

Thermische Reststoffverwertung in der Wirbelschicht am Beispiel Neumünster

Helmut Anderl, Elmar Offenbacher

Austrian Energy & Environment AG ; A-8074 Raaba/Graz

Thermal utilisation of refuse derived fuel in the circulating fluidised bed: Example Neumünster

Abstrakt

In Hinblick auf das Inkrafttreten der Deponieverordnung (TASi) am 01.06.2005 erhielt Austrian Energy & Environment AG von den Stadtwerken Neumünster (SWN) im Juni 2003 den Auftrag zur Errichtung einer Kesselanlage mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung für die thermischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen mit einer Nettowärmeleistung von 75 MWth. Pro Jahr sollen etwa 150.000 Tonnen Reststoffe (EBS) aus der Mechanisch-Biologischen-Aufbereitungsanlage mit einem Heizwertband von 10 bis 20 MJ/kg verbrannt werden. Darüber hinaus ist es auch möglich, Schlämme mitzuverbrennen sowie die Anlage zu 100 % mit Steinkohle, Erdgas oder Öl zu betreiben. Das Kesselkonzept wurde für die speziellen Anforderungen bei der Verbrennung von Reststoffen entwickelt und basiert im Wesentlichen auf jenem der Referenzanlage RV Lenzing (Österreich), die als weltweit größte Wirbelschichtanlage zur Verfeuerung von Abfallstoffen gilt und mit über 45.000 Betriebsstunden die am längsten in Betrieb befindliche derartige Anlage ist.

Abstract

With respect to the commencement of the regulations for landfill (TASi) in June 2005, the municipality of Neumünster (SWN) awarded Austrian Energy & Environment AG the contract for a circulating fluidised bed boiler capable of generating 75 MWth (net) from around 150.000 tons per year of refuse derived fuels arising from a mechanical-biological separation plant with a LHV from 10 to 20 MJ/kg. In addition, it is also possible to cofire sludges as well as to operate the boiler with 100% bituminous coal, natural gas and fuel oil. The design concept of this new CFB boiler was developed for the special demands firing waste fuels and is mainly based on the RV Lenzing plant (Austria) which is the world's largest CFB boiler for burning waste fuels holding a world record on operating hours (more than 45.000) for such applications.

1 Einleitung

In vielen europäischen Staaten sind bzw. werden bald neue Deponiebestimmungen wirksam, nach denen zu deponierende Materialien verschärfte Kriterien erfüllen müssen, etwa hinsichtlich eines maximalen Heizwerts bzw. eines maximalen Restkohlenstoffgehalts. Die meisten kommunalen und industriellen Abfallstoffe erfüllen diese Bedingungen im Anlieferungszustand nach der Sammlung in der Regel jedoch nicht und müssen daher einer geeigneten Behandlung unterzogen werden. Die Verarbeitung in einer mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlage trennt den aufgegebenen Abfall in einen (weitgehend) inerten und damit deponierbaren Anteil, zum anderen in eine heizwertreiche Fraktion, die noch "nachbehandelt" werden muss, bevor sie endgültig deponiert werden darf.

Die thermische Behandlung wandelt die in den Abfallstoffen enthaltenen brennbaren Anteile auf chemischem Wege (idealerweise) in Kohlendioxid und Wasser um. Die verbleibenden Rückstände weisen nur noch gering(st)e Mengen an Restkohlenstoff auf und erfüllen somit die erforderlichen Kriterien für eine Deponierung, zusätzlich wird das benötigte Deponievolumen deutlich vermindert. Ein weiterer, wesentlicher Vorteil ist die Verwertung des im Abfall enthaltenen Heizwertes für die Produktion von Prozessenergie, wodurch eine entsprechende Menge an konventionellen Brennstoffen wie etwa Kohle, Öl und Gas durch Abfallstoffe ersetzt werden kann.

