

SIMULATION VON GEBÄUDEATRIEN ALS BASIS VON ENERGIEKONZEPTEN

Tobias Schrag¹, Christian Waldhoff², Birgit Lenzen² und Jörg Rädler²
¹dezentral bayern

Klarastr. 19, D-80636 München, schrag@dezentral.de

²dezentral GbR: Energiekonzepte & Gebäudesimulation

Prinzessinenstr.19-20, D-10969 Berlin, www.dezentral.de

KURZFASSUNG

Es werden verschiedene Nutzungsarten, energetische Fragestellungen und Simulationsansätze für Glasatrien angesprochen und das Modell für die dynamische Simulationsumgebung SMILE genauer vorgestellt. Eine systematische Untersuchung zur Einbeziehung eines Atriums in ein Lüftungskonzept wird als typische Anwendung eines einfachen Modells dargestellt. Der Einsatz eines Schichtenmodells wird an zwei Projekten mit natürlicher bzw. kontrollierter Lüftung erläutert. Vorteile und Grenzen dieses Modells werden aufgezeigt.

ABSTRACT

Different patterns of utilisation, energy related questions and simulation approaches for glazed atria are discussed and the atria model of the simulation environment SMILE is described. As typical application of a simple model, different inclusions of an atrium in air flow concepts are studied systematically. The use of a multi layer model is illustrated with two projects with controlled and natural ventilation. Advantages and limits of this model are shown.

EINLEITUNG

Überdachte Höfe und dem Gebäude vorgelagerte Hallen sogenannte Atrien werden häufig mit einem hohen Glasanteil an Dach und Fassade ausgeführt. Auf Grund dieses hohen Glasanteils, ihrer Größe, der zentralen Lage und des repräsentativen Charakters kommt diesen Räumen entscheidende Bedeutung in einem Energiekonzept zu. Bei einer energetischen Beurteilung unterschiedlicher Bauformen ist der G-Wert, das Verhältnis der Transmissionswärmeverluste des Atriums an die Umgebung zu denen des Gebäudes an das Atrium ausschlaggebend (Wall, M. 1996). Die niedrigsten G-Werte besitzen in der Regel innenliegende Atrien, gefolgt von Atrien, die an drei Seiten vom Gebäude eingerahmt werden.

Entscheidend neben der Form ist auch die Nutzung der Atrien, die von der reinen Verkehrsfläche über die Unterbringung von Empfangsbereichen und Gastronomie bis zur abendlichen Umwandlung in Veranstaltungsräume reicht. Im Laufe des Planungsprozesses müssen je nach Nutzungskonzept die verschiedensten Fragestellungen mit der Simulation von Atrien beantwortet werden. Neben dem Kaltluftabfall an einer Glasfassade sind die lokale Tempe-

rierung von Arbeitsplätzen, die kurzzeitige Aufheizung für Veranstaltungen, der Anfall von Tauwasser oder die einzuhaltende Mindesttemperatur die häufigsten Fragen bezüglich der Heizperiode. Für die Sommermonate interessieren vor Allem Vergleiche für verschiedene Sonnenschutzsysteme, die Dimensionierung von Lüftungsfenstern oder die nötige Überhöhung des Daches, um eine Erwärmung des obersten Geschosses durch das Warmluftkissen unter dem Dach zu vermeiden.

SIMULATION VON ATRIEN

Um eine sinnvolle Integration eines Atriums in das Lüftungskonzept zu gewährleisten werden häufig Simulationen durchgeführt. Je nach Anforderungen und Planungsstand können dies stationäre Berechnungen, dynamische Gebäudesimulationen oder Strömungssimulationen (CFD) sein. Der Einsatz stationärer Berechnung ist meist auf die Frühphase eines Projektes beschränkt. CFD Rechnungen, die die genaueste Vorhersage von Luftströmungen im Gebäude ermöglichen, sind so aufwendig, dass sie meist erst in einer späten Projektphase eingesetzt werden, um konkrete Fragen detailliert zu beantworten. Neben den hohen Kosten hat der numerische Aufwand für Strömungsberechnung auch den Nachteil, dass nur kurze Zeitspannen simuliert werden, d.h. es werden nur typische bzw. kritische Zeitpunkte untersucht. Für die Erstellung von Energiekonzepten werden daher meist dynamische Mehrzonenmodelle eingesetzt.

