

27. März 2015

## Projekt:

# Staubförmiger Biomasse-Brennstoff für den Thermoölprozess

## Studie:

# Potenzial staubförmiger Biomasse-Brennstoffe Teil 2: Technologien

Subventionsgeber:

Bundesamt für Energie (BFE)  
3003 Bern

Subventionsempfänger:

Coop Genossenschaft  
Thiersteinallee 12  
CH-4002 Basel

Studienautor:

Dr. Eicher+Pauli AG  
Stauffacherstrasse 65  
CH-3014 Bern

Verfasser: Anton Sres  
Freigabe: Richard Agiotis

Projekt-Nr: 2014.3116.02

## Inhalt

1	Zusammenfassung .....	3
2	Einleitung .....	5
3	Allgemeine Vorgehensweise zur Bestimmung von geeigneten Feuerungssystemen .....	6
4	Brennstoffeigenschaften .....	7
4.1	Chemische und physikalische Eigenschaften .....	7
4.2	Brennstoffform .....	8
5	Feuerungstechnologien .....	9
5.1	Unterschubfeuerungen .....	9
5.2	Vorschubfeuerungen .....	10
5.3	Einblasfeuerungen .....	11
5.4	Stationäre Wirbelschichtfeuerung .....	12
6	Übersicht Anbieter und Technologien .....	14
7	Betriebserfahrungen mit MNP .....	15
8	Thermische Verwertung MNP Schafisheim .....	17
9	Literaturverzeichnis .....	17
10	Anhang .....	18

## 1 Zusammenfassung

In der Lebensmittelindustrie fallen neben Müllereinebenenprodukten weitere, verschiedene Nebenprodukte an. Mit der Studie wurde versucht das energetische Potenzial solcher Nebenprodukte in der Schweiz zu erfassen.

In einem ersten Teil wurde das Potenzial als solches (Mengen- und Brennstoffeigenschaften) von Verenum [1] untersucht und ist in einem separaten Bericht beschrieben.

In dem vorliegenden zweiten Teil soll aufgezeigt werden, mit welcher Feuerungstechnologie solche Nebenprodukte thermisch verwertet werden können. Da die Eigenschaften der erfassten Nebenprodukte bezüglich Form und Eigenschaften verschieden und nicht alle bekannt sind, wurde im vorliegenden Bericht das Hauptgewicht auf das prinzipielle Vorgehen bei der Bestimmung einer Feuerungstechnologie gelegt.

Für das Projekt Coop Schafisheim wurde ein solches Vorgehen durchgeführt.

Die Nebenprodukte können in reiner Form oder gemischt mit einem anderen Brennstoff verbrannt werden. Dazu können folgende Gründe vorliegen:

- Flexibilität in der Auswahl von Feuerungstechnologien (z.B. Staubbrenner, Rostfeuerungen, Verbrennung in Rostfeuerungen)
- Ungeeignete Brennstoffeigenschaften verbessern (tiefer Ascheschmelzpunkt anheben, nicht einhaltbare Abgaswerte)
- Verfügbarkeit des Nebenproduktes (zu wenig Brennstoff für 100% Versorgung, technische Schwierigkeiten, Versorgungssicherheit)

Nebenprodukte können mit einer mechanischen Aufbereitung in eine andere Form gebracht werden. Bei losen Reststoffen bietet sich z.B. das Pressen von Staub zu Pellets an. Eine solche Aufbereitung kann von der Logistik [2] oder von der Feuerungstechnologie sinnvoll sein. Jede mechanische Aufbereitung ist allerdings mit Mehrkosten verbunden.

Folgende Feuerungstechnologien wurden betrachtet:

- Rostfeuerungen (Unterschub- und Vorschubfeuerungen)
- Einblasfeuerungen (Staubbrenner, Zyklonfeuerungen)
- Stationäre Wirbelschichtfeuerungen

Es wurde eine Liste von Anbietern zusammengestellt, die die erwähnten Feuerungen anbieten (Tabelle 1).

Neben konventionellen Feuerungen mit Rost oder Staubbrenner ist die stationäre Wirbelschicht speziell zu erwähnen. Bisher wurde sie nur für grosse Leistungen von mehr als 20 MW eingesetzt, nun wird die Technologie speziell für Nebenprodukte im kleinen Leistungsbereich entwickelt. Sie erlaubt eine optimale Verbrennung von verschiedensten Brennstoffen.

Hersteller	Technologie	Verwendete Brennstoffe bisher
1) Mawera/Viessmann	Einblas- und Rostfeuerungen	Holzstaub
2) Polytechnik	Vorschub- und Unterschubrost	Sonnenblumenkernschalen, Reisschalen
3) LBE Deutschland	Staubbrenner LMB	Biomasse mit Korngrösse < 0.5 mm, Feuchte < 7% atro, Ascheerweichungspunkt > 1'000°C, Stickstoffgehalt < 5%, Aschegehalt < 5%
4) Saacke	Staubbrenner SSB-D	Rapsextraktionsschrot, Gärsubstrat, Soja- und Kaffeeschalen. Heizwert zwischen 10-30 MJ/kg
5) Schmid-Energy	Rostfeuerungen	Getreideabfälle, Kakaoschalen, Kaffeesatz, Gräser, Maronischalen, Sonnenblumenkernen, Maisspindeln, Heupellets, Stroh
6) Kohlbach	Stationäre Wirbelschicht, Vorschubroststfeuerungen	Sonnenblumenkernschalen, Oliventreber, MNP, Strohpellets, Kakaoschalen, Maisspindeln
7) Weiss-Kessel	Zyklonfeuerung mit Rost	Holzstaub und feine Holzspänen, Aschegehalt max. 3-5%, Wassergehalt ca. bei 10%

Tabella 1: Übersicht der Anbieter von Feuerungen mit Biobrennstoffen.

In der Tabelle 2 wurden den Nebenprodukten mögliche Anbieter zugeordnet. Die wenigsten haben Erfahrungen mit den Nebenprodukten können aber dank ihrer Technologie eine Lösung anbieten könnten.

