ENERGIE-EFFIZIENZ IM BEZIRK NIEDERBAYERN AM BEISPIEL DER KAISER-THERME IN BAD ABBACH

Mit Erteilung des Planungsauftrags an das Ingenieurbüro Hausmann + Rieger GbR mit Unternehmensstammsitz in Buch am Erlbach nahm der Bezirk Niederbayern die Möglichkeit wahr, an der bezirkseigenen Anlage „Kaiser-Therme" in Bad Abbach fortschrittliche Energieeffizienzmaßnahmen vorzunehmen.

In der bestehenden Heizungsanlage der Kaiser-Therme war ursprünglich ein Reserveplatz für einen dritten modulierenden Gasbrennwert-Kessel vorgesehen. Aufgrund des eigenen hohen Stromverbrauchs war hier ein Umdenken erforderlich. So wurden vom Bezirksgremium der Einbau und die Integration eines modernen gasbetriebenen BHKWs beschlossen.

Projektbeschreibung

In der Kaiser-Therme in Bad Abbach wurde im Jahr 2013 ein Blockheizkraftwerk mit einer Leistungsfähigkeit von 237 kW elektrischer und 372 kW thermischer Leistung eingebaut. In der Planungsphase wurde die Anlage vom Ingenieurbüro Hausmann + Rieger GbR nach Auswertung der Jahresganglinien und den zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen auf die optimale Wirtschaftlichkeit dimensioniert, sämtliche dafür erforderlichen Komponenten wurden ausgeschrieben.

Besonders zu berücksichtigen waren u. a. die sehr engen räumlichen Verhältnisse für die Geräteeinbringung und -aufstellung, Zu- und Abluftführung, Abgasführung mit Schallschutzmaßnahmen und Anbindung an die Elektroversorgung und Gebäudeautomation.

Besonders hervorzuheben sind jedoch der Einbau eines Wärmespeichers und die optimale Ausnutzung der bereits in die Jahre gekommenen hydraulischen Installation. So lieferten beide vorhandenen Gasbrennwertkessel den Vorlauf in einen kleinen Vorlagebehälter mit einem Volumen von ca. 1,5 m³, der als hydraulische Weiche genutzt wurde. Mit dem Einbau des neuen Wärmespeichers war daher eine Änderung der hydraulischen Anlage notwendig. So wurde der neue Wärmespeicher ebenfalls aufgrund fehlender räumlicher Gegebenheiten als erdeingebaute Anlage aufgebaut und mit hydraulischen Leitungen und Steuerleitungen für die Temperatursensoren angebunden. Die vorhandene hydraulische Weiche und der Wärmeverteiler wurden derart funktioniert, dass nun Vorlauf- und Rücklauftemperaturen minimalen Abweichungen unterliegen. Hieraus resultieren äußerst geringe Taktfrequenzen des BHKWs und der nach wie vor vorhandenen modulierenden Gasbrennwert-Kessel.

In der Bauphase wurde dann folgender Leistungsumfang umgesetzt:

- BHKW gasbetrieben – 372 kWth 237 kWel
- Hydraulische Verrohrung und Anbindung an das bestehende Leitungsnetz
- Be- und Entlüftungsleitungen zur Anlagenkühlung
- Erdeingebauter Pufferspeicher, mit 14.300 l Nutzvolumen und Sensoren
- Abgasführung mittels Edelstahlauskleidung eines bestehenden Abgaskamins
- Erneuerung der Druckhaltestation in Abstimmung auf die neue Heizungshydraulik
- Elektrische Schaltanlage zur Einspeisung und Eigennutzung des erzeugten Stroms
- Aushub und Verfüllung der Baugrube
- Abmauerung von Außenwandöffnungen mit Schallschutzziegeln

Anlagenbeschreibung

Die vom BHKW erzeugte Energie wird überwiegend im Eigenverbrauch genutzt. Überschüssige Wärme speichert der Pufferspeicher und sorgt so für eine erhebliche Laufzeitverlängerung des Kraftwerks.

Die Anlage ist auf die Gebäudeleittechnik aufgeschaltet und kann auch über Fernwartung beobachtet werden.

Durch die geplanten Schallschutzmaßnahmen ist keinerlei Schallentwicklung für die Badegäste nach den hohen Anforderungen im Kurgebiet vernehmbar.

Modulierender BHKW-Betrieb, angepasst auf den jeweiligen Wärmebedarf, ist möglich. Durch intelligente Pumpen kann der Wärmebedarf des Netzes optimal bereitgestellt werden. Dafür wurde die entsprechende Steuerungsschematik erarbeitet.

