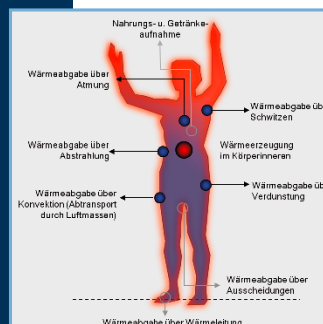


Peggy Freudenberg

# Entwicklung und Kalibrierung einer Planungsmethode für Nichtwohngebäude mit besonderen raumklimatischen Anforderungen



Peggy Freudenberg

**Entwicklung und Kalibrierung einer  
Planungsmethode für  
Nichtwohngebäude mit besonderen  
raumklimatischen Anforderungen**

Herausgeber:  
**Technische Universität Dresden**  
**Zentrum für Bauforschung – Institut für Bauklimatik**  
01062 Dresden  
Telefon +49 351 463 35259  
Telefax +49 351 463 32627  
URL [http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_architektur/ibk](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_architektur/ibk)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
[www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISSN: 2365-9084  
ISBN (Print): 978-3-8167-9594-0  
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9595-7

**DE 2239**  
Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2015

Herstellung: Gabriele Wicker  
Umschlaggestaltung: Martin Kjer  
Druck und Bindung: Mediendienstleistungen des  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© **Fraunhofer IRB Verlag**, 2016  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-2500  
Telefax +49 711 970-2508  
E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
URL [www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

Technische Universität Dresden

Dissertation

Entwicklung und Kalibrierung einer  
Planungsmethode für  
Nichtwohngebäude mit besonderen  
raumklimatischen Anforderungen

Abhandlung zur Erlangung der Würde eines Doktor- Ingenieurs (Dr.- Ing.)

Fakultät Architektur

Peggy Freudenberg, geboren am 29.04.1982 in Eisenhüttenstadt

25. November 2015



Gutachter

1. Gutachter

Prof. Dr.- Ing. John Grunewald, TU Dresden

2. Gutachter

Prof. Dr. techn. Ardeshir Mahdavi, TU Wien

Diese Dissertation wurde durch den Europäischen Sozialfonds und den Freistaat Sachsen mit einem Promotionsstipendium gefördert.

Europa fördert Sachsen.



SACHSEN



Until electricity comes from renewable sources of energy, air-conditioning should be reserved for special needs or extreme environments, rather than used to ameliorate the effects of poor climatic design of ordinary buildings.

(M. A. Humphreys, J.F. Nicol)



# Vorwort

Den Anlass für die in der vorliegenden Arbeit behandelte Problematik bot die Kooperation des Instituts für Bauklimatik (IBK) mit dem Universitätsklinikum Dresden (UKD), Geschäftsbereich Bau und Technik. In den UKD- Gebäuden jüngeren Baujahres kommt es während der Sommermonate immer wieder zu Beschwerden der Patienten und Mitarbeiter über die unerträgliche Hitzeentwicklung in den Patientenzimmern. Diese sind auf Grund der Vorgaben des Sächsischen Immobilien- und Baumanagements (SIB), welches für diese öffentlichen Bauvorhaben als Bauherr für den Freistaat Sachsen fungiert, als frei klimatisierte Bereiche, d.h. ohne Kühlung, ausgeführt. Diese Vorgabe ist angesichts der aktuellen Klimapolitik von Bund und Ländern berechtigt. Sie kann jedoch nur vor dem Hintergrund allgemeingültiger und sicherer Anforderungen an den baulichen Sommerlichen Wärmeschutz umgesetzt werden. Eben daran mangelt es. Der für die erwähnten Gebäude erbrachte und obligatorische DIN- Nachweis konnte die Überhitzung dieser Räume nicht prognostizieren. Alternative Verfahren existieren zwar, doch ist auch deren Aussagekraft nicht belegt. Die vorliegende Arbeit befasst sich einerseits mit der Bewertung dieser Verfahren und andererseits mit der Erstellung einer allgemeingültigen Methodik für die Bemessung dieser Gebäude mittels Simulationsrechnungen. Darüber hinaus werden den Planern von Klinikbauten Entwurfshinweise für die bauliche Ausbildung der Patientenzimmer zur Hand gegeben.

