

Richtige Dimensionierung

Kraft-Wärme-Kopplung in der Flensburger Brauerei

In 2012 führte IGS, Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik, eine Detailberatung zur Energieeffizienz der Flensburger Brauerei durch, die auch eine Untersuchung zur Einführung einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) beinhaltete.

Seit der Gründung im Jahr 1888 ist es der Privatbrauerei aus Flensburg in ihrer langen und bewegten Geschichte immer wieder gelungen, sich erfolgreich zu bewähren. Heute

steht sie mit einer über 125-jährigen Tradition als gewachsene und moderne Brauerei in historischen Gemäuern mitten in der Fördestadt. Diese Erfolgsgeschichte verdankt sie

dem Mut und dem Weitblick der bisherigen als auch der heutigen Geschäftsführer Andreas Tembrockhaus und Hans-Peter Heyen.

Im Vorfeld der Einführung einer Kraft-Wärme-Kopplung wurden Mikrogasturbinen und der Einsatz eines erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerkes (BHKW) verglichen. Die Entscheidung fiel letztlich zugunsten des BHKW aus.

Aufgrund der guten Zusammenarbeit und der Referenzen wurde das Gesamtprojekt an die ESI GmbH, eine Tochterfirma der IGS, als Generalunternehmer vergeben. Damit konnten die Schnittstellen zur Brauerei auf ein Minimum reduziert werden. Lediglich im Bereich von Bauleistungen und der Statik sowie bei der Genehmigung und Zusammenarbeit mit den Stadtwerken war eine gemeinsame Vorgehensweise notwendig.

