

## STANDARDPLANUNG VERSUS SIMULATIONEN - WIRTSCHAFTLICHER NUTZEN MODERNER PLANUNGSWERKZEUGE

Gunter Pültz

Müller-BBM GmbH, Bauklimatik  
Robert-Koch-Straße 11, D - 82152 Planegg  
Gunter.Pueltz@MuellerBBM.de

### KURZFASSUNG

Gegenwärtig ist der normale Planungsablauf nach HOAI [1] aufgeteilt in einzelne Fachgebiete und Gewerke, wobei in jedem Fachgebiet eigene, spezifische Planungswerkzeuge zum Einsatz kommen. Im technischen Bereich werden dabei – vermutlich aus traditionellen Gründen und zur Aufwandsbegrenzung – meist vereinfachende Berechnungsmethoden benutzt.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird zunächst aufgezeigt, warum moderne, höherwertige Planungswerkzeuge in Form von Simulationen den Standardmethoden prinzipiell überlegen sind. Anschließend wird anhand eines realen Beispiels aufgezeigt, welche enorme Einsparungen mit Hilfe von Simulationen bei der Planung von Anlagentechnik erreicht werden können. Abschließend wird der Einsatz von Simulationstechnik kostenmäßig bewertet und somit auch der wirtschaftliche Vorteil des Einsatzes von Simulationen im Planungsprozess exemplarisch quantifiziert.

### ABSTRACT

Currently the usual planning process according to the German HOAI [1] is splitted strictly into several disciplines, where different, specific tools are used in every planning discipline. In the technical disciplines simplified methods are used very often – probably by reasons of tradition and reduction of work.

This article starts making evident that modern, sophisticated planning tools like simulations are superior to the standard tools always. Then the enormous savings during the design process of a mechanical ventilation plant, which can be obtained by using simulation technics, is shown by an example from reality. Finally the cost effectiveness of simulations is evaluated and thus also the financial benefits of using simulations during planning process is quantified exemplarily.

### EINLEITUNG

Das historische Gebäudeensemble „Palmengarten“ wurde Mitte des 19. Jahrhunderts in Frankfurt errichtet und umfasst neben einem verglasten Gewächshaus im Hauptgebäude einen großen Festsaal. Dieser

Festsaal soll nach dem Entwurf des bekannten Architekturbüros DAVID CHIPPERFIELD Architects renoviert werden (siehe Abbildung 1).



*Abbildung 1 Renovierter Festsaal  
© DAVID CHIPPERFIELD Architects*

Der Festsaal wird wieder für große Veranstaltungen genutzt werden, so dass eine mechanische Be- und Entlüftung unumgänglich ist.

Im folgenden wird zunächst aufgezeigt, zu welchen Ergebnissen eine Planung auf Basis der standardmäßigen Planungswerkzeuge der technischen Gebäudeausrüstung geführt hätte und welche Probleme damit verbunden gewesen wären. Anschließend wird aufgezeigt, welche optimierte Lösung mit Hilfe der Simulationen gefunden wurde. Abschließend wird das Ergebnis kostenmäßig bewertet.

### STANDARD PLANUNGSABLAUF

Die mechanische Lüftung des Festsaal muss nicht nur für eine ausreichende Frischluftversorgung der Besucher sorgen, sondern sie wird auch zur Kühlung des Festsaal während der Veranstaltungen herangezogen.

Wie für einen normalen Planungsablauf typisch wurde im Rahmen der standardmäßigen TGA-Planung entsprechend der HOAI zunächst eine Kühllastberechnung nach VDI 2078 [2] durchgeführt.

Gemäß dieser standardmäßigen Kühllastberechnung wurde für den gesamten Festsaal eine einfache, statische Energiebilanz aufgestellt (siehe Abbildung 2), welche alle äußeren und inneren Wärmequellen beinhaltet. Daraus wurde anschließend der zur Einhaltung der Auslegungstemperatur von +26°C erforderliche Luftvolumenstrom von ca. 50.000 m<sup>3</sup>/h abgeleitet.

