

SIMULATION VON GEBÄUDEUMSTROMUNGEN UND WINDLASTEN AUF FASSADEN

Iwan Plüss und Urs-Peter Menti

Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Zentrum für Integrale Gebäudetechnik, Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw, Schweiz
(Kontakt: iwan.pluess@hslu.ch)

KURZFASSUNG

Die Simulation von Gebäudeumströmungen ist eher selten ein Thema bei CFD-Simulationen. Doch wie hier anhand des Drehrestaurants auf dem Hohen Kasten in der Schweiz gezeigt wird, können CFD-Simulationen in speziellen Fällen wichtige Informationen für die Dimensionierung der Baustatik liefern und erhöhen so die Planungssicherheit.

In der Schweizer Norm SIA 261 ist die Berechnung der vom Wind induzierten Einwirkungen auf Tragwerke definiert. Für spezielle, von der Norm nicht abgedeckte Situationen wird auf die Möglichkeit von Windkanalversuchen verwiesen. Die exakte Rekonstruktion der realen Strömung im Windkanal ist nicht ganz einfach, vor allem bei Gebäuden mit gerundeten Konturen stellen die Modellanalogien kaum erfüllbare Anforderungen.

Numerische Strömungssimulationen (CFD)

In solchen Situationen können numerische Strömungssimulationen (CFD) wertvolle Dienste leisten. Aufgrund verbesserter Rechenmodelle werden diese Simulationsprogramme zunehmend auch für Gebäudeumströmungen eingesetzt, vor allem bei grösseren Bauvorhaben und im Zusammenhang mit unkonventionellen Gebäudeformen. CFD-Simulationen sind in der Lage, Strömungen in hoher Auflösung präzise darzustellen. Diese feine Auflösung lässt auch lokale Phänomene erkennen, was bei den eher groben Berechnungsverfahren der Norm oder bei Messungen im Windkanal nicht unbedingt möglich ist. Der Aufwand für die CFD-Simulationen rechtfertigt sich durch zusätzlich gewonnene wertvolle Informationen und die damit verbundene erhöhte Planungssicherheit, auch wenn die Normberechnung dadurch kaum ersetzt werden kann.

