



Bild: Gasklima GmbH

Tagungszentrum Buhlsche Mühle in Ettlingen. Im Vordergrund die Energiezentrale. Die Brücke über die Alb dient gleichzeitig als Trasse für die bidirektionale Wärmeverbundleitung zum angrenzenden Albgauab.

Kraft-Wärme-Kälte-Verbund für Tagungszentrum Buhlsche Mühle in Ettlingen

Abwärme aus Mikrogasturbine treibt Absorber-Kältemaschine

Modernste Energie- und Gebäudetechnik sucht man nicht in uralten Fachwerkbauten mit Lehmausfachungen. Auch das Privileg der ursprünglichen Besitzer der Buhlschen Mühle in Ettlingen, „zollfrei Lumpen sammeln“ zu dürfen, deutet nicht unbedingt auf Hightech hin. In Ettlingen ist der Spagat vom historischen Industriedenkmal zu einem modernen Tagungs- und Kongresszentrum gelungen: Die erstmals 1462 erwähnte Papiermühle ist heute eine der gefragtesten Tagungsadressen in der Region. Ein Novum: Das Mühlengebäude und Gästehaus werden über eine Mikrogasturbine mit angekoppelter Absorptionskältemaschine mit Wärme und Kälte versorgt.

Die Nutzung der Wasserkraft zum Antrieb von Mühlen aller Art war einst ein enormer Fortschritt, ebenso die Einführung der Dampfmaschine mit Transmissionsantrieb. So richtig angekommen im Industriezeitalter sind wir aber erst mit der Einführung des elektrischen Stroms mit allen seinen Antriebs- und Nutzungsmöglichkeiten. Dass ein über 200 Jahre altes Industriegebäude praktisch alle Phasen der Industrialisierung bis zum heutigen Tag nicht nur übersteht, sondern sich in all seinen Funktionen weiter am Fortschritt orientiert, ist mehr als eine glückliche Fügung.

Rund 7 Mio. Euro wurden investiert, um ein abbruchreifes Fachwerkensemble in ein modernes Tagungszentrum umzubauen. Sicher wäre ein Neubau billiger gewesen, aber dann wären 200

Jahre Industrie- und Technikgeschichte, somit das älteste erhaltene Industriegebäude Ettlingens, für immer verloren gewesen. Dass aus der einstigen Fachwerkruike mehr als ein museales Schatzkästchen geworden ist, ist nicht nur der Vision von Eberhard Oehler, Geschäftsführer der Stadtwerke Ettlingen, zu verdanken, sondern allen am Bau Beteiligten, die keine Mühe scheuten, Altes und Neues harmonisch und funktional miteinander zu verbinden. Mehr noch: Die Technikgeschichte des Gebäudes mit seinen Epoche-prägenden Innovationen sollte durch aktuelle Entwicklungen fortgeführt werden. Als regionaler Energieversorger legten die Stadtwerke naturgemäß ein besonderes Augenmerk auf ein in die Zukunft gerichtetes Energiekonzept.

Datenblatt

Tagungszentrum Buhlsche Mühle

Bauherr, Betreiber: Stadtwerke Ettlingen

Architekt Planungsbüro Archis, Karlsruhe

Planung HLSKE: FC-Ingenieure, Ettlingen

GU/Ausführung HLK: Imtech, Karlsruhe

Mikrogasturbine: Turbec NTM 100,
Vertrieb: Pro2 Anlagentechnik, Willich,
www.pro-2.net

Absorptionskältemaschine:

Yazaki WFC-SC-20,

Vertrieb: Gasklima, Erlensee (bisher Maintal),
www.gasklima.de

Der ursprüngliche Plan, für das Tagungszentrum eine Strom- und Wärmeversorgung auf der Basis eines Brennstoffzellenheizgeräts aufzubauen, änderte man aus Gründen der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit zugunsten einer Mikrogasturbine. Auch die Absicht, den ursprünglichen Mühlbach wieder zu aktivieren und die Konferenzräume mit dem Wasser des Schwarzwaldflüsschens „Alb“ zu kühlen, ließ sich aus wasserschutzrechtlichen und bürokratischen Gründen nicht umsetzen, zumal man in der Region keinen Präzedenzfall für Flusswasser-Kühlsysteme schaffen wollte. Auch der Versuch, über einen Brunnen Wasser für die Gebäudekühlung bereitzustellen, musste mangels ungünstiger geologischer Verhältnisse wieder aufgegeben werden.