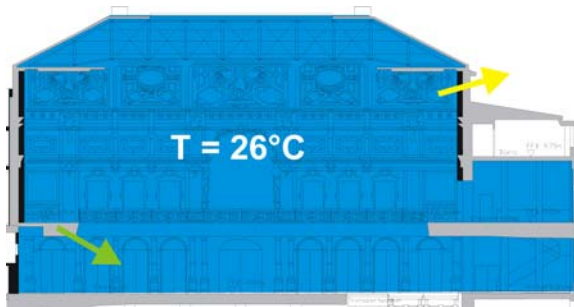


Abbildung 2 Bilanzbereich der statischen Energiebilanz nach VDI 2078

Die Luftkanäle im historischen Festsaal konnten aus baukonstruktiven Gründen nur über den Boden der Galerie geführt werden, so dass die Zuluft einbringung horizontal quer in den Luftraum des FestsaaIs hinein geplant war. Die Abluftabsaugung wurde im Dachraum des FestsaaIs oberhalb der historischen Decke geplant.

Da die Geschwindigkeit, mit der die Luft durch die Zuluftkanäle strömen kann, aus akustischen Gründen auf ca. 4...6 m/s begrenzt sein musste (ansonsten tritt ein zu hoher Störgeräuschpegel während der Veranstaltungen auf) und die seitlichen Abmessungen der Luftkanäle durch die Breite der historischen Galerie begrenzt waren, wären Zuluftkanäle unter der Galerie erforderlich gewesen, welche die unterhalb der Galerie angeordneten Kapitelle der Wandpilaster und die Schlusssteine der historischen Bogenfenster teilweise verdeckt hätten (siehe dazu Abbildung 3).



Abbildung 3 Restaurierte Nordwand mit ursprünglicher Aufbauhöhe der Galerie  
© DAVID CHIPPERFIELD Architects

Es liegt auf der Hand, dass alle Planungsbeteiligten dieses Lüftführungskonzept, welches insbesondere gestalterisch unbefriedigend war und auch das historische Erscheinungsbild des FestsaaIs negativ beeinträchtigt hätte, ablehnten.

### OPTIMIERUNG DER PLANUNG MIT HILFE VON SIMULATIONEN

Es waren also intelligente Ideen gefragt, die eine deutliche Reduzierung des zur Lüftung und Kühlung des FestsaaIs erforderlichen Lüftungsvolumenstroms ermöglichen sollten.

Aus Sicht der TGA-Planung wäre zunächst die Trennung der Funktion „Lüftung“ und „Kühlung“ möglich gewesen. In diesem Fall wären die Wärmelasten des FestsaaIs hauptsächlich mit Hilfe von Kühldecken abgeführt worden, so dass der zur Frischluft-

versorgung erforderliche Luftvolumenstrom der mechanischen Lüftung auf das hygienisch erforderliche Mindestmaß von ca. 15.000 m<sup>3</sup>/h reduzierbar gewesen wäre. Von Seiten der Bauherrschaft wurden jedoch die enormen zusätzliche Kosten für diese – durchaus übliche – Kühldeckenlösung gescheut.

Insofern war das Planungsteam sehr offen, als der hinzugezogene bauklimatische Experte folgenden alternativen Lösungsvorschlag unterbreitete:

Eine Analyse der hinsichtlich thermischer Belastung kritischen Veranstaltungen ergab zunächst, dass die dominierenden Wärmequellen, die während großer Veranstaltungen im Festsaal zu erwarten sind, in Form von Bühnenbeleuchtung im oberen Bereich des FestsaaIs auftreten.

Aufgrund der Wärmefreisetzung im oberen Bereich des FestsaaIs ist mit einer ausgeprägten thermischen Schichtung innerhalb des FestsaaIs zu rechnen. Da andererseits nur in den Aufenthaltsbereichen mit Besuchern thermisch behagliche Raumzustände erforderlich sind, wurde vorgeschlagen, die Kühlung des FestsaaIs auf ebendiese Aufenthaltsbereiche zu beschränken.

Die gezielte Ausnutzung der thermischen Schichtung im Festsaal sollte ermöglichen, dass nur die Aufenthaltsbereiche der Besucher im EG und auf der Galerie gekühlt werden und eben nicht der ganze Festsaal komplett gekühlt wird.

