Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 29-30: Gegenwind

Artikel: Windexponiert
Autor: Gianoli, Andreas / Lüchinger, Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108947

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

WINDEXPONIERT

01

Titelbild
Die unterschiedlich farbig gekennzeichneten Komfortzonen zeigen die zu erwartenden Windverhältnisse auf. Die Nutzung der Bereiche kann entsprechend darauf abgestimmt werden (Bild: Professor Sedlacek & Partner)

Zur Ermittlung der Windkräfte, die auf gewöhnliche Bauwerke einwirken, sind die SIA-Normen ein einfaches und bewährtes Hilfsmittel. Bei speziellen Bauwerken stossen sie jedoch an ihre Grenzen. Für die Konstruktion und Bemessung solcher Tragwerke sind weiterführende Untersuchungen erforderlich. So können Messungen am Modell im Windkanal aussagekräftige Ergebnisse liefern.

Wind und Böen nehmen Menschen – im Gegensatz zu anderen Einwirkungen auf Tragwerke – direkt wahr, sei es als angenehme Brise oder als zerstörerischen Sturm. Windstärke und Windrichtung ändern sich ständig und sind kaum voraussehbar. Für die Arbeit des Tragwerks- oder Fassadenplaners müssen diese komplexen Verhältnisse vereinfacht werden. Im Normenwerk des SIA wird dabei so vorgegangen, dass der Wind als statisch wirkende Kraft behandelt wird, in die die dynamische Wirkung auf die Bauwerke mit einem Beiwert eingerechnet wird. Bei Strukturen, die nicht schwingungsanfällig sind, ist dieser Wert gleich eins, deshalb kann das Verfahren nach der SIA-Norm im Allgemeinen einfach und konsistent eingesetzt werden. Bei speziellen Problemen wird auf die erforderlichen Vorgehensweisen verwiesen.
Auf Gebäude oder Gebäudeteile wirkende Windkräfte werden anhand von äusseren Gegebenheiten (Standort, Lage und Geometrie des Bauwerks) und des Schwingungsverhaltens des Tragwerks ermittelt. Sofern die entsprechenden Parameter eines Bauwerks durch die Angaben in den Normenwerken abgedeckt sind, können diese ohne weitere Untersuchungen übernommen werden. Ist dies nicht der Fall, wird eine Interpolation und Interpretation erforderlich, die jedoch nicht ohne weiteres die erforderliche Genauigkeit und Sicherheit erzielt. Dies gilt insbesondere für Bauwerksformen, die nicht im Anhang der SIA-Norm aufgeführt sind (Bild 2), für schwingungsanfällige Strukturen (Bild 3) und für Bauwerke an exponierter Lage (Bild 1). In diesen Fällen drängen sich weiterführende Untersuchungen und Berechnungen auf.

UNTERSUCHUNGEN IM WINDKANAL

Die spezifischen Angaben für die Kräfte auf aussergewöhnliche Bauwerksformen und für das Schwingungsverhalten von Tragwerken können in Windkanalversuchen ermittelt werden. Dazu wird ein Modell des Bauwerks in einem Windkanal untersucht. Durch das Anordnen von Hindernissen wird im Kanal ein Windprofil erzeugt, das dem real zu erwartenden entspricht. Das Modell wird sowohl als Solitär als auch umgeben von den vorhandenen und den in Zukunft zu erwartenden Nachbarbauten untersucht (Bilder 4 und 5).
Das Modell ist mit Sensoren ausgestattet, die die entstehenden Druckkräfte auf die Oberfläche messen. Aus diesen Ergebnissen können mit Hilfe von Umrechnungen und statistischen Auswertungen die statischen Windkräfte auf das reale Bauwerk ermittelt werden.
Da die Steifigkeit und das Schwingungsverhalten des Windkanalmodells nicht denen des effektiven Bauwerks entsprechen, sind für die Ermittlung der dynamischen Bauwerksreaktion weitere Schritte erforderlich. Dazu wird ein äquivalentes Stab- oder FE-Modell des Tragwerks erstellt und in einer Computersimulation mit den gemessenen Lastzeitreihen belastet. So können die dynamischen Effekte untersucht und quantifiziert werden. Mit diesen Untersuchungen wird eine höhere Planungssicherheit erzielt, weil realitätsnahe Windkräfte angesetzt werden können. In diversen Fällen können dadurch die Trag- und Fassadenkonstruktionen optimiert werden.
Bis heute ist es nur begrenzt möglich, Windkanalversuche durch rein rechnerische Simulationen zu ersetzen. Solche sind im Hochbau jedoch auch nur selten erforderlich, weil die Windkanalversuche schnell und im Verhältnis zu den Bausummen kostengünstig durchge-

