

Staubabscheidung und Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung bei Biomasseheizwerken

DI Christoph Walli, Scheuch GmbH, Aurolzmünster

Zusammenfassung

Aufgrund der verstärkten thermischen Verwertung von Biomassebrennstoffen kommt es immer mehr zum Einsatz von „waldfrischer“ Biomasse mit niedrigem Heizwert und hohem Wassergehalt.



Während der Verbrennung wird das gesamte Wasser dieser Brennstoffe im Feuerraum in Wasserdampf umgewandelt. Die Energie dafür stammt vom eigentlichen Brennmaterial – dem Holz. Mit Hilfe geeigneter Verfahren lässt sich bei entsprechenden verbraucherseitigen Voraussetzungen ein Großteil dieser Energie wieder zurückgewinnen. Wie Praxisbeispiele zeigen, können dabei Wirkungsgrade von über 100% (bezogen auf die Feuerungswärmeleistung) erreicht werden.

Anhand ausgeführter Anlagen zur Reinigung von Rauchgasen mit integrierter oder anschließender Wärmerückgewinnung werden die Vorteile derartiger Systemkombinationen bei Verwendung holzartiger Biomasse dargestellt.

Systeme zur Flugascheentstaubung

Fliehkraftabscheider

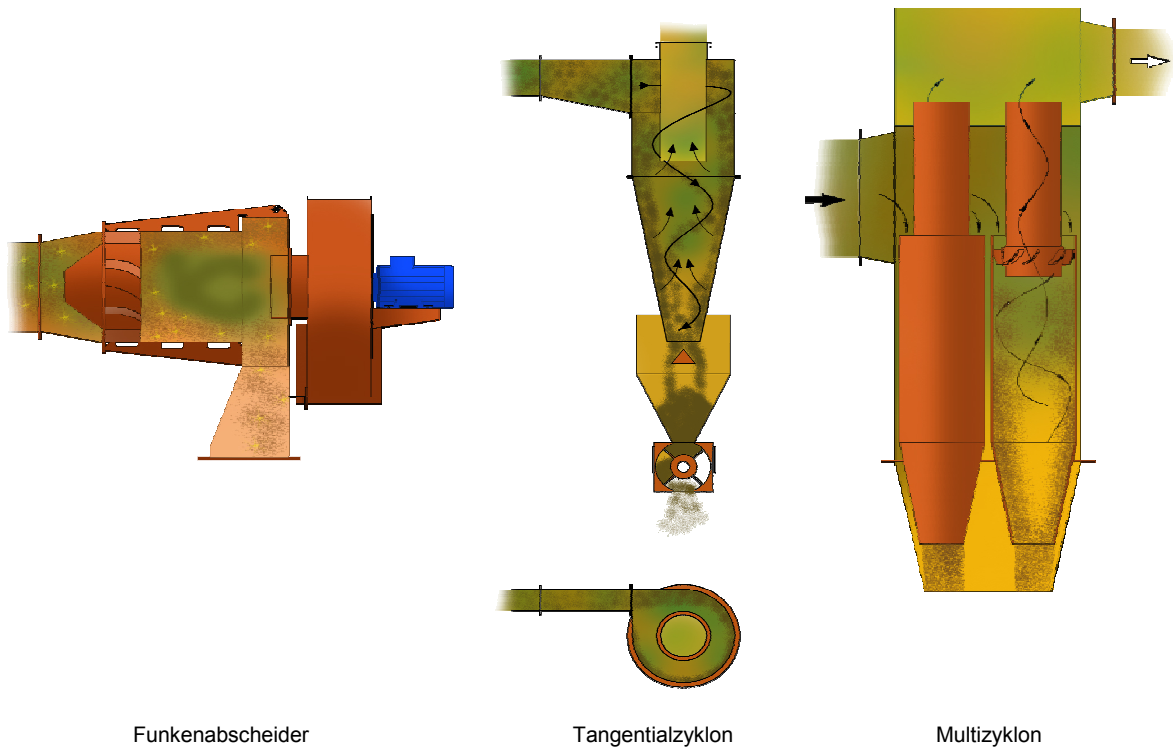
In Fliehkraftabscheidern wird das mit Partikeln beladene Gas in einen Drall versetzt, wodurch auf diese Partikel Fliehkräfte wirken, die eine Abscheidung bewirken.

Aufgrund des Abscheidemechanismus und der immer niedrigeren geforderten Reingasstaubgehalte werden Fliehkraftabscheider bei wirtschaftlicher Betriebsweise (nicht zu hohe Druckverluste) im Rauchgasreinigungsbereich heutzutage üblicherweise als Vorabscheider vor einer weiterführenden Abgasreinigung eingesetzt.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist auch der Schutz nachfolgender Komponenten vor Funkenflug, wie dieser bei unvollständigen Verbrennungszuständen auftreten kann.

Von der Bauart her kann man unterscheiden in

- Tangentialzyklone
- Axialzyklone mit vertikalem Tauchrohr (Multizyklone)
- Axialzyklone mit horizontalem Tauchrohr (Funkenabscheider)



Funkenabscheider

Tangentialzyklon

Multizyklon

(Kondensations-) Wäscher

Die Abscheidung geschieht in Wäschern bzw. Nassabscheidern dadurch, dass die Partikel mit einer Waschflüssigkeit in Kontakt gebracht werden, an diese gebunden und dann zusammen mit der Waschflüssigkeit aus dem Gasstrom abgetrennt werden. Gleichzeitig können dabei mit der Waschflüssigkeit auch lösliche gasförmige Bestandteile ausgewaschen werden.

