

Energetische Modernisierung

Energiezentralen maßgeschneidert sanieren

Bei der Sanierung von Energiezentralen gilt es, den Bedarf an elektrischer Energie, Wärme und Kälte wirtschaftlich optimal zu decken. Am Beispiel der Bundesanstalt für Arbeit in Nürnberg wird aufgezeigt, welche Planungsschritte dazu erforderlich sind und welche Anlagenkonzeption gewählt wurde.

Dipl. Ing. (FH) **Thomas Harrer**, Dess-Falk Beratende Ingenieure, Nürnberg

Autor:



Die Gebäude des Verwaltungszentrums der Bundesanstalt für Arbeit in Nürnberg und damit ein Großteil der betriebstechnischen Anlagen wurde in den Jahren 1972/73 errichtet. In den Jahren 1996-1998 wurde eine Asbestsanierung durchgeführt und dabei auch die Wärmedämmung der Gebäudehülle verbessert. Die vorhandenen gasbetriebenen Dampfkessel sowie die Turbo- und Kompressor-Kältemaschinen waren nach ca. 25 Jahren verbraucht. Durch die Sanierung der Wärme- und Kältezentrale sollte sowohl die geforderte Betriebssicherheit wie auch eine wirtschaftlich optimale und an den reduzierten Wärme- und Kältebedarf angepasste Versorgung gewährleistet werden.

1. Analyse der Grundlagen

Um die neuen Anlagenkomponenten richtig dimensionieren zu können, ist eine detaillierte Erfassung der vorhandenen Energieverbräuche und Leistungen für Wärme, Kälte und Strom erforderlich. Die Lastgänge für elektrische Energie sowie Verbrauchsaufzeichnungen des Gasbezugs wurden analysiert. Über den Stromverbrauch der Kältemaschinen konnte der momentane Kältebedarf ausreichend genau abgeschätzt werden. Der zukünftig zu erwartende Bedarf wurde ermittelt und mit einer Gebäudesimulation überprüft.

Die Einsparungseffekte durch Verbesserung der Gebäudedämmung, die Reduzierung der elektrischen Anschlussleistung und Wärmeabgabe im

Rechenzentrum wurden detailliert untersucht. Für eine aussagefähige Wirtschaftlichkeitsberechnung kommt es vor allem auch auf die genaue Kenntnis der zukünftigen Lastgänge für Wärme, Kälte und Strom an.

2. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Folgende Varianten der Energieversorgung wurden untersucht:

- Wärmeversorgung mit Gaskessel oder Fernwärme,
- Kälteversorgung mit elektrisch betriebenen Kältemaschinen mit Kältemittel R134a oder Ammoniak,
- Kälteversorgung mit Absorptionskältemaschinen mit und ohne Fernwärmeanschluss,
- verschiedene Kombinationen dieser Anlagenkomponenten in Form eines Energiekonzepts.

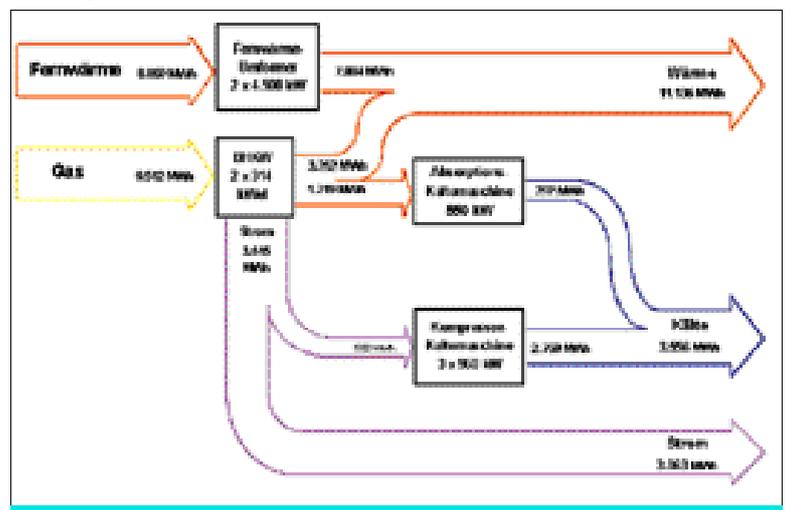
Insgesamt wurden 8 verschiedene Anlagenkonzeptionen folgendermaßen bewertet:

- gesamte Jahreskosten nach VDI 2076 bestehend aus kapitalgebundene Kosten, Verbrauchskosten und Betriebskosten,
- Sensitivitätsanalyse zur Wirtschaftlichkeitsberechnung durch Variation der Parameter Investitionskosten, Energiekosten, Energieverbräuche,
- Primärenergieverbrauchsbilanz,
- Emissionsbilanz.

