

Tobias Brunner

Untersuchung geeigneter
Regelungsstrategien für thermisch aktive
Decken in Bürogebäuden mit Hilfe der
Computersimulation und dem Ziel der
Nutzung von Umweltenergie

Diplomarbeit

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.

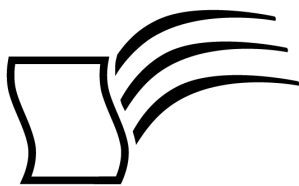
Copyright © 1999 Diplom.de
ISBN: 9783832417680

**Untersuchung geeigneter Regelungsstrategien für
thermisch aktive Decken in Bürogebäuden mit Hilfe der
Computersimulation und dem Ziel der Nutzung von
Umweltenergie**

Tobias Bendel

Untersuchung geeigneter Regelungs- strategien für thermisch aktive Decken in Bürogebäuden mit Hilfe der Computer- simulation und dem Ziel der Nutzung von Umweltenergie

Diplomarbeit
an der Fachhochschule Köln
März 1999 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 1768

Bendel, Tobias: Untersuchung geeigneter Regelungsstrategien für thermisch aktive Decken in Bürogebäuden mit Hilfe der Computersimulation und dem Ziel der Nutzung von Umweltenergie
/ Tobias Bendel - Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 1999
Zugl.: Köln, Fachhochschule, Diplom, 1999

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.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR
Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg 2000
Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Masterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der Diplomarbeiten Agentur

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey —
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —

Hermannstal 119 k —
22119 Hamburg —

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

agentur@diplom.de —
www.diplom.de —

1 Inhalt¹

1	Inhalt	3
2	Häufig verwendete Formelzeichen	4
3	Einleitung	5
3.1	Aktueller Stand in der Literatur	6
4	Aufgabe	10
5	Methode	11
5.1	Untersuchungsobjekt	11
5.2	Zu untersuchende Varianten	16
5.3	Neue Regelungsstrategie	21
5.4	Das Simulationsprogramm TRNSYS	24
5.5	Grundlagen der Rechenverfahren des Simulationsprogramms TRNSYS	26
5.6	Der Heizfall	35
5.7	Der Kühlfall	37
5.8	Langzeitbewertung thermischer Behaglichkeit	38
5.9	Erforderliche Pumpenantriebsleistung	39
6	Diskussion der Ergebnisse	41
6.1	Überprüfung der Raumtemperatur zum Zeitpunkt maximaler Kühllast	41
6.2	Gebäudekonstanten	43
6.3	Vergleich zwischen 6 und 9 cm Betonunterdeckung	44
6.4	Auswertung Modell Häuser	46
6.5	Getaktete Pumpenlaufzeiten (Varia01 und Varia01a)	53
6.6	Systemlaufzeit außerhalb der Nutzungszeit (Varia02)	58
6.7	Regelung der Vorlauftemperatur nach neuer Regelungsstrategie (Varia08)	63
6.8	Regelung nach einer mittleren Temperatur (Varia09)	65
6.9	Deckung des Kühlkältebedarfes allein über Grundwassernutzung (Varia07)	68
6.10	Einfluß durch Entfernen der Trittschalldämmung (Varia03)	71
6.11	System mit jahreszeitlich konstanter Vorlauftemperatur (Varia04)	74
6.12	Systemverhalten unter extremen Wetterbedingungen	76
7	Zusammenfassung und Ausblick	80
7.1	Weitere Fragestellungen	80
8	Literatur	83
9	Anhang	85

¹ Der Anhang mit Bildern ist nicht in der gedruckten Version aufgenommen, sondern liegt in Absprache mit den Prüfern und dem Prüfungsausschußvorsitzenden nur auf der beiliegenden CD Rom im Format Microsoft[™] Word[®] 97 und Microsoft[™] Excel[®] 97 vor.

