

Das Müllheizkraftwerk

So funktioniert die Berliner Stadtreinigung



Das Müllheizkraftwerk Berlin-Ruhleben: Garant der Entsorgungssicherheit in Berlin

Das Müllheizkraftwerk Berlin-Ruhleben steht wie keine andere Anlage der BSR für Entsorgungssicherheit in Berlin. Das Kraftwerk wurde 1967 in Betrieb genommen und anschließend permanent modernisiert, ausgebaut und nachgerüstet. Heute können jedes Jahr bis zu 580.000 Tonnen Abfall verwertet werden. Das ist mehr als 2/3 des in der Hauptstadt anfallenden Hausmülls.

Der Müll wird in der Anlage bei Temperaturen von über 850 °C thermisch behandelt. Die dabei entstehende Wärmeenergie wird als Hochdruck-Heißdampf zum benachbarten Kraftwerk Reuter geleitet und dort mittels Kraft-Wärme-Kopplung für die Erzeugung von Strom und Wärmeenergie genutzt. Zudem werden Wertstoffe wie Eisen, Aluminium und Kupfer aus dem Abfallstrom zurückgewonnen, um sie wieder in den Wirtschaftskreislauf einzuschleusen.



Die Anlage hilft so aktiv beim Schutz des Klimas und natürlicher Ressourcen. Erlöse aus der Energieproduktion und der Rohstoffverwertung nutzen wir, um die Berliner Müllgebühren dauerhaft niedrig zu halten. Das MHKW unterschreitet die strengen Grenzwerte gemäß der Bundesemissionsschutzverordnung deutlich.

50 Jahre nach Inbetriebnahme gilt das MHKW Berlin-Ruhleben damit als eines der modernsten und saubersten Europas. Es schafft ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Mehrwert und leistet einen spürbaren Beitrag zur hohen Lebensqualität in der wachsenden Metropole Berlin.



Müllheizkraftwerk
Ruhleben

890 km²

betreute Fläche

2 Mio. Haushalte

mit 420.000 ausgestellten Abfallbehältern

> 580.000 Tonnen

Abfall jährlich verwertet

=

66 % des Hausmülls

der Hauptstadt durchlaufen die Anlage im Jahr



Jährliche Energiegewinnung



Verwertung von mehr als

580.000 Tonnen

Abfall/Jahr

610 GWh

Fernwärme versorgen
31.000 Haushalte

162 GWh

Strom versorgen
86.000 Haushalte

Bereitstellung
alternativer Energie für

5 %

der Berliner Haushalte



Aus 1 Tonne Abfall werden 2,3 Tonnen Hochdruck-Dampf.



8,5–9,0 MJ/kg

Mittlerer Heizwertbereich

13.300

Tonnen

zurückgewonnenes Metall

1. Verbrennung

Die fünf Rostzonen

Das MHKW besteht aus fünf Linien. In der Linie A wird der Müll auf einem geneigten Vorschubrost verbrannt. Der gesamte Kessel und auch der Vorschubrost sind so gebaut, dass sie an der Decke vom Kesselhaus hängen. Durch die Aufhängung des Kessels und die eingebauten Dehnungsausgleicher wird Schäden des Kessels vorgebeugt, die bei der Ausdehnung durch die hohen herrschenden Temperaturen bei der Müllverbrennung entstehen können. Der Vorschubrost besteht aus vier Bahnen mit jeweils fünf Rostzonen.