Durch Eindüsen von Prozesswasser (Kondensat) wird das Rauchgas bis auf den Taupunkt abgekühlt und mit Kreislaufwasser gesättigt. Dabei erfolgt bereits eine erste Abscheidung der im Rauchgas enthaltenen Staubpartikel.

Liegt die Temperatur des Waschwassers bedeutend unter der Taupunkttemperatur, dann wirkt dies selbst bei niedrigen Rohgasstaubgehalten zusätzlich begünstigend auf die Staubabscheidung.

Wäscher werden im RGR-Bereich hauptsächlich als Vorabscheider in Kombination mit weitergehenden Verfahren eingesetzt.

Wäschersysteme können an wechselnde Betriebsbedingungen (Temperaturschwankungen und Taupunktunterschreitungen) bei entsprechender Wasseraufbereitung gut angepasst werden. Besteht z.B. bei Verbrennung von belasteten Hölzern Korrosionsgefahr, dann sind höherwertige Edelstähle zu verwenden.



Elektrofilter

Die Abscheidung in Elektrofiltern beruht darauf, dass auf die Partikel eine elektrische Kraft wirkt, die in weiterer Folge eine Abscheidung der Partikel an den Kollektorflächen bewirkt.

Im Einzelnen besteht der Abscheidvorgang aus folgenden Schritten:

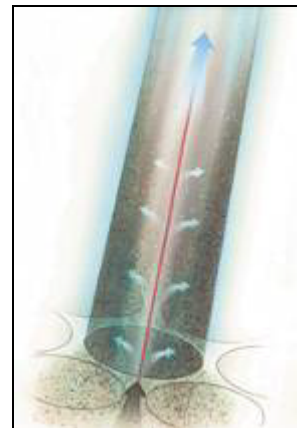
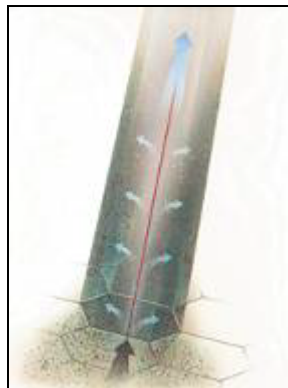
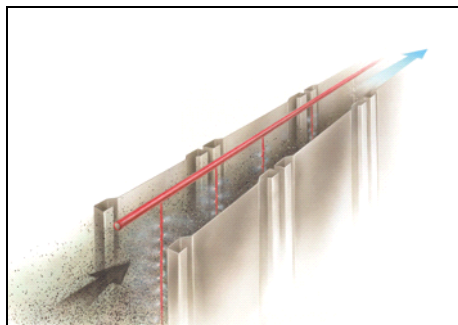
- Aufladen der Partikel
- Abscheidung der Partikel im elektrischen Feld
- Abreinigen der Niederschlagsflächen und Entfernung der Partikel aus dem elektrischen Feld

Die elektrische Kraft wird dabei durch Anlegen einer Hochspannung in der Höhe von ca. 20 bis 100 kV Gleichstrom erzeugt. Grundsätzlich kann entweder eine positive oder eine negative Hochspannung angelegt werden. Weil bei positiven Hochspannungen nur etwa halb so große Spannungen und damit schlechtere Abscheidegrade erreicht werden, haben sich bei industriellen Anwendungen negative Hochspannungen durchgesetzt.

Durch die hohe Feldstärke im Bereich der Sprühelektrode werden im Gas vorhandene Elektronen stark beschleunigt. Durch Kollision mit Gasmolekülen entsteht eine Elektronenlawine, die sich in Richtung der geerdeten Niederschlagselektrode bewegt und dabei Staubteilchen auflädt, die ebenfalls zu den NE-Platten wandern.

Ist die angelegte Spannung, bzw. Feldstärke zu groß, so kommt es zum Überschlag bzw. Durchbruch. Von der Bauart her kann man unterscheiden in

- Trockenelektrofilter
- Nasselektrofilter
- Kondensationsnasselektrofilter



Trockenelektrofilter für Kesselgrößen ab 250 kW

Gewebefilter

Die Wirkungsweise der Partikelabscheidung mit Gewebefiltern (Oberflächenfiltern) besteht darin, dass der mit Feststoffteilchen beladene Gasstrom durch ein poröses Filtermedium geleitet wird, wobei die Partikel unter dem Einfluss verschiedener Mechanismen zurückgehalten werden. Die Abscheidung erfolgt bei herkömmlichen Filtermedien zunächst, während der Anfangsphase der Filtration, im Inneren des Filtermediums.

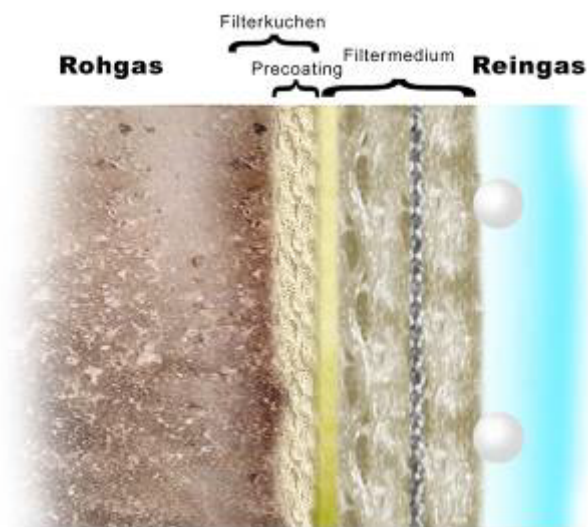
Nach der ersten Beaufschlagung mit staubhaltiger Luft verbessert sich die Abscheideleistung entscheidend, da sich die Filtration nach der Staubeinlagerung nahezu ausschließlich an die Oberfläche des Filtermediums in den dort gebildeten Filterkuchen verlagert. Um eine sehr gute Abscheideleistung über einen sehr breiten Partikelgrößenbereich zu erzielen, ist es demnach erstrebenswert, den Zustand der reinen Oberflächenfiltration möglichst schnell zu erreichen. Die Kuchenbildung wird durch hohe Partikelmassenkonzentrationen, große Partikel, hohe Adhäsions- und Kohäsionskräfte und geringe Filtrations- bzw. Durchströmungsgeschwindigkeiten gefördert.



