

# Natürliche Lüftung



Atrien, Hallenräume oder geschlossene Stadien werden häufig so konzipiert, dass zu einem großen Teil der Betriebszeit auf mechanische Belüftung verzichtet werden kann. Bei der Planung besteht das Bedürfnis nach einer sicheren Voraussage der Wirksamkeit der natürlichen Durchlüftung.

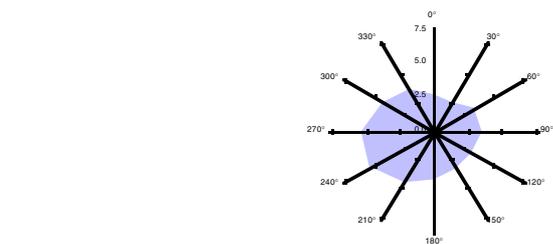
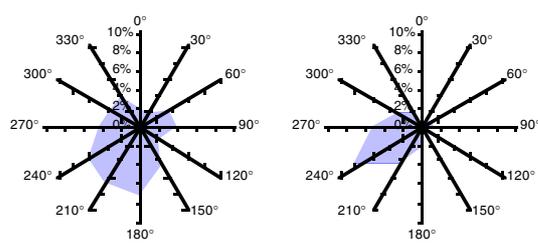
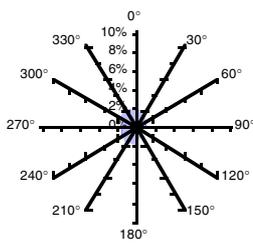
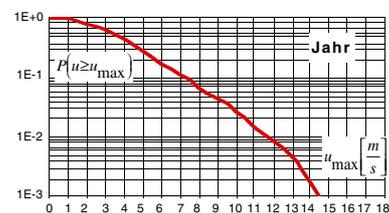
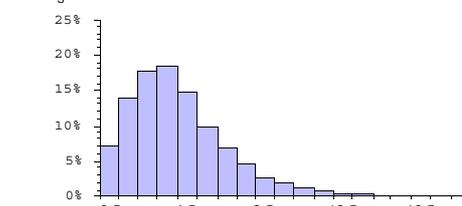
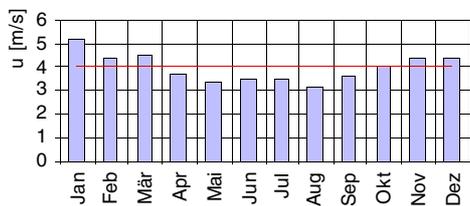
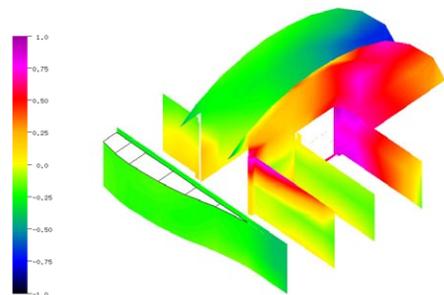
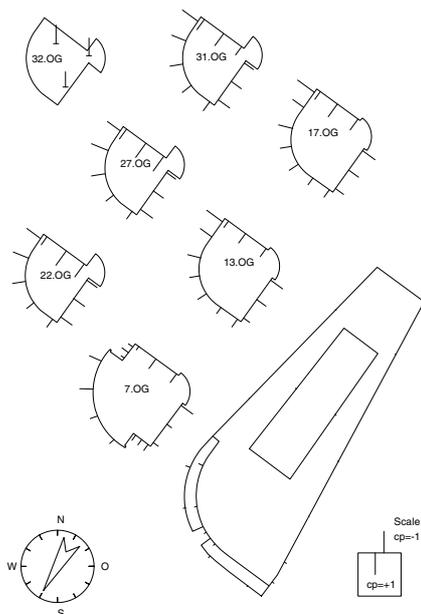
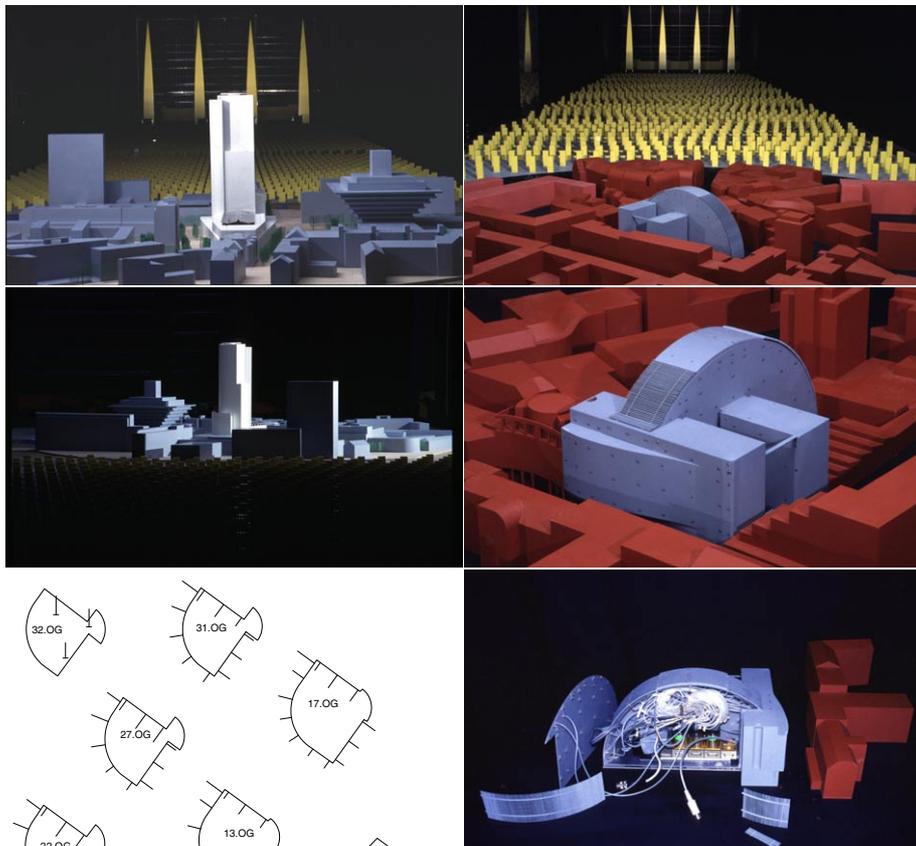
Da diese durch ein komplexes Wechselspiel von Thermik und Wind bestimmt wird, bereitet die Vorhersage der lokal erzielbaren Luftaustauschraten in den Innenräumen oft Schwierigkeiten.

