	North Andover (NESWC), MA	2	680	1360	72.24	144.48	1985	R
119	CH	Bazenheid	1	110	110	12.31	12.31	1984	R
120	JP	Kariya-Chiryu	2	120	240	12.79	25.58	1986	R
121	SG	Singapore-Tuas	5	552	2760	32.81	164.05	1986	R
122	US	Pinellas County, FL	1	953	953	111.74	111.74	1986	R
123	US	Tulsa, OK	2	340	680	35.47	70.94	1986	R
124	SE	Stockholm-Högdalen	1	360	360	47.10	47.10	1986	R
125	CH	St. Gallen	2	125	250	13.95	27.90	1987/88	R
126	US	Marion County, OR	2	249	498	26.74	53.48	1986	R
127	JP	Iwatsuki	2	65	130	6.28	12.56	1987	R
128	JP	Toyota-City	2	110	220	12.79	25.58	1987	R
129	FR	Belfort	1	96	96	7.90	7.90	1988	S
130	DE	Rosenheim	1	252	252	27.80	27.80	1988	H
131	US	Warren County, NJ	2	182	365	22.50	45.00	1988	H
132	US	Hillsborough County, FL	3	363	1089	38.89	116.67	1987	R
133	CN	Shenzhen	2	150	300	10.91	21.82	1987	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
134	CA	Vancouver, BC	2	240	480	29.14	58.28	1988	R
135	JP	Fukushima	2	120	240	14.54	29.08	1988	R
136	JP	Nagasaki east	*	150	300	17.44	34.88	1988	R
137	CA	Vancouver, BC	1	240	240	29.14	29.14	1988	R
138	JP	Takarazuka	2	160	320	17.84	35.68	1988	R
139	US	Bristol, CT	2	295	590	31.21	62.42	1988	R
140	US	Alexandria, VA	3	295	885	31.21	93.63	1988	R
141	JP	Hiroshima-Minami	2	150	300	15.99	31.98	1988	R
142	FR	Nantes est	2	228	456	20.93	41.86	1987	R
143	US	Tulsa, OK	1	340	340	35.47	35.47	1988	R
144	US	Hennepin County, MN	2	552	1104	64.80	129.60	1989	H
145	JP	Okazaki-City	2	120	240	13.38	26.76	1989	R
146	US	Indianapolis, IN	3	714	2142	81.41	244.23	1988	R
147	DE	Coburg	2	264	528	23.26	46.52	1988	R
148	US	Babylon, NY	2	340	680	35.31	70.62	1988	R
149	FR	Colmar	2	144	288	15.35	30.70	1988	R
150	FR	Paris / Saint-Ouen	3	672	2016	65.10	195.30	1990	S
151	JP	Narita	2	91	182	8.80	17.60	1990	H
152	JP	Owase	2	67	134	6.20	12.40	1990	H
153	DE	München-Nord, Block 1	*	840	1680	85.48	170.96	1991	R
154	US	Stanislaus County, CA	2	363	726	44.66	89.32	1988	R
155	US	Haverhill, MA	2	748	1496	88.83	177.66	1989	R
156	JP	Tokoname-Taketoyo	2	75	150	7.99	15.98	1990	R
157a	AT	Flötzersteig 1-2	2	240	480	23.20	46.40	1990	H
157b	AT	Flötzersteig 3	1	240	240	23.20	23.20	1991	H
158	CH	Trimmis	1	202	202	21.20	21.20	1990	H
159	US	Kent County, MI	2	284	568	32.49	64.98	1990	R
160	JP	Kitakyushu	3	200	600	24.19	72.57	1991	R
161	JP	Hyuga	2	82	163	6.00	12.00	1991	H

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosttechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
162	FR	Lyon sud	2	320	640	27.91	55.82	1989	R
163	US	Fairfax County, VA	4	680	2720	91.42	365.68	1990	R
164a	NL	Dordrecht	*	192	192	18.61	18.61	1990	R
164b	NL	Dordrecht	*	192	192	18.61	18.61	1992	R
165	DE	Schwandorf, OL4	*	557	557	67.80	67.80	1992	H
166	NL	Amsterdam	4	720	2880	73.00	292.00	1992	H
167	JP	Chiba-Sankakucho	3	200	600	20.35	61.05	1996	R
168	JP	Sagamihara-Kita	*	150	450	20.35	61.05	1991	R
169	JP	Himeji Itikawa	*	165	330	20.00	40.00	1992	R
170	JP	Kanazawa-Tobu	2	125	250	16.40	32.80	1991	R
171	US	Pennsauken, NJ	2	227	454	23.85	47.70		R
172	US	Huntsville, AL	2	313	626	33.15	66.30	1990	R
173	CH	Zürich-Hagenholz, OL3	*	400	400	38.38	38.38	1989	R
174	US	Lake County, FL	2	240	480	28.62	57.24	1991	R
175	FR	Lyon sud	*	320	320	27.91	27.91	1990	R
176	US	Lancaster County, PA	3	363	1089	43.36	130.08	1991	R
177	US	Pasco County, FL	3	318	954	36.12	108.36	1991	R
178	MO	Macao	2	288	576	23.73	47.46	1992	R
179	SG	Singapore-Senoko	*	552	3312	46.31	277.86	1992	R
180	US	Huntington, NY	3	227	681	33.28	99.84	1991	R
181	JP	Toyohashi	*	150	150	18.90	18.90	1991	R
182	JP	Sapporo	2	300	600	43.61	87.22	1992	R
183	DE	Kempten	1	204	204	31.63	31.63	1996	R
184	MO	Macao	*	288	288	23.73	23.73	1992	R
185	TW	Shulin	3	450	1350	33.84	101.52	1994	R
186	DE	Augsburg	3	288	864	25.60	76.80	1994	H
187	JP	Wajima	2	74	149	8.30	16.60	1994	H
188	TW	Hsintien	2	450	900	33.84	67.68	1994	R
189	JP	Kasai	2	48	96	6.30	12.60	1995	H

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
190	IT	Cagliari	2	168	336	20.70	41.40	1995	H
191	FR	Nancy-Ludres	2	168	336	16.30	32.60	1995	S
192	CH	Zürich-Josefstrasse, OL1	1	449	449	47.80	47.80	1995	H
193	DE	Stuttgart	1	480	480	51.17	51.17	1991	R
194	NL	Rotterdam	4	324	1296	31.49	125.96	1992/93	R
195	JP	Kobe-City	3	200	600	8.00	24.00	1994	R
196	JP	Yokohama-Tsurumi	3	400	1200	58.15	174.45	1995	R
197	JP	Tokyo-Rinkai	2	200	400	32.56	65.12	1994	R
198	CH	Limmattal	2	168	336	17.50	35.00	1993/95	R
199	NL	Nijmegen	1	504	504	78.70	78.70	1995	H
200	AT	Wels	1	192	192	28.70	28.70	1995	H
201	FR	Toulon	1	373	373	32.56	32.56	1993	R
202	CH	Winterthur	1	384	384	47.99	47.99	1994	R
203	FR	Thiverval/Grignon/Plaisir	1	373	373	32.56	32.56	1994	R
204	GB	London (SELCHP)	2	696	1392	68.47	136.94	1994	R
205	US	Union County, NJ	3	435	1305	56.28	168.84	1994	R
206	JP	Osaka	2	300	600	43.61	87.22	1996	R
207	CH	Buchs, AG	1	225	225	30.70	30.70	1994	R
208	FR	Nantes ouest	2	168	336	16.29	32.58	1994	R
209	CH	La Chaux-de-Fonds	1	207	207	22.08	22.08	1994	R
210	JP	Chikunan	3	125	374	16.30	48.90	1996	H
211	DE	Bielefeld	3	384	1152	49.60	148.80	1996	H
212	CH	Weinfelden	2	192	384	27.80	55.60	1996	H
213	DE	Ingolstadt	2	288	576	38.38	76.76	1996	R
214	AT	Wien-Spittelau	2	360	720	38.33	76.66	1993	R
215	JP	Otokuni	2	75	150	10.18	20.36	1995	R
216	ES	Mataró	2	240	480	23.26	46.52	1994	R
217	US	Lee County, FL	2	545	1090	65.12	130.24	1995	R
218	FR	Lons-le-Saunier	1	120	120	12.79	12.79	1994	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
219	KR	Ilisan	1	300	300	31.98	31.98	1995	R
220	CH	Turgi, OL4	1	250	250	32.00	32.00	1996	H
221	US	Onondaga, NY	3	299	897	43.97	131.91	1995	R
222	DE	Neunkirchen	2	204	408	27.63	55.26	1999	R
223	CH	Hinwil	1	384	384	40.02	40.02	1995	R
224	US	Montgomery County, MD	3	544	1632	72.20	216.60	1995	R
225	CN	Shenzhen	1	150	150	10.90	10.90	1996	R
226	FR	Avignon	2	144	288	13.96	27.92	1995	R
227	KR	Hae Wun Dae	2	221	442	24.16	48.32	1997	S
228	FR	Pau	1	144	144	14.70	14.70	1997	H
229	FR	Dinan-Taden	2	168	336	16.30	32.60	1997	H
230	JP	Tokyo-Kita	1	600	600	84.32	84.32	1998	R
231	JP	Tachikawa	1	100	100	13.08	13.08	1997	R
232	JP	Nishinomiya	3	175	525	25.44	76.32	1997	R
233	JP	Shimosuwa	2	55	110	4.70	9.40	1998	H
234	CH	Basel	2	360	720	47.00	94.00	1998	H
235	JP	Oita	3	146	438	19.10	57.30	1997	R
236	IT	Porto Marghera	1	173	173	16.60	16.60	1998	H
237	FR	Cergy-Pontoise	2	252	504	26.87	53.74	1995	R
238	FR	Rennes	1	192	192	20.46	20.46	1995	R
239	NL	Twente-Hengelo	2	432	864	50.00	100.00	1997	R
240	CH	Monthey	1	235	235	37.61	37.61	1996	R
241	FR	Bordeaux-Bègles	3	288	864	28.00	84.00	1998	H
242	JP	Bisan	2	100	200	13.58	27.16	1997	R
243	JP	Yokohama-Asahi	3	180	540	23.55	70.65	1999	R
244	IT	Brescia	2	1012	2024	88.27	176.54	1998	R
245	FR	Lunel	2	192	384	20.50	41.00	1999	S
246a	IT	Trieste	1	204	204	21.70	21.70	1999	H
246b	IT	Trieste	1	204	204	21.70	21.70	2000	H



No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosttechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
247	DK	Horsholm	1	288	288	34.90	34.90	1999	H
248	RU	Moscow	2	200	400	14.54	29.08	1999	R
249	KR	Kwa Cheon	1	84	84	6.90	6.90	1999	H
250	FR	Chartres	2	180	360	19.20	38.40	1999	S
251	FR	St Germain-en-Laye	2	180	360	21.40	42.80	1999	S
252	JP	Tokyo-Minato	3	300	900	46.52	139.56	1999	R
253	DK	Roskilde	1	552	552	65.00	65.00	1999	H
254	JP	Akashi	3	161	482	21.20	63.60	1999	H
255	FR	Avignon	1	144	144	13.96	13.96	1997	R
256	JP	Itoman-Tomigusuku	2	100	200	16.24	32.48	1998	R
257	GB	Stoke-on-Trent	2	312	624	30.84	61.68	1997	R
258	TH	Phuket	1	250	250	24.50	24.50	1998	R
259	FR	Monthyon	2	168	336	17.91	35.82	1997	R
260	KR	Su-Won	2	300	600	33.43	66.86	1999	R
261	TW	Kaohsiung south	4	450	1800	54.52	218.08	1999	R
262	GB	Dudley	2	144	288	15.35	30.70	1998	R
263	GB	Wolverhampton	2	168	336	17.90	35.80	1998	R
264	IT	Milano-Silla	3	482	1447	61.00	183.00	2000	H
265	FR	Creteil	2	360	720	38.40	76.80	2000	H
266	FR	Nice	1	432	432	41.87	41.87	1998	R
267	FR	Chaumont / Haute-Marne	2	120	240	11.63	23.26	1998	R
268	SG	Singapore-Tuas south	6	720	4320	87.49	524.94	2000	R
269	FR	Blois	2	132	264	14.10	28.20	2000	S
270	TW	Ren Wu	3	450	1350	50.13	150.39	1999	R
271	PT	Oporto	2	640	1280	52.76	105.52	1999	R
272	IT	Busto Arsizio	2	252	504	30.60	61.20	2000	H
273	JP	Iwaki-Nambu	3	130	390	17.64	52.92	2000	R
274	JP	Tsushima-Yatomi	3	110	330	15.99	47.97	2002	R
275	FR	Toulouse - Bessières	2	274	547	30.50	61.00	2000	S

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
276	FR	Metz	2	192	384	20.50	41.00	2001	S
277	FR	Lille	3	348	1044	37.10	111.30	2001	S
278	JP	Nagoya-Gojougawa	2	280	560	40.71	81.42	2004	R
279	JP	Koochi	3	200	600	26.17	78.51	2002	R
280	CN	Shanghai-Pudong	3	365	1094	25.60	76.80	2001	S
281	JP	Ryuusen-En	3	106	317	14.30	42.90	2001	H
282	FR	Melun	2	192	384	21.90	43.80	2001	H
283	BE	Thumaide	2	384	768	37.78	75.56	2001	R
284	KR	Kang Nam	3	300	900	29.00	87.00	2001	H
285	KR	Jang-Yu	1	199	199	16.40	16.40	2001	H
286	CH	Fribourg	1	384	384	39.99	39.99	2001	R
287	SE	Göteborg	1	396	396	45.00	45.00	2001	R
288	JP	Hiroshima-Naka	3	200	600	26.16	78.48	2003	R
289	JP	Otokuni	1	75	75	10.92	10.92	2002	R
290	DE	Mainz 1-2	2	367	734	44.33	88.66	2003	R
291	FR	Belfort	2	148	296	15.26	30.52	2002	R
292	KR	Incheon	2	250	500	27.82	55.64	2001	R
293	KR	Guri	2	100	200	10.43	20.86	2001	R
294	IT	Piacenza	2	180	360	22.68	45.36	2002	R
295	JP	Tokyo-Itabashi	2	300	600	42.20	84.40	2002	H
296	SK	Bratislava	2	262	524	24.97	49.94	2002	R
297	SE	Malmö	1	600	600	86.79	86.79	2003	R
298	JP	Hitooyoshi	2	46	91	5.10	10.20	2002	H
299	AT	Arnoldstein	1	260	260	29.79	29.79	2004	R
300	JP	Niihama	3	67	202	9.40	28.20	2002	H
301a	FR	Villefranche sur Saône	1	156	156	16.90	16.90	2002	R
301b	FR	Villefranche sur Saône	1	108	108	11.70	11.70	2002	R
302	GB	Chineham	1	288	288	30.66	30.66	2002	R
303	FR	Villers Saint Paul	2	240	480	26.30	52.60	2004	H

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
304	FR	Nimes	1	336	336	35.80	35.80	2003	S
305	FR	Le Havre	2	288	576	30.70	61.40	2004	H
306	CH	Monthey	*	291	291	37.72	37.72	2003	R
307	JP	Tochigi	2	119	237	17.24	34.48	2003	R
308	JP	Sendai	3	200	600	28.69	86.07	2005	R
309	TW	Taichung-Wujih	2	450	900	50.16	100.32	2004	R
310	FR	Toulouse - Mirail	2	240	480	26.75	53.50	2003/04	R
311	ES	Bilbao	1	720	720	70.83	70.83	2004	R
312	GB	Marchwood	2	288	576	30.66	61.32	2004	R
313	RU	Moscow	1	200	200	14.50	14.50	2004	R
314	IT	Brescia	1	1012	1012	100.00	100.00	2004	R
315	IT	Trieste III	1	204	204	21.75	21.75	2004	H
316	CN	Bing Jiang	3	150	450	13.00	39.00	2004	R
317	TW	Litser	2	300	600	33.44	66.88	2005	R
318	AT	Wels	1	576	576	80.00	80.00	2005	R
319	FR	Est Anjou	1	360	360	34.89	34.89	2004	R
320	JP	Miyazaki	3	193	579	24.32	72.96	2005	R
321	JP	Kagoshima	2	265	530	30.37	60.74	2006	R
322	CN	Tongxing	2	660	1320	48.61	97.22	2005	S
323	GB	Portsmouth	2	288	576	30.66	61.32	2005	R
324	CN	Guangzhou Likeng	2	450	900	39.06	78.12	2005	R
325	DE	Zella-Mehlis	1	518	518	60.00	60.00	2007	R
326	KR	Jeon Ju	2	200	400	27.10	54.20	2006	S
327	GB	Sheffield	1	672	672	71.60	71.60	2005	R
328	NL	Amsterdam	*	806	1612	93.30	186.60	2007	H
329	TW	Miaoli	2	250	500	27.90	55.80	2006	R
330	FR	Châlons en Champagne	1	360	360	34.89	34.89	2005	R
331	FR	Toulouse - Mirail	*	240	240	30.50	30.50	2007	R
332	CN	Zhongshan	2	350	700	32.40	64.80	2006	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia	
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant			
333	CH	Zürich-Hagenholz, 2K1/2K3	*	2	460	920	48.10	96.20	2008/10	R
334	CH	Giubiasco		2	322	644	33.50	67.00	2009	R
335	US	Lee County, FL	*	1	635	635	68.72	68.72	2007	R
336	CN	Zhongshan	*	1	350	350	32.40	32.40	2006	R
337	FR	Avignon	*	1	211	211	20.50	20.50	2007	R
338	FR	Bourgoin Jallieu		2	264	528	32.00	64.00	2007	R
339	CN	Fuzhou		2	660	1320	48.61	97.22	2007	S
340	SE	Malmö	*	1	696	696	90.00	90.00	2008	R
341	MO	Macao	*	3	288	864	23.73	71.19	2007/08	R
342	FR	Marseille		2	480	960	63.20	126.40	2008	R
343	IT	Pozzilli		1	322	322	49.90	49.90	2007	V
344	NL	Twente-Hengelo	*	1	792	792	91.70	91.70	2008	R
345	IT	Padova		1	375	375	43.60	43.60	2008	H
346	DE	Mainz 3	*	1	427	427	48.00	48.00	2009	R
347	BE	Thumaide	*	1	317	317	39.05	39.05	2009	R
348	US	Hillsborough County, FL	*	1	544	544	64.85	64.85	2009	R
349	CZ	Brno		2	336	672	42.80	85.60	2010	R
350	NL	Dordrecht	*	1	720	720	75.00	75.00	2010	R
351	SE	Göteborg	*	1	377	377	43.60	43.60	2010	R
352	GB	Nottingham	*	2	281	562	27.21	54.42	2009/10	R
353	CN	Baoding		2	600	1200	48.61	97.22	2010	S
354	JE	Jersey		2	180	360	19.20	38.40	2010	R
355	CH	Winterthur	*	1	324	324	38.00	38.00	2012	R
356	CN	Chengdu, Phase II		3	600	1800	48.61	145.83	2011	S
357	CN	Foshan Nanhai II		3	500	1500	40.50	121.50	2011	R
358	US	Honolulu		1	997	997	105.60	105.60	2011	R
359	BE	Thumaide	*	1	317	317	39.00	39.00	2011	R
360	CH	Bern		1	480	480	57.20	57.20	2012	R
361	KR	Asan		1	200	200	29.08	29.08	2011	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
362	AZ	Baku	2	792	1584	77.92	155.84	2011/12	R
363	CN	Dongguan Hengli II	3	600	1800	48.61	145.83	2011	S
364	FR	Arques	1	300	300	33.40	33.40	2011	R
365	CN	Langfang	2	500	1000	38.77	77.54	2012	R
366	CN	Taizhou City	2	500	1000	37.56	75.12	2012	R
367	IT	Torino	3	618	1855	68.75	206.25	2012	R
368	CN	Yuxi	2	200	400	16.20	32.40	2012	S
369	CN	Taixing	1	300	300	24.30	24.30	2012	S
370	IT	Bozen	1	509	509	58.86	58.86	2012	R
371	CN	Cangzhou	2	400	800	32.41	64.82	2012	S
372	SE	Brista 2	1	864	864	80.00	80.00	2013	V
373	CN	Shijiazhuang	2	500	1000	40.51	81.02	2013	S
374	CN	Fengsheng	4	600	2400	48.61	194.44	2013	S
375	DK	Roskilde KN6	*	720	720	81.30	81.30	2013	V
376	EE	Maardu	1	660	660	80.21	80.21	2013	R
377	CH	Buchs, AG	1	259	259	30.00	30.00	2014	R
378	GB	North Hykeham (Lincolnshire)	1	509	509	49.70	49.70	2013	R
379	GB	Four Ashes (Staffordshire)	2	506	1012	51.11	102.22	2013	R
380	CN	Beijing Shougang	4	750	3000	65.36	261.44	2012	R
381	CN	Liaocheng	2	300	600	24.30	48.60	2013	S
382	CA	Durham, ON	2	218	436	29.80	59.60	2014	R
383	CN	Dongguan Downtown	3	600	1800	48.61	145.83	2013	S
384	GB	Ardley (Oxfordshire)	2	552	1104	51.75	103.50	2014	R
385	GB	Great Blakenham (Suffolk)	2	417	834	43.00	86.00	2014	R
386	JP	Ishinomaki	3	300	900	43.60	130.80	2012	R
387	CN	Foshan Nanhai I	*	500	1500	40.51	121.53	2013	R
388	GB	Cardiff	2	636	1272	64.00	128.00	2014	V
389	CN	Dali	1	600	600	48.61	48.61	2013	S
390	CH	Bazenheid	*	228	228	31.00	31.00	2014	R

No. Nr N° N.	Country Land Pays Paese	Plant Anlage Usine Impianto	Number of lines Anzahl Linien Nombre de lignes Numero linee	Throughput [Mg/d]		Thermal capacity [MW]		Start-up Inbetriebsetzung Mise en service Messa in servizio	Grate technology Rosstechnologie Technologie de grille Tecnologia griglia
				Durchsatz Capacità per stream	total plant	Thermische Leistung Puissance thermique Potenza termica per stream	total plant		
391	CN	Kunming Konggang	2	400	800	32.41	64.82	2013	S
392	GB	Shrewsbury (Shropshire)	1	312	312	30.67	30.67	2015	R
393	CN	Dongying	1	600	600	48.61	48.61	2014	S
394	CN	Chuzhou	1	350	350	28.36	28.36	2015	S
395	CN	Chenzhou	2	350	700	28.36	56.72	2015	S
396	CN	Guigang	2	300	600	24.30	48.60	2015	S
397	JP	Kitakami	2	91	182	9.30	18.60	2015	R
398	PL	Konin	1	288	288	28.30	28.30	2015	V
399	CZ	Pizeň	1	343	343	34.40	34.40	2015	V
400	GB	Leeds	1	492	492	51.25	51.25	2016	R
401	CN	Beijing Nangong	2	500	1000	53.20	106.40	2015	R
402	CN	Wanzhou	2	400	800	32.41	64.82	2015	S
403	CN	Xichang	1	600	600	48.61	48.61	2015	S
404	CN	Lu'an	1	600	600	48.61	48.61	2014	S
405	CN	Zhongshan South	2	550	1100	44.56	89.12	2015	S
406	CN	Fuzhou II	1	600	600	48.61	48.61	2016	S
407	ET	Addis Ababa	2	617	1234	50.00	100.00	2016	S
408	JP	Nagasaki Nishi	2	120	240	15.97	31.94	2016	R
409	GB	Wilton (Middlesbrough)	2	750	1500	79.50	159.00	2016	V
410	CN	Fuyang	2	350	700	28.36	56.72	2016	S

**LEGEND**

Legende  
Légende  
Leggenda

**\* Repeat order**

- Folgeauftrag
- Commande répétée
- Ordinazione successiva

**R = Reverse-acting grate**

- R = Rückschub-Rost
- R = Grille à recul
- R = Griglia a spinta inversa

**V = Reverse-acting grate Vario**

- V = Rückschub-Rost Vario
- V = Grille à recul Vario
- V = Griglia a spinta inversa Vario

**H = Horizontal grate**

- H = Horizontal-Rost
- H = Grille horizontale
- H = Griglia orizzontale

**S = SITY 2000**

- S = SITY 2000
- S = SITY 2000
- S = SITY 2000





## Thermische Abfallbehandlungsanlage RENOVA Göteborg, Schweden

Waste-to-Energy Plant RENOVA Göteborg, Sweden



In der Anlage RENOVA sind 2 Verbrennungslinien mit MARTIN Rückschub-Rost installiert. Eine Linie mit einem Durchsatz von 16,5 t/h ist seit 2001 in Betrieb. Die zweite Linie hat einen Durchsatz von 15,7 t/h und ist für die Verbrennung von Haus- und Industrieabfall vorgesehen. Der Auftrag dafür wurde Ende 2007 erteilt. Die Montage erfolgte bei laufendem Betrieb der Anlage in einem bestehenden Kesselhaus und stellte entsprechend hohe Anforderungen an MARTIN. Diese Linie wurde Mitte 2010 von RENOVA übernommen.

