

swb wird Stromertrag aus MHKW Bremen verdreifachen

Jens-Uwe Freitag und Uve Luttmann

1.	<i>Energie aus Abfall</i> Teil der swb – Erzeugungsstrategie	191
2.	MHKW in Bremen – Historie	192
3.	Effizienzsteigerung MHKW Bremen	193
3.1.	Variantenvergleich	194
3.2.	Erneuerungs- und Umbaumaßnahmen.....	197
4.	Ausblick.....	199

1. *Energie aus Abfall* Teil der swb – Erzeugungsstrategie

Energie aus Abfall zu nutzen, ist seit vielen Jahren fester Bestandteil der Strategie der swb. Diese Strategie wurde insbesondere in 2007 nach dem Ende des Kohlekraftwerkprojektes Block 21 im Zuge der Überarbeitung der Erzeugungsstrategie nochmals geschärft und bestätigt. Hier wurde als Ziel die langfristige Sicherung der Stromerzeugungsposition und darüber hinaus profitables Wachstum durch Effizienzsteigerung in der industriellen Energieerzeugung als wesentliche Zielsetzung definiert. Gleichzeitig wurde die Nachhaltigkeitsstrategie der swb entwickelt, in der die Erzeugung von Strom und Wärme aus Abfall einen wichtigen Beitrag zur Zielerreichung leistet.

Tabelle 1: *Waste to energy* – Strategie der swb

Nachhaltigkeitsziele	konventionelle Erzeugung
swb orientiert sich an den internationalen Klimaschutzziele für das Jahr 2020 <ul style="list-style-type: none"> • 20 % CO₂-Einsparung erzielen • Energieeffizienz um 20 % steigern • 20 % der durch swb erzeugten Energie aus regenerativen Energieträgern gewinnen 	<ul style="list-style-type: none"> • modernen Anlagenpark entwickeln <ul style="list-style-type: none"> * Altanlagen modernisieren * Kraftwerksneubauprojekte mit Partnern realisieren • dauerhafte Erhaltung der Erzeugungsposition und Wachstum erreichen • Diversifizierung des Brennstoffeinsatzes • Verringerung der CO₂-Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • bei ausgewogenem/beherrschabrem Kapitalkostenrisiko • bei Sicherstellung der Finanzierbarkeit 	

Vor dem Hintergrund einer noch hohen Dominanz von Kohlekraftwerken im Portfolio der swb und den in der Zukunft daraus resultierenden CO₂-Risiken wurde ein umfangreiches Investitionsprogramm, insbesondere für die Jahre 2010 – 2015, als notwendig erachtet, um den Brennstoffmix dauerhaft und nachhaltig auf eine breitere Basis zu stellen und die Effizienz der Anlagen deutlich zu erhöhen.

Schon mit der Inbetriebnahme des Mittelkalorikkraftwerks (MKK) im Jahr 2009 wurde die Strategie *waste to energy* am swb Standort Kraftwerk Hafen umgesetzt. Die logische Fortsetzung dieser Strategie, das Projekt der Effizienzsteigerung des Müllheizkraftwerks (MHKW) mit einer zusätzlichen elektrischen Leistung von etwa 35 MW.

2. MHKW in Bremen – Historie

Die Erst-Inbetriebnahme des MHKW erfolgte im Jahr 1969 zunächst mit drei Linien. Das Anlagendesign zielte auf die Auskopplung von Nutzenergie in Form von Fernwärme für die benachbarte Universität und den Technologiepark Bremen ab. Aus diesem Grund wurde ein Konzept mit Satteldampf-Kesseln gewählt, welche Dampf mit einem Druck von 22 bar (absolut) bei einer Temperatur von etwa 217 °C erzeugen. Die Fernwärmeversorgung der Universität startete zu Beginn der siebziger Jahre zusammen mit der Inbetriebnahme einer vierten Kessellinie.

Um den Dampf effizienter zu nutzen, nahm im Jahr 1989 eine erste Gegendruck-Dampfturbine ihren Betrieb auf, welche im Wesentlichen die Reduzierung des Dampfdruckes von 22 bar auf die für die Wärmetauscher erforderlichen etwa 5 bar vornimmt.

