



Ökologische  
Versorgung für den  
Stadtteil Vauban  
durch Holzkessel und  
Gasmotoren-BHKW

ganzjährig – einen Nutzungsgrad von 96,4 Prozent.

Die technischen Feinheiten des BHKW sind kein Selbstzweck, sondern steigern auch die Wirtschaftlichkeit des Heizkraftwerks. Die MTU-Anlage wird in der Grundlast mit erwarteten 7 200 Volllaststunden pro Jahr betrieben und deckt so mehr als die Hälfte des Wärmebedarfs der an das Fernwärmenetz angeschlossenen Haushalte und Liegenschaften von 14 000 MWh/a.

Damit das BHKW wärmegeführt betrieben werden kann, ließ badenova Wärmeplus einen 100 000-l-Schichten-Wärmespeicher errichten. So kann der Motor auch bei geringer Wärmeabnahme bis zu drei Stunden unter Volllast arbeiten, bevor der Speicher befüllt ist.

Die Emissionen des 4000er-Gasmotors unterbieten die Grenzwerte der TA Luft um etwa 50 Prozent, so dass der Kamin trotz der höheren KWK-Leistung mit 28 m Höhe auskommt. Das sind nur 2 m mehr als früher mit dem Dampfmotor. Würde der Grenzwert nach TA Luft ausgeschöpft, hätten die Behörden über 40 m Höhe gefordert. So ließen sich die Kosten für den Abgaskamin klein halten.

#### Umstellung auf Bioerdgas geplant

Mit dem Betrieb des neuen effizienten BHKW und des Holzhackschnitzelkessels werden 40 Prozent an Primärenergie, umgerechnet rund 1,8 Mio. l/a Heizöl, und etwa 4 200 t/a an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Derzeit arbeitet das BHKW mit Erdgas; um die gleiche CO<sub>2</sub>-Neutralität wie mit der ursprünglich vorgesehenen Dampfverstromung zu erreichen, soll später auf eine bilanzielle Nutzung von Bioerdgas umgestellt werden. Das auf Erdgasqualität gereinigte Bioerdgas speist die badenova AG, die Muttergesellschaft der badenova Wärmeplus, seit vorigem Jahr aus eigenen Anlagen in das Erdgasnetz ein.

E&amp;M

\* Ralf Dunker, freier Journalist, München

## Innovativer Klassiker

Zu den energietechnischen Highlights in dem für seine Ökologie bekannten Freiburger Stadtteil Vauban gehört ein neues BHKW mit einem rekordverdächtigen Gesamtnutzungsgrad von 96,4 Prozent, das Ralf Dunker\* beschreibt.

Das Freiburger Quartier Vauban, benannt nach dem französischen General und Festungsbaumeister Sébastien Le Prestre de Vauban, diente noch bis 1992 der französischen Armee als Kasernengelände. In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde der etwa 0,4 km<sup>2</sup> große Stadtteil zu einem international anerkannten Beispiel für Städteplanung, nachhaltige Energienutzung und ökologische Mobilität, der Lebensraum für etwa

2 200 Familien bietet. Niedrigenergie- und Passivhäuser sind hier die Regel, und die etwa 100 Gebäude der Solarsiedlung erzeugen durchschnittlich sogar mehr Strom als in ihnen verbraucht wird. Geheizt wird höchst umweltbewusst mit Nahwärme, die von der Freiburger badenova Wärmeplus GmbH & Co. KG über ein von ihr errichtetes rund 14 km langes Leitungsnetz geliefert wird.