Brennstoff	Form	Mögliche Anbieter
MNP	Pellets/Staub	1, 2, 6
Getreide	ganze Pflanze	1, 2, 5, 6
Zuckerrüben	Rückstände (Schnitzel)	1, 2, 5, 6
Raps	Oelfilterkuchen	1, 2, 7
Kaffeebohnen	Schale	3, 4
Kakaobohnen	Schale	1, 2, 5, 6
Reis	Kleie	1, 2, 5, 6, 7
	Bruchreis	1, 2, 5, 6,
Nüsse	Schale	1, 2, 5, 6

Tabella 2: Zusammenstellung der untersuchten Nebenprodukten (Quelle: [1]).

## 2 Einleitung

Müllereinebenprodukte (MNP) scheiden als feinkörnige Schüttgüter aus der Mehlproduktion von Swissmill<sup>1</sup> aus und werden momentan zur Futtermittelproduktion verwendet. Die zukünftige Verwendung als Futtermittel ist aufgrund der möglichen Verschärfung gesetzlicher Bestimmungen ungewiss. Daher setzt Coop auf die thermische Verwertung (Verbrennung) der MNP.

Nicht nur in der Mehlproduktion fallen Nebenprodukte (Reststoffe) an. Auch in anderen Bereichen der Lebensmittel verarbeitenden Industrie liegen solche Nebenprodukte vor. Zum Beispiel in Form von Hülsen von Sonnenblumenkernen oder von Häutchen von Kaffeebohnen. Im besten Fall können die Nebenprodukte als Tierfutter oder als Rohstoff für andere Produkte verkauft oder genutzt werden. Im wirtschaftlich schlechtesten Fall müssen sie Gebührenpflichtig entsorgt werden. Somit kann es für ein Unternehmen durchaus sinnvoll sein, Nebenprodukte als Brennstoff zu nutzen. Es kann rein wirtschaftlich von Interesse sein, da dadurch Entsorgungsgebühren aber auch Brennstoffkosten eingespart werden können. Die Nebenprodukte fallen praktisch kostenlos an und erlauben daher, aufwändigere und damit kostenintensivere Technologien für deren Verbrennung einzusetzen, als dies bei herkömmlichen Brennstoffen möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese erneuerbare und CO<sub>2</sub>-neutrale Brennstoffe sind, die auch die CO<sub>2</sub> Bilanz eines Unternehmens deutlich verbessern können.

Im Rahmen des vorliegenden Pilot- und Demonstrationsprojektes wurde das energetische Potenzial von solchen Nebenprodukten als Brennstoff untersucht. In einem ersten Teil wurde das Potenzial als solches (Mengen, Eigenschaften und Energiepotenzial) von Verenum [1] untersucht und ist in einem separaten Bericht beschrieben. Im vorliegenden zweiten Teil soll aufgezeigt werden, mit welcher Feuerungstechnologie diese Nebenprodukte verbrannt werden können. Da die erfassten Nebenprodukte sehr verschieden in Form und sonstigen Eigenschaften sind, soll in diesem Bericht aufgezeigt werden, wie allgemein vorzugehen ist, um geeignete Feuerungen für solche Brennstoffe zu finden.

Anhand vom Projekt Coop Schafisheim soll anschliessend aufgezeigt werden, wie bei MNP, als möglicher Biomasse-Brennstoff vorgegangen wurde.

---

<sup>1</sup> Swissmill ist ein Betrieb der Coop-Gruppe.

### 3 Allgemeine Vorgehensweise zur Bestimmung von geeigneten Feuerungssystemen

Die im Teil "Mengen und Brennstoffeigenschaften" der Studie „Potenzial staubförmiger Biomasse-Brennstoffe“ [1] beschriebenen Nebenprodukte weisen verschiedene Eigenschaften bezüglich der vorliegenden Form (Staub, Schnitzel, Spelzen etc.), der chemischen Zusammensetzung und physikalischer Eigenschaften auf. Nicht alle wurden bisher thermisch verwertet, womit die Erfahrung für deren Verbrennung fehlt. Für solche potentiellen Brennstoffe muss zuerst durch Laboruntersuchungen, danach durch Brennversuche in möglichen geeigneten Feuerungen, deren Eignung nachgewiesen werden. Das Anlagekonzept gibt die Randbedingungen für die Feuerung vor.

Im Allgemeinen ist nach folgendem Schema vorzugehen:

#### **Schritt 1: Bestimmung der verbrennungstechnischen Grundlagen**

- *Anlagekonzept*: Nutzung (Dampf, Thermoöl, Heizung), erforderliche Leistung und Energiemenge, Betriebsart (Bandlast, dynamische Last), Verfügbarkeit und Kosten Brennstoff
- *Physikalische Untersuchungen*: Form (Siebanalyse, Stückgrösse), Schüttdichte, Stampfdichte, Energiedichte etc.
- *Chemische Untersuchungen*: Heizwert, Wassergehalt, Aschegehalt, Elementanalyse (C, H, N, O, S, Cl, Schwermetalle, Ascheschmelzverhalten, etc.)

Mit diesen Angaben können Anbieter geeigneter Feuerungstechnologien gesucht werden.

Durch die gewählte Feuerungstechnologie folgen die Vorgaben zur Form des Brennstoffes (lose, pelletiert), damit es verbrannt werden kann. Zudem muss geklärt werden, ob es mit einem weiteren Brennstoff (meistens Holz) gemischt werden muss oder in reiner Form genutzt werden kann.

Die in Schritt 1 gesammelten Informationen erlauben auch erste Aussagen zur notwendigen Abgasbehandlung und möglicher Korrosion.

