

Carsten Laue

**Optimierung des ökologischen und
ökonomischen Aufwandes der
Kälteerzeugung zur Gebäudeklimatisierung**

Magisterarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2006 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783836603928

Carsten Laue

**Optimierung des ökologischen und ökonomischen
Aufwandes der Kälteerzeugung zur Gebäudeklimatisie-
rung**

Carsten Laue

Optimierung des ökologischen und ökonomischen Aufwands der Kälteerzeugung zur Gebäudeklimatisierung

Magisterarbeit
Universität Koblenz-Landau, Abt. Koblenz
Fachbereich 3 Mathematik / Naturwissenschaften
Studiengang Energiemanagement
Dezember 2006



Diplomica GmbH ———
Hermannstal 119k ———
22119 Hamburg ———

Fon: 040 / 655 99 20 ———
Fax: 040 / 655 99 222 ———

agentur@diplom.de ———
www.diplom.de ———

Carsten Laue

Optimierung des ökologischen und ökonomischen Aufwandes der Kälteerzeugung zur Gebäudeklimatisierung

ISBN: 978-3-8366-0392-8

Druck Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2007

Zugl. Universität Koblenz-Landau, Abt. Koblenz, Koblenz, Deutschland, Magisterarbeit, 2006

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2007

Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Diagrammverzeichnis	8
Verzeichnis der Formelzeichen	9
1. Vorwort	11
2. Abstract	12
3. Einleitung	14
4. Grundlagen	17
4.1. Zusammenhänge zwischen der Kälteerzeugung und dem TEWI-Wert	17
4.2. Effiziente Verfahren zur Gebäudeklimatisierung	18
4.3. Ermittlung des Energieverbrauches für die Kälteerzeugung	28
5. Berechnungsalgorithmen	31
5.1. TEWI- Wert	31
5.1.1. Berechnungsalgorithmus	31
5.1.2. Beispielrechnungen	34
5.2. Kostenermittlung nach VDI 6025	39
5.2.1. Übersicht über die Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung	39
5.2.2. Zahlungsarten	41
5.2.3. Berechnungsalgorithmus Kapitalwert	44

6.	Beispielrechnung	56
6.1.	Anlagenbeschreibung	56
6.1.1.	Anlagenbeschreibung Gebäude und Lüftungsanlage	56
6.1.2.	Variante 1 - Kältespeicherung im Sprinklertank	60
6.1.3.	Variante 2 - Luftgekühlte Kaltwassersätze	69
6.1.4.	Variante 3 - Wassergekühlte Kaltwassersätze	74
6.2.	Berechnung TEWI- Wert	77
6.2.1.	Variante 1 - Kältespeicherung im Sprinklertank	77
6.2.2.	Variante 2 - Luftgekühlte Kaltwassersätze	78
6.2.3.	Variante 3 - Wassergekühlte Kaltwassersätze	79
6.3.	Berechnung jährliche Gesamtkosten	80
6.3.1.	Variante 1 - Kältespeicherung im Sprinklertank	80
6.3.2.	Variante 2 - Lüftgekühlte Kaltwassersätze	84
6.3.3.	Variante 3 – Wassergekühlte Kaltwassersätze	88
7.	Bewertung der Resultate	92
8.	Perspektiven	100
9.	Quellenverzeichnis	104

Abbildungsverzeichnis		Seite
Bild 4.1.	Betriebszustände Klimagerät mit adiabater Verdunstungskühlung	20
Bild 4.2.	Betriebszustände Kaltwassersatz mit adiabater Verdunstungskühlung	22
Bild 4.3.	Funktion einer Absorptionskältemaschine	24
Bild 4.4.	Entwicklung der Absorptionskälte in Dresden	26
Bild 6.1.	Kälteschema Variante 1 – Kältespeicher im Sprinklertank	61
Bild 6.2.	Kälteschema Variante 2 – Luftgekühlte Kaltwassersätze	70
Bild 6.3.	Kälteschema Variante 3 – Wassergekühlte Kaltwassersätze	75