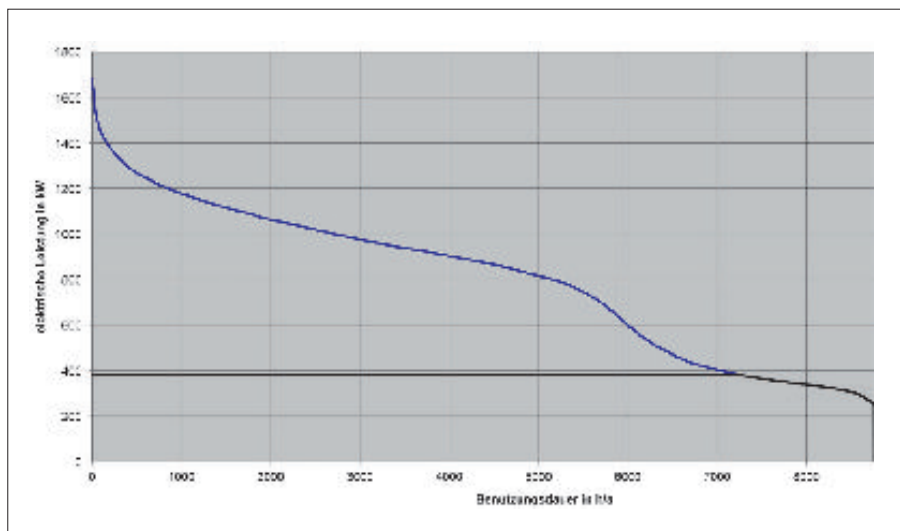


Abb. 1: Dimensionierung nach der geordneten Dauerlinie der elektrischen Leistung

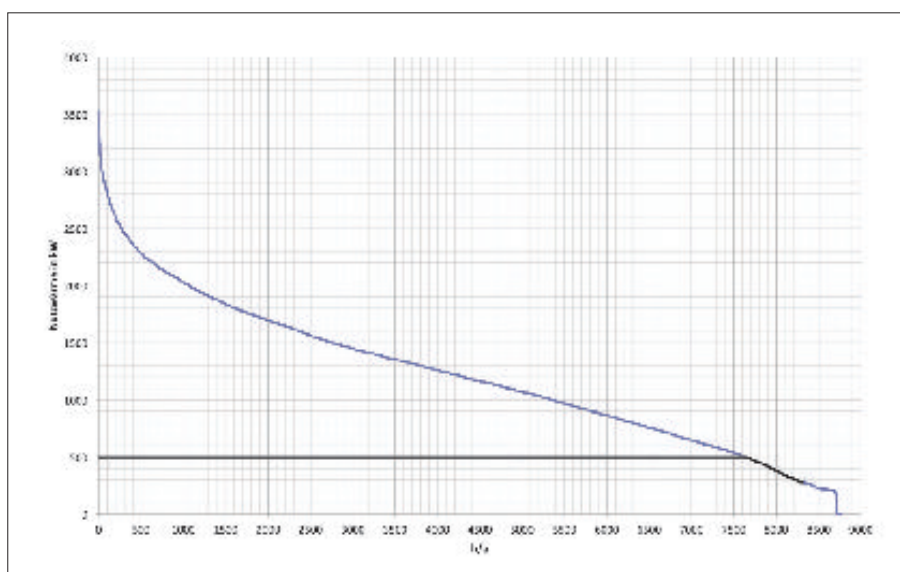


Abb. 2: Dimensionierung des BHKW nach der Wärmeleistung

Konzepterstellung

Der richtigen Dimensionierung einer KWK kommt große Bedeutung zu. Zunächst findet eine Analyse des Fremdstrombedarfs statt: Dazu werden die Viertelstunden-Leistungen eines Kalenderjahres nach der Größe sortiert und als geordneter Lastgang dargestellt, um die elektrische Leistung eines BHKW vorgeben zu können.

Der Schnittpunkt mit dem Lastgang ergibt dann die entsprechende Vollast-Benutzungsdauer für das BHKW. Meist kann darüber hinaus auch noch ein Teillastanteil genutzt werden, wodurch die Betriebsstunden sich erhöhen.

Dr.-Ing.
Georg F. Schu

Geschäftsführer
der IGS Energie-
und Umwelttechnik,
Hallbergmoos
(www.igs-eu.de)



Wird hier die Nettostromleistung des BHKW mit < 400 kW angesetzt, so erkennt man, dass bereits eine Laufzeit von > 7000 h/a erreicht wird. Von der Seite des Strombedarfs betrachtet, könnte man ein zweites Aggregat dieser Größe einsetzen, das dann immer noch eine Laufzeit von > 5000 h/a aufweist. Ausschlaggebend ist aber, dass die notwendigen Wärmesenken vorhanden sind, die die Wärme aus dem BHKW verwerten können.

Nimmt man den Gesamtwärmebedarf der Brauerei und bestimmt ein passendes BHKW sowie die Wärmeleistung aufgrund der thermischen Wirkungsgrade, so ergibt sich die Darstellung wie in Abbildung 2.

Es zeigt sich, dass nach dieser Auslegung sich eine Laufzeit von 7600 h/a, exklusive der Teillast, ergibt. Diese Vorgehensweise ist allerdings nur bei Gasturbinen möglich, da hier die Abwärme über einen Abhitzeessel auf hohem Temperaturniveau vollständig in das vorliegende Dampfsystem integriert werden kann.

Bei einem BHKW wird die Abwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus abgegeben, im Wesentlichen als Abgas- und Kühlwasserwärme. Führt man die Abwärme getrennt ab, so spricht man von einem Zweikreisssystem. Im vorliegenden Fall wird die Abwärme über einen Wärmeübertrager auf einen Energiespeicher übertragen. Es handelt sich um ein Einkreisystem, bei dem Kühlwasser- und Abgaswärmeübertrager in Reihe geschaltet sind.

Die Auslegungstemperaturen zur Versorgung der Verbraucher liegen bei 95 °C im Vorlauf und 80 °C im Rücklauf. Üblicherweise liegen die Rücklauftemperaturen bei einem BHKW bei maximal 75 °C. Um die Flaschenreinigungsmaschine als Wärmesenke bedienen zu können, wurde hier bei der Auswahl des BHKW spezielles Augenmerk auf die erhöhte Rücklauftemperatur gerichtet.

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung unterscheidet man zwischen strom- und wärmegeführten Anlagen. Es gibt aber auch Zwischenlösungen, bei denen zeitweise ein stromgeführter Betrieb möglich ist. Die anfallende Abwärme sollte zu diesen Zeiten allerdings in einem Energiespeicher zwischengelagert werden. Bei rein stromgeführten Anlagen

wird die Abwärme zeitweise über Notkühler an die Umgebung abgeführt.

Drei Wärmesenken

Weicht die an den Wärmesenken nutzbare Abwärme aus dem BHKW von der angenommenen thermischen Leistung ab, so muss ein anderes Aggregat gewählt werden. Als Wärmesenken wurden im vorliegenden Fall gefunden:

- Beheizung der Flaschenreinigungsmaschine
- Raumheizung/Lüftung
- Nachheizung Brauwasser.