Mit Investitionen in Höhe von über 100 Mio. Euro konnte in den vergangenen zehn Jahren eine weitere Optimierung der Emissionswerte, des Brennstoffmanagements sowie der Feuerungsanlagen der Anlage erzielt werden. Die Maßnahmen beinhalteten die Errichtung eines neuen Abfallbunkers (BEO), die Optimierung der vierstufigen Abgasreinigungsanlage sowie den Austausch der Feuerungen aller vier Kessellinien und den Einbau von wassergekühlten Vorschub-Rostfeuerungen.

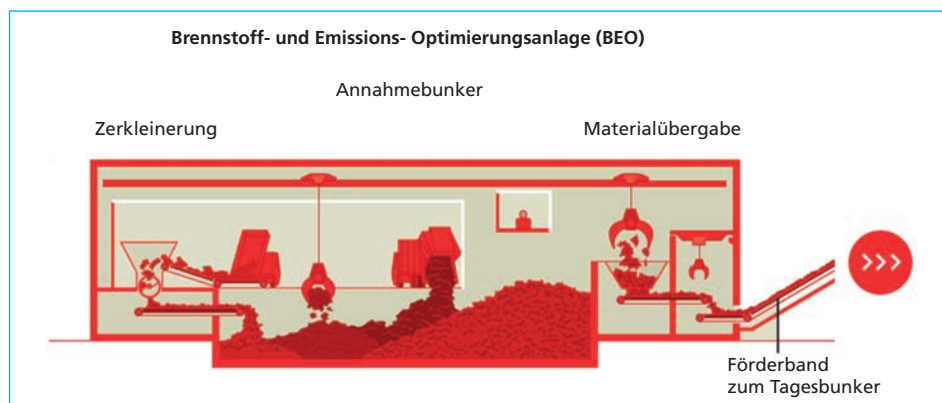


Bild 1: Anlagenschema MHKW (Teil 1 Vorschaltanlage)

Im Rahmen der umfangreichen technischen Modernisierung der Anlage in den Jahren 2003 bis 2006 konnte auch die Energieeffizienz der Anlage gesteigert werden. Kessel 1 wurde komplett zurückgebaut und durch eine Neukonstruktion mit doppelter Leistung unter Beibehaltung der Dampfparameter ersetzt. Seit 2004 stellt eine zweite Gegendruck-Turbine mit einer elektrischen Leistung von 13,1 Megawatt die Nutzung des durch die Turbine 1 nicht verarbeitbaren Dampfes sicher.

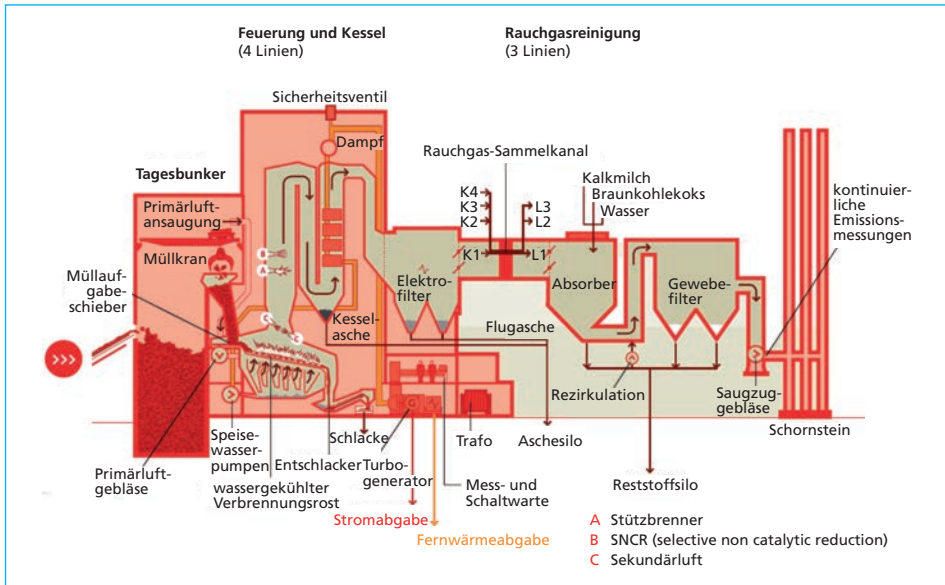


Bild 2: Anlagenschema MHKW (Teil 2)

