



# Das Heizkraftwerk VAREL 2

VON HORST BÜSING UND FRIEDRICH HUTTER\*

Die Papier- und Kartonfabrik Varel verfügt über ein älteres Dampfturbinenheizkraftwerk mit 2 Turbogeneratoren zu je 3,0 MW installierter elektrischer Leistung und betreibt seit 1989 ein weiteres Heizkraftwerk mit einem kombinierten Gas- und Dampfkreislauf, einem sogenannten Kombi-Heizkraftwerk. Es wurde von der Friedrich Hutter GmbH, Biberach an der Riß, in den achtziger Jahren mit dem Ziel entwickelt, den Primärenergieverbrauch im industriellen Sektor zu vermindern. Die Kombi-Anlage vom Typ CH45 besteht aus einem 45 Tonnen Dampferzeuger, der eine 6 MW Dampfturbine speist und dem eine 4 MW Gasturbine vorgeschaltet ist. Die Gasturbine liefert über ihren Abgasstrom den benötigten Sauerstoff für die Leistungsfeuerung des Strahlungskessels. Die Anlage verfügt über einen Brennstoffnutzungsgrad von 93 % bei praktisch CO-freier Verbrennung und gleichzeitig niedriger NO<sub>x</sub>-Emission. Nach einer Betriebszeit von nunmehr 140.000 Stunden erreichte die Anlage eine Zeitverfügbarkeit von

über 99,6 %. In der Vergangenheit erzeugte die Papier- und Kartonfabrik Varel auf drei Maschinen 360.000 Tonnen Karton und Wellpappenrohre pro Jahr mit einem Flächengewicht von 100-1350 g/m<sup>2</sup>. Der mittlere Dampfbedarf lag bei ca. 90 t/h; der mittlere Strombedarf der Papierfabrik erreichte etwa 17 MW. 16,2 MW konnte im Mittel durch die eigene Stromerzeugung gedeckt werden. Der restliche Strombedarf wurde von dem öffentlichen Netz bezogen.

Um den zukünftigen Bedarf an Prozesswärme und Strom bei einer für 2005/2006 geplanten Kapazitätserweiterung auf 650.000 Tonnen Karton und Wellpappenrohre nachkommen zu können, errichtete die Papierfabrik ein zweites Kombi-Heizkraftwerk nach dem System Hutter vom Typ CH65, das 2002 in Betrieb ging.

## WIRTSCHAFTLICHE VORAUSSETZUNG

Im Jahre 1998 trat die Liberalisierung des Strommarktes in Kraft, die den Unternehmen zunächst eine

Kostenentlastung versprach. Insofern war es erforderlich, die werkeigene Stromerzeugung neu zu bewerten und mit möglichen Alternativen zu vergleichen.

Hierzu wurde eine energietechnische Studie in Auftrag gegeben. Für die zukünftige Versorgung der Papier- und Kartonfabrik Varel mit Elektrizität und Wärme wurden verschiedene Strategien der Energieumwandlung untersucht und mit einer dynamischen Kapitalwertmethode bewertet. Der Untersuchungsumfang erstreckte sich auf vier Anlagearten, die heute verbreitet angetroffen werden:

1. Leichtgasturbine mit Niederdruck-Abhitzekeessel
2. Leichtgasturbine mit Niederdruck-Abhitzekeessel und Zusatzfeuerung
3. Dampfturbinenheizkraftwerk
4. Heizkraftwerk mit kombiniertem Gas- und Dampfkreis (Kombi-HKW)

Die vergleichbaren Anlagen erzeugen jeweils 60 t/h Dampf und liefern, mit Ausnahme der Kombi-Anlage, 7,2 MW elektrischen Strom. Die Kombi-Anlage besitzt eine höhere Stromkennzahl und verfügt über eine elektrische Gesamtleistung von 16 MW.

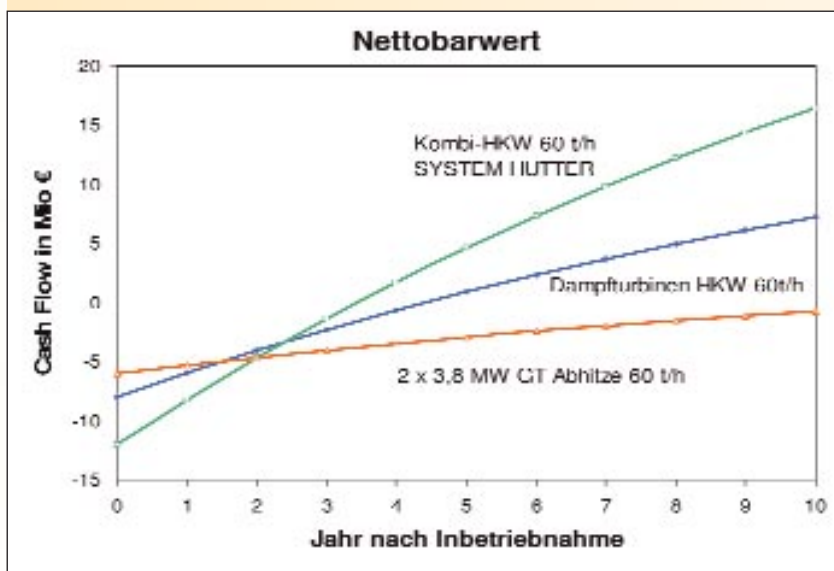
Es zeigte sich schnell, dass ein werkeigenes, thermodynamisch hochwertiges Heizkraftwerk nach wie vor einer Versorgung mit einem externen Strombezug und einer einfachen Dampferzeugung in Satt-dampfkesseln überlegen ist.

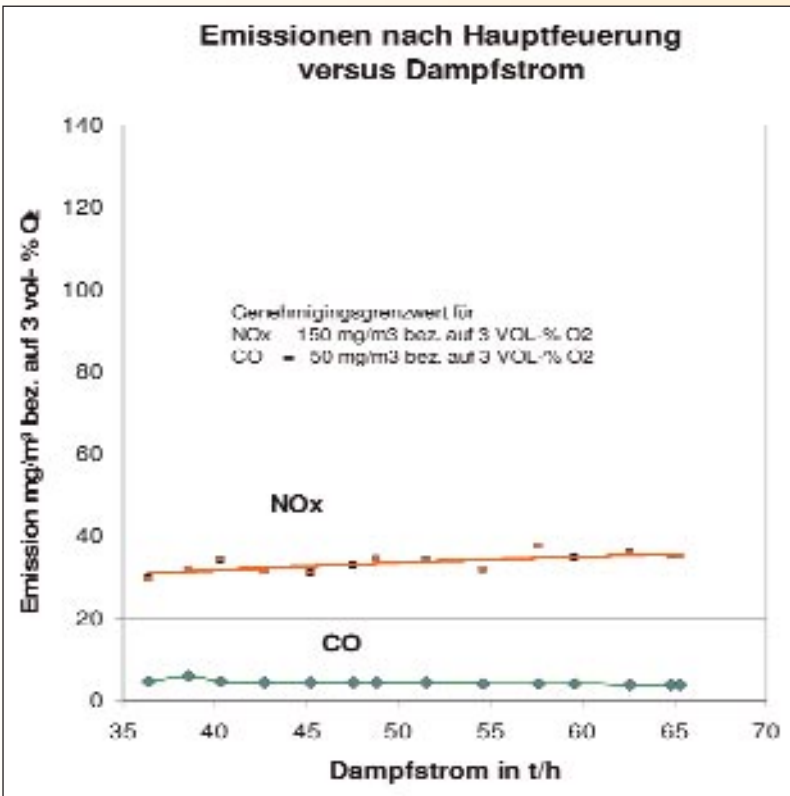
## DAS SYSTEM CH65

Die bekannte Zuverlässigkeit, die schnelle Regelansprechzeit und die wirtschaftliche Stabilität gegenüber Energiepreisschwankungen waren die Gründe, weshalb sich die Papier- und Kartonfabrik für ein

\*Friedrich Hutter ist Inhaber der Friedrich Hutter GmbH; Horst Büsing ist Geschäftsführer der PK Varel.

Die dynamische Kapitalwertberechnung ergibt einen internen Zinsfuß von 24% für das Kombi-Heizkraftwerk.