01 Das Restaurant auf dem Kleinen Matterhorn steht auf einem exponierten Grat. Anhand von Untersuchungen zur Ermittlung des Staudrucks wurden lokale Flächenlasten für die Fassadenbemessung von gegen 5 kN/m² ermittelt (Bild: Rendering Peak Architekten)
02 Die Bauwerksform des Löwenbräu-Hochhauses in Zürich – 70 m hoch und mit auskragendem Gebäudekörper – entspricht nicht den im Anhang der SIA-Norm aufgeführten Fällen. Weiterführende Untersuchungen drängen sich auf (z. B. Windkanalversuche). Aus Komfortgründen wurde eine steife Konstruktion gewählt (Bild: Rendering Gigon Guyer Architekten, Atelier WW, PSP Prospertiers AG)
03 Das Hochhaus Prime Tower in Zürich weist mit einer Höhe von 126 m eine schwingungsanfällige Struktur auf. Entsprechend wird die Bemessungssituation Wind für die Gesamtstabilität der Tragstruktur massgebend. Anhand von Windkanalversuchen wurde der dynamische Vergrösserungsfaktor zu etwa 1.4 bestimmt (Bild: Rendering Gigon Guyer Architekten, SPS Immobilien AG)
04 Modell des Löwenbräu-Hochhauses von Gigon Guyer in Zürich (Massstab 1:200) als Solitär im Windkanal: Im Hintergrund sind Finnen und Hindernisse für die Erzeugung eines äquivalenten Windprofils zu sehen. Das Modell steht auf einem Drehtisch, damit alle Windrichtungen simuliert und untersucht werden können (Bild: Wacker Ingenieure)
05 Modell des Löwenbräu-Hochhauses (Massstab 1:200) mit Umgebungsbauwerken im Windkanal (Bild: Wacker Ingenieure)
06 Berechneter Beschleunigungszeitverlauf in m/s² im 35. OG des Hochhauses Prime Tower (Bild: Professor Sedlacek & Partner)

02

03

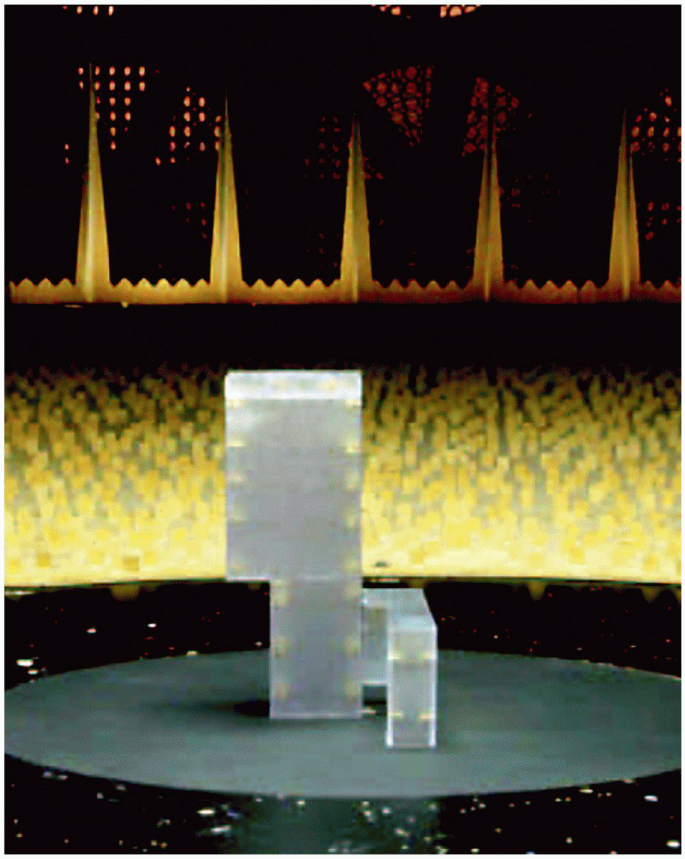
führt werden können. Im Weiteren können bei einer Windkanaluntersuchung zusätzlich die Windverhältnisse in den umgebenden Freiflächen simuliert und gemessen und bei der Planung der Nutzung der Aussenräume verwendet werden (siehe dazu auch Artikel «Unkomfortabel» Seite 18 ff.).

