

Energieeffizienz des Müllheizkraftwerkes Mainz

Bernard Fischer

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | Abfall als Brennstoff | 565 |
| 2. | Der Einfluss des Standortes auf die Energienutzung und die Herbeiführung von Synergien | 566 |
| 3. | Müllheizkraftwerk Mainz | 567 |
| 4. | Abfallverbrennung in Kombination mit einem 400 MW-GuD-Kraftwerk | 573 |
| 5. | Technische Kennzahlen | 575 |
| 6. | Zusammenfassung | 578 |

Das MHKW Mainz ist ein Beispiel für die gelungene Nutzung von Synergien an einem Kraftwerksstandort. Die bei der Verbrennung des Abfalls umgewandelte chemische Energie wird zur Erzeugung von Strom, Fernwärme und Prozessdampf eingesetzt. Die erzeugte Wärme wird dabei im benachbarten GuD-Kraftwerk bedarfsabhängig entweder strom- oder wärmeoptimiert genutzt.

Kap. 1.

Abfall als Brennstoff

Dass es sich bei Braunkohle um einen Brennstoff handelt, wird sicherlich niemand ernsthaft bestreiten wollen. Der durchschnittliche Heizwert der im Jahr 2002 in Deutschland geförderten Rohbraunkohle betrug rund 9.100 kJ/kg. Im rheinischen Revier wurde nach Angaben des Bundesverbands Braunkohle ein Heizwert von 9.000 kJ/kg ermittelt. Der durchschnittliche Heizwert des im Müllheizkraftwerk Mainz im Jahr 2004 verbrannten Abfalls lag bei 11.500 kJ/kg und der Netto-Wärmenutzungsgrad kann 63,6 % erreichen.

Der durchschnittliche Netto-Stromerzeugungswirkungsgrad steigt bei Braunkohlekraftwerken von 36 % auf über 44 % bei neuen 950 MW-Blöcken, wobei mangels Kraft-Wärme-Kopplung auch in diesem Fall weniger als 50 % der in Braunkohle enthaltenen Energie einer Wärmenutzung zugeführt wird. Dies ist verständlich, da Braunkohlekraftwerke tagebaunah betrieben werden und eine Wärmeleistung von 500 MW in Form von Prozessdampf oder Fernwärme keiner wirtschaftlich sinnvollen Nutzung zugeführt werden kann.

Sowohl mit Blick auf den Heizwert als auch auf den Wärmenutzungsgrad handelt es sich nach diesem kurzen Vergleich beim Abfall im Müllheizkraftwerk Mainz zweifellos um einen Brennstoff.

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Brennstoffen besteht darin, dass Rohbraunkohle rund 50 % Wasser enthält und es sich bei Abfall um ein heterogenes Stoffgemisch handelt, bei dem das Schadstoffinventar die Thermodynamik der Wärmenutzung bestimmt und die Entfernung dieser Schadstoffe aus dem Abgas verfahrenstechnisch eine anspruchsvolle aber lösbare Aufgabe für die Abgasreinigung darstellt.

Bedingt durch den hohen Heizwert des Abfalls ist die selbstgängige Verbrennung praktisch ohne Einschränkung gegeben. Der Haupteinsatz der Primärenergie Erdgas beschränkt sich auf die An- und Abfahrvorgänge.

Kap. 2.

Der Einfluss des Standortes auf die Energienutzung und die Herbeiführung von Synergien

Die Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG (KMW) ist seit 1931 als regionales Energieversorgungsunternehmen für die Erzeugung und den Transport elektrischer Energie in den beiden Landeshauptstädten zuständig. Die Gesellschafter sind die Stadtwerke Mainz AG, die ESWE Versorgungs AG (Wiesbaden) und die HEAG Südheissische Energie AG (Darmstadt).

Am Kraftwerksstandort Ingelheimer Aue in Mainz wurde bereits 1898 Kohle zur Stromerzeugung verbrannt. Unter dem Blickwinkel der Energienutzung handelt es sich um einen dezentralen, verbrauchsnahe Standort im westlichen Rhein-Main-Gebiet.

In Tabelle 1 sind die Vorteile des Kraftwerksstandortes aufgeführt. Neben einer guten Straßenanbindung sind ein Gleisanschluss und bedingt durch die unmittelbare Nähe zum Rhein zwei Schiffsanleger vorhanden, die in der Vergangenheit für den Kohleantransport genutzt wurden.

Tabelle 1: Vorteile des Kraftwerksstandorts Ingelheimer Aue in Mainz

- | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• zentrale, verbrauchsnahe Lage im westlichen Rhein-Main-Gebiet• Bahn- und Schiffsanschluss vorhanden• Verstromung des im Müllheizkraftwerk erzeugten Dampfes überwiegend im 400 MW-GuD-Kraftwerk am Standort• Frischwasserkühlung ermöglicht ein Dampfturbinenvakuum von 30 mbar im Jahresmittel• Fernwärmeanschlussleistung in Mainz rund 180 MW• gemeinsame Ersatzteil-Lagerung• einheitliche Prozessleittechnik Siemens Teleperm XP im Müllheizkraftwerk und in den beiden Kraftwerken• zentrale Versorgung mit Prozesswasser, vollentsalztem Wasser und Kondensat am Standort• zentral organisierte Werkstätten für alle Betriebe am Standort• verursachergerechte Kostenzuordnung zu Marktpreiskonditionen |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Die Verwendung des Rheinwassers als Kühlwasser ermöglicht bei Frischwasserkühlung einen hohen Turbinenwirkungsgrad, da im Jahresmittel ein Vakuum von 30 mbar zur Verfügung steht. Die Frischwasserkühlung ist bei Niedrigwasser und hoher Rheinwassertemperatur eingeschränkt.