Der Transport von verbrauchter Luft oder von Schadgasen innerhalb eines Gebäudes und über die Grenze der Gebäudehülle hinweg lässt sich grundsätzlich über eine Bilanz der Luftmassen- und Energieströme durch Räume und Öffnungen berechnen. In Computerprogrammen wird das reale Gebäude durch ein Netzwerk simuliert, als dessen Knoten alle offenen oder zu öffnenden Fenster- und Türöffnungen zu betrachten sind.

Diese Elemente werden jeweils durch eine bauteilspezifische Durchlässigkeitsfunktion, d.h. der Abhängigkeit des Massenstromes von der anliegenden Druckdifferenz, charakterisiert.

Ist die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenraum am Ort des Fensters und der außen am Fenster herrschende Winddruck bekannt, so liefert die Lösung des entstehenden Gleichungssystems einerseits für jedes durchströmte Element den durchtretenden Luftvolumenstrom als auch den sich im Inneren des betrachteten Luftraumes einstellenden Innendruck und einen Mittelwert des frischluftbezogenen Luftwechsels.

Während die, durch Sonneneinstrahlung und interne Lasten eingetragene Wärme durch die Anwendung moderner thermischer Raumsimulationsverfahren mit Hilfe des Computers in Abhängigkeit von Gebäudestandort, Tages- und Jahreszeit sowie Bauart und angewandter Fassadentechnik hinreichend genau bereit gestellt werden kann, lassen sich windinduzierte Drücke an Baukörpern mit komplexer Geometrie derzeit nicht mit vertretbarem Aufwand rechnerisch ermitteln.



Jahresmittel der Windgeschwindigkeit

Die spezifischen windklimatologischen Daten an dem Standort des Gebäudes bilden eine wesentliche Grundlage für die weiteren Simulationsrechnungen und die Interpretation der Ergebnisse aus den Experimenten. In den drei Diagrammen oben links sind unterschiedliche Richtungshäufigkeiten für verschiedene Geschwindigkeitsbereiche dargestellt. Deutlich sichtbar ist, daß an dem betrachteten Standort schwacher Wind (links) fast gleich häufig aus allen Richtungen kommt, während sich mit zunehmender Windstärke eine deutliche Vorherrschaft südwestlicher Winde zeigt. Die weiteren Abb. zeigen die Richtungsabhängigkeit der Jahresmittelwerte (oben rechts), den Jahresgang der Monatsmittelwerte (unten links), die Häufigkeiten verschiedener Geschwindigkeitsklassen (unten Mitte) und die Wahrscheinlichkeiten, mit der bestimmte Schwellenwerte der Stundenmittelwerte überschritten werden.