In Summe verfügt das MHKW Bremen seit Abschluss der letzten Modernisierung über eine Verbrennungskapazität von rund 550.000 t/a (bei 10,5 MJ/kg) und rund 15 Megawatt elektrischer Leistung. Das Fernwärmenetz wurde ausgebaut und versorgt neben der Universität samt angeschlossenen Universitäten und den über 300 Firmen umfassenden Technologiepark auch das Science-Center *Universum*, ein Hotel sowie das Wohngebiet *Weidedamm III* zuverlässig mit Fernwärme.

3. Effizienzsteigerung MHKW Bremen

Trotz der in der Vergangenheit vorgenommenen Umbauten weist das MHKW hinsichtlich seiner Energieeffizienz noch erhebliche Verbesserungspotenziale auf, weil die Verbesserung der Dampfparameter der Kessel und die damit verbundene Stromerzeugung nicht Teil der Modernisierungsprojekte in der Vergangenheit war. Des Weiteren stand eine hocheffiziente Stromerzeugung aus Abfall nicht im wesentlichen Fokus des wirtschaftlichen Betriebs des MHKWs. So wird auf Grund der Auslegung der Anlage nur ein geringer Teil der durch die Verbrennung freigesetzten Energie für die Stromerzeugung verwendet. Beide zur Verfügung stehenden Turbinen werden derzeit nur mit Satttdampf beaufschlagt, der in den Kesseln (Linien) 1 bis 4 erzeugt wird.

Nach der im Jahre 2008 vollzogenen Integration des MHKW in den swb-Konzern konnten die Planungen zur Steigerung der Energieeffizienz des MHKW sowohl aus wirtschaftlichen wie rechtlichen Gründen vorangetrieben werden. Im Rahmen der durch swb aufgesetzten *waste to energy*-Strategie steht eine effektivere Nutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie im Fokus der weiteren technischen Modernisierung der Anlage.

Zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Modernisierungsvariante wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Umbaukonzepte untersucht. Neben den 1969 festgelegten niedrigen Dampfparametern schränkt insbesondere die fehlende Möglichkeit zur vollständigen Vakuumkondensation des Dampfes in Perioden mit geringem Fernwärmebedarf die Möglichkeiten des MHKW zur effektiven Energienutzung ein.

Alle untersuchten Modernisierungskonzepte mussten nicht nur die zukünftige Markterwartung für Strom und Abfall berücksichtigen, sondern insbesondere auch den Randbedingungen zum Erhalt des Verwerterstatus in Form des R1-Faktors größer 0,60 genügen. Für die Ermittlung dieses Faktors zum Nachweis der Effizienz von Verbrennungsanlagen wurde die sogenannte *R1-Formel* entwickelt, welche eine Relation zwischen der eingebrachten Energie und der in Form von genutzter Wärme und Elektrizität erzeugten Energie herstellt. Der nach der EU Abfall-Rahmenrichtlinie (AbfRRL) errechnete R1-Faktor soll für bestehende Anlagen (Altanlagen) mindestens den Wert von 0,60 erreichen, um den Verwerterstatus zu erhalten.

Das Projektziel einer deutlichen Effizienzsteigerung im Vergleich zur heutigen Situation, ist nur mit erhöhten Dampfparametern erreichbar. Allen Umbaukonzepten war daher gemein, zumindest eine Teilmenge des Dampfes in Heißdampf zu überführen.

Die Projektentwicklung begann Mitte 2009. Nach intensiver Variantenprüfung und Bieterverhandlungen konnte das *basic engineering* bis Ende August 2010 abgeschlossen werden.

3.1. Variantenvergleich

Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht wurde vertieft geprüft, ob ein Umbau der Anlage mit dem Ziel der Steigerung der Stromproduktion durch Erhöhung der Druck- und Temperaturparameter auf etwa 400 °C und etwa 40 bar (aktuell 22 bar, 215 °C, Sattdampf) und Installation einer neuen Heißdampfturbine und/oder eine stärkere Nutzung der Wärme für die Fernwärmeversorgung, die zukünftig geforderten Effizienzwerte und die Wirtschaftlichkeit der Investition erreicht. Auch wurde untersucht, keine weiteren Modernisierungsmaßnahmen durchzuführen, die sogenannte Schrumpfvvariante.

