

## Klimatechnik

# Thermische Simulation eines Atriums

Gisela Eisenmann, Stuttgart

Die technische Universität München erstellt in Garching einen Neubau für die Fakultäten Mathematik und Informatik. Ein nördlicher und ein südlicher Gebäudeteil sowie drei Hörsäle und eine Bibliothek werden dort durch ein Atrium verbunden. Im vorliegenden Beitrag wird untersucht, ob und wie sich erträgliche klimatische Verhältnisse in diesem Atrium ohne Lüftungs- bzw. Klimaanlage erreichen lassen.

## Autor



Dr.-Ing. Gisela Eisenmann studierte Maschinenbau an der Universität Stuttgart und promovierte 1997. Sie war von 1985 bis 1999 freie Mitarbeiterin der Forschungsgesellschaft Heizung, Lüftung, Klimatechnik Stuttgart mbH. Diese Arbeit entstand während ihrer Tätigkeit als freie Mitarbeiterin der Jaeger, Mornhinweg und Partner Ingenieurgesellschaft mbH.

Das Atrium ist etwa 147 m lang, an der Ostseite etwa 25 m breit und an der Westseite etwa 13 m breit. Es erstreckt sich über vier Stockwerke und ist im Mittel ca. 17 m hoch. Außer dem Dach ist die Westfassade verglast sowie etwa 250 m<sup>2</sup> am westlichen Ende der Südfassade, die Ostfassade – soweit nicht der große Hörsaal angrenzt –, etwa 400 m<sup>2</sup> am östlichen Ende der Nordfassade und ein Band von etwa 290 m<sup>2</sup> am oberen Ende der Südfassade.

Bezüglich dieses Atriums werden von Bauherren- und Architektenseite folgende Anforderungen gestellt:

- Freie Lüftung
- Möglichst keine Verschattungsvorrichtungen
- Die Lufttemperatur darf während der Sommermonate zum Zeitpunkt der maximalen Außentemperatur (Mittagszeit) um maximal 5 K über der Außentemperatur liegen. Bei rasch zurückgehender Außentemperatur kann die Temperatur im Atrium aufgrund der Speichermassen nicht in gleichem Maße folgen, so dass sich in diesem Fall eine größere Temperaturdifferenz zwischen innen und außen einstellt, die vom Bauherrn akzeptiert wird.
- Im Atrium sollen Bäume gedeihen. Es soll daher ein möglichst UV-Licht-durchlässiges Glas gewählt werden.

Mit Hilfe von Simulation des Atriums soll untersucht werden, wie diese Anforderungen erfüllt werden können.

Als variabel gelten:

- die Dachform
- die Glasart
- der Luftwechsel bzw. die Anzahl der Zuluft- und Abluftöffnungen.

Die Dachform wurde letztendlich mit einer Neigung von 8° nach Norden festgelegt. Dies hat den Vorteil, dass ein größerer Anteil der solaren Strahlung nicht ins Atrium einfällt, sondern reflektiert wird.

Tabelle 1 zeigt, welche Verglasungsvarianten simuliert wurden. Hierzu wurde eine Hitzeperiode des Testreferenzjahrs für München herangezogen.

