

## ÜBERLEGENHEIT MODERNER, INNOVATIVER PLANUNGSWERKZEUGE

Stefan Barp<sup>1</sup>, Gunter Pültz<sup>2</sup>, Alois Schälín<sup>1</sup>, Peter Vogel<sup>3</sup> und Stefan Weigel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> AFC Air Flow Consulting AG, Zürich, Schweiz

<sup>2</sup> Müller-BBM GmbH, Planegg/München, Deutschland

<sup>3</sup> Gebäude-Technik-Dresden GmbH (GTD), Dresden, Deutschland

### KURZFASSUNG

Der normale Planungsablauf läuft in der BRD traditionell häufig ausschließlich nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI, 1995) ab. Dabei kommen meist ausschließlich die standardmäßigen, vereinfachenden Planungswerkzeuge zum Einsatz. Bei hochwertigen und komplexen Gebäuden reichen diese jedoch nicht immer aus, um die oftmals hohen Nutzungsanforderungen an das Raumklima im Betrieb verlässlich zu erreichen.

So erfordert die Berücksichtigung z.B. der windinduzierten Gebäudedurchlüftung und des Luftaustausches über Öffnungen den Einsatz moderner, innovativer Planungswerkzeuge. Je nach Fragestellung kommen dabei unterschiedliche Simulationsarten zum Einsatz, was am Beispiel des Neuen Eingangsbauwerks auf der Museumsinsel Berlin exemplarisch aufgezeigt wird.

### EINLEITUNG

Auf der Museumsinsel in Berlin wird nach dem Entwurf des bekannten Architekturbüros DAVID CHIPPERFIELD Architects ein sehr stilvolles neues Eingangsbauwerk errichtet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Ansicht des Neuen Eingangsbauwerkes  
 © DAVID CHIPPERFIELD Architects

Dieser Neubau stellt den zentralen Zugang zu den Museen auf der Museumsinsel dar, so dass für dieses Gebäude einerseits intensive Besucherströme zu erwarten sind und andererseits hohe Anforderungen an das Raumklima gestellt werden. Die Transparenz

und Offenheit dieses Gebäudes bedingt folgende Fragestellungen:

- Mit welcher Durchlüftung des Gebäudes muss bei Windangriff und – aufgrund der hohen Besucherströme – häufig offen stehenden Eingangstüren gerechnet werden ?
- Wie wirkt sich diese windinduzierte Durchlüftung auf das sommerliche Raumklima in den Eingangsbereichen aus ?
- Welche Verschattungswirkung ist durch die vielen Säulen der Promenaden und deren Dächer zu erwarten ?
- Können die geforderten Grenzen für das sommerliche Raumklima mit den geplanten TGA-Anlagen eingehalten werden ? Falls nicht, welche zusätzlichen Maßnahmen sind hierzu erforderlich ?
- Welche Maßnahmen sind erforderlich, um den Raum für Sonderausstellungen, welcher aufgrund der wertvollen und empfindlichen Exponate ganzjährig extrem hohe Anforderungen an das Raumklima aufweist, offen an das restliche Gebäude anbinden und dennoch die Anforderungen an das Raumklima einhalten zu können ?

Obige Fragestellungen sind mit Hilfe der standardmäßigen Planungswerkzeuge (z.B. sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2, 2003; Kühllast nach VDI 2078, 1996) kaum zu beantworten, so dass der Einsatz moderner, innovativer Planungswerkzeuge in Form verschiedener Simulationsarten erforderlich wurde, die im Folgenden vorgestellt werden.

### GEBÄUDEUMSTRÖMUNG BEI WIND

Bei der Komplexität des Neuen Eingangsbauwerkes und des Gebäudekomplexes Museumsinsel insgesamt kann die Wirkung der Außenluftinfiltration auf das Innenklima kaum mit analytischen Methoden bestimmt werden. Aufgrund der offenen Verbindungen zu den angrenzenden Museen ist auch mit einer starken Luftströmung zwischen den Gebäuden zu rechnen. Sichere und wirtschaftliche Aussagen zur Gestaltung des Gebäudes und Auslegung der technischen Anlagen sind nur mit dem Einsatz innovativer Werkzeuge möglich.