Energieverbund mit Albgaubad

Da die Stadtwerke Ettlingen dennoch ein innovatives Energiekonzept realisieren wollten, wurden auch die Möglichkeiten einer Mikrogasturbine in Kombination mit einer Absorptionskältemaschine als Alternative zu dem im benachbarten Albgaubad installierten Blockheizkraftwerk (BHKW) in die Überlegungen miteinbezogen. Ziel war, ein neues Kraft-Wärme-Kälte-Konzept in eigener Regie zu erproben, um die gewonnenen Erfahrungen an neue Kunden weitergeben zu können.

Die mit der Planung der Gewerke Heizung, Lüftung, Sanitär und Elektro beauftragte örtliche Ingenieurgesellschaft betrat hier absolutes Neuland, denn in dem anvisierten Leistungsbereich von etwa 100 kW elektrische und 170 kW thermische Leistung (bei einem Heizwärmebedarf der Buhlschen Mühle von etwa 300 kW), gab es bis dato kaum Erfahrungen mit Mikrogasturbinen für die Gebäudeheizung. Insgesamt waren bei Planungsbeginn in Deutschland erst etwa zehn Mikrogasturbinen im Leistungsbereich unter 100 kW_{el} im Einsatz, die meisten in Verbindung mit Biogasanlagen.

Umso wichtiger erschien es deshalb den Stadtwerken Ettlingen, die vielversprechende BHKW-Alternative „Mikrogasturbine“ in eigener Regie zu testen und eigene Erfahrungen damit zu sammeln. Dabei erwies es sich als Vorteil, dass im nahe gelegenen Albgaubad ganzjährig Wärme und Strom gebraucht werden, so dass sich eine bidirektionale

Tabelle 1

Leistungsangaben Absorber

Yazaki Modell WFC-SC20			Einheit
Leistungsdaten	Nominale Kälteleistung	70,0	kW
	Heizleistung	100,8	kW
	Rückkühlleistung	171,4	kW
	Leistungszahl	0,7	cop
Kaltwassersystem	Temperatur E/A	12,5/7,0	°C
	Wassermenge	11	m ³ /h
	Druckabfall	65,8	kPa
	Rohrslangenvolumen	47	l
Heizwassersystem	Temperatur E/A ^{*)}	88/83	°C
		(min. 75 °C, max. 95 °C)	
	Wassermenge	17,28	m ³ /h
Kühlwassersystem	Druckabfall	46,4	kPa
	Temperatur E/A	31/35	°C
	Wassermenge	36,7	m ³ /h
	Verschmutzungsfaktor	0,086	m ² K/kW
Elektrische Anschlüsse	Rohrslangenvolumen	125	l
	Spannung / Frequenz	400 V 3 Ph 50 Hz	
	Leistung	260	W
Abmessungen	Stromaufnahme gesamt	0,92	A
	Länge	1300	mm
	Breite	1060	mm
Gewicht	Höhe (mit Befestigungsplatte)	2030	mm
	Transport	930	kg
	Betrieb	1156	kg
Geräuschpegel	in 1 m Abstand	49	dB(A)
Steuerung	erfolgt über „An/Aus“ der Heizwasser-Pumpe		
Steuerschrank	wasserdicht, für Außenaufstellung geeignet		

^{*)} Ab etwa 75 °C Austreibertemperatur liefert die Absorptionskältemaschine Kaltwasser.
Die Mikrogasturbine erzeugt bei 100 % Last Heizwasser mit etwa 87 °C.

Verbundleitung zum Verschieben von Überschusswärme von der Mikrogasturbine an das Hallenbad anbot. Umgekehrt steht über die Nahwärmeleitung das Wärmeangebot des Albgaubades auch der Buhlschen Mühle zur Verfügung, einmal um Wärme-defizite ab Außentemperaturen von unter -12 °C auszugleichen und dann, um das ganze Jahr eine 100%ige Wärmeversorgung bei Wartungs- und Servicearbeiten der Mikrogasturbine zu gewährleisten.