Die vorliegende Arbeit wurde über einen Zeitraum von etwa vier Jahren, 2009 bis 2013, erstellt. Sie wurde durch ein Promotionsstipendium des Europäischen Sozialfonds (ESF) von 2009 bis 2011 sowie Sachmittel und Hilfestellungen des Universitätsklinikums Dresden (Finanzierung und Errichtung der Klimamessstation Blasewitzer Straße sowie der Raumesstechnik) und des Labors am Institut für Bauklimatik (Aufbau, Testlauf und Wartung der Klimamessstation) sowie durch die Unterstützung des IBK selbst (Bereitstellung der Arbeitsmittel, inhaltliche Betreuung) ermöglicht.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.- Ing. John Grunewald (Leiter des IBK, Professur für Bauphysik, TUD), Herrn Prof.(em) Dr.- Ing. Jürgen Roloff (IBK), Herrn Dipl.- Ing. Frank Meissner (IBK, Labor) und Herrn Dipl.- Ing. Holger Langer (UKD). Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. techn. Ardeshir Mahdavi (Professur für Bauphysik und Bauökologie, Technische Universität Wien) herzlich für das Interesse an der Arbeit und die Bereitschaft zur Zweitbegutachtung der Arbeit danken.

Darüber hinaus gilt mein besonderer Dank meiner Familie und meinen Kollegen für ihre tatkräftige Unterstützung und ihre herzlichen und wohlwollenden Anregungen.

# Notation

Symbol	Bedeutung	Einheit
$A_{Body}$	Hautoberfläche des menschlichen Körpers	$m^2$
$A_{DuBois}$	Effektive Abstrahlungsoberfläche des menschlichen Körpers	$m^2$
$A_{Base}$	Netto- Grundfläche eines Raumes	$m^2$
$A_{Env}$	An die Außenluft grenzende Netto- Hüllfläche eines Raumes	$m^2$
$A_{NZ}$	An eine anders temperierte Nachbarzone grenzende Netto- Hüllfläche eines Raumes	$m^2$
$A_{Win}$	Brutto- Fensterfläche eines Raumes (Rohbaufläche)	$m^2$
$c_{Body}$	Mittlere spezifische Wärmespeicherkapazität des menschlichen Körpers	$\frac{J}{kgK}$
$c_{Blood}$	Mittlere spezifische Wärmespeicherkapazität des menschlichen Körpers	$\frac{J}{kgK}$
$c_{Air}$	Mittlere spezifische Wärmespeicherkapazität der Raumluft	$\frac{J}{kgK}$
$C_{Zone}$	Wärmespeicherkapazität aller thermischen Speichermassen einer Zone	$\frac{J}{K}$
$DH_{\theta_{Max}}$	Summe aus dem Produkt von Stundenanzahl und Überschreitungsbetrag der Lufttemperatur oberhalb einer Grenztemperatur $\theta_{Max}$	$Kh$
$DT_{ISO15251}$	Relative Unter- bzw. Überschreitungszeit der vereinfachten Komfortkriterien nach ISO 15251 für Gebäudekategorie I (relative Luftfeuchte 30 bis 50 %, Raumlufttemperatur 20 bis 26°C)	%
$E_A$	Beleuchtungsstärke im Außenraum	$Lux$
$E_V$	Beleuchtungsstärke im Innenraum	$Lux$
$f_{clo}$	Anteil der bekleideten an der gesamten Körperoberfläche	[-]

