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

Artikel: Unkomfortabel
Autor: Hertig, Jacques-André
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108948

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: 13.07.2025

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

UNKOMFORTABEL

Wind auf Plätzen, zwischen Gebäuden, unter Dächern oder vergleichbaren Aussensituationen kann lästig sein. Bauten haben einen wesentlichen Einfluss auf die Windgeschwindigkeiten. Um diese in der Planung abschätzen zu können, sind detaillierte Studien erforderlich. Dabei ist der Komfort – im ingenieurtechnischen Sinne – eine wichtige Grösse.

PlanerInnen müssen zahlreiche Fallkategorien für Erscheinungsformen des Winds unterscheiden (Bilder 6 bis 10). Die vertrauteste Kategorie ist der Wind in Fussgängerzonen, auf Plätzen, (Dach-)Terrassen oder entlang von Strassen und Sportplätzen. Insbesondere verursachen Überdachungen bei Plätzen, aber auch Tunnels oder Unterführungen, die natürlich durchlüftet werden, eine Beschleunigung des Windes, die sich beispielsweise als Luftzug bemerkbar macht. So tritt der Wind in unterirdischen Passagen und Verbindungsgängen zwischen den Gebäuden teilweise (unerwünscht) ausgeprägt auf. Ebenso auf Brücken, wo er die Kippsicherheit von Fahrzeugen gefährden kann, oder in Stadien, wo Zonen mit Durchzug entstehen können. Schneeverwehungen treten an unerwünschten Orten auf, oder Zonen mit kalter Luft sorgen für Ärger.
Verschiedene Fallkategorien stehen in Verbindung mit dem Unfall- oder Brandschutz und müssen in der Planung analysiert werden. Komfortansprüche sollten ebenfalls bereits in den ersten Planungsschritten eines Projekts diskutiert werden, da nachträgliche Anpassungen sehr kostspielig sein können.

BERÜCKSICHTIGUNG VON KOMFORT

Der Begriff des Komforts im Zusammenhang mit Winderscheinungen wird von Fachleuten heute allgemein anerkannt[1, 2, 3]. Menschen, die sich beispielsweise in der Nähe von grossen Gebäuden, in Unterständen oder auf offenen Plätzen aufhalten, dürfen demnach keinen Windgeschwindigkeiten ausgesetzt werden, die sie als unangenehm empfinden (Bild 4). Als noch komfortabel wird grundlegend ein Wind unter 6 m/s verstanden, je nach Tätigkeit und Situation werden aber höhere Windgeschwidigkeiten akzeptiert (Bild 5)[1].
Dank architektonischen Dispositionen zu Beginn der Bauphase ist der Aspekt des Benutzerkomforts während starker Windböen heutzutage relativ gut kontrollierbar – Durchzug und unerwünscht hohe Windspitzen können mit betrieblichen und mit baulichen Massnahmen verhindert werden.

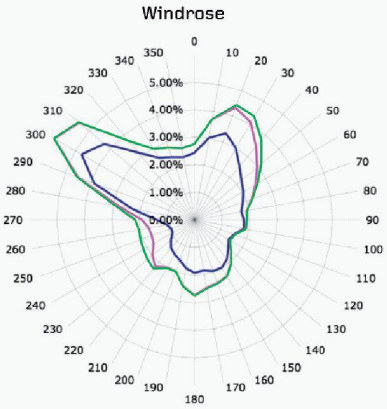
EIN RELATIVES KRITERIUM FÜR DIE BEURTEILUNG

Um Lösungen für den unzureichenden Komfort einer Anlage zu finden, wird in einem ersten Schritt eine klimatologische Analyse des Standorts durchgeführt. Diese liefert statistische Windgeschwindigkeiten je nach Tages- und Jahreszeit. Alsdann wird beurteilt, welche Schutzmassnahmen getroffen werden müssen. Allenfalls lassen sich betriebliche Lösungen (z.B. Grenzwert im Sport oder Schutzmassnahme im Brandfall, wie Durchlüftung im Gebäude oder in hinterlüfteter Fassade reduzieren) finden. Müssen bauliche Massnahmen getroffen werden, sind weiterführende Untersuchungen erforderlich. Sie beschäftigen sich mit der Evaluation des jeweiligen Komfortniveaus im Zusammenhang mit den gemessenen Windgeschwindigkeiten. Dabei wird die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit mit verschiedenen Geschwindigkeitsstufen verglichen (Bild 4).
Einfache Berechnungen, deren Basis auf den Formeln der SIA-Norm 260 beruht, liefern durchaus zufriedenstellende Ergebnisse für wirkungsvolle Sicherheitsmassnahmen bezüglich Komfort. Auch die Entwicklung numerischer Modelle ist so weit fortgeschritten, dass deren Anwendung die Qualität des Komforts beispielsweise von dem Wind ausgesetzten