Da viele Gebäudesimulationsprogramme nur über Zonen mit einem Raumluftknoten verfügen, d.h. ideal durchmischte Räume annehmen, bleibt ihr Einsatz auf grobe Fragestellungen beschränkt oder sie werden mit anderen Programmen verbunden: Ein Gebäudesimulations- und ein Druckknotenströmungsmodell sowie eine Komponente zur Abbildung des natürlichen Auftriebs (Heiselberg et al. 1998). Bei manchen Simulationsprogrammen ist auch die Aufteilung des Luftinhaltes einer Zone in mehrere Raumluftvolumina möglich. Hierbei wird das Raumluftvolumen meist vertikal diskretisiert, um die Temperaturschichtung abbilden zu können. Modelle für zwei oder dreidimensionale Diskretisierung wurden entwickelt, und sind bereits in erste Simulationsumgebungen integriert (Inard et al. 1996, Mora et al. 2003, Megri et al. 2005).

Das SMILE Modell

In dem Multizonengebäudemodell der dynamischen Simulationsumgebung SMILE kann ein einfaches Raumlufknotenmodell durch ein diskretisiertes ersetzt werden (Nytsch-Geusen, 2001). In Abb.1 sind die physikalischen Zusammenhänge des Modells dargestellt, bei dem thermische und hydraulische Modellierung gekoppelt sind.

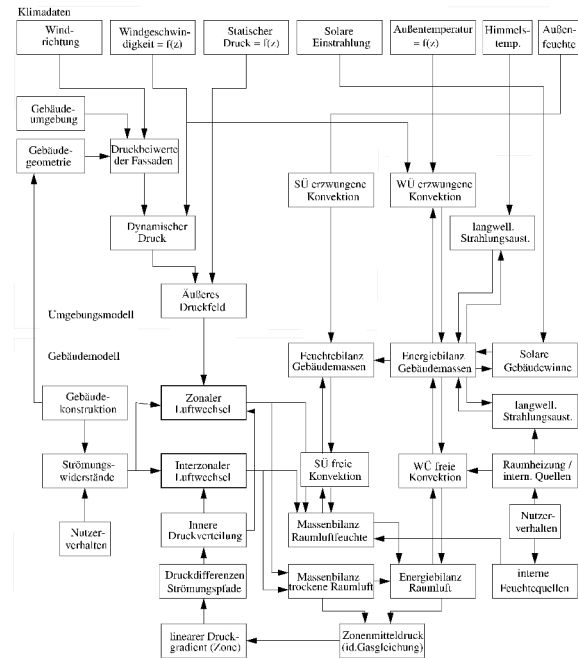


Abbildung 1 Physikalische Zusammenhänge des SMILE-Gebäudemodells (Nytsch-Geusen, 2001)

Die Anzahl der Luftschichten in einer Zone ist bei der Simulation von Glasatrien meist um ein bis zwei größer als die Anzahl der Stockwerke, um das Warmluftkissen unter dem Dach abbilden zu können. Die Temperatur einer Luftschicht wird durch die konvektive Wärmeabgabe der Wände, eventuelle Wärmequellen in der Luftschicht sowie die zu und abströmenden Luftmassen aus den angrenzenden Zonen und den benachbarten Raumluftvolumina gebildet. Da bisher nur eine eindimensionale Diskretisierung des Raumluftvolumens möglich ist, läßt sich nur eine Pfropfenströmung abbilden. Konvektionswalzen, Kaltluftabfall an der Fassade o. Ä. bleiben unberücksichtigt. Da diese Pfropfenströmung oft der dominierende Faktor der Energiebilanz einer Schicht ist und die thermischen Auftriebskräfte bei bekannten Schichttemperaturen feststehen, kommt der genauen Bestimmung der Strömungswiderstände entscheidende Bedeutung für die Temperaturschichtung zu.

