

Umweltforschung in Baden-Württemberg

Abschlussbericht

**Planung und Durchführung eines Großversuchs für den  
Zollernalbkreis betreffend die Substitution fossiler  
Brennstoffe bei der Firma Holcim durch einen Mix aus  
Bioabfall und minderqualitativem Altpapier sowie  
Durchführung eines Großversuchs zur thermischen  
Verwertung des Mix in der  
Kopf-Klärschlamm-Vergasungsanlage, Balingen**

von

Erwin Thomanetz

Universität Stuttgart

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft

Förderkennzeichen: L75 25006

Laufzeit: 01.11.2005 - 30.04.2006

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

Dezember 2007

## **Vorbemerkungen, Arbeitsprogramm und Aufgabenstellung**

Im Landratsamt des Zollernalbkreises wurden Überlegungen angestellt, ob die gemeinsame Sammlung von Bioabfall plus Altpapier in einem Sammelgefäß und die nachfolgende Aufarbeitung dieses Mix zu einem schadstoffarmen Brennstoff gegenüber der derzeit praktizierten Bioabfall-Kompostierung und dem Altpapier-Recycling, kostenseitige und umwelttechnische Vorteile bieten könnte.

Hierzu wurde von der Universität Stuttgart im Jahre 2004 eine Studie<sup>1</sup> vorgelegt, in welchem die abfallwirtschaftliche IST-Situation im Zollernalbkreis dargestellt sowie hypothetische Szenarien betreffend Brennstoff-Erzeugung aus einem Bioabfall-Altpapier-Mix durchgerechnet wurden. So konnte u.a. festgestellt werden, dass die Herstellung und Verbrennung des Mix im Zementwerk gegenüber der derzeitigen Praxis umwelttechnisch vorteilhafte Aspekte aufweisen würde – und zwar vor allem im Hinblick auf die Einsparung von klimarelevantem CO<sub>2</sub> durch den Ersatz fossiler Brennstoffe im Zementherstellungsprozess. Darüber hinaus ließen sich Kostenvorteile ermitteln.

Basierend auf diesen Ergebnissen und auf Grund der Mengenvorgabe des Zementwerks, sollten praktische Untersuchungen in 20-Tonnen Maßstab folgen, um die Machbarkeit der o.g. theoretischen Studie festzustellen.

Die Arbeiten gliederten sich in folgende Schritte:

### **Projektabschnitt 1: Thermische Mix-Verwertung im Zementofen**

1. Beschaffung einwohneräquivalenter Mengen Biomüll und Altpapier durch die Abfallverwertungsanlage Kaiserslautern (Standort der Kugelmühle)
2. Herstellung des Mix durch Homogenisierung und Zerkleinerung von Biomüll und Altpapier in der fehlwurf-unempfindlichen Kugelmühle der Abfallverwertungsanlage Kaiserslautern
3. Transporte von Teilmengen des zerkleinerten feuchten Mix nach Balingen, Hohenheim und Grosselfingen durch die Firma Bogenschütz
4. Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix im Klärschlamm-Solartrockner der Kläranlage Balingen

---

<sup>1</sup> Studie: Stoff- und Energieflüsse sowie Kostensituation betreffend Bioabfall- und Papierverwertung am Beispiel des Zollernalbkreises für verschiedene hypothetische Szenarien im Auftrag des Landratsamts Zollernalbkreis, Balingen, gefördert vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und der Firma Bogenschütz Entsorgung, Grosselfingen (September 2004)

5. Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix in einem neuentwickelten Solartrockner (System der Universität Hohenheim)
6. Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix in einem mit Propan beheizten Bandtrockner (System Stela Laxhuber) auf dem Gelände der Firma Bogenschütz
7. Vereinigung der unterschiedlich getrockneten Mix-Fractionen und Siebung des Mix in einer Groß-Siebmaschine auf 30 mm Stückgröße auf dem Gelände der Firma Bogenschütz
8. Transport des getrockneten und gesiebten Mix mittels Walking Floor LKW zur Firma Holcim
9. Einblasung des Mix in den Zementofen der Firma Holcim, Dotternhausen

Da sich insbesondere die Trocknung des Mix sowohl betriebstechnisch als auch kostenseitig als problematisch erwies, wurde auf Vorschlag der Universität Stuttgart und in Abstimmung mit dem Auftraggeber das Projekt kostenneutral zeitlich verlängert und ein weiterer Projektabschnitt in Angriff genommen.

Ziel war jetzt nicht mehr die Einblasung des getrockneten Mix in den Zementofen, sondern die alternative thermische Verwertung des feuchten Mix in der Vergasungsanlage der Firma Kopf in Balingen - ohne vorherige Trocknung.

Um aussagefähige Daten betreffend die Vergasung zu erhalten, war nun eine Mix-Menge von rund 3 Tonnen (feucht) herzustellen.

Projektabschnitt 2: Thermische Mix-Verwertung in der Vergasungsanlage der Firma Kopf

1. Herstellung des Mix durch Vermischung einwohneräquivalenter Mengen Biomüll und Altpapier in Regie des Landratsamts Zollernalbkreis und der Firma Bogenschütz
2. Hin- und Rücktransport des feuchten Mix zur und von Firma Vecoplan in Bad Marienberg im Westerwaldkreis, in Regie des Landratsamts Zollernalbkreis und Firma Bogenschütz. (Diese Aktion musste ein zweites Mal durchgeführt werden, da die Vergasungsanlage beim ersten Mal auf Grund eines Defekts nicht verfügbar war).
3. Zerkleinerung des feuchten Mix in einer fehlwurf-unempfindlichen Schneidwalzenmühle bei der Firma Vecoplan (kostenlose Großversuche)
4. Zugabe des feuchten zerkleinerten Mix in die zwischenzeitlich ertüchtigte Klärschlamm Vergasungsanlage der Firma Kopf auf dem Gelände der Kläranlage Balingen (kostenloser Großversuch)

Die Durchführung der genannten Großversuche und deren Ergebnisse werden im weiteren dokumentiert.

## **Projektabschnitt 1** **Untersuchungen zur thermischen Mix-Verwertung im Zementofen**

### **1. Herstellung von ca. 50 Tonnen feuchtem, zerkleinerten und homogenisiertem Mix**

Die betriebssicher Zerkleinerung von Biomüll und Altpapier in technischem Maßstab muss dem Umstand möglicher Fehlwürfe an größeren Metallteilen oder Stahlbetonteilen Rechnung tragen. Derartige Materialien würden in ungeeigneten Mühlen immer wieder zu größeren Schäden und zu Stillstandszeiten führen.

Zu Beginn des Projekts war daher die Entscheidung für eine entsprechend robuste und gegenüber größeren Metallgegenständen unempfindliche Mühle zu treffen.

Nach entsprechenden Erkundigungen fiel die Wahl auf eine seit mehr als einem Jahrzehnt für die Restmüllzerkleinerung eingesetzte Kugelmühle der AVA Kaiserslautern.

Zwar ist bekannt, dass Kugelmühlen betreffend Energieverbrauch höher liegen als z.B. Schneidwalzenmühlen – allerdings sollte der Vorteil der Robustheit diesen nachteiligen Aspekt aufwiegen.

Aus diesem Grunde wurde mit der AVA Kaiserslautern Kontakt aufgenommen und die Zerkleinerungsversuche dort durchgeführt. Über die AVA Kaiserslautern wurde auch das zu zerkleinernde Material – Biomüll und Altpapier – geordert.

Im folgenden wird die im Projekt eingesetzte Kugelmühle näher charakterisiert.

### **Technische Spezifikationen der eingesetzten Kugelmühle**

Volumen Mühlenraum	25 m <sup>3</sup>
Volumen Stahlkugeln	5 m <sup>3</sup>
Anzahl Stahlkugeln	ca. 3000
Masse einer Stahlkugel (nicht abgenutzt)	ca. 8 kg
Üblicher Füllgrad Abfall im Mühlenraum	10 %
Umdrehungszahl	10 bis 17 U/min

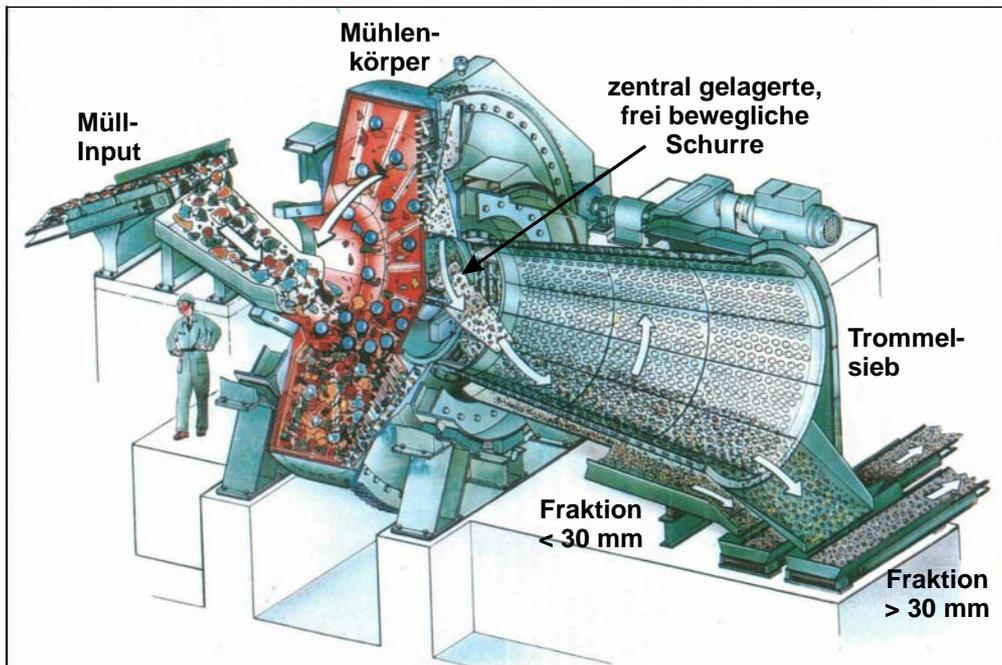
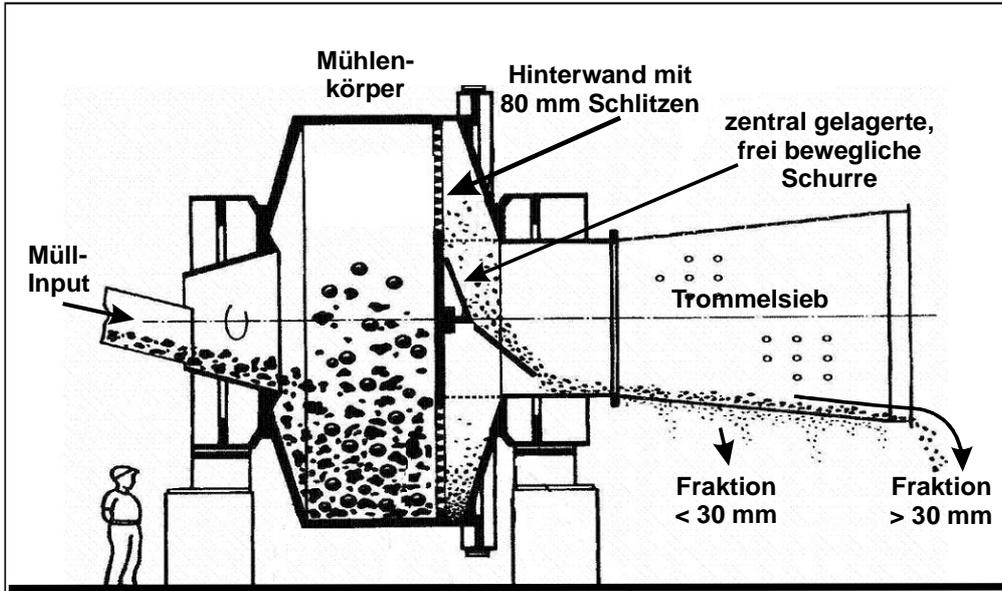