Die freigesetzte Energie wird in Form von Elektrizität und Fernwärme abgegeben. Durch Abgaskondensation und nachgeschaltete Wärmepumpen wird die Auskopplung von Wärme wesentlich gesteigert.

Neben dem vielfach bewährten MARTIN Rückschub-Rost gehörten auch Dampfkessel und Elektrofilter zum Lieferumfang.

Zum Schutz der Kesselrohre vor Korrosion kamen in der ersten Linie Compound-Rohre mit einer Nickel-Basislegierung in Bereichen des 1. und 2. Zuges zum Einsatz. Für die zweite Linie wurde vollständig auf eine feuerfeste Auskleidung verzichtet. Feuerraum, 1. Zug und Teile des 2. Zuges sind mit einer Nickel-Basislegierung (IN625) geschützt.

*There are 2 combustion lines using MARTIN reverse-acting grates in the RENOVA plant. One of the lines has a throughput of 16.5 t/h and has been operating since 2001. The other line has a throughput of 15.7 t/h and is intended to combust household and industrial waste. The associated contract was awarded at the end of 2007. Erection took place during plant operation in an existing boiler house and was very challenging for MARTIN. This line was taken over by RENOVA in the middle of 2010.*

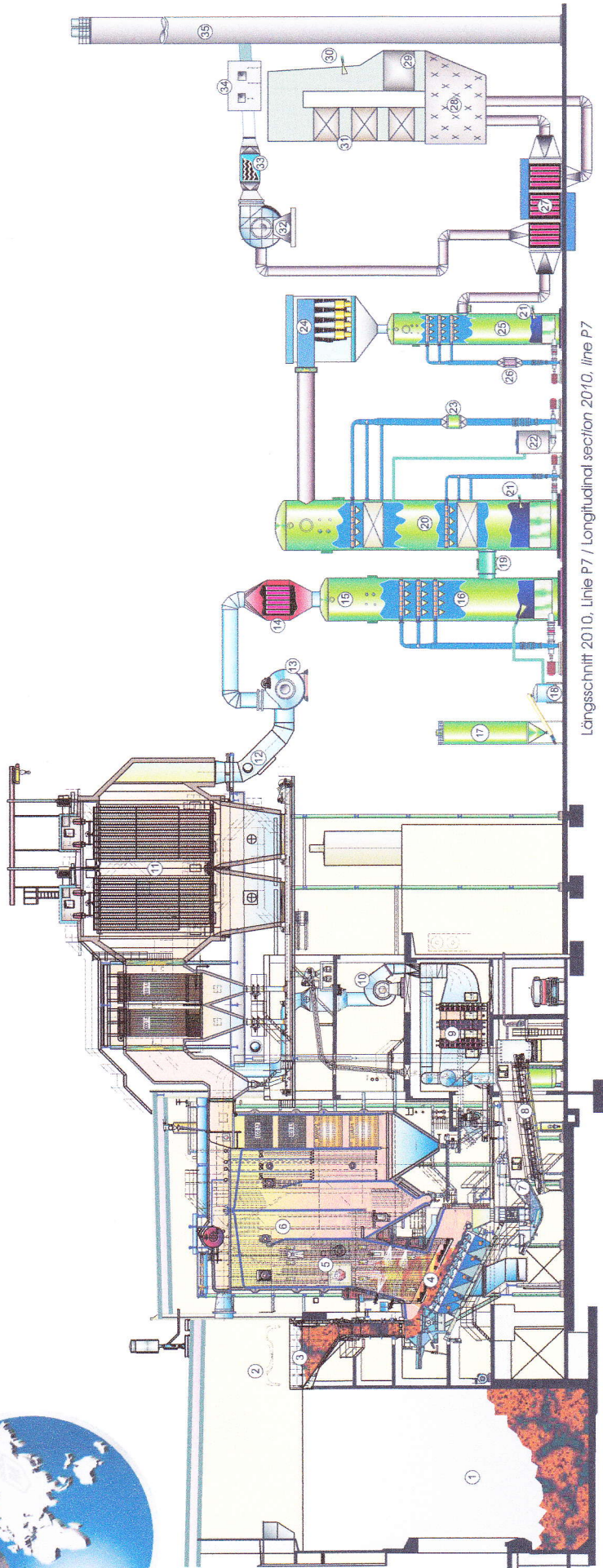
*The energy released is converted to electricity or is used for district heating purposes. Flue gas condensation and downstream heat pumps serve to significantly increase the amount of heat released.*

*The scope of supply includes the proven MARTIN reverse-acting grate, steam boiler and electrostatic precipitator.*

*Compound tubes made of a nickel-based alloy are applied to sections of the first and second passes of line 1 to protect the boiler tubes against corrosion. No refractory lining whatsoever was used in the second line. The furnace, first pass and parts of the second pass are protected by a nickel-based alloy (IN625).*



# RENOVA Göteborg, Schweden RENOVA Göteborg, Sweden



Längsschnitt 2010, Linie P7 / Longitudinal section 2010, line P7

**Technische Daten**

	IB	2001	2010
Anzahl Verbrennungslinien:	1	16,5 t/h	15,7 t/h
Verbrennungsleistung pro Linie:	1	45 MW	43,6 MW
Thermische Leistung pro Linie:	4	54 t/h	53,7 t/h
Dampfmenge pro Linie:	4	40 bar	42 bar
Dampfdruck:	4	400 °C	400 °C
Dampftemperatur:			

**Technical data**

	Start-up	2001	2010
Number of lines:	1	16.5 t/h	15.7 t/h
Waste capacity per line:	1	45 MW	43.6 MW
Thermal capacity per line:	4	54 t/h	53.7 t/h
Steam output per line:	4	40 bar	42 bar
Steam pressure:	4	400 °C	400 °C
Steam temperature:			

- 1 Abfallbunker
- 2 Mülkran
- 3 Einfülltrichter
- 4 MARTIN Rückschub-Rost
- 5 Zünd- und Stützbrenner
- 6 Dampfkessel
- 7 MARTIN Entschlacker
- 8 Schlacketransport
- 9 Primärluftvorwärmer
- 10 Primärluftventilator
- 11 Elektrofilter
- 12 Gasrezirkulation
- 13 Saugzug
- 14 Heißwasser Economiser
- 15 Quench
- 16 Nasswäscher (sauer)
- 17 Kalkmilch Silo
- 18 Kalkmilch Station
- 19 Tropfenabscheider
- 20 Nasswäscher (basisch)
- 21 NaOH Eindüsung
- 22 Brauchwasser-Behälter
- 23 Wärmetauscher, Kondensator für Fernwärme
- 24 Nass-Elektrofilter
- 25 Kondensator
- 26 Wärmetauscher, Kondensation für Wärmepumpen
- 27 Gas / Gas Wärmetauscher, Glas
- 28 Gas / Gas Wärmetauscher, Katalysator
- 29 HD Dampf / Gas Wärmetauscher
- 30 Ammoniak Eindüsung
- 31 Stickoxidminderung (DeNO<sub>x</sub>-SCR)
- 32 Saugzug
- 33 Schalldämpfer
- 34 Messstation
- 35 Kamin
- 10 Underfire air fan
- 11 Electrostatic precipitator
- 12 Flue gas recirculation
- 13 ID fan
- 14 Hot water economizer
- 15 Quench
- 16 Wet scrubber (acidic)
- 17 Limestone silo
- 18 Limestone station
- 19 Droplet separator
- 20 Wet scrubber (alkaline)
- 21 NaOH injection
- 22 Process water tank
- 23 Heat exchanger, condenser to district heating
- 24 Wet electrostatic precipitator
- 25 Condenser
- 26 Heat exchanger, condenser to heat pumps
- 27 Waste bunker
- 28 Waste crane
- 29 Feed hopper
- 30 MARTIN reverse-acting grate
- 31 Ignition and support burners
- 32 Steam boiler
- 33 MARTIN discharger
- 34 Bottom ash transport
- 35 Underfire air preheater

- 27 Gas / Gas Wärmetauscher, Glas
- 28 Gas / Gas Wärmetauscher, Katalysator
- 29 HD Dampf / Gas Wärmetauscher
- 30 Ammoniak Eindüsung
- 31 Stickoxidminderung (DeNO<sub>x</sub>-SCR)
- 32 Saugzug
- 33 Schalldämpfer
- 34 Messstation
- 35 Kamin
- 27 Glass gas / gas heat exchanger
- 28 Gas / gas heat exchanger, catalyst
- 29 HP steam / gas heat exchanger
- 30 Ammonia injection
- 31 NO<sub>x</sub> reduction (SCR)
- 32 ID fan
- 33 Silencer
- 34 Measuring station
- 35 Stack



**MARTIN GmbH**  
für Umwelt- und Energietechnik

Leopoldstraße 248 • 80607 München  
Tel.: +49 89 356 17-0 • Fax: +49 89 356 17-299  
e-mail: mail@martin-gmbh.de • www.martin-gmbh.de

seit 1925

MARTIN®, MARTIN Rückschub®, MICC® und SYNCOM® sind eingetragene Warenzeichen in ausgewählten Ländern.  
MARTIN®, MARTIN Rückschub®, MICC® and SYNCOM® are registered trademarks in selected countries.





## Thermische Abfallbehandlungsanlage KHKW Zürich-Hagenholz, Schweiz

Waste-to-Energy Plant KHKW Zürich-Hagenholz, Switzerland



Im Rahmen eines umfangreichen Umbau- und Modernisierungsprojekts im KHKW Zürich-Hagenholz wurde MARTIN mit dem Neubau von 2 Verbrennungslinien, 2K1 und 2K3, beauftragt. Der Auftrag umfasste im wesentlichen Feuerung, Kessel und Elektrofilter sowie einige Nebenanlagen.

Der Neubau wurde bei laufendem Betrieb der Anlage in mehreren Schritten durchgeführt, um die Entsorgungsfunktion dieses KHKW jederzeit gewährleisten zu können. Daraus resultierte eine vergleichsweise lange Vertragslaufzeit mit dem Beginn der Arbeiten in der 2. Jahreshälfte 2004 bis zu deren Abschluss Ende 2010. Nach Übergabe der Linie 2K1 Ende 2008 hat MARTIN im Auftrag des Kunden eine der alten Verbrennungseinheiten abgerissen und an dieser Stelle die neue Linie 2K3 errichtet. Diese soll Ende 2010 an den Kunden übergeben werden. Den Auftrag für den Abriss der zweiten alten Linie hat ebenfalls MARTIN erhalten.

Die neuen Linien 2K1 und 2K3 sind mit MARTIN Rückschub-Rosten ausgerüstet, deren Durchsatzleistung jeweils 19,2 t/h beträgt. Jeder Rost hat eine Fläche von 53,8 m<sup>2</sup> bei einer Breite von 6,7 m und besteht aus jeweils drei Rostbahnen.

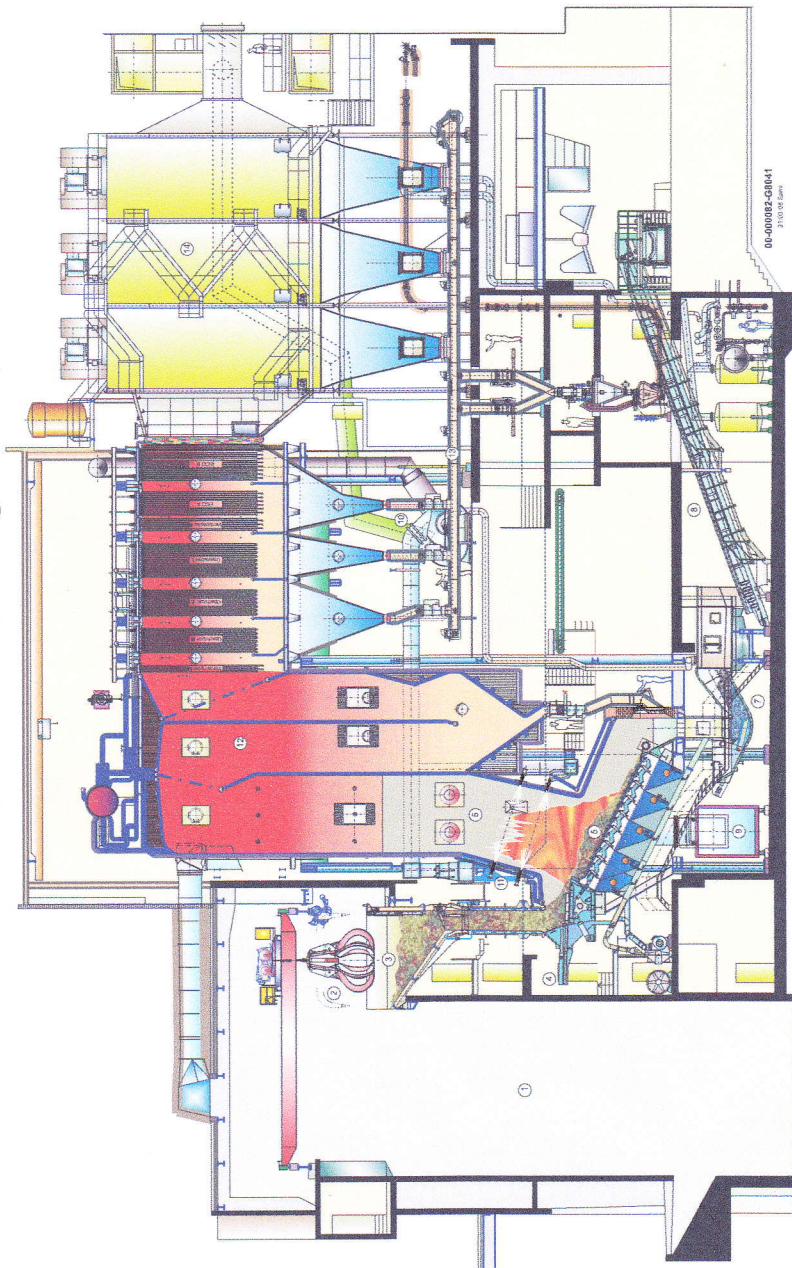
*MARTIN was commissioned to erect two new combustion lines, 2K1 and 2K3, in the Zürich-Hagenholz WTE plant as part of a comprehensive modernization project. The contract included the combustion system, boiler and electrostatic precipitator as well as some auxiliary systems.*

*The modernization was executed in several stages while the plant was in operation, thereby ensuring uninterrupted functionality. A comparatively long contract period resulted: work was commenced in the second half of 2004 and will be concluded at the end of 2010. After the acceptance of line 2K1 at the end of 2008, MARTIN dismantled the old combustion line and erected the new line, 2K3, as requested by the customer. This is to be handed over to the customer at the end of 2010. MARTIN was also awarded the contract for the removal of the second old combustion line.*

*The new lines 2K1 and 2K3 are equipped with MARTIN reverse-acting grates. Each grate is 6.7 m wide, has a surface area of 53.8 m<sup>2</sup>, a throughput of 19.2 t/h and consists of three grate runs.*



**KHKW Zürich-Hagenholz, Schweiz**  
**KHKW Zürich-Hagenholz, Switzerland**



- |                                 |          |                             |    |                                         |    |                                            |
|---------------------------------|----------|-----------------------------|----|-----------------------------------------|----|--------------------------------------------|
| <b>Technische Daten</b>         | 2        | Abfallbunker                | 6  | Feuerraum                               | 11 | Sekundärluftsystem                         |
| Anzahl Verbrennungslinien:      | 15,3 t/h | Müllkran                    | 7  | MARTIN Entschlacker                     | 12 | Dampfkessel                                |
| Verbrennungsleistung pro Linie: | 48 MW    | Einfülltrichter             | 8  | Schlacketransport                       | 13 | Flugaschetransport (Kessel, Elektrofilter) |
| Thermische Leistung pro Linie:  | 57 t/h   | Beschickung                 | 9  | Primärluftsystem mit Luvo               | 14 | Elektrofilter                              |
| Dampfmenge pro Linie:           | 40 bar   | MARTIN Rückschub-Rost       | 10 | Sekundärluftventilator                  |    |                                            |
| Dampfdruck:                     | 400 °C   |                             |    |                                         |    |                                            |
| Dampftemperatur:                |          |                             |    |                                         |    |                                            |
| <b>Technical data</b>           | 2        | Waste bunker                | 6  | Furnace                                 | 11 | Overfire air system                        |
| Number of lines:                | 15.3 t/h | Waste crane                 | 7  | MARTIN discharger                       | 12 | Steam boiler                               |
| Waste capacity per line:        | 48 MW    | Feed hopper                 | 8  | Bottom ash transport                    | 13 | Fly ash transport (boiler, ESP)            |
| Thermal capacity per line:      | 57 t/h   | Feeder                      | 9  | Underfire air system with air preheater | 14 | Electrostatic precipitator                 |
| Steam output per line:          | 40 bar   | MARTIN reverse-acting grate | 10 | Overfire air fan                        |    |                                            |
| Steam pressure:                 | 400 °C   |                             |    |                                         |    |                                            |
| Steam temperature:              |          |                             |    |                                         |    |                                            |





## Thermische Abfallbehandlungsanlage ICTR Giubiasco, Schweiz

Waste-to-Energy Plant ICTR Giubiasco, Switzerland



Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme der ICTR Giubiasco in Bellinzona hat der Kanton Tessin Entsorgungssicherheit für seine Haus- und Gewerbeabfälle der kommenden Jahrzehnte geschaffen. Die auf einen Durchsatz von 130'000 t/a ausgelegte Anlage bietet einen markanten Punkt in der Landschaft der Maggadino-Ebene mit einer ganz besonderen Architektur.

MARTIN war als Führer des Lieferkonsortiums, bestehend aus den Firmen MARTIN GmbH (Feuerung, Kessel, Nebenanlagen), von Roll INOVA (Abgasreinigung, Abwasserreinigung, Flugaschewäsche), Kraftanlagen München (Energietechnik) und ATEL (E- und Leittechnik) für die Errichtung der Anlage verantwortlich. Der Bauteil wurde vom Kunden direkt beauftragt.

Die 2-linige Anlage ist mit Rückschub-Rosten ausgestattet, deren Verbrennungsleistung je 13,4 t/h auf einer Rostfläche von je 37 m<sup>2</sup> beträgt.