Tabellenverzeichnis		Seite
Tabelle 5.1.	Treibhauspotenzial verschiedener Kältemittel	32
Tabelle 5.2.	Zusammenfassung der TEWI-Werte für die Beispielrechnungen	36
Tabelle 5.3.	Leertabelle zur Kapitalwertberechnung	46
Tabelle 5.4.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 5,6 % Zinsen	49
Tabelle 5.5.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 9 % Zinsen	52
Tabelle 5.6.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 2 % Energiepreissteigerung	54
Tabelle 6.1.	Kälteleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur	57
Tabelle 6.2.	Temperaturverlauf und Kältebedarf für einen heiteren Tag im Mai in Chemnitz	59
Tabelle 6.3.	Benötigte Kälteleistung für Sommertage mit unterschiedlicher Bewölkung	65
Tabelle 6.4.	Leistungszahlen Kaltwassersatz Fa. Trane RTAC 185 HEN	66
Tabelle 6.5.	Benötigte Elektroenergie für die Kaltwassersätze Variante 1 im Nachttarif	67
Tabelle 6.6.	Benötigte Elektroenergie für die Kaltwassersätze Variante 1 im Tagtarif	68
Tabelle 6.7.	Elektrische Energie der Pumpen im Speicherentlade- und Verbraucherkreis gemäß Hersteller	69
Tabelle 6.8.	Benötigte Kälteleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für Tage in Sommermonaten mit unterschiedlicher Bewölkung für Variante 2	72
Tabelle 6.9.	Elektroenergieeinsatz der Pumpen Variante 2 im Verbraucherkreis	73
Tabelle 6.10.	Elektrische Energie der Kühlwasserpumpen Variante 3	76
Tabelle 6.11.	Berechnung Kapitalwert Variante 1	82
Tabelle 6.12.	Leistungspreise für die Kälteerzeugung Variante 2	85
Tabelle 6.13.	Berechnung Kapitalwert Variante 2	86
Tabelle 6.14.	Leistungspreise für die Kälteerzeugung Variante 3	88
Tabelle 6.15.	Berechnung Kapitalwert Variante 3	89

Tabelle 7.1.	Zusammenfassung der TEWI-Werte für die Varianten der Kälteerzeugung für das Einkaufszentrum	93
Tabelle 7.2.	Zusammenfassung der Kapitalwerte für die Kälteerzeugung bei verschiedenen Energiepreissteigerungen in Tausend €	97
Tabelle 8.1.	Leistungszahlen für einen luftgekühlten Kaltwassersatz bei verschiedenen Leistungen und Temperaturdifferenzen zwischen der mittleren Temperatur von Luftein- und Luftaustritt und der mittleren Kaltwassertemperatur	101

Diagrammverzeichnis

		Seite
Diagramm 5.1.	Ergebnisse der Beispielrechnung zum TEWI-Wert	38
Diagramm 5.2.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 5,6 % Zinsen	50
Diagramm 5.3.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 9 % Zinsen	53
Diagramm 5.4.	Beispielrechnung zum Kapitalwert mit 2 % Energiepreissteigerung	55
Diagramm 6.1.	Kälteleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur	58
Diagramm 6.2.	Leistungszahlen Kaltwassersatz Fabrikat Trane RTAC 185 HEN in Abhängigkeit von der Außen- temperatur	67
Diagramm 6.3.	Zusammensetzung Kapitalwert Variante 1	83
Diagramm 6.4.	Zusammensetzung Kapitalwert Variante 2	87
Diagramm 6.5.	Zusammensetzung Kapitalwert Variante 3	91
Diagramm 7.1.	Zusammenfassung der TEWI-Werte für die Varianten der Kälteerzeugung für das Einkaufszentrum	94
Diagramm 7.2.	Kapitalwerte für die Varianten bei unterschiedlichen Energiepreissteigerungen	96
Diagramm 8.1.	Leistungszahlen für einen luftgekühlten Kaltwassersatz bei verschiedenen Leistungen und Temperaturdifferenzen zwischen der mittleren Temperatur von Luftein- und Luftaustritt und der mittleren Kaltwassertemperatur	102