Abb. 1: Prinzipskizzen Kugelmühle



Abb. 2: Blick ins Innere der Kugelmühle



Abb. 3: 80 mm Schlitze im Innern der Kugelmühle für abgenutzte Kugeln



Abb. 4: Stahlkugeln und zerkleinerter Müll in der Kugelmühle

Im folgenden sind die Ergebnisse der Zerkleinerung von Biomüll und Altpapier in der Kugelmühle wiedergegeben.

## 2. Ergebnisse der Mix-Herstellung in der Kugelmühle (AVA Kaiserslautern)

In der folgenden Massenbilanz sind die wesentlichen Ergebnisse der Mix-Herstellung in der Kugelmühle ersichtlich:

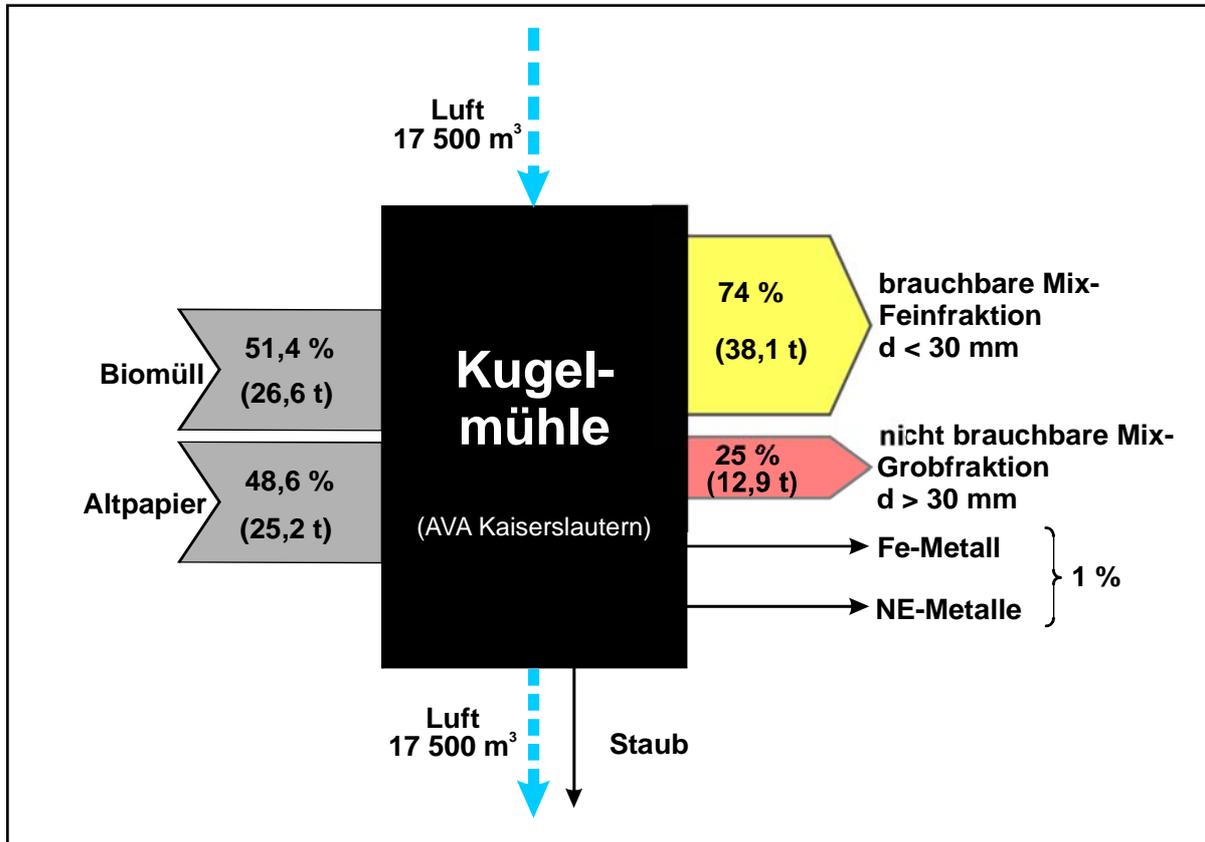


Abb. 5: Massenbilanz der Mix-Herstellung in der Kugelmühle (AVA Kaiserslautern)

Anhand der Grafik ist zu erkennen, dass lediglich 74 Massen% vom Input als brauchbare Mix-Feinfraktion resultierten.

Rund 25 Massen% des Input waren unbrauchbar für das weitere Projekt – d.h. die Kugelmühle war nicht imstande, bestimmte Abfallinhaltsstoffe – insbesondere feuchte kompakte Illustrierten – entsprechend fein zu zerkleinern. Die Grobfraktion bestand überwiegend aus verdichteten flachen, handtellergroßen Lappen. Dieser, so nicht erwartete Befund, welcher für die unbrauchbare Grobfraktion einen eigenen Entsorgungsweg nötig machen würde, ist als gravierender Nachteil zu werten.

Weitere Resultate des Kugelmühlen- Output in tabellarischer Form:

Tabelle 1: Eigenschaften des Kugelmühlen-Output

Parameter	Brauchbare Feinfraktion	Nicht brauchbare Grobfraktion
Schüttdichte (t/m <sup>3</sup> feucht)	0.35	0.16
Heizwert (H <sub>u</sub> ) (MJ/kg TS)	14.7	15.3

Hieran ist ersichtlich, dass der angestrebte Heizwert von ca. 15 MJ/kg TS von der Feinfraktion erreicht wird.

Tabelle 2: Spezifischer Energiebedarf (elektrisch) der Mix-Herstellung in der Kugelmühle und Vergleich mit Literaturdaten

Material	Spezifischer Energiebedarf in kWh / t		
	Rotorschere	Schraubenbrecher	Kugelmühle
<b>Mix</b> (Messwert)	-	-	<b>17.7</b>
Zementklinker	-	-	30 - 52
NE Metallabfälle	30 – 90	-	-
Altreifen	18 – 45	-	-
Hausmüll	5 – 13	4 – 15	-
Sperrmüll	8 – 22	4 – 20	-
Holzabfälle	7 – 16	14 – 45	-
Biomüll	-	5 – 11	-

Die folgende Tabelle gibt zusammenfassend die Vor- und Nachteile der Mix-Herstellung in der Kugelmühle wieder:

Tabelle 3: Vorteile und Nachteile einer Kugelmühle zur Mix-Herstellung

Vorteile	Nachteile
Unempfindlichkeit gegenüber großen Metallgegenständen	Unvermeidbare Erzeugung einer unerwünschten Grobfraktion (25 Masse%)
Zerkleinerung und Homogenisierung erfolgen simultan	Vergleichsweise hoher Energieverbrauch

Fazit: Vom Einsatz einer Kugelmühle für die großtechnische Mix-Herstellung ist abzuraten. Am Markt sind alternative Mühlen – ohne die Nachteile der Kugelmühle - zu suchen.

### 3. Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix (brauchbare Feinfraktion) im Klärschlamm-Solartrockner der Kläranlage Balingen

Nach erfolgreichem Transport einer Teilmenge der brauchbaren Feinfraktion des Mix nach Balingen schloss sich die Trocknung in der zur Kläranlage Balingen gehörigen Klärschlamm-Solartrocknungsanlage an. In dieser Anlage werden pro Jahr rund 21 000 Tonnen Klärschlamm solar getrocknet.