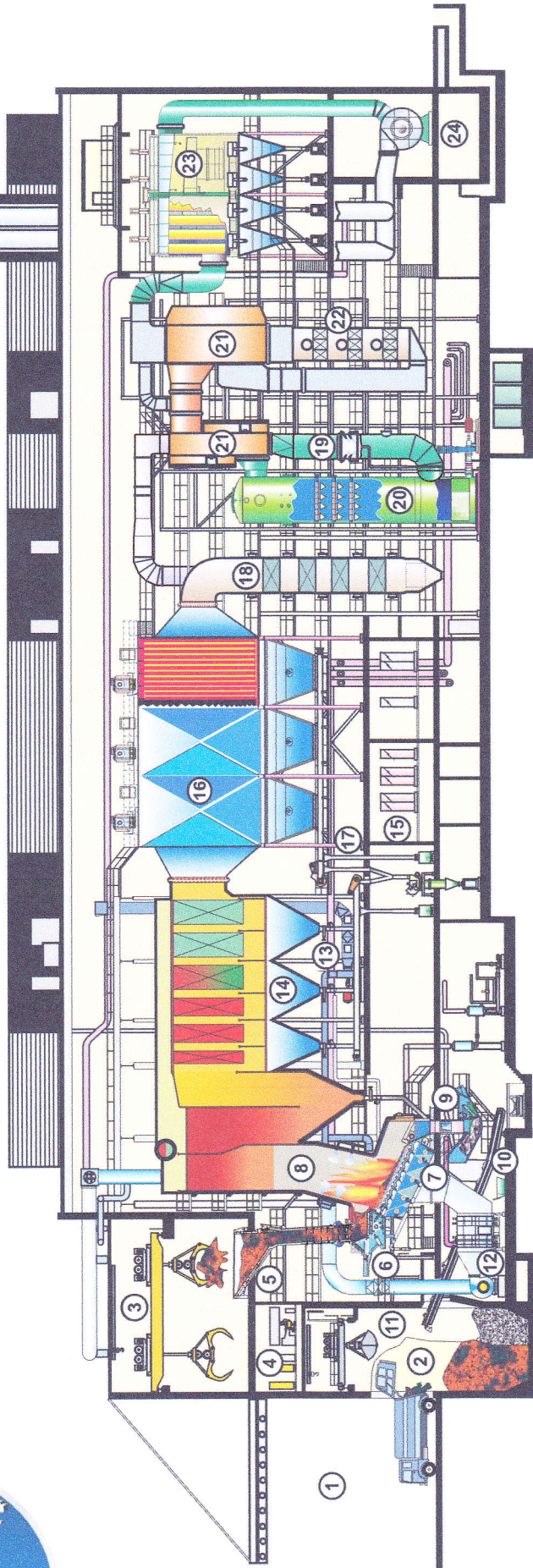
*The canton of Ticino has secured safe disposal of household and commercial waste for decades to come with the successful commissioning of the Giubiasco WTE plant in Bellinzona. The design throughput of the plant with its remarkable architecture, a landmark in the Maggadino landscape, is 130,000 t/a.*

*As the leader of the consortium consisting of MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik (combustion system, boiler, auxiliary units); von Roll INOVA (flue gas cleaning system, waste water cleaning facility, fly ash scrubbing); Kraftanlagen München GmbH (energy technology) and ATEL (instrumentation and control technology), MARTIN was responsible for the construction of the plant. The contract for the civil part was awarded directly by the customer.*

*The plant consisting of two combustion lines is equipped with reverse-acting grates with a grate surface of 37 m<sup>2</sup> and a waste throughput of 13.4 t/h each.*



**ICTR Giubiasco, Schweiz**  
**ICTR Giubiasco, Switzerland**



**Technische Daten**

- |    |                                             |    |                                             |    |                                             |    |                                             |
|----|---------------------------------------------|----|---------------------------------------------|----|---------------------------------------------|----|---------------------------------------------|
| 1  | Entladehalle                                | 1  | Schlackebunker                              | 16 | Elektrofilter                               | 16 | Wärmetauscher                               |
| 2  | Abfallbunker                                | 2  | MARTIN Rückschub-Rost                       | 17 | Flugaschetransport (Kessel)                 | 17 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
| 3  | Müllkran                                    | 3  | Feuerraum                                   | 18 | Economizer                                  | 18 | Schlauchfilter                              |
| 4  | Kontrollraum                                | 4  | Stösselentschlacker                         | 19 | Quench                                      | 19 | Saugzug                                     |
| 5  | Eintülltrichter                             | 5  | Schlackeband                                | 20 | Nasswäscher                                 | 20 | Kamin                                       |
| 6  | Beschickung                                 | 6  | Feeder                                      | 21 | Wärmetauscher                               | 21 | Wärmetauscher                               |
| 7  | MARTIN Rückschub-Rost                       | 7  | MARTIN reverse-acting grate                 | 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
| 8  | Feuerraum                                   | 8  | Furnace                                     | 23 | Schlauchfilter                              | 23 | Schlauchfilter                              |
| 9  | Stösselentschlacker                         | 9  | Ram-type discharger                         | 24 | Saugzug                                     | 24 | Saugzug                                     |
| 10 | Schlackeband                                | 10 | Bottom ash conveyor belt                    | 25 | Kamin                                       | 25 | Kamin                                       |
| 11 | Schlackebunker                              | 11 | Bottom ash bunker                           | 26 | Wärmetauscher                               | 26 | Wärmetauscher                               |
| 12 | Primärfluffsystem mit Luvo                  | 12 | Underfire air system with air preheater     | 27 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 27 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
| 13 | Sekundärfluffsystem                         | 13 | Overfire air system                         | 28 | Schlauchfilter                              | 28 | Schlauchfilter                              |
| 14 | Dampfkessel                                 | 14 | Steam boiler                                | 29 | Saugzug                                     | 29 | Saugzug                                     |
| 15 | Elektorraum                                 | 15 | Electric room                               | 30 | Kamin                                       | 30 | Kamin                                       |
| 16 | Elektrofilter                               | 16 | Elektrofilter                               | 31 | Wärmetauscher                               | 31 | Wärmetauscher                               |
| 17 | Flugaschetransport (Kessel)                 | 17 | Flugaschetransport (Kessel)                 | 32 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 32 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
| 18 | Economizer                                  | 18 | Economizer                                  | 33 | Schlauchfilter                              | 33 | Schlauchfilter                              |
| 19 | Quench                                      | 19 | Quench                                      | 34 | Saugzug                                     | 34 | Saugzug                                     |
| 20 | Nasswäscher                                 | 20 | Nasswäscher                                 | 35 | Kamin                                       | 35 | Kamin                                       |
| 21 | Wärmetauscher                               | 21 | Wärmetauscher                               | 36 | Wärmetauscher                               | 36 | Wärmetauscher                               |
| 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 37 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 37 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
| 23 | Schlauchfilter                              | 23 | Schlauchfilter                              | 38 | Schlauchfilter                              | 38 | Schlauchfilter                              |
| 24 | Saugzug                                     | 24 | Saugzug                                     | 39 | Saugzug                                     | 39 | Saugzug                                     |
| 25 | Kamin                                       | 25 | Kamin                                       | 40 | Kamin                                       | 40 | Kamin                                       |

**Technical data**

- |          |                            |          |                             |    |                                             |    |                                             |
|----------|----------------------------|----------|-----------------------------|----|---------------------------------------------|----|---------------------------------------------|
| 2        | Number of lines:           | 2        | Bottom ash bunker           | 16 | Electrostatic precipitator                  | 16 | Heat exchanger                              |
| 13.4 t/h | Waste capacity per line:   | 13.4 t/h | MARTIN reverse-acting grate | 17 | Fly ash transport (boiler)                  | 17 | NO <sub>x</sub> reduction (SCR)             |
| 33.5 MW  | Thermal capacity per line: | 33.5 MW  | Furnace                     | 18 | Economizer                                  | 18 | Bag filter                                  |
| 39.3 t/h | Steam output per line:     | 39.3 t/h | Ram-type discharger         | 19 | Quench                                      | 19 | ID fan                                      |
| 40 bar   | Steam pressure:            | 40 bar   | Bottom ash conveyor belt    | 20 | Wet scrubber                                | 20 | Stack                                       |
| 400 °C   | Steam temperature:         | 400 °C   | Feeder                      | 21 | Wärmetauscher                               | 21 | Wärmetauscher                               |
|          |                            |          | MARTIN reverse-acting grate | 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 22 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
|          |                            |          | Furnace                     | 23 | Schlauchfilter                              | 23 | Schlauchfilter                              |
|          |                            |          | Ram-type discharger         | 24 | Saugzug                                     | 24 | Saugzug                                     |
|          |                            |          | Bottom ash conveyor belt    | 25 | Kamin                                       | 25 | Kamin                                       |
|          |                            |          | Feeder                      | 26 | Wärmetauscher                               | 26 | Wärmetauscher                               |
|          |                            |          | MARTIN reverse-acting grate | 27 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 27 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
|          |                            |          | Furnace                     | 28 | Schlauchfilter                              | 28 | Schlauchfilter                              |
|          |                            |          | Ram-type discharger         | 29 | Saugzug                                     | 29 | Saugzug                                     |
|          |                            |          | Bottom ash conveyor belt    | 30 | Kamin                                       | 30 | Kamin                                       |
|          |                            |          | Feeder                      | 31 | Wärmetauscher                               | 31 | Wärmetauscher                               |
|          |                            |          | MARTIN reverse-acting grate | 32 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 32 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
|          |                            |          | Furnace                     | 33 | Schlauchfilter                              | 33 | Schlauchfilter                              |
|          |                            |          | Ram-type discharger         | 34 | Saugzug                                     | 34 | Saugzug                                     |
|          |                            |          | Bottom ash conveyor belt    | 35 | Kamin                                       | 35 | Kamin                                       |
|          |                            |          | Feeder                      | 36 | Wärmetauscher                               | 36 | Wärmetauscher                               |
|          |                            |          | MARTIN reverse-acting grate | 37 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) | 37 | Stickoxidminderung (DeNO <sub>x</sub> -SCR) |
|          |                            |          | Furnace                     | 38 | Schlauchfilter                              | 38 | Schlauchfilter                              |
|          |                            |          | Ram-type discharger         | 39 | Saugzug                                     | 39 | Saugzug                                     |
|          |                            |          | Bottom ash conveyor belt    | 40 | Kamin                                       | 40 | Kamin                                       |



**MARTIN GmbH**  
 für Umweltschutz- und Energietechnik

Leopoldstraße 248 • 80807 München  
 Tel.: +49 89 356 17-0 • Fax: +49 89 356 17-299  
 e-mail: mail@martinmbh.de • www.martinmbh.de





## Thermische Abfallbehandlungsanlage Pozzilli (ENERGONUT), Italien

Waste-to-Energy Plant Pozzilli (ENERGONUT), Italy



Die Anlage „ENERGONUT“ in der Nähe von Neapel wurde ursprünglich, d.h. 1997, zur Verbrennung von Biomasse errichtet und betrieben. 2005 entschied der Kunde, diese Anlage auf sog. Ersatzbrennstoffe (EBS/CDR) umzustellen und auf den neuesten Stand der Technik zu bringen, speziell was Abgasreinigung und Energienutzung betrifft. Es wurden weitreichende Umbaumaßnahmen durchgeführt, die die komplette Erneuerung von Feuerung, Kessel und diversen Nebenanlagen einschlossen. Die Wiederinbetriebnahme und der kommerzielle Betrieb folgten Ende 2007.

Die Auslegung des Kunden forderte eine maximale Flexibilität der Anlage und eine Feuerung, die ohne weitere Maßnahmen Ersatzbrennstoffe im Heizwertbereich 10,9 - 17,5 MJ/kg abdecken kann. MARTIN entschied sich hierbei für den Rückschub-Rost Vario, der über drei getrennte und separat regelbare Antriebszonen verfügt und diese Anforderungen ohne Wasserkühlung des Rostbelages problemlos jederzeit erfüllen kann.

Der MARTIN Rückschub-Rost Vario ist für einen nominalen Durchsatz von 13,4 t/h ausgelegt. Er hat 3 Rostbahnen und eine Gesamtbreite von ca. 6,7 m.

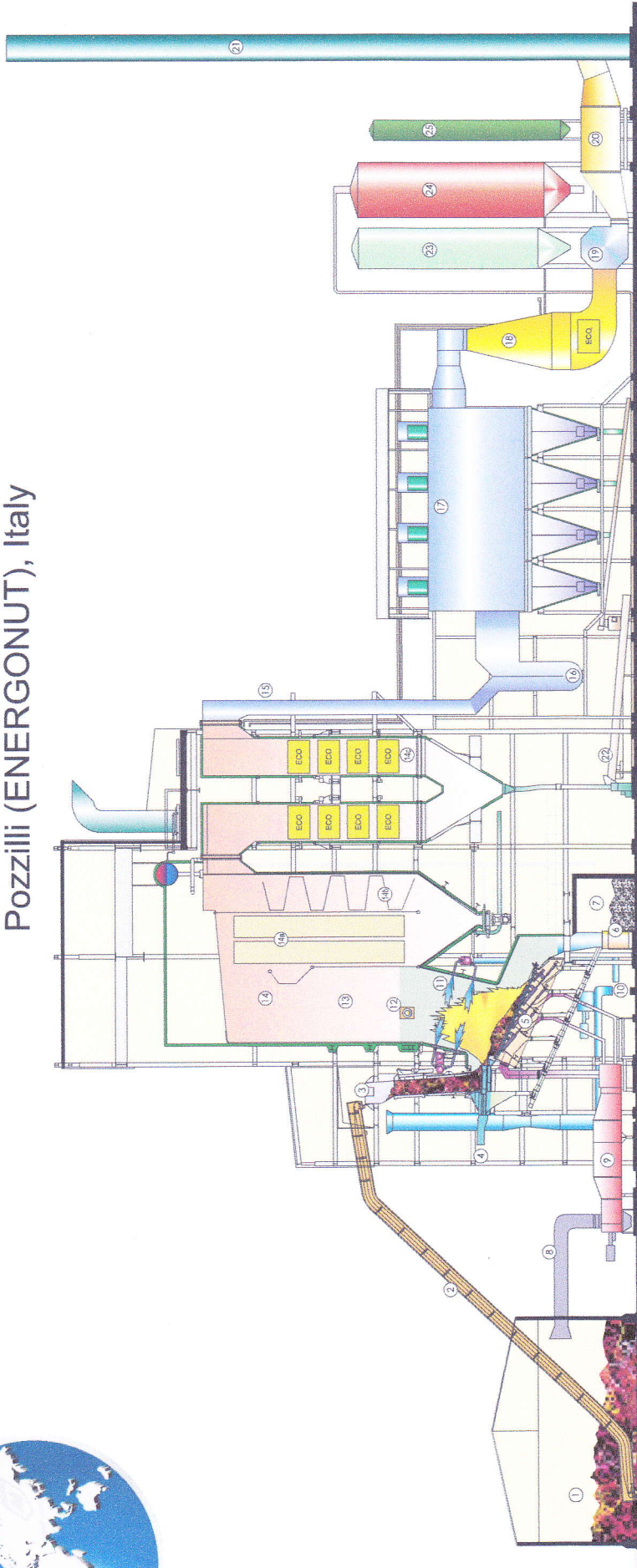
*The ENERGONUT plant near Naples was originally erected in 1997 for the combustion of biomass. In 2005, the customer decided to modify the plant to combust so-called substitute fuels (RDF/CDR) and to upgrade it to state-of-the-art technology, particularly with regard to flue gas cleaning and utilization of energy. Comprehensive modification measures were undertaken, including the replacement of the combustion system, the boiler and various auxiliary units. Restart and commercial operation of the plant followed at the end of 2007.*

*The customer's design requirements included maximum flexibility of the plant and a combustion system capable of combusting substitute fuels with a heating value ranging from 10.9 to 17.5 MJ/kg, without necessitating further measures. MARTIN decided on the reverse-acting grate Vario equipped with three separate, individually-regulated drive zones. The fulfilment of these requirements without a water-cooling system for the grate surface poses no problem whatsoever for this grate.*

*The MARTIN reverse-acting grate Vario is designed for a nominal throughput of 13.4 t/h. It has three grate runs and a total width of approximately 6.7 m.*



# Pozzilli (ENERGONUT), Italien Pozzilli (ENERGONUT), Italy



**Technische Daten**

- 1 Anzahl Verbrennungslinien: 1
- 2 Verbrennungsleistung pro Linie: 13,4 t/h
- 3 Thermische Leistung pro Linie: 49,9 MW
- 4 Dampfmenge pro Linie: 61,2 t/h
- 5 Dampfdruck: 56 bar
- 6 Dampftemperatur: 400 °C

**Technical data**

- 1 Number of lines: 1
- 2 Waste capacity per line: 13,4 t/h
- 3 Thermal capacity per line: 49,9 MW
- 4 Steam output per line: 61,2 t/h
- 5 Steam pressure: 56 bar
- 6 Steam temperature: 400 °C

- 7 Schlackebunker 7 Bottom ash bunker
- 8 Primärluftabsaugung 8 Underfire air intake
- 9 Primärluftsystem mit Luvo 9 Underfire air system with air preheater
- 10 Sekundärluftventilator 10 Overfire air fan
- 11 Sekundärluft-Eindüsung 11 Overfire air injection
- 12 Zünd- und Stützbrenner 12 Ignition and support burners
- 13 Feuerraum 13 Furnace
- 14 Dampfkessel mit 14 Steam boiler with
- 14a Überhitzer 14a Superheater
- 14b Verdampfer 14b Evaporator
- 14c Economiser 14c Economizer
- 15 Bicarbonat-Aktivkohle Eindüsung 15 Bicar-activated carbon injection
- 16 Umlenk-Flugstromreaktor 16 Deflector entrained-flow reactor
- 17 Gewebefilter 17 Fabric filter
- 18 Externer Economiser 18 External economizer
- 19 Saugzug 19 ID fan
- 20 Schalldämpfer 20 Silencer
- 21 Kamin 21 Stack
- 22 Flugaschetransport 22 Fly ash transport
- 23 Bicarbonatsilo 23 Bicar silo
- 24 Reststoffsilo 24 Residue silo
- 25 Aktivkohlesilo 25 Activated carbon silo



# ANDRITZ

## REFERENCE LIST

Power Boilers (orders since 1980)



We accept the challenge!



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure	Steam temperature	Year of Order
							t/h	bar(a)	°C	
Riikinvoima Oy	Varkaus	Finland	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF	60 MW <sub>t</sub>	71 t/h	85	500	2014
Mondi Swiecie S.A.	Swiecie	Poland	1	Retrofit to EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, SHA, S, AB	231 MW <sub>t</sub>	280 t/h	60	460	2014
Energoinstal S.A. / SEJ S.A.	Jastrzębie-Zdrój / Zoflowka	Poland	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	BC, CS, AF	217 MW <sub>t</sub>	275 t/h	123	552	2013
PGNiG Termika SA	Siekierki / Warsaw	Poland	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, WC, WP, AP	146 MW <sub>t</sub>	185 t/h	101	540	2013
MSE Mjölby Svartadalen Energi AB	Mjölby	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, SHA, WC, P	38 MW <sub>t</sub>	47 t/h	83	503	2013
Fortum Värme	Värtaverket/Stockholm	Sweden	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	FW, B, P, WP, SST, BC	357 MW <sub>t</sub>	467 t/h	143	562	2012
Växjö Energi AB	Växjö	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, LFO	114 MW <sub>t</sub>	155 t/h	141	541	2012
Zauner / Fernwärme Wien	Vienna/Arsenal	Austria	2	Hot water boiler	NG, FO	170 MW <sub>t</sub>	hot water	25	hot water	2012
Karlstads Energi AB	Karlstad	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, LFO	97 MW <sub>t</sub>	128 t/h	143	541	2012
Tembec	Témiscaming	Canada	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, NG	182 MW <sub>t</sub>	222 t/h	65	471	2012
E.ON Climate & Renewables UK	Sheffield / Blackburn Meadows	Great Britain	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	WW	97 MW <sub>t</sub>	119 t/h	85	490	2011
Posco Engineering & Construction Co., Ltd.	Donghae	Republic of Korea	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	WC, W, B, SHA, FW	89 MW <sub>t</sub>	113 t/h	95	510	2011
Vitkovic / Adularya	Koyunagil / Yunus Emre	Turkey	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	L	378 MW <sub>t</sub>	440 t/h 414 t/h	139 37	543 543	2011
OTV SA	Hong Kong	Hong Kong S.A.R.	4	EcoFluid <sup>1)</sup>	KS	27,5 MW <sub>t</sub>	31,5 t/h	43	383	2011
Confidential	Virginia	USA	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	W, S, NG	210 MW <sub>t</sub>	295 t/h	105	524	2011
Iggesund Paperboard	Workington	Great Britain	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, S, NG	147 MW <sub>t</sub>	195 t/h	102	540	2011
Montes del Plata	Punta Pereira	Uruguay	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B	53 MW <sub>t</sub>	75 t/h	95,8	455	2011
Hämeenkyrön Voima	Kyröskoski	Finland	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, P, NG	88 MW <sub>t</sub>	105 t/h	85	510	2011
Posco Engineering & Construction Co., Ltd.	Busan	Republic of Korea	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF	96 MW <sub>t</sub>	114 t/h	66	450	2010
Graphic Packaging	Macon	USA	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	W, AR, S, NG	135 MW <sub>t</sub>	159 t/h	89	482	2010
Dalkia Poznan	Poznan	Poland	1	Retrofit to EcoFluid <sup>1)</sup>	W, AB, HFO	89 MW <sub>t</sub>	110 t/h	138	540	2010
E.ON Värme Sverige	Örebro	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, LFO	77 MW <sub>t</sub>	94,7 t/h	141	540	2010
Bollnäs Energi AB	Bollnäs	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	RDF, FW, WW	31,5 MW <sub>t</sub>	39 t/h	40	420	2009



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										ANDRITZ Pulp & Paper	
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure	Steam temperature	Year of Order	
							th	bar(a)	°C		
Propower	Eisenhüttenstadt	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, R, S, BC	150 MW <sub>f</sub>	175,9	70	470	2009	
Pulpaca	Independencia	Venezuela	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	S, B, NG	23 MW <sub>f</sub>	50	21	sat.steam	2009	
The Griffin Group	Worsley, Collie	Australia	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	BC, WC	270 MW <sub>f</sub>	347 325	160 42	540 540	2008	
Stora Enso Maxau GmbH	Maxau/Karlsruhe	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	W, R, RDF, BC	170 MW <sub>f</sub>	198	95	520	2008	
Fortum Termest A.S.	Pärnu	Estonia	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, P, NG	76 MW <sub>f</sub>	93,6	117	525	2008	
Grupo Portucel Soporcel	Cacia	Portugal	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, FW, NG	50 MW <sub>f</sub>	58	92	472	2008	
Grupo Portucel Soporcel	Setubal	Portugal	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, FW, NG	50 MW <sub>f</sub>	58	92	472	2008	
HKWG - Heizkraftwerk Glückstadt GmbH.	Glückstadt	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, R, BC, PS, FO	93 MW <sub>f</sub>	110	66	450	2007	
voestalpine Stahl GmbH	Linz / Unit 07	Austria	1	PowerBlast <sup>5)</sup>	BFG, COG, NG, FO	384 MW <sub>f</sub>	460 422	143 36,5	543 562	2007	
Pratt Industries USA Inc.	Conyers / Georgia	USA	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, R, AR, WW, TR	92 MW <sub>f</sub>	105	66	460	2007	
Umea Energi AB	Umea - Dava 2	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	FW, B, WC, P	125 MW <sub>f</sub>	155	143	543	2007	
Stadwerke Leipzig	Wittenberg-Priestritz	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	W	55 MW <sub>f</sub>	58,8 57,4	130 25,4	535 535	2007	
Grupo Ence	Huelva	Spain	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	WC, PC, HFO	171 MW <sub>f</sub>	195	100	500	2007	
Grupo Ence	Navia	Spain	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, FW, HFO	105 MW <sub>f</sub>	120	123	500	2007	
voestalpine Stahl Donawitz	Donawitz / Unit 01	Austria	1	PowerBlast <sup>5)</sup>	NG, BFG, CG	190 MW <sub>f</sub>	230	128	545	2006	
Papierfabrik Palm GmbH	Wörth	Germany	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	R, S, BIG	54 MW <sub>f</sub>	60	76	440	2006	
B+T Energie GmbH	Witzenhausen / SCA Paper mill	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, R, PS, BIG, FO	124 MW <sub>f</sub>	153	66	450	2006	
Klabin S.A.	Telemaco Borba	Brazil	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	W, FO, AR	214 MW <sub>f</sub>	250	101	500	2006	
BMC Moerdijk	Moerdijk	Netherlands	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	CL	119 MW <sub>f</sub>	132	67	478	2006	
ECP Evergreen Community Power	Reading / Pennsylvania	USA	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	R, WW, RDF S, WW	131 MW <sub>f</sub>	150	83	455	2006	
Sappi Saiccor	Umkomaas / Amathulu	South Africa	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, FO	230 MW <sub>f</sub>	270	86	490	2006	
KSC - Kraftwerk Schwedt GmbH & Co. KG	Leipa Schwedt, Oder	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, R, PS, NG, FO	136 MW <sub>f</sub>	155	70	470	2006	
Tembec Tartas SA.	Tartas	France	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B	79 MW <sub>f</sub>	85	46	423	2006	



