

Kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung



Erweiterung Hauptbahnhof Zürich

Besondere Merkmale

- Verbund von Turbo-Kältemaschinen und Kolbenwärmepumpe für kombiniertes Heizen und Kühlen
- Limmat als Wärme- und Kühlwasserquelle
- Hohe Jahresnutzungszahlen
- Optimierter Teillastbetrieb
- Tiefe Umweltbelastung

Objektdaten

- Inbetriebnahme: 1990
- Kälteleistung total: 3115 kW
- Maximale Heizleistung: 750 kW
- Jahresnutzungsziffer Gesamtanlage: 4,0
- Gesamtkosten: 3,5 Mio. Fr.
- Mehrkosten für Wärmepumpe: 600 000 Fr.
- Amortisationsfrist durch Nutzung erneuerbarer Energie: 15 Jahre

Ausgangslage

Im Rahmen des Projekts S-Bahn Zürich und des Konzepts Bahn 2000 wurde der Zürcher Hauptbahnhof in grossem Stil umgebaut und erweitert. Der neue S-Bahnhof Museumstrasse und die Erweiterungen im Hauptbahnhof bedingten eine zusätzliche Energiezentrale. Eine Studie zeigte auf, dass bei den heutigen (relativ günstigen) Stromkosten eine Totalenergieanlage nicht wirtschaftlich ist. Als Alternative wurde eine kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung gewählt, wobei besonderes Gewicht auf einen optimalen Teillastbetrieb und hohe Jahresnutzungsziffern gelegt wurde.

Konzept

Die Energiezentrale dient zur Gesamtkälteversorgung des S-Bahnhofs Museumstrasse und eines grossen Teils des Hauptbahnhofs sowie zur Teilwärmeversorgung des Bahnhofs Museumstrasse.

Im Mittelpunkt der Energiezentrale stehen eine elektrische Kolbenwärmepumpe und zwei Turbo-Kältemaschinen. Alle drei Maschinen werden mit Flusswasser aus der Limmat versorgt. Die Wärmepumpe nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein, kann sie doch in drei verschiedenen Betriebsarten eingesetzt werden:

- Als Kältemaschine liefert sie kaltes Wasser; die anfallende Wärme wird an die Limmat abgegeben.
- Als Wärmepumpe erzeugt sie Heizwasser, wobei die benötigte Wärmeenergie der Limmat entnommen wird.
- Als Wärmerückgewinnungsanlage erzeugt sie gleichzeitig Heiz- und Kaltwasser.

Die Kaltwasserabgabe der Wärmepumpe (Kältebetrieb) sowie die Wärmeaufnahme aus dem Limmatwasser (Heizbetrieb) erfolgen über Wärmetauscher, welche durch einen geschlossenen Wasser/Glykol-Kreislauf mit dem Doppelverdampfer verbunden sind, um ein Einfrieren des Verdampfers zu verhindern (Prinzipschema).