Hat man sich für die thermische Verwertung als „Nachbehandlung“ entschieden, gilt es die Umweltbelastung durch den Betrieb von Reststoffverbrennungen zu minimieren. Von der jeweiligen Verbrennungstechnologie wird üblicherweise vor allem eine Maximierung des gasseitigen Ausbrandes und damit niedrigste CO und Corg Emissionen gefordert (die Minimierung der anderen Luftschadstoffe [SO₂, NO_x, HCl, Schwermetalle, etc.] ist Aufgabe von nachgeschalteten Rauchgasreinigungsanlagen). Die entsprechenden Regelwerke, etwa die 17.BImSchV fordern nun nicht nur die Einhaltung von sehr niedrigen Emissionen für CO und Corg, sondern nehmen auch Einfluss auf konstruktive Ausführungen durch Auflagen wie der Einhaltung einer Verweilzeit von mindestens 2 Sekunden bei mindestens 850°C nach der letzten Luftzuführung. Damit soll die Einhaltung eines Tagesmittelwertes von 50 mg/Nm³ CO und 10 mg/Nm³ Corg gesichert werden. Ähnliche Bestimmungen finden sich in der EU-Richtlinie 2000/76/EG wieder, die mittlerweile in unterschiedlichen Ausprägungen innerhalb der EU-Staaten weitgehend umgesetzt wurde.

Wirbelschichtsysteme sind ideal geeignet für die Verwertung von aufbereiteten Abfallstoffen, sogenannten Ersatzbrennstoffen, wie sie in mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlagen hergestellt werden. Unterschiedliche Heizwerte je nach Aufbereitungsverfahren und Herkunft der Ausgangsstoffe spielen dabei keine Rolle. Zudem lassen sich

in Wirbelschichtsystemen auch problemlos Materialien mit extrem niedrigen Heizwerten, etwa ungetrocknete Schlämme, als Zusatzbrennstoffe einsetzen. Durch die Möglichkeit des Einsatzes von konventionellen Brennstoffen (Kohle, Öl, Gas) kann auch im Fall von Störungen bei der Ersatzbrennstoffversorgung eine kontinuierliche Erzeugung von Wärme und Strom sichergestellt werden.

Aus den oben genannten Randbedingungen leiten sich daher folgende Anforderungen an das jeweilige Kesselkonzept ab:

- Die gesicherte Erfüllung der 850 °C / 2 s Verweilzeitforderung der 17.BimSchV bzw. der EU 2000/76/EG im gesamten Brennstoff- und Lastband macht sehr unterschiedliche Wärmeauskopplungen im Primärkreislauf notwendig.
- Die gesicherte Einhaltung der vorne genannten CO und Corg Emissionen bedingen neben optimaler Feuerungsbedingungen (Temperatur, Verweilzeit, Mindest-O₂, Brennstoffverteilung) auch einen möglichst gleichmäßigen Brennstoffeintrag im gesamten Lastbereich.
- Ein gesicherter Austrag von Grobteilen und Störstoffen aus der Wirbelschicht ist zu gewährleisten, um Fluidisierungsstörungen zu vermeiden. Zusätzlich ist eine Separation von Metallteilen, insbesondere Drähten vor der Absiebung des Rezirkulationsmaterials notwendig, damit ein weitgehend störungsfreier Betrieb des Siebes möglich ist. Gleichzeitig wird damit ein Wertstoff generiert .
- Um den Anlagenwirkungsgrad zu erhöhen sind das Erzielen höherer als bei konventionellen Müllverbrennungsanlagen üblichen Dampfparametern (40 bar, 400 °C) anzustreben, was durch Entfernung der Endüberhitzerheizflächen aus dem unmittelbaren Rauchgasstrom zur Vermeidung bzw. Verminderung von Korrosionsangriffen (chlorinduzierte Korrosion) erfolgt.
- Letztlich sind Abhitzeesselkonzepte einzusetzen, die auf das hohe Verschmutzungspotential dieser Brennstoffe Bedacht nehmen (Metallchloride, die zuerst in flüssiger oder gasförmiger Form vorliegen, bleiben im Abkühlprozess an den Heizflächen kleben oder kondensieren dort).

2 Thermische Reststoffverwertungsanlage Neumünster

2.1 Technische Daten

Folgende Parameter werden von der Wirbelschichtanlage erfüllt:

Parameter	Einheit	Wert
Wärmeleistung (Netto)	MWth	75
Frischdampfmenge (100%)	t/h	97
Frischdampftemperatur	°C	470
Frischdampfdruck	bar	66
Speisewassertemperatur	°C	135
Regelbereich	%	65 - 110
Minimallast	%	40
Brennstoffmenge (RDF)	t/h	15 – 30

Der Kessel ist für 10% Überlast (zwei Stunden pro 24 Stunden) ausgelegt. Die maximale Dampfmenge wird ohne Einschränkungen über das gesamte Heizwertband der Festbrennstoffe (10 - 30 MJ/kg) sowie über den gesamten Regel- und Lastbereich erreicht. Der Kessel erfüllt alle Anforderungen der 17. BImSchV (EU 2000/76), speziell hinsichtlich Verweilzeit und Emissionen.