3. Anlagenkonzeption

Wegen der niedrigsten Jahreskosten fiel die Entscheidung zugunsten einer kombinierten Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom (KWK-Kopplung, siehe Bild 1). Zwei gasbetriebene BHKW-Module decken die Grundlast des Strom- und Wärmebedarfs ab. Da die thermische

Bild 1: Energieflussdiagramm der Energiezentrale



Leistung der BHKW-Module nur ca. 10 % des Gesamtwärmebedarfs beträgt, wurden zusätzlich zwei Fernwärmeumformer installiert.

Die Grundlast der Kälteversorgung übernimmt eine Absorptionskältemaschine (AKM), die mit der Abwärme des BHKW betrieben wird. Die Spitzenlast in den Sommermonaten wird von drei Ammoniakkältemaschinen abgedeckt.

BHKW-Module

Die BHKW-Module sind so dimensioniert, dass der erzeugte Strom (2 x 314 kW) vollständig im Verwaltungszentrum verbraucht werden kann. Eine Rückspeisung zum EVU erfolgt aus wirtschaftlichen Gründen nicht. Die elektrische Einbindung erfolgt über eine NSHV mit 20kV-Trafo zur Energieverteilung über den 20kV-Ring. Die Lastgänge des Strombezugs des Verwaltungszentrums vor und nach der Inbetriebnahme des BHKW sind in Bild 7 dargestellt.

Besonderer Wert wurde auf die Festlegung der Vor- und Rücklauftemperaturen zwischen BHKW und Absorptionskältemaschine gelegt, denn je höher das Temperaturniveau ist, desto kleiner und effizienter die Absorptionskältemaschine. Bei „normal“-gekühlten BHKW, d.h. wenn die Abwärme des Ölkühlers genutzt wird, ist die Kühlwassertemperatur nach oben allerdings begrenzt. Sogenannte heiß-gekühlte BHKW-Module, bei denen höhere Kühlwassertemperaturen bis über 110 °C möglich sind, wurden nicht eingesetzt, da die Abwärme der Ölkühler (ca. 10 % der thermischen Leistung) dann nicht genutzt werden könnte. Nach Optimierung der Auslegungsdaten erwies sich eine Vor- und Rücklauftemperatur von 95/80 °C als optimal.

Ein Pufferspeicher, der die Wärme eines BHKW-Moduls für 1 Stunde aufnehmen kann, sorgt dafür, dass in Schwachlastzeiten die Anzahl der Motorstarts reduziert wird und dient als hydraulische Weiche zwischen BHKW und Wärmeverbraucher.

Die BHKW-Module wurden vor Anlieferung einem Werksprobelauf

unterzogen. Anhand eines Lastversuchs, bei dem 50 % der elektrischen Leistung schlagartig als ohmscher Widerstand zugeschaltet wurden, erfolgte der Nachweis der geforderten Leistungsdaten. Erst danach wurde der Motor lackiert und versandfertig gemacht (siehe Bild 2).

Die Abgasführung des BHKW erfolgt über zwei getrennte Abgasleitungen aus Edelstahl. Diese wurden in die vorhandenen Abgaszüge der demontierten Dampfkessel eingebaut. Die Einführung erfolgte von oben in 80 m Höhe. Die gedämmten Abgasrohre wurden in 6-m-Stücken angeliefert, auf dem Dach des Hochhauses im 19. OG zusammengeflanscht und Schritt für Schritt eingelassen. Da der vorhandene Schacht mit den Abgaszügen über die ganze Länge nicht geöffnet werden konnte – das Verwaltungszentrum war ja in Betrieb –, wurden an den Abgasleitungen spezielle Zentrierungen angebracht, die das Rohr stabilisieren und trotzdem die thermische Ausdehnung von bis zu 20 cm zulassen (siehe Bild 3).

Absorptionskältemaschine

Die Absorptionskältemaschine (AKM) wird vom BHKW mit Wärme versorgt. Aus der thermischen Leistung des BHKW von 2 x 425 kW werden 550 kW Kälteleistung erzeugt und dies ohne umweltschädliches Kältemittel und praktisch ohne weiteren Einsatz von elektrischer Energie. Die anfallende Abwärme der AKM von 1.400 kW wird über Kühltürme abgeführt. In der warmen Jahreszeit kann somit die Abwärme des BHKW zur Kälteerzeugung genutzt werden. Die AKM ist eine thermische Maschine, die außer einer kleinen Lösungspumpe keine weiteren bewegten Teile hat. Das umweltfreundliche Kältemittel Lithiumbromid befindet sich in einem geschlossenen Kreislauf mit Wasser in den verschiedenen Aggregatzuständen (siehe Bild 4).