Die Landeshauptstadt Mainz wird ebenfalls von diesem Standort aus mit Fernwärme versorgt. Die installierte Fernwärmeanschlussleistung liegt in Mainz bei rund 180 MW.

Die Abgabe von Prozessdampf an Industriekunden ist zwar vorhanden, spielt jedoch keine so große Rolle wie z.B. in Mannheim.

KMW betreibt am Standort ein 350 MW-Gaskraftwerk (Gasturbine mit zusatzbeheiztem Abhitzeessel) sowie ein neues 400 MW-GuD-Kraftwerk (Gas- und Dampfturbine mit Abhitzeessel ohne Zusatzheizung). Darüber hinaus ist sie in Rüsselsheim Miteigentümerin und Betreiberin eines 100 MW-GuD-Kraftwerkes am Standort von Opel.

Die Synergie mit den beiden Gaskraftwerken bei einer gesamten installierten Leistung von 750 MW wirkt sich sowohl auf die technischen Einrichtungen als auch auf die personellen Ressourcen aus. Auf Ingenieur-, Meister- und Handwerker-Ebene ist ausgebildetes Fachpersonal vorhanden. Im Schichtbetrieb sind überwiegend Kraftwerker im Einsatz, die auf der Kraftwerker-Schule in Essen eine zusätzliche Ausbildung durchlaufen haben.

Die Versorgung der Produktionsanlagen mit Brunnenwasser und vollentsalztem Wasser sowie Kondensat wird in großen Einheiten mit einer hohen Verfügbarkeit sichergestellt.

Zentral organisierte Werkstätten verfügen über kraftwerksspezifisches Know-how und stehen allen Betrieben zur Verfügung. Die zentrale Ersatzteilhaltung dient der Sicherstellung einer hohen Anlagenverfügbarkeit, insbesondere bei MSR- und Elektro-Bauteilen.

Kap. 3.

Müllheizkraftwerk Mainz

Die Summe dieser standortbezogenen Vorteile nutzt dem Betrieb des im Dezember 2003 – nach rund zweieinhalbjähriger Bauzeit – von der Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM) übernommenen Müllheizkraftwerks (MHKW).

Die Gesellschafter der EGM sind neben der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG und der Stadt Mainz die beiden Entsorgungsunternehmen RWE Umwelt GmbH sowie RPS Altwater GmbH & Co. KG (SULO).

Wesentliche technische Daten sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Der Auftrag zur Planung, Lieferung und zum Bau dieser Anlage ist im Oktober 1999 dem Lieferkonsortium Martin GmbH (München), Babcock Borsig Power Environment GmbH und Walter Bau AG (Augsburg) erteilt worden. Mit der Insolvenz der Babcock-Borsig-Gruppe 2002 ging die Verantwortung für die Lieferungen der Babcock-Borsig-Gruppe an die Konsorten Martin GmbH und Walter Bau AG über.

Tabelle 2: Wesentliche technische Daten des MHKW Mainz

| | Einheit | Wert |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| Basisdaten | | |
| Feuerungswärmeleistung, gesamt | MW | 88 |
| Heizwertbereich | kJ/kg | 7.500 bis 14.000 |
| äußere Maße | m x m x m | 160 x 70 x 46 |
| maschinelle Ausrüstung des Müllbunkers | | |
| Krananlage | Anzahl | 2 |
| Greiferinhalt | m ³ | 6,5 |
| Sperrmüllzerkleinerer | Anzahl | 1 |
| Durchsatzleistung | t/h | 53,5 |
| Verbrennung/Rostfeuerung | | |
| wassergekühlter Rückschub-Rost | Anzahl | 2 |
| Bahnen | Anzahl | 3 |
| Stufen | Anzahl | 13 |
| Dampferzeuger | | |
| 4-Zug-Vertikalkessel | Anzahl | 2 |
| Frischdampfmenge max. (pro Linie) | t/h | ~ 50 |
| Frischdampfdruck | bar | 40 |
| Frischdampftemperatur | °C | 400 |
| Wärmenutzung | | |
| Dampfabgabe an das GuD-Kraftwerk der KMW | t/h | lastabhängig |
| Eigenbedarfsturbine el. Leistung | MW _{el} | 4,6 |
| auskoppelbarer Niederdruckdampf zur Eigenbedarfsdeckung | bar | 3,5 |
| Abgasdaten bezogen auf Normzustand trocken (i.N.tr) und Betriebssauerstoffgehalt | | |
| Volumenstrom (pro Linie) | m ³ /h | 81.000 |
| Temperatur an Schornsteinmündung | °C | ~ 65 |
| Emissionswerte/genehmigte Tagesmittelwerte | | |
| Gesamtstaub | mg/m ³ | 8 |
| HCl | mg/m ³ | 8 |
| SO ₂ | mg/m ³ | 50 |
| HF | mg/m ³ | 1 |
| NO ₂ | mg/m ³ | 150 |
| Summe C | mg/m ³ | 10 |
| CO | mg/m ³ | 50 |
| Quecksilber | mg/m ³ | 0,03 |
| genehmigte Mittelwerte über Einzelmesszeitraum | | |
| Cadmium, Thallium | mg/m ³ | 0,05 |
| Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn | mg/m ³ | 0,5 |
| PCDD/PCDF | ng/m ³ | 0,1 |

Dank der schnellen und problemorientierten Handlungsweise dieser beiden Konsorten konnte der Terminplan für die Inbetriebsetzung des MHKW Mainz eingehalten und dadurch Schaden von EGM abgehalten werden.