01 Windgeschwindigkeiten ab 6 m/s werden im Allgemeinen als unkomfortabel empfunden (Bild: KEYSTONE/Fabrice Coffrini)
02 Windlasten auf Fassaden können mit den Normen des SIA ermittelt werden (Bild: KEYSTONE/Alessandro Della Bella)
03 Windrose: Wahrscheinlichkeit eines Windes nach Windrichtung für die Windkategorien 0–2 m/s, 0–5 m/s und alle übrigen Geschwindigkeiten
— 0–2 m/s
— 0–5 m/s
— Alle
(Bild: H&L SA / J.-A. Hertig)
04 Für jede Windgeschwindigkeit in Beaufort ist eine Windcharakteristik ausformuliert. Ab einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s wird ein Wind grundsätzlich als anangenehm empfunden – dies entspricht 5 Beaufort (Bild: CSTB[1])
05 Grundlegend werden Windgeschwindigkeiten über 6 m/s als unangenehm empfunden. Ein eher geringer prozentualer Anteil an höheren Windgeschwindigkeiten wird – abhängig von der Tätigkeit der Person – trotzdem als nicht störend empfunden und kann somit zugelassen werden (Bild: CSTB[1])
06 Einfluss von hohen Gebäuden auf die Windzirkulation (Bild: CSTB[1])
07 Einfluss der Gebäudeform auf die Windströmung (Bild: CSTB[1])
08 Beispiel einer Kanalisation und Beschleunigung der Windströmung (Bild: CSTB[1])
09 Beschleunigung des Luftstroms in einer sich verengenden Gebäudeanordnung (Bild: CSTB[1])
10 Gebäudegruppe, die einen Windschutz bildet (Bild: CSTB[1])
11 Um ein Mass für den Komfort zu erhalten, wird mit einer Formel ein Wert ermittelt – einmal berechnet mit und einmal ohne störendes Gebäude. Beide Werte werden miteinander verglichen und ergeben eine relative Aussage über die Komfortveränderung (Bild: CSTB[1])
12 Ab 5 Beaufort ist die Benutzung von Regenschirmen erschwert (Bild: KEYSTONE/Craig Connor)

01

02



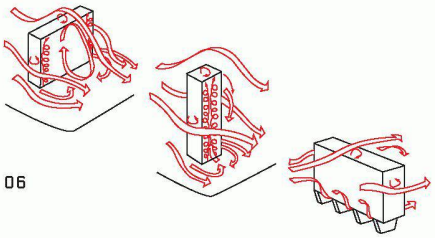
03

Stärke	Geschw. [m/s]	Windcharakteristika
2	1.5–3	Windempfindlichkeit im Gesicht. Blätterrauschen.
3	3–4.5	Blätter und Äste in ständiger Bewegung. Der Wind entfaltet die Fahnen. Haare werden durcheinander geweht. Weite Kleider blähen sich auf.
4	4.5–7	Staub und Papier werden aufgewirbelt. Die Äste bewegen sich. Die Haare sind zerzaust.
5	7–9	Kleine Laubbäume schwanken. Der Gang ist leicht beeinträchtigt.
6	9–11	Dicke Äste setzen sich in Bewegung. Der Wind pfeift in den Telefondrähten. Die Benutzung von Regenschirmen ist erschwert. Instabiler Gang.
7	11–14	Die Bäume sind in ständiger Bewegung. Der Gang entgegen der Windrichtung ist erheblich erschwert.
8	14–17	Äste brechen ab. Bewegung zu Fuss ist sehr schwierig und gefährlich.
9	17–20	Grosses Risiko, durch die Windböen zu Boden gedrückt zu werden.