Ammoniakkältemaschinen

Besonderer Wert bei der Auswahl der Kältemaschinen zur Abdeckung der

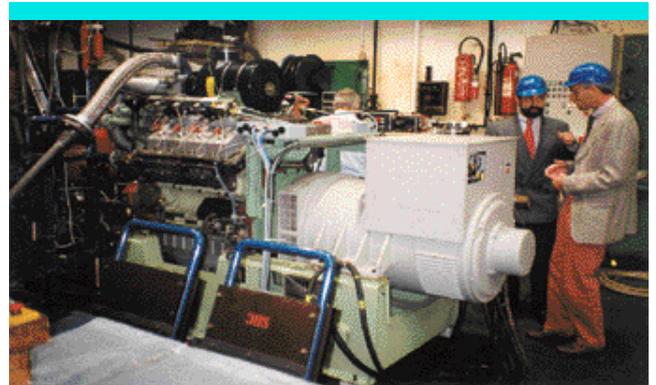
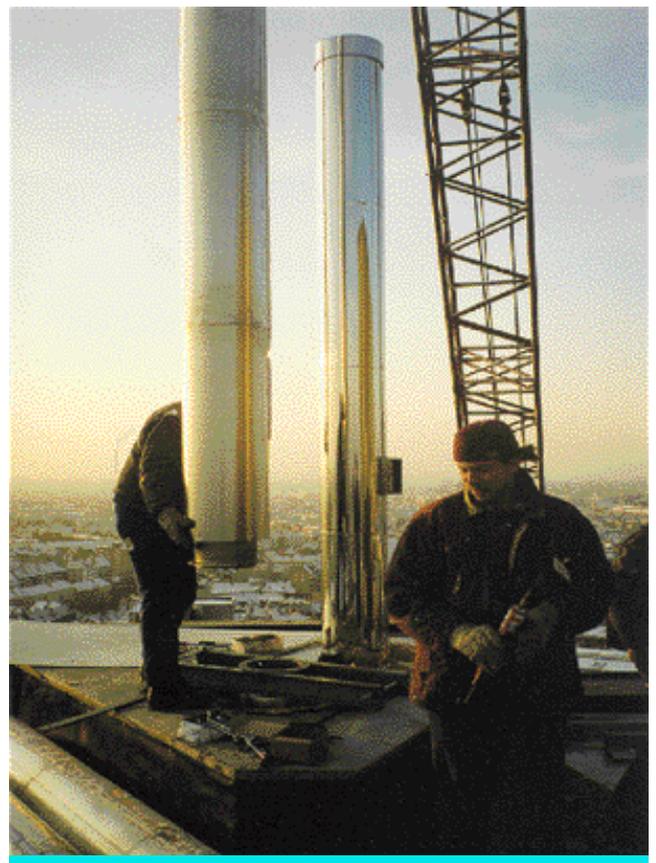


Bild 2: BHKW-Modul beim Werksprobelauf

Spitzenlast wurde auf die Verwendung eines umweltfreundlichen Kältemittels gelegt. Dabei sollte die Kältemittelfüllmenge möglichst minimiert werden. Ammoniak ist das älteste Kältemittel überhaupt und hat seinen festen Platz im Bereich von Großanlagen. Von allen Kältemitteln ist es das umweltfreundlichste und hat die besten physikalischen Eigenschaften (Volumetrischer Wirkungsgrad). NH₃ besitzt kein Ozonabbaupotential und kein Treibhauspotenzial. Es werden Leistungsziffern von über 5,5 erreicht. Die Folge sind Kältemaschinen mit nied-