Filtration

Eine Beaufschlagung des Filtermediums z. B. mit Kalksteinpulver (sog. „Precoating“) bringt eine schützende Filterkuchenschicht auf, noch bevor das Rauchgas mit den schädlichen Inhaltsstoffen auf das Filtergewebe gelangt. Spezielle Oberflächenbehandlungen des Filtermediums können zusätzlich das Einlagern von Partikeln drastisch reduzieren.

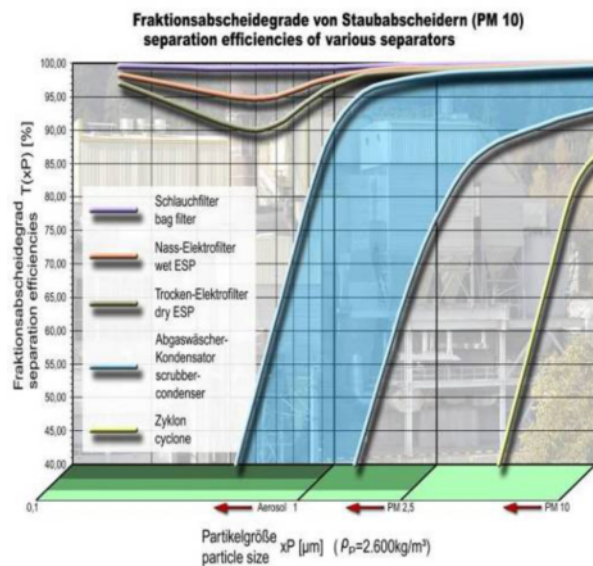
Ein „Durchstauben“ durch das Filtermedium bei der ersten Beaufschlagung mit Staub (mit oder ohne Precoating) muss aus dem Prinzip der Kuchenbildung als völlig normal betrachtet werden.



Precoating

Partikelabscheidung

Je nach eingesetztem Entstaubungsverfahren lassen sich Reingasstaubgehalte von bis zu $<2,5 \text{ mg/Nm}^3$ (Tagesmittelwert) erreichen. Bei diesen niedrigen Werten steigt der Aufwand für die zu installierende Rauchgasreinigungsanlage allerdings enorm an.