#### **Schritt 2: Brennversuche mit Anbieter**

Mit den erfolgversprechendsten Anbieter sind Brennversuche mit den folgenden Zielen durchzuführen:

- Nachweis Funktionstüchtigkeit Feuerungstechnologie
- Messung Abgase (Einhaltung LRV, Ascheanfall, korrosive Abgaskomponenten)
- Evt. Optimierung Brennstoffmischung, falls notwendig

Diese Brennversuche sind notwendig, weil sich das Verhalten des Brennstoffes nicht exakt vorausberechnen lässt. Die Messresultate der Brennversuche können für die Dimensionierung der Anlagekomponenten genutzt werden.

## 4 Brennstoffeigenschaften

### 4.1 Chemische und physikalische Eigenschaften

Die im ersten Teil [1] der Studie „Potenzial staubförmiger Biomasse-Brennstoffe“ beschriebenen Nebenprodukte liegen in verschiedenen Erscheinungsformen wie Staub, Schnitzel usw. vor.

Liegt das Nachprodukt in feiner loser Form vor, wird mittels einer Siebanalyse die Korngrößenverteilung bestimmt. Diese erlaubt Abschätzungen hinsichtlich des Fluidisations- bzw. des Austragsverhalten zu machen. Die Korngrößenverteilung bestimmt auch, ob eine Staubfeuerung in Frage kommt.

Mit der Schütt- und Stampfdichte kann die Energiedichte bestimmt werden. Diese dient als Auslegungsparameter für Dosieranlagen und Vorratsbehälter.

Die chemischen Eigenschaften spielen für die Verbrennung eine grosse Rolle. Im ersten Teil der Potenzialstudie [1] sind die wichtigsten Kenndaten der betrachteten Nachstoffe zusammengestellt.

Im Wesentlichen werden folgende Parameter bestimmt:

- Wasser- und Aschegehalt (Einfluss auf Wahl Feuerungstechnologie)
- Ascheschmelzpunkt (Einfluss auf Wahl Feuerungstechnologie, Verschlackungsgefahr)
- Oberer und unterer Heizwert
- Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff
- Gehalt an Schwefel, Chlor (bilden Säure, Korrosionsgefahr)
- Gehalt an Stickstoff (bestimmt Abgasbehandlung bezüglich Stickstoff)

Mit der Elementanalyse können erste Verbrennungsberechnungen durchgeführt und damit die anfallenden Schadstoffe abgeschätzt werden. Daraus kann man feststellen, welche Abgasbehandlungen notwendig sein werden. Unter Umständen kann es notwendig sein, dass der Brennstoff mit Holz zusammen verbrannt wird, um die gesetzlichen Grenzwerte einhalten zu können. Die Beimischung von weiteren Brennstoffen kann auch den Ascheschmelzpunkt positiv beeinflussen, was die Schlackebildung vermindern oder gar verhindern kann.

## 4.2 Brennstoffform

Ob der vorliegende Reststoff pur oder mit einem anderen Brennstoff verbrannt werden soll, hängt im Wesentlichen von folgenden Punkten ab:

- Feuerungstechnologie (z.B. Staubförmige Nebenprodukte in Rostfeuerungen)
- Ungeeignete Brennstoffeigenschaften verbessern (tiefer Ascheschmelzpunkt, nicht einhaltbare Abgaswerte)
- Verfügbarkeit (zu wenig Brennstoff für 100% Versorgung, technische Schwierigkeiten) und Versorgungssicherheit

Zum letzten Punkt ist zu bemerken, dass gesetzliche Vorschriften darüber entscheiden können, wie ein Reststoff zu entsorgen ist oder anderweitig genutzt und verkauft (z.B. als Tierfutter) werden kann. Solche Vorschriften können mit der Zeit ändern. Dies kann wirtschaftlich einen grossen Einfluss auf die Feuerung und Brennstoffwahl haben.

Falls notwendig und sinnvoll werden solche Nebenprodukte mit handelsüblichen Brennstoffen wie Waldhackschnitzel oder Industriepellets gemischt. Da sie gut verfügbar und auch Verbrennungstechnisch gute Eigenschaften aufweisen.

Nebenprodukte können mit einer mechanischen Aufbereitung in eine andere Form gebracht werden. Bei losen Reststoffen bietet sich das Pressen von Pellets an. Dies kann in reiner Form aber auch als Gemisch mit einem anderen Brennstoff erfolgen.

Eine solche Aufbereitung kann von der Logistik [2] oder von der Feuerungstechnologie sinnvoll sein. Jede mechanische Aufbereitung ist allerdings mit Mehrkosten verbunden.



## 5 Feuerungstechnologien

Grundsätzlich gibt es keine Universalfeuerung, die für alle Sorten von Biomassebrennstoffen in gleicher Weise geeignet ist. Die Form und die mechanischen Eigenschaften der Nebenprodukte können in weiten Bereichen variieren, ebenso das chemische Verbrennungsverhalten. Biomassebrennstoffe und insbesondere Nebenprodukte stellen an die Feuerungstechnik hohe Anforderungen. Die richtige Wahl und eine bestmögliche Auslegung sind entscheidend für einen erfolgreichen Feuerungsbetrieb.

Folgende Technologien werden für die Verbrennung von Biomasse von verschiedenen Anbietern eingesetzt und geben einen ersten Eindruck. Sie sind im kleineren Leistungsbereich (unterhalb 4 MW) anzusetzen.

### 5.1 Unterschubfeuerungen

Bei Unterschubfeuerungen wird der Brennstoff von unten in den Feuerraum eingetragen. Diese Art der Feuerung wird besonders für feinkörnige Biomasse-Brennstoffe wie Sägespäne, Pellets oder Feinhackgut verwendet. Sie eignen sich wegen der schwierigen Ascheaustragung aus dem Feuerraum nur für sehr aschearme Brennstoffe. Wegen der begrenzten Brennstoffzufuhr über Förderschnecken ist die Kesselnennleistung auf den Bereich 10 kW bis 2.5 MW begrenzt.