Für das Neue Eingangsbauwerk sind im ersten Schritt der Infiltrationsbewertung CFD-Berechnungen zur Bestimmung der Gebäudeumströmung durchgeführt worden. Anhand dieser Untersuchungen wurden die

Druckverteilungen an den Außenfassaden in Abhängigkeit der Windrichtung bestimmt. Das für die Berechnungen der Umströmung des Neuen Eingangsgebäudes zugrunde liegende geometrische Modell berücksichtigt strömungsrelevante architektonische Details ebenso wie die Einfluss nehmende Umgebungsbebauung. Entsprechend der Wechselwirkungen zu den direkt verbundenen Museen sind neben den Druckkräften am Neuen Eingangsgebäude auch die am Neuen Museum und dem Pergamonmuseum bestimmt worden. Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen beispielhaft für eine südlichwestliche Windströmung die Umströmung des Gebäudekomplexes.

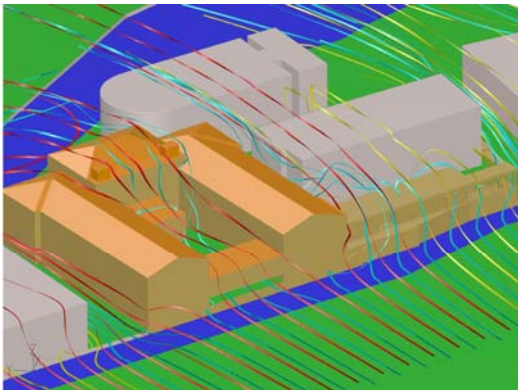


Abbildung 2 Windinduzierte Umströmung des NEG

### WINDINDUZIERTE GEBÄUEDURCHSTRÖMUNG

Für die Bewertung der Gebäudedurchströmung müssen die Öffnungsflächen in der Gebäudehülle und die Räume untereinander so verbunden werden, dass ein Netzwerk entsteht. Die großen Öffnungen zu den angrenzenden Museen erfordert die Einbindung des Pergamonmuseums und des Neuen Museums in das Netzwerk. Einen Ausschnitt des Durchströmungsmodells bzw. Luftknotennetzes für das Neue Eingangsgebäude zeigt Abbildung 3.

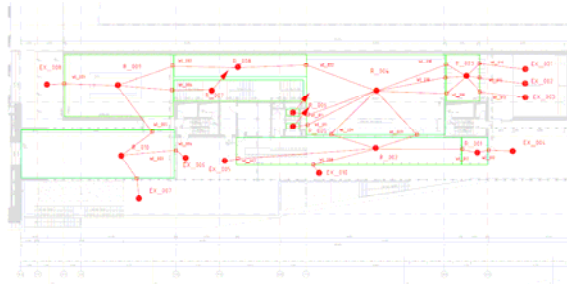


Abbildung 3 Luftknotennetz NEG, Ebene 2

Auf Basis dieses Netzwerkes und den zuvor ermittelten Winddrücken an den Außenfassaden kann die Gebäudedurchströmung mit Hilfe zonal orientierter Strömungssimulationen berechnet werden. Der sich einstellende Volumenstrom ist abhängig von den Druckverteilungen an der Gebäudehülle und den Auftriebskräften infolge von Temperaturdifferenzen zwischen Außen- und Innenluft. Weiterhin werden die ein- und ausströmenden Luftmengen in Abhängigkeit des Strömungswiderstandes der Fassadenöff-

nungen bestimmt. Somit entsteht letztendlich ein dreidimensionales Netzwerk des Gebäudes, in dem man die verschiedensten Betriebs- und Nutzungsszenarien in Abhängigkeit innerer und äußerer Einflüsse untersuchen kann. Die sich einstellenden Volumenströme in dem Neuen Eingangsgebäude sind für einen Nutzungsfall mit hohem Besucheraufkommen in Abbildung 4 dargestellt. Die zonal orientierten Strömungssimulationen liefern die Volumenströme über jede Fassadenöffnung und Durchgang. Somit können einströmende Luftmengen auf ihrem Weg durch das Gebäude verfolgt und die notwendige Qualität für jede Öffnung separat ermittelt und festgelegt werden. Dadurch sind sowohl hinsichtlich der klimatischen Anforderungen als auch der wirtschaftlichen Gesichtspunkte optimale Gesamtlösungen möglich.