#### Technische Spezifikationen des für die Mix-Trocknung verfügbaren Solartrockners (Kläranlage Balingen)

Anzahl Trocknungslinien (Förderbänder)	12
Länge eines Förderbands	6 m
Breite eines Förderbands	1,9 m
Verfügbare Trocknungsfläche	140 m <sup>2</sup>
Schichtstärke Mix auf dem Förderband	15 cm
Eingebrachte Mix-Menge	ca. 7 t (= ca. 20 m <sup>3</sup> )
Wassergehalt Mix, Trocknungsbeginn	ca. 35 Masse%

Die folgenden Fotos geben einen Eindruck der Mix-Behandlung im Solartrockner:



Abb. 6: Eintrag des feuchten Mix in die Vorlage des Solartrockners



Abb. 7: Aufbringung des Mix auf das Förderband (Etage 1)



Abb. 8: Beschickte Förderband-Etagen des Solartrockners

#### 4. Ergebnisse der Mix-Trocknung im Solartrockner der Kläranlage Balingen

Die folgende Grafik gibt den Trocknungsverlauf des Mix im Solartrockner der Kläranlage Balingen wieder:

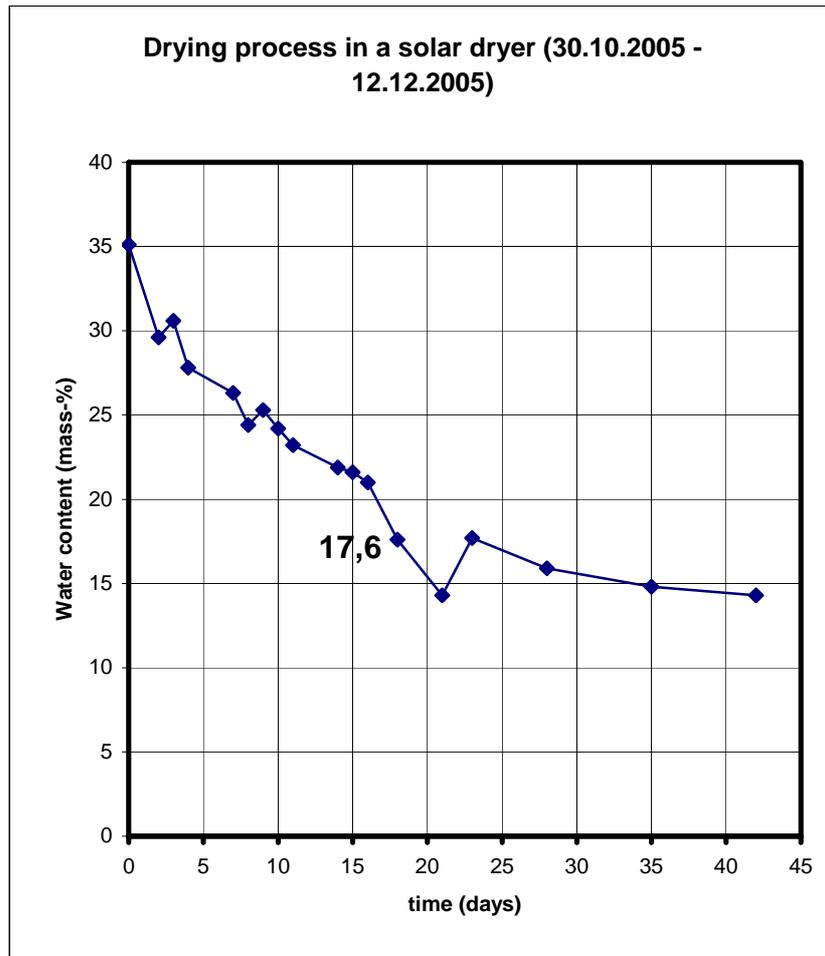


Abb. 9: Mix-Trocknungskurve, Solartrockner Balingen (November 2005). Unstimmigkeiten im Kurvenverlauf sind auf Proben-Inhomogenitäten zurückzuführen

Es ist zu erkennen, dass der angestrebte Wassergehalt von kleiner 18 Masse% - hier 17.6 Masse% nach 18 Tagen erreicht ist. Eine weitergehende Trocknung ist nicht lohnend.

Es sei angemerkt, dass das Trocknungsergebnis bei schönem Wetter im November erhalten wurde. Es darf angenommen werden, dass sich die Trocknungszeiten im Sommer deutlich verkürzen.

In der nächsten Grafik ist die Massenbilanz für die solare Mix-Trocknung in der Balingen Solartrocknungsanlage wiedergegeben:

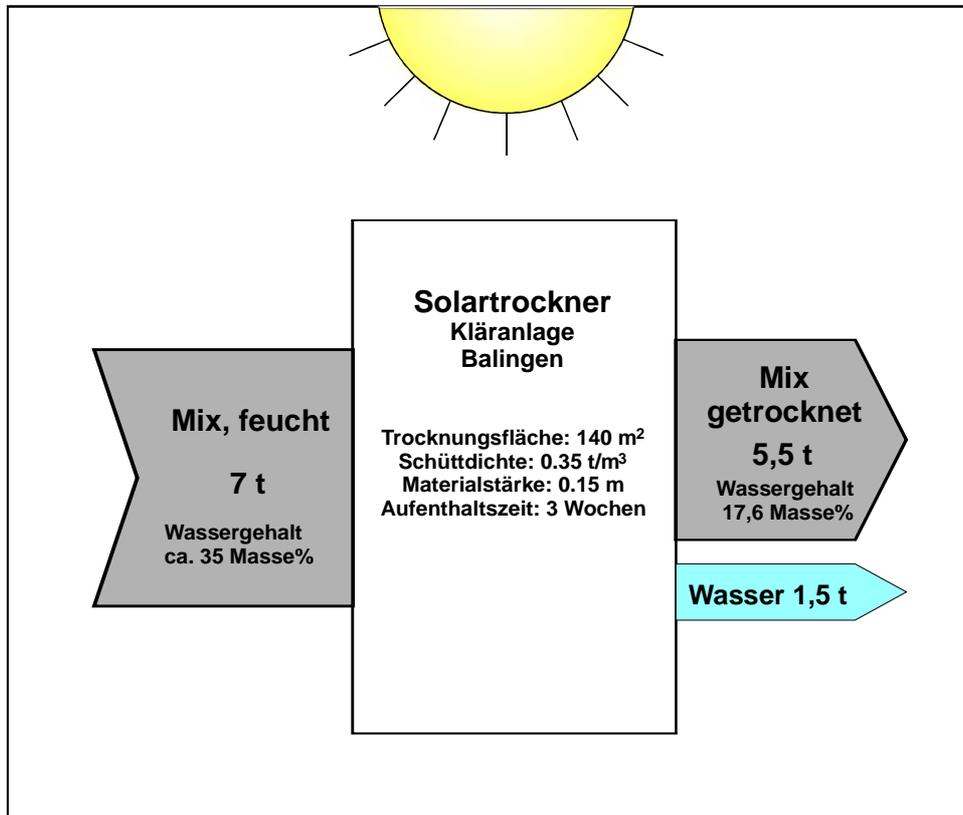


Abb. !0: Massenbilanz der Mix-Solartrocknung (Solartrockner Balingen)

Fazit:

Die Trocknung des Mix in der Balingen Klärschlamm-Trocknungsanlage verlief zwar störungsfrei – dennoch wurden nach Beendigung der Trocknung und Revision des Trockners, zahlreiche Kleinteile, wie Drähte, Schnüre, Fasern, Kronkorken u.ä. in der Lagerung der Förderbänder vorgefunden, welche früher oder später zu technischen Problemen geführt hätten.

Aus diesem Grunde sollte zur solaren Mix-Trocknung eine weniger empfindliche Verfahrenstechnik zur Anwendung kommen, wie z.B. der im Rahmen des Projekts ebenfalls untersuchte, neuentwickelte Solartrockner der Universität Hohenheim.

Alternativ sollen Versuche mit einem gasbeheizten Kompaktrockner durchgeführt werden.

## 5. Ermittlung des Flächenbedarfs für eine großtechnische solare Mix-Trocknung

Basierend auf den o.g. Ergebnissen für die Mix-Solartrocknung in der Balingen Anlage kann der Flächenbedarf einer großtechnischen Mix-Trocknungsanlage für den Zollernalbkreis wie folgt überschlagen werden:

Tabelle 4: Berechnungsgrundlagen für den Flächenbedarf eines Trockners für die solare Mix-Trocknung

<b>Basis-Parameter bzw. plausible Annahmen</b>	
Mix-Trocknungszeit im Winter (Nov-März)	3 Wochen
Mix-Trocknungszeit im Sommer (April-Okt)	1 Woche
Mix Chargen im Winter	5 (*)
Mix Chargen im Sommer	22 (*)
Mix Chargen pro Jahr	27
Mix Schüttdichte	0,35 t/m <sup>3</sup>
Länge einer Trocknungsstrasse	6 Meter (**)
Breite einer Trocknungsstrasse	1,9 Meter
Mix-Schütthöhe auf dem Band	0,2 Meter

(\*) mit Sicherheitsfaktor 1,4

(\*\*) Trocknungsstrassen besitzen 2 Etagen

Tabelle 5: Berechnung Flächenbedarf eines Trockners für die solare Trocknung für den gesamten im Zollernalbkreis anfallenden Mix

<b>Gesamtmenge Mix im Zollernalbkreis: 19 800 t/a</b>	
Anzahl notwendiger Trocknungsstrassen	920
Gesamtfläche Trocknungsstrassen	1 Hektar
Flächenbedarf**	0,5 Hektar

(\*\*) Trocknungsstrassen besitzen 2 Etagen

Fazit:

Die Berechnung zeigt, dass der Flächenbedarf von 0,5 Hektar für einen Mix-Solartrockner erheblich ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der tatsächliche Flächenbedarf für eine solche Anlage in der Praxis noch deutlich höher wäre, da die Anlage aus zahlreichen Trocknungshäusern mit dazwischenliegenden Verkehrsflächen und überdachten Zwischenlagerplätzen realisiert werden müsste.

## 6. Versuche mit der Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix (brauchbare Feinfraktion) in einem gasbeheizten Bandtrockner (25. Mai bis 09. Juni 2006)

Die Daten wurden mit einem angemieteten propanbeheizten Bandtrockner der Firma Stela Laxhuber, Massing, ermittelt.