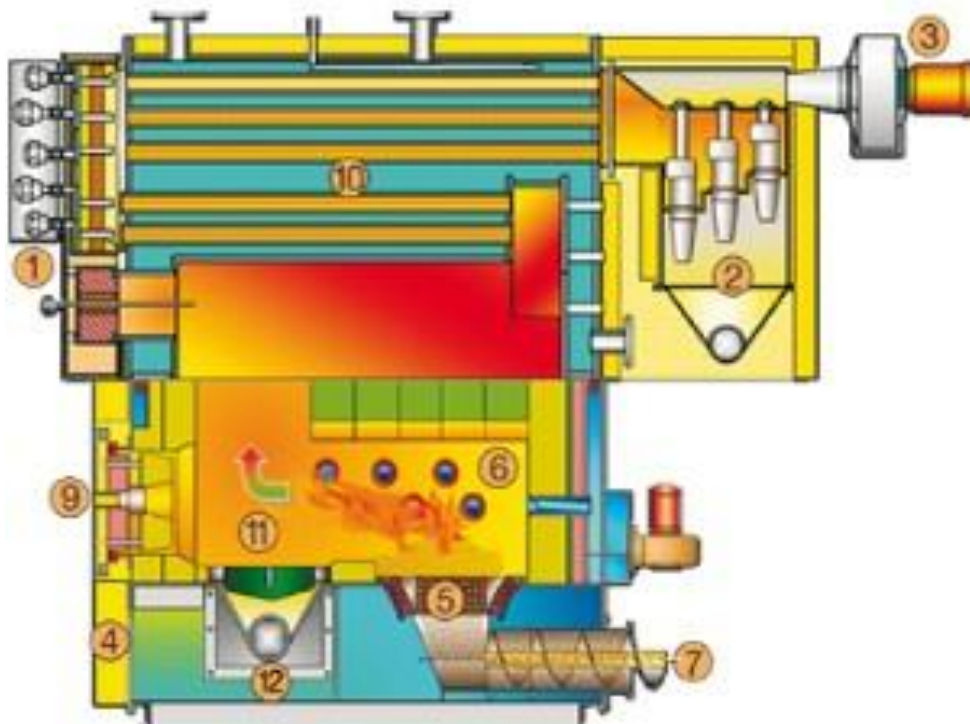


Abbildung 1: Beispiel einer Unterschubfeuerung (Quelle: ALMAR).

## 5.2 Vorschubfeuerungen

Der Brennstoff wird z.B. mit einer Förderschnecke seitlich in den Feuerraum eingetragen. Anschliessend wird das Brenngut durch Rostbewegungen von der Aufgabekante bis zum Rostende transportiert. Unterhalb des Rostes bzw. durch die Roste selbst wird die Primärluft einblasen, oberhalb folgt dann die notwendige Ausbrandluft.

Solche Rostfeuerungen sind sehr universell einsetzbar. Sie eignen sich auch für Brennstoffe mit hohem Wassergehalt, variierende Korngrössen und Mischungen holzartiger Biomasse. Häufig treten bei Rostfeuerungen Verbrennungsprobleme auf, wenn der Anteil an staubförmigen Bestandteilen im Brennstoff zu hoch ist. Die feinen Teile fallen entweder unverbrannt durch die Roststäbe in den Ascheraum, oder sie werden nach Aufgabe auf dem Rost mit dem Abgas wieder aus dem Feuerraum ausgetragen. Der Leistungsbereich liegt bei 150 kW bis 15 MW.

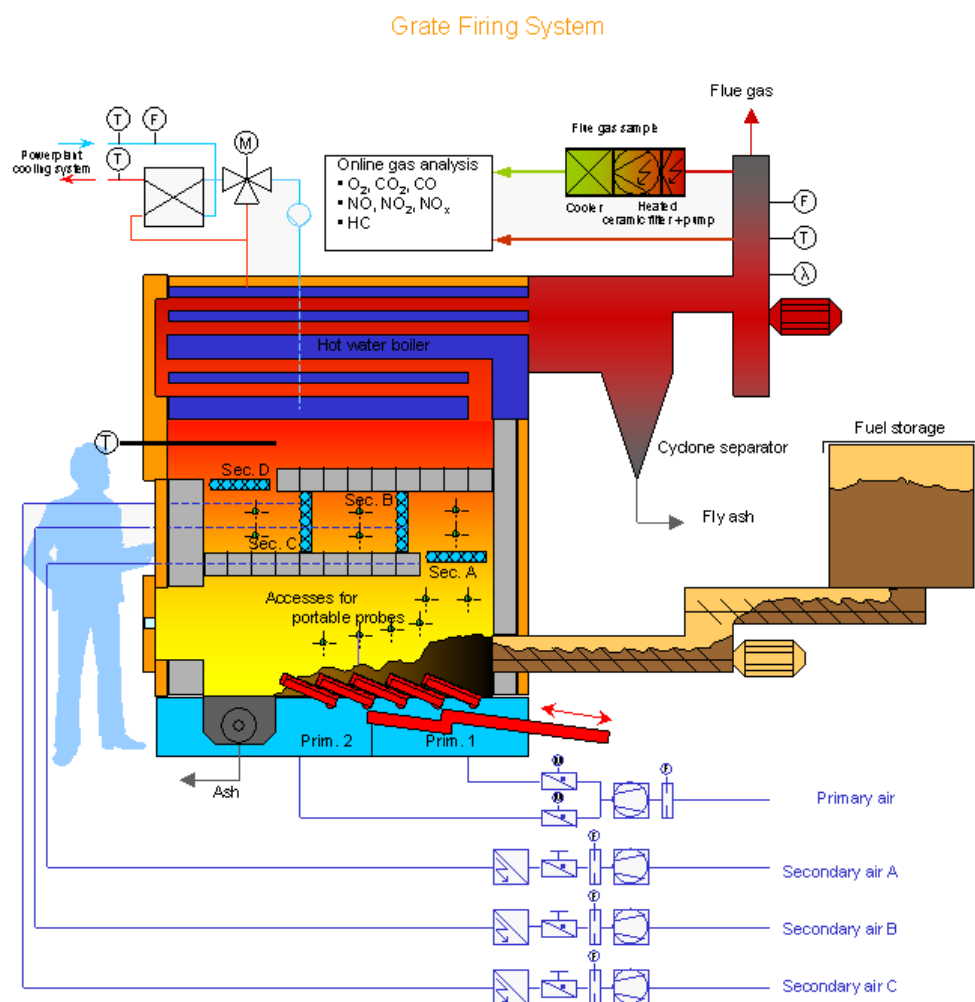


Abbildung 2: Beispiel Vorschubrostfeuerung (Quelle: ALMAR).