Die einzelnen Zonen haben unterschiedliche Aufgaben:

Die fünf Rostzonen

Zone 1

Trocknung des Mülls und Ausgasen der flüchtigen Bestandteile

Zone 2

Zünden und Beginn der Verbrennung

Zone 3

Hauptverbrennung

Zone 4

Abschluss Verbrennung und Ausbrand

Zone 5

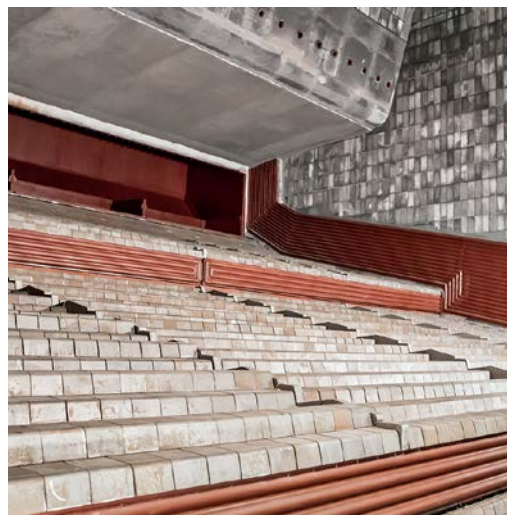
Sicherstellung des Ausbrandes und Abkühlung der Schlacke

Die Rauchgase des verbrannten Mülls werden mit Hilfe eines großen Gebläses durch den Kessel und die Rauchgasreinigung gesaugt. Im gesamten Kessel herrscht dadurch ein Unterdruck.

Für die Verbrennung wird die sogenannte **Primärluft** benötigt. Diese wird aus dem Bunker abgesaugt und dem Rost von unten durch die Luftkanäle der einzelnen Zonen zugeführt. Die Primärluft kann, insbesondere bei niedrigen Heizwerten des Mülls, über einen zweistufigen Primärluftvorwärmer (LUVO) vorgewärmt werden.

Die **Sekundärluft** wird dem Feuerraum oberhalb des Rostes zur Nachverbrennung und Homogenisierung des Rauchgases zugeführt. Sie wird im Kesselhaus in Höhe der Kesseldecke, im Entschlackungssystem sowie im Schlackebunker angesaugt.

Alle Rostzonen können unabhängig voneinander bezüglich Mülltransport und Primärluft geregelt werden. So werden die individuelle Kontrolle und Eingriffsmöglichkeit gewährleistet und die optimalen Verbrennungsbedingungen ermöglicht. Der gesamte Vorschubrost wird durch den Primärluftstrom, der von unten durch den Verbrennungsrast in das Müllbett eindringt, luftgekühlt.



Der Rost der Verbrennungslinie A weist eine Breite von 11,15 m und eine Länge von 12 m auf

2. Dampferzeuger

Voraussetzung für effiziente Energienutzung

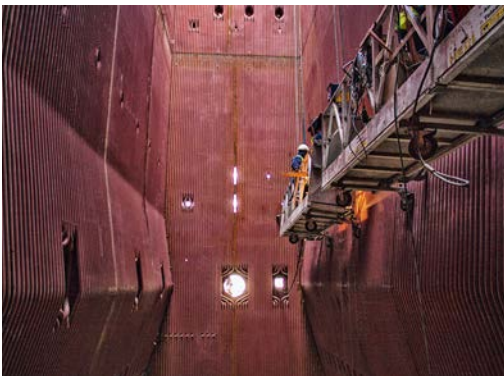
Die im MHKW Berlin-Ruhleben behandelten Abfälle eignen sich für eine thermische Verwertung. Dabei handelt es sich um einen komplexen Prozess mit modernster Technik. Die in den Abfällen enthaltene, chemisch gebundene Energie kann direkt in Strom und Fernwärme umgewandelt werden.

Die bei der Verbrennung der Abfälle freigesetzte Wärme dient zunächst der Dampferzeugung. Der Dampferzeuger umschließt den gesamten Feuerraum und den nachfolgenden Weg der heißen Rauchgase bis zum Eintritt in die Rauchgasreinigung. Bei den Dampferzeugern handelt es sich um Naturumlaufkessel.

Die abgedichteten und verschweißten Rohr-Steg-Rohr-Wände des Dampfkessels werden von Speisewasser durchströmt. Die heißen Rauchgase streichen an den Wänden entlang

und bringen das Wasser durch die übertragene Strahlungswärme zum Verdampfen.