Ursache hierfür ist die Komplexität der gebäudenahen Windströmungsverhältnisse. Neben der Gebäudegeometrie selbst spielt die Art der Umgebungsbebauung und die Lage bzw. Ausgesetztheit des Gebäudes eine große Rolle. Wichtige Randbedingungen stellen die, vom regionalen Standort abhängigen, statistischen Häufigkeitsverteilungen von Windgeschwindigkeit und -richtung dar.

Im Grenzschichtwindkanal lässt sich das durch Wind induzierte, gebäudenaher Strömungsfeld an Hand maßstäblicher Modellversuche mit hinreichend hoher Genauigkeit nachbilden. Die Experimente erlauben die exakte Messung der windrichtungs- und windgeschwindigkeitsabhängigen Drücke an der Oberfläche des maßstäblichen Gebäudemodells, welche sich mit guter Genauigkeit auf das Originalgebäude übertragen lassen.

Die Daten erlauben die Berechnung des, am Originalgebäude zu erwartenden, windbedingten Luftaustausches unter der Annahme, dass es sich um ein stationäres Druckfeld handelt. Auf Grund der Bögigkeit des bodennahen Windes können sich allerdings Differenzen zwischen dem berechneten Wert und dem real erzielten Luftwechsel ergeben.

Diese Unterschiede lassen sich u. a. dadurch erklären, dass ein verschwindender zeitlicher Mittelwert einer Druckdifferenz zwischen zwei Fensteröffnungen auch als die Folge von ständig wechselnden Drücken mit entgegengesetzten Vorzeichen gesehen werden kann. Aus diesen ergibt sich dann unter Umständen ein wesentlicher Beitrag zum Luftaustausch.

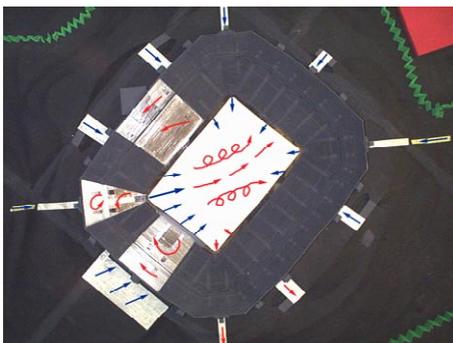
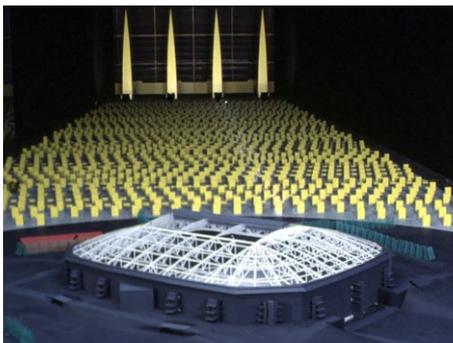
Bei vielen Anwendungsfällen ist es für den weiteren Planungsablauf erwünscht, sich ein Bild von den windinduzierten Innenströmungen bei verschiedenen Windrichtungen zu machen. Darüber hinaus ist eine quantitative Bestätigung der, aus den Druckverhältnissen berechneten, windbedingten Luftaustauschraten durch eine Tracergasmessung in jedem Falle zu empfehlen.

Rechnerisch für einen natürlich durchlüfteten Luftraum ermittelte Angaben über die Effizienz der Lüftung sind in der Regel lediglich integrale Werte und nicht für alle Bereiche des Raumes zutreffend. Verschiedentlich bilden sich Zonen aus, in denen, durch Windströmungen angetrieben, die Luft gar nicht oder nur sehr eingeschränkt ausgetauscht wird.