### 5.3 Einblasfeuerungen

Bei Staubbrenner resp. Einblasfeuerungen wirkt die Luft als Trägermedium für den Brennstoff. Die Zündung erfolgt mit einem Heizöl- oder Gasbrenner bis der Feuerraum genug heiss ist und der Staub von selbst brennt. Die kleinen Teilchen beginnen nach Eintritt in die Feuerung sofort zu vergasen, die grösseren werden an die Wand gedrückt (z.B. Zyklonfeuerung) bzw. gelangen auf einen Rost, um dort ebenfalls sehr schnell thermisch zersetzt zu werden. Die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile erfolgt dann durch Zugabe von Sekundärluft.

Durch die gute Vermischung von Brennstoff und Luft sowie die geringe Korngrösse der Brennstoffpartikel werden gute Ausbrandqualitäten mit niedrigen CO-Emissionen erreicht.

Weitere Vorteile sind die stufenlose Regelbarkeit bis 25% sowie geringe NO<sub>x</sub>-Werte durch Luftstufung.

Staubbrenner werden in der Industrie schon seit langem mit Kohlestaub benutzt. Die Leistungen liegen im hohen Megawattbereich. Neuerdings werden solche Staubbrenner auch für biogene Stäube angeboten im kleineren Leistungsbereich von 2 bis 3 MW (Saacke, LBE).

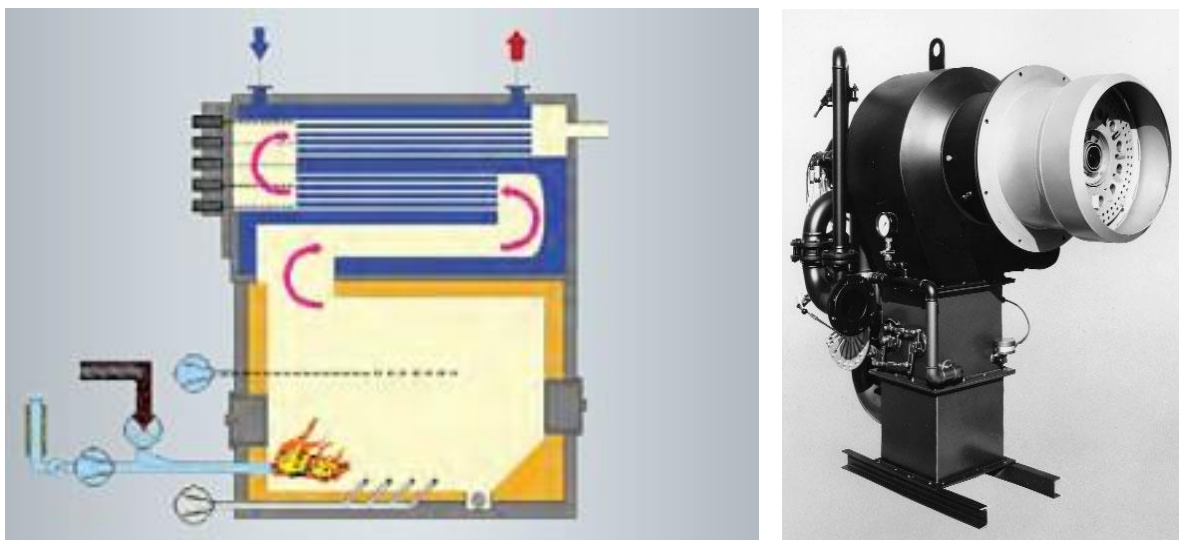


Abbildung 3: Links Einblasfeuerung (Mawera), rechts Staubbrenner (LMB).

Neben Brenner gibt es Heizkesselsysteme die für staubförmige Brennstoffe gebaut wurden. Zum Beispiel Mawera mit ihrer Einblasfeuerung (Abbildung 3). Die Firma Weiss hat eine Zyklonfeuerung mit Rost entwickelt, mit Leistung ab 1'500 kW (Abbildung 4).