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order
Söderhamn Energi AB	Söderhamn	Sweden	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, FW, WC	33,7 MW <sub>t</sub>	40 t/h	62	503	2005
Lenzing AG	Lenzing 2K10	Austria	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL	100 MW <sub>t</sub>	142 t/h	82	500	2005
Stadwerke Klagenfurt AG	FHKW Klagenfurt / Boiler 1	Austria	1	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	40 t/h	40	450	2005
AE&E - Von Roll Inc. / Kruger Inc.	Bromptonville	Canada	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	S, W, B	96 MW <sub>t</sub>	110 t/h	89	485	2005
von Roll Inova / TEV Fjernvarme AS	Heimdal / Trondheim	Norway	1	Waste grate boiler	W	MW <sub>t</sub>	45,83 MW <sub>th</sub>	16	hot water	2004
M-real Hallein AG	Hallein	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	W, B, S, R	33,5 MW <sub>t</sub>	39 t/h	61	450	2004
Energie AG Oberösterreich	Timelkam	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, SHA, W, SST	50 MW <sub>t</sub>	57 t/h	42	440	2004
Stadwerke Leipzig GmbH	Bischofferode / Holungen	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	W	55 MW <sub>t</sub>	58,8 t/h 57,4 t/h	130 25,4	535 535	2004
von Roll Inova / Tridel SA	Lausanne	Switzerland	2	Waste grate boiler	MW	MW <sub>t</sub>	46 t/h	52	403	2004
SWN Stadtwerke Neumünster GmbH	Neumünster	Germany	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, BC, NG, FO	84 MW <sub>t</sub>	97 t/h	66	470	2003
RWE Solutions (Tessag INA) / ZSG Stendal GmbH	Stendal	Germany	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	S, B, R, FO, NG	83,5 MW <sub>t</sub>	103 t/h	84	485	2002
Siemens Austria / ENAGES	Niklasdorf	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, R, W, S	40 MW <sub>t</sub>	48 t/h	44	400	2002
Borregaard Industries Ltd.	Sarpsborg	Norway	1	SodEx <sup>4)</sup>	SL, FO, PWG	44 MW <sub>t</sub>	57 t/h	45	275	2002
Polish Energy Partner	Swiecie	Poland	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	B, BC, PS, FO	179 MW <sub>t</sub>	234 t/h	96	510	2002
Electrabel S.A.	Seraing	Belgium	2	Recovery Steam Generator <small>Special heat exchanger</small>	TEG, BFG, COG, NG	MW <sub>t</sub>	128 t/h 101 t/h	136 16	540 425	2002
Electrabel S.A.	Seraing	Belgium	1	Two drum boiler	BFG, COG, NG	MW <sub>t</sub>	192 t/h	80	535	2002
AEP PRO SERV Inc. / Dow Chemical	Plaquemine, LA	USA	4	Heat Rec. Steam Generator (HNC)	TEG, NG, PWG	MW <sub>t</sub>	253 t/h 18 t/h	114 20	51 296	2001
ATCO POWER CANADA LTD/Ontario Power Generation Inc	Windsor, Ontario / Brighton Beach Power Station	Canada	2	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG, NG	MW <sub>t</sub>	236 t/h 257 t/h	136 29	567 567	2001
Stora Enso OYI	Langerbrugge	Belgium	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, R, W, NG	58,5 MW <sub>t</sub>	65 t/h	80	480	2001
Sanix Waste Trade Company	Sanix	Japan	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	MW	160 MW <sub>t</sub>	180 t/h	61	400	2001
NEM/BBPE / Tractebel	Abu Dhabi, Al Taweelah A1	U.A.E.	8	Heat Rec. Steam Generator (HNC)	TEG, NG	MW <sub>t</sub>	364 t/h	110	542	2000
VNI / Consolidated Edison	NY / East River Generating Station	USA	2	Heat Rec. Steam Generator (HNC)	TEG, NG	MW <sub>t</sub>	680 t/h	37	250	2000
VA STAHL Linz GmbH.	Linz / Unit 03	Austria	1	PowerBlast <sup>5)</sup>	BFG, COG, NG	120 MW <sub>t</sub>	140 t/h	154	540	2000



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order
Energiepark Donawitz	Donawitz	Austria	1	Special heat Recovery Steam Generator	TEG, NG, CG	MW <sub>t</sub>	81 t/h	54	455	2000
Siemens / ISKEN	Iskenderun Sugozü	Turkey	2	Conventional boiler Benson	BC	MW <sub>t</sub>	1900 t/h	185	540	2000
Ansaldo Energia Spa / Public Power Corp. Athens	Komotini	Greece	2	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	210 t/h	96	516	1999
ST-CMS Electric Company Pvt. Ltd.	Neyveli, Tamil Nadu	India	1	Conventional boiler Benson	L	MW <sub>t</sub>	735 t/h	183	540	1999
Fortum Engineering / BERT	Budapest / Ujpest	Hungary	1	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	700 t/h	36,6	540	1999
Biomasse-Kraftwerk Güssing GmbH & CoKG	Güssing	Austria	1	CFB gasifier	R. S. W, NG	8 MW <sub>t</sub>	14 t/h	8	250	1999
Siemens Austria / Wienstrom	Wien / Donaustadt Unit 3	Austria	1	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	268 t/h	110	550	1999
Cellulose Attisholz	Attisholz	Switzerland	1	SodEx <sup>4</sup>	SL, NG	20 MW <sub>t</sub>	32 t/h	45	450	1999
KAM / ESG Linz	ESG Linz - South	Austria	1	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	63 t/h	65	502	1999
SK Power Company	Avedore	Denmark	1	Grate boiler	ST	MW <sub>t</sub>	144 t/h	310	563	1998
Nuovo Pignone / Cartiere Paolo Pigna	Alzano Lombardo	Italy	1	Heat Rec. Steam Generator (HNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	40 t/h	51	427	1998
Abengoa SA / Energy Power Resources	Westfield, Fife	Great Britain	1	EcoFluid <sup>1</sup>	CL	42 MW <sub>t</sub>	47 t/h	61	460	1998
VATECH Elin / Csepel Aramerelö Rt.	Budapest / Csepel II	Hungary	2	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	184 t/h	89	512	1998
Mitsubishi Heavy Industries / SCOL Energy	Kingston upon Hull / Saltend	Great Britain	3	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	300 t/h	109	540	1997
Sek. Rohstoff-Verwertungszentrum	Schwarze Pumpe	Germany	1	One drum boiler	PWG, NG	MW <sub>t</sub>	60 t/h	120	520	1997
MCHZ Ostrava	Ostrava	Czech Republic	1	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>t</sub>	10,7 t/h	33	390	1997
ABB Baden / Ever Power IPP Co. Ltd.	Hai Fu	Taiwan (R.O.C.)	4	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	245 t/h	111	568	1997
Hamburger Elektrizitätswerke AG	Werk Hamburg Hafen	Germany	3	Hot water boiler	NG	MW <sub>t</sub>	100 MW	15	hot water	1997
Electricity Authority of Cyprus	Vasilikos	Cyprus	2	Conventional boiler	FO	MW <sub>t</sub>	390 t/h	176	543	1997
SIEMENS KWU / Electricity Supply Board	Poolbeg Phase 3	Ireland	2	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	235 t/h	80	540	1997
VATECH Elin / Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke	Eisenhüttenstadt IKW	Germany	1	Special heat Recovery Steam Generator	TEG, NG, BFG, COG	MW <sub>t</sub>	142 t/h	40	450	1997
Asia Pulp & Paper Co. Ltd. (Sinar Mas Group)	Suzhou	Peoples Republic of China	2	PowerFluid <sup>2</sup>	BC, PS, S, PC	195 MW <sub>t</sub>	250 t/h	125	540	1997
APEX Science Engineering Corporation	Tao Yuan	Taiwan (R.O.C.)	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	225 t/h	118	510	1997



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order
Martin GmbH	Neunkirchen	Germany	1	Grate boiler	MW	MW <sub>t</sub>	32.4 t/h	50	400	1997
HEP	Zagreb West	Croatia	2	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	64 t/h 165 t/h	20 9	235 100	1996
Sicet SRL	Ospitale di Cadore	Italy	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	W	62 MW <sub>t</sub>	80 t/h	87	485	1996
Österreichische Draukraftwerke AG	Zeitweg	Austria	1	CFB gasifier	B, W	10 MW <sub>t</sub>				1996
SLOVNAFT A.S.	Refinery Bratislava Boiler 3	Slovakia	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	250 t/h	110	535	1996
E+C Engineering Corporation	Lin-Yuan	Taiwan (R.O.C.)	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	307 t/h	118	510	1996
CTCI Corporation	Tso-Ying and Ta-Lin	Taiwan (R.O.C.)	2	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	280 t/h	118	510	1996
Norscan-Tech Ltd. (April Group)	Changshu	Peoples Republic of China	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	BC, PS, S	188 MW <sub>t</sub>	280 t/h	125	538	1996
RVL-Resstoffverwertung Lenzing Invest GmbH&Co.KG.	Lenzing 1K8	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	RDF, R, S, W, BC, NG, FO	110 MW <sub>t</sub>	129 t/h	80	500	1996
St.Pölten Public Utility	district heating plant north	Austria	1	One drum boiler	NG, FO	MW <sub>t</sub>	110 t/h	48	453	1995
BHP New Zealand Steel	Auckland	Newzealand	4	Process heat recovery boiler	PWG, NG	MW <sub>t</sub>	63 t/h	67	510	1995
Halla Paper Co. Ltd.	Mokpo Paper Mill	Republic of Korea	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, FO	17 MW <sub>t</sub>	23.3 t/h	10	180	1995
Pöls AG	Pöls	Austria	1	Black liquor boiler	BL, NG, PWG	255 MW <sub>t</sub>	302 t/h	102	480	1995
Vera Klärschlamm G.m.b.H.	Hamburg	Germany	3	EcoFluid <sup>1)</sup>	S	8.2 MW <sub>t</sub>	9 t/h	40	400	1995
Kronotex GMBH	Heiligengrabe	Germany	1	Special boiler	W, NG	MW <sub>t</sub>	44 t/h	106	sat.steam	1995
Siv Industries Ltd.	Coimbatore	India	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL	80 MW <sub>t</sub>	100 t/h	118	500	1995
Black&Veatch/Sumitomo Perusahaan Umum Listrik	Tambak Lorok Semarang, Unit II	Indonesia	3	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	173 t/h 40 t/h	87 6	530 300	1995
SIEMENS KWU / Public Utility Board	Senoko	Singapore	4	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	226 t/h 49 t/h	96 11	541 210	1994
Türkiye Elektrik Üretim Anonim Sirketi	Cayirhan Unit 3 and 4	Turkey	2	Conventional boiler	L, FO	MW <sub>t</sub>	478 t/h	137	538	1994
AZOT	Berezniki	Russia	1	One drum boiler	FO	MW <sub>t</sub>	125 t/h	49	410	1994
Black&Veatch/Sumitomo Perusahaan Umum Listrik	Tambak Lorok Semarang, Unit I	Indonesia	3	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	173 t/h 40 t/h	87 6	530 300	1994
Fernwärme Wien Ges.m.b.H.	District Heating Plant Vienna south	Austria	2	Hot water boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	170 t/h	25	hot water	1994
VOEST ALPINE Krems GmbH	VA-Stahl Linz, Unit 01	Austria	1	Recovery Steam Generator	TEG, NG, BFG, COG	MW <sub>t</sub>	140 t/h	140	542	1994



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order
BASF AG	Ludwigshafen	Germany	2	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>t</sub>	14 t/h	12	200	1994
CEZ A.S. - Elektrárna Hodonin	Hodonin	Czech Republic	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	L, BC, FO	MW <sub>t</sub>	170 t/h	97	510	1994
Regionale Entsorgungsanlage Niedergösgen AG (REN)	Niedergösgen	Switzerland	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	R, PS, S, W	MW <sub>t</sub>	18 t/h	15	230	1994
Voest Alpine Industrieanlagen	Dneprodzerzinsk	Ukraine	1	Process heat recovery boiler	CG	MW <sub>t</sub>	250 t/h	50	sat.steam	1994
ERBE Energetika Kft. Magyar Villamos Művek Rt	Kelenföld	Hungary	1	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	200 t/h	42	425	1993
Public Power Corporation	Aghios Dimitrios V	Greece	1	Conventional boiler Benson	L	MW <sub>t</sub>	1030 t/h	200	540	1993
Perusahaan Umum Listrik Negara	Muara Karang	Indonesia	3	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	173 t/h	87	530	1993
EEVG GmbH	Steyrermühl	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	B, W, PS, FO, NG	MW <sub>t</sub>	55 t/h	80	480	1993
Perusahaan Umum Listrik Negara	Belawan II	Indonesia	2	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	236 t/h	102	530	1993
Thai Petrochemical Industry Corporation	Rayong	Thailand	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	150 t/h	136	525	1993
ÖMV AG	Refinery Schwechat	Austria	1	Conventional boiler	NG, FO	MW <sub>t</sub>	250 t/h	87	520	1993
Leykam Murztaler Paper Mill	Bruck	Austria	1	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG, NG	MW <sub>t</sub>	110 t/h	41	495	1993
Thai Petrochemical Industry Corporation	Rayong	Thailand	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	BC, PC, FO, NG	MW <sub>t</sub>	130 t/h	115	525	1993
Haindl Papier GmbH	Schwedt	Germany	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, R, B, W, FO	MW <sub>t</sub>	58 t/h	55	460	1992
Salzburger Stadtwerke	Power Plant Salzburg North	Austria	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	80 t/h	80	500	1992
Hansol Paper Company	Chonju	Republic of Korea	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, B, R, W, MW	MW <sub>t</sub>	29 t/h	16	184	1992
FBM Hudson ENEL	Termini Imerese	Italy	2	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG, NG, FO	MW <sub>t</sub>	853 t/h	264	330	1992
Hitachi Zosen	Maizuru (pilot Plant)	Japan	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	MIW, B, W, S	MW <sub>t</sub>	1 MW	1	hot water	1992
VonRoll / EBS Simmering	Vienna	Austria	1	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>t</sub>	24.2 t/h	68	365	1991
Türkiye Elektrik Kurumu	GIRNE	Turkey	2	One drum boiler	FO	MW <sub>t</sub>	238 t/h	106	515	1991
FBM Hudson ENEL	Turbigo Levante	Italy	2	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG, NG, FO	MW <sub>t</sub>	858 t/h	264	330	1991
FBM Hudson ENEL	Turbigo Levante	Italy	1	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG, NG, FO	MW <sub>t</sub>	858 t/h	264	330	1991
Lenzing AG	Lenzing 2K7	Austria	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL	MW <sub>t</sub>	120 t/h	86	480	1991



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										ANDRITZ Pulp & Paper	
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order	
Electricity Authority Cyprus	Dhekelia K 5.6	Cyprus	2	One drum boiler	FO	MW <sub>i</sub>	260 t/h	87	515	1991	
Dubai Electricity Company	Dubai, Jebel Ali G	U.A.E.	4	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	387 t/h	24	sat.steam	1991	
Dubai Electricity Company	Dubai, Jebel Ali G	U.A.E.	4	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG, NG	MW <sub>i</sub>	340 t/h	20	222	1991	
Pusan Dyeing Company	Pusan	Republic of Korea	2	PowerFluid <sup>2)</sup>	BC, FO	70 MW <sub>i</sub>	80 t/h	115	490	1990	
Wiener Stadwerke Elektrizitätswerke AG. Unit3/4	SIMMERING Power Plant - Unit3/4	Austria	1	Conventional boiler Benson	FO, NG, TEG	MW <sub>i</sub>	985 t/h 922 t/h	236 59	540 540	1990	
Panjabol Paper Industries Co.Ltd.	AYUTTHAYA Paper Mill	Thailand	2	Grate boiler	L, BC	MW <sub>i</sub>	120 t/h	102	490	1990	
Fernwärme Wien GmbH	Waste incineration Plant Flotzersteig Vienna	Austria	3	Grate boiler	MIW	MW <sub>i</sub>	27 t/h	16	270	1990	
National Electric Corporation	KARTHOUM	Sudan	2	One drum boiler	FO	MW <sub>i</sub>	240 t/h	92	510	1990	
Stadwerke Klagenfurt	FKW Klagenfurt	Austria	1	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	30 t/h	45	450	1990	
TAVANIR	Gilan	Iran	6	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>i</sub>	236 t/h 42 t/h	80 8	535 210	1990	
Lenzing AG	Lenzing	Austria	1	SodEx <sup>4)</sup>	SL, NG	80 MW <sub>i</sub>	17 t/h	95	350	1990	
Kimberly-Clark	Tantanoola	Australia	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL	MW <sub>i</sub>	110 t/h	81	454	1990	
Österreichische Agrarindustrie	Factory Gmünd	Austria	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	25 t/h	106	515	1989	
Funder Industrie Ges.m.b.H.	St.Veit/Glan	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	MIW, B, W, S	33.5 MW <sub>i</sub>	39 t/h	80	500	1989	
Siemens KWU / Türkiye Elektrik Kurumu	AMBARLI	Turkey	6	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>i</sub>	231 t/h 46 t/h	102 8	530 200	1989	
BHEL / National Thermal Power Corp.	Dadri	India	4	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>i</sub>	226 t/h 47 t/h	84 11	535 205	1989	
Enemalta Corporation	Delimara Power Plant	Malta	2	Conventional boiler	BC, FO	MW <sub>i</sub>	260 t/h	108	513	1989	
Lenzing AG	Lenzing	Austria	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, FO, PWG	MW <sub>i</sub>	100 t/h	94	500	1989	
Chinese Petroleum Corporation	Taoyuan Refinery	Taiwan (R.O.C.)	1	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	133 t/h	153	500	1989	
Papierfabrik und Verlags AG	Steyrermühl	Austria	1	Special heat Recovery Steam Generator	TEG, NG	MW <sub>i</sub>	110 t/h	132	527	1988	
Papierfabrik Bauernfeind	Paper Mill Frohnleiten	Austria	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	15 t/h	84	500	1988	
Haindl Papier GmbH	Schongau	Germany	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, B, R	63.5 MW <sub>i</sub>	68 t/h	45	450	1988	
Heizbetriebe Wien Ges.m.b.H. for district Heating Power Plant Spittelau	district Heating Power Plant Spittelau	Austria	2	Hot water boiler	FO, NG	MW <sub>i</sub>	170 MW <sub>th</sub>	22	hot water	1988	



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS											ANDRITZ Pulp & Paper	
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order		
VE AHB Industrieanlagen-Import Berlin	HKW Chemische Werke Buna	Germany	1	Two drum boiler	NG	MW <sub>t</sub>	64 t/h	22	290	1988		
VE AHB Industrieanlagenimport Berlin	HKW VEB Chemische Werke BUNA	Germany	1	Two drum boiler	FO	MW <sub>t</sub>	64 t/h	22	290	1988		
Electricity Authority	Dhekalia 3.4	Cyprus	2	One drum boiler	FO	MW <sub>t</sub>	260 t/h	87	515	1988		
VE AHB Industrieanlagen-Import Berlin	Industry Power Plant Wolfen	Germany	1	Conventional boiler	L	MW <sub>t</sub>	100 t/h	132	500	1988		
Chonju Paper Company	Chonju	Republic of Korea	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, B	11,9 MW <sub>t</sub>	16 t/h	16	180	1987		
BBC / National Thermal Power Corp.	Anta Power Plant	India	3	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG	MW <sub>t</sub>	162 t/h 38 t/h	64 10	505 215	1987		
AEG Austria	Suez Unit 4	Egypt	1	Conventional boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	1000 t/h	206	540	1987		
Mayr Melnhof	Frohnleiten	Austria	1	Heat Rec. Steam Generator (HNC)	TEG, NG	MW <sub>t</sub>	40 t/h 1,4 MW	87 8	500 175	1987		
Neusiedler AG	Kematen	Austria	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, PWG, S	MW <sub>t</sub>	26,5 t/h	76	510	1987		
VOEST - ALPINE AG	Linz	Austria	3	Process heat recovery boiler	CG	MW <sub>t</sub>	66 t/h	36	sat.steam	1987		
VOEST - ALPINE AG	IRO-Böhlen	Germany	1	One drum boiler	NG	MW <sub>t</sub>	100 t/h	138	520	1987		
Zellstoff Villach	Villach	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	S, B, L	30 MW <sub>t</sub>	30 t/h	64	450	1986		
Wiener Stadwerke Elektrizitätswerke AG	Wien / LEOPOLDAU	Austria	1	Heat Rec. Steam Generator (VNC)	TEG	MW <sub>t</sub>	194 t/h 54,5 MW	52 29	485 207	1986		
Public Establishment of Electricity	MEHARDEH Power Plant	Syria	2	Conventional boiler	FO	MW <sub>t</sub>	525 t/h	157	541	1986		
Solvay Österreich GmbH	Ebensee	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	L, BC, W, FO, NG	39 MW <sub>t</sub>	55 t/h	70	480	1986		
La Kadischa, Tripoli	Tripoli K6	Lebanon	1	One drum boiler	FO	MW <sub>t</sub>	320 t/h	108	518	1986		
VE AHB Industrieanlagen-Import Berlin	HKW Chemische Werke BUNA	Germany	1	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	64 t/h	22	290	1986		
Verbundkraft Elektrizitätswerke AG (VKG)	DÜRNROHR Power Plant	Austria	1	Conventional boiler Benson	NG, BC	MW <sub>t</sub>	1135 t/h	283	540	1985		
National Power Corporation	NAGA II Power Plant	Philippines	1	Conventional boiler	FO, L, BC	MW <sub>t</sub>	220 t/h	110	540	1985		
Heizbetriebe Wien Ges.m.b.H.	District Heating Power Plant Leopoldau	Austria	1	Hot water boiler	NG	MW <sub>t</sub>	170 MWth	22	hot water	1985		
Energie Versorgung Niederösterreich AG (EVN)	DÜRNROHR Power Plant	Austria	1	Conventional boiler Benson	NG, BC	MW <sub>t</sub>	1018 t/h	235	535	1985		
Société Nationale de l'Electricite et du Gaz	RAS DJINET Power Plant	Algeria	4	Conventional boiler	FO, NG	MW <sub>t</sub>	530 t/h	172	540	1985		
VOEST - ALPINE AG	Donawitz	Austria	1	Two drum boiler	NG, BFG, COG	MW <sub>t</sub>	64 t/h	57	450	1985		