$f_{Fra}$	Durch Rahmen, Stock und Sprossen eingenommener Anteil der Brutto- Fensterfläche eines Raumes	[-]
$f_{Sha}$	Durch das Verschattungssystem verdeckter Anteil der Brutto- Fensterfläche eines Raumes	[-]
$g_{Gla}$	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung, d.h. Anteil der über transparente Flächen über Transmission und langwellige Abstrahlung in den Raum gelangenden Solarstrahlung	[-]
$h_{Conv}$	Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient einer Oberfläche	$\frac{W}{m^2K}$
$h_{Rad}$	Radiativer Wärmeübergangskoeffizient einer Oberfläche	$\frac{W}{m^2K}$
$H_{Tra}$	Transmissions- Verlustkoeffizient eines Raumes	$\frac{W}{K}$
$H_{Ven}$	Lüftungs- Verlustkoeffizient eines Raumes	$\frac{W}{K}$
$I_{clo}$	Mittlerer Wärmedurchlasswiderstand der Bekleidung	$\frac{W}{m^2K}$
$KS$	Kombinierter Wärmeübertragungskennwerte zwischen Körperkern und Körperhülle	$\frac{W}{K}$
$L_{Body}$	Ergebnis der stationären Wärmebilanz des menschlichen Körpers (Fanger)	$W$
$L_{Core}$	Ergebnis der instationären Wärmebilanz des menschlichen Körperkerns	$W$
$L_{Skin}$	Ergebnis der stationären Wärmebilanz der menschlichen Körperhülle	$W$
$m_{Core}$	Masse des Körperkerns	$kg$
$m_{Skin}$	Masse der Körperhülle	$kg$
$m_{Sweat}$	Schweißsekretionsrate	$\frac{g_{water}}{h}$
$n_{Ven}$	Luftwechselzahl, d.h. Anzahl der, innerhalb eines Zeitintervalls, durch Außenluft ausgetauschten Luftvolumeneinheiten einer Zone	$\bar{h}$
$OH_{\theta_{Max}}$	Anzahl der Stundenwerte der Lufttemperatur oberhalb einer Grenztemperatur $\theta_{Max}$	$h$
$OT_{\theta_{Max}}$	Prozentualer Anteil der Stundenwerte der Lufttemperatur oberhalb einer Grenztemperatur $\theta_{Max}$	$h$
$P_{Sat}$	Wasserdampf-sättigungsdruck der Luft	$Pa$
$P_{Par}$	Wasserdampfpartialdruck der Luft	$Pa$
$PPD$	Vorhergesagter Anteil derer die das Raumklima als unbehaglich empfinden	[-]

$PMV$	Vorhergesagtes mittleres thermisches Bewertungsmaß nach Fanger	$[-]$
$Q_{Conv}$	Wärmestrom von der (Haut-) Oberfläche an die Umgebung über Konvektion	$W$
$Q_{Diff}$	Wärmestrom von der (Haut-) Oberfläche an die Raumluft über Wasserdampfemission	$W$
$Q_{Ex}$	Summe des über Blutfluss und Wärmeleitung vom Körperkern zur Körperhülle übertragenen Wärmestroms	$W$
$Q_{Ex,Blood}$	Wärmeübertragungsfaktor aus Blutfluss zwischen Körperkern- und Körperhülle	$\frac{W}{K}$
$Q_{Ex,Cond}$	Wärmeübertragungsfaktor aus Wärmeleitung zwischen Körperkern- und Körperhülle	$\frac{W}{K}$
$Q_H$	Über Oxidationsprozesse im Körperinneren erzeugte Gesamtenergie	$W$
$Q_{Met}$	Über Oxidationsprozesse im Körperinneren erzeugter metabolischer Wärmestrom	$W$
$Q_{NZ}$	Transmissions- Wärmestrom von der betreffenden Zone zu einer Nachbarzone	$W$
$Q_{Rad}$	Wärmestrom von einer (Haut-) Oberfläche an die Umgebung über Strahlungsaustausch	$W$
$Q_{Res,L}$	Wärmestrom aus der Lunge an die Umgebung über Wasserdampfemission	$W$
$Q_{Res,S}$	Wärmestrom aus der Lunge an die Umgebung über Erwärmung der Atemluft	$W$
$Q_{Sol}$	Solarstrahlungs- Wärmestrom (kurzwellig) durch ein transparentes Bauteil	$W$
$Q_{Sol,op}$	Solarstrahlungs- Wärmestrom (kurzwellig) durch ein nicht- transparentes Bauteil	$W$
$Q_{Sweat}$	Wärmestrom von der Hautoberfläche an die Raumluft über Schweißemission	$W$
$Q_{Tra}$	Wärmestrom zwischen Raumluft und Bauteiloberfläche aus dem kombinierten Wärmeübergang (Strahlung, Konvektion, (Leitung) )	$W$
$Q_{Ven}$	Wärmestrom zwischen Raumluft und Außenluft über Luftmassenaustausch	$W$