Vorteile der (nassen) Abscheidung von Flugaschen

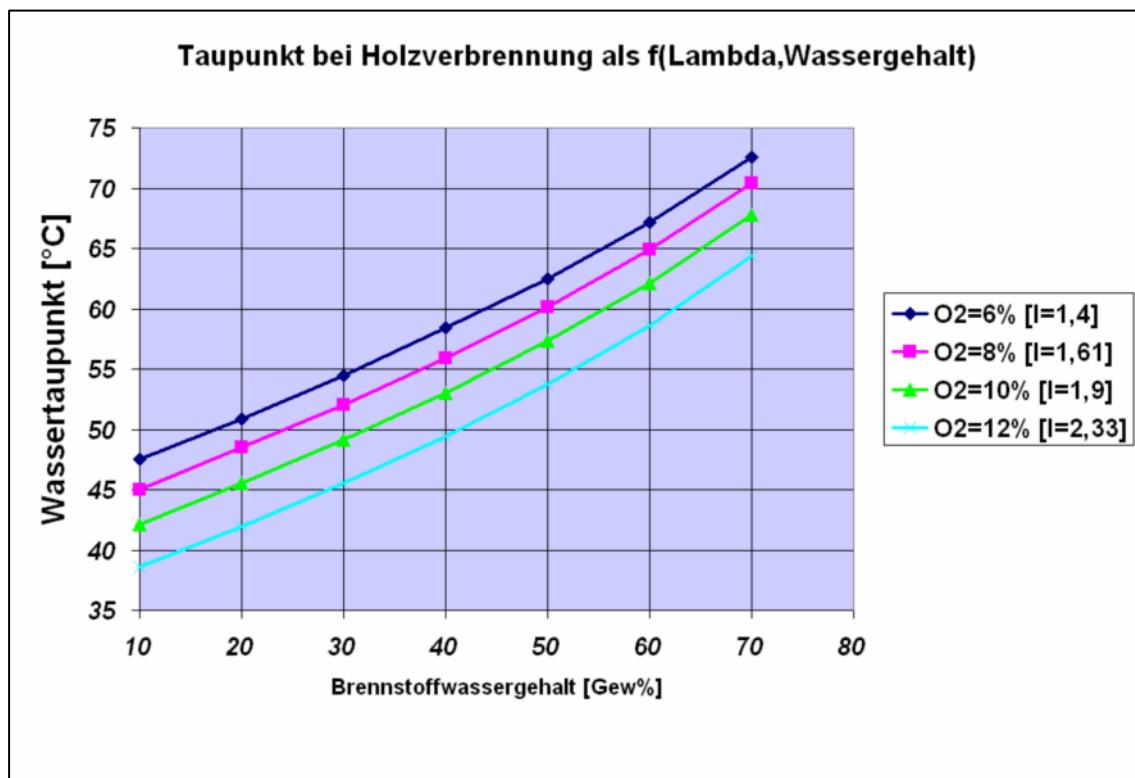
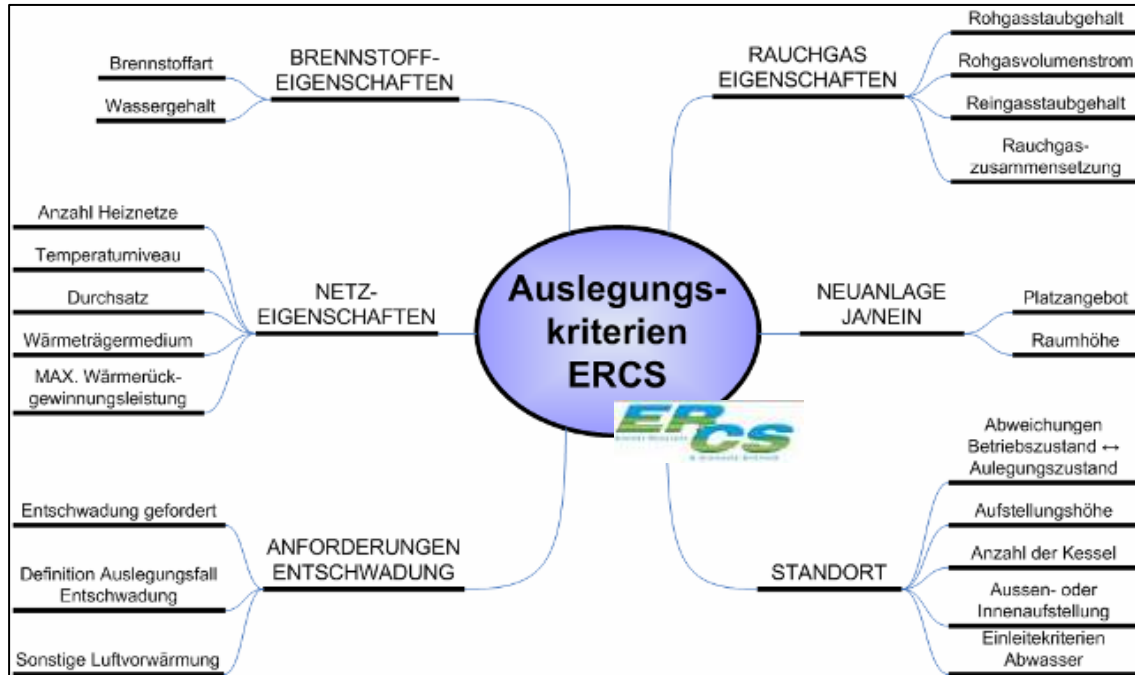
- Unempfindlich gegenüber Taupunktsunterschreitungen
- Geringe Brandgefahr
- Kompakter
- Garantierbarer Reingasstaubgehalt bei Nasselektrofiltern niedriger als bei Trockenelektrofilter (5 anstatt 10 mg/Nm^3)

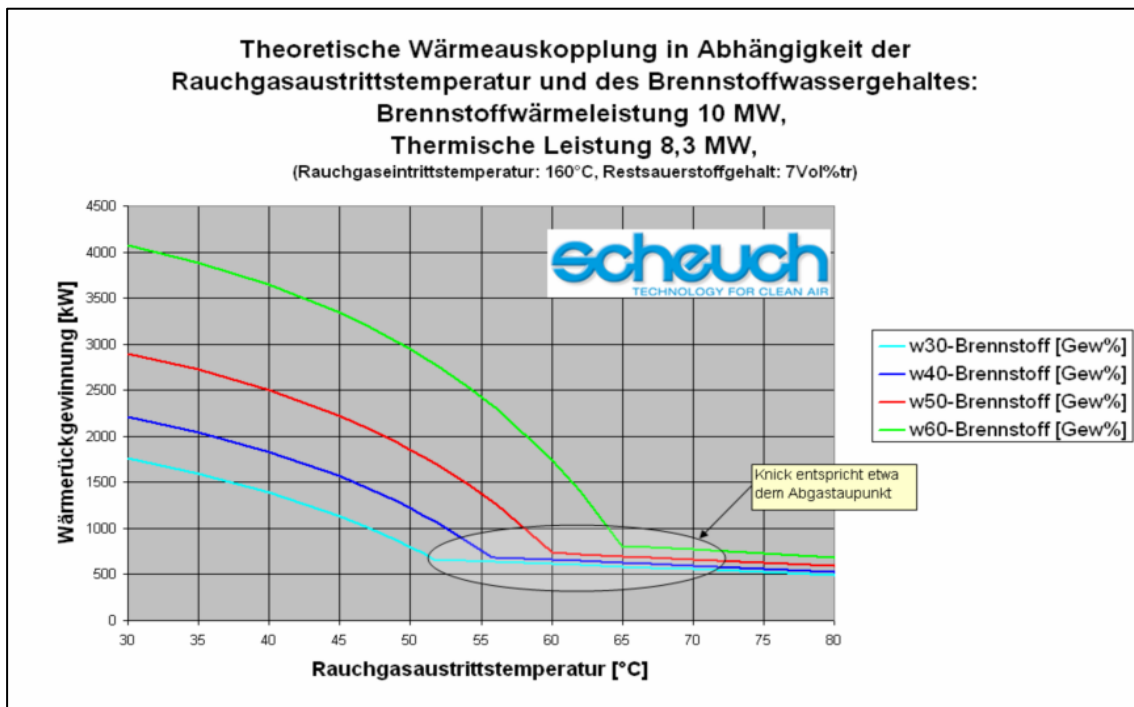
Vorteile der (trockenen) Vorabscheidung von Flugaschen