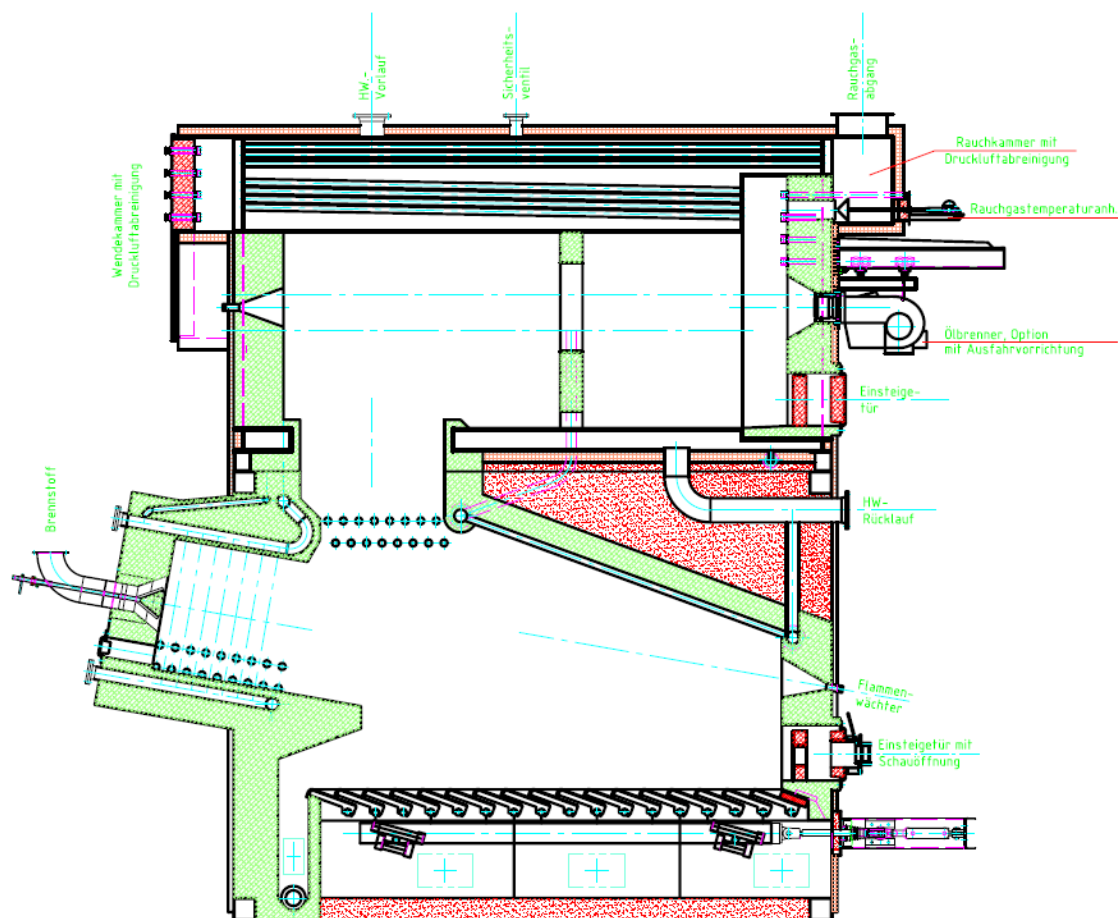


Abbildung 4: Cyclonfeuerung mit Rost der Fa. Weiss, Leistung ab 1'500 kW.

## 5.4 Stationäre Wirbelschichtfeuerung

Der Boden des Feuerraums einer Wirbelschichtfeuerung ist mit vielen Luftdüsen bestückt (Abbildung 5). Durch diese Düsen wird Verbrennungsluft (Primärluft) eingeblasen, welche den darauf liegenden Quarzsand in einen fluidisierten Zustand versetzt. Das bedeutet, dass der Sand durch die eingeblasene Luft ähnliche Eigenschaften wie Flüssigkeiten erhält.

Der Brennstoff wird seitlich in den Feuerraum eingeführt. Er durchmischt sich sehr gut mit dem heissen Sand und der eingeblasenen Verbrennungsluft. Die Verwirbelung führt zu einem sehr guten Wärmetransport und damit zu einer homogenen Temperaturverteilung im gesamten Verbrennungsraum. Die Verbrennungstemperaturen liegen dabei zwischen 800 °C und 950 °C. Wegen der gleichmäßigen Temperaturverteilung im Feuerraum entsteht relativ wenig thermisches Stickoxid. Die Konstruktion erlaubt eine differenzierte Luftstufung, die mit einer kontrollierten Luftmengen-zufuhr in den einzelnen Feuerraumbereichen eine effiziente NOx-Emissionsreduktion erlaubt.

Ein grosser Vorteil stationärer Wirbelschichtfeuerungen ist deren hohe Flexibilität bezüglich der Korngrösse und des Wassergehaltes vom Brennstoff. Die Wirbelschichtfeuerung bietet daher in vieler Hinsicht eine optimale Verbrennung.

Als technische Nachteile sind die hohe Staubbelastung des Rauchgases und der Bettmaterialverlust mit der Asche anzuführen. Die Technik ist aufwändig und wird deshalb bei konventionellen Brennstoffen aus wirtschaftlichen Gründen erst bei Feuerungsleistungen über 20-30 MW eingesetzt. Bei Nebenprodukten wird sie allerdings interessant, wenn die Brennstoffkosten sehr tief oder gar Entsorgungskosten gespart werden können. Deshalb bietet die Firma Kohlbach zusammen mit dem Fraunhoferinstitut in Magdeburg stationäre Wirbelschichtfeuerungen im kleinen Leistungsbereich bis 2.5 MW (und kleiner) an.

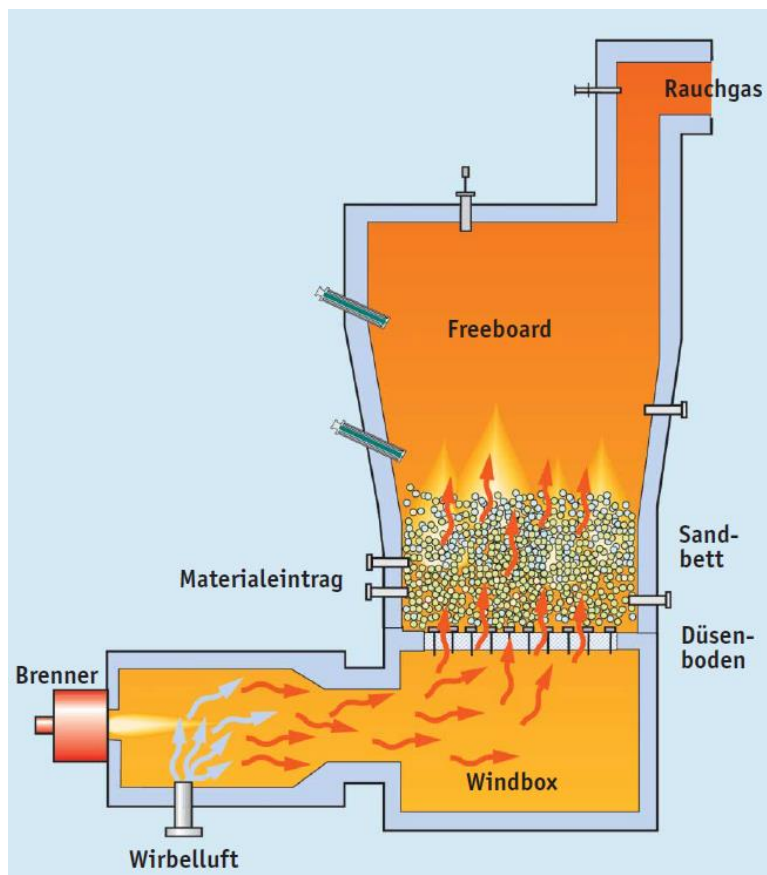


Abbildung 5: Prinzip einer stationären Wirbelschichtfeuerung.