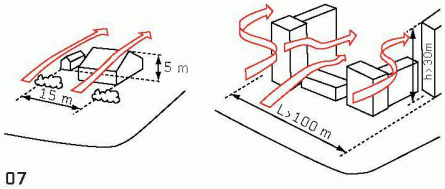
04 Beaufort-Skala

Aktivität	Maximaler jährlicher Anteil an Windgeschwindigkeit über 6 m/s in %
Länger andauernde Unbeweglichkeit, Caféterrasse, Open-Air-Theater, Schwimmbad	5 %
Kurz andauernde Unbeweglichkeit, öffentliche Parks, Spielplatz, Geschäftsstrasse, Galerie	10 %
Normaler Gang, Spaziergang, Fussgängerzone, Gebäudeeingang	15 %
Schneller Gang, Parkhaus, Bürgersteige bei breiten Strassen, Aussichtspunkte	25 %

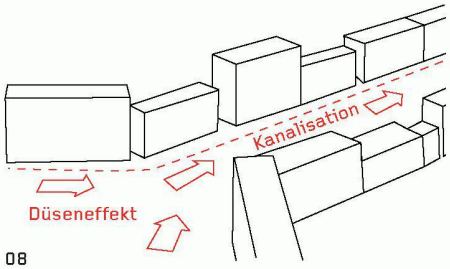
05 Komfortstufen gemäss Aktivität



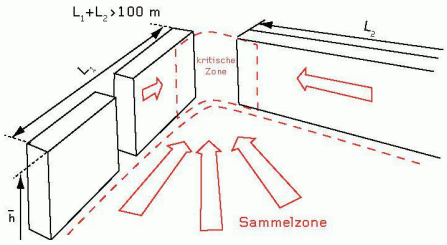
06



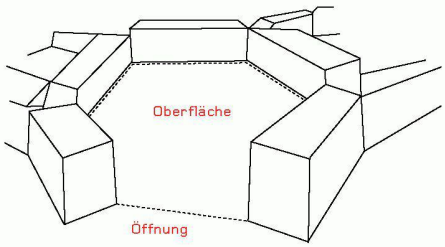
07



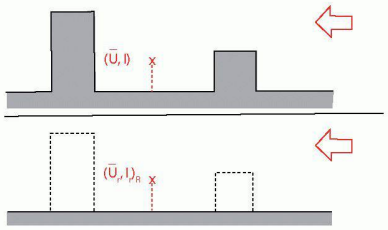
08



09



10



11

Fussgängerzonen bestimmen kann. Diese Resultate können mit Windkanalversuchen verifiziert werden[2, 3]. Sie werden oft für eine Problemanalyse beigezogen und um die vorgeschlagenen Massnahmen zu testen – vornehmlich aber, um die Tragsicherheit zu garantieren. Zusätzliche weiterführende Untersuchungen bezüglich Benutzerkomfort – d.h. Gebrauchstauglichkeit – würden aber zu Einsparungen bei den Baukosten führen. Zumal Messserien der Windfelder auf Bodenhöhe bereits heute in die Windkanalversuche integriert werden und somit kein erhöhter Aufwand verursacht wird.
Das Mass für Komfort kann auch rechnerisch ermittelt werden. Es erlaubt, die örtlich durch den Luftzug erzeugten Behinderungen zu erfassen. Die Definition des Komforts an der Stelle, wo die Störung zu bestimmen ist, ergibt sich aus folgender Gleichung[1]:

$$\Psi = \frac{\bar{U} + \sigma}{\bar{U}_{ref} + \sigma_{ref}}$$

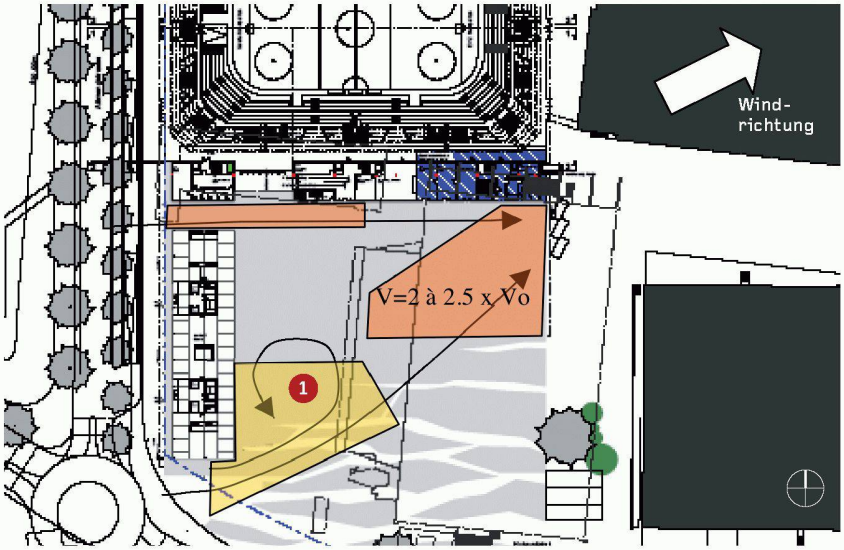
wobei $\bar{U}_{ref}$ und σ_{ref} die mittlere Windgeschwindigkeit und die Standardabweichung der Variation der Windgeschwindigkeit für den betrachteten Ort ohne störende Gebäude bedeuten. Gleichermassen sind $\bar{U}$ und σ die mittlere Windgeschwindigkeit und die Standardabweichung der Variationen der Windgeschwindigkeit an der Stelle mit störendem Objekt. Dieses Kriterium ist somit nicht absolut[1], sondern relativ und vergleicht den Zustand der Umgebung einmal mit und einmal ohne Gebäude (Bild 11).