- Keine Schlammwirtschaft – niedrigere Entsorgungskosten
- Keine aufwändige, weitergehende Abwasseraufbereitung erforderlich zur Einhaltung der zulässigen Abwasseremissionsgrenzwerte (Filtrierbare, Schwermetalle, etc.)
- Höhere Betriebssicherheit; Kalkausfällungen können vermieden werden
- Gezielte Schadstoffeinbindung saurer Schadgase durch Additivdosierung möglich (z.B. mittels Abscheidung im Gewebefilter)
- Wärmerückgewinnungsanlage kann bypassiert werden ohne Überschreitung des zulässigen Reingasstaubwertes
- Geringerer Frischwasserbedarf
- Wartungsarbeiten in der Wärmerückgewinnung während des Kesselbetriebes möglich
- Verzicht auf aufwändige Werkstoffe (Edelstähle, Kunststoffe) für die Entstaubungsanlage
- Garantierbarer Reingasstaubgehalt bei Gewebefiltern niedriger als bei Nasselektrofiltern ($2,5$ anstatt 5 mg/Nm^3); Voraussetzung: ausreichender Taupunktstand im Entstauber;

Auslegungsgrundlagen ERCS-Anlagen

Scheuch entwickelte ERCS (Energy Recovery and Cleaning System) zur Reinigung von Rauchgasen aus der thermischen Verwertung frischer, unbelasteter Biomasse. Neben der üblichen Zuverlässigkeit der Staubabscheidung bietet das Verfahren die Möglichkeit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung und optional eine energieoptimierte Entschwadung. Insbesondere der Abgas-Wassertaupunkt ist unter Berücksichtigung der verbraucherseitigen Wärmesenken hinsichtlich des Aufbaus des ERCS-Systems und einer damit verbundenen Wirkungsgradsteigerung des Gesamtsystems von entscheidender Bedeutung.



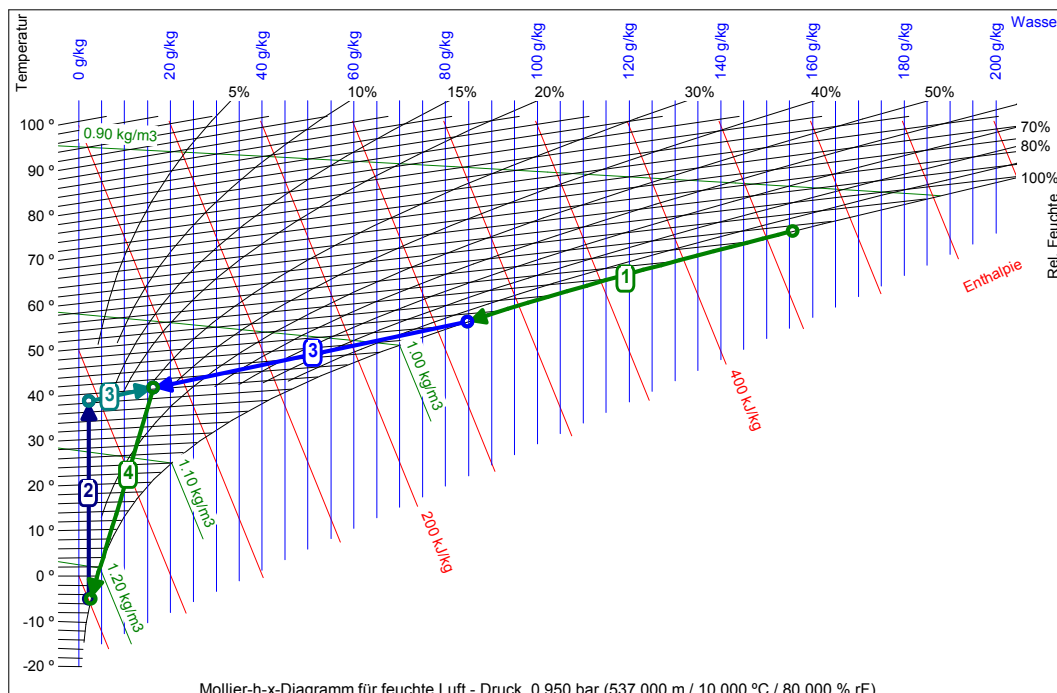


Abgaskondensation und Entschwädung

Als Entschwädung wird die Vermeidung oder Reduktion der Wasserdampffahne am Kaminaustritt verstanden. Die Wasserdampffahne ist vor allem vom Abgastaupunkt und vom Umgebungszustand (Temperatur, Luftfeuchte) abhängig.

Funktion der vollständigen Abgasentschwädung:

- 1 RG-Abkühlung im LUVO, 2 Außenluft-Erwärmung im LUVO, 3 Mischen der beiden Luftströme,
- 4 Abkühlung der schwadenfreien Mischbrüde nach Kaminaustritt.