Zuluftzuführung:	von oben auf das Gut
Zuluftdurchsatz:	ca. 17000 m <sup>3</sup> /h oder 20,7 t/h, entspr. 166 t/t MIX
Zulufttemperatur:	90°C
Ablufttemperatur:	45°C
Schütthöhe Mix (Bandanfang):	14,5 cm
Mix-Durchsatz:	125 kg/h bei dieser Schütthöhe
Bandlänge:	3,2 m (davon Trocknungszone 2,4 m)
Bandgeschwindigkeit:	0,27 m/min (dies ist die maximale Bandgeschwindigkeit)
mittlere Aufenthaltszeit:	12 min (davon in Trocknungszone 9 min)
Masse INPUT (total):	200,1 kg
Masse OUTPUT (total):	138,9 kg
Wassergehalt INPUT:	ca. 35 Masse-%
Wassergehalt OUTPUT:	ca. 7 Masse-%
Energieeintrag:	3,48 kg/h Propan ( $H_u = 12,9$ kWh/kg)
spez. Propanverbrauch:	29 kg/t Mix bzw. 95 kg/t H <sub>2</sub> O
spez. Energieverbrauch:	374 kWh/t Mix (Propan) + 28 kWh/t Mix (elektrisch) oder 1226 kWh/t H <sub>2</sub> O (Propan) + 92 kWh/t H <sub>2</sub> O (elektrisch)



Abb. 11: Mix-Trocknung im STELA-Bandtrockner (bei Firma Bogenschütz, Grosselfingen)

## 6. Ergebnisse der Versuche mit dem STELA-Bandrockner

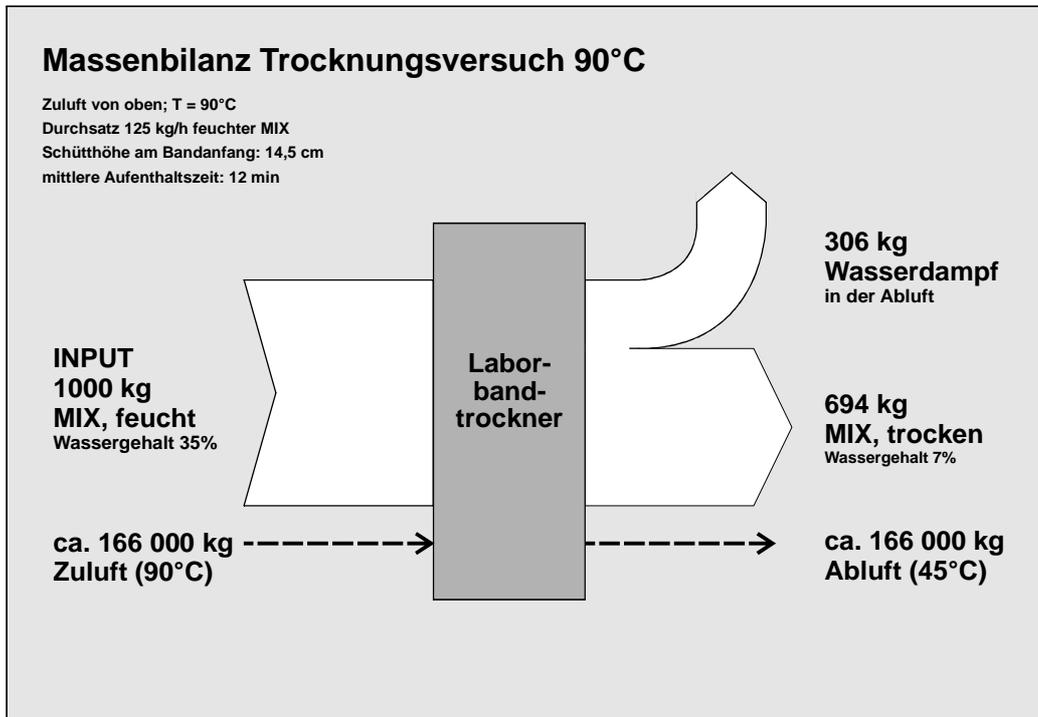


Abb. 12: Massenbilanz des optimalen Versuchs mit dem Bandrockner

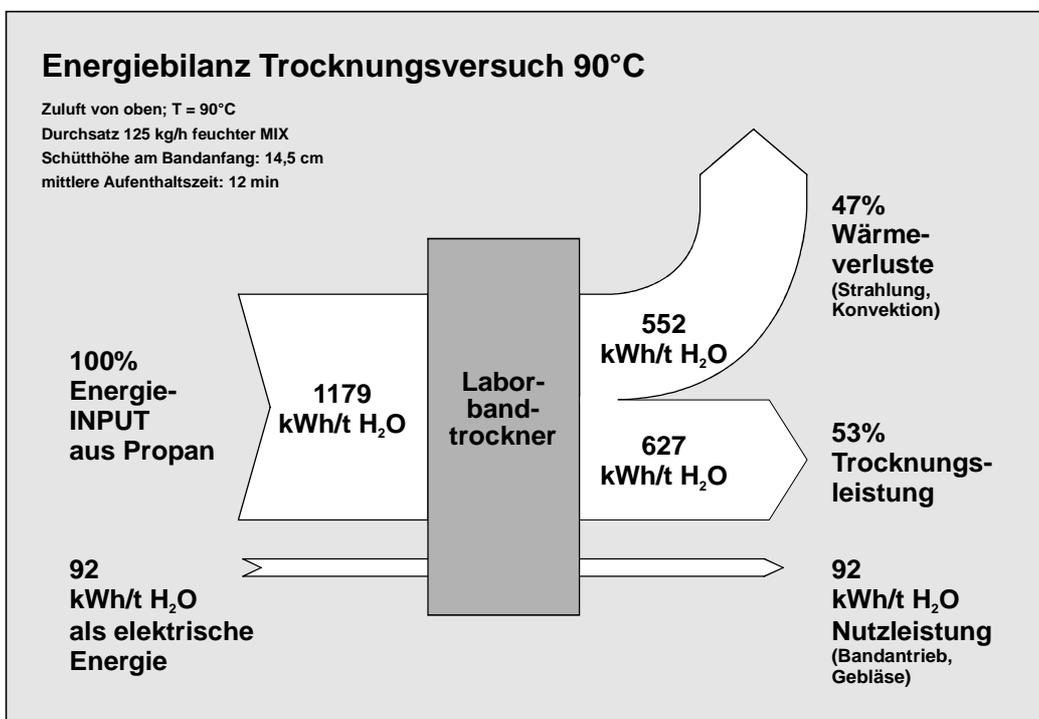


Abb. 13: Energiebilanz des optimalen Versuchs mit dem Bandrockner

Folgende Sachverhalte sind festzuhalten:

- Beim optimalen Versuch (Zuluft. 90 °C) war der Wassergehalt des Output mit 7 Masse-% niedriger als das Trocknungsziel (15 Masse-%), d.h. der Trockner arbeitete unter den gewählten Bedingungen besser als verlangt.
- Bei Trocknung mit 100 °C und gleicher Bandgeschwindigkeit verbesserte sich das Trocknungsergebnis nicht. Die Ablufttemperatur erhöhte sich dabei auf 55 °C, d.h. die Wärmeverluste waren größer.
- Bei Temperaturen von 80 °C und 85 °C und unveränderter Bandgeschwindigkeit konnte das Trocknungsziel nicht erreicht werden, es resultierte ein Wassergehalt von 19 bzw. 17 Masse-%.
- Bei Einstellung unterschiedlicher MIX-Schütthöhen – 8 cm, 11 cm und 14,5 cm – wurde bei keiner der eingestellten Temperaturen eine nennenswerte Änderung des Output-Wassergehalts festgestellt, d.h. die Schütthöhen in diesem Bereich beeinflussen das Trocknungsergebnis nicht nennenswert.
- Mit den im Versuch für den Betrieb des Förderbandes eingebauten Zahnrädern konnte die Bandgeschwindigkeit nicht weiter erhöht werden. Dies wäre jedoch notwendig gewesen, um das Ergebnis ggf. weiter zu optimieren.

Hieraus ist zu folgern, dass die optimale Trocknungstemperatur, welche um 90°C liegt, durch Erhöhung der Bandgeschwindigkeit bis zur Einstellung eines Output-Wassergehalts von 15 Masse-% zu ermitteln ist. Der Gutdurchsatz könnte so erhöht und damit der spezifische Verbrauch sowohl von elektrischer Energie als auch von Brennstoff erniedrigt werden.

Bei der anfänglichen Luftzufuhr von unten durch das Lochblechband auf das Gut war starke Staubentwicklung zu beobachten. Der Staub wurde mit der Abluft aus dem Trockner ausgetragen und verstopfte innerhalb kurzer Zeit (ca. 2 Stunden) die Abluftrohre. Die Staubentstehung konnte durch die Luftzufuhr von oben auf das Gut verringert werden; dennoch waren die Querschnitte der Abluftrohre nach etwa fünftägigem Betrieb durch Ablagerungen feuchten Staubs stark verengt.

Der Zuluft-Volumenstrom beim verwendeten Laborbandtrockner ist nicht regelbar. Für den Praxiseinsatz eines Bandtrockners für den Papier-Biomüll-Mix wäre ein geringerer Zuluftstrom wünschenswert. Die Staubentstehung und möglicherweise auch der Energieverbrauch könnten so deutlich verringert werden.

Biomüll enthält immer eine gewisse Menge Sand, welcher sich sowohl in den Scharnieren als auch in den Führungsschienen des Förderbandes festsetzte und den Betrieb der Anlage (bis hin zu Bandstillständen) störte.

Fazit aus den Ergebnissen der Versuche mit dem STELA-Bandrockner:

:

Der Versuch hat gezeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, das Papier-Biomüll-Gemisch in einem konventionellen propanbeheizten Bandrockner in kurzer Zeit zu trocknen. Rein rechnerisch könnte eine entsprechende Bandrocknungsanlage die täglich anfallende Mix-Menge mit einem Ausgangswassergehalt von etwa 40 Masse-% auf den gewünschten Endwassergehalt von ca. 15 Masse-% trocknen.

Allerdings sind hierfür größere Mengen Brennstoff für die Warmlufterzeugung erforderlich. Als spezifischer Wert ist von ca. 300 kWh pro Tonne feuchter Mix auszugehen.

Die Trocknung einer Tonne feuchten Mix erfordert einen Volumenstrom von etwa 110 000 Kubikmetern warmer Luft mit einer Temperatur von ca. 90 °C.

In Anbetracht der CO<sub>2</sub>-Problematik erscheint es allerdings nicht realistisch die erforderliche Wärme durch Verbrennung fossiler Brennstoffe (hier: Propan) zu erzeugen. Vielmehr sollte versucht werden, Abwärme aus bestehenden (oder geplanten) Anlagen zu nutzen.

So wäre darüber nachzudenken, ob nicht ein Teil der im Zementwerk anfallenden Abwärme ausgekoppelt und für die Trocknung verfügbar gemacht werden könnte. Auch Abwärme aus einem (noch zu erstellenden) Holzhackschnitzel-Kleinkraftwerk wäre denkbar.