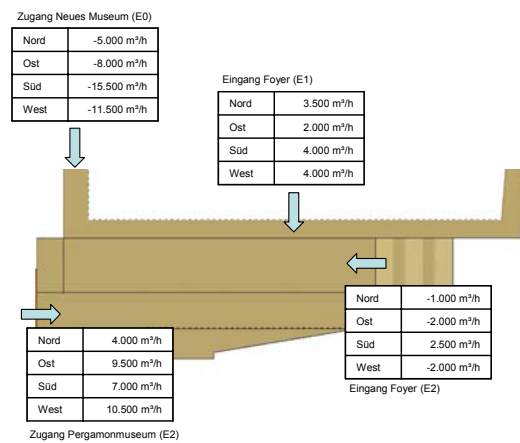


Abbildung 4 Luftströmung durch das NEG

### VERSCHATTUNGSWIRKUNG DER SÄULEN

Das Neue Eingangsgebäude ist umgeben von Promenaden, welche als Säulengänge ausgebildet sind; zudem grenzen auch hohe, schattenwerfende Gebäude direkt an das Neue Eingangsgebäude an (vgl. dazu Abbildung 5).

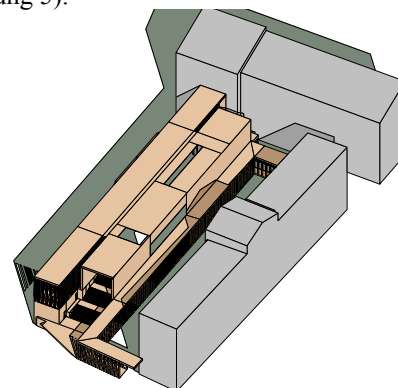


Abbildung 5 Schattenwurf in der Frühe

Wie bei starren Sonnenschutzsystemen üblich, ändert sich deren Verschattungswirkung mit der Sonne im Tagesgang. Ein konstanter Verschattungsfaktor macht daher wenig Sinn, so dass die Verschattung

dynamisch (d.h. zeitvariabel) mit Hilfe einer Verschattungsanalyse berechnet werden muss. Diese zeitlich variablen Verschattungsfaktoren müssen bei der Berechnung des sommerlichen Raumtemperaturen dynamisch berücksichtigt werden.

## SOMMERLICHE TEMPERATUREN

Die sommerlichen Raumtemperaturen im Eingangsbereich des Neuen Museums bzw. in den offen miteinander verbundenen Raumbereichen sind mit Hilfe zonaler, thermischer Simulationen für das geplante TGA-Konzept (mit mechanischer Lüftung, Fußbodenkühlung und partiellen Kühldecken) zu ermitteln. Dabei erfordert die Berücksichtigung sowohl von unidirektional überströmender Luft (von einem Raum in den anderen) wie auch des bidirektionalen Luftaustausches zwischen einzelnen Räumen eine relativ große Anzahl einzelner Zonen, welche die jeweiligen Räume repräsentieren.

Im Neuen Eingangsgebäude ergeben sich am heißen, sonnigen Sommertag relativ hohe, grenzwertige operative Temperaturen. Erwartungsgemäß steigen die empfundenen Temperaturen insbesondere in den großflächig verglasten Raumbereichen (Gang in E2 und Cafe in E2) am stärksten an.

Eine windinduzierte, intensive Gebäudedurchlüftung führt am heißen, sonnigen Sommertag aufgrund des intensiven Warmlufteintrags zu höheren Temperaturen im Neuen Eingangsgebäude (siehe Abbildung 7).