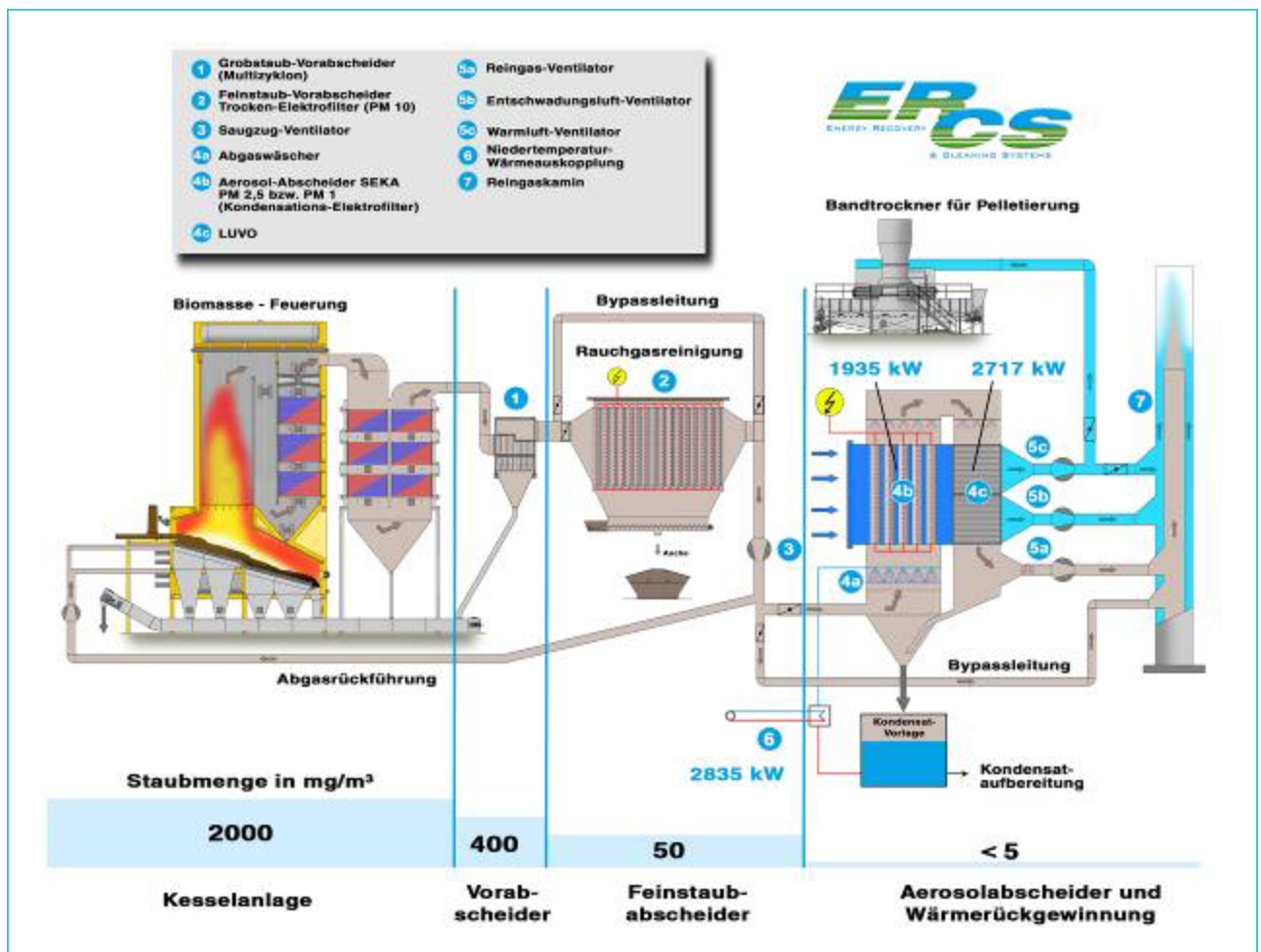
Anwendungsbeispiel 1: Niedertemperaturnutzung in Sägewerken am Beispiel der Franz Binder GmbH in Fügen/A und Kösching/D

Systemaufbau Binder Fügen

- Fliehkraftabscheider – Multizyklon zur Vorentstaubung der groben Flugasche
- Trockenelektrofilter zur Entstaubung auf <math>< 50 \text{ mg/Nm}^3</math> (hauptsächlich > PM_{2,5}) und Entlastung der nassen Entstaubung
- Kondensationswäscher mit integrierter Niedertemperaturwärmeauskopplung
- Kondensationsnasselektrofilter zur Entstaubung auf <math>< 5 \text{ mg/Nm}^3</math> (Partikel PM_{2,5} und Aerosole <math>< 1 \mu\text{m}</math>)
- Edelstahlluftvorwärmer zur Trockner- und Entschwadungsluftvorwärmung

Brennstoffwärmeleistung	29.800 kW
Wärmerückgewinn Kondensationswäscher	2.835 kW
Wärmerückgewinn Kondensationsnasselektrofilter	1.935 kW
Wärmerückgewinn Edelstahlluftvorwärmer	2.717 kW
Wärmerückgewinn Total	7.487 kW

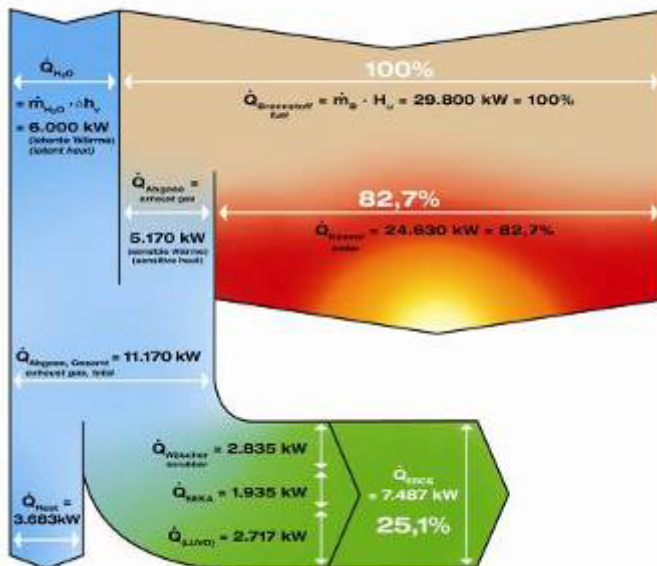
Durch die mehrstufige auf verschiedenen Temperaturniveaus ausgelegte Wärmeauskopplung lässt sich ein Wirkungsgrad (bezogen auf die Brennstoffwärmeleistung) von über 25% erreichen.