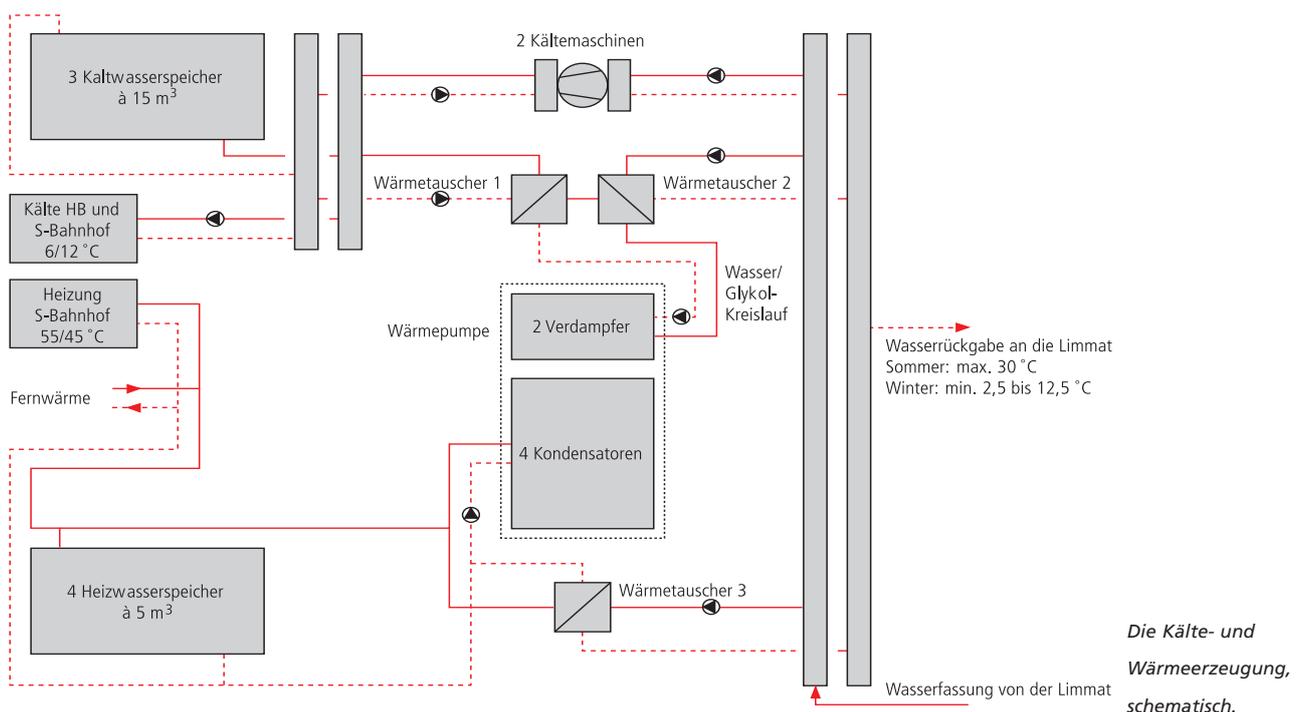
Um eine möglichst gute Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe zu erreichen, wurde sie so ausgelegt, dass sie in der Übergangszeit als Grundlastmaschine den erforderlichen Kältebedarf mit hoher Auslastung abdecken kann.

Sollte im Heizbetrieb bei sehr tiefen Aussentemperaturen die Wärmepumpe nicht ausreichen, kann Fernwärme aus der Kehrichtverbrennungsanlage Josefstrasse zugeführt werden.

Ein zentrales Leitsystem sorgt dafür, dass die Kältemaschinen und die Wärmepumpe im optimalen Arbeitspunkt gefahren werden, sodass einerseits ein Energie sparender Betrieb resultiert und andererseits die Laufstunden sich gleichmässig auf alle Maschinen verteilen. Ebenfalls optimiert wird die Bewirtschaftung der Kalt- und Heizwasserspeicher.

Kugelfilter-Reinigungsanlage: In der Energiezentrale ist für jeden Limmatwasserkreislauf eine Kugelfilteranlage eingebaut. Die Reinigung der Filter erfolgt automatisch durch periodische Rückspülung mit Limmatwasser im Unterdruckverfahren.

Die Verdampfer der Turbo-Kältemaschinen werden zusätzlich mit je einer selbsttätig arbeitenden Kugelreinigungsanlage sauber gehalten: Plastikkugeln werden zusammen mit Wasser in einem Reinigungskreislauf durch die Verdampferrohre geführt und entfernen so den aufgebauten Belag.



Erfahrungen

Die Energiezentrale wurde im Herbst 1990 in Betrieb genommen. Bis zum Endausbau des Hauptbahnhofs werden nur rund 50 % der installierten Leistung benötigt.

Problemlose Kältemaschinen: Die Betriebserfahrungen mit den Turbo-Kältemaschinen sind gut: Sie arbeiten zuverlässig und mit hohen Kälteziffern.