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										ANDRITZ Pulp & Paper	
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order	
VOEST - ALPINE AG	Linz	Austria	2	Two drum boiler	FO, NG, COG, BFG	MW <sub>f</sub>	120 t/h	152	540	1985	
Jungbunzlauer AG	Pernhofen/Wulzeshofen	Austria	1	Two drum boiler	NG	MW <sub>f</sub>	50 t/h	71	430	1985	
Lenzing AG	Lenzing 1K7	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	L, BC, B, S, FO	97 MW <sub>f</sub>	120 t/h	80	500	1985	
Dr. Franz Feurstein GmbH	Traun	Austria	1	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>f</sub>	16 t/h	86	480	1985	
SGP-VA Energie- und Umwelttechnik GmbH	Vienna (pilot Plant)	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	MW, PS, B, S, W	1 MW <sub>f</sub>	1 MWth		hot water	1985	
Hallein Paper Mill	Hallein	Austria	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, PWG	MW <sub>f</sub>	100 t/h	121	525	1985	
Leykam Mürtzaler Papier- und Zellstoff AG	Gratkorn	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	L, B, BC, PS, FO, NG	129 MW <sub>f</sub>	165 t/h	121	520	1985	
Neusiedler AG.	Paper Mill Ulmerfeld	Austria	1	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>f</sub>	100 t/h	94	510	1984	
Heizbetriebe Wien Ges.m.b.H.	Vienna / District Heating Power Plant ARSENAL	Austria	1	Hot water boiler	NG	MW <sub>f</sub>	140 MW	25	hot water	1984	
Lenzing AG	Lenzing	Austria	1	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>f</sub>	12.5 t/h	58	410	1984	
Ansaldo Impianti, Genova	Al Mukha	Yemen	4	One drum boiler	FO	MW <sub>f</sub>	170 t/h	81	488	1984	
Hamburger Aktiengesellschaft	Pitten	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	L, R, S	66.8 MW <sub>f</sub>	70 t/h	62	500	1983	
Leykam-Mürtzaler Aktiengesellschaft	Bruck / Mur	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	PS, B, L	15 MW <sub>f</sub>	16 t/h	45	450	1983	
HARMER KG.	Ottakring brewery	Austria	2	One drum boiler	FO	MW <sub>f</sub>	10 t/h	43	445	1983	
ELIN UNION AG, Vienna-Austria	Ras al Khaymah	U.A.E.	2	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>f</sub>	146 t/h	96	505	1983	
Emirates General Petroleum	Sharjah	U.A.E.	4	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>f</sub>	146 t/h	96	505	1983	
Österreichische Draukraftwerke AG.	Zeltweg Power Plant - revamping	Austria	1	Conventional boiler Benson	BC	MW <sub>f</sub>	410 t/h/h 350	204 45	535 535	1982	
Siegender Zuckerrfabrik AG.	Siegender	Austria	1	One drum boiler	FO	MW <sub>f</sub>	60 t/h	72	535	1982	
Chemie Linz AG	Enns	Austria	1	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>f</sub>	42 t/h	46	400	1982	
VOEST ALPINE AG - Linz	Pöls AG	Austria	1	Black liquor boiler	BL, FO	MW <sub>f</sub>	168 t/h	86	480	1982	
Electricity Authority of Cyprus	Dhekelia K1,2	Cyprus	2	One drum boiler	FO	MW <sub>f</sub>	260 t/h	87	515	1982	
Dubai Electricity Company	Jebel Ali D K6,7,8	U.A.E.	3	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>f</sub>	370 t/h	113	515	1982	
Oberösterreichische Kraftwerke AG.	Riedersbach II Power Plant	Austria	1	Conventional boiler Benson	L, BC, FO	MW <sub>f</sub>	454 t/h	215	540	1982	



REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS										
Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output	Steam pressure	Steam temperature	Year of Order
							t/h	bar(a)	°C	
Iran Power Generation and Transmission Mashad	Touss Power Station Mashad	Iran	4	Conventional boiler	NG, FO	MW <sub>r</sub>	525	159	540	1982
Zellstoff- und Papierfabrik Frantschach AG	Frantschach	Austria	1	PowerFluid <sup>2)</sup>	B, P, S, FO, L	MW <sub>r</sub>	70	82	520	1982
La Kadischa, Tripoli	Tripoli K5	Lebanon	1	One drum boiler	FO	MW <sub>r</sub>	320	108	518	1981
Türkiye Elektrik Kurumu	CAYIRHAN Power Plant	Turkey	2	Conventional boiler	FO, L	MW <sub>r</sub>	480	170	538	1981
Österreichische Draukraftwerke AG.	VOITTSBERG III Power Plant	Austria	1	Conventional boiler Benson	FO, L	MW <sub>r</sub>	980 910	203 50	535 535	1981
Semirara Coal Corporation	SEMIRARA Power Plant	Philippines	2	Grate boiler	L	MW <sub>r</sub>	36	56	453	1981
Enterprise National Sonatrac	lube oil Plant ARZEW 2	Algeria	3	One drum boiler	FO, NG	MW <sub>r</sub>	45	58	435	1981
VOEST - ALPINE AG Linz	Steelwerk Eisenhüttenstadt	Germany	2	Process heat recovery boiler	CG	MW <sub>r</sub>	25	40	sat.steam	1981
Biocel Paskov	Paskov	Czech Republic	1	SulfitePower <sup>3)</sup>	SUL, PWG	MW <sub>r</sub>	142	103	485	1981
STEWEAG	Mellach	Austria	1	Conventional boiler Benson	BC	MW <sub>r</sub>	700	207	538	1981
Hindustan Fertilizer Corp. Ltd.	Namrup K3 (New Delhi)	India	1	One drum boiler	NG	MW <sub>r</sub>	120	124	495	1981
Société Tunisienne de l'Electricite et du Gaz	SOUSSE Power Plant	Tunisia	2	Conventional boiler	FO, NG	MW <sub>r</sub>	515,5	172	540	1980
Chinese Petroleum Corp.	Kaoshiung Oil Refinery K4,5	Taiwan (R.O.C.)	2	Two drum boiler	FO, NG	MW <sub>r</sub>	133	153	500	1980
Water & Electricity Dep. Government of Abu Dhabi	Umm Al Nar	U.A.E.	2	One drum boiler	NG	MW <sub>r</sub>	320	105	515	1980
Chinese Petroleum Corp.	Kaoshiung Oil Refinery K3	Taiwan (R.O.C.)	1	Two drum boiler	FO, PWG	MW <sub>r</sub>	133	153	500	1980
Krems Chemie	Krems	Austria	1	Two drum boiler	NG	MW <sub>r</sub>	10	29	250	1980
La Kadischa, Tripoli	Tripoli K1,2	Lebanon	2	Two drum boiler	FO	MW <sub>r</sub>	45	54	460	1980
Allgemeines Krankenhaus	Vienna	Austria	3	Heat Rec. Steam Generator (VFC)	TEG, NG	MW <sub>r</sub>	10	20	215	1980
EBS-Entsorgungsbetriebe Simmering	Vienna	Austria	2	Process heat recovery boiler	PWG	MW <sub>r</sub>	29	62	350	1980
Wasserverband	Gratkorn-Gratwein	Austria	1	EcoFluid <sup>1)</sup>	B, S	MW <sub>r</sub>	25	134	520	1980
EBS-Entsorgungsbetriebe Simmering	Vienna	Austria	2	EcoFluid <sup>1)</sup>	S	MW <sub>r</sub>	17	62	349	1980
PT PLOMIN d.o.o.	Plomin II	Croatia	1	Conventional boiler Benson	BC	MW <sub>r</sub>	670 650	147 33	535 535	1966

**Explanation of abbreviation**





**REFERENCE LIST FOR POWER BOILERS**

Customer/Final Customer	Location/Plant	Country	Quantity	Boiler Type	Fuels	Fuel input	Steam output pressure bar(a)	Steam temperature °C	Year of Order
AF	Agro fuels		P	Peat					
AR	Tyres		PC	Pet coke					
AP	Agro pellets		PS	Paper sludge					
B	Bark		PWG	Process waste gas					
BC	Bituminous coal		R	Reject					
BFG	Blast furnace gas		RDF	Refuse derived fuel					
BIG	Bio gas		S	Sludge					
BL	Black liquor		SHA	Saw mill residue					
CG	Converter gas		SL	Sodium liquor					
CL	Chicken litter		SST	Wood dust					
COG	Coke oven gas		ST	Straw					
CS	Coal sludge		SUL	Sulfite liquor					
CRS	Byproducts chemical industry		TEG	Turbine exhaust gas					
FO	Fuel oil		TR	Carpet derived fuel					
FW	Forestry wood		W	Wood					
L	Lignite		WC	Wood chips					
KS	Sewage sludge		WK	Washed coal					
MF	Multifuel		WP	Wood pellets					
MIW	Municipal / industrial waste		WW	Wood Waste					
NG	Natural gas								

<sup>1)</sup> BFB Boiler

<sup>2)</sup> CFB Boiler

<sup>3)</sup> Sulphite Liquor Boiler

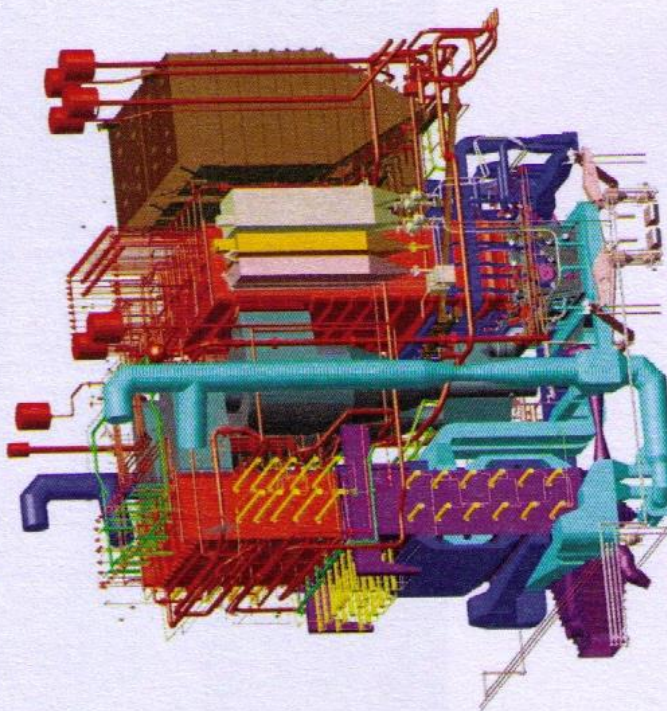
<sup>4)</sup> Sodium Boiler

<sup>5)</sup> Direct Fired Boiler



# YUNUS EMRE 2x145 MW<sub>el</sub> POWERFLUID

- Engineering, partly supply and commissioning of 2 circulating fluidized bed boilers, **POWERFLUID** CC technology, and flue gas desulfurization **Turbosorp** technology
- Firing of local lignite with low quality and high sulfur content
- Electric power generation for grid



## KEY DATA

### Customer:

Adularya Energy Electricity Generation and Mining Co  
Koyunagil, Turkey  
Start Up 2013

### Technology:

Circulating Fluidized Bed, System **POWERFLUID**

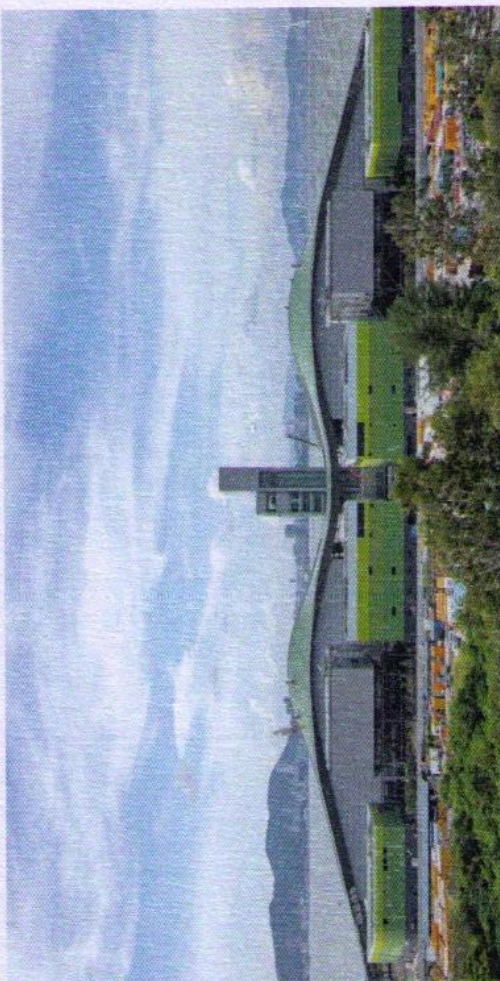
**Steam output:** 440/414 tphr  
**Steam pressure:** 139/37 bar a  
**Steam temperature:** 543/543 °C

**Fuel:** Lignite  
**Calorific value:** 8 - 11 MJ/kg



## HONG KONG 4 x 27,5 MW<sup>th</sup> ECOFLUID

- Engineering and supply of 4 bubbling fluidized bed boilers, system **ECOFLUID** for the Hong Kong Sludge Treatment Facility
- Combustion of 2000 wet tons per day of municipal sewage sludge in the biggest sludge incineration ever built



### KEY DATA

#### Customer:

OTV SA

Hong Kong

Start Up 2014

#### Technology:

Bubbling Fluidized Bed, System **ECOFLUID**

#### Steam output:

4 x 31,5 tphr

#### Steam pressure:

43 bar a

#### Steam temperature:

383 °C

#### Fuel:

sewage sludge

#### Calorific value:

3,0 – 5,8 MJ/kg



## DONGHAE 30 MW<sub>el</sub> POWERFLUID

- Engineering and supply of core components for the **POWERFLUID** CFB boiler for the 'Donghae Biomass Power Plant'
- First biomass fired CFB in the Republic of Korea



### KEY DATA

#### Customer:

POSCO Engineering & Construction Co., Ltd.

Donghae / Republic of Korea

Start Up 2013

#### Technology:

Circulating Fluidized Bed, System **POWERFLUID**

#### Steam output:

113 tphr

#### Steam pressure:

95 bar a

#### Steam temperature:

510 °C

#### Fuel:

Biomass

#### Calorific value:

10 - 16,5 MJ/kg



CFB:

Wood chips at the delivery limit shall have a particle size acc. to class P63 CEN/TS 14961-1 table 5.

Hog fuel at the delivery limit shall have a particle size acc. to class P63 CEN/TS 14961-1 table 6.

BFB

The solid fuel(s) shall be supplied to the supply limit in a grain size, which follows a normal distribution within the limits defined in following diagram:

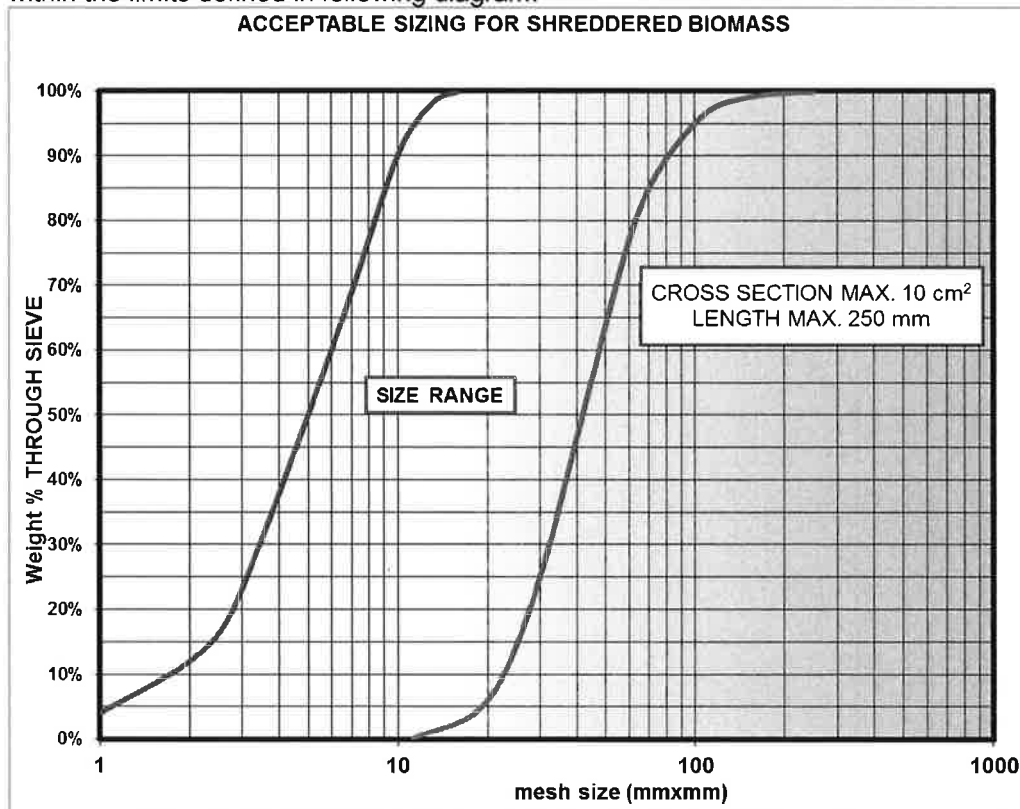


Figure 1: Biomass grain size limits

CFB/BFB

Dedicated RDF fuel - including inert materials - shall meet the following limitations concerning fuel grain size:

Edge Size (a, b, c) of fuel and inert material:

100 %	< 250 mm (screen mesh size)
95 %	< 120 mm (screen mesh size)
85 %	< 80 mm (screen mesh size)
50 %	< 50 mm (screen mesh size)

Totalized particle size (sum of edge lengths a+b+c) of fuel and inert material:

100 %	< 350 mm
-------	----------





# Referenzliste

## Entsorgungsanlagen mit Brennstoffdurchsatz



**Baumgarte Boiler Systems GmbH**

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde / Generalunter- nehmer	An- zahl	Bau- jahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf- Temperatur °C	Feuerungs- system	Anzahl Züge
MVA der Universität Köln	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	1970	Klinikmüll je 3 t/h	8		25	300	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge
MVA Fürstenfeldbruck	Keller-Peukert GmbH, Leverkusen	1	1975	Hausmüll 6,5 t/h	25		25	224		3 Vertikalzüge
Müra Biel	K + K Ofenbau AG, Zürich	1	1975	Hausmüll 6 t/h	20		25	350	Koch + Künzle Rost Luftgekühlt	5 Vertikalzüge
MVA der RWTH- Aachen	Keller-Peukert GmbH, Leverkusen	1	1976	Haus- u. Klinikmüll 3 t/h		5,8	19	160/140 Heißwasser		3 Vertikalzüge
MVA des Landkreises Fürth	W & E Umwelttechnik AG, Zürich	1	1977	Hausmüll 5 t/h	17		5	Sattdampf	W & E Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Bielefeld- Herford	W & E Umwelttechnik AG, Zürich	3	1980	Hausmüll u. Klärschl. je 17 t/h	52,4		50	400	W & E Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MVA Stadt Frankfurt	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	4	1982	Hausmüll je 17 t/h	49,1		60	500	Von Roll Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Kempten	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	1	1983	Hausmüll 7 t/h	27,5		22,5	Sattdampf	Von Roll Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Neustadt	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	1	1983	Hausmüll 8 t/h	26		41	420	Von Roll Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde / Generalunter- nehmer	An- zahl	Bau- jahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf- Temperatur °C	Feuerungs- system	Anzahl Züge
MVA Fürstenfeldbruck	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	1985	Hausmüll je 6 t/h	18,8		39	400	Von Roll Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Solingen	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	1	1986	Hausmüll 7 t/h	21,5		42	450	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge
MVA Pinneberg	K + K Ofenbau AG, Zürich	2	1987	Hausmüll je 5 t/h	14,2		38	400	Koch + Künzle Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
SVA Schöneiche	W & E Umwelttechnik AG, Zürich	1	1988	Sondermüll 4 t/h	12,6		20	310	W & E Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MVA Darmstadt	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	1	1989	Hausmüll 9 t/h	28,7		39	350	Von Roll Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Bonn	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	3	1989	Hausmüll je 10 t/h	30		43	400	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge
AWG Wuppertal K 5	Lentjes AG, Düsseldorf	1	1990	Hausmüll 15 t/h	50		30	350	Lentjes Rollenrost	3 Vertikalzüge
MKW Schwandorf	W & E Umwelttechnik AG, Zürich	1	1990	Hausmüll 27 t/h	88		73	410	W & E Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
AVA Augsburg	W & E Umwelttechnik AG, Zürich	3	1992	Hausmüll je 10 t/h	34		52	400	W & E Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde / Generalunter- nehmer	An- zahl	Bau- jahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf- Temperatur °C	Feuerungs- system	Anzahl Züge
AVG Hamburg	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	1994	Sondermüll je 11 t/h	35		30	380	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend
AWG Wuppertal K 3	Lentjes AG, Düsseldorf	1	1994	Hausmüll 15 t/h	50		30	350	Lentjes Rollenrost	3 Vertikalzüge
MHKW Ludwigshafen	Lentjes AG, Düsseldorf	1	1995	Hausmüll 12 t/h	34		43	450	Lentjes Rollenrost	3 Vertikalzüge
MHKW Iserlohn	ML, Ratingen	1	1995	Hausmüll 19 t/h	59		40	400	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend
MVA Offenbach	ML, Ratingen	2 1	1995 1997	Hausmüll je 9 t/h	27		40	405	Lentjes Rollenrost	1 Vertikalzug 1 Teilend
AWG Wuppertal K 4	Lentjes AG, Düsseldorf	1	1996	Hausmüll 15 t/h	50		30	350	Lentjes Rollenrost	3 Vertikalzüge
AVA Velsen	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	1996	Hausmüll je 15 t/h	48,8		40	400	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend
MHKW Ulm	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	1996	Hausmüll je 8 t/h	26,2		40	360	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend
MVA Chikunan	Sumitomo (SHI) <b>Engineering</b>	3	1996	Hausmüll je 6 t/h	21		21	250	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung



Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde / Generalunternehmer	Anzahl	Baujahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf-Temperatur °C	Feuerungssystem	Anzahl Züge
MVA Akashi	Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b> Japan Tokyo	2	1996	Hausmüll je 8 t/h	27		33	300	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MVA Moskau	Höfler ABT <b>Basic Engineering</b> Russland Moskau	3	1997	Hausmüll je 8 t/h	26		19	310	Wirbel- schicht	2 Vertikalzüge 1 Tailend
MHKW Pirmasens	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich Deutschland Pirmasens	2	1997	Hausmüll je 15 t/h	46,9		39	400	Von Roll Rost	1 Vertikalzug 1 Tailend
AWG Wuppertal K 1	Lentjes AG, Düsseldorf Deutschland Wuppertal	1	1998	Hausmüll 15 t/h	50		30	350	Lentjes Rollenrost	3 Vertikalzüge
MHKW Würzburg	NOELL, Würzburg Deutschland Würzburg	1	1998	Hausmüll 20 t/h	61,5		41	415	NOELL Rost Wasser- gekühlt	3 Vertikalzüge
MVA Ryusenenn Kumiai	Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b> Japan Tokyo	3	1997	Hausmüll je 5 t/h	17,2		26	280	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
DOWA Mining Co. Ltd	Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b> Japan Tokyo	1	1998	Sondermüll 11 t/h	37		30	300	Stehend mit Tailend	3 Vertikalzüge 1 Tailend
SANEI Co. Ltd. Aichi	Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b> Japan Tokyo	1	1998	Sondermüll 5 t/h	16,3		28	290	Stehend mit Tailend	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MSWIP Taoyuan	Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen Taiwan Taoyuan	2	2000	Hausmüll je 28,1 t/h	95,2		39	400	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

**Referenzliste  
Entsorgungsanlagen**

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde / Generalunter- nehmer	An- zahl	Bau- jahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf- Temperatur °C	Feuerungs- system	Anzahl Züge
Tokyo Metropolitan Itabashi	Japan Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b>	2	2001	Hausmüll je 15 t/h	48		40	400	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
TE Power Station	Italien Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	1	2001	aufbereiteter Hausmüll 18,8 t/h	54		44	420	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
TE Power Station	Italien Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	1	2001	aufbereiteter Hausmüll 18,8 t/h	54		44	420	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
ETRSU Madeira	Portugal Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	2	2001	Hausmüll je 7 t/h	21		40	400	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
TE Power Station	Italien Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	1	2001	aufbereiteter Hausmüll 18,8 t/h	54		44	420	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
WtE Kirklees	Groß- britannien Huddersfield Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	1	2001	Hausmüll 16 t/h	52		40	400	Lentjes Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend
MVA Niihama	Japan Sumitomo (SHI) <b>Basic Engineering</b>	3	2002	Hausmüll je 4 t/h	11,2		27	300	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
UIOM Perpignan	Frankreich Perpignan Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	2002	Hausmüll je 13,85 t/h	40		40	380	Lentjes Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde	Anzahl	Baujahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf-Temperatur °C	Feuerungs-system	Anzahl Züge
TE Power Station Colleferro Italien	Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	1	2002	aufbereiteter Hausmüll 18,8 t/h	54		44	420	Lenjies Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
UIOM Dijon Dijon Frankreich	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich	2	2002	Hausmüll je 9 t/h	31,2		21	Sattdampf	Von Roll Rost Luftgekühlt	2 Vertikalzüge 1 Tailend
Issy-les-Moulineaux Paris Frankreich	Von Roll Umwelttechnik AG, Zürich <b>Basic &amp; Detail Engineering</b>	2	2002	Hausmüll je 30,5 t/h	118		50	400	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
Romonta Amsdorf Deutschland	Romonta Beteiligungs GmbH	1	2004	aufbereiteter Hausmüll 8,5 t/h	30	28	39	400	Seghers Rost Wassergekühlt	2 Vertikalzüge 1 Tailend
SWIP Budapest Budapest Ungarn	Lurgi Energie- u. Entsorgung, Ratingen	2 2	2004 2005	Hausmüll je 16,5 t/h	40		40	405	Lenjies Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 vertikaler Eco-Zug
HVC Alkmaar Alkmaar Niederlande	Konsortium Von Roll / bam-nbm	1	2005	Hausmüll 27,5 t/h	88,4		42	405	Von Roll Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MHKW Bremen Bremen Deutschland	swb Entsorgung GmbH	1	2005	Hausmüll 24,2 t/h	97		21,4	Sattdampf 217	Koch-Rost Wasser-/ Luftgekühlt	3 Vertikalzüge
AVA Nordweststadt Frankfurt / M. Deutschland	Lurgi Energie- u. Entsorgung, Düsseldorf	2 2	2006 2010	Hausmüll je 22 t/h	67,2		59	500	Lenjies Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Tailend

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

**Referenzliste  
Entsorgungsanlagen**

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde	Anzahl	Baujahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf-Temperatur °C	Feuerungssystem	Anzahl Züge
Sleco-Centrale Beveren	Lurgi Benelux N.V.	3	2006	Reststoffe Hausmüll Klärschlamm je 23,8 t/h	61,5		41	400	Wirbelschicht	3 Vertikalzüge
EfW Allington	Lurgi Lentjes AG	3	2007	Reststoffe Hausmüll Klärschlamm je 24 t/h	58		64	420	Wirbelschicht	2 Vertikalzüge 1 Tailend
MSZ 3 Moskau	AVN Holding Österreich	2	2007	Hausmüll je 22,3 t/h	57,5	46	36	360	„Koch“ Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
EBS HKW Stavenhagen	Nehlsen Entsorgung Neubrandenburg GmbH & Co. KG	1	2007	Aufbereiteter Hausmüll 13,15 t/h	54,8	47	42	400	„Koch“ Rost Wassergekühlt	2 Vertikalzüge 1 Tailend
EBS Energiezentrale Weener	N. Prior Energy GmbH	1	2008	Aufbereiteter Hausmüll 21 t/h	85	70	26	320	„Koch“ Rost Wassergekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug
MKK Bremen	swb Erzeugung GmbH & Co. KG	1	2009	Aufbereiteter Hausmüll 33 t/h	127	110	39	400	„Koch“ Rost Wassergekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug
EBS Kraftwerk Oostende	Electrawinds Biostorm N.V.	1	2009	Aufbereiteter Hausmüll 21 t/h	80,3	70	41	402	„Koch“ Rost Wassergekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung



Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde	Anzahl	Baujahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf-Temperatur °C	Feuerungssystem	Anzahl Züge
EBS HKW Bitterfeld	PD Energy GmbH Bitterfeld	1	2010	Aufbereiteter Hausmüll 16,8 t/h	64,4	56	42	400	„Koch“ Rost Wassergekühlt	2 Vertikalzüge 1 Tailend
Elbewerk Stade	N. Prior Energy GmbH	1	i.A. <sup>2</sup>	Aufbereiteter Hausmüll 21 t/h	86,3	70	41	402	„Koch“ Rost Wassergekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug
Romonta Beteiligungs GmbH	Romonta Reststoffverwertungsgesellschaft	1	2009	Aufbereiteter Hausmüll 7,75 t/h	30	28	40	400	Seghers Rost Wassergekühlt	2 Vertikalzüge 1 Tailend
EAB EBS-Verbrennungsanlage Bernburg	Energie Anlage Bernburg GmbH	3	2010	Aufbereiteter Hausmüll je 21 t/h	80	70	41	410	„Koch“ Rost Wassergekühlt / Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug
Linz Heizkraftwerk	HSE GmbH Basic Engineering	1	2011	Aufbereiteter Hausmüll 20 t/h	80	72	42	425	Wirbelschicht	2 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug
Ecologista	Sumitomo (SHI) Basic Engineering	1	i.A. <sup>2</sup>	Aufbereiteter Hausmüll 7 t/h	19,2		27	300	SHI Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend
MSW WtE OULU	OULUN Energia O.Y.	1	2012	Haumüll 16 t/h	57	47	84	425/515	Kochrost, Wassergekühlt / Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Tailend 1 vert. Eco-Zug

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

<sup>2</sup> in Abwicklung

Anlagenname / Aufstellort / Land	Kunde	Anzahl	Baujahr	Brennstoff Durchsatz max.	genehmigte Dampfmenge t/h	FWL <sup>1</sup> MW	Druck Austr. bar ü	Dampf-Temperatur °C	Feuerungssystem	Anzahl Züge
MHKW Bremen – K4 & Umbau K1	Deutschland Bremen	2	2013	Hausmüll 22 t/h	97,25	74	41	420	„Koch“ Rost Wasser- / Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 vert. Eco-Zug
EBS-Heizkraftwerk Spreerecycling	Deutschland Spreenberg	1	2013	Aufbereiteter Hausmüll 31,7 t/h	134,3	110	41	400	„Koch“ Rost Wasser- / Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend 1 vert. Eco-Zug
North Yard, Devonport, Plymouth	Großbritannien Plymouth	1	i.A. <sup>2</sup>	Haus- und Sperrmüll 31,1 t/h	104	82,1	60	420	„Koch“ Rost Luftgekühlt	3 Vertikalzüge 1 Teilend 2 vert. Eco-Zug
TPP Sud Timișoara	Rumänien Timișoara	1	i.A. <sup>2</sup>	Hausmüll + Biokohle 9,375 + 1,31 t/h	40,8	34,5	42	430	„Koch“ Rost Luftgekühlt	1 Vertikalzug 1 Teilend 1 vert. Eco-Zug

<sup>1</sup> Feuerungswärmeleistung

<sup>2</sup> in Abwicklung



# Referenzliste

## Entsorgungsstoff-Kesselanlagen

***Standardkessel GmbH***



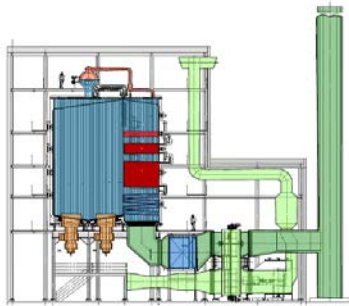
**Auszug aus der Gesamt-Referenzliste**  
**Entsorgungsstoff-Kesselanlagen**  
**Summe aller Referenzen Entsorgungsstoff-Kesselanlagen: 28**

"Entsorgungskessel"

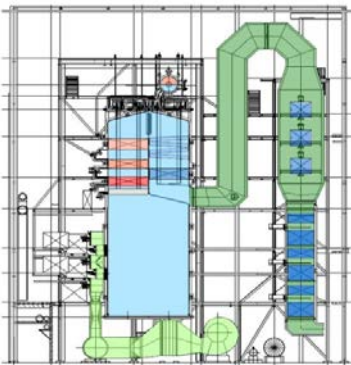
Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 1 von 7

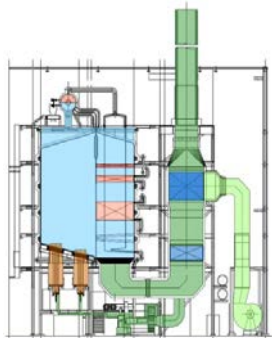
22.04.14

**Energoinstal, Kattowitz für Przyjazn II, Polen**

Feuerungswärmeleistung	:	183	MW
Dampfleistung	:	250	t/h
Genehmigungsdruck	:	143	bar
Heißdampf Temperatur	:	542	°C
Brennstoff	:	Koksofengas	
Inbetriebnahmejahr	:	2014	

**Shell Deutschland für Shell Wesseling Kessel 7, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	168	MW
Dampfleistung	:	200	t/h
Genehmigungsdruck	:	138	bar
Heißdampf Temperatur	:	520	°C
Brennstoff	:	Schweröl, Produktionsreste (g), Produktionsreste (f)	
Inbetriebnahmejahr	:	2012	

**Shell Deutschland für Shell Wesseling Kessel 8, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	121	MW
Dampfleistung	:	150	t/h
Genehmigungsdruck	:	135	bar
Heißdampf Temperatur	:	520	°C
Brennstoff	:	Erdgas, Produktionsreste (g)	
Inbetriebnahmejahr	:	2012	

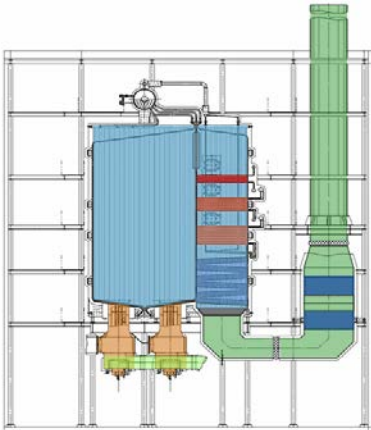


"Entsorgungskessel"

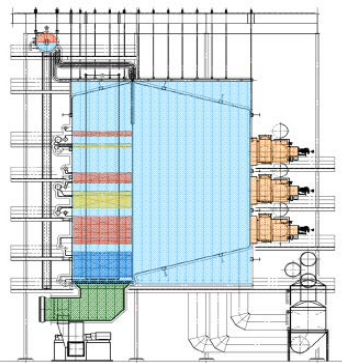
Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 2 von 7

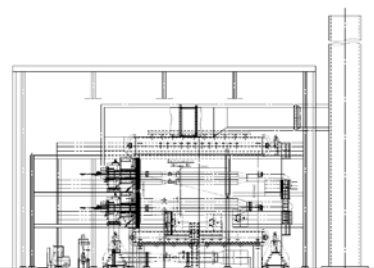
22.04.14

**VEO Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke, Eisenhüttenstadt, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	148	MW
Dampfleistung	:	180	t/h
Genehmigungsdruck	:	136	bar
Heißdampf Temperatur	:	540	°C
Brennstoff	:	Erdgas, Gichtgas	
Inbetriebnahmejahr	:	2012	

**Salzgitter Flachstahl GmbH, Salzgitter, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	2 x 298	MW
Dampfleistung	:	2 x 340	t/h
Genehmigungsdruck	:	190/55	bar
Heißdampf Temperatur	:	568 / 563	°C
Brennstoff	:	Erdgas, Heizöl EL, Gichtgas, Koksofengas	
Inbetriebnahmejahr	:	2010	

**Energoinstal, Kattowitz für Przyjazn, Polen**

Feuerungswärmeleistung	:	80	MW
Dampfleistung	:	95	t/h
Genehmigungsdruck	:	54	bar
Heißdampf Temperatur	:	445	°C
Brennstoff	:	Koksgas und Überschussgas	
Inbetriebnahmejahr	:	2007	

"Entsorgungskessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 3 von 7

22.04.14

**TECHCON Környezetvédelmi és Energetikai Szolgáltató Kft für Polgár Projekt, Ungarn**

Feuerungswärmeleistung	:	23	MW
Dampfleistung	:	27,4	t/h
Genehmigungsdruck	:	95	bar
Heißdampf Temperatur	:	503	°C
Elektrische Leistung	:	6,5	MW
Brennstoff	:	Altreifen, Erdgas	
Inbetriebnahmejahr	:	2007	

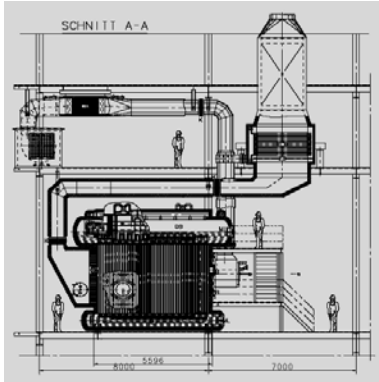
**Alstom Power für Dünkirchen, Frankreich**

Gasturbine	:	Alstom-GT 13 E	
Gasturbinenleistung	:	2 x 160	MW <sub>el</sub>
Dampfleistung je Kessel	:	HD	550 t/h
	:	ZÜ	540 t/h
Wärmeleistung ND-Teil	:	ND	50 MW
Genehmigungsdruck	:	172/40/6 bar	
	:	HD	566 °C
Heißdampf Temperatur	:	ZÜ	566 °C
	:	ja	
Fliegender Betriebswechsel	:	ja	
Zusatz-Brennstoff	:	Erdgas, Gichtgas, Koksgas	
Inbetriebnahmejahr	:	2005	

"Entsorgungskessel"  
 Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 4 von 7  
 22.04.14

### LLS für BASF Ludwigshafen, Deutschland



Feuerungswärmeleistung	:	15,35	MW
Dampfleistung	:	11,15	t/h
Genehmigungsdruck	:	25	bar
Sattdampfperatur	:	208	°C
Brennstoff	:	Erdgas, flüssige Rückstände auf Alkoholbasis	
Inbetriebnahmejahr	:	2004	

### Roche AG, Sisseln, Schweiz (firmiert heute unter DSM)



Feuerungswärmeleistung	:	16,8	MW
Dampfleistung	:	20	t/h
Genehmigungsdruck	:	46	bar
Heißdampfperatur	:	360	°C
Brennstoff	:	flüssige Produktionsrückstände, Abgas, Erdgas	
Inbetriebnahmejahr	:	2003	

### Mineralölraffinerie Dollbergen, Deutschland



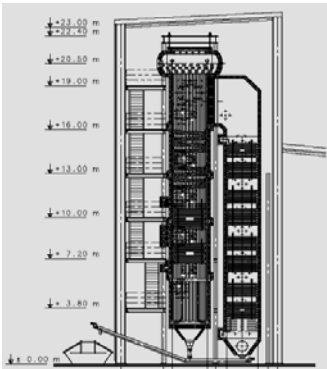
Feuerungswärmeleistung	:	11,5	MW
Dampfleistung	:	12,3	t/h
Genehmigungsdruck	:	18	bar
Sattdampfperatur	:	201	°C
Brennstoff	:	Schweröl, Abwässer	
Inbetriebnahmejahr	:	1999	

## "Entsorgungskessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 5 von 7

22.04.14

**E. S. T Entsorgungsgesellschaft, Steinbach, Deutschland  
(Anlage für the Abfallbeseitigung von Munitionsrückständen)**


Feuerungswärmeleistung	:	5,8	MW
Dampfleistung	:	8,5	t/h
Genehmigungsdruck	:	40	bar
Heißdampftemperatur	:	350	°C
Brennstoff	:	Munitionsrückstände	
Inbetriebnahmejahr	:	1998	

**VEO Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke, Eisenhüttenstadt, Deutschland**


Feuerungswärmeleistung	:	107	MW
Dampfleistung	:	120	t/h
Genehmigungsdruck	:	136	bar
Heißdampftemperatur	:	540	°C
Brennstoff	:	Koksgas, Erdgas	
Inbetriebnahmejahr	:	1997	

**Schwarze Pumpe, Brandenburg, Deutschland**


Feuerungswärmeleistung	:	46	MW
Dampfleistung	:	55	t/h
Genehmigungsdruck	:	143	bar
Heißdampftemperatur	:	530	°C
Brennstoff	:	Erdgas, synthetisches Gas, Leichtöl	
Inbetriebnahmejahr	:	1997	



## "Entsorgungskessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 6 von 7

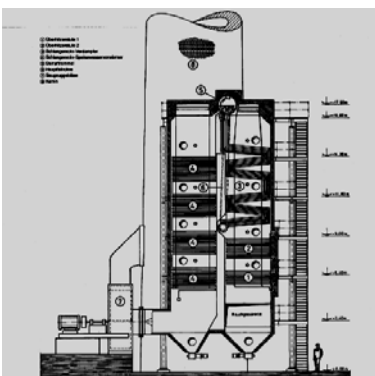
22.04.14

**Erdölchemie Dormagen, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	29	MW
Dampfleistung	:	45	t/h
Genehmigungsdruck	:	68	bar
Heißdampf Temperatur	:	340	°C
Brennstoff	:	ACN-Restgase, crack agent Öle, ACN-Polymer-Flüssigkeiten	
Inbetriebnahmejahr	:	1996	

**Modesto CA, Kalifornien, USA**

Feuerungswärmeleistung	:	2 x 26,5	MW
Dampfleistung	:	2 x 30	t/h
Genehmigungsdruck	:	77	bar
Heißdampf Temperatur	:	500	°C
Brennstoff	:	Altreifen	
Inbetriebnahmejahr	:	1988	

**Vegla Glashütte, Herzogenrath / Stolberg, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	21	MW
Dampfleistung	:	16,5	t/h
Genehmigungsdruck	:	42	bar
Heißdampf Temperatur	:	430	°C
Brennstoff	:	heiße Abgase hinter Glasschmelzofen	
Inbetriebnahmejahr	:	1986	

"Entsorgungskessel"  
 Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 7 von 7  
 22.04.14

### Degussa Rußfabrik, Brilon, Deutschland



Feuerungswärmeleistung	:	9.0	MW
Dampfleistung	:	7,8	t/h
Genehmigungsdruck	:	20	bar
Heißdampf Temperatur	:	300	°C
Brennstoff	:	heiße Abgase hinter Drehrohrofen	
Inbetriebnahmejahr	:	1985	

### Fordwerke, Köln, Deutschland



Feuerungswärmeleistung	:	18,8	MW
Dampfleistung	:	17,1	t/h
Genehmigungsdruck	:	24	bar
Heißdampf Temperatur	:	260	°C
Brennstoff	:	Produktionsabfälle	
Inbetriebnahmejahr	:	1984	



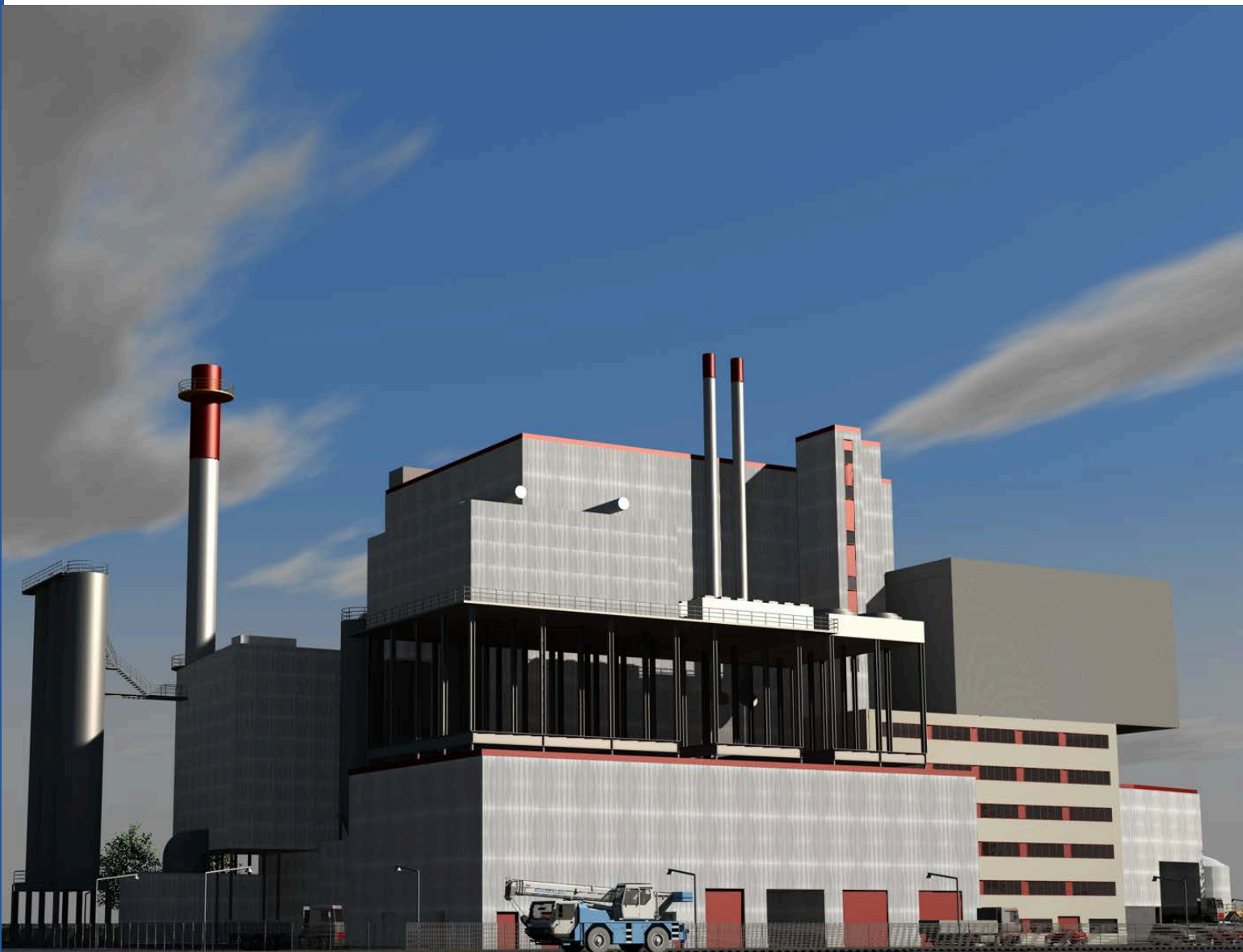
BIOMASSE

ENTSORGUNGSSTOFFE

ABHITZE

PRIMÄRBRENNSTOFFE

## HKW SPREERECYCLING DEUTSCHLAND





## HKW SPREERECYCLING, DEUTSCHLAND



Anzahl der Linien	1
Brennstoff	aufbereiteter Haus- und Industriemüll
Heizwert (min./nom./max.)	8,0 / 12,5 / 18,0 MJ/ kg
Brennstoff-Durchsatz (min./nom./max.)	23,1 / 31,7 / 40,0 t/h
Feuerungswärmeleistung	110 MW
Dampfleistung	130,4 t/h
Genehmigungsdruck	55 bar (ü)
Dampfdruck	40 bar (ü)
Dampftemperatur	400 °C
Speisewassertemperatur	130 °C
Rauchgasvolumenstrom	209.700 Nm³/h
Abgastemperatur	160 °C
Betriebsgenehmigung	17. BlmschV
Inbetriebnahmejahr	2013

### DIE AUFGABE

Zur Energieversorgung der Hamburger Rieger - Papierfabrik Spremberg errichtet die Spreerecycling GmbH & Co. KG ein WtE- Heizkraftwerk. Mit dem Heizkraftwerk soll der gesamte Prozessdampfbedarf und soweit möglich der elektrische Energiebedarf mit den Reststoffen aus der Papierproduktion sowie mit extern bezogenem Abfall selbst erzeugt werden. Baumgarte erhielt den Auftrag zur Lieferung der Feuerung und des Dampferzeugers der Anlage.

### DIE LÖSUNG

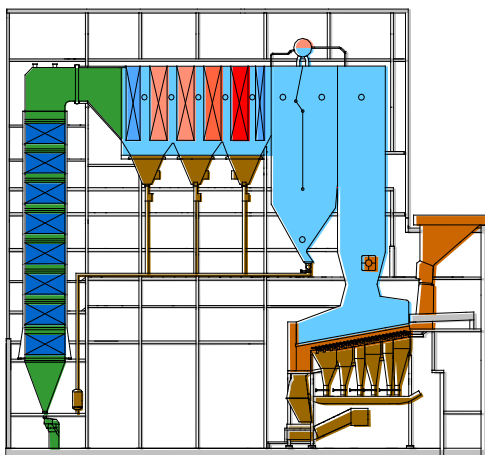
Das integrative Konzept vereint den wassergekühlten Vorschubrost mit dem Tailendkessel, bestehend aus dem Feuerraum, zwei vertikalen Strahlzügen, Tailend mit den Konvektionsheizflächen sowie vertikal durchströmte Economizerheizflächen.

### LIEFERUMFANG

- Heißdampferzeuger mit Armaturen
- Heizflächenreinigung als Sprühsystem, Klopfung und Rußbläsern
- Vorschubverbrennungsrostsystem einschl. Nebenaggregaten
- Zünd- und Stützfeuerung
- Schlacketransportanlage
- Kesselstahlbau, Stahlbau für Feuerungssystem und Kessel einschließlich Treppen und Bühnen
- Feuerfestauskleidungen und Wärmeschutzisolierungen
- Messtechnische Kesselausrüstung

### LEISTUNGEN

- Engineering einschl. Genehmigungs- und Behörden-Engineering
- Materialbeschaffung
- Herstellung
- Transport
- Montage und Inbetriebsetzung
- Probetrieb
- Personalschulung



Beispiel





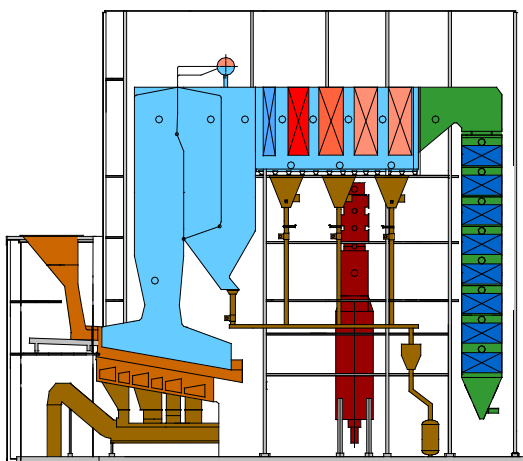
## WTE PLANT OULU FINNLAND



## WTE PLANT OULU, FINNLAND



<b>Anzahl der Linien</b>	1
<b>Brennstoff</b>	Haus- und Industriemüll
<b>Heizwert ( min./max./nom.)</b>	8,0 / 15,0 / 10,5 MJ/kg
<b>Brennstoff-Durchsatz ( min./max.)</b>	11,5 / 16,4 Mg/h
<b>Feuerungswärmeleistung Externer Überhitzer</b>	52,4 MW 5 MW
<b>Dampfleistung</b>	58,7 Mg/h
<b>Genehmigungsdruck</b>	102 bar (g)
<b>Dampfdruck nach Kessel Externer Überhitzer</b>	87 bar (g) 83 bar (g)
<b>Dampftemperatur Externer Überhitzer</b>	425 °C 515 °C
<b>Speisewassertemperatur</b>	130 °C
<b>Rauchgasvolumenstrom</b>	97.000 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Abgastemperatur</b>	150 °C
<b>Betriebsgenehmigung</b>	EU Directive 2000/76/EC
<b>Inbetriebnahmejahr</b>	2012



Beispiel

### DIE AUFGABE

Am Industriestandort des Chemieherstellers Kemira Oy in Oulu soll ein Müllheizkraftwerk errichtet werden. Dieses Kraftwerk wird die Energie- und Wärmeversorgung der Stadt Oulu sowie des Chemieunternehmens sicherstellen. Der kommunale Energieversorger Oulun Energia Oy erteilte Baumgarte Boiler Systems den Auftrag die komplette Verbrennungslinie mit Nebenaggregaten zu liefern. Betreiber dieser Anlage wird die Laanilan Voima, eine Beteiligungsgesellschaft der Oulun Energia und der Kemira Oy, sein.

### DIE LÖSUNG

Das bewährte Konzept eines Tailendkessels vereint mit einem wassergekühlten Vorschubrost wurde für dieses nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip konzipierte Kraftwerk gewählt. Um den Wirkungsgrad der Turbine zu erhöhen wurde dieses Konzept um einen externen Überhitzer mit Feuerung ergänzt.

### LIEFERUMFANG

- Heißdampferzeuger mit Entaschung und Zubehör
- Externer Überhitzer mit Feuerung (Öl, Kontrollgas, Konstantgas)
- Heizflächenreinigung als Sprühsystem, Klopfung und Kugelregen
- Wassergekühltes Vorschubverbrennungsrostsystem einschl. Nebenaggregaten
- Zünd- und Stützfeuerungen mit Zubehör
- Schlacketransportanlage
- Kesselhausstahlbau, Stahlbau für Feuerungssystem und Kessel einschließlich Treppen und Bühnen
- Feuerfestauskleidungen und Wärmeschutzisolierungen
- Speisewasserversorgung mit Behälter und Pumpen
- Messtechnische Kesselausrüstung
- SNCR / AGAM
- Luftvorwärmung
- Deionatvorwärmung

### LEISTUNGEN

- Engineering einschl. Genehmigungs-Engineering
- Montage und Inbetriebsetzung
- Probetrieb
- Dokumentation





BIOMASSE

ENTSORGUNGSSTOFFE

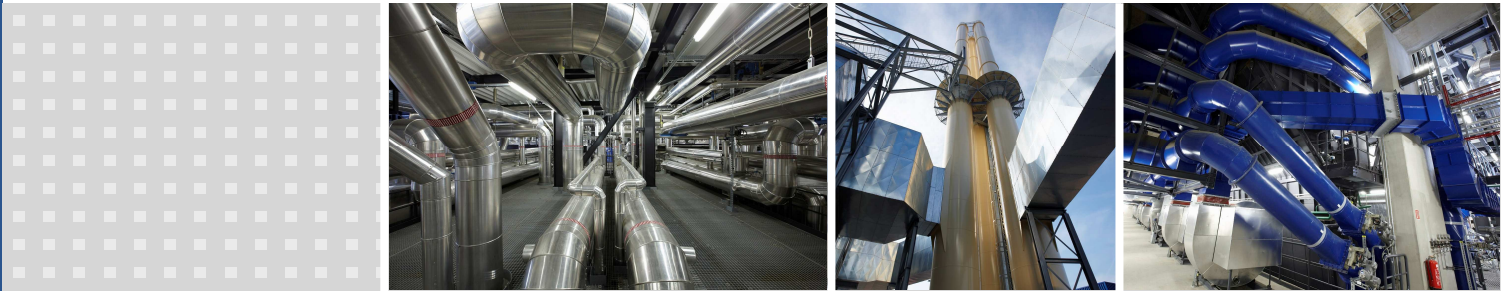
ABHITZE

PRIMÄRBRENNSTOFFE

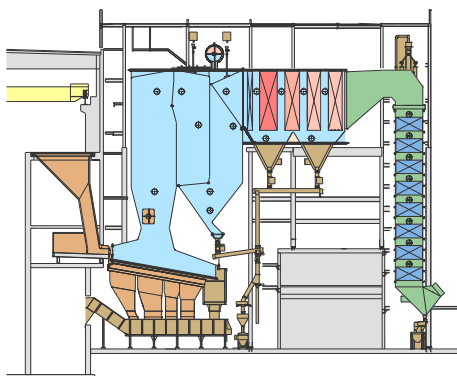
## ENERGIE ANLAGE BERNBURG GMBH DEUTSCHLAND



## ENERGIE ANLAGE BERNBURG GMBH, DEUTSCHLAND



Anzahl der Linien	3
Brennstoff	aufbereiteter Haus- und Industriemüll
Heizwert ( min./max./nom.)	10,5 / 18,0 / 15,0 MJ/kg
Brennstoff-Durchsatz ( min./max./nom.)	11,3 / 21,0 / 16,8 t/h
Feuerungswärmeleistung je	70 MW
Dampfleistung je	80,0 t/h
Genehmigungsdruck	55,0 bar (ü)
Dampfdruck	41,0 bar (ü)
Dampftemperatur	410 °C
Speisewassertemperatur	130 °C
Rauchgasvolumenstrom je	136.000 m³ i. N./h
Abgastemperatur	180 °C
Betriebsgenehmigung	17. BlmSchV
Inbetriebnahmejahr	2010



Beispiel

### DIE AUFGABE

Zur Energieversorgung des Solvay-Werkes in Bernburg sollte ein zweites Standbein geschaffen werden. EAB, ein Unternehmen der Entsorgungsfirma Tönsmeier sowie des Chemie- und Pharmaunternehmens Solvay plante den Bau eines Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerkes. Auf der Basis konzeptgleicher Referenzen erhielt das Konsortium Baumgarte Boiler Systems GmbH / Standardkessel GmbH den Auftrag zur Errichtung von drei leistungsgleichen Verbrennungslinien.

### DIE LÖSUNG

Das für die EBS- Verbrennungslinien gewählte technische Konzept wurde aus einer Hand von Standardkessel Baumgarte geliefert. Die Lieferung beinhaltet unter anderem ein wassergekühltes Vorschubrost, zwei vertikale Strahlungszüge, Tailendzug und vertikaler Economiser. Der Auftragsumfang erstreckt sich von der Brennstoffversorgung über die Speisewassersanlage, die E-/MSR-/Leit- und Gebäudetechnik bis zur Rauchgasbehandlung mit Kamin.

### LIEFERUMFANG

- Heißdampferzeuger mit Armaturen
- Heizflächenreinigung als Sprühsystem, Klopfung und Rußbläsern
- Vorschubverbrennungsröstsysteem einschl. Nebenaggregaten
- Zünd- und Stützfeuerung mit Brennstofflager und Förderung
- Brennstoffbunkerkrane und Schlacketransportanlage
- Kessel- und Maschinenhausstahlbau, Stahlbau für Feuerungssystem und Kessel einschließlich Treppen und Bühnen
- Feuerfestauskleidungen und Wärmeschutzisolierungen
- Rauchgasreinigungsanlage, Saugzugventilator und Stahlkamin
- Speisewasserversorgung mit Behälter und Pumpen
- Messtechnische Kesselausrüstung, Gebäudetechnik
- E-/MSR-, Leit- und Niederspannungstechnik
- Notstromversorgung

### LEISTUNGEN

- Engineering einschl. Genehmigungs- und Behörden-Engineering
- Montage und Inbetriebsetzung
- Probetrieb





*ideas full of energy!*

**Standardkessel  
Baumgarte**

BIOMASSE

ENTSORGUNGSSTOFFE

ABHITZE

PRIMÄRBRENNSTOFFE

## TRB BITTERFELD DEUTSCHLAND





## TRB BITTERFELD, DEUTSCHLAND



Anzahl der Linien	1
Brennstoff	aufbereiteter Haus- und Industriemüll
Heizwert ( min./max./nom.)	11,0 / 18,0 / 15,0 MJ/kg
Brennstoff-Durchsatz ( min./max./nom.)	10,1 / 16,8 / 13,44 t/h
Feuerungswärmeleistung	56,0 MW
Dampfleistung	64,4 t/h
Genehmigungsdruck	56,0 bar (ü)
Dampfdruck	42,0 bar (ü)
Dampftemperatur	400 °C
Speisewassertemperatur	105 °C
Rauchgasvolumenstrom	109.000 m <sup>3</sup> i. N./h
Abgastemperatur	160 - 190 °C
Betriebsgenehmigung	17. BlmSchV
Inbetriebnahmejahr	2009

### DIE AUFGABE

Zur umweltschonenden Energieversorgung der Unternehmen im Chemiapark Bitterfeld Wolfen sollte ein Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerk errichtet werden. Das nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip konzipierte Kraftwerk soll den erzeugten Strom in das örtliche BetreiberNetz einspeisen und mit der Jahresmenge an erzeugter Wärme die ortsansässigen Unternehmen versorgen. Das technische Konzept der Verbrennungslinie sollte einer von Baumgarte Boiler Systems in 2007 fertig gestellten Anlage entsprechen.

### DIE LÖSUNG

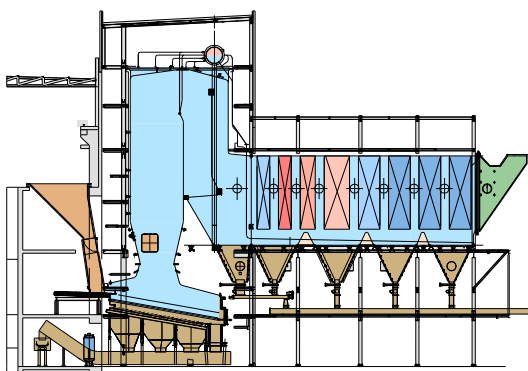
Unter Zugrundelegung der Basisplanung des realisierten Kesseltyps wurde die optimale gesamtwirtschaftliche Lösung unter Berücksichtigung der geänderten Leistungsparameter für die geplante Anlage erarbeitet. Dem Feuerungssystem, als wassergekühlter Vorschubrost ausgeführt, schließt sich der Dampferzeuger bestehend aus dem Feuerraum mit nachgeschalteten Strahlzug und einem herabgesetzten Tailendzug an.

### LIEFERUMFANG

- Heißdampferzeuger mit Armaturen
- Sprüheinrichtung und mechanische Klopfung zur Heizflächenreinigung
- Vorschubverbrennungsrostsystem einschl. Nebenaggregaten
- Zünd- und Stützfeuerung mit Brennstofflager und Förderung
- Kesselhausstahlbau, Fassadenverkleidung, Technische Gebäudeausrüstung
- Stahlbau für Feuerungssystem und Kessel einschließlich Treppen und Bühnen
- Feuerfestauskleidungen und Wärmeschutzisolierungen
- Rauchgasreinigungsanlage, Saugzugventilator und Stahlkamin
- Messtechnische Kesselausrüstung

### LEISTUNGEN

- Engineering einschl. Genehmigungs- und Behörden-Engineering
- Montage und Inbetriebsetzung
- Probetrieb



Beispiel



# Referenzliste

## Biomasse-Kesselanlagen

**Standardkessel GmbH**



GU mit \*) gekennzeichnet

**Auszug aus der Gesamt-Referenzliste  
Biomasse-Kesselanlagen  
Summe aller Referenzen Biomasse-Kesselanlagen: 60**



"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 1 von 10

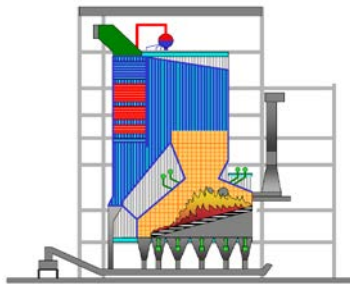
17.06.2014

**Biomassekraftwerk Kaua'i, Hawaii, USA**

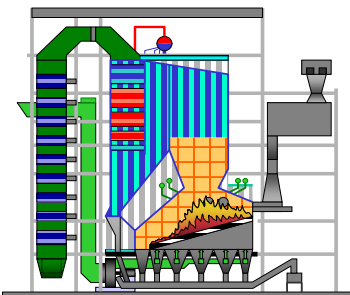
\*)



Feuerungswärmeleistung	:	27,3	MW
Dampfleistung	:	32	t/h
Genehmigungsdruck	:	98	bar
Heißdampftemperatur	:	477	°C
Elektrische Leistung	:	7,5	MW
Brennstoff	:	Frischholz, Albizia, Eukalyptus	
Inbetriebnahmejahr	:	2014	

**Fritz Egger GmbH & Co für Egger Radauti, Rumänien**

Rost-Feuerungswärmeleistung, max.	:	78	MW
Staub-Feuerungswärmeleistung, max.	:	10	MW
Dampfleistung	:	55	t/h
Genehmigungsdruck	:	80	bar
Heißdampftemperatur	:	465	°C
Heißgas-Auskopplung	:	43	MW
Elektrische Leistung	:	15	MW
Brennstoff	:	Altholz A1-A4, Holz-Produktionsabfälle	
Inbetriebnahmejahr	:	2013	

**Biomasseltalia für Crotone II, Italien**

Feuerungswärmeleistung	:	48	MW
Dampfleistung	:	2 x 56,5	t/h
Genehmigungsdruck	:	107	bar
Heißdampftemperatur	:	522	°C
Elektrische Leistung	:	31,5	MW
Brennstoff	:	Frischholz, Olivenpressreste, Palmkernschalen	
Inbetriebnahmejahr	:	2012	



"Biomassekessel"

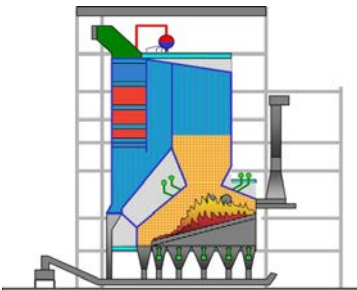
Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 2 von 10

17.06.2014

**Fernwärme Ulm GmbH für FUG Ulm II, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	25	MW
Dampfleistung	:	28	t/h
Genehmigungsdruck	:	87	bar
Heißdampf Temperatur	:	480	°C
Elektrische Leistung	:	5	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A2
Inbetriebnahmejahr	:		2012

**DOHWA für Korindo, Korea (Lizenz)**

Feuerungswärmeleistung	:	27	MW
Dampfleistung	:	32	t/h
Dampfdruck	:	45	bar
Heißdampf Temperatur	:	440	°C
Brennstoff	:		Holz hackschnitzel
Inbetriebnahmejahr	:		2012