Um eine möglichst einfache Verbindung zwischen den beiden Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu schaffen, sind sie über einen Plattenwärmeübertrager hydraulisch entkoppelt. Der Einspeise- bzw. Entnahmepunkt für das Heizsystem der Buhlschen Mühle ist der Heizungsrücklauf des BHKW im Albgaubad. Der Temperaturhub liegt bei nur

etwa 0,5 bis 1,0 K, so dass die BHKW-Funktion des Albgaubads durch den Wärmeverbund mit der Mikrogasturbine nicht beeinträchtigt wird. Im Albgaubad sind zwei BHKW-Module mit 600 kW_{el} und zwei Heizkessel mit 1,5 MW installiert.

Kälte aus Abwärme

Nachdem sich die „Bachkühlung“ nicht verwirklichen ließ und sich ein zeitweise in Erwägung gezogener Verzicht auf Kühlung als unakzeptabel hinsichtlich der Nutzung der Räume als Tagungsstätte herauskristallisiert hatte, standen zwei Lösungen zur Wahl:

- der Einbau eines konventionellen, elektrisch angetriebenen Kaltwassersatzes



Die Energiezentrale ist außerhalb des Gebäudes in einem architektonisch ansprechenden Gartenpavillon untergebracht.



Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit Mikrogasturbine Turbec NTM100 (links) und Yazaki WFC-SC 20 Absorptionskältemaschine von GasKlima (rechts).



Alle Tagungs- und Konferenzräume sind klimatisiert.

- der Einbau einer mit der Abwärme aus der Mikrogasturbine angetriebenen Absorptionskältemaschine.

Obwohl die „elektrische Lösung“ die preisgünstigere gewesen wäre, entschieden sich Architekt, Planer und Bauherr für die thermische Kälteerzeugung mit indirekter Rückkühlung der Kondensatorseite über das Flüsschen Alb. Für diese Lösung sprachen sowohl Platzgründe – der Architekt wollte kein weiteres Bauwerk im Umfeld des Ensembles – als auch der Anspruch der Stadtwerke Ettlingen auf eine innovative Lösung im Kraft-Wärme-Kälteverbund, die man nach Erprobung auch Kunden der Stadtwerke empfehlen kann.

Wegen der massiven Außenwände aus Lehm sowie der guten Wärmedämmung im Dachraum mit automatisierter Verschattung der Dachflächenfenster, liegt die zu erwartende Kühllast des Tagungszentrums bei nur etwa 70 kW. Eine überschlägige Simulation des Gebäudeverhaltens bei sommerlichen Außentemperaturen ergab zwar, dass sich die Räume ohne aktive Kühlung dank Lehmwänden erst nach einer etwa drei bis vier Wochen anhaltenden Schönwetterperiode auf unkomfortable Innenraumtemperaturen aufheizen. Bei voller Auslastung des Konferenzentrums würde die kritische Raumtemperatur durch die inneren Lasten ohne Kühlung jedoch sehr viel früher erreicht, da alle Räume mit modernster Konferenztechnik bestückt sind.

Kurzfristig volle Kälteleistung

Obwohl bisher kaum Erfahrungen mit der Konstellation Mikrogasturbine/Absorptionskältemaschine vorliegen, hat sich die gewählte Lösung als richtig herausgestellt. Sobald von der Gebäudeautomation Kälte angefordert wird, erfolgt die Freigabe des Absorbers. Die Maschine kühlt das Kaltwassernetz, solange ein Kältebedarf besteht. Bei zu geringer Kälteabnahme geht der Absorber über seine eigene Steuerung in einen Stand-by-Betrieb, ohne dass die Freigabe generell weggenommen wird. Der Absorber schaltet automatisch wieder auf Kühlbetrieb, sobald die Kaltwasser-Austrittstemperatur direkt an der Maschine einen voreingestellten Wert überschreitet. Ein Eingriff durch die GLT ist dabei nicht

erforderlich. Der zur Glättung von Kälteangebot und -bedarf dazwischengeschaltete Kaltwasser-Pufferspeicher (2 m³) ist – je nach Temperatur des Netzes – in rund 20 min geladen.