- 1 **Grobstaub-Vorabscheider Multizyklon**
Grift pre-separator Multicyclone
- 2 **Feinstaub-Vorabscheider Trocken-Elektrofilter (PM 10)**
Fine dust pre-separator Dry ESP (PM 10)
- 3 **Saugzug-Ventilator**
induced draft fan
- 4a **Abgaswäscher**
Exhaust gas scrubber
- 4b **Niedertemperatur-Wärmeauskopplung**
Low-temperature heat extraction
- 4c **Aerosol-Abscheider SEKA (PM 2,5 bzw. PM 1) Kondensation EPS**
Aerosol separator SEKA (PM 2,5 and PM 1 respectively) Condensation EPS

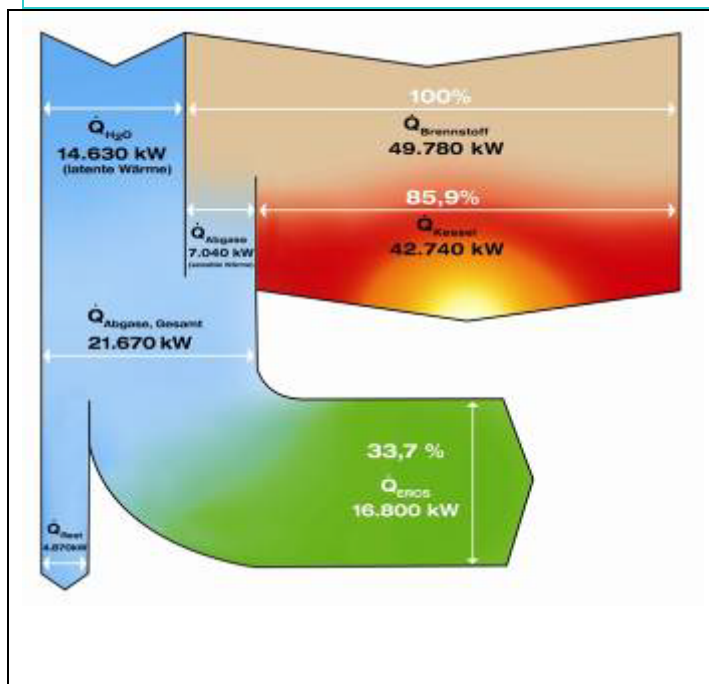
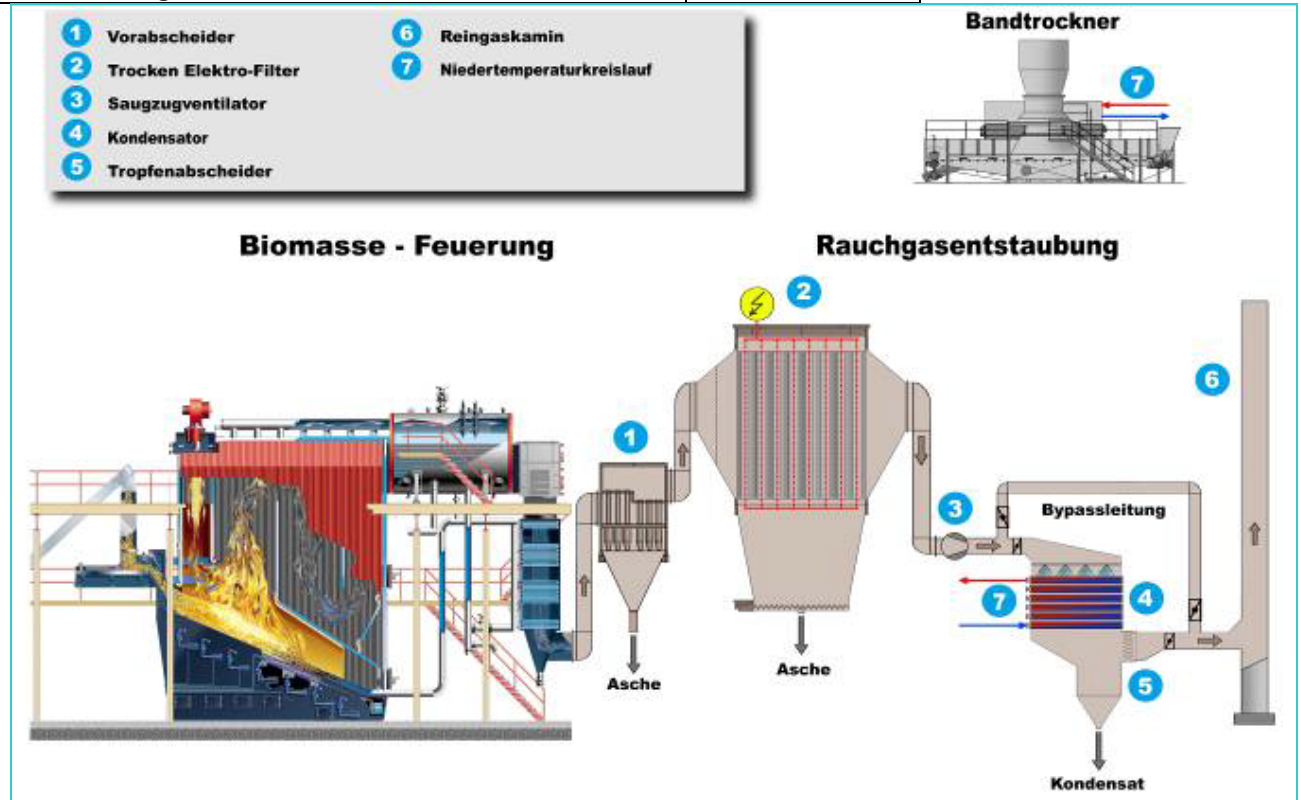
- 4d **LUVO**
LUVO
- 5a **Reingas-Ventilator**
Clean gas fan
- 5b **Entschwadungsluft-Ventilator**
Plume air fan
- 5c **Warmluft-Ventilator**
Warm air fan
- 6 **Reingaskamin**
Clean gas stack