$Q_W$	In Kraft umgewandelte Energie der im Körperinneren erzeugten Gesamtenergie	$W$
$T_{SV}$	Vorhergesagte mittleres thermisches Bewertungsmaß nach Azer & Hsu	$[-]$
$v_{Air}$	Relative Luftgeschwindigkeit an einer Oberfläche	$\frac{m}{sec}$
$\dot{V}_{Blood}$	Blutaustauschmassenstrom je Kontaktflächeneinheit zwischen Körperkern und Körperhülle	$\frac{kg_{Blood}}{m^2h}$
$\dot{V}_{Resp}$	Luftaustauschmassenstrom der Lunge	$\frac{kg_{air}}{h}$
$\dot{V}_{Ven}$	Luftvolumenstrom zwischen einer Zone und der Außenluft	$\frac{m^3_{air}}{h}$
$\lambda_{Skin}$	Wasserdampfdurchlässigkeit der Hautschicht	$\frac{g_{water}}{hPa}$
$\Delta Q_{vap}$	Verdampfungswärme von Wasser	$\frac{J}{g_{water}}$
$\epsilon_{Body}$	Mittlerer Emissionsgrad des bekleideten menschlichen Körpers für langwellige Strahlung	$[-]$
$\epsilon_{Sweat}$	Schweißbenetzungsfaktor der Hautoberfläche als Kennwert Überhitzungsempfindung	$[-]$
$\epsilon_{Vasoc}$	Gefäßverengungsfaktor der Hautoberfläche als Kennwert Unterkühlungsempfindung	$[-]$
$\eta_{Gain}$	Anteil der zur Reduktion des Heizwärmebedarfs verwendbaren Nutzungs- und Solarstrahlungs- Wärmegewinne eines Raumes	$[-]$
$\eta_{Heat}$	Anteil der als Wärme freigesetzten Energie von der metabolischen Gesamtenergie	$[-]$
$\eta_{Work}$	Anteil der in Kraft umgewandelten Energie von der metabolischen Gesamtenergie	$[-]$
$\gamma_{Zone}$	Verhältnis zwischen den Wärmegewinnen (Solarstrahlung, Nutzung) und Wärmeverlusten (Transmission, Luftwechsel) einer Zone	$[-]$
$\gamma_{\alpha,\beta}$	Sonneneinfallswinkel einer Fläche mit Standwinkel $\beta$ und Flächenazimuth $\alpha$	$^\circ$
$\phi_{E,air}$	Relative Luftfeuchtigkeit der Außenluft	$\%$
$\phi_{I,air}$	Relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft, Indizes: $avg$ (Mittelwert), $min$ (Minimum) und $max$ (Maximum)	$\%$
$\theta_{Body}$	Mittlere Temperatur des menschlichen Körpers	$^\circ C$

$\theta_{E,air}$	Außenlufttemperatur	$^{\circ}C$
$\theta_{ET}$	Effektivtemperatur nach Gagge und Stollwijk	$^{\circ}C$
$\theta_{Clo}$	Mittlere Oberflächentemperatur der Bekleidung eines menschlichen Körpers	$^{\circ}C$
$\theta_{Core}$	Mittlere Kerntemperatur des menschlichen Körpers	$^{\circ}C$
$\theta_{I,air}$	Temperatur der Raumluft, Indizes: $avg$ (Mittelwert), $min$ (Minimum) und $max$ (Maximum)	$^{\circ}C$
$\theta_{I,rad}$	Mittlere Strahlungstemperatur im Innenraum	$^{\circ}C$
$\theta_{Opt}$	Neutral- bzw. Optimaltemperatur einer Umgebung	$^{\circ}C$
$\theta_{RM}$	Gleitendes Mittel der Außenlufttemperatur	$^{\circ}C$
$\theta_{Skin}$	Mittlere Temperatur der Hautschicht des menschlichen Körpers	$^{\circ}C$
$\theta_{SET}$	Standardeffektivtemperatur nach Gagge und Stollwijk	$^{\circ}C$
$\theta_{wRM}$	Gewichtetes gleitendes Mittel der Außenlufttemperatur	$^{\circ}C$
$\sigma_{StBo}$	Stefan- Boltzmann- Konstante	$\frac{W}{m^2K^4}$