Im Jahr 1999 umfasste die Zielsetzung des Projektes folgende Eckpunkte:

- Behandlungsentgelt bei 100 EUR/t,
- niedriger elektrischer Eigenbedarf,
- Einbindung des Müllheizkraftwerkes in die Standort-Infrastruktur und Nutzung aller Standortvorteile zur Minimierung der Kosten und Maximierung der Wärmenutzung,
- Erzielung einer Anlagenverfügbarkeit über 8.000 h/a,
- Einsatz von Abfällen mit hohen Heizwerten.

Bild 1 zeigt einen Schnitt durch die Anlage mit Benennung der wesentlichen Komponenten.

Beschreibung des Müllheizkraftwerkes Mainz

Der Abfall wird bei Anlieferung an den Waagen im Pfortenbereich erfasst. Hier wird die erste Kontrolle mit Abgleich der Begleitscheine durchgeführt. Die Fahrzeuge fahren in die Anlieferhalle und kippen dort unter Beaufsichtigung durch den Einweiser den Abfall in den Müllbunker ab. Biomüll aus den Zwei-Kammer-Fahrzeugen der Stadt Mainz werden in der Anlieferhalle über separate Abwurf-schächte in Großpressbehälter umgefüllt. Die im Müllbunker installierten zwei Krananlagen und ein festgelegtes Abfall-Management machen es möglich, dass der Abfall homogenisiert als Brennstoff gleichmäßig in die Aufgabeschächte der beiden Verbrennungslinien aufgegeben werden kann. Es sind zwei anlagentechnisch gleiche Verbrennungslinien vorhanden.

Die eigentliche Verbrennung des Abfalls geschieht auf den beiden Verbrennungsrosten, die in Mainz mit wassergekühlter Rückschubtechnik *System Martin* ausgestattet sind. Mit der Kühlung einzelner Rostzonen wird eine hohe Flexibilität in Bezug auf die Abfallzusammensetzung und den damit verbundenen Heizwert sichergestellt. Dieses Feuerungskonzept eignet sich besonders für sich ständig ändernde Abfallzusammensetzungen, die in den kommenden Betriebsjahren nicht auszuschließen sind. Bild 2 zeigt das Prinzipschema der Rostbewegung beim Rückschubrost.

Der Martin Rückschubrost ist in Förderrichtung um 26 Grad geneigt und besteht aus mehreren treppenförmig angeordneten, mit Roststäben belegten Roststufen. Jede zweite Roststufe wird entgegen der Rostneigung langsam auf und ab bewegt. Die Brennschicht wird dabei ständig geschürt und umgewälzt. Heiße Glutmasse vermischt sich mit dem neu zugeführten Abfall.

In dieser langsamen und gleichmäßigen Misch- und Wälzbewegung der Brennschicht verbrennt der Abfall zu mineralisierter Schlacke mit einem mittleren Glühverlust von 1,8 %. Durch die in ihrer Geschwindigkeit regelbare, gegen die Förderrichtung wirkende Rostbewegung ist die Verweilzeit des Brennstoffs auf