Hauptsächlich wurden folgende Varianten als mögliche Lösungen untersucht¹:

Schrumpfvvariante (Variante 1): Wärmegeführter Betrieb der Anlagen mit reduziertem Abfalldurchsatz, nur noch Annahme von Mengen zur Beseitigung. Ein Kessel (K2 oder K3) kann in Kaltreserve genommen werden. Der Winterbetrieb ist mit 3 Kesseln möglich (zum Erhalt der bestehenden Fernwärmeverpflichtungen).

¹ Über die hier dargestellten Varianten hinaus wurden weitere untersucht, die aus verschiedenen Gründen (z.B. Verfehlung des R1-Faktors von 0,6, zu hoher Investitionsbedarf) allerdings nicht zum Ziel geführt hätten und aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nicht dargestellt werden.

Schrumpfvariante mit Fernwärmeausbau (Variante 1A): Wärmegeführter Betrieb der Anlagen mit reduziertem Abfalldurchsatz und Ausbau des Fernwärmenetzes. Der erhöhte Fernwärmeabsatz in den kalten Jahreszeiten würde den Betrieb von 4 Kessel erfordern. Der Abfalldurchsatz würde variieren in Abhängigkeit der betriebenen Kessel.

Variante 40/400 K1 (Variante 4): In dieser Variante würde Kessel 1 auf 40 bar und 400 °C umgerüstet. Es würden eine neue Turbine und ein neuer Luftkondensator installiert und vorbereitende Maßnahmen für einen möglichen späteren Umbau des Kessels 4 getroffen. Der Abfalldurchsatz würde variieren in Abhängigkeit der betriebenen Kessel.

Variante 40/400 K1 & K4 (Variante 4A): In dieser Variante würden Kessel 1 und Kessel 4 auf 40 bar und 400 °C umgerüstet. Es würden eine neue Turbine und ein neuer Luftkondensator (LuKo) installiert. Der Abfalldurchsatz würde auf heutigem Niveau (530.000 t/a) gehalten werden können.

Variante ohne K2 (Variante 4A1): Wie Variante 4A allerdings unter der Annahme reduzierter Abfallmengen (460.000 t/a), so dass ein Kessel stillgelegt würde.

Variante ohne K2 und ohne K3 (Variante 4A2): Wie Variante 4A, allerdings unter der Annahme stark reduzierter Abfallmengen (350.000 t/a), so dass zwei Kessel stillgelegt würden.

Die Variante 4A1 und 4A2 wurden mit in die Bewertung aufgenommen, um eine Sensitivität hinsichtlich der Auslastung darzustellen und ab welcher Auslastung eine Wirtschaftlichkeit noch gegeben ist.

Im Folgenden sind die zugehörigen sehr vereinfachten Schaltbilder der Varianten dargestellt.