Wirtschaftlichkeit

Die Anlage ist beim Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle wirksam zugelassen und beim Netzbetreiber angemeldet. Die Vergütung erfolgt gemäß KWK-Gesetz.

Die Anlage befindet sich seit 21.08.2013 im Dauerbetrieb und erzeugt wertvolle elektrische Energie für den Eigenverbrauch in der Limes-Therme und deckt dabei in erheblichem Maße die Grundlast der Wärmeversorgung.

Zur Prüfung, ob die Anlage die angenommenen Betriebsbedingungen erreicht und ob sich dabei ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb erzielen lässt, wurden sämtliche Betriebsparameter für das Kalenderjahr 2014 aufgenommen und den Annahmen aus der Entwurfsplanung vom 24.09.2012 gegenübergestellt.

Betriebsstunden

In der Entwurfsplanung wurde von 6.300 Betriebsstunden ausgegangen. Durch die hervorragende hydraulische Einbindung mit dem Pufferspeicher, dem bis dato äußerst zuverlässigen, nahezu störungsfreien Anlagenbetrieb sowie der regeltechnischen Umsetzung der modulierenden Energieerzeugung konnten im Jahr 2014 stolze 7.530 Betriebsstunden erreicht werden.

Anlagenverluste/Anlagenwirkungsgrad

Bei der Bilanzierung der Anlage ist immer der zu erzielende Ertrag mit den eingesetzten Mitteln zu vergleichen.

Beim Volllastwirkungsgrad handelt es sich dabei um eine Größe aus den technischen Datenblättern der Anlagenhersteller, die unter genormten (also optimalen) Bedingungen zu erreichen wäre. In der Entwurfsplanung wurde gemäß Herstellerangaben von einem Gesamt-Anlagenwirkungsgrad von 90,1 % ausgegangen. Das eingesetzte Fabrikat von Kuntschar + Schlüter erreicht einen Volllastwirkungsgrad von 91,03 %.

Bei der Bilanzierung über die jährlichen Energiemengen spricht man vom sogenannten Jahresnutzungsgrad. Dabei wird die jährliche Energieerzeugung dem jährlichen Brennstoffbedarf gegenübergestellt. Insgesamt ergibt sich ein absoluter, tatsächlicher Anlagennutzungsgrad von 73,8 %. Die Anlage erfüllt somit das Hocheffizienzkriterium der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments, in dem 70 % Jahresnutzungsgrad gefordert werden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anlage nicht unter den für die Ermittlung des Volllastwirkungsgrads optimalen Bedingungen betrieben werden kann (Aufstellhöhe, Umgebungstemperaturen …). Weiterhin ist zu beachten, dass die Anlage modulierend betrieben wird. Dadurch passt der Motor seine erzeugte Leistung an den tatsächlichen Wärmebedarf an. Außerhalb des Volllast-Betriebspunktes reduziert sich allerdings der Wirkungsgrad. Zudem ist zu berücksichtigen, dass Brennwertnutzung bei den vorhandenen Systemtemperaturen nicht möglich ist. Demzufolge kann das BHKW auch nicht die gesamte im Brennstoff enthaltene Energie nutzen.

Der Wirkungsgrad, von dem in der Planung auf Basis von Herstellerdatenblättern ausgegangen wurde, konnte im modulierenden, auf die bestehenden Verhältnisse angepassten Anlagenbetrieb somit nicht erreicht werden. Die sich ergebenden Einbußen werden aber im hinreichenden Maß durch günstigere Entwicklungen anderer Planungsfaktoren kompensiert.

Genutzte thermische Energie

Die Anlage ist auf den wärmegeführten Betrieb ausgelegt. Das heißt, dass die gesamte erzeugte thermische Energie im Wärmenetz der Kaiser-Therme genutzt wird. Es ist kein separater Wärmemengenzähler vorhanden. Die thermischen Energiemengen lassen sich jedoch aus Gasverbrauch, elektrischer Energieerzeugung und Wirkungsgrad relativ genau ermitteln. Im Jahr 2014 wurden 2.699.417 kWh thermischer Energie (Wärme) im Heizungsnetz der Kaiser-Therme aus KWK-Erzeugung genutzt.