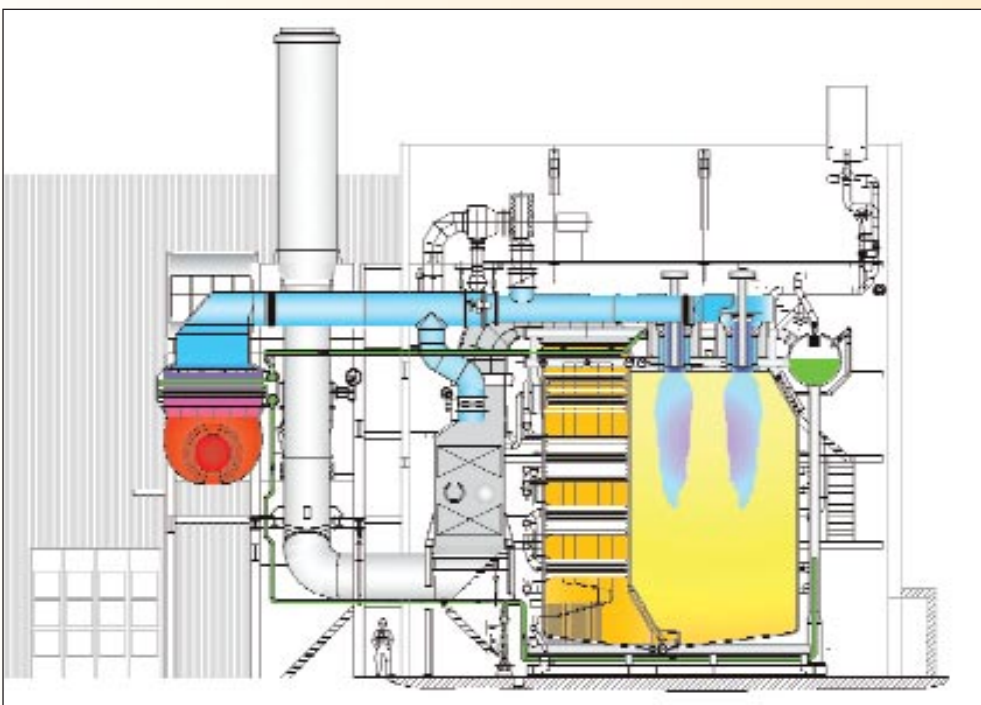
Heizkraftwerk Varel 2

durch ihre Ausfallsicherheit bei ungewöhnlich niedrigen Schadstoffen an Kohlenmonoxid mit unter 5 ppm und Stickoxid mit 35 ppm. Die niederen Schadstoffwerte haben auch einen Kostenvorteil. Die Gewerbeaufsicht sah den Überwachungsaufwand, den eine vorgeschriebene kontinuierliche Messung erfordern würde, daher nicht mehr für angemessen an. Die Fabrik wurde von der behördlichen Auflage zur kontinuierlichen Messung befreit. Darüber hinaus trägt der Brennstoffnutzungsgrad des Kraft-Wärme-Kopplungsprozesses mit über 90 % in allen Lastbereichen zu einer Entlastung des landesweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei. Zu den wesentlichen Vorteilen des Heizkraftwerkes System Hutter

Die Papierfabrik ist dank niedriger Emissionen von der Auflage einer kontinuierlichen Messung befreit.

weiteres Heizkraftwerk der Fa. Friedrich Hutter mit einer elektrischen Nennleistung von 16 MW entschied. Der Baubeginn der Anlage CH65 erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde der Dampferzeuger erstellt und vorerst mit Frischluftversorgung betrieben.

2002 erfolgte die Bestellung des 9,0 MW Dampfturbosatzes, der 7,6 MW Gasturbine und des Abgaskanalsystems. Noch im selben Jahr konnte die Inbetriebnahme des gesamten Systems erfolgen. Nach nunmehr einjährigem Betrieb überrascht die Anlage



Die thermische Stressentlastung der Überhitzer gewährleistet eine lange Lebensdauer des Dampferzeugers.



gehört neben der bereits erwähnten unabhängigen Regelfähigkeit der Dampf- und Stromanforderung auch die Verfügbarkeit der Anlage im Dauerbetrieb von 8400 Stunden pro Jahr. Die neue Dampferzeugungsanlage hatte im ersten Betriebsjahr lediglich sechs Stunden erzwungene Ausfälle. Zu dieser Leistung tragen sowohl die thermodynamische Auslegung des Dampferzeugers als auch die sorgfältige Auswahl der Komponenten bei.

## DER DAMPKREISLAUF

Das System Hutter baut auf dem klassischen Dampfturbinenprozess mit Strahlungskessel auf, der gute Wirkungsgrade besitzt. Der Dampfprozess wurde lediglich um einen Gasprozess, der in die Luft-Rauchgasführung eingreift, erweitert. Bei dem patentierten Verfahren wird das Abgas der Gasturbine, welches noch ausreichend Sauerstoff für die Leistungsfeuerung des Dampferzeugers enthält, in einer externen Verdampferheizfläche von 540 °C auf ca. 360 °C gekühlt bevor es der Feuerungsanlage zuströmt. Mit dieser Maßnahme wird die Flammentemperatur im Feuerraum des Strahlungskessels, die bei 1200 °C liegen würde, um ca. 200 °C zurückgenommen. Dies bringt eine entscheidende Entlastung der Überhitzerheizflächen und vermindert gleichzeitig die NO<sub>x</sub>-Bildungsbereitschaft der Flamme.