WIND AUF EINEM OFFENEN PLATZ

Am Beispiel eines Verwaltungsgebäudes werden die Auswirkungen auf die unmittelbare Umgebung untersucht und die Windeinwirkung auf die Fassaden analysiert. Um die Komfortveränderung ausserhalb des Verwaltungsgebäudes zu bestimmen, werden drei Windrichtungen berücksichtigt: Föhn (Bild 13), S- bis SW-Wind (Bild 14), Bise (Bild 15). Die IngenieurInnen stellten fest, dass die vom Gebäude provozierten Wirbel nur von der Windgeschwindigkeit an der Gebäudespitze abhängen. Der Einfluss kann mit Hilfe der in der SIA-Norm 261 enthaltenen Formeln berechnet werden. Diese Schätzung beruht auf dem Verhältnis des durch den Wind verursachten Staudrucks an der Spitze des Gebäudes und desjenigen 2 m über Boden. Einbussen des Komforts treten nur dann auf, wenn der Wind aus ungünstiger Richtung (je nach Ort veränderlich) ausreichend stark (mindesten 25 km/h) bläst. Ausserdem ist die Windbeschleunigung lokal begrenzt und kann durch bauliche Massnahmen wie Windbrecher und Wände oder durch pflanzliche Anlagen eingeschränkt werden. Diese Problemstellung kann auch mit Windkanalversuchen oder anhand numerischer Berechnungen mit den erst kürzlich entwickelten CFD-Modellen (Computational Fluid Dynamics)[4] angegangen werden.

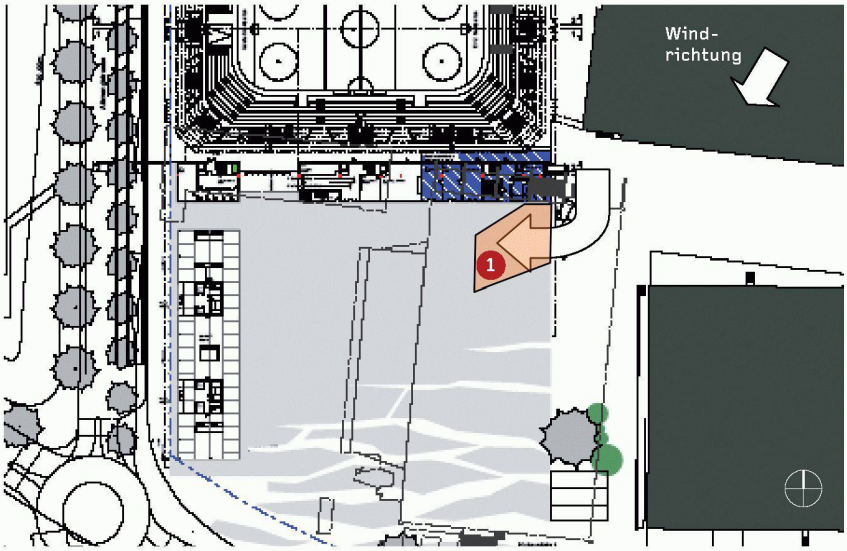
WIND IN OFFENEN GEBÄUDEDURCHGÄNGEN

Die Luftströmungen in offenen Gebäudedurchgängen sind abhängig vom Druckunterschied der beiden betroffenen Fassaden. Er lässt sich mit der in der SIA-Norm enthaltenen Druckbeiwerttabelle berechnen. Diese Druckbeiwerte der Fassaden (Δc_p) hängen von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit ab. Um deren Verteilung zu ermitteln, benutzen die Ingenieure die sogenannte Windrose (Bild 3). Für einen bestimmten Ort zeigt sie auf einem Kreis bei jeder Gradeinteilung (enspricht der Windrichtung) die Windwahrscheinlichkeit. Aus meteorologischen Messungen wird die mittlere Windgeschwindigkeit für jeweils eine Dauer von 10 min berechnet, dabei müssen die Daten aus der Meteomessstation für den betrachteten Punkt am Gebäude inter- bzw. extrapoliert werden. Die ermittelten Daten werden nach Windklasse (z. B. Klassen von 1 m/s) und Windsektor (normalerweise 10-Grad-Sektoren) geordnet und in einer Wahrscheinlichkeitstabelle, mit 25 Geschwindigkeitsspalten und 36 Sektorenzeilen, dargestellt. Diese Tabelle zeigt für jede Windklasse und jeden Windsektor die Häufigkeit bzw. die Auftretenswahrscheinlichkeit des Windes in der entsprechenden Gebäudeöffnung. Diese Tabelle wird dann in Form der Windrose als vektorielles