Im Flaschenkeller sind zwei gleich große Abfülllinien vorhanden. Während die Hauptsorten über eine Linie laufen, ist die zweite Linie zur Betriebssicherheit und zur Abfüllung von Randsorten in Betrieb. Es wurde entschieden, zunächst nur eine der beiden Flaschenreinigungsmaschinen über BHKW/Energiespeicher zu versorgen. Durch entsprechende Dimensionierung der Rohrleitungen und vorgesehene Abzweige kann die zweite Flaschenreinigungsmaschine ebenfalls angeschlossen werden.

Für die Beheizung der Flaschenreinigungsmaschine im laufenden Betrieb muss aufgrund einer Analyse der Abfüllmengen das BHKW 2273 Stunden laufen, für das Aufheizen nach Stillständen (vor Beginn der Abfüllung jede Woche 2 h) kommen weitere Laufzeiten hinzu, sodass sich die Gesamtlaufzeit für die Beheizung der Flaschenreinigungsmaschine zu 2369 h/a ergibt.

Insbesondere im Winter und in der Übergangszeit besteht ein hoher Bedarf zur Raumheizung, der zeitweise vom BHKW gedeckt werden kann. Dies betrifft die Zeiten ohne Abfüllung, insbesondere an den Wochenenden. Überschlägig wurde berechnet, welche zusätzliche Laufzeit sich daraus ergibt.

Zur anteiligen Deckung des Raumheizungsbedarfs kann das BHKW über weitere 4994 h/a in Betrieb bleiben, sodass die gesamte Laufzeit sich zu 7363 h/a ergibt. Das ist für eine KWK-Anlage eine sehr hohe Auslastung. Durch die Erfassung der Laufzeiten der Flaschenreinigungsmaschine sowie einer stündlichen Aufteilung des Heizbedarfs auf Basis der Außentemperatur konnte die Laufzeit des BHKW noch weiter präzisiert werden auf 7100 h/a.

Zudem diene diese Aufstellung zur Erstellung einer Speichersimulation, um ein wirtschaftliches Optimum zwischen SpeichergroÙe und -kosten zu definieren. Insbesondere im Sommer nimmt nur die Flaschenreinigungsmaschine Wärme aus dem Energiespeicher ab. Dies führt dazu, dass sich bei Stillständen in der Abfüllung der Energiespeicher füllt und das BHKW die Leistung herunterregelt bzw. abschaltet.

Deshalb hat man als zusätzliche Wärmesenke die Nachheizung von Brauwasser angeschlossen. Diese Wärmesenke steht ganzjährig zur Verfügung, sodass der Betrieb des BHKW vor allem im Sommer unterstützt wird. Allerdings stellt die Brauwassernachheizung nur eine relativ kleine Wärmesenke dar. Der Energiespeicher spielt dabei eine wichtige Rolle hinsichtlich des zeitlichen Ausgleichs zwischen Anfall von Abwärme und Wärmebedarf an den Wärmesenken.

Abbildung 3 zeigt den externen, verkleideten Wärmeübertrager für die Beheizung der Flaschenreinigungsmaschine-Lauge. Der Wärmeübertrager besteht aus drei Spezialmodulen, die zwecks gleichmäßiger Durchströmung nach Tichelmann verschaltet sind. Das komplette Modul ist dem bestehenden Laugenwärmeübertrager in Reihe geschaltet. Wird die Solltemperatur extern nicht erreicht, kann über den dampfbeheizten Wärmeübertrager intern nachgeheizt werden.



Abb. 5: Ansicht Energiespeicher

Die große Entfernung vom Standort BHKW zur Flaschenreinigungsmaschine erforderte einen hohen Aufwand an Planung und Realisierung. Deshalb hat man sich entschlossen, eine Trasse im Freien auf den Dächern zu installieren (siehe Abb. 4).

Der Energiespeicher

Der Energiespeicher (siehe Abb. 5) hat ein Fassungsvermögen von 57 m³ und wird bei einem Überdruck von 3 bar betrieben. Dazu ist eine Fremddruckhaltung mittels Stickstoffpolster installiert. Die über die zylindrische Höhe verteilten Pt100 sind für das Speichermanagement notwendig.