Natürlich war bei diesem Lösungsansatz zu berücksichtigen, dass die aufgrund der thermischen Schichtung recht warmen Oberflächen im oberen Bereich des FestsaaIs via thermischer Strahlung auch auf die empfindlichen Temperaturen in den Aufenthaltsbereichen ungünstig einwirken.

Die Überprüfung dieses Lösungsvorschlags war mit Hilfe standardmäßiger Berechnungsmethoden der TGA-Planung gerade im Hinblick auf den ungünstigen Einfluss der warm von der Decke herabstrahlenden Oberflächen nicht möglich. Derart ausgeklügelte Kühlkonzepte können prinzipiell nur mit Hilfe höherwertiger Planungswerkzeuge untersucht und dimensioniert werden, welche in der Lage sind, zum Einen die wesentlichen Energieströme in den betrachteten Räumen abzubilden und zum Anderen auch die örtliche Verteilung der Temperaturen und Luftgeschwindigkeiten zu liefern. Denn nur die detaillierte Kenntnis der lokalen Luft- und Strahlungstemperaturen ermöglicht im Zusammenhang mit der örtlichen Luftgeschwindigkeit Aussagen zum lokalen thermischen Komfort der Besucher. Für den historischen Festsaal wurden daher umfangreiche Simulationen für einen minimierten Luftvolumenstrom von 15.000 m<sup>3</sup>/h durchgeführt.

Aussagen zur örtlichen Luftgeschwindigkeit sind grundsätzlich nur mittels hochauflösender CFD-Simulationen möglich, da zonale, thermische Simulationen nur räumliche Mittelwerte als Ergebnisse liefern können (5 Zonen, siehe Abbildung 4).

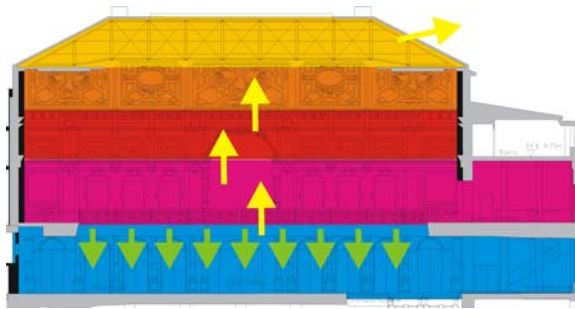


Abbildung 4 Zuluft einbringen im Festsaal

CFD-Simulationen können aufgrund des enormen Rechenaufwandes derzeit jedoch noch keine längeren Zeitperioden abbilden. Falls die Berechnungsergebnisse – im vorliegenden Fall die Temperaturverhältnisse im Festsaal – durch dynamische Vorgänge mit einer längeren Zeitskala beeinflusst werden (in diesem Fall die Wärmespeicherung in den massiven Bauteilen), sind im Vorfeld der CFD-Simulationen dennoch zonale, thermische Simulationen erforderlich (siehe Abbildung 5).

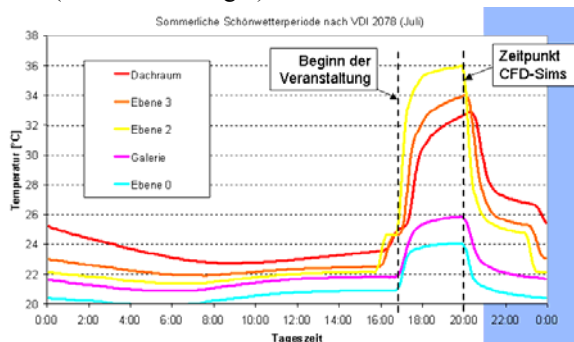


Abbildung 5 Mittlere Lufttemperaturen in den Zonen

Aufbauend auf den Ergebnissen der zonalen, thermischen Simulationen (Kopplung über Wandwärmeströme) wurden anschließend CFD-Simulationen für den Festsaal durchgeführt.

Dabei zeigte sich zunächst, dass die Luftgeschwindigkeiten im Bereich der Besucher bereits kritische Werte bis zu 0,2...0,3 m/s erreichten (siehe Abb. 6).