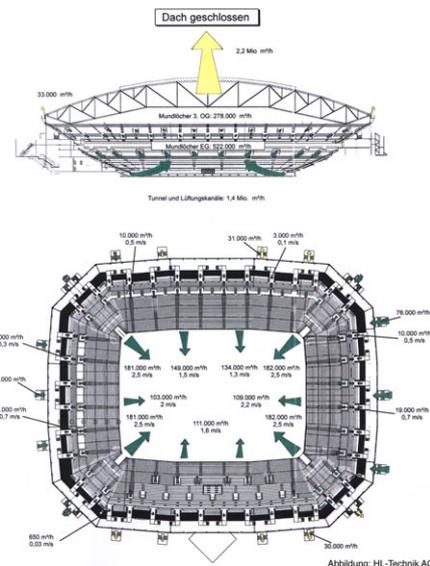
Die Abbildungen illustrieren beispielhaft das weitere Vorgehen bei der Entwicklung einer Strategie zur natürlichen Lüftung eines großen Hallenraumes. Die Innenströmungsverhältnisse innerhalb der Halle werden bei maßstäblich nachgebildeten Öffnungsquerschnitten aller Fenster, Türen und Gänge untersucht.

Im vorliegenden Fall wird mit einem verkleinerten Modell im Maßstab 1:200 gearbeitet. Es handelt sich dabei um ein Fußballstadion mit schließbarem Dach, welches möglichst weitgehend auf natürliche Weise durch die Nutzung der Thermik und des Windes durchlüftet werden soll.

Durch störungsfreies Einbringen von Nebel werden im Experiment die Strömungsverhältnisse im Inneren sichtbar gemacht. Durch die Lichtstreuung der Teilchen lässt sich in dem turbulenten, Strömungsfeld der Weg einzelner Nebelballen durch Öffnungen und im Raum aufzeigen.



Natürliche Lüftung (ca.) des Stadions bei mittlerem Wind aus SW (220°) und einer mittleren Temperaturdifferenz von 5 K (°C)



### Leistungen der GfA zum Thema natürliche Lüftung im Überblick:

- **Konzepte:** Die GfA berät den Architekten oder Ingenieur, der einen natürlich zu belüftenden Innenraum (Atrium, Halle oder Sportstadion) plant, bereits in der Konzept- bzw. Entwurfsphase bei der Auslegung und Gestaltung aller notwendigen Zu- und Abluftöffnungen.
- **Druckverteilungen:** Für eine genaue Vorhersage der Raumluftzustände ermittelt die GfA die, sich windbedingt an den Gebäudeöffnungen einstellenden Druckdifferenzen in Abhängigkeit von der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.
- **Windklima:** Die im Jahresdurchschnitt auftretenden Häufigkeiten von Windgeschwindigkeit und Windrichtung werden durch die GfA für den Gebäudestandort ermittelt.
- **Visualisierung:** Die GfA zeigt die zu erwartenden Strömungsmuster auf, die sich unter Windwirkung im Inneren des natürlich belüfteten Raumes einstellen können, interpretiert die Auswirkungen und spricht Empfehlungen aus.
- **Simulationen:** Rechnerische Simulationen der gemeinsamen Wirkung von Wind und Thermik unter Berücksichtigung von Sonneneinstrahlung und internen Wärmequellen. An Hand der Ergebnisse wird die Funktionsfähigkeit des gewählten Belüftungskonzeptes beurteilt und optimiert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind in erster Linie die pulsierenden Strömungsverhältnisse im Bereich von Öffnungen sowie vorherrschende Strömungsrichtungen zu beachten. Ferner lassen sich Bereiche identifizieren, die entweder unzureichend belüftet werden oder an denen ein sehr hoher Luftaustausch und damit unter Umständen Zugfahrr herrscht

An Hand einer qualitativen Bewertung werden zunächst als Vorbereitung und zur Kontrolle der weiterführenden, quantitativen Verfahren die zu erwartenden windbedingten Luftaustauschraten in Teilbereichen der Lufträume an Hand der Videoaufnahmen abgeschätzt.

Bei der, dann im nächsten Schritt durchgeführten und wesentlich genaueren Verweilzeitmessung wird der Innenraum des Modellluftraumes mit Tracergas (hier Propan) geimpft und (nach gründlicher Vermischung) die Gasquelle abgeschaltet.

Der mit Hilfe eines schnellen FID (Flammenionisationsdetektor) gemessene, zeitlich abklingende Verlauf der Tracergaskonzentration im Innenraum wird aufgezeichnet. Das Abklingverhalten kann durch ein Exponentialgesetz beschrieben werden, aus dessen Koeffizienten sich die zu erwartenden Luftaustauschraten errechnen lassen.

### GfA – Gesellschaft für Aerophysik mbH

Aidenbachstraße 52  
D-81379 München

Tel.: +49 89 7233081  
Fax: +49 89 7233082  
e-mail: info@gfa.de  
Internet:  
http://www.gfa.de

