

# Absorptionskälteanlage nutzt Fernwärme und solare Niedertemperaturquellen



In diesem Forschungsprojekt wurde eine Absorptionskälteanlage mit 50 kW Kälteleistung entwickelt und im Betrieb optimiert. Begleitend wurden die Nutzungsmöglichkeiten von Heizungsnetzen als Kühlnetze untersucht. Das Funktionsmuster einer 160 kW-Anlage soll im Sommer 2012 erprobt und beide Anlagentypen für den Marktzugang vorbereitet werden. Künftige Anwender werden unter anderem Stadtwerke, Versorger, Wohnungsbaugesellschaften, Planer sowie Energiedienstleister sein.



Prototyp der 50 kW-Absorptionskälteanlage  
© TU Berlin

## Projektsteckbrief

<b>Projektstatus</b>	<div style="display: inline-block; width: 100px; height: 10px; background-color: #f4a460; border: 1px solid #ccc;"></div> Realisierung
<b>Standort</b>	Marchstraße 18, 10587 Berlin
<b>Projektfahrplan</b>	Bislang wurde im Zuge der Forschungsarbeiten eine Absorptionskälteanlage mit 50 kW Kälteleistung entwickelt und im Betrieb weitestgehend optimiert. Begleitend wurden die Nutzungsmöglichkeiten von Heizungsnetzen als Kühlnetze untersucht. Zu Demonstrationszwecken wurden verschiedene Liegenschaften mit einem entsprechenden System ausgestattet. Aktuell wird ein 160 kW-Funktionsmuster entwickelt, das im Herbst/Winter 2011 bei der TU Berlin auf den Teststand kommen soll und im Sommer 2012 in Liegenschaften demonstriert wird. Eine gemeinsame Überarbeitung der 50kW- und 160 kW-Funktionsmuster zum Abschluss des Projekts wird die Anlagen für den Marktzugang vorbereiten.
<b>Träger</b>	TU Berlin, ZAE Bayern, Vattenfall Europe Wärme AG
<b>Projektthemen</b>	Neubau, Sanierung, Wohnungsbau, Dezentrale Lösungen, Kraft-Wärme-Kopplung, Lokale Wärme- und Kältenetze

## Projektbeschreibung

### Einleitung

Vattenfall Europe Wärme zählt zu den künftigen Anwendern hocheffizienter Kälteerzeugung aus Fernwärme; die Technischen Universität Berlin ist Know-how-Träger und Entwickler im Bereich der thermisch angetriebenen Kältetechnik. Beide Partner entwickeln und erproben zusammen in diesem Forschungsprojekt neue thermische Kälteerzeugungssysteme. Aufbauend auf dem Stand der Technik nutzt die Universität die aktuellsten Erkenntnisse der Systemtechnik und des hydraulischen Aufbaus, um mit Hilfe einer Kälteerzeugungsanlage - bestehend aus Absorptionskälteanlage und Rückkühlwerk sowie einer gemeinsamen Regelungsstrategie - ein System zu schaffen, das eine Halbierung bis Drittelung der investitionsbezogenen Kältegestehungskosten und eine Verdopplung der elektrischen Effizienz gegenüber dem Stand der Technik erreicht. Wesentlicher Baustein des Projekts ist die Neuentwicklung von Absorptionskälteanlagen im Leistungsbereich von 50-320 kW in teilmodularer Bauweise. Sie soll bei minimalen Kosten die Integration in innerstädtische Gebäudestrukturen erlauben. Die Demonstrationsanlagen lassen sich auch im realen Anwendungsfeld optimieren und können so das hohe Potenzial dieser Technik unter Beweis stellen.

### Projekt

Wurde die Klimatisierung in früheren Jahren häufig nur als Erhöhung des Komforts, oft aber als überflüssig betrachtet, so kommt sie heute im gewerblichen Bereich wegen steigender Arbeitsschutzanforderungen und neuen Baukonzepten mit lichtdurchlässiger Fassadengestaltung immer häufiger zur Anwendung. Im Gastgewerbe gelten klimatisierte Veranstaltungsräume und Gaststätten gerade in warmen Sommern teilweise

bereits als unerlässlich für eine funktionierende Bewirtschaftung.

Den wachsenden Kältebedarf zu decken, erfordert vor dem Hintergrund der Klimaschutzverpflichtungen und der hohen Abhängigkeit der EU von Energieimporten neue energiesparende Technologien. Ein wesentliches Element hierbei stellt die Absorptionskühlung auf Basis von Solarthermie und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) dar. Mit dem Einsatz dieser Systeme wird die weitere Ausbreitung kompressionsgestützter Systeme vermieden und ggf. bestehende Systeme ersetzt. Hinzu kommen die Reduktion des Strom- und Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zusätzlich erhöht sich mit dem Absatz von Kälte unter Verwendung von Fernwärme als Energieträger die KWK-Stromerzeugung im Sommer. Sie verdrängt damit weniger energieeffiziente Stromerzeugung vom Markt und leistet einen zusätzlichen Beitrag zur Energieeinsparung und Emissionsminderung.

In dem 2008 gestarteten Projekt werden Absorptionskälteanlagen im Leistungsbereich von 50-320 kW in teilmodularer Bauweise mit dem Ziel der Produktionskostensenkung bei gleichzeitig hoher thermischer und elektrischer Betriebseffizienz entwickelt. Diese Anlagen werden durch die TU Berlin und ZAE Bayern entwickelt, an der TU vermessen und durch den Energieversorger Vattenfall Europe Wärme im Feld erprobt. Projektbegleitend werden die Einbringung und Verteilung von Kälte im Gebäude über das vorhandene Heizungsverteilsystem konzipiert und getestet.

#### **Realisierung**

In 2009 wurde das Fertigungsmuster einer Anlage mit 50 kW Kälteleistung konzipiert und entwickelt, Anfang 2010 von einem industriellen Zulieferer gefertigt und seit April 2010 in der TU Berlin zur Effizienz- und Prozessbeurteilung vermessen. Seit 2010 wurden so in ca. 5.000 Betriebsstunden vielfältige Erfahrungen gesammelt.

Die neue Kälteerzeugungsanlage weist eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Einsatzes in Fernwärme-Versorgungsstrukturen auf. Über ein Temperaturbereich von 60°C bis über 100°C kann die Anlage mit stark variierenden Volumenströmen betrieben werden. Einerseits geben unterschiedliche Fernwärmenetze konkrete Randbedingungen bezüglich Temperaturniveau und verfügbarem Volumenstrom vor, die mit der Anlage allesamt erreichbar sind. Andererseits kann dieses Wissen insbesondere auch in Teillast zu einer Optimierung der Rücklauftemperatur ins Fernwärme-Netz eingesetzt werden. Prinzipiell ist ein Anlagenbetrieb sogar noch bei einer sehr niedrigen Eintrittstemperatur (bis 60°C) realisierbar. Über den gesamten Lastbereich lässt sich mit einer Reduzierung des Volumenstroms von 0,9 l/s auf 0,6 l/s bei einer Reduktion der Kälteleistung um lediglich 10% die Spreizung der Antriebstemperatur um 35% erhöhen. Anders als bei heutigem Stand der Technik, bei dem die Leistungsregelung einer Absorptionskälteanlage mit variabler Eintrittstemperatur des Antriebs vorgenommen wird, kann hier mit konstanter Spreizung und variablem Volumenstrom das Leistungsband zwischen 50 und 10 kW angefahren werden. So erschließt sich ein neues Potenzial vor allem in der Kopplung zwischen Motor-BHKW und Absorptionskälteanlage. Im solaren Betrieb kann die Kälteanlage auch bei niedriger Einstrahlung über die Volumenstromvariation in Betrieb gehalten und dadurch die solare Deckung vergrößert werden.

Die Kälteleistung der Anlage ist wie bei allen Kälteanlagen anti-proportional abhängig von der Rückkühlungstemperatur. Durch konsequente Vermeidung von Wärmebrücken auf der Prozessseite und ein neuartiges Wärmeübertrager-Layout erzielt die Anlage sehr gute Wärmeverhältnisse (COP) auch bei hohen Rückkühltemperaturen von bis zu 45°C. Bisher galten rund 40°C als oberer Grenzwert für den Betrieb. Die Erweiterung dieser Grenze in Verbindung mit dem durchgängig höheren COP ermöglicht nun auch in Mittel- und Nordeuropa den Einsatz von trockenen Rückkühlwerken.

Die Entwicklung hin zu geregelten Pumpen in der Gebäudetechnik ermöglicht heute auch im Betrieb thermisch angetriebener Kälteanlagen, wesentliche Reduktionspotenziale in den Nebenstromverbräuchen zu erschließen - vor allem in den überwiegenden Betriebsstunden im Teillastbetrieb. Dafür ist es wichtig, dass die Kälteanlagen ein stabiles Regelverhalten in Abhängigkeit von Änderungen der Volumenstrom aufweisen und über einen breiten Volumenstrombereich ein stabiles Anlagenverhalten zulassen.

Bild 6 stellt den Zusammenhang zwischen Kühlwassertemperatur/-volumenstrom und der resultierenden Kälteleistung dar. Absorber und Kondensator der neuen Anlage lassen in serieller Durchströmung Teillastvolumenströme bis ca. 20% des Nennvolumenstroms bei annähernd gleichbleibender Betriebsgüte zu. Die Kälteleistung erreicht bei ca. 25% des Volumenstroms bei konstanter Kühlwassereintrittstemperatur noch immer ca. 60% der Basisleistung. Gleichzeitig reduzieren sich aber die hydraulischen Aufwendungen im Rückkühlkreis um 98%! Dies ist die Grundlage für neue effiziente Regelungsstrategien, um bei einer vorgegebenen Kühllast, Antriebswärme und Nebenverbräuche auch nach den Zielen von Morgen optimieren zu können.

#### **Evaluierung**

Motiviert durch die schnelle Inbetriebnahme und die guten Ergebnisse im Teststand wurde im April 2010

entschieden, noch im gleichen Sommer eine Liegenschaft mit der 50 kW-Anlage auszustatten. Ausgewählt wurde ein Bürogebäude der Vattenfall Wärme AG in Berlin-Lichtenberg. Standortbedingt liegen im Sommer ca. 75-80°C Fernwärme-Vorlauftemperatur an. Die Liegenschaft hat einen Spitzenbedarf von ca. 42 kW Kälte. Für die Rückkühlung wurde die Kälteerzeugungsanlage mit einem Tischkühlgerät mit 102 kW Nennleistung bei Auslegungsbedingungen konzipiert. Seit Juni 2011 ist die Anlage kontinuierlich in Betrieb.

Die neue Kälteerzeugungsanlage kann die Investitionskosten in dieser Leistungsklasse erheblich senken. Ziel sind im Leistungsbereich von 50-320 kW Anlagen mit Investitionskosten von 200-240€/kW. Hierfür wird aktuell an TU Berlin und ZAE Bayern eine neue 160 kW-Anlage entwickelt. Ein Prototyp dieser Anlage soll im November 2011 in der TU Berlin auf den Teststand kommen.

#### Energetische Kenndaten

Die Tabelle zeigt eine Übersicht charakteristischer Kenndaten marktverfügbarer Absorptionskälteanlagen (vorher) und den aktuellen Entwicklungsstand (nachher) im Projekt. Die Marktanalyse stützt sich auf die Auswertung von acht Anlagen fünf unterschiedlicher Hersteller im Leistungssegment zwischen 40 und 200 kW. Die mittleren Jahresarbeitszahlen SEER (seasonal energy efficiency ratio) für die elektrischen und thermischen Aufwendungen beziehen sich auf aktuelle Best Practice-Umsetzungen. Mittelwerte umgesetzter Systeme fallen heute in aller Regel wesentlich niedriger aus. Die elektrischen Aufwendungen berücksichtigen sämtliche notwendigen Komponenten der Kälteerzeugungsanlage, inkl. RKW, MSR und hydraulischer Versorgung.

#### Kenndaten Energie

	vorher	Potenzial	nachher	Einheit
<b>Minimale Antriebstemperatur</b>	75,00	50,00	55,00	°C
<b>Maximale Abwärmtemperatur (Anlageneintritt)</b>	40,00		46,00	°C
<b>Volumetrische Leistungsdichte</b>	24,00		44,00	kW Kälte / m <sup>3</sup>
<b>COP nominal</b>	0,70	0,80	0,78	kW Kälte / kW Wärme
<b>SEER thermisch</b>	0,65		0,78	kWh Kälte / kWh Wärme
<b>SEER elektrisch</b>	12,00		20,00	kWh Kälte / kWh Strom