13

14



15

13 Fall 1 bei Föhn aus SW bis W: Das Verwaltungsgebäude (auf der linken Seite des Platzes) verursacht auf dem Platz Wirbel in Fusshöhe (Markierung 1). An der südöstlichen Ecke des Gebäudes treten bedeutende Windspitzen (Markierung 1) auf, sie sind voraussichtlich 2 bis 2.6 Mal so hoch wie diejenigen in der Situation ohne Gebäude (Bild: H&L SA / J.-A. Hertig)

14 Fall 2 bei Wind aus S bis SW: Der Wind wird beeinflusst durch das Vordach (blau), das die Luftströmung kanalisiert (Markierung 2). Dies führt zu einer Beschleunigung entlang der südlichen Mauer (Markierung 1). Die auftretende Windspitze ist in diesem Fall nur 1.5 Mal so hoch wie diejenige ohne Gebäude (Markierungen 1 bis 3) (Bild: H&L SA / J.-A. Hertig)

15 Fall 3 bei Bise: Diese Windrichtung beeinträchtigt den markierten Platzbereich (Markierung 1). Das Dach hat einen negativen Einfluss auf die Luftströmung: Es entsteht eine unkomfortable Situation auf der Bodenfläche des Platzes, da die auftretenden Windspitzen um 1.3 bis 1.5 Mal höher sind als diejenigen ohne Gebäude (Bild: H&L SA / J.-A. Hertig)

16 Bei einer Windstärke ab 8 Beaufort brechen Äste von Bäumen ab, und die Bewegung zu Fuss ist sehr schwierig und gefährlich (Bild: KEYSTONE/Andreas Walker)

17 Während eines Spaziergangs werden Windgeschwindigkeiten noch als angenehm empfunden, die bei einer sitzenden Tätigkeit unkomfortabel sind (Bild: KEYSTONE/Manfred Zimmermann)

16

17

Diagramm dargestellt. Sind die massgebende Windrichtung aus der Windrose und die entsprechenden Druckbeiwerte der Fassaden (Δc_p) mit dem dazugehörigen dynamischen Druckbeiwert aus den Tabellen der SIA-Norm ermittelt, können die Druckdifferenzen berechnet werden. Damit lassen sich schliesslich die Luftströmungen in den geplanten Gebäudeanlagen interpretieren und deren Auftretenswahrscheinlichkeiten eruieren. Solange diese Wahrscheinlichkeiten kleiner bleiben als die geforderten Komfortkriterien (Bilder 4 und 5), sind keine Massnahmen erforderlich. Andernfalls sind betriebliche oder bauliche Vorkehrungen zu treffen: Türen, Schiebetüren, Vorhang, Luftvorhang, Hindernis usw.
Sind solche Massnahmen bereits in der frühen Planungsphase berücksichtigt, können erhebliche Kosten in der Ausführung gespart werden. Die weiterführenden Untersuchungen in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit im Sinne des Benutzerkomforts können nicht zuletzt auch ein grösseres Vertrauen in die Auswahl der Standorte der Bauwerke und die Realisation der Aussenanlagen schaffen.

Jacques-André Hertig, Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH, hertig@hetl.ch

Anmerkungen

1 CSTB, Centre scientifique et technique du bâtiment: Aerodynamique, REEF – Volume II. Sciences du bâtiment, April 1980

2 Beranek,W. J.: General rules for the determination of wind environment. Wind Engineering, Proceedings of the Fifth International Conference, Fort Collins Colorado, Juli 1979, S. 225–234

3 Beranek,W. J.: Determination of the wind environment around building configuration. Colloque Construire avec la vent, Nantes, 15.–19. Juni 1981, S. II–1–1 bis II–1–15

4 Blocken and Carmeliet: Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples, Journal of Thermal Envelope and Building Science, 28/2004, S. 107–159

5 Beispiele aus den Referenzprojekten von Hertig und H&L SA: Studien für Projekte wie Zollgebäude Boncourt, Letzigrund-Stadion Zürich, Stade de La Praille Genf, Herti-Eisstadion Zug usw.