2.2 Hauptbrennstoff

Hauptbrennstoff ist RDF - Reststoffe aus der Aufbereitung von Abfällen aus Haushalt und Gewerbe, die stofflich nicht sinnvoll verwertbar sind, sowie die Überlauffraktion der mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlage - mit einem Heizwert (Hu) von 10 bis 20 MJ/kg. Die untenstehende Tabelle zeigt die typische Zusammensetzung des Designbrennstoffs sowie des Brennstoffbands für RDF:

Parameter	Einheit	Design	Bereich
Feuchte	% Gew	17,00	7,00 – 38,00
Kohlenstoff	% Gew	35,80	25,20 – 47,00
Wasserstoff	% Gew	5,10	3,60 – 6,50
Stickstoff	% Gew	0,80	< 1,00
Schwefel	% Gew	0,30	< 0,70
Chlor	% Gew	0,70	< 0,90
Sauerstoff	% Gew	22,10	15,50 – 28,00
Asche	% Gew	18,20	10,00 - 24,00
Heizwert (Hu)	kJ/kg	14.500	10.000 – 20.000
Schüttdichte	kg/m ³	150	100 – 350

2.3 Anfahr- und Stützbrennstoffe

Neben den genannten Ersatzbrennstoffen kann die Anlage auch mit Erdgas, Heizöl leicht sowie mit Steinkohle ($H_u = 28 - 30 \text{ MJ/kg}$) betrieben werden und damit jeweils auch die volle Kessellast erreicht werden. Diese Brennstoffe kommen planmäßig nur während des An- und Abfahrbetriebes sowie als Hilfsbrennstoff zur Überbrückung von Versorgungs- oder Förderproblemen bei den Abfallbrennstoffen zum Einsatz.



Abbildung 1 Kraftwerksstandort Neumünster mit der neuen Reststoffverwertungsanlage

3 Technische Beschreibung des Wirbelschichtkessels

3.1 Brennkammer - Zyklon

Die Brennkammer ist als runder, im unteren Teil konisch eingezogener Zylinder ausgeführt. Durch Einblasung der Verbrennungsluft von unten bildet das in der Brennkammer enthaltene Bettmaterial (vorwiegend Quarzsand) eine Wirbelschicht aus. Durch die typische intensive Durchmischung des Bettmaterials verteilen sich die eingebrachten Brennstoffe im gesamten Wirbelbett und verbrennen infolge der starken Wärmeausauschweffekte mit dem Inertmaterial bei relativ niedrigen Temperaturen von $870 - 880^\circ\text{C}$. Das bei der zirkulierenden Wirbelschicht stark expandierte Bett und die damit verbundene intensive interne Zirkulation des Bettmaterials in der Brennkammer selbst sorgen

auch bei den leichten Brennstoffanteilen für ausreichende Verweilzeiten und damit für einen hervorragenden Ausbrand in der Brennkammer.

Die Zufuhr der Verbrennungsluft erfolgt gestuft im unteren Bereich der Brennkammer; knapp die Hälfte der Luftmenge wird als Primärluft über den Düsenboden eingebracht, der Rest über Sekundär- und Tertiärluftebenen. Dabei ist eine großzügige Vertrimmung der Luftmengen möglich, um die Verbrennungsführung an die jeweiligen Brennstoffeigenschaften anpassen zu können. Zusammen mit der niedrigen Betriebstemperatur der Wirbelschicht von 870 - 880°C lässt sich die Bildung von thermischem NO_x wirksam verhindern. Zusätzlich ist die Aufgabe von Rezzgas in die Brennkammer möglich, um die unterschiedlichen Rauchgasmengen der verschiedenen Brennstoffe auszugleichen sowie den Betrieb bei Teillasten zu erleichtern.

