

**Sommerlicher Wärmeschutz im Zeichen des  
Klimawandels  
Anpassungsplanung für Bürogebäude**

Protection against summer overheating in the context  
of climate change  
Adaptation planning for office buildings

An der Fakultät Bauingenieurwesen  
der Technischen Universität Dresden  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) genehmigte

**Dissertation**

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Marc-Steffen Fahrion

geboren am 13.01.1984 in Stuttgart

|                      |  |
|----------------------|--|
| Erster Gutachter     | Prof. Dr.-Ing.<br>Bernhard Weller<br>Technische Universität Dresden            |
| Zweiter Gutachter    | Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c.<br>Werner Sobek<br>Universität Stuttgart |
| Tag der Verteidigung | 08.12.2015   |

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Marc-Steffen Fahrion

**Sommerlicher Wärmeschutz im Zeichen des Klimawandels  
Anpassungsplanung für Bürogebäude**

Dissertation. Dresden: Technische Universität, 2015.

© 2015 Marc-Steffen Fahrion

Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Baukonstruktion  
D-01062 Dresden

Telefon +49 351 463 34845  
Telefax +49 351 463 35039

[www.bauko.bau.tu-dresden.de](http://www.bauko.bau.tu-dresden.de)

## Kurzfassung

Seit Beginn der Industrialisierung ist ein starker Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre zu verzeichnen, der zu einer Veränderung des Klimas auf der Erde führt. Schon heute sind die Auswirkungen auf die Umwelt und zahlreiche Bereiche des täglichen Lebens zu beobachten. Diese werden sich mit fortschreitendem Klimawandel noch verstärken. Auch das Bauwesen muss sich auf die sich verändernden klimatischen Einwirkungen wie beispielsweise Sommerhitze, Überflutung, Starkregen, Hagel und Wind einstellen. Für keine der genannten klimatischen Einwirkungen ist das Änderungssignal in den Klimaprojektionen so eindeutig wie für die Sommerhitze. Aus diesem Grund wird der Handlungsbedarf beim sommerlichen Wärmeschutz als besonders hoch eingeschätzt.

In den westlichen Industriestaaten halten sich Erwachsene während des Sommers circa 80 % der Zeit in Innenräumen auf. Deshalb ist das Innenraumklima von entscheidender Bedeutung für die Behaglichkeit, die geistige Leistungsfähigkeit und die Gesundheit des Menschen. Wie sich der Klimawandel auf die gebaute Umwelt in Deutschland auswirkt, ist weitestgehend unerforscht. Es ist zu klären, ob nur einzelne baukonstruktive Details, die heutigen Bemessungsregeln oder sogar grundsätzliche Entwurfsprinzipien für Gebäude überdacht werden müssen.

Das Ziel der Arbeit ist, eine Untersuchungsmethodik zu entwickeln, mit der die Auswirkungen des bereits beobachteten und des zu erwartenden Klimawandels auf den sommerlichen Wärmeschutz bestehender Bürogebäude beurteilt werden können. Erst dadurch lässt sich ein etwaiger Handlungsbedarf objektiv feststellen und begründen. Ein weiteres wesentliches Ziel besteht darin, beispielhafte Anpassungsmaßnahmen in Abhängigkeit der jeweiligen Baukonstruktion zu entwickeln, mit denen auch in Zukunft die sommerliche Behaglichkeit in bestehenden Bürogebäuden sichergestellt werden kann. Von besonderem Interesse ist dabei die Frage, ob baukonstruktive Maßnahmen allein in Zukunft ausreichen können oder ob zusätzlich anlagentechnische Lösungen zur technischen Kühlung unumgänglich werden. Die entwickelten Anpassungsmaßnahmen sollen die Grundlage für Gebäudekonzepte und Fassadenkonstruktionen sein, welche auch bei fortschreitendem Klimawandel die Anforder-

rungen an die Behaglichkeit und den sommerlichen Wärmeschutz erfüllen. Des Weiteren soll eine Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen aufgezeigt werden.

Um untersuchen zu können, inwieweit die Verletzbarkeit infolge zunehmender Sommerhitze und der entsprechende Anpassungsbedarf von der Baukonstruktion abhängen, wurden drei Bürogebäude unterschiedlicher Baualterstufen ausgewählt und mittels dynamisch-thermischer Gebäudesimulation analysiert. Die dynamisch-thermische Gebäudesimulation ist aktuell die detaillierteste Methode zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. Nur mit ihr können komplexe Gebäudekonzepte oder automatisierte Systeme ausreichend genau nachgebildet werden.

Zur Abbildung des bereits stattgefundenen und des projizierten Klimawandels wurden fünf Klimadatensätze verwendet, mit denen der Klimawandel von der Mitte des 20. Jahrhunderts bis zum Ende des 21. Jahrhunderts dargestellt werden kann. Die Schwachpunkte der drei untersuchten Gebäude wurden analysiert und darauf aufbauend detaillierte Anpassungsvorschläge ausgearbeitet und wiederum über Simulationen bewertet. Umfangreiche Detailzeichnungen zu den angepassten Gebäudekonzepten und Fassadenkonstruktionen sollen eine Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis erleichtern. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, den durch diese Maßnahmen erzielten Nutzen in Geldeinheiten zu bewerten. Dadurch können Klimaanpassungsmaßnahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über Investitionsrechenverfahren zugeführt werden.

## **Abstract**

Since the beginning of industrialization, a large increase of anthropogenic greenhouse gas concentrations in the atmosphere has been detected. This increase is the main cause for the observed climate change. The impacts of climate change on the environment and numerous aspects of human lives have been visible and will become more and more threatening with ongoing climate change. Civil engineering has to deal with changing climate-related hazards such as summer heat, flooding, torrential rain, hail and storm. For none of the mentioned climatic impacts on buildings, the climate change signal is as unambiguous and robust as for summer heat. Thus, actions to protect from summer overheating are highly required.

During summer, adults in the Western industrialized states spend about 80 % of their time indoors. Therefore, indoor climate is of essential importance for comfort, mental performance and human health. The impacts of climate change on the built environment in Germany are rarely investigated. It has to be determined whether the building construction details, current design regulations or the design principles have to be revised.

This thesis aims to develop a research methodology, which evaluates the impacts of the observed and expected climate change on the protection against summer overheating of existing office buildings. Only thus a possible need for action can be objectively determined and justified. Another major objective is the development of exemplary adaptation measures for various building construction types to ensure the comfort in existing office buildings during summer. Of particular interest is the question if it will be sufficient in the future to use only passive measures or if it will be unavoidable to install technical cooling capacities. The developed adaptation measures should be the basis for building concepts and façade constructions that are able to guarantee high comfort and an improved protection against summer overheating. Furthermore, a method to evaluate the economic efficiency of adaptation measures is demonstrated.

To investigate the relationship between building construction and vulnerability, three buildings of different construction year categories have been analyzed using dynamic thermal

building simulations. At present, the dynamic thermal building simulation is the most detailed method for evaluating the protection against summer overheating. This is the only method which is able to reproduce complex building concepts and automated systems in sufficient detail.

In order to demonstrate the impacts of the observed and projected climate change on buildings between the middle of the 20<sup>th</sup> century and the end of the 21<sup>st</sup> century, five climate datasets have been applied. The weak points of the three investigated buildings have been analyzed. Based on this, detailed adaptation measures have been developed and evaluated by thermal building simulations. Comprehensive drawings, which show the adapted building concepts and façade details, will facilitate the application in practice. Different possibilities are demonstrated to express the achieved benefit from the adaptation measures in monetary units. Therefore, adaptation measures can be assessed by investment calculations.