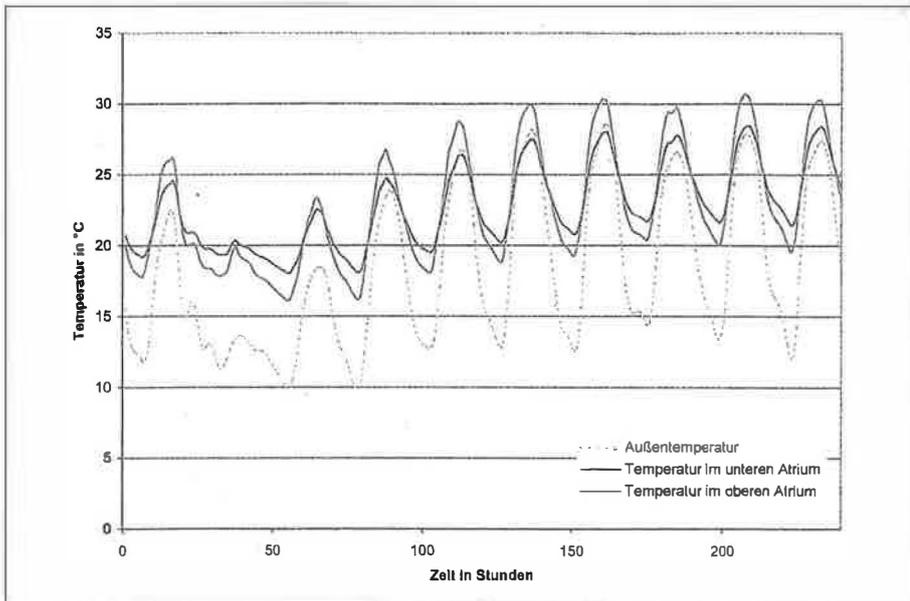
Bild 1 zeigt die sich einstellenden Temperaturen im Atrium für Verglasungsvariante 1 bei einem 0,8-fachen Luftwechsel. Für die Simulation wurde das Atrium in einen oberen besonnten Bereich und einen unteren Bereich unterteilt, die durch eine gedachte schräge Ebene getrennt sind. Dargestellt sind die Temperaturen im oberen Atriumbereich, im unteren Atriumbereich und die Außentemperatur über einen Zeitraum von 10 Tagen. Aufgrund der größeren Sonneneinstrahlung während des Tages sowie der größeren Wärmeabgabe während der Nacht nimmt die Temperatur im oberen Atriumbereich extremere Werte an als im unteren Atriumbereich. Sie folgt leicht zeitverzögert und gedämpft dem Außentemperaturverlauf. Am zweiten Tag liegt die maximale Temperatur im Atrium bei etwa 20 °C während die Außentemperatur um etwa 7 K

| Variante | Glasart des Daches  | Glasart der Fassade   |
|----------|---|---|
| Nr. 1    | Isolierglas<br>$k = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>$g = 79 \%$                             | Wärmeschutzglas (Ar)<br>$k = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>71% / 59 % <sup>1)</sup>       |
| Nr. 2    | Wärmeschutzglas (Ar)<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>75% / 62 % <sup>1)</sup>       | Wärmeschutzglas (Ar)<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>75% / 62 % <sup>1)</sup>       |
| Nr. 3    | Sonnenschutzglas (Ar) grau<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>50% / 40 % <sup>1)</sup> | Sonnenschutzglas (Ar) grau<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>50% / 40 % <sup>1)</sup> |
| Nr. 4    | Sonnenschutzglas, natur<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>66% / 34 % <sup>1)</sup>    | Wärmeschutzglas (Ar)<br>$k = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>71% / 59 % <sup>1)</sup>       |
| Nr. 5    | Isolierglas<br>$k = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>$g = 79 \%$                             | Isolierglas<br>$k = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$<br>$g = 79 \%$                             |

<sup>1)</sup> Lichttransmissionsgrad/Gesamtenergiedurchlaßgrad

Tabelle 1

Verglasungsvarianten des Atriums



das Temperaturniveau am 8., 9. und 10. Tag, an denen jedoch die kritische Temperaturdifferenz von 5 K zwischen Temperatur im oberen Atriumbereich und Außentemperatur nicht erreicht wird. Ein Luftwechsel von 0,8 pro Stunde könnte jedoch problematisch werden, vor allem, wenn höhere innere Lasten auftreten oder die Speichermassen, z. B. des Fußbodenaufbaues verändert werden. Die Auswirkungen verschiedener Luftwechsel, verschiedener Glasarten und unterschiedlicher innerer Lasten auf die Temperatur im oberen Atriumbereich sind in Bild 2 dargestellt. Während eine Erhöhung der inneren Lasten, z.B. bei Variante 1, einen deutlichen Anstieg der Lufttemperatur bewirkt, lässt sich diese wie erwartet durch einen höheren Luftwechsel wieder senken. Es zeigt sich auch, dass die

Bild 1

**Atriumtemperaturen vom 27. August bis 5. September für Verglasungsvariante 1 (Dach: Isolierglas, Fassade: Wärmeschutzglas) bei Luftwechsel 0.8 1/h**

darunter liegt. Da letztere aber die Heizgrenztemperatur unterschreitet, kann die hohe Temperaturdifferenz zwischen innen und außen in diesem Fall nur erwünscht sein. Es zeigt sich eine Pufferung entsprechend der energetischen Zielsetzung von Wintergärten. Am dritten Tag liegt das Temperaturniveau insgesamt höher und die 5 K Differenz werden nahezu erreicht. Problematischer ist