Das verdampfte Wasser gelangt über die Kesseltrommel weiter zum Überhitzerteil des Kessels. Dort wird der Dampf weit über den Siedepunkt hinaus überhitzt. Die Überhitzerbündel ragen in den Rauchgasweg hinein und werden von den heißen Rauchgasen direkt umströmt. Der entstandene Dampf wird überhitzter Dampf oder Frischdampf genannt. Dieser tritt mit Temperaturen von 460 °C unter einem Druck von 65 bar aus und wird zu einer Turbine weitergeleitet. Die sogenannte Entnahme-Gegendruck-Turbine wandelt die im Heißdampf enthaltene Energie in Strom und Fernwärme um. Durch die Überhitzung des Dampfes wird der Anlagenwirkungsgrad erhöht.



Blick ins Innere: Verdampferwände und Überhitzerpakete bei der Montage

3. Rauchgasreinigung

Endstation für Schadstoffe

Das bei der Verbrennung des Abfalls entstehende Rauchgas enthält zunächst noch eine Reihe von Schadstoffen. Hauptsächlich handelt es sich um Stickoxide (NO_x), Chlorwasserstoff (HCl), Fluorwasserstoff (HF) und Schwefeloxide (SO_2 , SO_3). Des Weiteren können sich Flugstäube mit partikelgebundenen und gasförmigen Schwermetallen (z. B. Quecksilber) sowie organische Komponenten im Rauchgas befinden. Die Anlagen zur Rauchgasreinigung (RGR) setzen sich aus drei verschiedenen Modulen zu-

sammen, in denen verschiedene Betriebsstoffe eingesetzt werden. Wichtig ist, dass die Rauchgase nicht zu stark abkühlen und kondensieren, sonst bilden sich Säuren (z. B. Schwefelsäure), die die Anlage durch Korrosion schädigen. Die RGR befindet sich auf dem neusten Stand der Technik, ermöglicht die Entfernung aller Schadstoffe mit hohem Abscheidegrad und arbeitet zudem abwasserfrei. Als einziges Restprodukt wird ein trockenes Mischsalz erzeugt, das in Untertagedeponien eingelagert wird.

Modul 1

Halbtrockene Rauchgasreinigung:

Die erste Komponente der RGR bildet der Sprühabsorber. Dort werden durch Eindüsung von Kalkmilch und Wasser die im Rauchgas enthaltenen sauren Schadgase wie HCl, SO_2 und HF chemisch gebunden.

Gleichzeitig wird durch die Wasserverdampfung die Temperatur des Rauchgases auf etwa 135 °C abgesenkt und die Reaktionsprodukte aus der Umsetzung mit den Schadgasen werden getrocknet. Die trockenen Feststoffe (Flugstaub, Reaktionsprodukte und überschüssiges Kalkhydrat) werden mit dem Rauchgas zum Gewebefilter transportiert und dort abgetrennt.

Trockenabsorptionsverfahren (Reaktionsprinzip am Beispiel von Chlorwasserstoff)

$2 \text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (Salzsäure + Calciumhydroxid → Calciumchlorid + Wasser)

Modul 2

Konditioniert trockene Rauchgasreinigung und Rezirkulation:

Zur trockenen Absorption (Aufnahme) saurer Rauchgasinhaltsstoffe wird ein hochreaktives Kalkhydrat in das Rauchgas eingedüst. Zudem wird ein mahlaktiver Herdofenkoks (HOK) eingedüst, an dessen Oberfläche Salzsäure und Sulfat-Anionen (SO_4^{2-}) angereichert werden. Diese Zuführungen erfolgen im Normalbetrieb in dem als Flugstromreaktor dienenden Kanalstück zwischen Sprühabsorber und Gewebefilter. Das Rauchgas strömt durch den Gewebefilter, dabei bleibt der angereicherte Herdofenkoks dort hängen, es bildet sich ein Kuchen um den Filter. Zur besseren Ausnutzung der Reaktivität der zugeführten Sorptionsmittel wird ein großer Teil der Reststoffe zurückgeführt und erneut zur Schadstoffbindung eingedüst (Rezirkulationssilo).