Bild 3: Montage der Abgasrohre in 80 m Höhe



Energetische Modernisierung

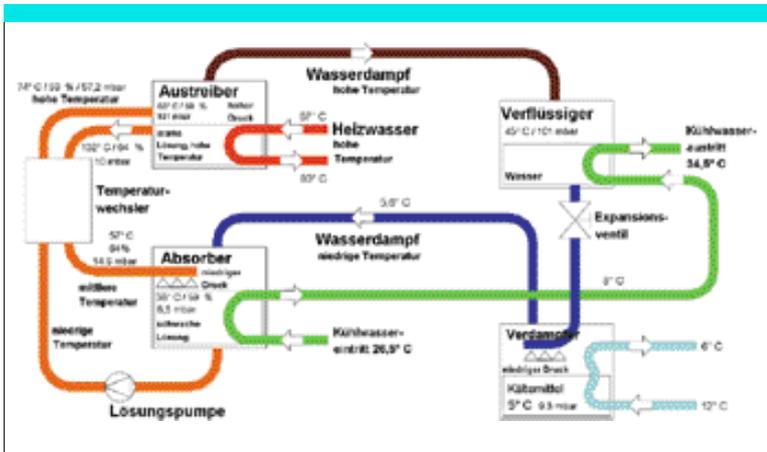


Bild 4: Funktionsschema der Absorptionskältemaschine



Bild 5: Ammoniak-Kältemaschine bei der Einbringung

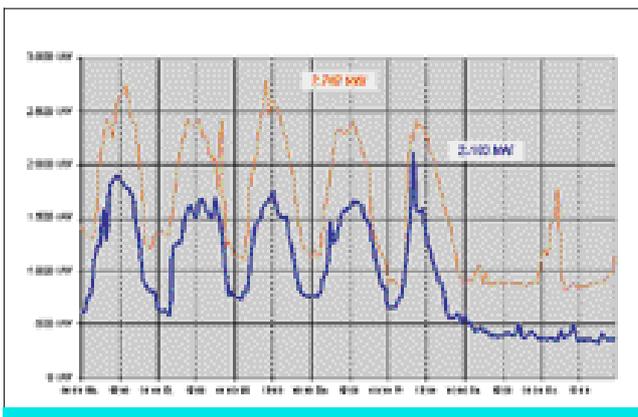
Bild 6: Kühlturm im 17. OG



rigen Füllmengen und kleinen Baugrößen.

Im vorliegenden Fall wurden drei Kältemaschinen mit einer Leistung von je 960 kW bei einem Kältemittelfüllgewicht von gerade einmal 40 kg pro Maschine installiert (siehe Bild 5). Die Kältezentrale verfügt über die nach UVV VBG20 vorgeschriebene Sicherheitseinrichtungen.

Bild 7: Lastgang Strombezug vor und nach der Sanierung



Rückkühlwerke

Die vorhandenen Rückkühlwerke aus beschichtetem Stahlblech einschließlich der Kühlwasserleitungen waren verbraucht und wurden deshalb erneuert. Die vorhandene Aufstellfläche im 17. OG und die möglichen Lasten waren begrenzt. Einerseits musste die Luftführung der neuen Kühltürme ungehindert erfolgen, andererseits schrieb das Schallgutachten Maßnahmen zur Reduzierung der Schallemissionen vor. Drei offene Nasskühltürme mit integrierter Wasserwanne erfüllen die Anforderungen (siehe Bild 6). Die Leistung beträgt 3 x 2.000 kW. Durch einen Ringschalldämpfer auf dem Kühlturm, zweistufige Ventilatoren und schallgedämmte Witterschutzgitter wird eine Beeinträchtigung der umliegenden Wohnbebauung vermieden.

Zur Vermeidung von Korrosion sind die Kühltürme und die Einbauten aus Kunststoff (GFK) gefertigt. Zusätzliche Plattenwärmetauscher neben den Kühltürmen mit einer Verrohrung aus PVC-U dienen der Systemtrennung zwischen Kühlturmkreislauf und Kältemaschine. Der Kältemaschinenkreislauf ist dadurch geschlossen. Das trägt entscheidend zur Lebensdauer der Kältemaschinen bei, da ein Sauerstoffeintrag in das Kühlwasser und damit Korrosion in der Kältemaschine vermieden wird.

Gebäudeleittechnik

Alle Anlagenkomponenten sind auf die vorhandene Gebäudeleitzentrale aufgeschaltet und in Anlagengrafiken visualisiert. Die Energiemengen für Wärme, Kälte und Strom werden erfasst und zur Betriebsoptimierung weiterverwendet. DDC-Unterstationen in der Energiezentrale regeln den vollautomatischen Betrieb aller Anlagen.

4. Zusammenfassung

Die in den letzten Jahren gemachten Betriebserfahrungen mit der Energiezentrale zeigen, dass eine gründliche Bedarfsermittlung und sorgfältige Anlagenauswahl sowie Dimensionierung für einen ökonomischen Anlagenbetrieb ausschlaggebend sind. Dabei konnte sichergestellt werden, dass das gewählte Anlagenkonzept auch bei leicht geänderten Rahmenbedingungen wie Änderungen der Energiebezugspreise oder Verbräuche, wirtschaftlich bleibt.

Im vorliegenden Fall ließ sich in der Planungsphase die Wirtschaftlichkeit ab ca. 5.500 BHKW-Betriebsstunden nachweisen. Nach fünf Jahren Betrieb mit einer mittleren Laufzeit von über 7.000 Stunden pro Jahr blieb die Anlage trotz fallender Strompreise in den vergangenen Jahren rentabel. Um so mehr verbessert sich die Wirtschaftlichkeit bei jetzt wieder steigenden Strompreisen.