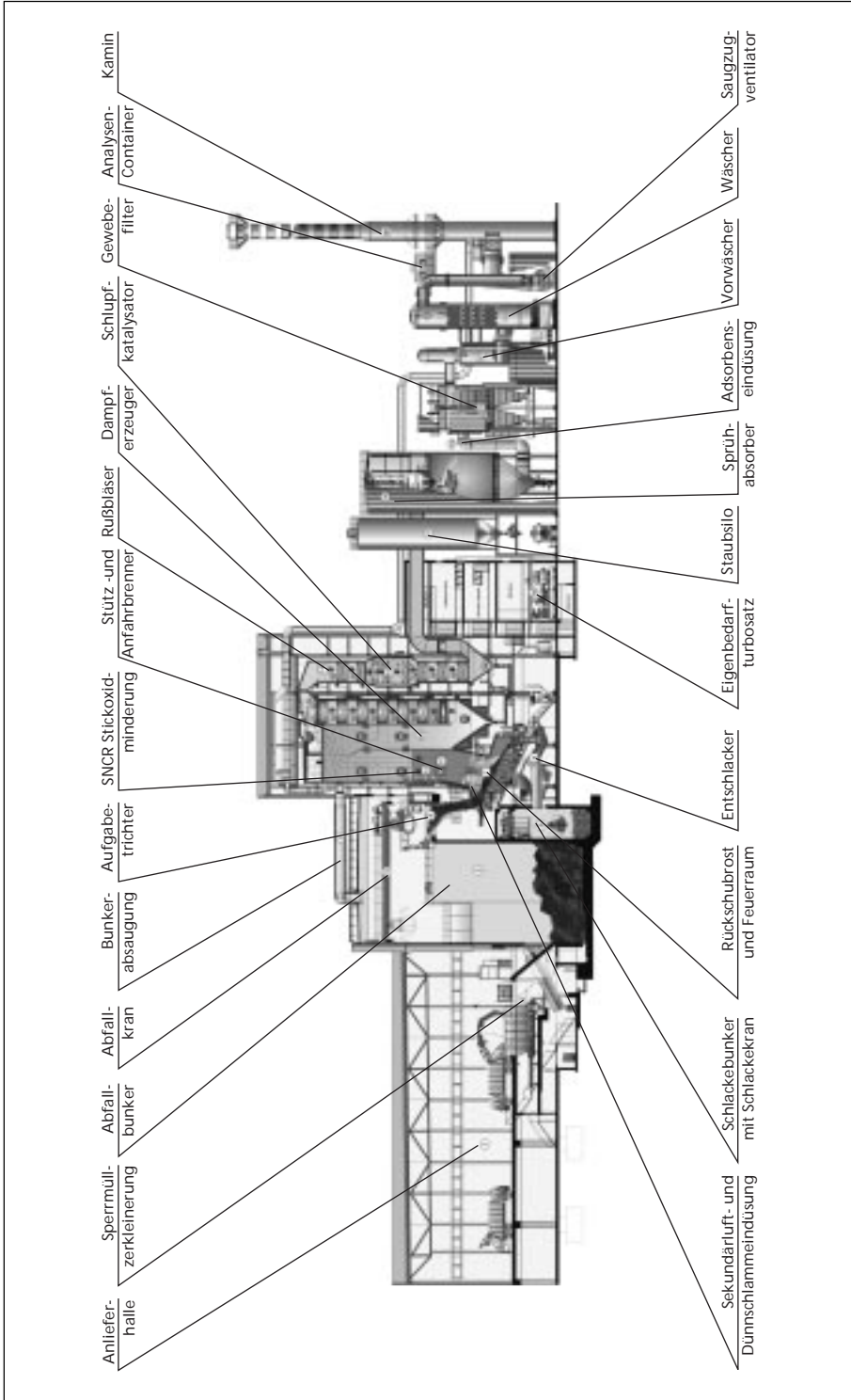


Bild 1: Längsschnitt durch das MHKW Mainz

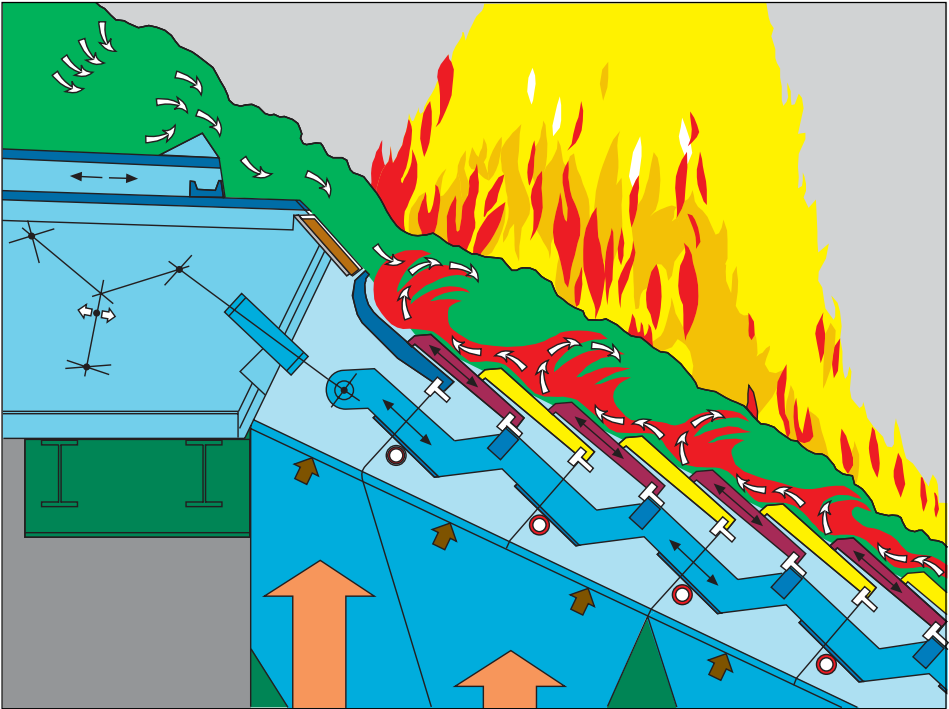


Bild 2: Prinzipschema der Rostbewegung beim Rückschubrost

dem Rost und die Intensität der Schürung unabhängig vom Durchsatz einstellbar. Dadurch ist der Rostbelag stets von der Brennschicht bedeckt und bleibt vor thermischer Einstrahlung weitgehend geschützt.

Die Roststäbe im vorderen Bereich des Verbrennungsrostes sind in wassergekühlter Bauweise ausgeführt. Bei diesen wassergekühlten Roststäben sind die Kühlsegmente Gusskörper, in die Kühlwasserrohre mäanderförmig eingegossen sind. Parallel geschaltet durchströmt das Kühlwasser alle Kühlsegmente und wird anschließend dem externen Rückkühlsystem zugeführt.

Jedes Kühlsegment wird separat von einem gemeinsamen Vorlagebehälter aus mit Kühlwasser gespeist. Das Kühlwasser ist aufbereitetes Kesselspeisewasser und strömt mit einem konstanten Vordruck von 0,3 bar in die Kühlsegmente.

Obwohl der wassergekühlte Rost in Mainz ein problemloses Betriebsverhalten zeigt und keine Leckagen die Verfügbarkeit einschränken, ist die Notwendigkeit der Wasserkühlung bei Rückschubrosten derzeit Gegenstand einer Überprüfung. EGM beabsichtigt, zu einem späteren Zeitpunkt zusammen mit der Martin GmbH über neue Messergebnisse zu berichten.