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung, Ziel und Aufbau der Arbeit</b>	<b>19</b>
1.1. Einleitung . . . . .	19
1.2. Zielstellung und Lösungsansatz . . . . .	22
1.3. Gliederung der Arbeit . . . . .	24
<b>2. Baulich- funktionelle und bauklimatische Besonderheiten von Krankenhausbauten</b>	<b>27</b>
2.1. Besonderheiten von Krankenhausbauten . . . . .	28
2.2. Funktionelle Anforderungen . . . . .	29
2.2.1. Räumlich- funktionelle Anforderungen an den Pflegebereich .	30
2.2.2. Hygienische Anforderungen an den Pflegebereich . . . . .	32
2.2.3. Beleuchtungsanforderungen an den Pflegebereich . . . . .	32
2.2.4. Brandschutzanforderungen an den Pflegebereich . . . . .	33
2.2.5. Schallschutzanforderungen an den Pflegebereich . . . . .	34
2.2.6. Anforderungen an die Barrierefreiheit . . . . .	34
2.2.7. Gestalterische Anforderungen an den Pflegebereich . . . . .	35
2.2.8. Belichtungsanforderungen an den Pflegebereich . . . . .	36
2.2.9. Anforderungen an die Beheizung und Raumlufttechnik . . . . .	37
2.2.10. Anforderungen an das Raumklima im Pflegebereich . . . . .	38
2.3. Zusammenfassung der planerischen Anforderungen an das Patientenzimmer . . . . .	40
2.4. Gegenwärtige architektonische Gestaltung der Patientenzimmer . . . . .	43
<b>3. Verfahren zur Bemessung des Sommerlichen Wärmeschutzes</b>	<b>47</b>
3.1. Verfahrensüberblick . . . . .	48
3.2. Handrechenverfahren . . . . .	49
3.2.1. Verfahren nach Petzold . . . . .	50
3.2.2. Verfahren nach Rouvel und Kolmetz . . . . .	52

## Inhaltsverzeichnis

3.2.3.	Verfahren nach Hauser und Otto . . . . .	53
3.2.4.	Verfahren nach Hauser & Gertis . . . . .	55
3.2.5.	Verfahren nach Häupl . . . . .	56
3.2.6.	Verfahrensübersicht . . . . .	58
3.3.	Simulationsverfahren . . . . .	59
3.3.1.	Simulationssoftware Energy Plus für die Sommerfallbewertung	59
3.3.2.	Anwendung von Simulationsrechnungen für die Sommerfallbe- wertung . . . . .	61
<b>4.</b>	<b>Kritische Bewertung der Handrechenverfahren und des Simulationsver- fahrens</b>	<b>63</b>
4.1.	Untersuchte Zonen des Universitätsklinikums Dresden . . . . .	64
4.2.	Ergebnisse der Messreihe Juli bis Dezember 2010 . . . . .	65
4.3.	Bewertung der Zonen mittels vereinfachter Verfahren . . . . .	68
4.3.1.	Vergleich der Verfahrensergebnisse mit den Messungen . . . . .	72
4.3.2.	Verfahrenseinschätzung Hauser & Gertis . . . . .	75
4.3.3.	Verfahrenseinschätzung Petzold . . . . .	75
4.3.4.	Verfahrenseinschätzung Häupl . . . . .	76
4.3.5.	Verfahrenseinschätzung Hauser & Otto . . . . .	77
4.4.	Bewertung der Zonen mittels Simulationsverfahren . . . . .	79
4.4.1.	Modellauswahl . . . . .	79
4.4.2.	Nutzungsrandbedingungen . . . . .	80
4.4.3.	Klimarandbedingungen . . . . .	80
4.4.4.	Ergebnisse . . . . .	80
4.5.	Zusammenfassung Verfahrensbewertung . . . . .	84
<b>5.</b>	<b>Entwicklung eines eigenen Kalibrierverfahrens</b>	<b>85</b>
5.1.	Untersuchte Zonentypen der zweiten Messphase 2011 . . . . .	86
5.2.	Ergebnisse der Messreihe Juli - Dezember 2011 . . . . .	88
5.3.	Simulation einer Basisvariante . . . . .	90
5.4.	Ermittlung der lokalen Außenklimabedingungen . . . . .	93
5.5.	Ermittlung der Nutzungscharakteristik . . . . .	95
5.5.1.	Aktivierung & Deaktivierung des Sonnenschutzes . . . . .	95
5.5.2.	Fensteröffnung . . . . .	99
5.5.3.	Interne Wärmelasten . . . . .	103
5.6.	Bekannte Kalibrierverfahren . . . . .	105