Anspruchsvolle Wärmepumpe: Die komplexe Einbindung der Wärmepumpe mit ihren vier Kolbenkompressoren, den vier Kondensatoren und dem Doppelverdampfer hat vor allem zu Beginn des Betriebs etliche Probleme aufgeworfen. Viele Störungen traten im Zusammenhang mit dem Kältemittel R500 und der elektronischen Einspritzung auf. Heute sind diese Probleme jedoch behoben. Ein Manipulationsfehler im Januar 1993 führte zu Leckagen im Verdampfer wegen Vereisung.

Kosten

Die Kosten für Kälteerzeugung, Wärmepumpenanlage, Limmatwasserfassung und -rückgabe, jedoch ohne Elektroinstallationen, beliefen sich auf rund 3,5 Mio. Franken. Die Mehrkosten, die durch die Wahl einer Wärmepumpe angefallen sind, betragen 600 000 Franken. Sie sollten innerhalb der Lebensdauer der Wärmepumpe (15 Jahre) amortisiert werden können.

Messresultate

Die Anlage wurde mit Kälte-, Wärme-, Strom- und Betriebsstundenzählern ausgerüstet. Die hier präsentierten Messresultate beziehen sich auf die Periode Mai 1991 bis April 1992.

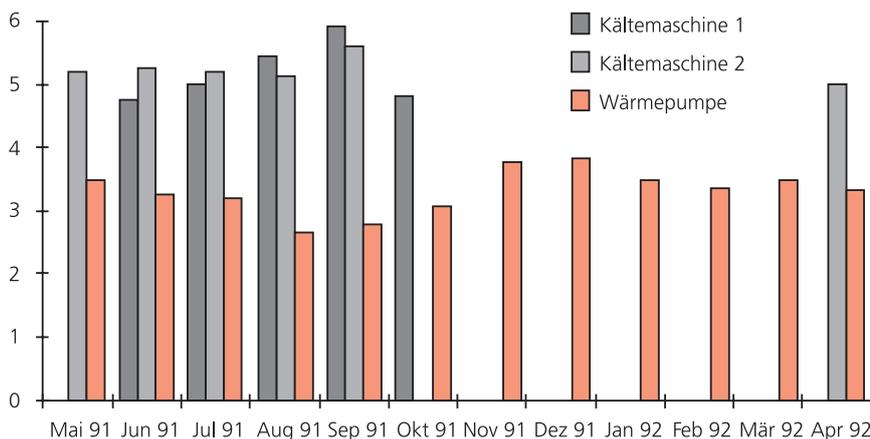
Kältemaschinen: Die Turbo-Kältemaschinen arbeiten vor allem im Sommer, wenn sie zur Deckung des grossen Kältebedarfs benötigt werden. Die monatlichen Kälteziffern bewegen sich dann zwischen 4,3 und 5,9 (Säulendiagramm). Die Jahreskälteziffern liegen bei 5,4 (Maschine 1) und 5,2 (Maschine 2). Massgebend für diese guten Werte sind einerseits die niedrigen Kondensationstemperaturen, welche durch das kühle Limmatwasser ermöglicht werden, und andererseits die auf optimale Arbeitspunkte der Maschinen ausgelegte Anlagensteuerung.

Daten

Kälteleistung total	3 115 kW
2 Turbo-Kältemaschinen (R22)	
je max.	1 300 kW
1 Kolben-Kältemaschine/ Wärmepumpe mit vier Kompressoren (R500)	
• Kälteleistung max.	515 kW
• Heizleistung max.	750 kW
Kaltwassertemperaturen	6/12 °C
Heizwassertemperaturen	55/45 °C
Speicherinhalt Kaltwasser total	45 m ³
Speicherinhalt Heizwasser total	20 m ³
Rückkühlung mit Limmatwasser	
Inbetriebnahme Herbst 1990	