**AVR-Afvalverwerking N. V., Niederlande**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	72	MW
Dampfleistung	:	82	t/h
Genehmigungsdruck	:	79	bar
Heißdampf Temperatur	:	465	°C
Elektrische Leistung	:	22	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A4
Inbetriebnahmejahr	:		2008

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 3 von 10

17.06.2014

**BEC Twence B. V., Hengelo, Niederlande**

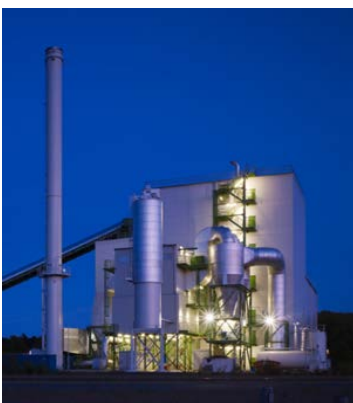
\*)



Feuerungswärmeleistung	:	73	MW
Dampfleistung	:	80	t/h
Genehmigungsdruck	:	79	bar
Heißdampf Temperatur	:	465	°C
Elektrische Leistung	:	20,3	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A4
Inbetriebnahmejahr	:		2007

**HOKAWE Eberswalde, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	68	MW
Dampfleistung	:	68	t/h
Genehmigungsdruck	:	92	bar
Heißdampf Temperatur	:	482	°C
Elektrische Leistung	:	20	MW
Brennstoff	:		Biomasse (Frischholz)
Inbetriebnahmejahr	:		2006

**Fritz Egger GmbH & Co., Unterradlberg, Österreich (II)**

Feuerungswärmeleistung	:	40	MW
Dampfleistung	:	45	t/h
Genehmigungsdruck	:	76	bar
Heißdampf Temperatur	:	452	°C
Elektrische Leistung	:	10	MW
Brennstoff	:		Biomasse
Inbetriebnahmejahr	:		2006

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 4 von 10

17.06.2014

**Egger Holzwerkstoffe WISMAR GmbH & Co. KG, Wismar, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	40	MW
Dampfleistung	:	45	t/h
Genehmigungsdruck	:	76	bar
Heißdampftemperatur	:	452	°C
Elektrische Leistung	:	6,5	MW
Brennstoff	:		Biomasse
Inbetriebnahmejahr	:		2006

**BMK Biomassekraftwerk Lünen GmbH, Lünen, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	67	MW
Dampfleistung	:	80	t/h
Genehmigungsdruck	:	79	bar
Heißdampftemperatur	:	462	°C
Elektrische Leistung	:	20	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A4
Inbetriebnahmejahr	:		2006

**Mark-E Aktiengesellschaft für BVA Hagen Kabel, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	2 x 43	MW
Dampfleistung	:	2 x 45	t/h
Genehmigungsdruck	:	72	bar
Heißdampftemperatur	:	452	°C
Elektrische Leistung	:	20	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A4
Inbetriebnahmejahr	:		2005

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 5 von 10

17.06.2014

**Fernwärme Ulm GmbH für FUG Ulm, Deutschland**

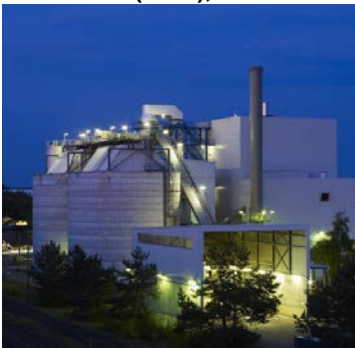
\*)



Feuerungswärmeleistung	:	57,2	MW
Dampfleistung	:	64	t/h
Genehmigungsdruck	:	79	bar
Heißdampftemperatur	:	452	°C
Elektrische Leistung	:	8,6	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A4
Inbetriebnahmejahr	:		2004

**Advice2Bau Bau Controlling & Management GmbH,  
Düsseldorf (KITG), für Elsterwerda, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	44	MW
Dampfleistung	:	50	t/h
Genehmigungsdruck	:	76	bar
Heißdampftemperatur	:	452	°C
Elektrische Leistung	:	12	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A2
Inbetriebnahmejahr	:		2004

**Plambeck Neue Energien AG, Silbitz, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	25,8	MW
Dampfleistung	:	28	t/h
Genehmigungsdruck	:	59	bar
Heißdampftemperatur	:	425	°C
Elektrische Leistung	:	5,6	MW
Brennstoff	:		Altholz A1-A2
Inbetriebnahmejahr	:		2003



"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 6 von 10

17.06.2014

**Carlo Gavazzi, Italien, für Bando d'Argenta (Norditalien)**

Feuerungswärmeleistung	:	2 x 43,6	MW
Dampfleistung	:	2 x 46	t/h
Genehmigungsdruck	:	85	bar
Heißdampf Temperatur	:	493	°C
Elektrische Leistung	:	2 x 11	MW
Brennstoff	:		Holz
Inbetriebnahmejahr	:		2002

**Carlo Gavazzi, Italien, für Crotone (Süditalien)**

Feuerungswärmeleistung	:	43,6	MW
Dampfleistung	:	46	t/h
Genehmigungsdruck	:	85	bar
Heißdampf Temperatur	:	493	°C
Elektrische Leistung	:	11	MW
Brennstoff	:		Holz
Inbetriebnahmejahr	:		2002

**Unilin, Bazeilles, Frankreich**

Feuerungswärmeleistung	:	62	MW
Dampfleistung Sattedampf	:	26	t/h
Genehmigungsdruck	:	16	bar
Dampf Temperatur	:	200	°C
Heißgas zum Trockner	:	28	MW <sub>th</sub>
Thermo-Öl Erhitzer	:	12	MW <sub>th</sub>
Dampferzeuger	:	17,7	MW <sub>th</sub>
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Fasern, Rinde, Holz	
Inbetriebnahmejahr	:		2002

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 7 von 10

17.06.2014

**Kunz Holding GmbH & Co., Baruth, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	2 x 40	MW
Dampfleistung Kessel 1 + 2 je	:	46	t/h
Genehmigungsdruck, je	:	108	bar
Heißdampf Temperatur, je	:	450	°C
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Altholz A1-A4	
Feuerungswärmeleistung	:	30	MW
Dampfleistung Kessel 3	:	34	t/h
Genehmigungsdruck	:	108	bar
Heißdampf Temperatur	:	480	°C
Brennstoff	:	Schleifstaub	
Inbetriebnahmejahr	:	2002	

**Oleicola El Tejar für Baena, Spanien**

Feuerungswärmeleistung	:	105	MW
Dampfleistung	:	110	t/h
Genehmigungsdruck	:	78	bar
Heißdampf Temperatur	:	455	°C
Elektrische Leistung	:	25	MW
Brennstoff	:	Olivenrückstände	
Inbetriebnahmejahr	:	2002	

**Glunz, Nettgau Span, Deutschland**

Heißgaserzeuger	:		
Feuerungswärmeleistung	:	43	MW
Heißgastemperatur zum Trockner	:	820	°C
Brennstoff	:	Schleifstaub, Rinden und Restholz	
Inbetriebnahmejahr	:	2001	

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 8 von 10

17.06.2014

**Glunz, Nettgau OSB, Deutschland**

Heißgaserzeuger	:		
Feuerungswärmeleistung	:	62	MW
Heißgastemperatur zum Trockner	:	820	°C
Brennstoff	:	Schleifstaub, Rinden und Restholz	
Inbetriebnahmejahr	:	2001	

**Fritz Egger GmbH & Co., Unterradlberg, Österreich**

Feuerungswärmeleistung	:	40	MW
Dampfleistung	:	56,3	t/h
Genehmigungsdruck	:	106	bar
Sattdampf Temperatur	:	317	°C
Elektrische Leistung	:	-	MW
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Rinden und Altholz A1 – A2	
Inbetriebnahmejahr	:	2000	

**Fritz Egger GmbH & Co., Wismar, Deutschland**

Feuerungswärmeleistung	:	40	MW
Dampfleistung	:	56,3	t/h
Genehmigungsdruck	:	106	bar
Sattdampf Temperatur	:	317	°C
Elektrische Leistung	:	-	MW
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Restholz	
Inbetriebnahmejahr	:	1999	

"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 9 von 10

17.06.2014

**Kumpuniemen Voima Oy, Finnland**

Feuerungswärmeleistung	:	29,5	MW
Dampfleistung	:	33	t/h
Genehmigungsdruck	:	56	bar
Heißdampf Temperatur	:	483	°C
Elektrische Leistung	:	-	MW
Brennstoff	:	Schleifstaub, Rinden, Restholz aus Produktion	
Inbetriebnahmejahr	:	1999	

**Caberboard, Cowie, Schottland**

Feuerungswärmeleistung	:	21	MW
Dampfleistung	:	27,5	t/h
Genehmigungsdruck	:	22	bar
Sattdampf Temperatur	:	210	°C
Elektrische Leistung	:	-	MW
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Holzspäne	
Inbetriebnahmejahr	:	1998	

**Klausner Nordic Timber, Wismar, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	32	MW
Dampfleistung	:	36	t/h
Genehmigungsdruck	:	58	bar
Heißdampf Temperatur	:	450	°C
Elektrische Leistung	:	5	MW
Brennstoff	:	Rinden, Holzackschnitzel, Altholz	
Inbetriebnahmejahr	:	1998	



"Biomassekessel"

Auszug aus der Referenzliste der Standardkessel GmbH

Seite 10 von 10

17.06.2014

**V.I.A. Heizkraftwerke GmbH & Co.,  
Infrastrukturfonds No. 3, Kirchmöser, Deutschland**

\*)



Feuerungswärmeleistung	:	42	MW
Dampfleistung	:	45	t/h
Genehmigungsdruck	:	62	bar
Heißdampf Temperatur	:	450	°C
Elektrische Leistung	:	5	MW
Brennstoff	:	Altholz A1 - A2 und Erdgas, Leichtöl	
Inbetriebnahmejahr	:	1997	

**Rauch Markt Bibart, Deutschland**


Heißgaserzeuger	:		
Feuerungswärmeleistung	:	35	MW
Heißgastemperatur vor Thermalölkessel	:	950-1050	°C
Brennstoff	:	Schleifstaub, Granulate, Holzabfälle	
Inbetriebnahmejahr	:	1996	

BIOMASSE

ENTSORGUNGSSTOFFE

ABHITZE

PRIMÄRBRENNSTOFFE



*ideas full of energy!*

**Standardkessel  
Baumgarte**

## BIOMASSEKRAFTWERK II CROTONE ITALIEN



## BIOMASSEKRAFTWERK II CROTONE, ITALIEN



<b>Brennstoff</b>	Frischholz
<b>Heizwert (min./nom./max.)</b>	7,1 / 8,5 / 11,3 MJ/kg
<b>Brennstoff-Durchsatz (min./nom./max.) je Linie</b>	11,9 / 19,9 / 21,9 t/h
<b>Feuerungswärmeleistung</b>	2 x 48 MW
<b>Elektrische Leistung</b>	31,5 MW
<b>Dampfleistung je Linie</b>	56,5 t/h
<b>Dampf Temperatur</b>	522 °C
<b>Genehmigungsdruck</b>	107 bar
<b>Speisewassertemperatur</b>	130 – 180 °C
<b>Rauchgasvolumenstrom</b>	87.400 m³/h i.N.
<b>Abgastemperatur</b>	126 °C
<b>Betriebsgenehmigung</b>	17. BlmSchV
<b>Inbetriebnahmejahr</b>	2012

### DIE AUFGABE

Die Biomasseltalia Crotone plante die Biomasseanlage am Standort Crotone umzubauen. Die beiden vorhandenen Biomassekessel sollten ersetzt werden und in die am Standort bestehende Kraftwerks-Infrastruktur zu integrieren. Aufgrund der hervorragenden Erfahrungen bereits während des Neubaus 2001 am Standort Crotone und des Neubaus 2002 am Standort Bando D'Argenta wurde Standardkessel auch dieses Mal mit dem Umbau des Biomassekraftwerks beauftragt. Standardkessel hatte die Aufgabe zum einen die strengen gesetzlich vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte in Italien einzuhalten und zum anderen mit den sehr hohen Dampfparametern einen sehr hohen Anlagen-Wirkungsgrad zu erzielen.

### DIE LÖSUNG

Für den Umbau wählte Standardkessel das bewährte Feuerungs- und Kesselkonzept. Der SKG-Lieferanteil umfasst das so genannte „Boiler Island“, die anderen Anlagenkomponenten wie Bauteil, Turbine, Rauchgasreinigung etc. wurden von Carlo Gavazzi Impianti direkt bei den entsprechenden Lieferanten geordert.

Zur Anwendung kamen ein Mehrzonen-Vorschubrost mit Stößelaufgabe und ein 4-Zug-Vertikal-Kessel mit Naturumlauf, die sich bereits in einer Vielzahl von Biomasse-Anlagen bestens bewährt hatten.

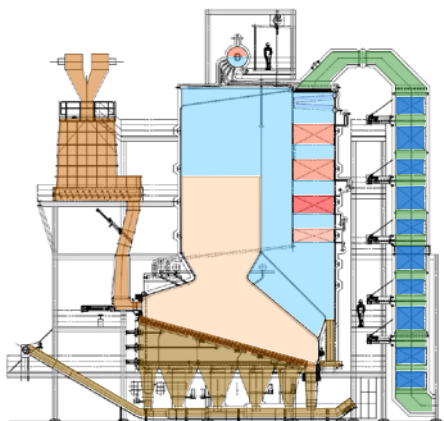
### LIEFERUMFANG

Boiler Island bestehend aus

- Brennstoff Vorlagebehälter
- Rostfeuerung
- Verbrennungsluftversorgung
- Dampferzeuger
- Stahlbau, Treppen, Bühnen
- E-/MSR-Ausrüstung
- Nebenanlagen

### LEISTUNGEN

- Engineering
- Montage und Inbetriebnahme
- Probetrieb







## BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK II, ULM DEUTSCHLAND





## BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK II, ULM, DEUTSCHLAND



<b>Brennstoff</b>	Frischholz, Rinde, Altholz A1 und A2
<b>Heizwert (min./nom./max.)</b>	7,0 / 12,0 / 15,5 MJ/kg
<b>Brennstoff-Durchsatz (min./nom./max.)</b>	5,8 / 7,5 / 12,8 t/h
<b>Feuerungswärmeleistung</b>	25 MW
<b>Elektrische Leistung</b>	5 MW
<b>Dampfturbinen Eintritts-Druck</b>	79 bar
<b>Dampfleistung</b>	28 t/h
<b>Dampftemperatur</b>	480 °C
<b>Genehmigungsdruck</b>	87 bar
<b>Speisewassertemperatur</b>	105 °C
<b>Rauchgasvolumenstrom, max. (ohne Rezi)</b>	48.000 m³/h i.N.
<b>Abgastemperatur</b>	155 °C
<b>Betriebsgenehmigung</b>	13. BlmSchV
<b>Inbetriebnahmejahr</b>	2012

### DIE AUFGABE

Nach dem Entschluss der FUG Fernwärme Ulm GmbH am Standort in Ulm 2012 die beiden kohlebefeuchten Dampferzeuger stillzulegen, wurde zur langfristigen Sicherstellung der Fernwärmeversorgung die Errichtung eines neuen Heizkraftwerkes erforderlich. Die Standardkessel GmbH in Duisburg erhielt im Rahmen dieser Modernisierung auf umweltfreundlicher Biomasse-Technik auf Basis des EEGs den Auftrag zur Errichtung der Biomasse-Kesselanlage inklusive Rostfeuerung und Rauchgasreinigungsanlage. Bereits 2004 lieferte Standardkessel die erste Biomasse-Kraftwerksanlage für den Standort Ulm. Die Kesselanlage soll aus fester Biomasse stündlich 27,5 Tonnen heißen Dampf mit 480°C bei 79 bar erzeugen und damit eine Turbine zur Stromerzeugung antreiben. Je nach Bedarf soll auch Dampf für das Fernwärmenetz entnommen werden.

### DIE LÖSUNG

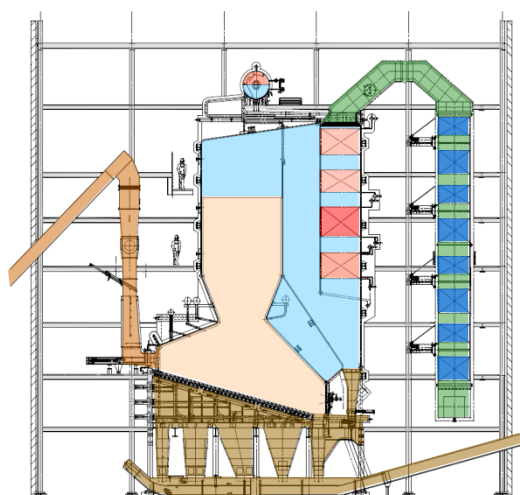
Zur Realisierung der Aufgabenstellung lieferte Standardkessel eine vorschubrostgefeuerte Biomasse-Anlage mit Naturumlauf-Dampferzeuger und einer nachgeschalteten Rauchgas-Reinigungs-Anlage. Die Biomasse wird im Brennstoff-Lager vorgemischt und über die Brennstoff-Fördereinrichtung den Aufgabeschächten der Biomasseanlage zugeführt. Das bewährte Feuerungs- und Kesselkonzept ist speziell für die Verbrennung von Biomasse ausgelegt. Der großzügig dimensionierte Feuerraum mit nachfolgendem Strahlungszug stellt einen hervorragenden Ausbrand der Rauchgase sicher. Die Rostfeuerung wird über separate Primärluft-/Sekundärluftsysteme mit Verbrennungsluft versorgt. Der Dampferzeuger entnimmt dem Rauchgas die Verbrennungswärme und produziert Heißdampf der die nachgeschaltete Dampfturbine versorgt. Zusätzlich wird dem System noch Wärme für das Fernwärmenetz entnommen.

### LIEFERUMFANG

- Feuerung
- Kessel
- Rauchgasreinigung
- DeNO<sub>x</sub>-Anlage
- Saugzuganlage inkl. Schornstein
- Emissionsmeßanlage
- Nebenanlagen

### LEISTUNGEN

- Engineering inkl. Genehmigungs- Engineering
- Montage und Inbetriebnahme
- Probetrieb



BIOMASSE

ABHITZE

PRIMÄRBRENNSTOFFE

INDUSTRIERESTSTOFFE



*ideas full of energy!*

**Standardkessel  
Baumgarte**

**BIOMASSEKRAFTWERK  
BEC TWENCE  
NIEDERLANDE**





## BIOMASSEKRAFTWERK – BEC TWENCE NIEDERLANDE



<b>Brennstoff</b>	Abfallholz, Restholz
<b>Heizwert (min./max./nom.)</b>	10 / 16 / 13,4 MJ/kg
<b>Brennstoff-Durchsatz (min./max./nom.)</b>	10,3 / 22,5 / 19,0 t/h
<b>Feuerungswärmeleistung</b>	73 MW
<b>Elektrische Leistung</b>	20 MW
<b>Dampfleistung max.</b>	80 t/h
<b>Dampftemperatur</b>	462 °C
<b>Dampfdruck</b>	68 bar (ü)
<b>Genehmigungsdruck</b>	79 bar (ü)
<b>Speisewassertemperatur</b>	130 °C
<b>Rauchgasvolumenstrom</b>	111500 m <sup>3</sup> /h i.N.
<b>Abgastemperatur</b>	160 / 185 °C
<b>Betriebsgenehmigung</b>	BVA
<b>Inbetriebnahmejahr</b>	2008

### DIE AUFGABE

Auf der Grundlage des niederländischen Gesetzes zu Förderung der „Erneuerbaren Energien“ (MEP), plante das Unternehmen Twence den Bau einer Biomasse-Energie-Zentrale am Standort der Abfallverwertungsanlage in Hengelo. Der aus den Abfallströmen gewonnene Anteil an Abfallholz sollte im neuen Biomassekraftwerk umweltfreundlich und effizient in Strom umgewandelt und in das öffentliche Netz eingespeist werden.

Der Auftrag zur Errichtung der Biomasse-Kraftwerksanlage wurde im Oktober 2005 an Standardkessel erteilt.

### DIE LÖSUNG

Die aus den Abfallströmen gewonnenen Holzabfälle werden angeliefert und in einer Halle gelagert. Eine mehrstufige Transporteinrichtung befördert den Brennstoff zum Kessel. Dabei werden gleichzeitig Metalle und Übergrößen abgeschieden.

Der thermische Teil der Anlage besteht aus einem mehrbahnigen Vorschubrost, einem 4-Zug-Vertikalkessel mit natürlichem Wasserumlauf und einer anschließenden Rauchgasreinigungsanlage. Die RGR arbeitet nach dem Prinzip der Trockensorption und beinhaltet zusätzlich noch eine SCR-Anlage zur Reduzierung der Stickoxyde.

Der im Kessel erzeugte Heißdampf strömt zur Turbine/Generator-Einheit und produziert elektrischen Strom, der in das öffentliche Netz eingespeist wird.

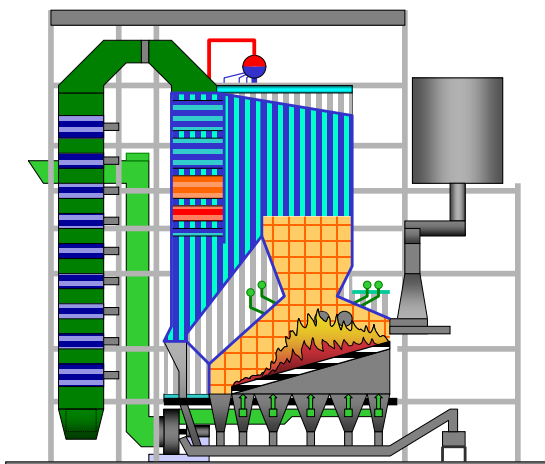
### LIEFERUMFANG

Biomasse-Kraftwerk bestehend aus:

- Bauteil
- Brennstoff-Transport-System
- Rostfeuerung
- Dampferzeuger
- Rauchgasreinigungsanlage
- Wasser-/Dampf-Kreislauf
- E.-/MSR-Ausrüstung
- Nebenanlagen

### LEISTUNGEN

- Engineering inkl. Genehmigungs- und Behörden-Engineering
- Montage und Inbetriebnahme
- Probetrieb



Prinzipbild Kesselanlage