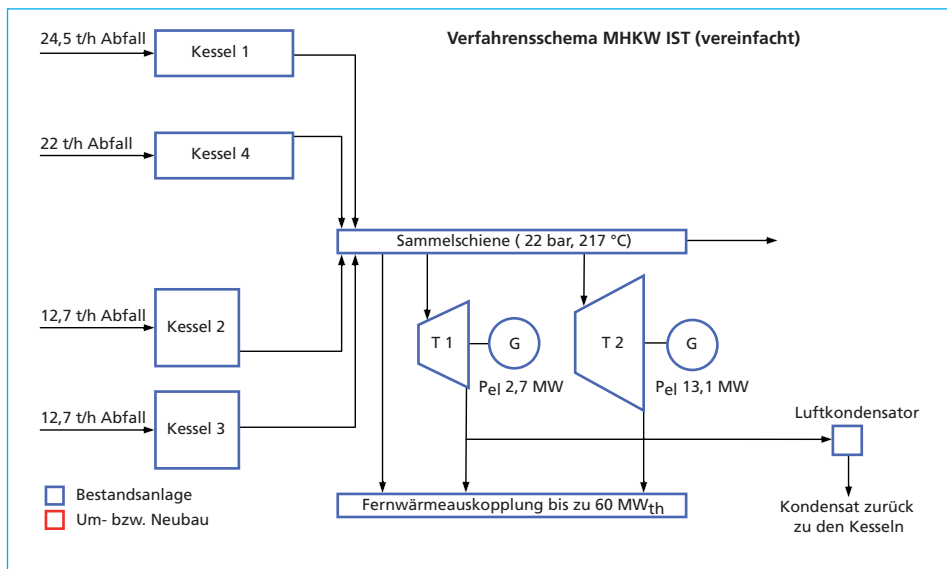


Bild 3: Vereinfachtes Verfahrensschema Variante 1 und 1A (ohne Umbau)

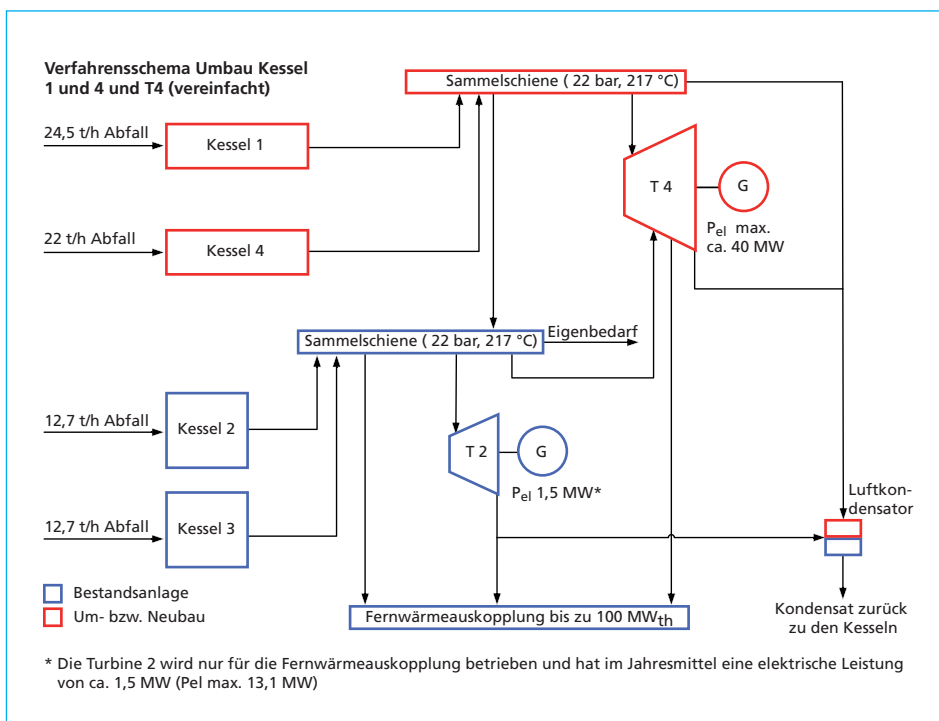


Bild 4: Vereinfachtes Verfahrensschema MHKW-Umbau Varianten 4, 4A, 4A1, 4A2

Unter Berücksichtigung der erwarteten Marktentwicklung für Strom, Wärme und Abfall kristallisierte sich als wirtschaftlichste technisch machbare Variante der Umbau der Kessel 1 und 4 auf Heißdampf mit den heute üblichen Dampfparametern von 40 bar und 400 °C heraus. Ein Ausbau der Fernwärme bleibt eine Option in der Zukunft, wird aber im Zuge dieses Projektes nicht weiter betrachtet. Die Kessel 1 und 4 sind die größeren Linien der Anlage und stehen zusammen für etwa 2/3 der gesamten Verbrennungskapazität. Die geplante neue Heißdampf-Kondensationsturbine (Turbine 4) muss sowohl den Heißdampf der Kessel 1 und 4, als auch den für die Fernwärmeezeugung nicht genutzten Satt-dampf der Kessel 2 und 3 verarbeiten können. Das für den Betrieb der Turbine erforderliche Vakuum wird mit einer neu zu errichtenden Luftkondensationsanlage (LuKo 4) realisiert. Die durch diese Maßnahmen auf etwa 50 MW erhöhte elektrische Leistung der Anlage wird über einen neuen Netzanschluss in das Bremer 110 kV-Netz eingespeist.