ENERGETISCHE OPTIMIERUNG DER LUFTFÜHRUNG

Eine typische Anwendung bei der ein einfaches Modell mit nur einem Temperaturknoten ausreicht, ist ein systematische Variantenvergleich, der in der Frühphase eines Projektes durchgeführt wurde. Vari-

iert wurde die Art der Luftführung zwischen Umgebung, Wärmerückgewinnung, Gebäude und Atrium sowie die thermische Qualität der Atrienverglasung. Ziel war es den erzielten Wärmeschutz für das Gebäude und die auftretenden Temperaturen in der Glashalle zu quantifizieren. Ein an drei Seiten umschlossenes Atrium mit einer Wärmerückgewinnungsanlage (65% Nutzungsgrad) wurde für einen zweifachen Luftwechsel untersucht.

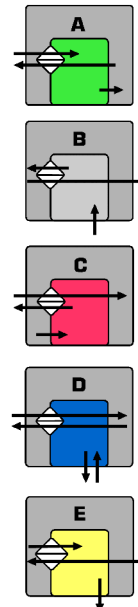


Abbildung 2 Verschiedene Luftführungen im Atrium

des ausgeglichen werden kann.

DREI ATRIEN IN EINEM VERWALTUNGSGEBÄUDE



Abbildung 3 Innsbruck, L2, Ostatrium

In der Mitte des architektonischen Konzept des neuen Regierungsgebäudes in Innsbruck steht der ganzjährige Blick ins Grüne (s. Abb.3). Drei bepflanzte Glashallen wurden in das Gebäude integriert und dienen als Verkehrswege und Aufenthaltszonen. Das Bürogebäude ist auch ein ökologisches Vorzeigeprojekt, mit einem Heizwärmebedarf unter 35 kWh/m²a und ohne mechanische Kühlung. Daher sind die drei Atrien auch unbeheizt. Durch die eingefangene solare Strahlung, die Wärmeabgabe des Gebäudes und die Lüftung in die Hallen hinein

soll auch im Winter ein mittleres Klima erreicht werden (Waldhoff, C. 2005).

Für den Winterbetrieb musste durch die Atriumsimmulation die Tauwasserproblematik untersucht werden. Außerdem sollten die Minimaltemperaturen in Bodennähe bestimmt werden, um Schäden an der Bepflanzung zu vermeiden. Da die angrenzenden Büros direkt in die Glashallen lüften, wurde besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von extrem hohen Lufttemperaturen im Sommer gelegt. Dies kann speziell in den oberen Etagen zu einem Problem werden. Nach vergleichenden Untersuchungen hat sich das Planungsteam bezüglich der Fassade des Ostatriums für die kostengünstigere Variante des innen liegenden Sonnenschutzes entschieden. Die Fassade zwischen den Büros und den Atrien besitzt hingegen nur einen Blend- und Sichtschutz. Es konnte gezeigt werden, dass günstigere Temperatur- und Lüftungsverhältnisse entstehen als bei der Alternative mit individuellem Sonnenschutz an den Bürofassaden im Atrium. Bei der Beantwortung dieser Frage stieß das eindimensional diskretisierte Modell jedoch an seine Grenzen. Eine Aufheizung des Luftraums durch den innenliegenden Sonnenschutz kann an der Atriumsfasade wesentlich besser abgelüftet werden als eine entsprechende Aufheizung direkt an der Bürofassade. Dies kann jedoch durch ein rein horizontal geschichtetes Modell nicht abgebildet werden.

ZENTRALES ATRIUM IN EINEM WOHNUNGSBAU

Bei einem an einer vielbefahrenen Straße gelegenen Seniorenwohnanlage sollte aus Schallschutzgründen eine mechanische Wohnungslüftung installiert werden. Gleichzeitig sollte das als Kommunikationszentrum dienende Atrium in ein Energiekonzept integriert und hinsichtlich des winterlichen als auch sommerlichen Temperaturverhaltens optimiert werden.

Das Energiekonzept kombiniert, wie in Abb. 4 gezeigt, einen Erdreichwärmetauscher mit dem Atrium als Zuluftraum. Aus dem Atrium gelangt die temperierte Frischluft über Überstromrohre in die Wohnungen und wird von dort über eine reine Abluftanlage abgeführt. Im Winterbetrieb lassen sich so Wärmegewinne aus dem Erdreichwärmetauscher und solare Gewinne des Atriums miteinander kombinieren. Im Sommerbetrieb ermöglicht der Erdreichwärmetauscher eine Spitzenlastkühlung des Atriums. Eine kombinierte Simulation des Erdreichwärmetauschers und des Gebäudes mit einem geschichteten Atriummodell die dringende Erhöhung des Dachüberstandes um eine Überhitzung des 4. Stockes zu vermeiden. Ausserdem zeigte sie die Notwendigkeit von Lüftungsöffnungen im Erdgeschossbereich, um durch eine verstärkte Nachtlüftung eine Auskühlung der Speichermassen zu erzielen.

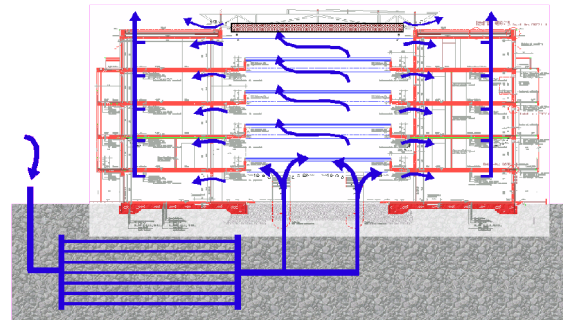


Abbildung 4 Ein Atrium als Frischluftverteiler

ZUSAMMENFASSUNG

Grundsätzliche Untersuchungen zu einem Energiekonzept in einer frühen Projektphase können mit einem einfachen Atriummodell mit nur einem Raumluftknoten durchgeführt werden. Dadurch kann eine energetische Bewertung von Verglasung und Luftführung erfolgen. Für eine genauere Beurteilung der sommerlichen Überhitzungsgefahr in Atrien oder der auftretenden Minimaltemperaturen ist eine Simulation mit einem Schichtenmodell notwendig. Wünschenswert für viele Projekte in denen aus Kostengründen keine Strömungssimulation eingesetzt werden kann, wäre eine mehrdimensionale Diskretisierung des Luftvolumens. Mit der Integration solcher Raumluftmodelle, die schon länger bestehen, in gebräuchliche Simulationsumgebungen ließe sich die Qualität der Energie- und Klimakonzeption weiter verbessern.

LITERATUR

- Heiselberg, P. et al. 1998. Ventilation of Large Spaces in Buildings, Aalborg University, Aalborg, Denmark
- Inard, C., Bouia, H., Dalicieux, P. 1996. Prediction of air temperature distribution in buildings using a zonal model, Energy and Buildings 24, 125-132
- Megri, A., Snyder M., Musy, M. 2005. Building Zonal Thermal and Airflow Modelling – A Review, Int. Journal of Ventilation 4 177-188
- Mora, L., Gadgil, A., Wurtz, E. 2003. Comparing-zonal and CFD model predictions of isothermal indoor airflows to experimental data, Indoor Air 13, 77-85
- Nytsch-Geusen, C. 2001. Berechnung und Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden und ihren energietechnischen Anlagen in einer objektorientierten Simulationsumgebung, Fortschritt-Berichte VDI Reihe 6 Nr.472, VDI Verlag, Düsseldorf
- Waldhoff, C. Schrag, T., Rädler, J., Lenzen, B. 2005. Mit Licht, Luft und Sonne, Solares Bauen, Solarpraxis, Berlin
- Wall, M. 1996. Climate and Energy Use in Glazed Spaces, Dissertation Lund University, Sweden