bibrennern mit einer Leistung von jeweils 2,5 MW installiert, die nur bei Lastspitzen und bei Engpässen der Holzversorgung zum Einsatz kommen. Um den Energiegehalt der Holzhackschnitzel optimal zu nutzen, brummt seit der Inbetriebnahme im Jahr 2002 ein Dampfmotor in der Halle – leider aber nur unzuverlässig. Die mit 250 °C heißem Dampf bei 26 bar betriebene Kolbenmaschine erreichte ihre nominelle Stromleis-

ung von 345 kW nicht und versagte häufig ihren Dienst. Die aufgrund der Kinderkrankheiten und häufiger Störungen langen Stillstandszeiten und die hohen Instandhaltungskosten ließen Zweifel an dem auf Holz basierenden KWK-Konzept aufkommen. Statt den reparaturanfälligen Dampfmotor weiter zu sanieren, entschied sich der Betreiber 2009 für einen kompletten Ersatz. Die Wahl fiel auf klassische Technik, die hohe Energieeffizienz mit Wirtschaftlichkeit und Verlässlichkeit kombiniert: ein Gasmotoren-BHKW, das für die thermische Grundlastversorgung 1,3 MW bereitstellt und gleichzeitig eine elektrische Leistung von 850 kW bietet. Den konservativen Technik-Ansatz verbanden die badenova-Ingenieure allerdings mit

#### Fast keine Wärmeverluste

einem innovativen Anlagenkonzept, das zusammen mit dem Ingenieurbüro Eser, Dittmann, Nehring & Partner entwickelt und umgesetzt wurde. Kern der neuen Lösung ist das BHKW-Modul GC 849 N5 der MTU Onsite Energy GmbH Gas Power Systems in Augsburg mit einem Acht-Zylinder-Gasmotor der Baureihe 4000, das seit März 2011 in Betrieb ist. Dabei wird das mit rund 62 °C am Netzurücklauf ankommende Heizwasser zuerst um moderate 1,3 K vorgewärmt. Danach heben die Abwärme des Gemischkühlers, des Motoröls und des Motorkühlwassers die Temperatur auf zirka 67,5 °C. Schließlich erreicht das Heizwasser im Hochtemperatur-Abgaswärmetauscher die Zieltemperatur von knapp 90 °C. Damit wurde der Brennstoffwirkungsgrad des BHKW von den üblichen rund 90 Prozent bereits auf 93 Prozent angehoben.

Das mit einem neuen Mittelspannungstrafo ausgerüstete KWK-Aggregat speist Strom direkt in das 20-kV-Netz der badenova, was die elektrischen Verluste verringert. Noch eindrucksvoller als die elektrischen Eckwerte ist die Abwärmenutzung auf der Heizungsseite, mit der rund 1 150 kW thermischer Energie aus dem BHKW ausgekoppelt werden. In Vauban sind dazu zwei Abgaswärmetauscher installiert; während das Motorenabgas den ersten konventionellen Tauscher mit rund 120 °C verlässt, kühlt der nachgeschaltete Niedertemperatur-Abgaswärmetauscher das Abgas auf unter 66 °C ab.

Dies war dem Ingenieurteam in Freiburg aber noch nicht genug. Die Zielmarke lautete über 96 Prozent. Um diesen Gesamtwirkungsgrad zu erreichen, wird die Abstrahlwärme des BHKW – insbesondere die des Generators und des Motorblocks – nicht einfach mit einer Lüftung ins Freie geblasen. Stattdessen kühlt eine elektrische Wärmepumpe den Aufstellraum des BHKW sowie die zweite Stufe des Gemischkühlers und führt die so gewonnene Wärme dem Fernwärmenetz zu. Dadurch werden bis zu 140 kW an Zusatzwärmeleistung mobilisiert. So erreicht die KWK-Anlage –

#### Die Anlage auf einen Blick

**Standort:** Heizkraftwerk im Freiburger Stadtteil Vauban

**Betreiber:** badenova Wärmeplus GmbH & Co. KG, Freiburg

**Planung:** Ingenieurbüro Eser, Dittmann, Nehring & Partner GmbH, Tamm

**Besonderheit:** 96,4 % Gesamtnutzungsgrad durch zusätzlichen Niedertemperatur-Abgaswärmetauscher und Kombination mit einer Elektro-Wärmepumpe

**Anlage:** BHKW GC 849 N5 mit 850 kW<sub>el</sub> und 1 150 kW<sub>th</sub> der MTU Onsite Energy in Kombination mit einer elektrischen Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 140 kW ersetzte einen Dampfmotor

**Wirtschaftlichkeit:** Ein Grundlastbetrieb des BHKW mit voraussichtlich 7 200 Volllaststunden im Jahr führt zu einer schnellen Amortisation

**Umweltschutz:** Einsparung von rund 4 200 t CO<sub>2</sub> pro Jahr; spezifische CO<sub>2</sub>-Emission des BHKW-Stroms ca. 200 g/kWh bei Erdgasbetrieb (GuD-Benchmark 365 g/kWh<sub>el</sub>)

**Auskunft:** Peter Grüner, Telefon 0 61 34/56 48 60, peter.gruener@mtu-online.com

2 200 Familien bietet. Niedrigenergie- und Passivhäuser sind hier die Regel, und die etwa 100 Gebäude der Solarsiedlung erzeugen durchschnittlich sogar mehr Strom als in ihnen verbraucht wird. Geheizt wird höchst umweltbewusst mit Nahwärme, die von der Freiburger badenova Wärmeplus GmbH & Co. KG über ein von ihr errichtetes rund 14 km langes Leitungsnetz geliefert wird.

#### Einem Dampfmotor ging die Puste aus

In dem im Jahr 2000 geplanten Heizkraftwerk Vauban werden Wald-Holzhackschnitzel aus der Region in einem 2,5-MW-Dampfkessel eingesetzt. Zusätzlich sind zwei Spitzenlastkessel mit Gas-Öl-Kom-

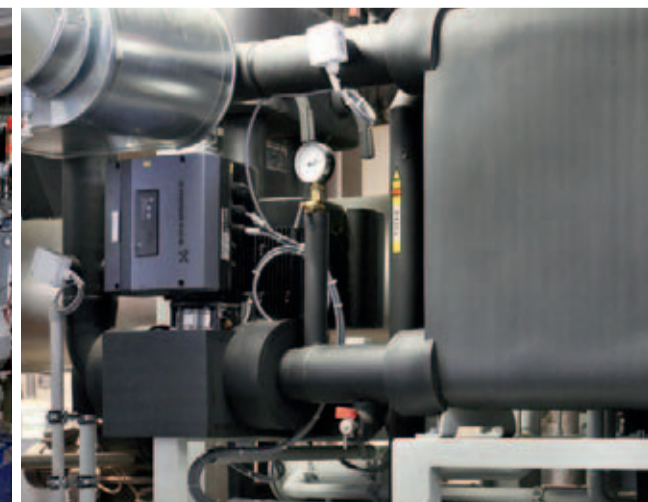
2 200 Familien bietet. Niedrigenergie- und Passivhäuser sind hier die Regel, und die etwa 100 Gebäude der Solarsiedlung erzeugen durchschnittlich sogar mehr Strom als in ihnen verbraucht wird. Geheizt wird höchst umweltbewusst mit Nahwärme, die von der Freiburger badenova Wärmeplus GmbH & Co. KG über ein von ihr errichtetes rund 14 km langes Leitungsnetz geliefert wird.

2 200 Familien bietet. Niedrigenergie- und Passivhäuser sind hier die Regel, und die etwa 100 Gebäude der Solarsiedlung erzeugen durchschnittlich sogar mehr Strom als in ihnen verbraucht wird. Geheizt wird höchst umweltbewusst mit Nahwärme, die von der Freiburger badenova Wärmeplus GmbH & Co. KG über ein von ihr errichtetes rund 14 km langes Leitungsnetz geliefert wird.

#### Auf Wärmenutzung optimiert: Gasmotoren-BHKW der MTU Onsite Energy



#### Mit einer elektrischen Wärmepumpe wird die Abstrahlwärme des BHKW genutzt



Dieser Sonderdruck ist urheberrechtlich geschützt. Ohne Zustimmung des Verlages und der Autoren sind Übersetzungen, Nachdruck – auch von Abbildungen –, Vervielfältigungen auf photomechanischem oder ähnlichem Wege oder im Magnettonverfahren, Vortrag, Funk- und Fernsehsendungen sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – verboten.

© Energie & Management Verlagsgesellschaft mbH, Herrsching