Mit dem Ziel der Nutzung unserer gesammelten Projekterfahrungen sowie dem betrieblichen Know-how und der damit angestrebten Sicherstellung eines hocheffizienten Betriebs mit hoher Verfügbarkeit, übernimmt swb Erzeugung/Entsorgung für das Projekt die Rolle des Generalunternehmers. Die Leistungen der beteiligten Gewerke wurden in sieben Hauptlose vergeben. Nach Bewilligung des Antrags auf vorzeitigen Baubeginn wurde die Bautätigkeit im November 2010 aufgenommen.

3.2. Erneuerungs- und Umbaumaßnahmen

Bei Kessel 1 handelt es sich derzeit um einen 3-Zug-Vertikal-Kessel mit Naturumlaufl. Der gesamte Kessel, einschließlich Brennstoffaufgabe und Feuerung, wurde 2004/2005 komplett neu errichtet, konstruktiv ausgeführt als hängender Satteldampfkessel.

Für die Umstellung auf die Erzeugung von Heißdampf mit 41 bar absolut (zulässiger Betriebsüberdruck 45 bar absolut) und 420 °C sind Änderungen an den Wärmetauschern (Verdampfer, Überhitzer, Economizer, etc.) und ihrer Verschaltung sowie an den Kesselwänden erforderlich. Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erreichen, werden zusätzliche *Economizer* eingebaut, wozu der Kessel mit einem vierten Zug versehen wird. Abgesehen von der Ausweitung des bisherigen Abgaskanals zum vierten Kesselzug, wird die Kubatur des Kessels nicht verändert.

Im Weiteren müssen aufgrund der höheren Dampfparameter die Kesseltrommeln sowie etliche Sammler ausgetauscht und das Speisewasser- und Dampfsystem komplett neu aufgebaut werden. Die bestehenden Systeme der Kesselreinigung werden übernommen.

Die am Kessel vorzunehmenden Änderungen erfolgen innerhalb der bestehenden Kesselhülle. Die wesentlichste Änderung betrifft den Abgaskanal am Übergang vom Kessel zum E-Filter, welcher zum vierten Kesselzug umgebaut und künftig die Economizer aufnehmen wird. Im Bereich der Economizer, zwischen viertem Kesselzug und E-Filter, wird die Kesselhauswand den neuen Gegebenheiten angepasst.