Systemaufbau BINDER KÖSCHING


- Fliehkraftabscheider – Multizyklon zur Vorentstaubung der groben Flugasche
- Trockenelektrofilter zur Entstaubung auf <math><10 \text{ mg/Nm}^3</math>
- Kondensator zur Niedertemperaturwärmeauskopplung

Brennstoffwärmeleistung	49.900 kW
Wärmerückgewinn Kondensator =	16.800 kW
Wärmerückgewinn Total	



Anwendungsbeispiel 2: Möglichkeit zur Nachrüstung an bestehenden Heizwerken und Heizkraftwerken

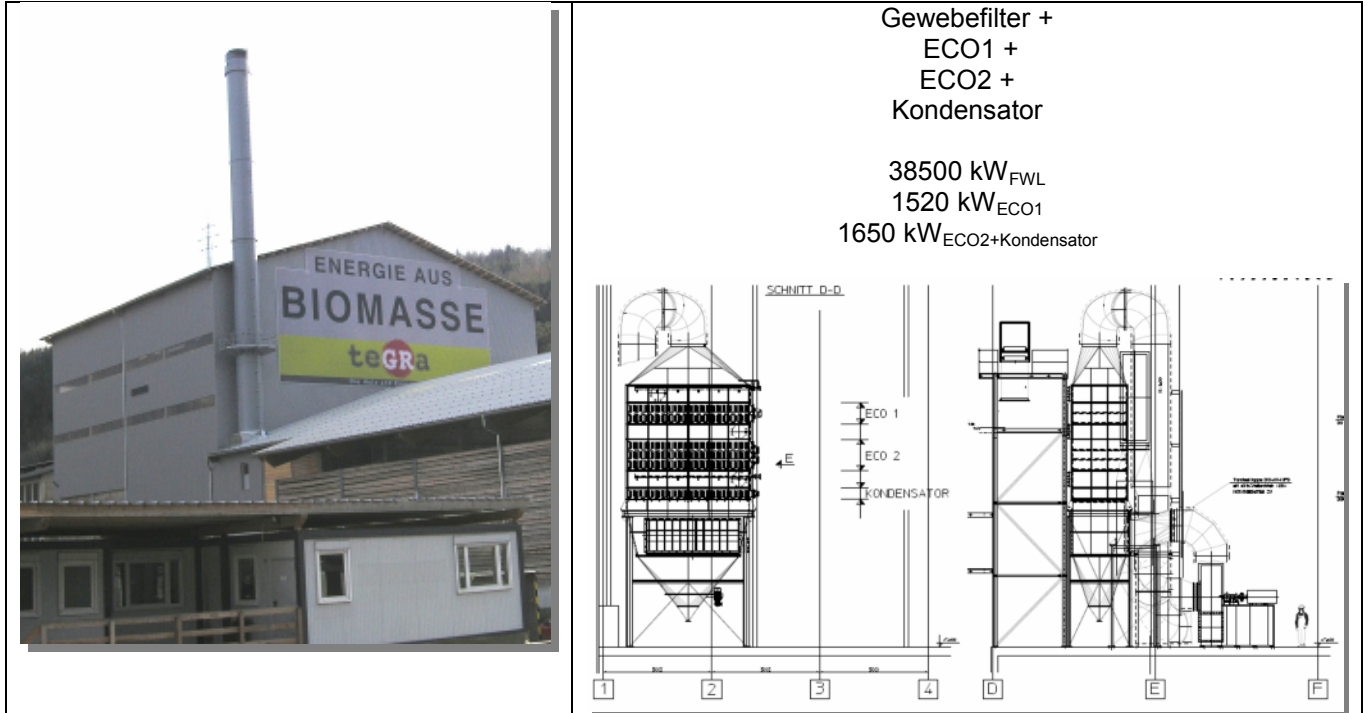
- Beispiel: Pfeifer-Kundl 15 MW
Niedertemperaturwärmeauskopplung (15/65°C) für Fernwärme

	<p>Multizyklon + Trockenelektrofilter + Kondensator</p> <p>15,5 MW_{FWL} 6 MW_{Kondensator}</p>
--	---

- Schwaiger 6,5 und 10 MW
Hochtemperaturwärmeauskopplung (75/100°C) für Fernwärme
Niedertemperaturwärmeauskopplung (30/55°C) für Fernwärme

	<p>Trockenelektrofilter + ECO + Kondensator</p> <p>10500 kW_{FWL} 980 kW_{ECO} 2500 kW_{Kondensator}</p>
---	--

- Tegra Block 2
Hochtemperaturwärmeauskopplung (80/95°C) für Fernwärme
Niedertemperaturwärmeauskopplung (36/70°C) für Fernwärme



- Kombination mit Holztrockenkammern
- Kombination mit Spänetrockner
- Kombination mit Niedertemperaturnetz