## 6 Übersicht Anbieter und Technologien

Die vorgestellten Technologien werden von der folgenden Auswahl von Anbieter angeboten. Es sind Firmen, die nicht nur mit konventionellen Brennstoffen arbeiten sondern auch mit Biomasse resp. Reststoffen.

Hersteller	Technologie	Verwendete Brennstoffe	Leistungsklasse
1) Mawera/Viessmann	Einblas- und Rostfeuerungen	Holzstaub	offen
2) Polytechnik	Vorschub- und Unterschubrost	Sonnenblumenkernschalen, Reisschalen	300 kW bis 30 MW
3) LBE Deutschland	Staubbrenner LMB	Biomasse mit Korngrösse < 0.5 mm, Feuchte < 7% atro, Ascheerweichungspunkt >1'000°C, Stickstoffgehalt <5%, Aschegehalt <5%	3 MW bis 100 MW
4) Saacke	Staubbrenner SSB-D	Rapsextraktionsschrot, Gärsubstrat, Soja- und Kaffeeschalen. Heizwert zwischen 10-30 MJ/kg	2 MW bis 60 MW
5) Schmid-Energy	Rostfeuerungen	Getreideabfälle, Kakaoschalen, Kaffeesatz, Gräser, Maronischalen, Sonnenblumenkernen, Maisspindeln, Heupellets, Stroh	300 kW bis 4 MW
6) Kohlbach	Stationäre Wirbelschicht, Vorschubrostfeuerungen	Sonnenblumenkernschalen, Oliventreber, MNP, Strohpellets, Kakaoschalen, Maisspindeln	100 kW bis 20 MW
7) Weiss-Kessel	Zyklonfeuerung, Feuerung mit Rost	Holzstaub und feine Holzspänen, Aschegehalt max. 3-5%, Wassergehalt ca. bei 10%	1'200 bis 1'500 kW

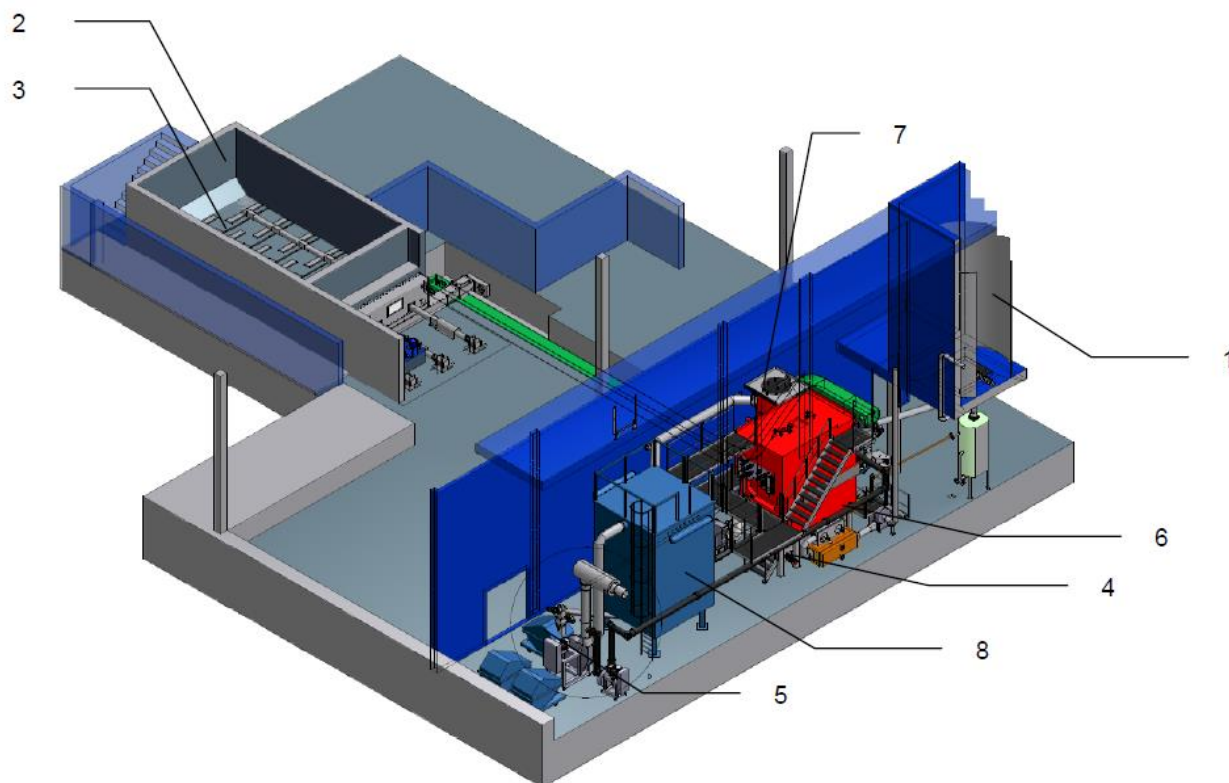
Abbildung 6: Übersicht von Anbieter.

## 7 Betriebserfahrungen mit MNP

In der Schweiz gibt es erst eine Anlage die Getreidereinigungsabfälle für die Wärmeerzeugung nutzt. Sie wird von den „meyerhans mühlen“ am Standort Villmergen betrieben und wurde 2010 erstellt.