Beim Anfahren und bei sehr selten vorkommendem besonders nassen Abfall gehen automatisch Gasbrenner in Betrieb. So wird sichergestellt, dass die Mindesttemperatur von 850 °C erreicht wird. Die im Regelbetrieb gemessene Verbrennungstemperatur liegt über 1.000 °C.

Die Verbrennungsrückstände, die nach dem etwa einstündigen Aufenthalt des Abfalls auf dem Verbrennungsrost noch übrig bleiben, fallen im Nassentschlacker in ein Wasserbad, von dort aus werden sie mit einer Schwingrinne in den Schlackebunker transportiert. Die Schlacke wird beim Verwerter in einzelne Bestandteile zerlegt, z.B. werden Metallbestandteile frühzeitig abgetrennt und verwertet, der Rest klassiert und ebenfalls stofflich verwertet.

Die verfahrenstechnische Konzeption berücksichtigt im hohen Maße die Minimierung der Auswirkungen auf die Umwelt. Beispielsweise wird in der Anlage aufgefangenes Regenwasser wieder genutzt und reduziert die sonst notwendige Verwendung von Uferfiltratwasser. Die gesamte Anlage arbeitet abwasserfrei, d.h. sogar anfallendes Prozesswasser aus Spül- und Entleerungsvorgängen wird während des normalen Betriebes gesammelt und dem Prozess wieder zugeführt.

Die Abgasreinigungsanlage besteht aus mehreren Reinigungsstufen, um eine sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte zu erreichen. Dabei werden nicht nur die bundesdeutschen und damit europäischen Grenzwerte eingehalten, sondern auch einzelne Grenzwerte, die die Struktur- und Genehmigungsdirektion des Landes Rheinland-Pfalz im Genehmigungsbescheid unter die gesetzlichen Grenzwerte abgesenkt hat.

Im Einzelnen bestehen die Abgasreinigungseinrichtungen aus folgenden Reinigungsstufen:

- SNCR-Anlage (selektive nicht katalytische Reduktion) mit Eindüsung von Ammoniakwasser im ersten Kesselzug oberhalb der Feuerung zur Reduzierung der Stickoxidemissionen,
- High-dust-Katalysator im vierten Zug mit Kawasaki-Katalysatoren (pitch: 7,3 mm) zur Reduktion des überschüssigen, nicht reagierten Ammoniakanteils,
- Sprühabsorber mit Zugabe von Wasser und Kalkmilch über ein Zerstäuberrad zur Temperaturabsenkung und Vorabscheidung saurer Abgasbestandteile wie SO_2 , HCl und HF,
- Aktivkoksudosierung vor dem Gewebefilter zur Abscheidung von Dioxinen und Furanen, Schwermetallen und anderen Schadstoffen,
- Gewebefilter,
- Vorwäscher mit Eindüsung von Waschwasser zur Reduktion von sauren Schadstoffkomponenten sowie Quecksilberresten,
- Hauptwäscher mit Zudosierung von Kalkmilch zur Entfernung restlicher Abgasbestandteile.

Es wird deutlich, dass die Abgasreinigung des Mainzer Müllheizkraftwerkes mit hohem Aufwand nach dem Stand der Technik in der Lage ist, die Betriebswerte erheblich unter die gesetzlichen Grenzwerte abzusenken. Die Emissionswerte sind im Internet unter www.mhkw-mainz.de nachzulesen.

In den beiden vertikalen Vierzug-Kesseln findet die Verdampfung und Überhitzung des mit Speisewasserpumpen geförderten vollentsalzten Wassers oder Kondensats statt.

Die beiden Kessel erzeugen Dampf mit 40 bar und 400 °C. Ein geringer Anteil des Massenstroms gelangt zu einer Eigenbedarfsturbine, in der im Normalbetrieb der elektrische Eigenbedarf der Anlage und ein geringer Überschuss zum Einspeisen in das elektrische Netz erzeugt wird.

Zwischen der Hoch- und der Niederdruckstufe wird bei 3,5 bar Niederdruckdampf zur Eigenbedarfsdeckung entnommen.

Kap. 4.

Abfallverbrennung in Kombination mit einem 400 MW-GuD-Kraftwerk

Der weitaus größte Anteil des erzeugten Hochdruckdampfes gelangt über eine Verbindungsrohrleitung zum benachbarten 400 MW-GuD-Kraftwerk.

Bild 3 zeigt ein vereinfachtes Block-Schema des GuD-Kraftwerkes.

Die GuD-Anlage besteht aus den Hauptkomponenten:

- Gasturbine,
- Abhitzedampferzeuger,
- Entnahme-Kondensations-Dampfturbine.