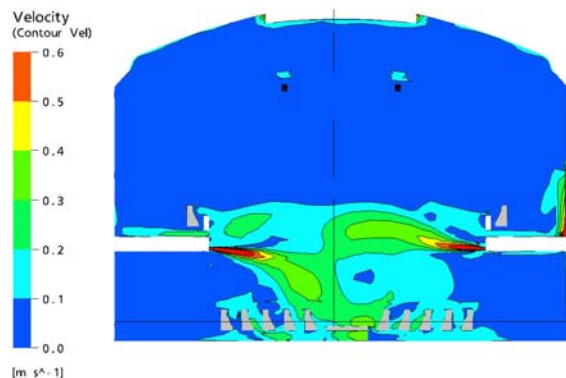


Abbildung 6 Luftgeschwindigkeitsverteilung

Darüber hinaus zeigten die CFD-Simulationen neben der prognostizierten thermischen Schichtung (siehe Abb. 7), dass die empfundene Temperatur nicht

überall auf 26°C begrenzt werden können (vgl. Abb. 8). Zur Einhaltung der 26°C wären zusätzliche Maßnahmen zur Kühlung des Festsaals erforderlich gewesen, auf die jedoch aus finanziellen Gründen von der Bauherrnschaft verzichtet wurde.

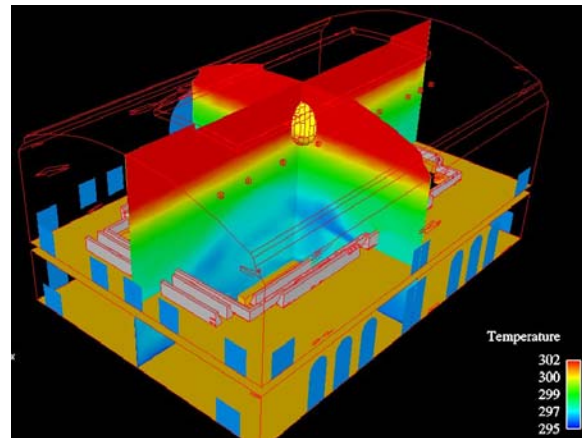


Abbildung 7 Lufttemperaturen im Festsaal

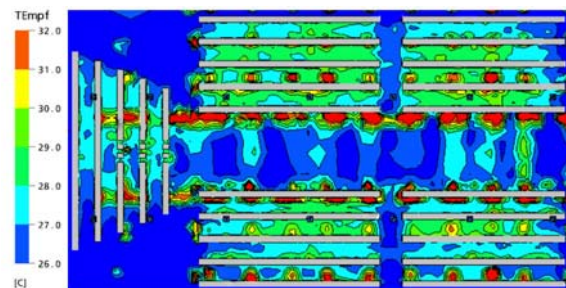


Abbildung 8 Empfundene Temperaturen in E0

## FINANZIELLE BEWERTUNG

Da der eingeschränkte thermische Komfort von der Planungsrunde akzeptiert wurde, konnte somit der Lüftungsvolumenstrom der mechanischen Lüftung im Festsaal von ursprünglich ca. 50.000 m<sup>3</sup>/h mit Hilfe der Simulationen auf ca. 15.000 m<sup>3</sup>/h reduziert werden. Dies entspricht auf Basis eines Erfahrungswertes von ca. 20,- € pro m<sup>3</sup>/h einer Investitionskostenersparnis von ca. 700.000,- €. In Anbetracht der zusätzlichen Ersparnisse bei den Betriebskosten und des gestalterischen Zugewinns wurden die Kosten der Simulationen somit vielfach kompensiert.

## ZUSAMMENFASSUNG

Ein Vergleich zwischen Standard-Planung und dem Einsatz höherwertiger Planungswerkzeuge zeigt anhand eines realen Beispiels, dass gerade bei hochwertigen Veranstaltungsräumen trotz höherem Planungsaufwand erhebliche *wirtschaftliche Vorteile* durch den Einsatz von Simulationen erzielt werden können.

## LITERATUR

Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln), Juli 1996