Da die Mikrogasturbine aus wirtschaftlichen und funktionalen Überlegungen weitgehend mit 100 % Leistung betrieben wird, steht am Heizwasseraustritt eine Temperatur von rund 86 °C zur Verfügung. Bei dieser Austreibertemperatur gibt die von Yazaki gebaute und von GasKlima, Erlesensee (bisher Maintal), gelieferte Lithiumbromid-Wasser-Absorptionskältemaschine 100 % ihrer Nennleistung ab. In der von Yazaki seit 2000 gebauten Ausführung kann die Maschine bis auf etwa 75 °C Austreibertemperatur heruntergeregelt werden, eine Heizmedien-Temperatur, die das Aggregat auch für den Einsatz in solarunterstützten Klimaanlagen interessant macht. Damit lassen sich zwar nicht mehr 6 bis 7 °C Kaltwasser erreichen, aber Kaltwasser mit 10 bis 13 °C liefert die Maschine dann immer noch.

Zur Leistungsanpassung lässt sich die Mikrogasturbine auf bis zu 60 % zurückregeln, jedoch fällt dann der Wirkungsgrad überproportional ab. Kritisch wird es, wenn die Brennkammertemperatur unter 400 °C sinkt, da dann ein aufwendiger, verschleißintensiver Neustart notwendig ist. Da

überschüssige Wärme aus der Mikrogasturbine ganzjährig an das Albgaubad abgeführt werden kann, entschieden sich die Stadtwerke Ettlingen für einen kontinuierlichen Betrieb bei 100 % Last.

Auch bei der Rückkühlung des Absorbers ging man neue Wege: Da das architektonische Konzept der in einem Gartenpavillon angeordneten Energiezentrale keinen Kühlturm zuließ, erfolgt die Rückkühlung nun über ein unterirdisches Bauwerk im Garten, bestehend aus einem mit Flusswasser durchflossenen Kreuzstromwärmeübertrager, in dem das Kühlwasser des Absorbers von 35 auf 31 °C abgekühlt wird. Den Absorber direkt mit Flusswasser zu kühlen wäre wegen der Schwebstoffe problematisch gewesen. Durch ein zwischengeschaltetes Absetzbecken am Wassereinfluss im Fluss wird vermieden, dass Schlamm, Steine oder organische Stoffe angesaugt werden. Auflage der Stadt ist, dass der Fluss durch die Rückkühlanlage auch bei Niedrigwasser nicht mehr als 1 K erwärmt wird.

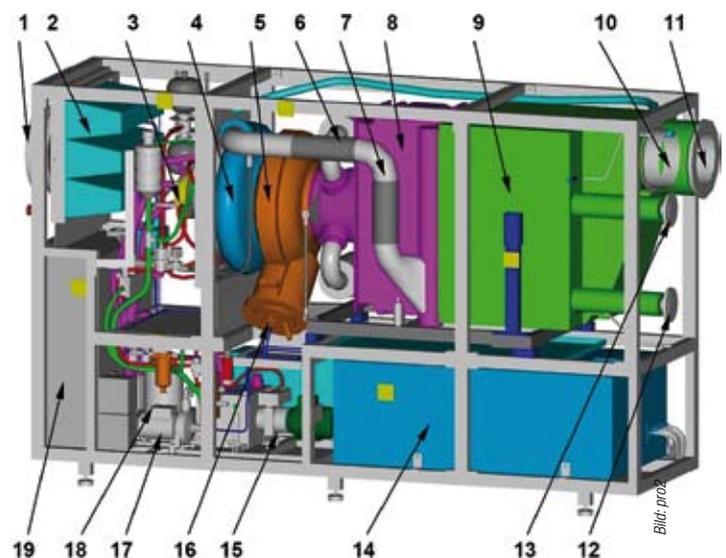
Fazit

Bei der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage mittels Mikrogasturbine und Heizwasser-angetriebener Absorptionskältemaschine ging es weniger um den Nachweis der Wirtschaftlichkeit als um die

Schema der Mikrogasturbine.