Abbildung Gewebefilter

Modul 3

Entstickung und Rauchgasableitung:

Nach dem Austritt aus dem Gewebefilter werden die gereinigten und entstaubten Rauchgase durch einen drehzahlgeregelten Saugzugventilator zur sogenannten De NO_x -Anlage geführt. Dort erfolgt die Reduzierung der Stickoxide mit Ammoniakwasser zu ungefährlichem Stickstoff und Wasserdampf mit Hilfe eines Katalysators.

Selektiv katalytische Reduktion (SCR)

$2 \text{NO}_x + 2 \text{NH}_3 \rightarrow 2 \text{N}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
(Stickoxide + Ammoniakwasser → Stickstoff und Wasser)

Über den Kamin wird ein gereinigtes Rauchgas in die Atmosphäre entlassen. Ergänzt wird die Rauchgasreinigungsanlage durch alle peripheren Einrichtungen und Aggregate, die zur Ver- und Entsorgung erforderlich sind, wie:

- Brauchwasserversorgung
- Kalkmilchversorgung
- Kalkhydratversorgung
- Herdofenkoksversorgung
- Inertisierungsanlage
- Reaktionsprodukt- und Kesselascheentsorgung
- Druckluftversorgung

4. Recycling

Schätze aus Schlacke

Bei der Verbrennung des Mülls entstehen Verbrennungsrückstände – die sogenannte Schlacke. Aus ihr lassen sich wertvolle Metalle gewinnen, die als Schrott wieder in den Wertstoffkreislauf gelangen. Aus den Verbrennungsrückständen lässt sich Eisen, Aluminium, Messing, Kupfer und Edelstahl herausortieren.

Zunächst wird das Eisen aus den Schlacken mit Hilfe von drei Überbandmagneten aussortiert. Durch das Aussieben des Materials werden nun zwei Stoffströme mit unterschiedlichen Korngrößen erzeugt. Diese beiden Fraktionen werden nun den NE-Scheidern zugefügt. Das Separieren nicht eisenhaltiger Metalle (NE) ist aufwendiger als das Aussortieren von Eisen. Da diese nicht magnetisch sind, werden sie per Wirbelstrom-Technik separiert.

Hierbei liegt das zerkleinerte Material gleichmäßig verteilt auf dem Förderband. Dieses läuft über eine elektromagnetische Rolle am Ende des Fördersystems. Das nicht magnetische Metall wird abgestoßen und fliegt in einem größeren Bogen als die Restschlacke in einen Auffangbehälter. Dieser ist durch eine Scheidewand unterteilt.

Der Schrott wird ausschließlich an Spezialfirmen verkauft, die technisch in der Lage sind, aus dem NE-Gemisch reine Metalle zu gewinnen. Sortenreine Bunt- und NE-Metalle können immer wieder eingeschmolzen und damit recycelt werden.



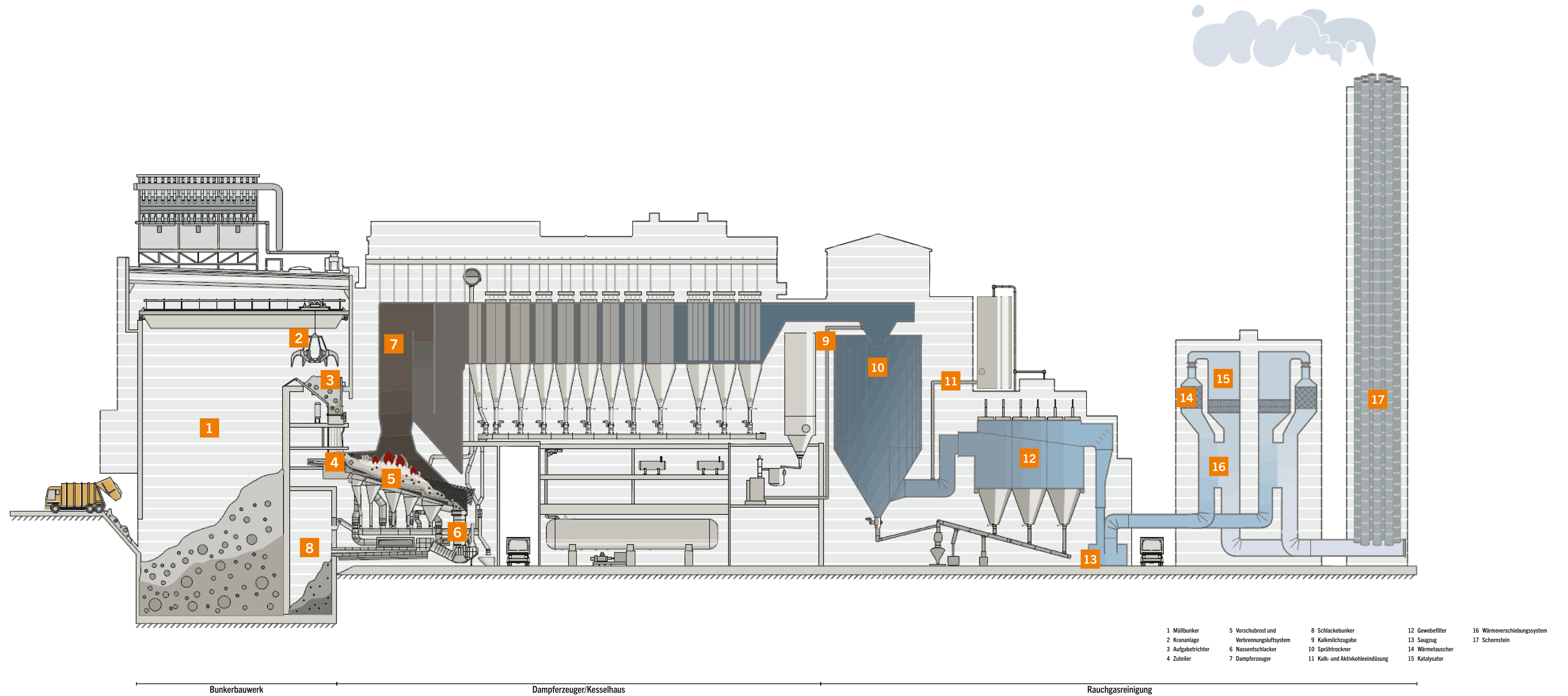
Abbildung Verbrennungsrückstände

Legende:

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------|
| ■ NH ₃ | Ammoniakwasser | ■ HOK | Herdofenkoks |
| ■ Ca(OH) ₂ | Calciumhydroxid | ■ SO ₂ , SO ₃ | Schwefeloxide |
| ■ CaCl ₂ | Calciumchlorid | ■ SO ₄ ²⁻ | Sulfat-Anion |
| ■ HCl | Chlorwasserstoff, Salzsäure | ■ NO _x | Stickoxide |
| ■ HF | Fluorwasserstoff | ■ H ₂ O | Wasser |

Linie A: Neueste Technik zum Schutz der Umwelt

Die wesentlichen Anlagenkomponenten des MHKW Berlin-Ruhleben lassen sich gut anhand des abgebildeten Querschnitts der erst vor wenigen Jahren errichteten Linie A erkennen. Durch die Aufnahme und Bevorratung des angelieferten Hausmülls im Müllbunker kann die Anlage auch außerhalb der Anlieferungszeiten wirtschaftlich betrieben werden.



1

Müllbunker

Der Müllbunker dient der Aufnahme und Bevorratung der angelieferten Abfälle. Er weist eine Länge von 29,70 m auf; die Breite bis zur Schüttwand unterhalb der Trichterebene beträgt 18,10 m, im oberen Teil 26,60 m.

Bei voller Ausnutzung der Stapelmöglichkeiten des Bunkers können auch beim Maximaldurchsatz der Linie A die Abfälle vier Tage sicher gepuffert werden. Das sind etwa 5.000 Tonnen.

2

Krananlage

Die Krananlage des Bunkers besteht aus zwei Kränen und wurde so ausgelegt, dass mit Ausnahme des Freiräumens der Kippstellen in der Spitzenanlieferungszeit ein Kran als Standby-Einheit zur Verfügung steht.

3

Aufgabetrichter

Im Bunker wird der Müll gemischt, damit wird eine Angleichung des Heizwertes erreicht. Der nun homogenisierte Abfall wird mit der Krananlage in den Aufgabetrichter eingefüllt und rutscht von dort durch einen wassergekühlten Schacht in den Zuteiler.

4

Zuteiler

Vier hydraulisch angetriebene Brennstoffzuteiler beschicken den Vorschubrost kontinuierlich mit Abfall. Zylindergeschwindigkeit und der Hub sind einstellbar, so dass die Rostbeschickung nach den Anforderungen der Feuerleistungsregelung auf den Verbrennungsvorgang abgestimmt werden kann. Die Verbrennungsmenge kann reguliert werden.

5

Vorschubrost und Verbrennungsluftsystem

Der Rost der Linie A zählt zu den größten für die Abfallverbrennung eingesetzten Rosten. Er weist eine beeindruckende Breite von 11,15 m auf und ist 12 m lang; die nutzbare Rostfläche beträgt 133,8 m². Die Verbrennung des Abfalls erfolgt auf einem vierbahnigen, um 12,5 Grad geneigten Vorschubrost mit jeweils fünf Rostzonen. Sie können unabhängig voneinander für den Abfalltransport und die Primärluftmenge geregelt werden. Der gesamte Vorschubrost wird mit der Primärluft gekühlt, die von unten durch den Verbrennungsrost in das Abfallbett eindringt.

6

Nassentschlacker

Ist der Abfall vollständig ausgebrannt, fällt er in einen Nassentschlacker, wo er gekühlt und in den Schlackebunker transportiert wird.

7

Dampferzeuger

Der Dampferzeuger besteht aus unzähligen Rohren und dient der Übertragung der Wärme der heißen Rauchgase aus der Verbrennung des Abfalls auf das im Inneren der Rohre umlaufende Wasser. Wie bei einem Teekessel wird das Wasser durch die Hitze verdampft. Da die Dampferzeuger des MHKW aber unter wesentlich höherem Druck betrieben werden als ein Teekessel, kann der erzeugte Dampf weit über 100 °C hinaus erhitzt werden.

8

Schlackebunker

Der Schlackebunker wurde so ausgelegt, dass der Anlagenbetrieb der Linie A etwa vier Tage durch dessen Lagerkapazität abgepuffert werden kann.

9 – 17

Rauchgasreinigung

Bei Ausnutzung der Stapelkapazität des Schlackebunkers steht ein Raum für etwa 1.160 Tonnen Schlacke zur Verfügung; dies entspricht etwa fünf Tagen Anlagenbetrieb. Die Schlacke wird weiterverarbeitet und bei der Deponieabdeckung oder beim Straßenbau genutzt. Aus 300 kg Schlacke können 30 kg Metalle aussortiert und verwertet werden.

8

Schlackebunker

Bei Ausnutzung der Stapelkapazität des Schlackebunkers steht ein Raum für etwa 1.160 Tonnen Schlacke zur Verfügung; dies entspricht etwa fünf Tagen Anlagenbetrieb. Die Schlacke wird weiterverarbeitet und bei der Deponieabdeckung oder beim Straßenbau genutzt. Aus 300 kg Schlacke können 30 kg Metalle aussortiert und verwertet werden.

9

Rauchgasreinigung

Die moderne, mehrstufig aufgebaute Rauchgasreinigungsanlage arbeitet abwasserfrei und erzeugt als einziges Restprodukt ein trockenes Mischsalz. Die Rauchgasreinigungsanlage ist in der Lage, gleichermaßen eine außerordentlich hohe Verfügbarkeit sowie die Beherrschung und Abscheidung selbst höchster Schadstoffkonzentrationen sicherzustellen.