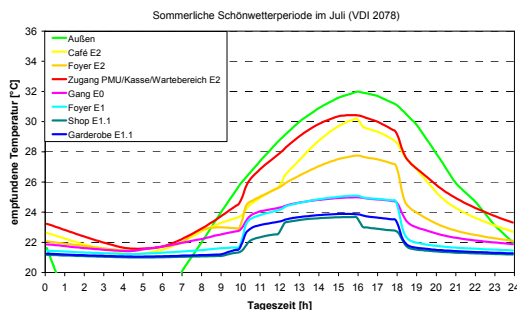


Abbildung 7 Sommerliche Temperaturen bei windinduzierter Durchlüftung

Erst in Kenntnis der zu erwartenden sommerlichen Spitzentemperaturen wird deutlich, ob zusätzliche Maßnahmen zur Einhaltung des geforderten Raumklimas erforderlich werden.

## EINGANG SONDERAUSSTELLUNG

Im Neuen Eingangsgebäude (NEG) der Museumsinsel Berlin gibt es einen Sonderausstellungsbereich. In diesem Raum sollen ganzjährig die folgenden, äußerst anspruchsvollen Anforderungen an das Raumklima – begrenzt zwischen 0.6m und 3.0m Höhe – eingehalten werden:

Lufttemperatur:  $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{K}$   
 Luftfeuchte: 45% r.F.  $\pm 5\%$

Die Raum wird im Sommer mittels gekühlter Quelluft und Bodenkühlung konditioniert.

An den Raum grenzt ist ein weniger konditionierter Gangbereich an, welcher im Sommer Temperaturen von bis zu  $27^{\circ}\text{C}$  aufweisen kann. Die zwei Öffnungsflächen zwischen Gang und Sonderausstellung haben eine Höhe von ca. 5m und Breiten von ca. 3.5m.

Der thermische Luftaustausch zwischen den zwei Bereichen und die sich dadurch im Sonderausstellungsbereich einstellende Temperaturverteilung sind mit konventionellen Planungswerkzeugen nicht vorhersagbar. Zur Untersuchung und Dimensionierung der erforderlichen Luftvolumenströme ist somit eine hochauflösende, numerische Strömungssimulation (CFD) erforderlich.

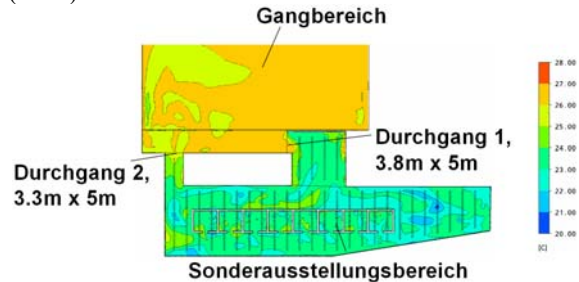


Abbildung 12 Lufttemperaturen in 3m Höhe

Obige Abbildung 12 zeigt die Lufttemperaturen in einer horizontalen Ebene auf 3m Höhe. Die Temperaturen im Sonderausstellungsbereich betragen bis zu  $25^{\circ}\text{C}$ , obwohl die Energiebilanz ohne Berücksichtigung des Austausches mit dem Gang eine Temperatur von  $22^{\circ}\text{C}$  ergibt.

Dieses Ergebnis macht deutlich, dass aufgrund der offenen Eingangssituation zusätzliche Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen erforderlich sind.

## ZUSAMMENFASSUNG

Bei hochwertigen Gebäuden, die viele offen verbundene Raumbereiche sowie offene Verbindungen zu Nachbargebäuden aufweisen und dennoch hohe Anforderungen an das Raumklima stellen, reichen die vereinfachenden, standardmäßigen Planungswerkzeuge nicht aus, um das geplante Klimatisierungskonzept – insbesondere bei hohen Besucherströmen mit vielen, offen stehenden Türen – zu beurteilen. Die Auswirkungen der Wind- und Thermik-induzierten Luftströmungen innerhalb derartiger Gebäude auf das jeweilige TGA-Konzept können nur mittels moderner, innovativer Planungsmethoden in Form von Simulationstechnik beurteilt werden.

## LITERATUR

HOAI, 1995: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, Ausgabe von 1995

VDI 2078, 1996: Technische Regel, Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln), Ausgabe vom Juli 1996

DIN 4108-2, 2003: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz Ausgabe vom Juli 2003