Brennkammer und Zyklon, der das aus dem Feuerraum ausgetragene Bettmaterial vom Rauchgas abscheidet, sind als adiabates System vollkommen ausgemauert, ebenso die Nachbrennkammer, die für einen verbesserten Ausbrand sorgt. Auf Heizflächen in diesen Bereichen wurde aus Korrosionsgründen sowie aus Gründen einer möglichst ungestörten Verbrennungsführung verzichtet. Die Regelung des Wärmehaushaltes im Feuerraum erfolgt über einen externen Bettmaterialkühler, der das zirkulierende Bettmaterial aus dem Siphon „abzweigt“ und über Heizflächen des Wasser-/Dampfkreislaufes leitet und abkühlt, bevor es wieder in die Brennkammer zurückgeführt wird. Die Regelung dieses Teilstromes erfolgt über ein wassergekühltes Nadelventil.

3.2 Bettmaterialkühler

Der Bettmaterialkühler dient zur Abkühlung eines Teilstromes des über Zyklon und Siphon umlaufenden Bettmaterials der zirkulierenden Wirbelschicht. Die entzogene Wärmemenge geht in Überhitzer- und Verdampferheizflächen auf den Wasser-/Dampfkreislauf über. Durch Regelung der Sandmenge lässt sich die Temperatur in der Brennkammer beeinflussen.

Der Bettmaterialkühler besteht aus mehreren, vollständig ausgemauerten Kammern, die durch Wehre voneinander getrennt sind und nach dem Prinzip einer stationären Wirbelschicht fluidisiert werden. Das aus dem Siphon kommende heiße Umlaufmaterial gelangt zunächst in eine Leerkammer, die keinerlei Heizflächen enthält und ausschließlich der Vergleichmäßigung des Sandstromes dient. In weiterer Folge tritt das Bettmaterial nacheinander in die beiden Kühlkammern über, die als Tauchheizflächen ausgebildete Wärmetauscher des Wasser-/Dampfkreislaufes enthalten. Über eine fluidisierte Ablaufrinne gelangt das abgekühlte Bettmaterial in die Brennkammer zurück.

Die Fluidisierung der Kammer erfolgt mit Luft, wobei für jede Kammer ein eigenes Gebläse zur Verfügung steht, um eine gegenseitige Beeinflussung der Kammern, etwa bei

Lastschwankungen und den dadurch verursachten Änderungen des Umlaufstroms, zu vermeiden. Durch die geringen Fluidisierungsgeschwindigkeiten sind übermäßige Erosionserscheinungen an den eingehängten Tauchheizflächen weitgehend auszuschließen.

3.3 Brennstoffeintrag

Die Ersatzbrennstoffe werden im Kesselhaus in zwei runden Stahlsilos mit etwa 200 m³ Nutzinhalt, gelagert, aus denen mit Hilfe von Räumarmen und Austragsschnecken drei Förderlinien beschickt werden. Herzstück jeder dieser Förderlinien ist ein Schrägbandförderer, der die Brennstoffmenge vergleichmäßig und über eine Drehzahlregelung auch dosiert. Das Aggregat besteht im Wesentlichen aus einem mit Kammblechen ausgerüsteten umlaufenden Plattenband, das aus einer kleinen Dosiervorlage im unteren Teil des Aggregates Brennstoff entnimmt und auf das nachfolgende Zellenrad abwirft. Da die Neigung des Plattenbandes in etwa dem Schüttwinkel des Fördergutes entspricht, ergeben sich eine sehr gleichmäßige Belegung und damit ein kontinuierlicher, gleichmäßiger Förderstrom im gesamten Lastbereich. Eventuell mitgeförderte Brennstoffagglomerate werden mittels einer Abstreifwalze vergleichmäßig.

Der eigentliche Eintrag in die Brennkammer erfolgt durch pneumatische Einblasung direkt in das dichte Bett der Wirbelschicht. Die Förderluft wird dem Verbrennungsluftnetz entnommen, je ein eigenes Verdrängergebläse für jede der drei Förderlinien stellt einen leichten Überdruck gegenüber der Brennkammer unter allen Umständen sicher. Die Abdichtung gegenüber dem Schrägbandförderer wird über ein Zellenrad erreicht. Ist eine Förderlinie außer Betrieb, so wird ihr Einblasestutzen als Sekundärlufteintrag genutzt. Die Steinkohle wird vom Tagessilo mittels Trogkettenförderer in den Rücklauf des Umlaufmaterials nach dem Siphon aufgegeben, wo es zu einer optimalen Verteilung des Brennstoffes im Wirbelbett kommt. Die Abdichtung gegenüber der Brennkammer übernimmt eine Zwangsräumschleuse.