5.7.	Eigener Kalibrieransatz zur Ermittlung von Nutzungsprofilen . . . . .	107
5.8.	Verfahrensprozedur . . . . .	111
5.8.1.	Aufstellung der Varianten für die unbekannt Profile . . . . .	115
5.8.2.	Sensitivitätsstudie Nutzungsprofile . . . . .	120
5.8.3.	Simulationsstudien zur Ermittlung der realistischsten Nutzer- profile . . . . .	122
5.8.4.	Ergebnis . . . . .	126
5.9.	Zusammenfassung . . . . .	129
<b>6.</b>	<b>Nutzeranforderungen und Bewertungsmodelle</b>	<b>131</b>
6.1.	Anforderungen und Besonderheiten der Krankenhausnutzer allgemein	132
6.2.	Anforderungen und Besonderheiten spezieller Nutzergruppen . . . . .	135
6.2.1.	Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder . . . . .	135
6.2.2.	Senioren . . . . .	136
6.2.3.	Personen unter Medikamenteneinfluss . . . . .	138
6.2.4.	Personen mit Krankheiten und Behinderungen . . . . .	138
6.2.5.	Zusammenfassung der thermoregulatorischen Besonderheiten unterschiedlicher Nutzertypen . . . . .	140
6.2.6.	Ergebnisse praktischer Studien zum Raumklimaoptimum . . . . .	143
6.2.7.	Ergebnisse praktischer Studien zum erträglichen Raumklima . . . . .	145
6.2.8.	Zusammenfassung der Besonderheiten spezieller Nutzertypen	146
6.3.	Nutzerbezogene Bewertungsmodelle . . . . .	148
6.3.1.	Auswertungsansatz . . . . .	148
6.3.2.	Physiologische Wärmebilanz . . . . .	150
6.3.3.	Statisches, stationäres PMV- Modell nach Fanger . . . . .	154
6.3.4.	Statisches, instationäres Modell nach Gagge & Stollwijk . . . . .	157
6.3.5.	Statisches, instationäres TSV - Modell nach Azer & Hsu . . . . .	160
6.3.6.	Adaptive Modelle . . . . .	163
6.3.7.	Bewertung der Behaglichkeitsmodelle . . . . .	167
6.3.8.	Schlussfolgerungen zur Raumklimaauslegung in Krankenhäusern	178
<b>7.</b>	<b>Analyse der Raumtypen und Ableitung von baulichen Optimierungsansät- zen</b>	<b>181</b>
7.1.	Analyseansatz . . . . .	182
7.1.1.	Auswahl der Berechnungsmodule . . . . .	182
7.1.2.	Auswahl der Außenklimabedingungen . . . . .	184

## Inhaltsverzeichnis

7.1.3. Definition der Nutzungseigenschaften . . . . .	184
7.1.4. Definition der Raumeometrie und Konstruktionseigenschaften	185
7.2. Wärmebilanzen der einzelnen Raumtypen . . . . .	187
7.3. Speicherwirksamkeit der Bauteile . . . . .	188
7.4. Strahlungsdurchgang durch die Verglasung . . . . .	190
7.5. Luftwechsel aus natürlicher Belüftung und mechanischer Entlüftung .	191
7.6. Tageslichtversorgung . . . . .	192
7.7. Raumklimabewertung . . . . .	194
7.8. Optimierungsansätze . . . . .	196
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>197</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>XXIII</b>
A.1. Beschreibung der Außenklimamessstation Dresden- Johannstadt . . .	XXIII
A.2. Auswertung Stadtklimamessungen der DREWAG . . . . .	XXV
A.3. Raumübersicht (Kennwerte) und Verfahrensvergleich der Messphase I (2010) . . . . .	XXX
A.4. Übersichten Gebäudesimulation, Behaglichkeitsmodelle . . . . .	XXXIV
A.5. Raumübersicht (Kennwerte) der Messphase II (2011) . . . . .	XXXVI
A.6. Kalibrierverfahren nach Reddy und Sun . . . . .	XXXVII