Solide Grundlast mit doppeltem Nutzen

Das erste Haus im unterfränkischen Poppenhausen ist der Brauerei-Gasthof Goldener Stern, dessen Gastronomie sich trotz der Einstellung der einst ansässigen Brauerei zu einem überregionalen Magneten entwickelt hat. Nach verschiedenen Instandhaltungsmaßnahmen und Modernisierungen vor allem des Restaurants und der Gästezimmer sollte nun die Energieeffizienz im Sinne einer nachhaltigen Energieeinsparung auf den Punkt gebracht werden.

Fotos: Forum Wohnenergie

Sämtliche Rohrleitungen und Komponenten der Heizungsanlage sowie der atmosphärische Gaskessel wurden demontiert.

Anstelle auf Warmwasserbevorratung wurde auf Frischwassererwärmung im Durchflussprinzip gesetzt.

Die bestehende Heizungsanlage war marode, der atmosphärische Gaskessel hatte seine besten Tage weit hinter sich gelassen. Der technische Sanierungszyklus war längst überschritten. Die Anlage konnte kaum noch als betriebssicher betrachtet werden. Neben dem Austausch des Wärmeerzeugers ging es besonders auch darum, die Regelungs- und Steuerungstechnik zu erneuern sowie hydraulische Abgleichungen und Optimierungen der Wärmeübertragung an den Raum vorzunehmen. Ergo bestand Handlungsbedarf.

Der Investor verlangte über eine Erneuerung der gesamten Anlage hinaus auch eine maximale Anlageneffizienz und eine wirtschaftliche Darstellung der Maßnahme.

Der Haustechnikplaner Manfred Hartman wurde beauftragt, ein umfassendes Heizungsmodernisierungskonzept zu erarbeiten und vorzustellen. Voraussetzung für diesen ersten Schritt war die Ermittlung des spezifischen Anforderungs- und Lastenprofils für dieses Gebäude entsprechend der umfassenden Nutzung. Bei der Bewertung der Jahres-Energieverbräuche wurde sehr schnell ersichtlich, dass es sich im Grunde um zwei wesentliche Bedarfskonstanten handelte: Wärme für Warmwasser und Strom für elektrische Verbraucher, Beleuchtung, Gebäudeautomation und nicht zuletzt für den Kühlbedarf der Gastronomie. Der bisherige Jahres-Energiebedarf an Strom betrug real 52.755 kWh und an Erdgas 198.478 kWh.

Energiebedarfsermittlung

Der Bedarf entstand zum einen in der Küche und des Restaurantbetriebs, zum anderen in der Vermietung von zwölf Gästezimmern des Hotels inklusive Frühstücksbuffet. Entsprechend dem Anforderungsprofil galt es insbesondere für die Bereitstellung von Warmwasser neben der stetigen Grundlastabsicherung besonders auch notwendige temporäre Spitzenlasten sicherzustellen.

Das Nutzungsprofil ergab einen verhältnismäßig konstanten Bedarf mit Spitzenlasten am Morgen und am Abend. Besonders dem Spitzenbedarf in der Bereitstellung von Warm-Trinkwasser in den Morgen- und Abendstunden (wo es bislang zuweilen Engpässe gegeben hatte) galt es Genüge zu tun.

Tabelle 1

Trink-Warmwasserbedarf in l/d mit einer Entnahmetemperatur von 55 °C (Montag – Sonntag)	
Küche, Restaurant, Toiletten; Reinigung	200
Hotelbetrieb	600

Tabelle 2

Strombedarf in kWh/d (Montag – Sonntag)	
Küche, Restaurant, Toiletten; Reinigung	mindestens 40.000
Hotelbetrieb	etwa 10.000

Der ermittelte Trink-Warmwasserbedarf wurde mit insgesamt 800 l ermittelt. Die Spitzenlast wurde in den Morgenstunden von 5.00 bis 8.00 Uhr und in den Abendstunden von 17.00 bis 24.00 Uhr ermittelt. Relevant für die Auslegung waren stets der Volllastbetrieb, also die vollständige Ausbuchung des Hotels, sowie Erfahrungswerte aus dem Hotel- und Restaurantbetrieb der vergangenen Jahre.
Unabhängig von der Stromkostenoptimierung durch den Einsatz energieeffizienter Geräte und Apparate war der Verbrauch (mindestens 50.000 kWh) doch groß und vor allem konstant genug, um mit einer Kraft-Wärme-Kopplung ein wirtschaftliches Konzept vorzustellen, das überzeugen konnte und zur Realisierung in Auftrag gegeben wurde.

Abschied von Warmwasserbevorratung und atmosphärischem Kessel

Hinsichtlich der Art der Trinkwassererwärmung sollte auf Empfehlung des Planers von der Bevorratung im Warmwasserspeicher Abstand genommen und ein Maximum an Trinkwasserhygiene angestrebt werden. Unabhängig von der Stagnationsvermeidung (die in Bestandsgebäuden immer ein Restrisiko birgt, da die Leitungswege nicht immer vollständig bekannt sind) wurde eine hygienische Frischwassertechnik mit Warmwasser-(Zwangs)-Zirkulation, die eine stetige Zirkulationstemperatur von 55 °C ermöglichte, vorgeschlagen und realisiert.
Der bestehende Gaskessel besaß eine Norm-Wärmeleistung von 130 kW und war (wie so oft in Bestandsanlagen) überdimensioniert. Der Heizwärmebedarf für die Raumheizung wurde mit 58 kW im Auslegungsfall (-16 °C) neu berechnet. Diesbezüglich schlugen auch ausgetauschte Fensterflächen mit einem wesentlich höheren Wärmedämmstandard zu Buche. Sämtliche Thermostatventile wurden an den insgesamt 69 Heizkörpern vollständig erneuert, da der Großteil der bestehenden Ventile keinerlei Möglichkeiten zur Feineinstellung des Massenvolumenstroms aufwies. Im Rahmen der vollständigen Spülung der Heizungsversorgungsleitung wurden alle Ventile mit demselben Fabrikat ausgetauscht, um einen vollständigen hydraulischen Abgleich (auch wartungssicher) realisieren zu können.
Die Systemtemperaturen der Heizkreise wurden nach einer Überprüfung sämtlicher Heizkörperleistungen und Austausch einiger weniger Heizkörper von 90 °C/70 °C auf 70 °C/55 °C reduziert. Mit dieser Maßnahme konnte der Energieaufwand nachhaltig reduziert werden. Aufgrund der bestehenden Guss-Heizkörper und zum Schutz von Komponenten wurden in der Heizkreiszentrale Schlammabscheider in den Rücklauf der Hauptverteilung installiert, um etwaige Schlammablagerungen, die durch den inneren Abrieb der Gussflächen entstehen können, zu vermeiden.

Blockheizkraftwerk und Brennwerttechnik

Die zu installierende Gesamt-Wärmeleistung wurde mit insgesamt 77,5 kW festgelegt und wie folgt aufgeteilt: thermische Leistung BHKW 12,5 kW und thermische Leistung Brennwertgerät 65 kW.
Das Gas-BHKW mit variabler Motordrehzahl und einem Gesamtwirkungsgrad von etwa 90 % wurde mit einer elektrischen Leistung von 1,3 bis 4,7 kW und einer entsprechenden thermischen Leistung von 4,0 bis 12,5 kW modulierend installiert, die Gas-Brennwerttherme mit 65 kW als Spitzenlast-Kessel. Mit dieser Leistung konnten kurze Nachladezeiten realisiert werden. Der bisherige Energieträger war Erdgas. Somit war ein Versorgungsanschluss vorhanden. Durch die Wärmegewinnung aus dem Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors reduziert sich die Abgastemperatur auf < 90 °C. Sowohl für das Brennwertgerät als auch für das BHKW wurden die Abgassysteme saniert bzw. erneuert. Beide Abgassysteme wurden mit einem Kondensat-Ablauf über einen Geruchsverschluss (Siphon) am Abwasser angeschlossen.

Warmwasser-Zirkulationspumpe (rechts) und Gegenstrom-Pumpe der Frischwassererwärmung im Multienergiespeicher (links)

Die Heizkreisverteilung wurde vollständig neu aufgebaut und mit Luftblasen- sowie Schlammabscheider ausgestattet.

Brennwertgerät zur Spitzenlastabdeckung und gemeinsame Abgasführung mit dem BHKW.

Bereitstellungstechnik mit Pufferspeicher-Kaskade

Im Zentrum der neuen Zentralheizungsanlage steht eine Puffer-Speicher-Kaskade mit einem Heizungswasservolumen von insgesamt 2.000 l. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Raumhöhe wurde dieses Volumen auf zwei Pufferspeicher aufgeteilt. Dabei wurde auch die Trinkwassererwärmung berücksichtigt und neben einem herkömmlichen Pufferspeicher mit 1.000 l Inhalt ein Multienergiespeicher mit gleichfalls 1.000 l und integrierter Frischwassererwärmung im Durchflussprinzip aufgestellt. Beide Speicher sind parallel miteinander verbunden und werden sowohl parallel be- als auch entladen.
Die thermische Energie beider Energiequellen konnte so in die Speicher-Kaskade eingebracht werden, dass für die nachrangige Nutzung (Warmwasser, Heizung) die größtmögliche Effizienz zu erreichen ist. Einsatzbezogen wurde der Multienergiespeicher mit der entsprechenden Anzahl von Anschlüssen versehen, die die optimale Zuführung beider Wärmequellen ermöglichen. Diese Anschlüsse sind ihrer Funktion entsprechend mit Schichtleitblechen versehen. Während des Beladens im oberen Speicherbereich erzeugen diese eine schichtenweise Zirkulation. Somit werden Verwirbelungen und Durchmischungen unterbunden. Durch die Anschlüsse der jeweiligen Schichtzonen wird das notwendige Bereitschaftsvolumen für die Frischwassererwärmung gewährleistet. Aufgrund des spezifischen Anforderungsprofils besaß hier absolute Komfortsicherheit Vorrang. Neben dem Wärmekomfort an Warmwasser galt es ja auch den hygienischen Anforderungen Rechnung zu tragen. Die Pufferspeicher versorgen vier gemischte Heizkreise mit einer Auslegungstemperatur von 70 °C/55 °C.
Nur über das Blockheizkraftwerk erfolgt eine vollständige Grundlast-Beladung der Kaskade, um entsprechend hohe Betriebsstunden für das BHKW zu ermöglichen. Zur Spitzenlastabdeckung belädt die Gas-Brennwerttherme bei Bedarf nur das Bereitschaftsvolumen der Puffer-Kaskade, um die Stromerzeugung nicht zu reduzieren. Demnach fungiert der Puffer für das Brennwertgerät mehr als hydraulische Weiche denn als Wärmespeicher. Der Grundlastanteil hingegen verlangt das größere Puffervolumen. Demzufolge wurde das Heizungswasservolumen der Pufferspeicher nach den erforderlichen Betriebsstunden des BHKW in Abhängigkeit seiner Leistung dimensioniert. Grundlage für die Funktionsweise (nicht nur der Be- und Entladestrategie) ist die punktgenaue Positionierung sämtlicher Sensoren. Das Heizungswasser wurde gemäß VDI-Richtlinien aufbereitet und eine Nachfülleinrichtung mit Systemtrennung installiert.

Tabelle 3

Vergleich der Energieverbräuche

Verbräuche in kWh	Vorher	Nachher	Differenz
Erdgas	198.478	203.080	+ **4.602**
Strom	52.755	23.983	- **28.772**
Betriebsjahr (5. 10. 2009 – 24. 10. 2010)			

Tabelle 4

Leistungsbezogene Auswertung (Auszug)

Wärmeanteil BHKW	68 %
Wärmeanteil Gastherme	32 %
mittlere Heizleistung BHKW	10,20 kW

Tabelle 5

Ergebnisse nach einem Betriebsjahr (5. 10. 2009 – 24. 10. 2010)

Betriebsstunden:	8.760,43 h
produzierte elektrische Energie:	32.040 kWh
Eigenverbrauch:	28.772 kWh
Netzeinspeisung:	3.268 kWh
erzeugte thermische Energie:	89.421 kWh
Gasverbrauch BHKW:	13.909 m³ (~ 139.090 kWh)
Gasverbrauch Brennwerttherme:	6.471 m³ (~ 64.710 kWh)
Gasverbrauch gesamt:	20.380 m³ (~ 203.800 kWh)

Frischwassererwärmung mit Multienergie-Pufferspeicher

Der Multienergiespeicher beinhaltet ein Edelstahl-Wellrohr zur Frischwassererwärmung im Durchflussprinzip. Die Frischwassererwärmung findet hocheffizient im Gegenstromprinzip über ein wasserseitig getrenntes Doppelrohrsystem statt, das über eine unmittelbar außerhalb am Multienergiespeicher installierte Umwälzpumpe bei Warmwasserentnahme betrieben wird. Die Schüttleistung wurde objektspezifisch auf 40 l/min mit 65 °C werkseitig ermöglicht. Dieses System erfüllt alle gesetzlichen Anforderungen der Trinkwasserhygiene sowie der DVGW-Arbeitsblätter W 551 und 552. Eine thermostatische Zirkulationsregelung gewährleistet die gebotene Trinkwasserhygiene, vermeidet Stagnation in den Rohrleitungen und einen Temperaturabfall unter 55 °C.

Erneuerung der Haustechnikzentrale aus einer Hand

Die beauftragte Haustechnikfirma übernahm die komplette Neugestaltung des Haustechnikraums, der vollständig geräumt wurde. An den Wänden wurde nach der umfassenden Demontage sämtlicher Komponenten und Anlagenteile der Putz ausgebessert und der Boden neu gefliest. Sämtliche Anschluss-Leitungen wurden vollständig entleert, getrennt und gespült. Die Heizkreise wurden komplett neu aufgebaut und allesamt mit energieeffizienten Umwälzpumpen ausgestattet sowie ein hydraulischer Abgleich auch in der Verteilung der Bereitstellungstechnik vorgenommen. Auf ausreichende Zugänglichkeit für Inspektions- und Wartungsarbeiten wurde geachtet.
Sehr oft wird die Elektro-Installation in Bestandsgebäuden sträflich vernachlässigt, was sich nicht selten auf die Betriebssicherheit von Heizungsanlagen auswirkt. So nicht in diesem Fall: Durch die Bündelung sämtlicher haus- und bautechnischer Kompetenzen einer ausführenden Firma als Vertragspartner wurde auch die Elektroinstallation im Haustechnikraum einschließlich der Unterverteilung, Absicherung, Schaltautomaten usw. vollständig erneuert. Sämtliche Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik wurden kompetent verklemmt, verdrahtet und Sensoren punktgenau positioniert. Nur so konnte ein reibungsloser Ablauf dieser doch sehr umfassenden Erneuerungsmaßnahme während des Betriebs realisiert und eine maximale Funk-

Gemischter Heizkreis mit Energieeffizienzpumpen

tionssicherheit des Gesamtsystems gewährleistet werden. Ausbesserungen der gemauerten Schornsteine wurden ebenso reibungslos erledigt wie die Verputzer-, Maler- und Fliesenlegearbeiten. Der Zeitplan wurde planungskonform umgesetzt und die gesamte Heizungsanlage im September 2009 während des Betriebs erneuert. Die Inbetriebnahme und Betreibereinweisung erfolgten am 5. Oktober 2009.

Bilanz nach dem ersten Betriebsjahr

Die Bilanz nach dem ersten Betriebsjahr zeigt eine sehr gute (stetige) Laufzeit des BHKW und somit eine konstante (stetige) Stromproduktion, da eine thermische Grundlast für die Trinkwassererwärmung ebenso dauernd anstand wie die Lasten für elektrische Energie. Nur ein sehr geringer Teil elektrischer Energie konnte nicht selbst verbraucht werden und wurde daher in das Netz eingespeist.

Dass in der Summe des aktuellen Verbrauchs etwas mehr Gas verbraucht wurde, ist darauf zurückzuführen, dass nun eine hygienische Trinkwasserversorgung stattfindet, die entsprechenden Energiebedarf verlangt. Dennoch konnte der Verbrauch an elektrischer Energie halbiert werden. Unabhängig von Förder-Boni und Zuschüssen entsprechend dem EEG und KWK-Gesetz lässt sich schon hier eine Wirtschaftlichkeit der Anlage belegen. Bemerkenswert ist der Grundlastanteil des BHKWs in der Wärmeerzeugung mit einer mittleren Heizleistung von 10,2 kW. Allein die Strommenge, die das BHKW im ersten Betriebsjahr produziert hat, entspricht nach aktuellem Stromkostentarif des Betreibers einem Wert von etwa 5.750 €. Dem standen Gas-Bezugskosten für das BHKW von etwa 6.500 € gegenüber. Diese Brennstoffmenge sorgte aber ebenfalls für den thermischen Grundlastanteil von erzeugten 89.421 kWh Wärme. Dieser Anteil musste somit nicht vom Brennwertgerät abgedeckt werden und entspricht einer Gasbezugskostenersparnis von etwa 4.500 € auf der Guthabenseite.

Demzufolge beliefen sich die Brennstoffkosten für die Stromerzeugung auf etwa 2.000 €. Dies würde Stromerstehungskosten von 0,07 € pro kWh (zuzüglich Instandhaltungskosten) bedeuten.

Die Vergütungssätze betrugen in diesem Jahr für die selbstverbrauchte Kilowattstunde 0,0511 € und ergaben demnach 1.470,25 € zuzüglich Rückvergütung der Energiesteuer von 5,50 € je MWh für den Gasverbrauch des BHKW von insgesamt 764,50 €. Dies ergibt in Summe einen Re-Invest für den selbsterzeugten und selbstgenutzten Strom von 2.234,75 €.

Für den überschüssigen Strom wurde pro in das Netz eingespeister Kilowattstunde eine Vergütung von etwa 0,11 € erwirtschaftet. Dieser variable Vergütungssatz setzt sich wie folgt zusammen: KWK-Vergütung von 0,0511 €, Vergütung von 0,022 bis 0,15 € für die vermiedene Netznutzung und dem jeweils tagesaktuellen Strompreis (Strombörse) von etwa 0,0415 €. Daraus resultiert ein Vergütungsbetrag von etwa 0,11 € und bedeutet auch hier ein Guthaben von etwa 360 €.

Fazit

Das Beispiel aus der Praxis zeigt, dass bei entsprechenden Voraussetzungen allein durch anlagentechnische Maßnahmen Energie eingespart und somit die Energieeffizienz eines Gebäudes nachhaltig gesteigert werden kann. Wichtig ist es, den Blickwinkel bezüglich des Energiebedarfs umfassend zu erweitern, um festzustellen, dass die Hauptkomponenten des Gesamt-Energiebedarfs nicht nur Energie für Wärme, sondern auch für Automation, Beleuchtung und sehr oft auch für Kühlung einfordern. Je konstanter und in der Verhältnismäßigkeit des Bedarfs ausgewogener sich die Anforderungen objektspezifisch darstellen, desto mehr kann eine Kraft-Wärme-Kopplung in solchen Anforderungsszenarien einen großen Anteil an Energieeffizienz in Gebäuden ermöglichen.

Der Autor
Frank Hartmann,
Geschäftsführer Forum Wohnenergie,
Zeilitzheim