3.4 Luftsystem

Etwa die Hälfte der Luftmenge wird nach der Verdichtung in einem Boostergebläse und Aufwärmung in einem Dampfluvo als Primärluft über den Düsenboden in die Brennkammer eingespeist. Der verbleibende Rest steht nach Aufheizung im Dampfluvo für Sekundär- und Brennerlüfte sowie Sperr- und Kühllüfte an den Brennstoffeinträgen zur Verfügung. Das für manche Betriebszustände (Teillast, bei hochkalorischen Brennstoffen) erforderliche Rezgas wird nach der Rauchgasreinigungsanlage abgezweigt und in einem eigenen Gebläse verdichtet. Alle Gebläse sind mit frequenzgeregelten Antriebsmotoren ausgestattet.

3.5 Bettascheabzug

Der Abzug des mit Grobasche verunreinigten Bettmaterials erfolgt über einen offenen Düsenboden, der einen problemlosen Austrag der in den Brennstoffen enthaltenen Grobteile (Drähte, Metallteile, Steine) ermöglicht. Das abgezogene Material wird in zwei parallel geschalteten Kühlschnecken abgekühlt und anschließend in Schwingsieben von den Grobteilen befreit. Der abgezogene Feinanteil kann über einen Zwischensilo wieder in die Brennkammer zudosiert werden, während das überschüssige Material über ein pneumatisches Fördersystem entsorgt wird. Die abgeseibten Grobteile werden in einem Container gesammelt; zuvor passieren sie jedoch noch einen Magnetabscheider, um die doch recht beträchtlichen Mengen an Eisenteilen (Drähte, etc.) gesondert verwerten zu können.

3.6 Strahlungszüge

Aus der Nachbrennkammer tritt das Rauchgas mit einer Temperatur von 870 - 880°C von oben in den ersten Strahlungszug ein, der als berohrter Leerzug mit Verdampfer-Flossenwände geschaltet ist. Die Abreinigung der Wände erfolgt durch zwei einander gegenüberliegende Wasserlanzenbläser. Der zweite Strahlungszug wird aufwärts durchströmt und weist zusätzliche Schottheizflächen auf, die auch als Verdampfer ausgeführt sind. Die Heizflächenabreinigung erfolgt hier mit Hilfe von Dampfbläsern. Die Strahlungszüge sind derart dimensioniert, dass am Eintritt in die Bündelheizflächen des nachfolgenden Dackelzuges die Rauchgastemperatur unterhalb von 650°C liegt. Die Begrenzung dieser Eintrittstemperatur ist aus den Erfahrungen aus dem Bau von Müllkesseln abgeleitet und für die Beherrschung der Kesselverschmutzung sowie der Korrosionserscheinungen in den Bündelheizflächen von wesentlicher Bedeutung.

3.7 Dackelzug

Der Dackelzug ist ein rauchgasseitig horizontal durchströmter Kanal, dessen Seitenwände und Deckenrohre wiederum als Verdampfer in den Naturumlauf des Kessels eingebunden sind. In diesem Dackelzug sind drei Überhitzerpakete sowie ein Verdampferpaket als hängende Bündelheizflächen mit untenliegenden Sammlern angeordnet. Alle Überhitzer sind dabei als Gleichstrommündel ausgeführt, um die thermische Beanspruchung der Heizflächenrohre so gering wie möglich zu halten. Um Probleme mit Hochtemperatur-Chlorkorrosion an den Heizflächen zu vermeiden erfolgt die Überhitzung des Dampfes in den rauchgasberührten Konvektionsheizflächen nur bis etwa 400°C, die Endüberhitzung wird im Bettmaterialkühler erbracht. Die Abreinigung aller Bündelheizflächen erfolgt durch eine mechanische Klopfanordnung sowie durch zusätzliche Dampfbläser.

3.8 Vorstaubabscheider

Zusätzlich zum Gewebefilter nach dem Ekonomiser ist vor dem Ekonomiser ein Vorstaubabscheider, bestehend aus vier parallel geschalteten Staubabscheidezyklonen, installiert. Diese Maßnahme dient dazu, den größten Teil der Flugasche schon bei Rauchgastemperaturen um 400°C abzuscheiden, noch bevor sie durch die bei niedrigeren Temperaturen einsetzende De-Novo-Synthese mit Dioxinen oder mit kondensierenden Schwermetallen kontaminiert werden kann.