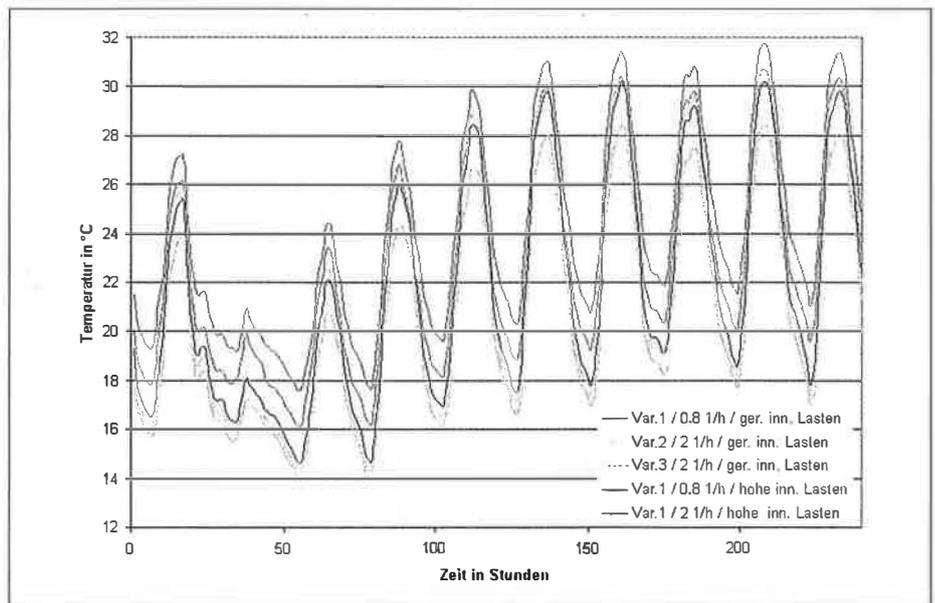


Bild 2

**Lufttemperaturen im oberen Atriumbereich vom 27. August bis 5. September für verschiedene Varianten**

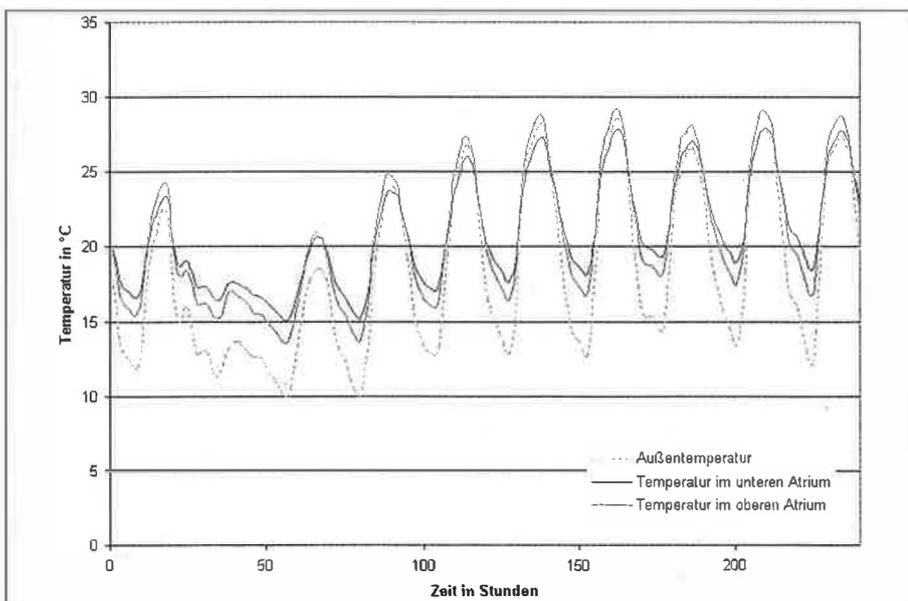


Bild 3

**Atriumtemperaturen vom 27. August bis 5. September für Verglasungsvariante 5 (Isolierverglasung), Luftwechsel 2 1/h**

Atriumtemperatur bei Verwendung von Wärmeschutzglas während der Mittagszeit höher ist, als bei Verwendung von Isolierglas. Bei Variante 2 mit zweifachem Luftwechsel treten nahezu gleiche Tageshöchsttemperaturen auf wie bei Variante 2 mit 0,8-fachem Luftwechsel. Wesentlich niedrigere Temperaturen stellen sich bei Variante 3, der Sonnenschutzverglasung, ein. Dieses Sonnenschutzglas mit seiner grauen Beschichtung ist jedoch so wenig lichtdurchlässig, dass es als ungeeignet für das Gedeihen der im Atrium vorgesehenen Bäume angesehen werden muss.