Vor einer großtechnischen Realisierung einer STELA-Bandrocknungsanlage für die Trocknung des Papier-Biomüll-Mix müssten allerdings noch folgende bedeutsame technische Probleme konstruktiv gelöst werden:

- Wärmetechnische Anbindung des Bandrockners an eine Warmluftquelle
- Vermeidung von Betriebsstörungen durch anlageninterne Staubverfrachtungen mit der Folge der Verblockung von Rohrleitungen
- Vermeidung von Betriebsstörungen durch anlageninterne Sandablagerungen
- Ggf. Installation einer nachgeschaltete Entstaubung, um Staub-Emissionsgrenzwerte einzuhalten.

Diese Positionen können erst im Rahmen einer Vorplanung kalkuliert werden.

**8. Versuche mit dem Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix (brauchbare Feinfraktion) im einem neuentwickelten Solartrockner der Universität Hohenheim (08. bis 18. Juni 2006)**

Versuchsdaten:

Lüftung:	Abluftventilator am First der Trocknungshalle
Luftdurchsatz:	ca. 25 000 m <sup>3</sup> /h oder 30,5 t/h, entspr. 915 t/t MIX
Luftwechselrate:	ca. 57 h <sup>-1</sup>
Zulufttemperatur Ø:	21,8°C
Ablufttemperatur Ø:	26,4°C
Schütthöhe:	ca. 30 cm
Trocknungsfläche:	75 m <sup>2</sup>
Trocknungsdauer:	10 d
Wendehäufigkeit:	1 h <sup>-1</sup> bzw. 24 d <sup>-1</sup>
Mix-Input :	7,9 t
Mix-Output:	6,0 t
Wassergehalt INPUT:	ca. 35 Masse-%
Wassergehalt OUTPUT:	ca. 14 Masse-%
möglicher Tagesdurchsatz	0,8 t MIX / d (unter Versuchsbedingungen)
Energieeintrag:	ca. 3 kWh/(m <sup>2</sup> d) solar
spez. Energieverbrauch:	281 kWh/t MIX (solar) + 12 kWh/t MIX (elektrisch) oder 1168 kWh/t H <sub>2</sub> O (solar) + 49 kWh/t H <sub>2</sub> O (elektrisch)



Abb. 14: Mix-Trocknung mit dem Solartrockner der Universität Hohenheim

## 9. Ergebnisse der Versuche mit dem Solartrockner der Universität Hohenheim

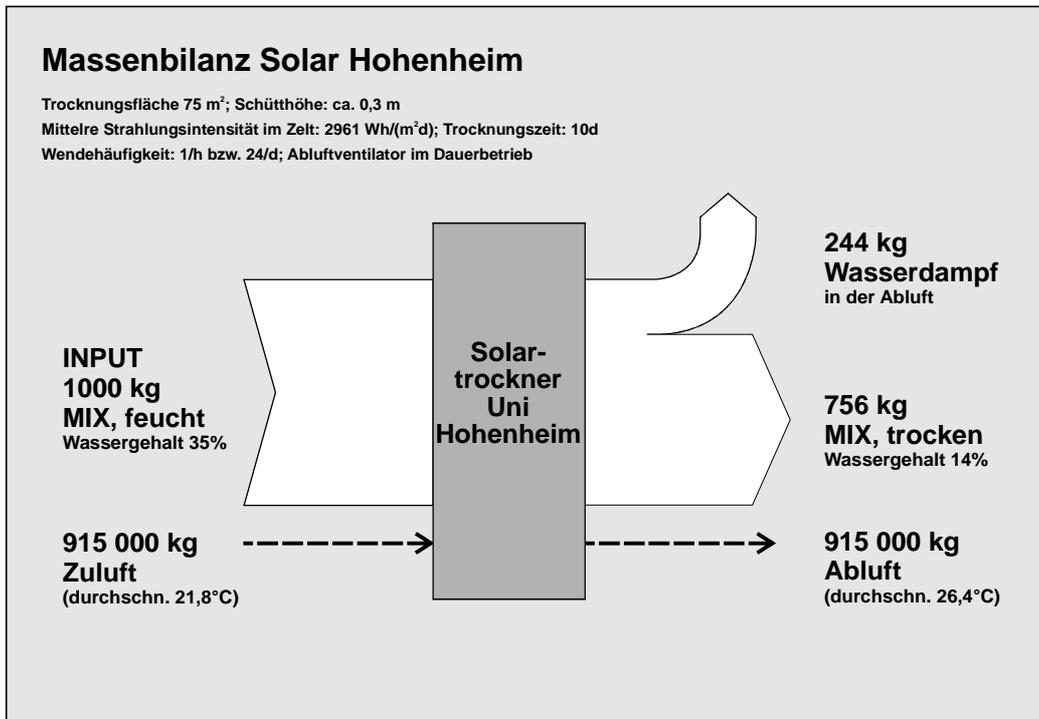


Abb. 15: Massenbilanz des Versuchs im Hohenheimer Solartrockner

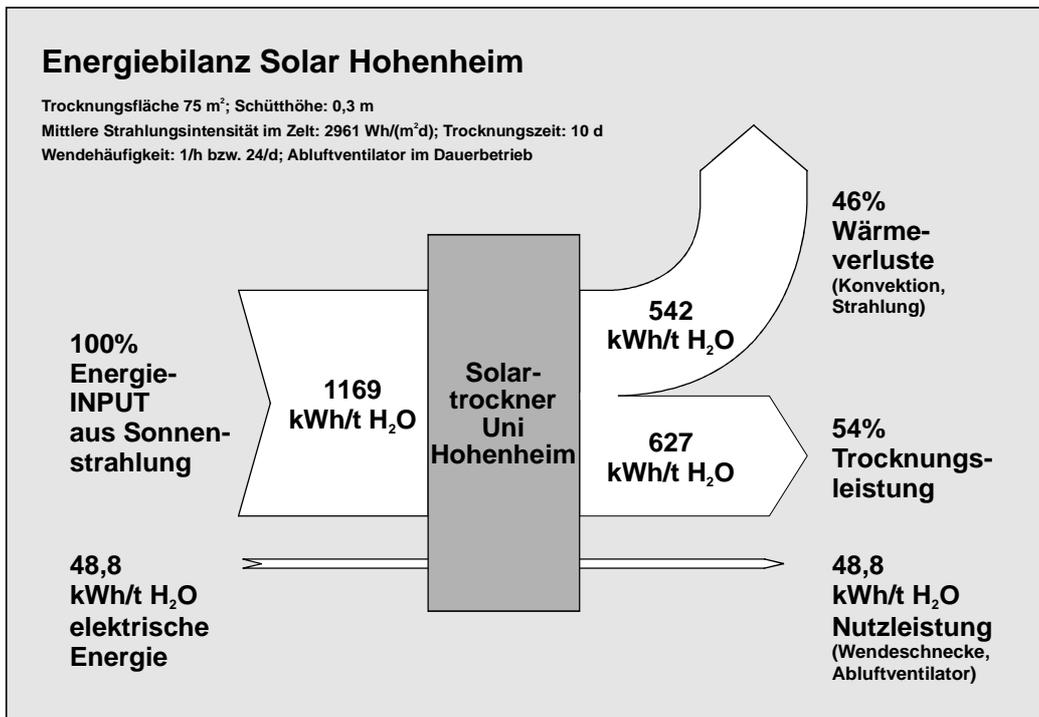


Abb. 16: Energiebilanz des Versuchs im Hohenheimer Solartrockner

Folgende Sachverhalte sind festzuhalten:

- Der für die Klärschlamm-trocknung an der Universität Hohenheim neuentwickelte Solartrockner erwies sich auch für die Mix-Trocknung grundsätzlich als praktikabel. Die Besonderheit dieses, an ein Gewächshaus erinnernden Trockners, besteht in einer speziellen Wendeschnecke, deren zurückzulegender Arbeitsweg mittels einer variablen Steuerung programmiert werden kann.
- Der Luftaustausch innerhalb der Leichtbauhalle erfolgte mit einem am First installierten Ventilator. Im Zuge des Trocknungsversuchs wurde allerdings eine Steuerung des Firstventilators an Hand von Temperatur und Luftfeuchte nicht vorgenommen - vielmehr wurde dieser Tag und Nacht mit konstanter Drehzahl betrieben. Dies hatte zur Folge, dass nachts kühle Luft über das Gut gezogen wurde, wodurch eine gewisse Wiederbefeuchtung des Guts resultierte. Der spezifische Bedarf an elektrischer Energie war somit zum einen durch die überflüssigen Betriebsstunden des Firstventilators als auch durch die hierdurch bedingte längere Trocknungsdauer verhältnismäßig hoch. Durch automatisierte Ventilatorsteuerung ist jedoch eine Verringerung des Energieverbrauchs um mehr als 50% zu erwarten.
- Im Versuch wurde das Gut verhältnismäßig häufig, nämlich Tag und Nacht einmal in der Stunde gewendet. Vermutlich wäre eine Wendehäufigkeit zwischen zwei und sechs mal täglich während der Sonnenstunden ausreichend gewesen, wodurch sich der spezifische Bedarf an elektrischer Energie verringern ließe.
- Die bei der Klärschlamm-trocknung zusätzlich eingesetzten, direkt aufs Gut blasenden Vertikalventilatoren blieben wegen der starken Staubentwicklung während des gesamten Versuches ausgeschaltet. Die Luftumwälzung geschah ausschließlich durch den Firstventilator.

Fazit der Ergebnisse der Versuche mit dem Solartrockner der Universität Hohenheim:

Der Versuch hat gezeigt, dass es bei idealem Sommerwetter grundsätzlich möglich ist, das Papier-Biomüll-Gemisch in einem Solartrockner in wenigen Tagen zu trocknen. Unter derartigen Randbedingungen könnte ein solcher Solartrockner, rein rechnerisch, die jährlich im Zollernalbkreis anfallende Mix-Menge von 20 000 Tonnen mit einem Ausgangswassergehalt von 40 Masse-% auf den gewünschten Endwassergehalt von ca. 15 Masse-% trocknen.