3.9 Ekonomiser

Die Heizflächen im Ekonomiser stellen die letzten Wärmetauscherflächen im Rauchgasweg dar, da die Anlage aufgrund des hohen Korrosionsrisikos keinen Rauchgasluvo aufweist. Die Rauchgase treten mit etwa 420°C in den Ekonomiser ein. Die in Anbetracht der Aktivkoksdosierung im nachfolgenden Gewebefilter geforderte niedrige Rauchgasaustrittstemperatur von $160 - 170^{\circ}\text{C}$ muss durch Variation der Speisewasereintrittstemperatur geregelt werden, was über einen Trommelvorwärmer erfolgt. Die Abreinigung der Heizflächen erfolgt mit Hilfe einer Kugelregenanlage, die (geringen) Aschemenge werden über zwei Trichterspitzen abgezogen.

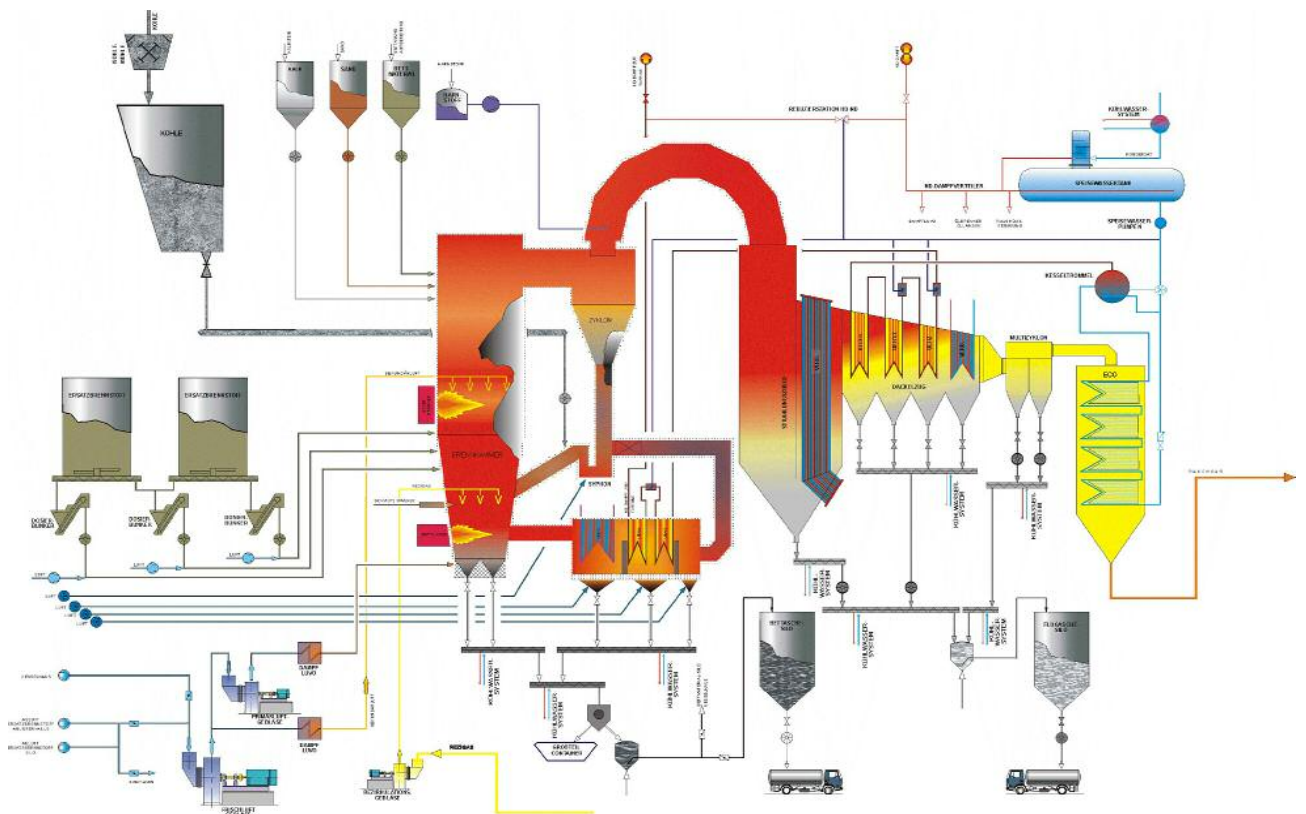


Abbildung 2 Übersicht Wirbelschichtkesselanlage Stadtwerke Neumünster