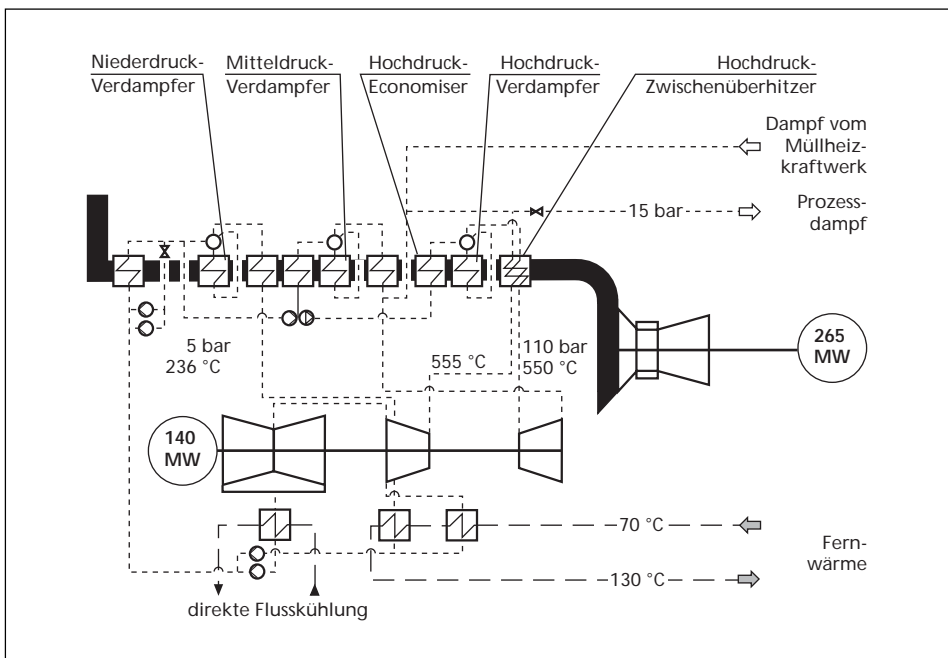


Bild 3: Vereinfachtes Block-Schema des GuD-Kraftwerkes

Das in der Gasturbine eingesetzte Erdgas wird zunächst zur direkten Stromerzeugung genutzt. Die elektrische Gasturbinenleistung liegt bei 265 MW. Weiterhin werden die bei der Verbrennung erzeugten heißen Abgase der Gasturbine im nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger zur Dampferzeugung verwendet. Dieser Dampf wird der Dampfturbine zugeführt und dort verstromt, wobei ein Teil des Dampfes der Dampfturbine entnommen wird und der Bereitstellung von Prozessdampf und Fernwärme für externe Verbraucher dient. Die elektrische Dampfturbinenleistung beträgt rund 140 MW.

Die Gasturbine besteht im Wesentlichen aus:

- dem Luftansaugsystem mit Luftfilteranlage und Schalldämpfer,
- dem Verdichter,
- der Brennkammer,
- dem eigentlichen Gasturbinenteil mit Generator,
- dem Maschinentransformator,
- dem Abgaskanal.

Über das Luftansaugsystem wird dem Verdichter gefilterte Verbrennungsluft zugeführt. Dabei werden die Schallemissionen des Verdichters mit einem eingebauten Schalldämpfer reduziert.

Die Gasturbine Typ Siemens V 94.3A2 verfügt über eine Ringbrennkammer mit 24 Brennern. Die Eintrittstemperatur liegt bei 1.230 °C

Das Abgas verlässt die Gasturbine mit etwa 585 °C und wird durch den Abhitzedampferzeuger geführt. Dort überträgt es einen weiteren Teil seiner Energie auf den Wasser-Dampf-Kreislauf des Dampferzeugers. An dieser Stelle wird auch der Dampf aus dem benachbarten Müllheizkraftwerk überhitzt.

Die Abgase verlassen den Abhitzedampferzeuger über einen Kamin.

Die in die GuD-Anlage integrierte dreigehäusige Dampfturbine wird mit Dampf aus dem der Gasturbine nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger versorgt. Zur Kühlung wird Rheinwasser verwendet.

Der elektrische Nettowirkungsgrad liegt im reinen Kondensationsbetrieb bei 58,4 %.

Die Besonderheit des Wärmenutzungskonzepts beim Müllheizkraftwerk Mainz besteht darin, dass der Dampfmassenstrom aus dem Müllheizkraftwerk mit dem Dampfmassenstrom aus der Hochdruckstufe der Dampfturbine im GuD-Kraftwerk gemeinsam in die so genannte kalte Leitung der Zwischenüberhitzung (ZÜ) des Abhitzekessels eingespeist wird.

Dadurch erhöht sich die Dampftemperatur von 400 °C auf 555 °C, ohne dass zusätzlich Erdgas zur Aufheizung eingesetzt werden muss. Die Abgastemperatur am Kamin des GuD-Kraftwerkes verringert sich je nach Lastzustand zwischen 1,5 °C und 3 °C. Infolge dieser externen Überhitzung und der Nutzung der verlustreduzierten Mittel- und Niederdruck-Teilturbinen in Verbindung mit dem Vakuum von 30 mbar steigt die spezifische Stromerzeugungsleistung.

Neben diesem Wirkungsgradvorteil besteht ein Investitionsvorteil, da beim Müllheizkraftwerk Mainz auf die Errichtung einer adäquat großen Dampfturbine verzichtet werden konnte.

Falls das GuD-Kraftwerk nicht zur Verfügung steht, stellt eine Einspeisung zur direkten Erzeugung von Fernwärme mit Hilfe eines eigens dafür errichteten Heizkondensators die Wärmenutzung sicher.

Kap. 5.

Technische Kennzahlen

Die Betriebserfahrungen des Jahres 2004 haben deutlich gemacht, dass die Betriebswerte alle Planvorgaben bestätigt haben. Lediglich die Inbetriebnahme der Eigenbedarfsturbine war infolge einer Havarie verzögert und erst im ersten Quartal 2004 abgeschlossen.

Tabelle 3 zeigt eine Beurteilung des Betriebsverhaltens anhand der Kennzahlen des Jahres 2004.