2 Häufig verwendete Formelzeichen²

f_{sky}	Anteil der äußeren Oberfläche, die mit dem Himmel in direktem Strahlungsaustausch steht
$h_{conv,s,o}$	konvektiver Wärmeübergangskoeffizient an der äußeren Oberfläche
$q_{c,s,i}$	spezifischer konvektiver Wärmestrom von der inneren Oberfläche an die Luft innerhalb der Zone
$q_{c,s,o}$	spezifischer konvektiver Wärmestrom an die äußere Oberfläche
$q_{c,s,o}$	spezifischer konvektiver Wärmestrom in die Oberfläche
$q_{comb,s,o}$	spezifischer kombinierter konvektiver und radiativer Wärmestrom in die Oberfläche
$q_{r,s,i}$	spezifischer Strahlungswärmeaustausch mit allen anderen Oberflächen in der Zone
$q_{r,s,o}$	spezifischer radiativer Wärmestrom in die Oberfläche
$q_{r,s,o}$	spezifischer Strahlungswärmeaustausch mit Oberflächen außerhalb der Zone
$q_{s,i}$	spezifische Wärmeleitung an die innere Oberfläche
$q_{s,o}$	spezifische Wärmeleitung von der äußeren Oberfläche in die Wand
$S_{s,i}$	Strahlungswärme, die an der inneren Oberfläche absorbiert wird
$S_{s,o}$	Strahlungswärme, die an der äußeren Oberfläche absorbiert wird
$T_{a,s}$	Lufttemperatur außen
T_i	Lufttemperatur innerhalb der Zone
$T_{s,i}$	Oberflächentemperatur innen
$T_{s,o}$	Oberflächentemperatur außen
T_{sky}	fiktive Himmelstemperatur für den langwelligen Strahlungsaustausch
$\epsilon_{s,o}$	Emissionskoeffizient der äußeren Oberfläche
ϑ_L	Lufttemperatur
b_{VH}	Vollbenutzungsstunden
ϑ_{op}	empfundene Temperatur

² Hinweis zur Schreibweise : Die Formelzeichen für Temperaturen, die innerhalb der TRNSYS Umgebung verwendet werden, sind analog zum TRNSYS Handbuch als T mit Index geschrieben, während Formelzeichen für die übrigen Temperaturen als ϑ mit Index geschrieben werden.

3 Einleitung

Thermisch aktive Decken können als Sonderfall der bekannten Flächenheiz- und -kühlsysteme wie Fußbodenheizung und Kühldecke verstanden werden. Hauptkomponente sind wie dort in Decken, Böden oder Wänden eingebaute, wasserführende Rohrregister. Der Unterschied besteht jedoch darin, daß die Rohre nicht dicht unter der Oberfläche verlegt werden, sondern zwischen oberer und unterer Bewehrung in der Betonschicht. Dadurch wird die speichernde Masse des Gebäudes relativ gleichmäßig temperiert. Durch diese Speicherwirkung ist es möglich, tages- und jahreszeitlich auftretende Lastspitzen sowohl im Kühl- als auch zunehmend im Heizbetrieb zu dämpfen und einen Teil der anfallenden Lasten in der Gebäudemasse zu speichern. Die Einsatzmöglichkeit für den Heizbetrieb hängt aufgrund der niedrigen möglichen Wärmeabgabe der Bauteile eng mit der Wärmedämmung des Gebäudes zusammen, hier sind jedoch in Zukunft weitere Verbesserungen zu erwarten.

Die zwischengespeicherte Energie kann in Zeiten außerhalb der Betriebszeit unter Ausnutzung der energetisch günstigen Nachttemperaturen abgeführt werden.

Durch diese Dämpfung und Vergleichmäßigung der Lasten können gebäudetechnische Anlagen kleiner und energetisch günstiger ausgelegt werden.

Die Thermisch aktive Decke ist ein System zur Temperierung von Gebäuden mit relativ niedrigen Heiz- und Kühllasten und relativ konstanten inneren Lasten. Plötzliche Schwankungen von inneren und äußeren Klimaeinflüssen können nur sehr langsam ausgeglichen werden.

Das Problem der schwankenden äußerlichen Einflüsse läßt sich durch bauliche Maßnahmen weitgehend beheben. Hierzu zählen insbesondere ein guter Wärmeschutz sowie ein flexibler und schneller außenliegender Sonnenschutz.