Obwohl der Speicher im Gebäude aufgestellt ist, musste er mit einer Dämmschicht von 200 mm versehen werden, um die geforderte Wärmestromdichte zu erreichen. Werden die Bedingungen eingehalten, so kann über das BAFA ein Zuschuss in Höhe von 250 Euro pro m³ Wasserequivalent in Anspruch genommen werden. Das sind im vorliegenden Fall fast 15000 Euro.

Besteht während der Heizzeit ein Wärmebedarf und ist im Energiespeicher ein ausreichender Überschuss vorrätig, wird Wärme an das Heizungssystem abgegeben. Auch diese Einbindung ist redundant. Zur Aufheizung der Flaschenreinigungsmaschine ist ebenso eine höhere Wärmeleistung notwendig, als das BHKW liefern kann. Gibt das BHKW weniger Wärme ab als zur Deckung des Bedarfs notwendig ist, so wird der Energiespeicher zunächst auf ein Minimum entladen und die redundanten Heizungseinrichtungen übernehmen die Nachheizung.



Abb. 3: Spezialwärmeübertrager zur Laugenbeheizung an der Flaschenreinigungsmaschine



Abb. 4: Trassenführung auf den Dächern

Tabelle 1: Technische Daten des Gasmotors

Farbrikat	GE – Jenbacher	
Typ	JMS 312 GS-N.L.	
elektrische Leistung	kW	407
thermische Leistung	kW	435
zugeführte Leistung	kW	999
Gemischkühler 1	kW	18
Ölkühler	kW	47
Motor Kühlwasser	kW	168
Abgas (bei 120 °C)	kW	202
Gemischkühler 2	kW	38
Abstrahlung	kW	50
elektr. Wirkungsgrad	%	40,7
therm. Wirkungsgrad	%	43,5
Gesamtwirkungsgrad	%	84,2
Warmwasserkreis VL	°C	95
Warmwasserkreis RL	°C	80
Warmwasserdurchfluss	m ³ /h	24,9

Wie sich die Abwärmenutzung aus dem BHKW auf die Wärmesenken aufteilt, spielt letztlich keine Rolle, solange der Bedarf höher ist als das Angebot vom BHKW.

Sinkt der Bedarf an den Wärmesenken unter die thermische BHKW-Leistung, so kann das BHKW zunächst den Speicher aufladen und dann in Teillast gehen oder gar abschalten.



Abb. 6:
Blick
auf den
Gasmotor

Auch die Nachheizung von Brauwasser ist redundant in das bestehende System eingebunden. Der Wärmebedarf war allerdings in der Vergangenheit sehr diskontinuierlich. Die bestehende Regelung wurde bau-seits so optimiert, dass der Wärmebedarf nun gleichmäßig anfällt, so dass während der BHKW-Laufzeit ein ständiger Wärmebedarf gedeckt werden kann.

Als Standort für das BHKW wurde der alte Drucktankkeller entkernt und baulich hergerichtet, um dort bis auf die externen Übergabestationen die gesamte Technik unterzubringen. Für das BHKW wurde eine Schallschutzhaube aus Gasbetonsteinen errichtet. Dadurch musste nicht der gesamte Raum, sondern nur die Schallschutzhaube be- und entlüftet werden. Am Standort ist auch der Energiespeicher, die Pumpenstation sowie Vorlaufverteiler und Rücklaufsammler für die Wärmesenken sowie die Ölversorgung untergebracht.

Die technischen Daten des Gasmotors (siehe Abb. 6) zeigt Tabelle 1.

Wirtschaftliche Betrachtung

Die betriebswirtschaftliche Betrachtung lieferte folgende Ergebnisse:

- Die Gesamtinvestition einschließlich der Planung und der bau-seitigen Kosten (Genehmigung, Statiker, Architekt, Baufirmen, Innenausbau unter anderem) belief sich auf ca. 1,12 Mio. Euro.
- Unvermeidbare Mehrungen und Minderungen während des Projektablaufs saldierten sich auf eine Mehrung von nur 2,7 Prozent.

Eine Analyse der Kosten zeigt, dass der Anteil des BHKW im vorliegenden Fall nur bei etwa einem Drittel liegt. Der größte Kostenblock geht also auf die Einbindung der Wärmesenken zurück. Dieser Kostenblock ist von der individuellen Situation im jeweiligen Unternehmen abhängig.

Die Nachkalkulation für das erste Betriebsjahr 2014 hat gezeigt, dass die betreffenden Prognosen der betriebswirtschaftlichen Kennzahlen vollständig erreicht wurden. □