Die Feuerung hat eine Leistung von 890 kW und wird zur Bandlasterzeugung von Dampf eingesetzt. In ihr wird ein Gemisch von 65% (Gewicht) Abgang der Getreidereinigung und 35% Waldhackschnitzel verbrannt.

Ein gasbefeuertes Dampfkessel dient als Notkessel und Spitzenkessel, wenn der Bedarf zu stark schwankt.



Position	Beschreibung
1	Abgangsilo
2	Schnitzelsilo
3	Schubboden
4	Vorschubrost
5	Aschebehälter
6	Dampfkessel
7	Speisewasservorwärmer (Economiser)
8	Feinstaubfilter

Abbildung 7: Prinzipschema der Anlage in Villmergen (Quelle: meyerhans mühlen)

Der Getreideabgang aus dem Betrieb wird via einem Fördersilo pneumatisch in den neuen Abgangssilo (1) geblasen und von dort via Schneckenförderer in den Dosier- und Mischbehälter der Feuerung transportiert.

Die Waldhackschnitzel werden in den im Boden eingelassenen Schnitzelsilo (2) gekippt, über einen Schubboden (3) aus dem Silo ausgetragen und mit Transportschnecken und Kettförderer ebenfalls dem Dosier- und Mischbehälter zugeführt.

Der gemischte Brennstoff wird mittels Vorschubrost (4) in die Brennkammer befördert. Von der notwendigen Verbrennungsluft wird ein Teil (Primärluft) unter dem Rost eingebracht und ein anderer Anteil über dem Rost (Sekundärluft). Die Verbrennung wird laufend kontrolliert. Entsprechend werden die Dosiermenge, die Geschwindigkeit des Rostes sowie die richtige Luftzuteilung automatisch geregelt.

Die verbleibende Asche wird in Containern (5) gesammelt und einer Deponierung zugeführt.

Über der Brennkammer ist der Dampfkessel (6) angeordnet. Dieser besteht aus einem mit Wasser gefüllten Kessel, wobei der obere Teil mit Dampf gefüllt ist. Die Verbrennungsgase aus der Feuerung strömen durch Rohre, welche im Kessel angeordnet sind. Die übertragene Energie führt zur Verdampfung des Wassers und damit zur Prozessdampferzeugung. Der abgegebene Dampf wird durch das Speisewasser, welches von den Verbraucher zurückkommt, ersetzt. Um die Energie besser auszunutzen, durchströmen die Rauchgase nach dem Dampfkessel einen Speisewasservorwärmer („Economiser“) (7). Dadurch kann die Abgastemperatur am Kamin gesenkt und der Wirkungsgrad erhöht werden. Der Biomasse-Kessel produziert bei normalen Schwankungen automatisch die von den Verbrauchern geforderten Mengen; bei extremen Nachfrageschwankungen greift der Gaskessel automatisch ein.

Nach dem „Economiser“ werden die Rauchgase in einem Feinstaubfilter (8) gereinigt. Diese Anlage ist mit einem Gewebefilter ausgerüstet, welcher die tiefsten Rauchgaswerte sicherstellt. Vor dem Eintritt in den eigentlichen Gewebefilter erfolgt eine Abscheidung grober Partikel mittels integriertem Zyklon.

Im Gewebefilter durchströmen die zu reinigenden Gase ein Filtermedium (Gewebe). Der Filter ist in mehrere Sektionen (Filterschläuche) aufgeteilt. Der Staub bleibt zurück und baut sich zu einer Schicht auf. Diese Schicht wird sektionsweise, periodisch und automatisch mittels Druckluft von der Gegenseite abgeblasen. Die anfallende Flugasche fällt auf den Filterboden und wird mittels Schubboden und Transportschnecken in einen Container gefördert.

Gemäss Auskunft Betreiber läuft die Anlage seit gut vier Jahren ohne grössere Probleme. Mit Anbacken am Rost gab es bisher keine Probleme. Die Reinigungsabgänge werden mit pneumatischen Förderleitungen transportiert; auch hier läuft alles einwandfrei.



## 8 Thermische Verwertung MNP Schafisheim

Im Anhang sind folgende drei Dokumente enthalten, die das Vorgehen beim Abklären der Feuerungstechnik für MNP im Projekt Coop Schafisheim zeigen.

### 1. Brennstoffkonzept

Dieses Arbeitspapier beschreibt das Biomasse-Brennstoffkonzept unterteilt in Grundlagen, Sortiment, Logistik, Lagerung, Brennstoffmischung, Abrechnungsverfahren und Brennstoffliefervertrag.

### 2. Brennversuche

#### *Präqualifikation 1*

In der 1. Phase des Verbrennungstests wurden im Wesentlichen das Abbrandverhalten der Müllerebenenprodukte (MNP) geprüft sowie die Abgasemissionen gemessen.

#### *Präqualifikation 2*

Im Gegensatz zur 1. Phase der Verbrennungstests mit pelletierten MNP wurde in der Phase 2 loses Material zur Verfügung gestellt. Die Durchführung der 2. Phase der Verbrennungstests war fakultativ und diente weiteren Abklärungen des Abbrandverhaltens von losen Müllerebenenprodukten (MNP).

## 9 Literaturverzeichnis

[1] L. Hälg und T. Nussbaumer, „Potenzial staubförmiger Biomasse-Brennstoffe (Teil 1: Mengen und Brennstoffeigenschaften),“ Zürich, 2015.

[2] S. Trecco und P. Hennemann, „Optimierung der Aufbereitung und Logistik von MNP zur Nutzung als Brennstoff,“ Bern, 2015.

## 10 Anhang

Verzeichnis der Anhänge:

- Anhang 1: Brennstoffkonzept
- Anhang 2: Brennversuche, Prequalifikation 1
- Anhang 3: Brennversuche, Prequalifikation 2