Ob sich ein Gebäude für den Einsatz eines thermisch aktiven Bauteilsystems eignet, ist bereits im Vorfeld der Planung mit allen Beteiligten zu klären.

Es ist mit thermisch aktiven Bauteilen nicht möglich, einen definierten Raumzustand exakt einzuhalten, wohl jedoch eine gewisse Bandbreite, die im Normalfall den Anforderungen der meisten Benutzer über einen weiten Zeitraum des Jahres genügt. Auch bei höheren Anforderungen muß nicht auf den Einsatz der Bauteile verzichtet werden, da sich dann eine Grundlast durch das Bauteilsystem und die Spitzenlast durch ein zusätzliches, schnelles System abdecken läßt.

Durch die niedrigen Heiz- bzw. hohen Kühlmedientemperaturen eignen sich thermisch aktive Bauteilsysteme besonders für den Einsatz von Umweltenergie wie thermische Solarenergienutzung, Erdwärmespeicher, Grundwassernutzung, Wärmepumpentechnik, etc., aber auch für die Nutzung von Prozeßwärme.

3.1 Aktueller Stand in der Literatur

3.1.1 Allgemeines

Ungefähr Mitte der 80er Jahre begannen die Schweizer in verschiedenen Kantonen restriktive Energieeinsparungsgesetze zu erlassen. Es könne nicht länger hingenommen werden, daß neue Gebäude mit immer mehr Glaskonstruktionen gebaut würden, die nur noch durch den konzentrierten und energieintensiven Einsatz von Gebäudetechnik und hohen Luftwechselraten thermisch beherrschbar seien. MEIERHANS schildert hierzu in [17] die Entwicklung von einer rein restriktiven zu einer zielorientierten Gesetzgebung. Zum Beispiel dürfen nur noch 80% der notwendigen Heiz- und Kühlenergie durch herkömmliche Energieträger gedeckt werden, die restlichen 20% müssen entweder durch den Einsatz regenerativer Energien oder durch Einsparungen im Bereich der Gebäudewärmeverluste, also zum Beispiel durch Unterschreiten der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz erbracht werden.

Mit der Vorgabe, daß für die elektrischen Antriebe einer Klimaanlage nur noch 5 W je Quadratmeter beheizter Fläche verbraucht werden dürfen, konnte man keine Klimaanlagen im herkömmlichen Sinne mit 10-fachem Luftwechsel mehr bauen. Also mußte auch hier nach neuen Möglichkeiten gesucht werden.

Als Kontrast zu den bisherigen Power-Klimaanlagen bemühte man sich nun, Gebäude zu bauen, die ganz ohne Klimaanlage auskamen. Dazu wurden zunächst Sonnenschutzmaßnahmen und Wärmeschutz verstärkt, so daß das Gebäude vom Außenklima weiter entkoppelt wurde. Danach besann man sich auf die Speichermassen des Gebäudes und nutzte diese, um anfallende Lastspitzen zu puffern. Dafür mußten sämtliche Verkleidungen der Betonteile, wie zum Beispiel abgehängte Decken, entfernt werden.

3.1.2 Einsatzmöglichkeiten / -grenzen

Will man einen bestimmten Raumluftzustand zu jeder Tages- und Jahreszeit sicherstellen, ist das System der thermisch aktiven Bauteile allenfalls noch zur Deckung einer Grundlast einsetzbar.

Allerdings ist es in fast allen Anwendungsfällen für Bürogebäude nicht erforderlich, einen definierten Raumluftzustand exakt einzuhalten. Der Mensch fühlt sich in gewissen Grenzen von Temperatur und relativer Luftfeuchte wohl. Entschärft wird die Problematik auch durch eine geringe Änderungsgeschwindigkeit der empfundenen Temperatur. HENSEN (Thesis: „On the thermal interaction of building structure and heating and ventilation systems“ zitiert in [24]) hat nachgewiesen, daß eine Änderung der empfundenen Temperatur von 0,5 K/h als thermisch stationäre Bedingung empfunden wird.