Die Erfahrung mit der 1988 installierten Kombianlage des glei-

chen Verfahrens weist bis dato keine einzige Reparatur der Heizflächen aus. Der neue Dampferzeuger ist ein klassischer Strahlungskessel in Eckrohrbauweise der Fa. Baumgarte Kessel- und Apparatebau, Bielefeld, mit dicht geschweißten, gekühlten Feuerraumwänden. Der Wasserumlauf erfolgt im Naturumlauf. Der Kessel besitzt eine Deckenfeuerung, die aus zwei Brennern mit einer Feuerungsleistung von 2 x 28 MW besteht.

Der Dampferzeuger speist eine Dampfturbine mit einer installierten Leistung von 12 MW, die allerdings im Augenblick noch nicht ausgefahren werden kann. Bei einem Dampfstrom von 65 t/h und 64 bar erreicht die Dampfturbine 8,5 MW bei einem Gegendruck von 6,5 bar. Die Turbine wurde von Fa. Siemens, Görlitz, geliefert. Neben der üblichen Gegendruckregelung besitzt die Turbinenanlage noch eine Dampfstrombegrenzungsregelung, die bei einem Papierabriss ein Unterschwingen der zulässigen Turbinenzustände und der daraus folgenden Schutzabschaltung verhindert.

## DER GASKREISLAUF

Im Heizkraftwerk Varel 2 liefert eine Gasturbinen-Generatoreinheit vom Typ Tempest mit 7,6 MW elektrischer Leistung den Sauerstoff für die erdgasbefeuelten Brenner des Strahlungsdampferzeugers. Das ca. 540 °C heiße Abgas verlässt die Gasturbine über einen nachgeschalteten Schalldämpfer und strömt über einen Hauptab-

gaskanal der Brenneranlage des Dampferzeugers zu. Der Abgasstrom wird nach einer Verzögerung der Strömungsgeschwindigkeit in einem speziellen Diffusor geometrisch auf die zwei Brenner aufgeteilt. Dabei sorgt ein Klappensystem für die genaue Sauerstoffdosierung der Feuerung. Eine Brennstoff-Sauerstoff-Regelung, die nach einem vorgegebenen und in der Leittechnik hinterlegtem Modell arbeitet, gewährleistet eine nahezu CO-freie Verbrennung.

Im Allgemeinen kontaminieren die Verdichterschaukeln einer Gasturbine im Laufe der Betriebszeit durch Kohlenwasserstoffe, die sich in der Atmosphäre befinden. Aus diesem Grund muss der Verdichter in bestimmten Zeitabschnitten, etwa nach 2000 Stunden, mit Wasser und Spülmittel gewaschen werden. Um diesen Wartungsaufwand zu vermindern, wurde beim Heizkraftwerk Varel 2 ein mehrstufiger Filter, der einen Teil der Kohlenwasserstoffe und die wasseranziehenden Staubpartikel aus der Verbrennungsluft herausfiltert, eingebaut. Nach einjähriger Betriebszeit hat sich der Druckverlust des Filters von 4 hPa im Neuzustand der Filtertaschen auf 8 hPa im Laufe des Jahres erhöht. Der Verdichter der Gasturbine benötigte über einen Zeitraum von 8000 Stunden keine Wäsche.

## RESÜMEE

Mit der Inbetriebnahme des neuen Kombi-Heizkraftwerkes System Hutter CH65-8 besitzt die Papier- und Kartonfabrik Varel eine weitere umweltverträgliche und Ressourcen schonende Energieumwandlungsanlage zur Erzeugung von eigener Elektrizität und Wärme. Sie trägt damit landesweit zu einer höchstmöglichen CO<sub>2</sub>-Minderung bei und erzeugt den elektrischen Strom zu besonders niedrigen Kosten. Die Technologie des Systems verursacht einen extrem niedrigen Schadstoffausstoß an CO und NO<sub>x</sub> und erreicht eine hohe Anlagenverfügbarkeit.

Technische Daten der Heizkraftwerksanlagen Varel 1 und Varel 2

		CH45-4	CH65-8
Inbetriebnahme	a. d.	1989	2002
Jahresbetriebszeit	h/a	8600	8600
Leistung Gasturbosatz	MW	4,0	7,6
Leistung Dampfturbosatz	MW	6,5	9,0
Dampfleistung	t/h	45	65
Überhitzeraustritt	bar	64	70
	°C	450	470
Gegendruck	bar	3,6	6,7
Brennstoff		Erdgas/Biogas	Erdgas
Feuerungsleistung Kombibetrieb	MW	2 x 17	2 x 22
Brennstoffnutzungsgrad	%	93	93
Emissionen	NO <sub>x</sub>	75	35
bez. auf 3 vol- % O <sub>2</sub>	CO	<5	<5