Bei einer Bruttowärmeleistung des Müllheizkraftwerkes Mainz von 88 MW und einer durchgesetzten Abfallmenge in Höhe von 214.000 t ergibt sich ein Heizwert im Abfall von 11.500 kJ/kg. Die Zeitverfügbarkeit im ersten Betriebsjahr bei Linie 1 und Linie 2 entspricht mit knapp 94 % den Erwartungen an eine Neuanlage. Die Dampfabgabe an das GuD-Kraftwerk fiel infolge verschiedener planmäßiger Kraftwerks-Stillstände geringer aus. Außerdem stand die Eigenbedarfsturbine in den ersten Monaten des Jahres nur eingeschränkt zur Verfügung. Der Zündgasverbrauch verdeutlicht die geringe Anzahl von Anfahrvorgängen. Der Stützgasinsatz war vernachlässigbar.

Tabelle 3: Kennzahlen des MHKW Mainz für das Jahr 2004

| | Einheit | Wert |
|------------------------------------------|---------|--------------|
| Abfallmenge | t | 214.000 |
| mittlerer Heizwert | kJ/kg | 11.500 |
| Zeitverfügbarkeit | | |
| Linie 1 | % (h) | 93,5 (8.193) |
| Linie 2 | % (h) | 94,0 (8.233) |
| elektrischer Eigenbedarf | MWh | 18.800 |
| erzeugte Dampfmenge | t | 768.620 |
| Dampfabgabe an Kraftwerk | t | 503.000 |
| Stromabgabe | MWh | 7.834 |
| Zündgasverbrauch | MWh | 1.812 |
| Prozesswasserverbrauch | t | 154.000 |
| Schlackemenge | t | 56.700 |
| besonders überwachungsbedürftige Abfälle | t | 8.667 |

Die relativ geringe Schlackemenge ist ein Hinweis auf den großen Anteil an heizwertreichen Gewerbeabfällen, die zum Zweck der Verwertung zum Einsatz kamen.

Tabelle 4 enthält die auf eine Tonne Abfall bezogenen Kennzahlen.

Tabelle 4: Kennzahlen des MHKW Mainz für das Jahr 2004 bezogen auf eine Tonne Abfall

| | Einheit | Wert |
|--------------------------------------------------------------|---------|------|
| Brutto-Verdampfungsziffer ¹ (t Dampf/t Abfall) | t/t | 3,59 |
| elektrischer Eigenbedarf | kWh/t | 88 |
| Zündgasverbrauch | kWh/t | 8,5 |
| Prozesswasserverbrauch | t/t | 0,7 |
| Schlacke | t/t | 0,26 |
| besonders überwachungsbedürftige Abfälle | kg/t | 41 |

¹ ohne Speisewasser-Vorwärmung, Erdgas trägt mit 0,3 % dazu bei

Der elektrische Eigenbedarf des MHKW Mainz liegt mit 2,5 % bezogen auf die Bruttowärmeleistung oder mit 88 kW pro Tonne Abfall im erwarteten niedrigen Bereich. Externe elektrische Verbraucher, die zur Versorgung der Anlage dienen und nicht in den Bilanzkreis aufgenommen worden sind, liefern einen vernachlässigbaren Beitrag. Dazu zählen z.B. die Kondensatreinigung und die Prozesswasserpumpen.

Die Wärmeeffizienz der Anlage ist für zwei unterschiedliche Fallweisen dargestellt. Die Entscheidung, welche Fahrweise gewählt wird, trifft der Dampfkunde. Einzelheiten zur Dampflieferung sind bereits im Jahr 2002 vertraglich festgelegt worden.

Bild 4 stellt die stromoptimierte Fahrweise dar.

In diesem Fall dient die Fahrweise einer maximalen Stromerzeugung. Der elektrische Nettowirkungsgrad von 23 % mit Dampfparametern von 40 bar und 400 °C stellt ein vergleichsweise gutes Ergebnis dar. Bei dieser Fahrweise entspricht die Stromproduktion des Jahres 2004 der Versorgung von mehr als 35.000 Haushalten mit elektrischer Energie (4.000 kWh/Haushalt).

Die wärmeoptimierte Betrachtungsweise führt zu einer Maximierung der Fernwärme- und Prozessdampfpauskopplung, wobei naturgemäß die Stromerzeugung in den Hintergrund tritt.

Bild 5 zeigt einen Wärmenutzungsgrad in Höhe von 67,6 %.

Die Verluste des Kessels liegen im üblichen Bereich. Wie die Analyse der übrigen Verluste zeigt, verhindern im Wesentlichen die Eigenbedarfsturbine, der Dampfzonenverbrauch und die Verluste im Bereich der Dampfleitung und des Heizkondensators eine noch höhere Wärmenutzung.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass für eine reine Wärmenutzung die Dampfparameter 40 bar und 400 °C sinnvollerweise weiter abgesenkt werden