Wärmepumpe: Die Wärmepumpe wird so eingesetzt, dass sie in der Übergangszeit möglichst den ganzen Kältebedarf allein decken kann. Ganzjährig gibt sie rund 632 700 kWh Kälte und 744 800 kWh Wärme an die Speicher ab. 307 500 kWh müssen – mangels Bedarfs im Winter – als ungenutzte Kälteenergie durch das Limmatwasser weggekühlt werden. Auch die Wärmepumpe weist mit 3,35 eine gute Jahresnutzungsziffer auf. Die tiefsten Nutzungsziffern (2,7) treten im Sommer auf, wenn praktisch kein Wärmebedarf vorhanden ist und die Kälte vor allem durch die Turbo-Maschinen bereitgestellt wird. Im Winter werden dagegen Nutzungsziffern von knapp 4 erreicht.

Gesamtanlage: Die Jahresnutzungsziffer der Gesamtanlage (Turbo-Kältemaschinen und Wärmepumpe) liegt bei 4,0. Es bleibt zu hoffen, dass dieser gute Wert durch andauernde optimale Betriebsüberwachung auch in der Zukunft erreicht werden wird.



Monatliche Kälte- und Nutzungsziffern.

Bauherrschaft

Als grösster Umsteigebahnhof im Konzept Bahn 2000 der SBB ist der Zürcher Hauptbahnhof Drehscheibe des öffentlichen Verkehrs. Durchschnittlich werden pro Tag 1400 Züge mit 250 000 ein- oder aussteigenden Reisenden abgefertigt. Neben dem Bahnbetrieb ist der Hauptbahnhof Zürich mit im Endausbau rund 100 Geschäften und einer Gesamtfläche von 150 000 m² zu einem modernen Dienstleistungszentrum geworden.

Die SBB haben schon früher im Rahmen des Kredits für Pilot- und Demonstrationsanlagen im Energiebereich des Bundes alternative Energieanlagen verwirklicht. Heute sind die SBB-Aktivitäten in das EnergieSchweiz-Programm des Bundes eingebettet.

Weitere Anlagen: Weitere kombinierte Kälte- und Heizungsanlagen haben die SBB zum Beispiel für die Stellwerke Luzern und Chiasso sowie im Bahnhof Zürich-Stadelhofen und in der Betriebsleitzentrale Zürich realisiert.

Pilot- und Demonstrationsanlagen

Unter der Bezeichnung Pilot- und Demonstrationsprojekte zahlen Bund und einige Kantone Beiträge an Lösungen, die Energien besonders rationell verwenden, erneuerbare Energien nutzen oder die Luftqualität verbessern. Die förderungswürdigen Vorhaben müssen Erfolg versprechend und neu sein sowie relevante Resultate erwarten lassen. Typische Projekte sind:

- Innovative Gebäudewärmedämmung und Wärmerückgewinnung
- Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Biomasse, Sonnenwärme, Fotovoltaik, Geothermie)
- Systeme zur rationellen Energienutzung (Wärmepumpen, Wärmekraftkopplung)
- Schadstoffarme Wärmeerzeugung (aus Altholz, Biogas, Kehrlicht)
- Emissionsarme Individualverkehrsmittel
- Ausbildung, Aufklärung und Informationsverbesserung

Gesuche sind an die Energiefachstelle des Standortkantons (oder an das Bundesamt für Energie BFE) zu richten.

Beteiligte

Betreiber der Anlage

Schweizerische Bundesbahnen,
Immobilien, Technische Bewirtschaftung
8023 Zürich, Tel. 0512 22 27 14

Bauherrschafts-Vertreter

Baudirektion SBB, Anlagemanagement SBB
Schanzenstrasse 5, 3000 Bern 65
Tel. 0512 20 22 72, Fax 0512 20 28 76

Ingenieurbüro

Polke, Ziege, von Moos AG,
Zollikerstrasse 6, 8008 Zürich,
Tel. 01 421 19 19

Unternehmer

Klima AG, Hochhaus 7
8957 Spreitenbach, Tel. 056 418 60 00

EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch