



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ



STADTWERKE
CHEMNITZ AG

Pilotprojekt zur Optimierung von großen Versorgungssystemen auf Basis der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mittels Kältespeicherung

Thorsten Urbaneck, Bernd Platzer, Ulrich Schirmer
Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Technische Thermodynamik

Ulf Uhlig, Thomas Göschel, Gunter Baumgart, Gunter Fiedler, Dieter Zimmermann,
Falk Wittchen, Veit Schönfelder
Stadtwerke Chemnitz AG
Abteilung Betrieb Rohrnetze

2005 – 2009

Forschungszentrum Jülich
Projekträger Jülich (PTJ)

Projekträger des
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

Förderkennzeichen 0327357B/C

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 0327357B/C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes liegt bei den Autoren.

Kurzreferat

In einem Vorprojekt wurde die Machbarkeit der Kältespeicherung untersucht und positiv bewertet. Obwohl in der Bundesrepublik Deutschland bis 2007 noch kein großtechnischer Kurzzeit-Kältespeicher existierte, haben die Stadtwerke Chemnitz AG einen Speicher erfolgreich errichtet. Seit 2007 ist dieser Kaltwasserspeicher in Betrieb. Die Professur Technische Thermodynamik der TU Chemnitz übernahm bei diesem Verbundforschungsvorhaben die Begleitforschung (Forschung, Entwicklung, Beratung, Überwachung).

Es wurde demonstriert, dass große Kältespeicher energetische, ökologische und ökonomische Vorteile bewirken können. Diese Vorteile kann man nutzen, um die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zu stärken. Neben dem höheren Einsatz von Abwärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung, ist die Reduktion des Elektroenergiebedarfs und die Begrenzung von Lastspitzen von besonderer energiewirtschaftlicher Bedeutung. Folgeprojekte in Deutschland zeigen die Akzeptanz dieser Technik.

Dieser Bericht liefert eine Beschreibung des Systems und die Ergebnisse des Verbundvorhabens. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Auswertung des Betriebs von 2007 bis 2009. Das zugrunde liegende Monitoringprogramm lieferte hierfür die entsprechenden Messwerte.

Schlagwörter: Kältespeicher, Kaltwasserspeicher, thermischer Energiespeicher, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, Absorptionskältemaschinen, Fernkälte, Betrieb, Wetter, Lastverhalten, Energieverbrauch, Wasserverbrauch, Monitoring, Kennzahlen

Titel: Pilotprojekt zur Optimierung von großen Versorgungssystemen auf Basis der Kraft-Wärme-Kältekopplung mittels Kältespeicherung

Dokumententyp: Forschungsbericht; 83 Seiten, 94 Abbildungen, 19 Tabellen

Autoren: Thorsten Urbaneck, Bernd Platzler, Ulrich Schirmer, Ulf Uhlig, Thomas Göschel, Gunter Baumgart, Gunter Fiedler, Dieter Zimmermann, Falk Wittchen, Veit Schönfelder

Herausgeber: Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Professur Technische Thermodynamik, Stadtwerke Chemnitz AG

Erscheinungsjahr: 2010

ISBN-10: 3-9811424-4-6

ISBN-13: 987-3-9811424-4-0

Open Access: <http://archiv.tu-chemnitz.de>

Rechte: Alle Rechte an dieser Publikation sind den Autoren vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	iv
Vorwort	v
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Ansatz	1
1.2 Allgemeine Ziele.....	1
1.3 Technische und wissenschaftliche Ziele	1
1.4 Darstellung der Ergebnisse	2
1.5 Projektablauf	3
2 Aufbau und Funktion	3
2.1 Fernkältesystem.....	3
2.2 Kaltwasserspeicher	7
3 Betrieb und Monitoring	11
3.1 Allgemeine Erläuterungen	11
3.2 Wetter und Lastverhalten	11
3.3 Bilanz der Kaltwasserversorgung	22
3.4 Einsatz und Betrieb der Kältemaschinen	24
3.5 Einsatz und Betrieb des Speichers.....	29
3.6 Verteilung der Last und der Leistungen.....	34
3.7 Aufwand zur Kälteerzeugung	36
3.8 Auswirkungen auf vorgelagerte Versorgungssysteme	37
3.9 Systemverhalten von Netz, Kältemaschinen, Speicher.....	42
3.10 Wärmeverhältnisse der Absorptionskältemaschinen	50
3.11 Hoch- und Niedertarifnutzung.....	57
4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	59
Quellen	61
Vorträge	64
A Wetter und Kältelasten	66
A.1 Auswertung 2008	66
A.2 Auswertung 2009	70
B Darstellung von Potenzialen	73
B.1 Auswertung 2008	74
B.2 Auswertung 2009	76

Symbolverzeichnis

COP	Coefficient of Performance	[-]
G_{bef}	Grammstunden zur Luftbefeuchtung	[gh/kg]
G_{entf}	Grammstunden zur Luftentfeuchtung	[gh/kg]
G_H	Gradstunden zur Beheizung	[Kh]
G_K	Gradstunden zur Kühlung	[Kh]
P_{el}	elektrische Leistung	[kW]
\dot{Q}	Wärmestrom, thermische Leistung	[kW]
T	Temperatur	[°C]
t	Zeit	[h]
X	Wasserdampfbeladung	[g/kg]

Abkürzungen

AbKM	Absorptionskältemaschine
GFK	glasfaserverstärkter Kunststoff
Grenz	Grenzwert
KM	Kältemaschine
KoKM	Kompressionskältemaschine
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
L	Luft
therm	thermisch
Umg	Umgebung, außen

Vorwort

Wir bedanken uns bei den zuständigen Bearbeitern im BMWi für die Förderung und das außerordentliche Interesse an unserem Verbundvorhaben. Besonderer Dank gilt auch dem Projektträger Jülich (PTJ) und Herrn Dr. V. Lottner, Herrn J. Gehrmann und Frau Dr. A. Wille für die wissenschaftliche Betreuung und das Projektmanagement.

Weiterhin war eine positive Zusammenarbeit mit vielen Kollegen auf nationaler und internationaler Ebene möglich. Das Projekt wurde im Annex 20 „Sustainable Cooling with Thermal Energy Storage“ der Internationalen Energieagentur (IEA) im Bereich Energy Conversation through Energy Storage (ECES) vorgestellt. Der Informationsaustausch half einerseits für ein schnelles Gelingen und andererseits konnte ein internationaler Vergleich durchgeführt werden. Das Konzept einer verbesserten Abwärmenutzung zur Kältebereitstellung stieß international und national auf ein hohes Interesse.

Für die kooperative Zusammenarbeit und exzellente Ausführungsplanung mit dem Ingenieurbüro AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH bedanken wir uns. Hervorzuheben ist die außerordentliche Kompetenz und der Erfahrungsschatz von Herrn Dr. E. Thümmler.

Auch das Engagement der Fa. Siemens Building Technologies GmbH & Co. oHG war eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg. In frühen Phasen waren Herr W. Ulbricht und Herr H. Reichel am MSR-Konzept beteiligt. Dem hohen Interesse und dem fachlichen Können von Herrn J. Keckstein und Herrn R. Kammler verdanken wir die gute Funktion der MSR- und Leittechnik.

In der Bauphase haben vor allem die Firmen RAC-Rohrleitungsbau Altchemnitz GmbH (Generalunternehmer), RAC Service GmbH (Stahlbau), Farmatic Anlagenbau GmbH (Behälterbau) konstruktiv mitgewirkt. Wir bedanken uns bei Herrn M. Rottmann, Herrn W. Seidel, Herrn A. Pohl, Herrn J. Schulze, Herrn R. Gläser, Herrn R. Beyer und allen weiteren Mitwirkenden, die unsere Pläne mit Begeisterung umgesetzt haben.

Weiterhin bedanken wir uns beim Betriebspersonal der Stadtwerke Chemnitz AG, die die Anlage sehr gut pflegen und bei den vielen Besuchen von Exkursionsgruppen auf Hochglanz gebracht haben.

Wir haben im Verlauf des Projektes versucht, die umfangreichen Ergebnisse zeitnah zu veröffentlichen, um das Wissen und die Erfahrungen den Spezialisten zur Verfügung zu stellen. Dieser Abschlussbericht soll die vorangegangenen Publikationen abrunden und vor allem die Betriebsergebnisse zeigen. Die Projektergebnisse sollen dazu beitragen, dass in den nächsten Jahren diese Technik eine weitere Verbreitung findet. In diesem Zusammenhang wird noch auf das BINE Informationspaket „Kühlen und Klimatisieren mit Wärme“ hingewiesen. Die Publikation des Fachinformationszentrums Karlsruhe entstand im Rahmen dieses Projektes in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg. Das Buch gibt einen Überblick zu allen Technologien von thermisch angetriebenen Kältemaschinen und Anlagenlösungen. An dieser Stelle bedanken wir uns für die angenehme Zusammenarbeit mit Herrn Dr. F. Meyer.

Im Februar 2010

*Thorsten Urbaneck, Bernd Platzer, Ulrich Schirmer, Ulf Uhlig, Thomas Göschel,
Gunter Baumgart, Gunter Fiedler, Dieter Zimmermann, Falk Wittchen, Veit Schönfelder*