Bedingt durch die übers Jahr nicht verlässliche Sonneneinstrahlung in Baden-Württemberg, sollte ein Solartrockner für den Mix vielmehr als solar unterstützter Trockner betrieben werden, da ein rein solarer Betrieb nicht realisierbar ist. Der Hauptanteil an Warmluft – hier als Niedertemperaturwärme – wäre dann aus externer Quelle zu beziehen.

Diese Wärme könnte z.B. aus Abwärme des Zementwerks stammen. Auch Abwärme aus einem (noch zu erstellenden) Holzhackschnitzel-Kleinkraftwerk wäre denkbar.

Durch solche CO<sub>2</sub>-neutralen Maßnahmen wäre dann auch eine Trocknung unabhängig von Witterung und Jahreszeit sowie rund um die Uhr möglich.

Vor der großtechnischen Realisierung einer solar unterstützten Mix-Trocknungsanlage müssten allerdings noch folgende technische Probleme gelöst werden:

- Wärmetechnische Anbindung der zahlreichen Solartrocknungs-Leichtbauhallen an eine Warmluftquelle mittels geeigneter Rohrsysteme
- Installation einer nachgeschalteten druckverlustarmen Technik für die Entstaubung der Abluft im Anschluss an die Firstventilatoren, um ggf. Staub-Emissionsgrenzwerte einhalten zu können.

Derartige Positionen können naturgemäß erst im Rahmen einer Vorplanung kalkuliert werden.

## **10. Erkenntnisse und Empfehlungen betreffend die Mix-Trocknungsversuche**

- Bandtrockner bedeutet im Folgenden ausschließlich der Bandtrockner der Fa. STELA
- Solartrockner bedeutet im Folgenden ausschließlich Solartrockner System Uni Hohenheim

(Die Untersuchungsergebnisse mit der Klärschlamm-Solartrocknungsanlage in Balingen werden hier nicht berücksichtigt – vielmehr wird hier nur das technisch leistungsfähigere System der Universität Hohenheim kommentiert).

- Die aufzuwendende elektrische Energie für die solare Trocknung ist wesentlich geringer als die für den Bandtrockner
- Der Platzbedarf für die solare Trocknung ist wesentlich größer als die für den Bandtrockner
- Eine Solartrocknung ohne kostenlose (oder niedrigpreisige) Zusatzwärme – z.B. ohne Abwärme aus einem thermischen Prozess – ist nicht vernünftig zu realisieren.
- Ein ausschließlich propanbefuerter Bandtrockner ist für die Mix-Trocknung nicht zu empfehlen – die Brennstoffkosten wären zu hoch. Auch handelt es sich bei Propan um einen fossilen Brennstoff. Daher ist auch die Bandtrocknung nur dann vernünftig zu realisieren, wenn statt Propan kostenlose (oder niedrigpreisige) Abwärme aus einem thermischen Prozess eingesetzt würde.

- Ein Bandrockner erfordert höhere Zulufttemperaturen als die solare Trocknung – 90°C im Vergleich zu 50°C. Bei Abwärmenutzung wären beim Bandrockner evtl. kleinere Zuluft-Volumenströme zu verwirklichen als beim Solartrockner. Der Zuluftbedarf je Tonne Input ist jedoch beim Bandrockner höher als beim Solartrockner.
- Staub & Sand verursachen beim Solartrockner keine Probleme.
- Probleme durch Staub & Sand müssten beim Bandrockner noch gelöst werden.
- Bei heftigen Sturmereignissen („Lothar“) werden die Leichtbauhallen des Solartrockners ganz oder teilweise zerstört. (Dies ist allerdings ein Problem aller Gewächshäuser).

Falls im Zollernalbkreis kostenlose (oder niedrigpreisige) Abwärme aus einem thermischen Prozess zur Verfügung stünde, glichen sich die Vor- und Nachteile der beiden verschiedenen Verfahren weitestgehend aus.

Eine abschließende Empfehlung hängt von den Rahmenbedingungen im Zollernalbkreis ab, so u.a. von:

- Verfügbarkeit von Platz – insbesondere betreffend die Solartrocknung
- Menge und Temperaturniveau der einsetzbaren Abwärme – hier mit Blick auf eine kostenlose (oder kostengünstige) Wärmequelle
- Vergleichende Abwägung der aufzuwendenden Investitionen und Betriebskosten für beide Trocknersysteme. (Diesbezüglich müssten einschlägigen Firmen konsultiert werden).

## 11. Siebung des getrockneten Mix für den Einblasversuch im Zementwerk

Auf Grund der Vorgabe des Zementwerks, dass das einzublasende Gut vollständig homogen und ohne sperrige Störstoffe sein sollte, wurde der aus allen drei Trocknungsstellen (Balingen, Hohenheim, Grosselfingen) stammende trockene Mix, aus Sicherheitsgründen einer Siebung (30 mm) unterzogen.

Die Vorgabe des Zementwerk ist verständlich, da der Durchmesser des Einblasrohrs lediglich 10 cm beträgt und bereits ein einziges sperriges Teil im Einblasgut mühsam zu behebende Verstopfungen in dem über 50 Meter langen Rohr verursachen würde.

Daher wurde eine Spezialfirma (Fa. Otto Klein, Denkendorf) beauftragt, welche die etwa 40 m<sup>3</sup> Trockengut mit einem mobilen Trommelsieb absiebte (siehe nachfolgendes Foto).



Abb. 17: Siebung des getrockneten Mix mit einem Trommelsieb (30 mm)

Ergebnis der Siebaktion: Die Siebung war erfolgreich, zumal einige Kilogramm Störstoffe (Mix-Grobfraktion, Leiterplatten, Holzstücke) ausgesondert werden konnten, welche vermutlich durch Unachtsamkeiten in das Trockengut gelangten.

## 12. Einblasversuch des getrockneten Mix in den Zementofen

Um den Einblas-Großversuch im Zementwerk Holcim, Dotternhausen, durchführen zu können, ist die Einbringung des Blasguts in einen an die Einblasstation andockfähigen Walking Floor LKW erforderlich. Der von oben beschickbare Laderaum des LKW ist mit einem Förderband-ähnlichem Boden ausgestattet, mit dem das Ladegut, automatisch gesteuert, in die Schneckenförderer der Einblasstation geschoben werden kann.

Folgendes Foto zeigt die Beladung eines solchen LKW mit dem getrockneten und gesiebten Mix auf dem Gelände der Firma Bogenschütz.



Abb. 18: Befüllung des Walking Floor LKW mit dem getrockneten Mix

Die folgenden Fotos geben einen Eindruck von Procedere des Einblasvorgangs im Zementwerk:

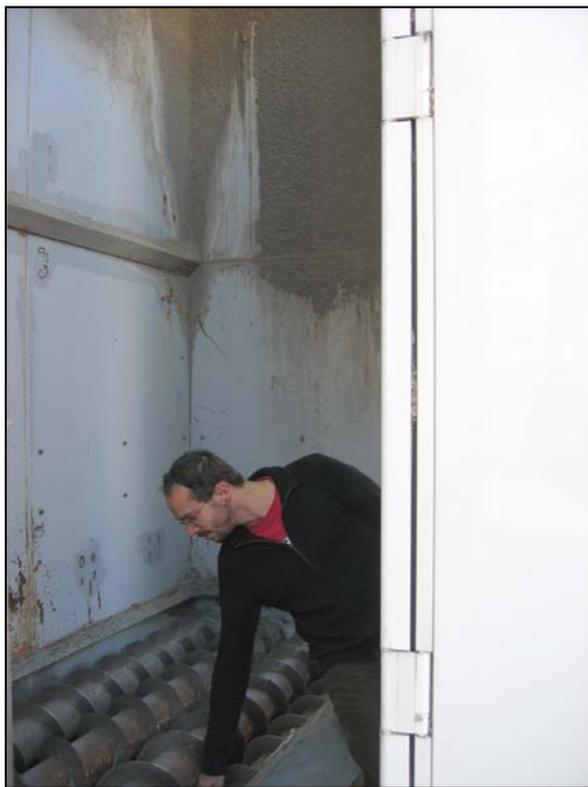


Abb. 19: LKW, kurz vor Andocken an die Schneckenförderer der Einblasstation



Abb. 20: An die Einblasstation andockter Walking Floor LKW



Abb. 21: Rückseite der Andockstelle mit Blasleitung



Abb. 22: Verlauf der Blasleitung zum Drehrohrföfen



Abb. 23: Zementdrehrohrföfen , Einblasseite



Abb. 24: Ansicht der Brennstoff-Einblasleitungen für Kohlenstaub und Erdgas in die Stirnseite des Zementofens. Die Rohrleitung mit dem kleinen Durchmesser ist die Ersatzbrennstoff-Blasleitung

### 13. Ergebnisse des Einblasversuchs von getrocknetem Mix in den Zementofen

Nach erfolgtem Einblasversuch wurde das Ergebnis in einem Schreiben der Firma Holcim wie folgt zusammengefasst:



#### **Versuch mit Mix Bioabfall/Altpapier am 18./19.10.2006**

Material: Mischung aus Biomüll (50 %) und Altpapier (50 %) wurde zerkleinert, getrocknet und abgeseibt (< 25 mm)

Eine Probe des Materials wurde vor der Versuchsdurchführung im Labor untersucht. Die Ergebnisse lieferten keinen Hinweis, die einem Versuchseinsatz des Materials entgegenstanden.

Bei dem Versuch wurde mit einer Aufgabemenge von 500 kg/h begonnen und bis zu einer Aufgabemenge von 1 t/h gesteigert.

#### **Auswertung Versuch:**

Leider gab es bei der Versuchsdurchführung mehrere Störungen der Förder- einrichtung, die teilweise durch Fremdstoffe im Material verursacht waren. So war es nicht möglich über einen Zeitraum von 24 Stunden das Material kontinuierlich einzusetzen.

Die Förderung und die Dosierung des Materials war problemlos, der Materialfluss war sehr konstant. Auffällig war der hohe Staubanteil.

Eine Kohleersparnis ist bei einer Einsatzmenge von 500 kg/h nicht zu beobachten. Erst bei höheren Einsatzraten kann die Kohlemenge reduziert werden.