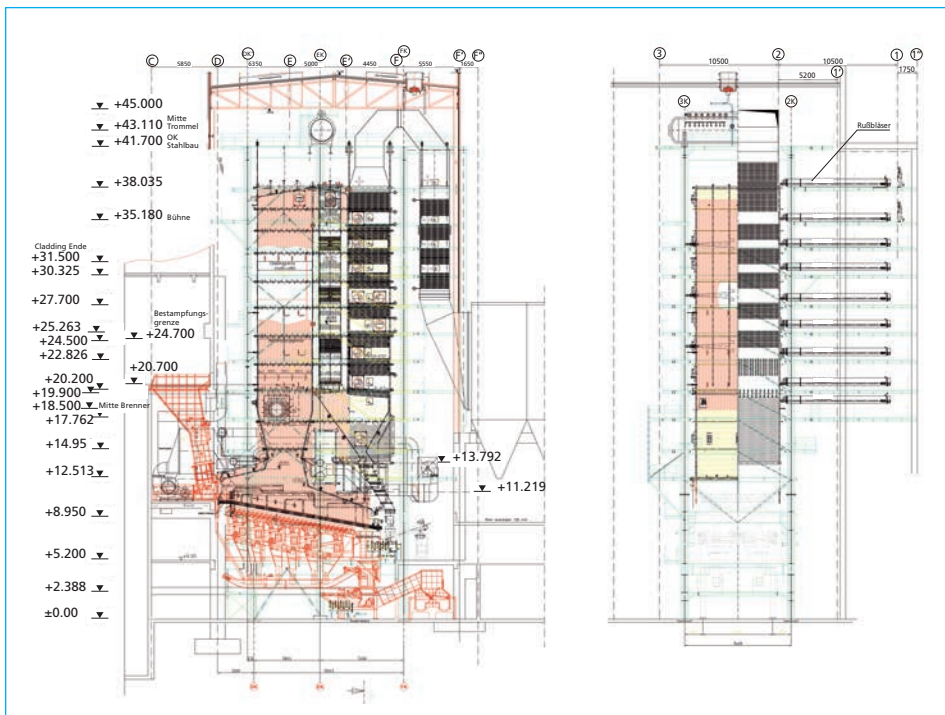


Bild 5: Kessel 1 nach Umbau

Beim **Kessel 4** handelt es sich zurzeit um einen 2-Zug-Vertikal-Kessel mit Naturumlauf, der als Eckrohrkessel mit abgestelltem Economizer konstruiert ist. Die Brennstoffaufgabe und die Feuerung wurden im Jahr 2006 komplett erneuert. Der Kessel ist ein Satttdampfkessel und steht auf dem Eckrohrkäfig der Kesselkonstruktion.

Für die Umstellung auf Heißdampf wird der bestehende Kessel oberhalb der Feuerung (Rostbahnen) vollständig rückgebaut und durch einen neuen hängenden 4-Zug-Vertikal-Kessel mit Naturumlauf, weitgehend baugleich zum umgebauten Kessel 1, ersetzt.

Die bestehende Feuerung einschließlich Verbrennungsluftsystem, wird unverändert für den neuen Kessel übernommen. Mit dem Neubau des Kessels erreicht die Kesseldecke nach dem Umbau eine Höhe von etwa 40 m, was eine Erhöhung des Kesselhauses im Bereich des Kessels 4 bedingt.

Der neue **Turbosatz 4** wird als Entnahme-Kondensations-Turbine ausgeführt. Er verarbeitet den mit den Kesseln 1 und 4 erzeugten Heißdampf, sowie – über eine Zwischeneinspeisung – den für die Fernwärmeerzeugung nicht genutzten Satttdampf der Kessel 2 und 3.

Über eine geregelte 4-bar-Entnahme wird Dampf zur Versorgung der Entgaser in den Speisewasserbehältern entnommen. Hinter der Entnahme verfügt die Turbine über eine Anzapfung zur Beheizung eines Heizkondensator zur Fernwärmeerzeugung sowie eines Niederdruck-Vorwärmers.

Die Turbine treibt über ein Getriebe einen Drehstrom-Synchron-Generator zur Erzeugung elektrischer Energie. Abhängig von der Verwendung des erzeugten Dampfes und von der Betriebsweise des Luftkondensators, kann mit dem Turbosatz eine maximale elektrische Leistung bis zu 50.000 kW (an den Generatorklemmen) erzeugt werden.

Neben dem Maschinenhaus wird ein neuer **Luftkondensator (LuKo 4)** installiert. Dieser hat die Aufgabe, den nicht weiter verwertbaren Dampf bis ins Vakuum zu kondensieren, um eine optimale Ausnutzung der im Dampf enthaltenen Energie zu gewährleisten. Der neue LuKo 4 ist eine Freianlage in unmittelbarer Nähe des Maschinenhauses. Er besteht aus zwei Dächern mit jeweils vier Feldern. Die insgesamt acht Felder sind mit jeweils einem langsam drehenden und daher leisen Lüfterrad ausgestattet. Die Antriebsmotoren der Lüfter werden über Frequenzumrichter drehzahl geregelt. Die acht Felder des LuKo sind so verschaltet, dass auch im Teillastbereich der Anlage – durch entsprechende Umschaltungen – eine maximale Energieeffizienz erreicht werden kann.

Im neuen Maschinenhaus wird neben der Turbine und den zum LuKo zugehörigen Behältern und Pumpen für das Kondensat ein komplett neues **Speisewassersystem** untergebracht. Dieses ist zum Betrieb der Kessel 1 und 4 mit den neuen Dampfparametern sowie der neuen Entnahme-Kondensations-Turbine 4 erforderlich. Es verfügt über drei Speisewasserpumpen mit Elektroantrieb und einer Speisewasserpumpe mit Dampfturbinenantrieb.