Zur Ausführung soll – nicht zuletzt auch aus Preisgründen – die Verglasungsvariante 5 mit Isolierverglasung des Daches und der Fassaden kommen. Die sich bei einem zweifachen Luftwechsel und geringen inneren Lasten einstellenden Temperaturen im Atrium sind aus Bild 3 zu ersehen. Am 8., 9. und 10. Tag liegt die Differenz zwischen Außentemperatur und Temperatur im oberen Atrium unter 2 K. Somit ist eine ausreichende Sicherheit gegeben.

Ob ein Luftvolumenstrom durch das Atrium, der einen zweifachen Luftwech-

sel bewirkt, sicher gestellt werden kann, wird anhand der nachfolgenden Formel überprüft:

$$V = A_2 C_{d2} [(2 g H (T_{im} - T_a)) : (T_i [1 + (T_a : T_i) \times (C_{d2} A_2 : C_{d1} A_1)^2])]^{1/2} \\ = 83 \text{m}^2 [(2 \times 9,81 \text{m/s}^2 \times 12,5 \text{m} (301,3 \text{K} - 300,5 \text{K})) : (302 \text{K} [1 + (300,5 \text{K} : 302 \text{K}) (83 \text{m}^2 : 41,5 \text{m}^2)^2])]^{1/2} = 107921 \text{m}^3/\text{h}$$

mit

V Luftvolumenstrom in kg/s

A<sub>2</sub> Abluftöffnung in m<sup>2</sup> (senkr. Anströmfläche)

C<sub>d2</sub> Durchflussbeiwert der Abluftöffnung nach Diagramm aus [1]

g Erdbeschleunigung 9,81 m/s<sup>2</sup>

H Höhe von Mitte der Zuluftöffnung bis Mitte der Abluftöffnung in m

T<sub>im</sub> über die Höhe gemittelte Innentemperatur in K

T<sub>a</sub> Außentemperatur in K

T<sub>i</sub> Innentemperatur im oberen Atriumbereich in K

C<sub>d1</sub> Durchflussbeiwert der Zuluftöffnung nach Diagramm aus [1]

A<sub>1</sub> Zuluftöffnung in m<sup>2</sup> (senkr. Anströmfläche)

Bei den vorgesehenen aerodynamisch

wirksamen Flächen wird selbst bei einer Temperaturdifferenz zwischen außen und innen im Atrium von 1,5 K noch ein Luftwechsel von 2,3 pro Stunde (Hallenvolumen 46 100 m<sup>3</sup>) erreicht. Die eingangs aufgeführten Anforderungen können somit als erfüllt gelten; erträgliche klimatische Bedingungen werden sich auch im Sommer einstellen. H 148

### Literatur

[1] Bundesamt für Energiewirtschaft  
Bericht: Lüftung von großen Räumen –  
Handbuch für Planer. Klima-Suisse, Zürich, 1997.

Fax: 02 11/61 03-4 14

## Jetzt zum Kennenlern-Preis

Die **HLH** (Heizung, Lüftung/ Klima, Haustechnik) ist für Sie als Planer im Bereich TGA unentbehrlich, denn **soviel TGA-Wissen finden Sie nur hier**. In praxisnahen und dennoch wissenschaftlich fundierten Beiträgen über Heiz-, Raumluft- und Sanitärtechnik, Gebäudeautomation und Facility-Management.



### Ja, ich möchte die HLH kennenlernen!

Bitte senden Sie mir die nächsten zwei Ausgaben für nur DM 19,- zzgl. DM 5,- Versandkosten.

Sollte ich die Zeitschrift HLH nach Erhalt der 2. Testausgabe nicht schriftlich abbestellen, erhalte ich sie weiter zum derzeit gültigen Jahresbezugspreis von DM-270,- zzgl. DM 24,- Versandkosten (Inland).

Name, Vorname (BITTE IN-DRUCKBUCHSTABEN)

Firma

Straße/Hausnummer

PLZ / Ort

Datum / Unterschrift

Vertrauensgarantie: Die Bestellung kann ich innerhalb einer Woche gegenüber dem Springer-VDI-Verlag schriftlich widerrufen. Es genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.