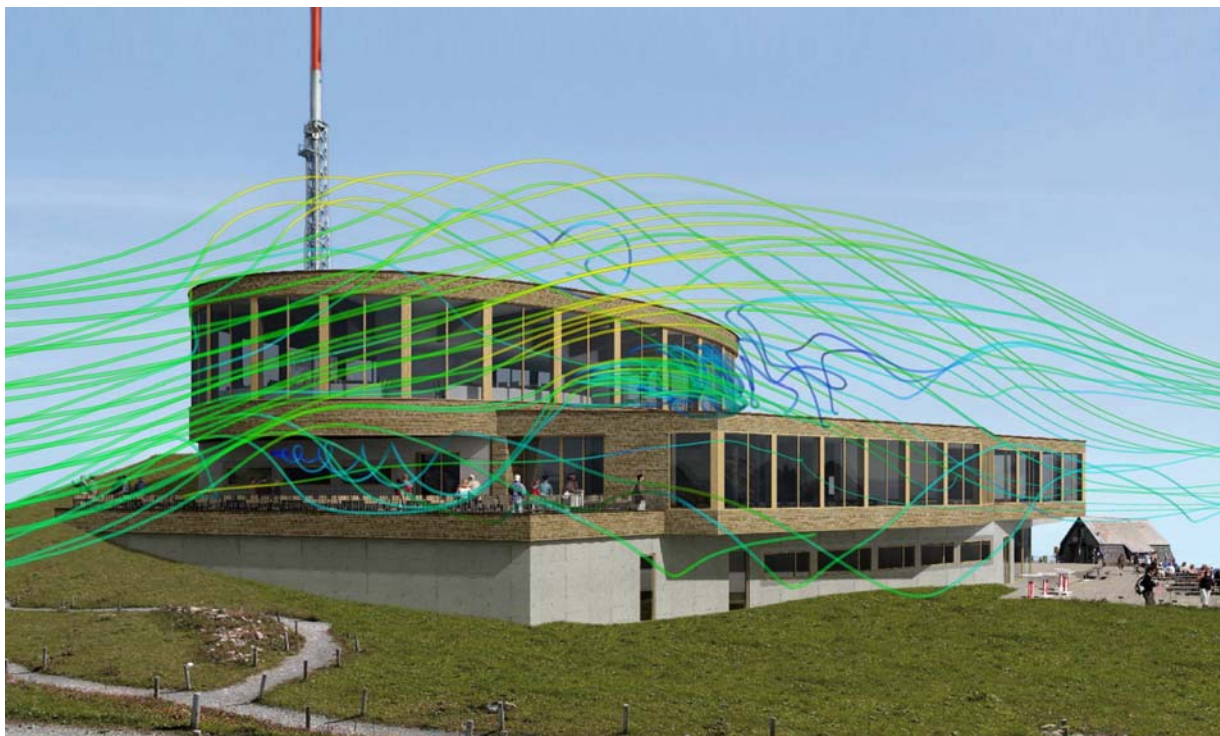


Abbildung 1 Drehrestaurant auf dem Hohen Kasten (St. Gallen, Schweiz) mit Umströmungslinien

Validierung der Simulationsmodelle

Um Vertrauen in die Rechenmodelle zu schaffen und deren Tauglichkeit für die Berechnung von (Gebäude-)Umströmungen zu erhärten, werden für verschiedene einfache Körpergeometrien die Simulationsresultate mit Normberechnungen oder mit gemessenen Werten verglichen. Berücksichtigt man die Tatsache, dass auch die Messungen mit Unsicherheiten behaftet sind, resultiert eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation. Vergleiche mit den Normberechnungen zeigen mehrheitlich gute Übereinstimmungen. In einzelnen Bereichen weist die Norm deutlich höhere Druckwerte auf als die Simulation. Eine mögliche Begründung ist die erwähnte Schwierigkeit, vor allem bei runden Körpern eine Analogie zwischen Windkanalmessung (darauf basieren die Normberechnungen) und Realität herzustellen. Hier sind sicher weitere Untersuchungen nötig.

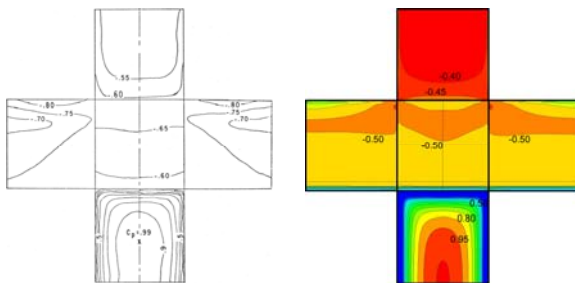


Abbildung 2 Modellvergleich CFD / Literatur (Aus «Wind effects on structures» von Emil Simiu & Robert H. Scanlan)

Es ist selbstredend, dass sowohl mit vereinfachten Berechnungsmethoden (nach Norm) als auch mit Messungen oder Simulationen letztendlich nie die Realität exakt abgebildet werden kann. Je nach Situation eignet sich das eine oder andere Instrument besser, um sich der Realität anzunähern. Entscheidend ist schlussendlich, die Resultate richtig zu werten, zu interpretieren und in Lösungen umzusetzen. Im folgenden Beispiel wird erläutert, wie CFD-Simulationen für die Ermittlung der Fassadenlasten an einem Gebäude angewendet wurden.

Neubau Drehrestaurant Hoher Kasten

Auf den im Grenzgebiet zwischen St.Gallen und Appenzell Innerrhoden liegenden Aussichtsberg Hoher Kasten führt seit über vierzig Jahren eine Seilbahn. Zur Steigerung der Attraktivität des Berges hat die Luftseilbahn Brülisau-Hoher Kasten AG einen Ersatzneubau in Form eines Drehrestaurants realisiert.

An diesem exponierten Standort ist mit hohen Windlasten auf den Baukörper zu rechnen, welche speziell im nierenförmigen Teil des Gipfelgeschosses nicht ohne weiteres mit der entsprechenden Norm berechnet werden konnten. Aus diesem Grund beschlossen

Architekt und Baustatiker, mit Hilfe von Simulationsrechnungen zusätzliche Planungssicherheit zu erlangen. Noch vor der Dimensionierung der Fassade wurde eine CFD-Simulation durchgeführt mit dem Ziel, für verschiedene Situationen betreffend Windrichtung und Windgeschwindigkeit die resultierenden lokalen Windlasten zu berechnen, um daraus die auf die einzelnen Gebäudeteile wirkenden Kräfte zu ermitteln.