Bei Einsatzmengen > 700 kg/h ist eine erhöhte Ansatzbildung im Drehrohrofen zu beobachten. Die Beobachtungszeit war zu kurz um beurteilen zu können, wie sich die Ansatzbildung weiter auswirkt und ob es zu einer Verschiebung der Flamme kommt.

Bedingt durch die zu kurzen Versuchsphasen kann ebenso wenig beurteilt werden, inwieweit sich das Material auf die Qualität des Klinkers auswirkt.

#### **Zusammenfassung:**

Ein erster, kurzer Versuchseinsatz in der Hauptflamme des Drehrohrofens bei der Klinkerherstellung hat gezeigt, dass das Versuchsmaterial prinzipiell geeignet und einsetzbar ist.

Gravierende negative Auswirkungen sowohl auf den Klinkerbrennprozess als auch auf die Produktqualität hätten sich auch schon bei einer kurzen Versuchsphase gezeigt. Da dies nicht der Fall war, sollte in einem längeren Versuchseinsatz (mind. 3 Tage, besser 1 Woche) beurteilt werden, inwieweit der Prozess oder die Qualität durch das Material beeinflusst werden.

Dotternhausen, 24.01.2007

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. K.' followed by a long horizontal stroke.

Fazit aus den Ergebnissen des Einblasversuchs:

Der angestrebte Einblasversuch mit getrocknetem Mix verlief grundsätzlich positiv, wenn auch weitergehende Fragen betreffend Prozessstabilität und Zementqualität nur in weiteren, länger dauernden Großversuchen, mit deutlich größeren Materialmengen, zu klären wären.

Die durchgeführten Arbeiten zur Bereitstellung von „lediglich“ rund 40 m<sup>3</sup> getrocknetem Mix erwiesen sich allerdings in allen Arbeitsphasen als so aufwendig, dass es kaum vorstellbar ist, wesentlich größere Mix-Mengen (Faktor 10) für weitergehende Einblasversuche mit vertretbarem Aufwand herzustellen. Insbesondere die Mix-Trocknung ist hierbei der verfahrenstechnisch und kostenseitig problematische Prozessschritt.

Aus diesen Gründen sollte von weiteren diesbezüglichen Untersuchungen vorerst abgesehen werden.

Alternativ zur thermischen Verwertung des getrockneten Mix im Zementofen käme u.U. die thermische Verwertung des Mix in der Klärschlamm-Vergasungsanlage der Firma Kopf auf der Kläranlage Balingen in Frage. Nach Rücksprache mit der Firma Kopf erscheint es machbar, den zerkleinerten Mix – ohne Vortrocknung – zusammen mit Klärschlamm in der Anlage zu verarbeiten.

Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber der vorliegenden Studie sollte diese Möglichkeit in einem zweiten Projektabschnitt in einem weiteren Großversuch (3 Tonnen-Maßstab) verfolgt werden.

Die Durchführung dieses Mix-Großversuchs mit der Kopf-Vergasungsanlage und dessen Ergebnisse sind im weiteren wiedergegeben.



## **Projektabschnitt 2**

### **Untersuchung zur thermische Mix-Verwertung in der Vergasungsanlage der Firma Kopf**

Auf Grund der Erkenntnis, dass die Mix-Trocknung der technisch und investitionsseitig problematische Prozessschritt für die thermische Mix-Verwertung im Zementofen darstellt, wurde nach einer Alternative betreffend thermische Verwertung gesucht.

Hier bot sich die Klärschlamm-Vergasungsanlage der Firma Kopf Anlagenbau GmbH, Sulz-Bergfelden an, welche sich auf dem Gelände der Kläranlage Balingen befindet. Nach Aussage der Firma Kopf wäre es möglich, den zerkleinerten Mix in dieser Anlage zu behandeln – und zwar gemeinsam mit Klärschlamm, ohne vorherige Mix-Trocknung.

Daher lag es nahe, diese Alternative im Rahmen des vorliegenden Projekts zu untersuchen, zumal die für einen Großversuch erforderliche Mix-Menge nur ca. 3 Tonnen betragen musste.

#### **1. Herstellung von ca. 3 Tonnen feuchtem, zerkleinerten und homogenisiertem Mix**

Nach den nicht zufriedenstellenden Ergebnissen bei der Mix-Zerkleinerung mit der Kugelmühle, bei welcher ca. ein Viertel des Mix-Input als nicht verwertbare Grobfraction ausgeschleust werden musste, wurden am Markt nach anderen Störstoff-unempfindlichen Mühlen gesucht, welche keinen unerwünschten Siebüberlauf erzeugen.

So wurde eine entsprechend geeignete, schnelllaufende Schneidwalzenmühle bei der Herstellerfirma Vecoplan, Bad-Marienberg, Westerwald, gefunden, bei welcher auch große Stahlteile im zu zerkleinernden Gut nicht zur Zerstörung der Walze führen und bei der keine unerwünschten Abfallfraktionen anfallen.

Die Besonderheit dieser Mühle besteht u.a. darin, dass sich die Lagerung der Schneidwalze auf Luftfedern befindet, welche die durch blockierende Abfallkomponenten auftretenden Kraftspitzen dämpft. Speziell geformte Schneidzähne und ein spezielle Antriebstechnik der Zentralwelle verhindern zusätzlich den Abbruch der Schneidwerkzeuge.

Dieser Mühlentyp erschien für die rückstandsfreie und zuverlässige Mix-Zerkleinerung als geeignet und es wurden ca. 3 Tonnen einwohneräquivalenter Altpapier/Biomüll-Mix zur Firma Vecoplan speditiert und nach erfolgter Aktion wieder nach Grosselfingen zurückgebracht.

Die folgenden Fotos geben einen Eindruck von der Mix-Zerkleinerung im Technikum der Firma Vecoplan.

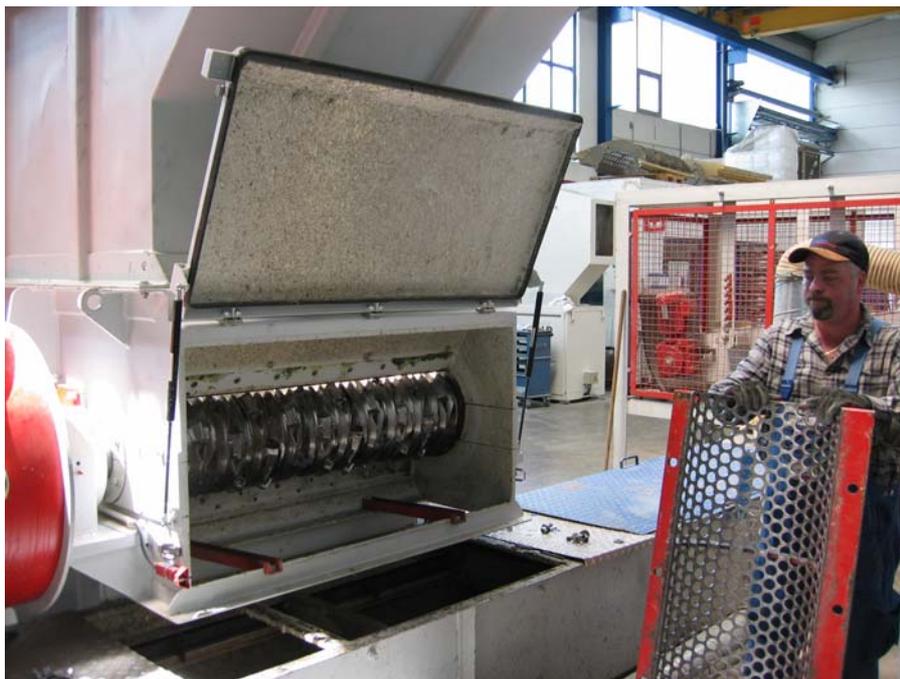


Abb. 1: Einsetzen des 30 mm Siebs in die Vecoplan-Schneidwalzenmühle

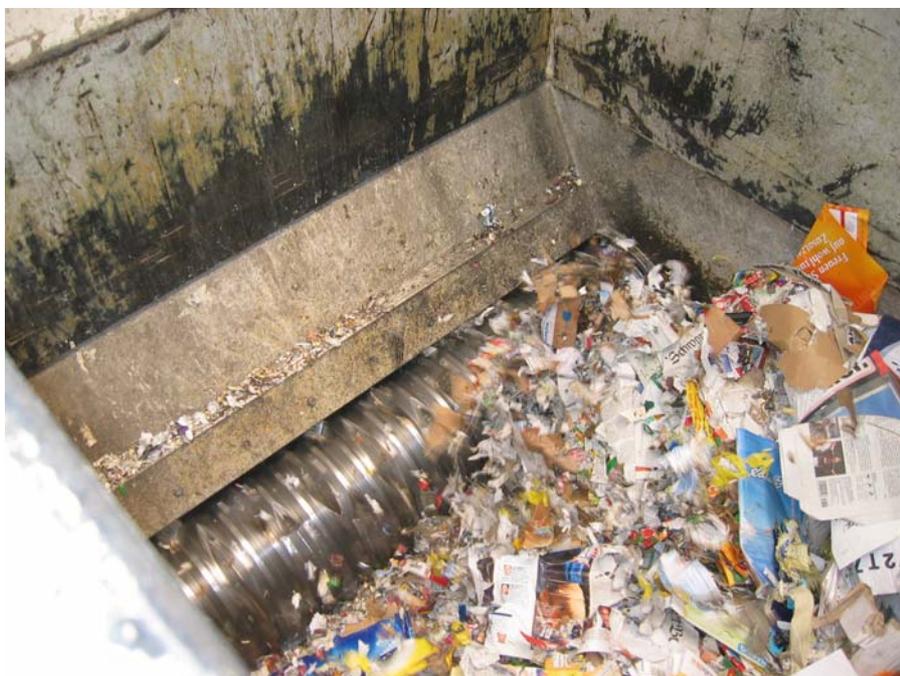


Abb. 2: Die schnelllaufende Schneidwalze in Aktion



Abb. 3: Zerkleinerter feuchter Mix am Austrag der Vecoplan Schneidwalzenmühle

**Anmerkung:**

Die Zerkleinerungsaktion bei Firma Vecoplan in Bad-Marienberg musste einige Monate später noch einmal wiederholt werden, da die Kopf-Vergasungsanlage in Balingen wegen Korrosionsschäden außerplanmäßig vorübergehend außer Betrieb war.

Es sei an dieser Stelle der Firma Vecoplan für Ihre freundliche Bereitschaft zur nochmaligen kostenlosen Zerkleinerungsaktion gedankt.

Ebenfalls gedankt sei der Firma Bogenschütz für die zweimalige Bereitstellung und Speditierung des Mix nach Bad-Marienberg und zurück.

## 2. Großversuch in der Kopf-Vergasungsanlage mit feuchtem, zerkleinerten und homogenisiertem Mix

Am 17. Oktober 2007 erfolgte der Großversuch mit dem zerkleinerten feuchten Mix in der instand gesetzten Kopf-Klärschlamm-Vergasungsanlage.

Der Versuch musste allerdings nach etwa 2 Stunden aus technischen Gründen abgebrochen werden.

Die Versuchsergebnisse wurden von Seiten der Firma Kopf Anlagenbau wie folgt kommentiert:

*„.....im Anhang finden Sie ein Protokoll der Vergasungsversuche in Balingen. Die Uhrzeit der Materialaufgabe ist auf dem Protokoll dargestellt. Wie zu ersehen ist, ist die Vergasung ruhig verlaufen. Der Abbruch des Versuchs wurde erforderlich, weil das kompostierende Material die Zufuhr blockiert hat. Wir sehen das zu lösende Problem in einer Optimierung der Schüttgutförderung, die das feuchte verklebte Material bewältigen kann.*

*Es wurde ein Anteil von ca. 20 % zum Klärschlamm dazu gegeben.“*

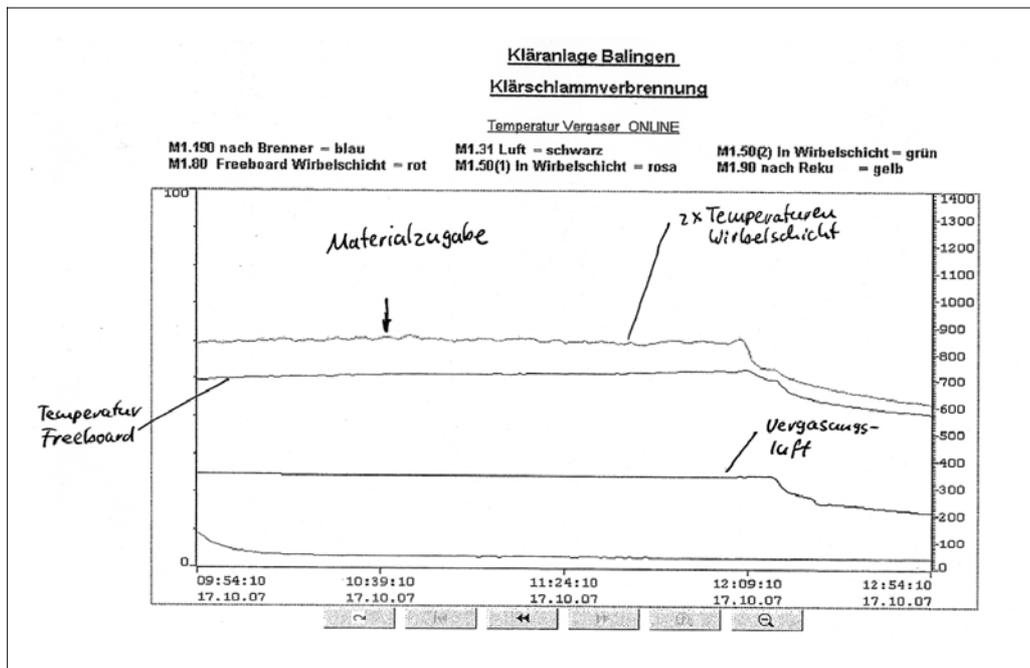


Abb. 4: Anhang zur Versuchskommentierung der Firma Kopf (s.o.)

Fazit betreffend den Großversuch in der Kopf-Vergasungsanlage:

Anhand der, wenn auch spärlichen, Ergebnisse des Großversuchs zur Mix-Vergasung kann die grundsätzliche Machbarkeit des Vergasungsprozesses bei Einsatz von Mix festgestellt werden.

Dass der Versuch nicht erfolgreich durchgeführt werden konnte lag offensichtlich nicht am Vergasungsprozess selbst, sondern am Versagen eines peripheren Anlagenteils – der Verstopfung des Materialeintrags durch den feuchten (offensichtlich ankompostierten) Mix.

Falls dieses Problem durch eine besser geeignete Eintragungsschnecke gelöst werden könnte, wäre die thermische Verwertung des nicht vorgetrockneten Mix ggf. die bessere Alternative zur thermischen Verwertung des zwangsläufig vorzutrocknenden Mix im Zementofen.

Der endgültige Beleg für die Machbarkeit der Mix-Vergasung in der Kopf-Anlage könnte allerdings nur durch verhältnismäßig teure Umrüstungsarbeiten an der bestehenden Anlage geliefert werden.

## **Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Basierend auf den Ergebnissen einer Studie der Universität Stuttgart zur grundsätzlichen Machbarkeit der thermischen Verwertung eines Mix aus gemeinsam gesammeltem Biomüll und minderqualitativem Altpapier als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie sollten praktische Untersuchungen in 20-Tonnen Maßstab folgen, um die Machbarkeit der o.g. theoretischen Studie im Praxistest festzustellen.

Die Arbeiten gliederten sich in zwei Projektabschnitte:

### Projektabschnitt 1: Thermische Mix-Verwertung im Zementofen

- Beschaffung einwohneräquivalenter Mengen Biomüll und Altpapier durch die Abfallverwertungsanlage Kaiserslautern (Standort der Kugelmühle)
- Herstellung des Mix durch Homogenisierung und Zerkleinerung von Biomüll und Altpapier in der fehlwurf-unempfindlichen Kugelmühle der Abfallverwertungsanlage Kaiserslautern
- Transporte von Teilmengen des zerkleinerten feuchten Mix nach Balingen, Hohenheim und Grosselfingen durch die Firma Bogenschütz
- Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix im Klärschlamm-Solartrockner der Kläranlage Balingen
- Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix in einem neuentwickelten Solartrockner (System der Universität Hohenheim)
- Trocknung einer Teilmenge des zerkleinerten Mix in einem mit Propan beheizten Bandtrockner (System Stela Laxhuber) auf dem Gelände der Firma Bogenschütz
- Vereinigung der unterschiedlich getrockneten Mix-Fractionen und Siebung des Mix in einer Groß-Siebmaschine auf 30 mm Stückgröße auf dem Gelände der Firma Bogenschütz
- Transport des getrockneten und gesiebten Mix mittels Walking Floor LKW zur Firma Holcim
- Einblasung des Mix in den Zementofen der Firma Holcim, Dotternhausen

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde das Programm um einen zweiten Projektabschnitt erweitert, um eine weitere Alternative zur thermischen Mix-Verwertung zu untersuchen.:

## Projektabschnitt 2: Thermische Mix-Verwertung in der Vergasungsanlage der Firma Kopf

- Herstellung des Mix durch Vermischung einwohneräquivalenter Mengen Biomüll und Altpapier in Regie des Landratsamts Zollernalbkreis und der Firma Bogenschütz
- Hin- und Rücktransport des feuchten Mix zur und von Firma Vecoplan in Bad Marienberg im Westerwaldkreis, in Regie des Landratsamts Zollernalbkreis und Firma Bogenschütz. (Diese Aktion musste ein zweites Mal durchgeführt werden, da die Vergasungsanlage beim ersten Mal auf Grund eines Defekts nicht verfügbar war).
- Zerkleinerung des feuchten Mix in einer fehlwurf-unempfindlichen Schneidwalzenmühle bei der Firma Vecoplan (kostenlose Großversuche)
- Zugabe des feuchten zerkleinerten Mix in die zwischenzeitlich ertüchtigte Klärschlamm Vergasungsanlage der Firma Kopf auf dem Gelände der Kläranlage Balingen (kostenloser Großversuch)

Der angestrebte Einblasversuch (Projektabschnitt 1) mit getrocknetem Mix verlief grundsätzlich positiv, wenn auch weitergehende Fragen betreffend Prozessstabilität und Zementqualität nur in weiteren, länger dauernden Großversuchen, mit deutlich größeren Materialmengen, zu klären wären.

Die bisherigen Arbeiten zur Bereitstellung von rund 40 m<sup>3</sup> getrocknetem Mix erwiesen sich allerdings in allen Arbeitsphasen als so aufwendig, dass es kaum vorstellbar ist, wesentlich größere Mix-Mengen (Faktor 10) für weitergehende Einblasversuche mit vertretbarem Aufwand herzustellen. Insbesondere die solare oder auch konventionelle Mix-Trocknung ist hierbei der verfahrenstechnisch und kostenseitig problematische Prozessschritt.

Aus diesen Gründen sollte von weiteren diesbezüglichen Untersuchungen betreffend thermische Mix-Verwertung im Zementofen vorerst abgesehen werden.

Anhand der Ergebnisse des Großversuchs zur Mix-Vergasung (Projektabschnitt 2) war die grundsätzliche Machbarkeit des Vergasungsprozesses bei Einsatz von Mix festzustellen. Der Versuch konnte allerdings nicht erfolgreich durchgeführt werden. Dies lag jedoch offensichtlich nicht am Vergasungsprozess selbst, sondern am Versagen eines peripheren Anlagenteils – der rasch erfolgenden Verstopfung des Materialeintrags durch den feuchten (offenbar ankompostierten) Mix.

Falls dieses Problem durch einen technisch besser geeigneten Materialeintrag gelöst werden könnte, wäre die thermische Verwertung des nicht vorgetrockneten Mix ggf. die bessere Alternative zur thermischen Verwertung des zwangsläufig vorzutrocknenden Mix im Zementofen.

Der endgültige Beleg für die erfolgreiche Machbarkeit der Mix-Vergasung in der Kopf-Anlage könnte allerdings nur durch verhältnismäßig teure Umrüstarbeiten an der bestehenden Anlage geliefert werden.

Stuttgart, im Dezember 2007



Prof. Dr.-Ing. Erwin Thomanetz



Dipl.-Ing. Matthias Rapf