Netzeinspeisung elektrischer Energie

Erzeugte elektrische Energie, die nicht unmittelbar im eigenen Stromnetz verbraucht wird, wird in das Stromnetz eingespeist. Diese Energiemengen werden über

einen separaten Zähler erfasst. Im Jahr 2014 wurden 338.400 kWh elektrischer Energie (Wärme) in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Eigenverbrauch elektrischer Energie

Aus der Differenz der gesamten erzeugten elektrischen Energie und der eingespeisten elektrischen Energie lässt sich der Eigenverbrauch ermitteln. Im Jahr 2014 wurden 1.285.762 kWh elektrischer Energie (Wärme) aus KWK-Erzeugung im Eigenverbrauch genutzt. Dieser Strom musste dementsprechend nicht vom EVU bezogen werden.

Eigenverbrauchsquote

Die Strombezugskosten sind höher als die zu gesetzlichen Vergütungen für eingespeisten Strom. Dementsprechend ist die Wirtschaftlichkeit einer Anlage umso höher, je höher die Eigenverbrauchsquote (Verhältnis des elektrischen Eigenverbrauchs aus KWK Erzeugung zur gesamten elektrischen KWK-Erzeugung). In der Kostenberechnung wurde von einer Eigenverbrauchsquote von 77 % ausgegangen. Im Jahr 2014 hat sich eine Eigenverbrauchsquote von 79,2 % eingestellt.

Brennstoffbezugskosten

Am BHKW ist ein separater, geeichter Gas-Mengenzähler vorhanden. Dabei wird die im Motor verbrannte Gasmenge erfasst. Multipliziert mit dem jeweiligen Gasbezugspreis der Kaiser-Therme ergeben sich die jährlichen Gasbezugskosten. Nach Auswertung der vorhandenen Gasabrechnungen ist für die Monate Januar bis September ein Gasbezugspreis von 3,32 Ct/kWh (brutto) und für die Monate Oktober bis Dezember ein Gasbezugspreis von 4,22 Ct/kWh (brutto) anzusetzen. Darin enthalten ist die Erdgassteuer in Höhe von 0,55 Ct/kWh. Gemäß § 53 a Energiesteuergesetz ist die Erdgassteuer für den Betrieb von KWK-Anlagen zurückzuerstatten. Insgesamt ergeben sich für das Kalenderjahr für den Betrieb des Blockheizkraftwerks Brennstoffbezugskosten von 209.926,00 €. Davon ist die Erdgassteuerrückerstattung in Höhe von 31.752,00 € abzuziehen. Es ergeben sich somit Brennstoffbezugskosten von 178.173,00 €/a.

Vermiedene Gaskosten für Wärmebezug

Durch die thermisch genutzte Energie des Blockheizkraftwerks verringert sich der Wärmebezug vom Gaslieferanten in Höhe der jeweiligen Gasbezugskosten. Im Jahr 2014 wurden 2.699.417 kWh thermischer Energie (Wärme) im Heizungsnetz der Kaiser-Therme aus KWK-Erzeugung genutzt, was einer Ersparnis von 96.764,00 € entspricht.

Vermiedene Stromkosten für Strombezug

Durch den Eigenverbrauch der erzeugten elektrischen Energie des Blockheizkraftwerks verringert sich der Strombezug vom Energieversorger in Höhe der jeweiligen Strombezugskosten. Im Jahr 2014 wurden 1.285.762 kWh elektrischer Energie (Wärme) aus KWK-Erzeugung im Eigenverbrauch genutzt, was einer Ersparnis von 211.379,00 € entspricht.

In der Entwurfsplanung wurden die Stromkosten zu 13,00 Ct/kWh (brutto) angenommen. Die tatsächlichen Stromkosten betragen nach Auswertung der Stromabrechnungen jedoch 16,44 Ct/kWh. Je höher die Strombezugskosten sind, umso wirtschaftlicher arbeitet ein BHKW, da die kalkulatorischen Einsparungen entsprechend ansteigen.

Eigenverbrauchsvergütung

KWK-Strom, der im Eigenverbrauch genutzt wird, wird zusätzlich zu den vermiedenen Stromkosten mit dem KWK-Zuschlag vergütet. Diese betrugen für 2014:

Energiemenge,
anteilig für den Leistungsanteil bis 50 kW:
6,44 Ct/kWh (brutto)

Energiemenge,
anteilig für den Leistungsanteil von 50–500 kW:
4,76 Ct/kWh (brutto)

Entsprechend der erzeugten Energie ergibt sich eine mittlere Eigenverbrauchsvergütung von 5,11 Ct/kWh. In der Entwurfsplanung wurde von einer mittleren Einspeisevergütung von 4,51 Ct/kWh ausgegangen. Dementsprechend ergibt sich eine Eigenverbrauchsvergütung für 2014 von insgesamt 65.754,00 €.

Einspeisevergütung

Eingespeister Strom wird zusätzlich zum KWK-Zuschlag noch mit dem Baseload-Strompreis und den vermiedenen Netzentgelten vergütet.

Der Baseload-Strompreis beschreibt den üblichen, durchschnittlichen Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal.

Im Jahr 2014 wurden folgende (brutto) Baseload-Strompreise je eingespeiste kWh Strom verrechnet:

Quartal I/2014	4,467 Ct/kWh
Quartal II/2014	3,986 Ct/kWh
Quartal III/2014	3,718 Ct/kWh
Quartal IV/2014	3,749 Ct/kWh

In der Kostenberechnung der Entwurfsplanung wurde von einem üblichen Preis von brutto 4,51 Ct/kWh ausgegangen.

Die vermiedenen Netzentgelte ermitteln sich nach § 18 StromNEV zu 0,46 Ct/kWh.

Zusammenfassung

Der tatsächliche Anlagenbetrieb des BHKWs in der Kaiser-Therme in Bad Abbach übertrifft die in der Entwurfsplanung geschilderten wirtschaftlichen Erwartungen. Die Amortisation der Investitionskosten wird in Anlehnung an VDI 2067 aufs Brutto nach 2,02 Jahren erreicht.

Die in der Entwurfsplanung angenommenen Parameter, die aufgrund von Unsicherheiten (z. B. Energiebezugskosten oder gesetzliche Entwicklung der Vergütungen) vorsichtig angesetzt waren, haben sich überwiegend oberhalb der Erwartungen bestätigt. Die Anlage erfüllt mit einem Jahresnutzungsgrad von 73,8 % das Hocheffizienzkriterium der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments, in dem 70 % Jahresnutzungsgrad gefordert werden.

Eine Erhöhung des Jahresnutzungsgrads der Anlage wäre anzustreben, kann jedoch aufgrund anderer einflussreicher Faktoren, wie z. B. den modulierenden Betrieb und den gegebenen Wärmebedarf nur bedingt erreicht werden.

Für die deutliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit sind hauptsächlich zwei Faktoren verantwortlich:

Laufzeiten

Durch die längere Laufzeit von 1.230 Stunden im Jahr kann das BHKW deutlich mehr Energie erzeugen als angenommen. Die extrem lange Laufzeit ist der Beleg dafür, dass die hydraulische Einbindung in das Gesamtsystem mit dem vorhandenen Puffervolumen optimal funktioniert. Die getroffenen lüftungstechnischen Maßnahmen erreichen auch im Sommer die gewünschte Effizienz, um die Aggregate ausreichend zu kühlen und somit die Laufzeiten zu verbessern.

Strombezugskosten

Die derzeitigen Strombezugskosten liegen über den erwarteten Strompreisen. Dadurch wird eine im Eigenverbrauch genutzte kWh „wertvoller" und führt zu größeren Stromeinsparungen.

Gemäß KWK-Gesetz werden die Zuschläge lediglich für die ersten 30.000 Betriebsstunden vergütet. Nach ca. 4 Jahren ist die KWK-Förderung somit aufgebraucht. Anschließend sorgt das BHKW auch weiterhin für signifikante Einsparungen im Wärme- und Strombezug, zusätzliche Vergütungen können aber dann nicht mehr wahrgenommen werden. Demzufolge ergeben sich bei angesetzten konstanten Brennstoffbezugskosten von jährlich 178.173,00 €/a Einsparungen von 308.143,00 €. Die Einsparungen aus dem Betrieb des BHKWs belaufen sich somit jährlich immer noch auf 129.970,00 €/a und führen zu der geringen Amortisationszeit von 2,02 Jahren bei Berücksichtigung aller Faktoren.

Die Heizzentrale der Kaiser-Therme in Bad Abbach wurde um ein qualitativ hochwertiges Aggregat, das sich durch hohe Laufzeiten und Zuverlässigkeit auszeichnet, erweitert. Die wirtschaftlichen Erwartungen werden übertroffen.

Autor:
Ulrich Dirscherl
Christian Maierbeck
Ingenieurbüro Hausmann + Rieger GbR
Wasser- und Energiewirtschaft, Bäderbau
Flurstraße 6, 84172 Buch am Erlbach
info@ibhr.de, www.ibhr.de