Simulation der Windlasten auf die Fassade

Für die Simulationen wurden das Objekt und die nähere Umgebung dreidimensional modelliert. Alle für die Strömung irrelevanten Details wurden weggelassen. Es wurden drei Windrichtungen und die entsprechenden Geschwindigkeiten definiert:

1. Wind mit 250 km/h aus WNW, senkrecht zur Delle im Gipfelgeschoss
2. Wind mit 225 km/h aus O (zwecks Vergleich mit Normrechnung)
3. Wind mit 250 km/h aus S (Föhnsturm).

Für diese Varianten wurden die Strömungsgeschwindigkeiten ums Gebäude sowie die Druckverteilung auf der Fassade im Detail berechnet. Die Druckverteilung auf die Fassade bei einem Sturm aus westlicher Richtung zeigt die erwarteten hohen spezifischen Lasten im Bereich der Delle und den erwarteten Unterdruck (Sog) im Dach- und Terrassenbereich. Deutlich sichtbar werden aber auch lokale Phänomene wie der hohe Druck im äussersten Bereich der Terrassenbrüstung des Gipfelgeschosses. Bei einer Umströmung aus Richtung Ost entsteht durch die verschiedenen Wirbel und Ablösungen im Fassadenbereich eine Druckdifferenz zwischen der Nord- und der Südseite des Objektes (in der Abbildung verläuft ein Druckgradient von rechts nach links). Dies führt zu einer Schubspannung am Gebäude mit den entsprechend zu berücksichtigenden Lasten.

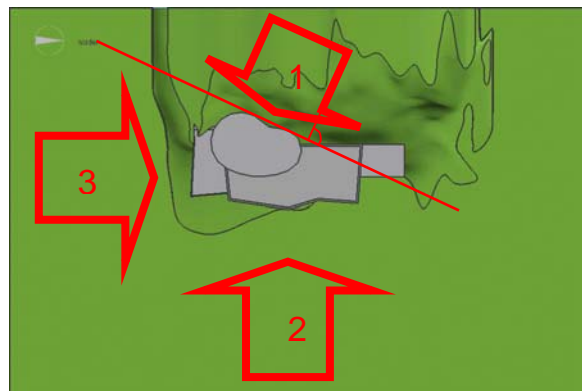


Abbildung 3 Die Umströmungssimulation wurde für die oben eingezeichneten, häufig auftretenden 3 Windrichtungen vorgenommen.

Umsetzung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Simulationen konnten nun – unter gleichzeitiger Berücksichtigung der entsprechenden Normen – für die Dimensionierung der Fassaden- und Dachkonstruktion verwendet werden. Wichtig waren dabei vor allem die Ergebnisse für die von der Norm nicht abgedeckten Fassadenbereiche. Interessant waren auch die dank der feinen Resultatauflösung zusätzlich gewonnenen Informationen über die lokale Druckverteilung. So konnten die Simulationsergebnisse auch zur Überprüfung der in der Fassade geplanten Frischluftfassung verwendet werden. Waren diese in Bereichen mit zeitweise hohem Unterdruck platziert, mussten andere Standorte überprüft werden.

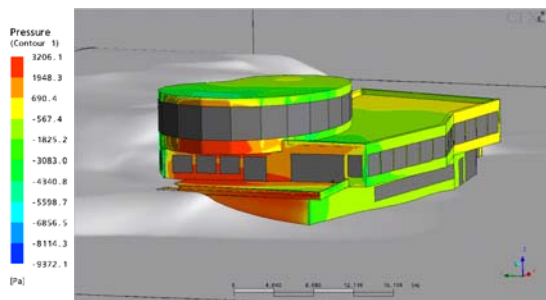


Abbildung 4 Verteilung Staudruck auf windzugewandter Fassade

Erhöhte Planungssicherheit dank Simulationen

Dank des Einsatzes solcher Simulationen ist es möglich, beliebige Gebäudeformen zu realisieren und dem Stand der Technik entsprechend zu dimensionieren. Gerade in sensiblen Bereichen wie der Baustatik ist dies von grossem Nutzen.

ABSTRACT

At the latest, if a storm blows over the landscape at any time one or another wonders whether facades and roofs may resist this high load. Even by buildings at exposed locations with according wind speeds this question is absolutely qualified. A simulation of the air flow around buildings elevates the planning reliability like the example of the new revolving restaurant on the “Hohen Kasten” shows.

LITERATUR

SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke, Schweizerische Ingenieure- und Architektenverein, ISBN 505261

Wind effects on structures, von Emil Simiu & Robert H. Scanlan

ANSYS, Inc. 2005. CFX 1

ANSYS, Inc. 2005. ICEM CFD 10