Weiterhin werden mehrere **Wärmetauscher** im neuen Maschinenhaus installiert. Ein Niederdruck-Vorwärmer zur Speisewasservorwärmung sowie ein neuer Fernwärmetauscher (Heizkondensator 4) werden mit 1,5 bar-Anzapfdampf beheizt. Das Fernwärmewasser des vorhandenen Fernwärmesystems wird mit diesem Wärmetauscher von etwa 82 °C auf etwa 125 °C erwärmt, die maximale thermische Leistung beträgt 20 MW.

Weitere Betriebseinheiten im neuen Maschinenhaus sind je eine Umleitstation für beide Heißdampfkessel, ein geschlossenes Rückkühlsystem sowie alle erforderlichen Anlagen für die Elektro- und Leittechnik, die in einem separaten Schwerbau-Gebäudeteil des neuen Maschinenhauses aufgestellt werden.

Die maximal erzeugbare Leistung des Turbosatzes 4 wird mit etwa 50 MW wesentlich höher sein, als die bisher mit den Turbinen 1 und 2 erzeugbare elektrische Leistung von 15,8 MW. Dies macht eine **neue Netzeinspeisung** in das 110-kV-Netz erforderlich. Die im Generator 4 erzeugte elektrische Energie mit einer Spannung von 10,5 kV, wird über eine Stromschienen-Verbindung auf einen Block-Transformator 10,5/110 kV gebracht. Die Verbindung vom Transformator zum Umspannwerk *Blockland* der swb wird über eine neu zu bauende 110-kV-Kabelleitung hergestellt. Von der Stromschienen-Verbindung zwischen Generator und Block-Transformator führt ein Abzweig zu der neuen 10-kV-Schaltanlage im Maschinenhaus. Über diese Schaltanlage wird die Verbindung zu den bestehenden 10-kV-Schaltanlagen des MHKW hergestellt.

An den bestehenden Anlagen und Einrichtungen zur Strom- und Wärmeauskopplung, insbesondere an der vorhandenen Sattdampfturbine 2, werden keine Änderungen vorgenommen. Die Betriebsweise dieser Anlagenteile ändert sich insoweit, als weniger effiziente Prozesse nicht mehr im Dauerbetrieb gefahren werden. Als Anlagenkomponenten, deren Stilllegung und Rückbau nach Inbetriebnahme der neuen Anlagenkomponenten eingeplant sind, ist die älteste Turbine 1 und der angeschlossene Luftkondensator 1 zu nennen.

4. Ausblick

Durch seriellen Umbau der Kessel 1 und 4 bleibt das MHKW Bremen während der gesamten Projektlaufzeit bis Mitte 2013 durchgängig mit drei Kessellinien in Betrieb.

Bereits Mitte 2012 ist die Inbetriebnahme aller wesentlichen Betriebseinheiten, mit Ausnahme von Kessel 4, geplant. Dieser wird im ersten Quartal 2013 auf die bereits in Betrieb befindliche Neuanlage geschaltet, so dass eine Erprobung der Gesamtkonfiguration möglich wird.

Grundsätzlich wird sich die aktuelle Modernisierung des MHKW in Bremen weder auf die verarbeitbaren Brennstoffmassenströme oder den Abgasweg noch auf die Fernwärmeauskopplung auswirken. Dagegen wird sich Dank der neuen Dampfparameter der Linien 1 und 4, die zukünftig dem Stand moderner Anlagen entsprechen, die Stromausbeute deutlich erhöhen.

Dank diverser Investitionsprojekte in den letzten 40 Jahren konnte das MHKW Bremen sich bei der energetischen Abfallverwertung bis heute gut behaupten. 2010 wurden etwa 500.000 Tonnen Abfall zu 113.000 Megawattstunden Strom und 205.000 Megawattstunden Fernwärme erzeugt. Genug, um rein rechnerisch 15.000 Haushalte mit Fernwärme und sogar 45.000 Haushalte mit Strom zu versorgen.

Mit der ab 2013 erwarteten Verdreifachung des Stromoutputs bei unverändertem Abfalldurchsatz und damit ohne Erhöhung der CO₂-Emissionen, wird sich das MHKW Bremen zukünftig sicher im oberen Effizienzdrittel aller in Deutschland betriebenen Anlagen bewegen. Die Maßnahme leistet insbesondere auch einen bedeutenden Beitrag zur Klimabilanz und der ökologischen Energieversorgung der Stadt Bremen.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.