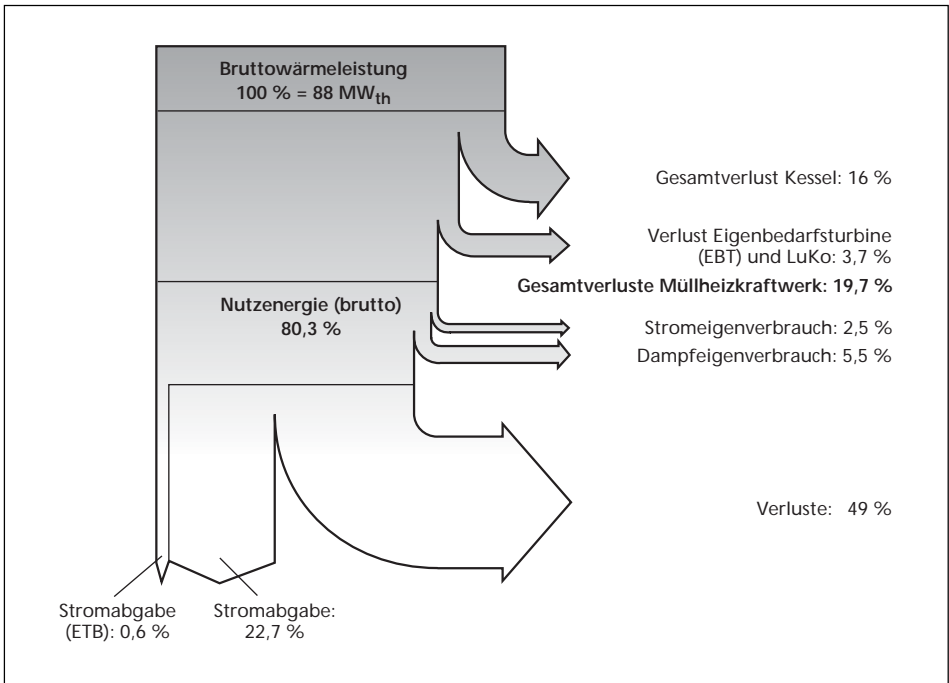


Bild 4: Energieabgabe und -verluste des MHKW Mainz bei stromoptimierter Fahrweise

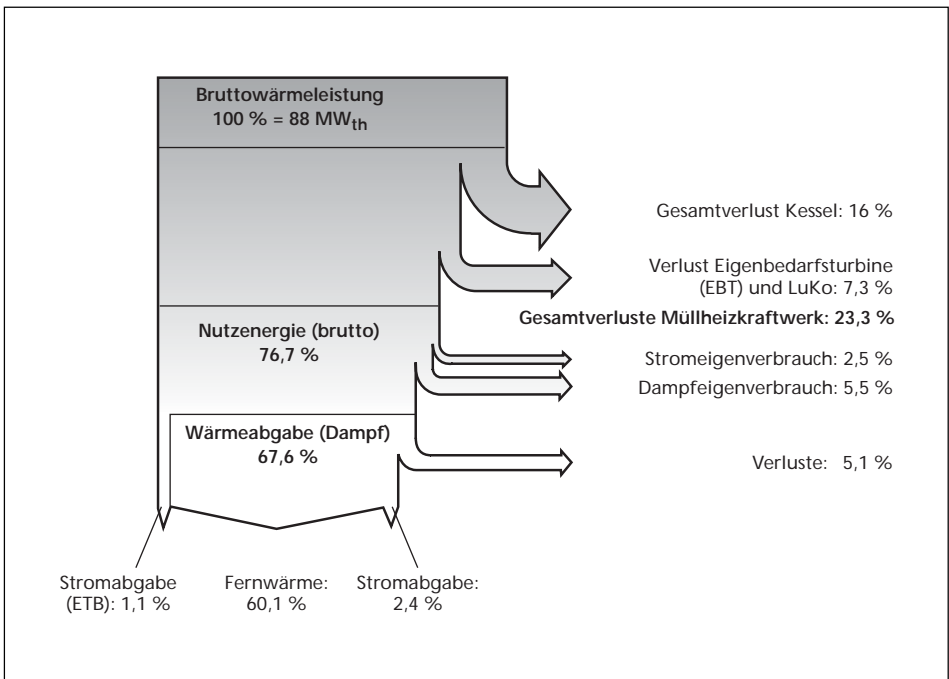


Bild 5: Energieabgabe und -verluste des MHKW Mainz bei wärmeoptimierter Fahrweise

können. Dadurch ist eine Verringerung der Korrosionsrate bei den Dampfkesseln zu erwarten. Die Entscheidung, ob eine wärmeoptimierte oder stromoptimierte Fahrweise oder je nach Jahreszeit unterschiedliche Fahrweisen in Betracht zu ziehen sind, ist ausschließlich standort- und erlösabhängig.

Die Dampfnutzung im GuD-Kraftwerk ist nur beim Betrieb beider Anlagen möglich. Es ergibt sich ein Abstimmungsbedarf hinsichtlich der planbaren Stillstandszeiten. Eine große Revision steht bei Gasturbinen dieser Baugröße etwa alle 24.000 Betriebsstunden an. In diesen Fällen besteht die Möglichkeit einer gleichzeitigen Revision beider Anlagen. Eine große Revision der Gasturbine dauert vier bis fünf Wochen.

Kap. 6.

Zusammenfassung

Beim Müllheizkraftwerk Mainz ist es gelungen, die Synergie, die an einem Kraftwerksstandort zur Verfügung steht, in einem großen Maß zu nutzen. Der Abfall wird als Brennstoff zur Erzeugung von Strom, Prozessdampf und Fernwärme in Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt. Dabei wird die Wärme im 400 MW-GuD-Kraftwerk je nach Bedarf entweder strom- oder wärmeoptimiert genutzt. Der dem Gaskraftwerk zugeführte Dampf aus dem Müllheizkraftwerk Mainz wird von 400 °C auf 555 °C überhitzt, ohne dass zusätzlich Erdgas zur Überhitzung verwendet werden muss. Im Müllheizkraftwerk war die Errichtung einer adäquat großen Dampfturbine nicht erforderlich.

Die in der Planungsphase des Müllheizkraftwerks Mainz angestrebte Minimierung des elektrischen Eigenbedarfs hat sich im ersten Betriebsjahr bestätigt. Technische Kennzahlen aus dem ersten Betriebsjahr ermöglichen einen Vergleich mit anderen Anlagen.