LOKALE WINDVERHÄLTNISSE

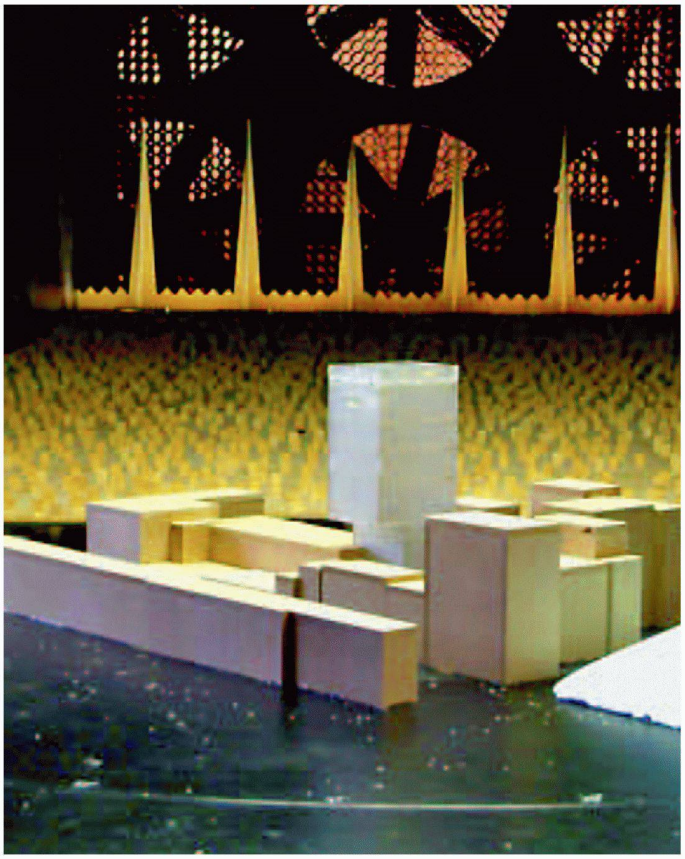
Bei exponierten Standorten reicht die Ermittlung des Referenzstaudrucks mit den Angaben aus den Normen nicht mehr aus. Hier bietet sich für die Ermittlung der Windverhältnisse neben Windkanalversuchen auch das Auswerten der Messwerte von lokalen Windmessstationen an. Da Windmessdaten im Allgemeinen nicht direkt am Bauplatz vorhanden sind, müssen umliegende Messstationen herangezogen und die Werte extrapoliert und mit bekannten Angaben bei ähnlichen Lagen abgeglichen werden. Diese Untersuchungen sind von ausgewiesenen Fachleuten durchzuführen, weil die richtige Interpretation der Daten grosse Erfahrung verlangt.

TRAGSICHERHEIT: WIND ODER ERDBEBEN

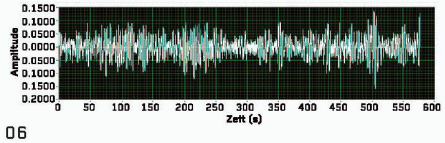
Mit der Ermittlung von realitätsnahen Windkräften und den zugehörigen Bauwerksreaktionen ist ein wichtiger Teil der erforderlichen Arbeit für den Tragwerksentwurf getan. Der Nachweis der Tragsicherheit erfolgt danach gemäss den entsprechenden Konstruktionsnormen.
Neben dem Wind ist auch die Einwirkung von Erdbeben zu untersuchen. Vereinfacht gilt bei Hochhäusern, dass bei einem weichen Tragwerk eher die Windeinwirkung massgebend ist. Eine steife, gedrungene Tragstruktur ist dagegen eher empfindlich gegenüber Erdbeben. Da bei den in der Schweiz üblichen Hochhausabmessungen nicht ohne weiteres erkennbar ist, welche Bemessungssituation massgebend wird, müssen beide Einwirkungen untersucht und einander gegenübergestellt werden. Ab einer gewissen Gebäudehöhe wird beispiels-



04



05



06

07 Im Engpass zwischen Gebäuden können unangenehme oder sogar gefährliche Windgeschwindigkeiten entstehen. Bäume, Vordächer oder andere Elemente können dies entschärfen
08 Mit Untersuchungen im Windkanal konnte der Komfort für die Benutzer verbessert werden: Der auskragende Gebäudeteil über den Eingängen des Hochhauses Prime Tower verhindert Windturbulenzen
(Bilder: Rendering Gigon Guyer Architekten)
09 Karte des Maag-Areals um den Prime Tower mit Gebäuden und Komfortzonen im Aussenbereich: Die Nutzung der Aussenräume kann anhand dieser Karte auf die zu erwartenden Windverhältnisse abgestimmt werden. Bereiche, die als gefährlich eingestuft werden, sind zu vermeiden und entsprechend anzupassen
- Langer Aufenthalt
- Kurzer Aufenthalt
- Bummeln
- Schnelles Gehen
- Unangenehm
- Gefährlich

(Bild: Professor Sedlacek & Partner)

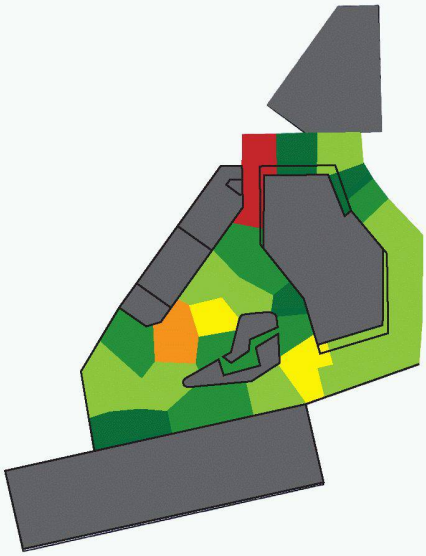
weise für die Gesamtstabilität am Gebäudefuss die Windbeanspruchung dominant. Bei der Abstufung der Aussteifungswände ist aber zu beachten, dass in den oberen Geschossen trotzdem die Erdbebenbeanspruchung für die Tragwerksbemessung massgebend werden kann. Im Zuge der Einführung erhöhter Erdbebenanforderungen wurden verschiedene Gebäude bezüglich ihrer Erdbebensicherheit überprüft, ohne dass der Wind beachtet wurde. Eine gemeinsame Betrachtung der beiden Bemessungssituationen ist jedoch unabdingbar.

GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT: EINE FRAGE DES KOMFORTS

Da es sich bei Wind um eine dynamische Einwirkung handelt, sind neben den Deformationen auch die Schwingungen und Beschleunigungen des Gebäudes zu untersuchen und zu beurteilen. Gerade Letztere werden von den Menschen direkt wahrgenommen. Die zulässigen maximalen Beschleunigungen werden mit der Auftretenswahrscheinlichkeit des Windereignisses gekoppelt und sind, im Gegensatz zu den Deformationen, nicht in der Norm geregelt. Sie müssen darum direkt mit der Bauherrschaft festgelegt werden. Auf Grund von weit reichenden Abklärungen über die Wahrnehmung und das Wohlbefinden von Gebäudebenutzern werden in der Literatur verschiedene Grenzwerte, die sich von «nicht spürbar» über «lästig» bis «unzulässig» erstrecken, angegeben. Sie sind abhängig von der Nutzung des Bauwerks. Bei einer Büronutzung sind beispielsweise grössere Beschleunigungen tolerierbar als bei einem Wohngebäude (Bild 5). Das müssen die Planer bei der Projektierung gebührend berücksichtigen, da die Tragstruktur im Allgemeinen später kaum oder nur sehr aufwendig verstärkt werden kann.
Bei einer Untersuchung des Windkomforts auf den Freiflächen im Aussenraum werden die Zonen unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten in einem Plan dargestellt und mit der vorgesehenen Nutzung abgeglichen (Bild 9). Bereiche mit unangenehmen Windverhältnis-

07

08



09

sen scheiden beispielsweise für Strassencafés aus. Zonen mit gefährlich hohen Windgeschwindigkeiten zwischen zwei eng beieinanderstehenden Gebäuden können durch geschicktes Platzieren von Hindernissen wie Bäumen, Vordächern oder Skulpturen auf dem grossen Platz entschärft werden (Bilder 7 und 8). Anhand der Untersuchungen kann ausserdem beurteilt werden, ob bei einer Eingangssituation mit Turbulenzen und Aufwinden zu rechnen ist, sodass eine allfällige Anpassung der Gebäudeform erwogen werden kann (Bild 8).

Andreas Gianoli, dipl. Bauingenieur ETH, Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG, Zürich
Dr. Paul Lüchinger, dipl. Bauingenieur ETH SIA, lm@luechingermeyer.ch