Bei Planungsbeginn waren in Deutschland erst ca. zehn Exemplare dieses Typs installiert, und diese fast ausschließlich für Biogasanlagen.

- 1: Luftzufuhr. 2: Luftfilter.
- 3: Generator. 4: Verdichter.
- 5: Turbine. 6: Rekuperator VL.
- 7: Rekuperator RL. 8: Rekuperator.
- 9: Wärmeübertrager.
- 10: Abluft. 11: Abgas. 12: Heizwasser VL.
- 13: Heizwasser RL.
- 14: Leistungselektronik.
- 15: Ölpumpe. 16: Brennkammer.
- 17: Wasserpumpe.
- 18: Sperrluftpumpe.
- 19: Steuerung.





Um Schallübertragungen zu vermeiden, sind die Klimageräte am Dachstuhl aufgehängt.

Machbarkeit einer solchen Lösung. Im Vordergrund stehen die Erfahrungen mit dem Betrieb einer Erdgas-angetriebenen Mikrogasturbine und die Auskopplung von Wärme zur Kälteerzeugung mittels Absorber im Verbund mit der BHKW-Anlage eines Hallenbads.

Erste Erfahrungen deuten darauf hin, dass Mikrogasturbinen möglichst bei voller Leistung betrieben werden sollten; eine ganzjährige Wärmeabnahme ist von Vorteil. Die Auskopplung von Wärme für den Antrieb einer Absorptionskältemaschine ist problemlos; die regelungstechnische Einbindung einfach.

Den Stadtwerken Ettlingen ging es bei dieser Demonstrationsanlage in erster Linie darum, Erfahrungen mit der vielversprechenden Mikrogasturbine zu sammeln, um Empfehlungen gegenüber Erdgas-Kunden aussprechen zu können. ■

Wolfgang Schmid, Fachjournalist für Technische Gebäudeausrüstung, München

Vom Haderlumpen zum Tagungszentrum

Gegensätzlicher kann man sich die ehemalige und die aktuelle Nutzung eines Gebäudes kaum vorstellen: Ursprünglich diente der im Eingangsbereich der noblen Tagungsstätte restaurierte „Haderlumpen“ als Grube zum Aufweichen von Leinen-, Hanf- und Flachslumpen, eine Vorstufe zur Papiergewinnung. Heute bietet das Tagungszentrum seinen Gästen neben einem breiten Spektrum an modernster Gebäude- und Konferenztechnik ein unvergleichliches Ambiente am Rande des Schwarzwalds.

Bereits 1462 wurde die Existenz einer Papiermühle an diesem Standort urkundlich erwähnt. Der Name Buhlsche Mühle stammt aus dem Jahr 1791, als der damalige Ettllinger Bürgermeister Franz Anton Buhl die abgebrannte Papiermühle ersteigerte und das heute renovierte Fachwerkgelände errichtete. In Folge wurde in der Mühle Büttenpapier für Banknoten und Aktien hergestellt. Als sich die Weiterverarbeitung von Papier nicht mehr lohnte, diente das Gebäude als Lager, Schreinerei und Wohnung und schließlich bis zur Aufgabe jeglicher Nutzung im Jahr 1992 als reines Wohngebäude. Um das älteste Industriedenkmal Ettlilingens vor dem Verfall zu retten, übernahmen die Stadtwerke Ettlingen die Gebäude und bauten sie unter ihrer Federführung zu einem modernen, exklusiven Tagungszentrum mit angeschlossenem Gästehaus um. Alle Räume sind klimatisiert und mit modernster Konferenztechnik ausgestattet. Zur Verfügung stehen sechs Tagungsräume zwischen 38 und 62 m², ein Ausstellungsraum mit 111 m² und ein Bankettsaal mit 232 m², zusammen mit dem Gästehaus rund 2035 m² Nettogeschosfläche. Ein nahe gelegenes Hotel sorgt für das Catering.

