

Windkomfort



Die windklimatischen Verhältnisse im Nahbereich hoher Gebäude unterliegen einer Vielzahl von Einflussfaktoren. Während sich in der Regel auf den windabgewandten Seiten der Gebäude durch Leewirkung eine Windabschwächung einstellt, treten an den Kanten und an den windzugewandten Seiten häufig Geschwindigkeitserhöhungen auf. Im Luvbereich werden die auftretenden Luftmassen in einer beschleunigten Bewegung um und über das Gebäude transportiert.

Der Anwendung des Messverfahrens liegt zugrunde, dass die Empfindung des Menschen für Wind einerseits von der zeitlich gemittelten Geschwindigkeit beeinflusst ist, andererseits aber auch von der Häufigkeit des Auftretens kurzzeitiger Böen. Das Sanderosionsverfahren macht sich nun die Analogie zunutze, dass für die Abtragung der Sandkörner sowohl eine erhöhte, zeitlich gemittelte bodennahe Windgeschwindigkeit, aber auch die Häufigkeit des Auftretens kurzzeitiger Geschwindigkeitsspitzen Ausschlag gebend ist.

In windgeschützten Bereichen, z.B. im Lee von Gebäuden herrschen niedrige Geschwindigkeiten ohne die Überlagerung ausgeprägter Spitzen. Aus den Konturen der verbleibenden Sandauflage lässt sich die komplexe Struktur des Bodenwindfeldes für jeweils gleiche Windlagen im Istzustand und im Planzustand gegenüberstellen und bewerten.

In der Regel werden zwölf Windrichtungen untersucht. Die Fußgängerflächen des Modells werden mit einer Sandauflage jeweils gleichen Anfangszustands versehen. In der Decke des Windkanals installierte, digitale Kameras registrieren aus verschiedenen Blickrichtungen das Umfeld des Modells. Bei sechs Geschwindigkeitsstufen, die jeweils längere Zeit eingestellt bleiben, wird die Sandabtragung dargestellt. Am Ende dieser Zeitabschnitte werden die Sanderosionsbilder aufgezeichnet und für eine weiterführende Bildverarbeitung gespeichert.

Die Abbildungen unten zeigen beispielhaft die zunehmend großen erodierten Flächen, die sich bei steigender Windgeschwindigkeit der Anströmung ergeben. Zwischen den Bildern, die für die verschiedenen Windrichtungen aufgenommen werden und den Aussagen über den lokalen Windkomfort liegt ein weiterer, komplexer Rechenweg, der die langjährige Windstatistik einer nahe gelegenen Messstation und die Übertragung dieser Daten auf die lokalen Verhältnisse zu berücksichtigen hat.

Die in der Tabelle links dargestellte Skala nach Beaufort zeigt die Windwirkungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Wind mit Geschwindigkeiten unter 1m/s wird demnach noch nicht wahrgenommen, Geschwindigkeiten von über 3m/s können im Freien die Behaglichkeit z.B. beim Sitzen bereits erheblich beeinträchtigen.

Windstärke (Beaufort)	Bezeichnung Windstärke	Äußerung der Windstärke	Geschwindigkeit [m/s]
0	Windstille	Rauch steigt senkrecht empor, Wind ist nicht bemerkbar	0-0,2
1	leiser Zug	Rauch steigt fast senkrecht empor, behaglich beim Sitzen	0,3-1,5
2	leichter Wind	im Gesicht eben spürbar	1,6-3,3
3	schwacher Wind	bewegt Baumblätter und Fahnen, Haare bewegen sich, Kleidung flattert	3,4-5,4
4	mäßiger Wind	bewegt kleine Zweige, streckt Fahnen Staub und loses Papier wird aufgewirbelt	5,5-7,9
5	frischer Wind	bewegt größere Zweige; die Windkraft auf Körper wird fühlbar; noch behaglich beim schnellen Gehen - unbehaglich beim Schaufensterbummel	8,0-10,7
6	starker Wind	als Sausen hörbar, Schirme nur mit Schwierigkeiten nutzbar, Geradeausgehen erschwert	10,8-13,8
7	steifer Wind	bewegt schwache Stämme, beim Gehen wird Unsicherheit empfunden	13,9-17,1
8	stürmischer Wind	bewegt Bäume, Stahldrähte beginnen zu pfeifen, das Vorwärtskommen ist erschwert, das Gleichgewicht in Böen schwer zu halten	17,2-20,7
9	Sturm	verrückt leichte Gegenstände (Dachziegel), Menschen werden durch Böen umgeworfen	20,8-24,4
10	voller Sturm	wirft Bäume um	24,5-28,4
11	schwerer Sturm	zerstörende Wirkungen schwerer Art	28,5-32,6
12	Orkan	verwüstende Wirkungen	≥ 32,7

Ein beträchtlicher Teil wird aber auch nach unten abgelenkt und der bodennahen Strömung überlagert. Dies führt gerade bei sehr hohen Gebäuden häufig zu merkbar Geschwindigkeitserhöhungen in Fußgängerbereichen, zu Belästigungen und kann unter sehr ungünstigen Umständen auch Gefährdungen von Passanten verursachen.

Für eine flächenhafte Darstellung des Bodenwindfeldes, d.h. für eine Lokalisierung der Punkte mit besonders hohen oder niedrigen Geschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich von Fußgängern wird das Sanderosionsverfahren angewendet. Der Boden des im Windkanal montierten, maßstäblich verkleinerten Stadtmodells wird mit einer sehr dünnen und gleichmäßigen Schicht Sand bestreut. Die Windgeschwindigkeit wird schrittweise erhöht, bis der Sand abgetragen wird.

Die lokal höchsten bodennahen Windgeschwindigkeiten treten an den Stellen auf, die als erstes vom Sand befreit sind. Innerhalb der Bereiche, die auch bei hohen Windgeschwindigkeiten noch mit Sand bedeckt bleiben, herrschen relativ niedrige Strömungsgeschwindigkeiten.



Bild 1



Bild 2

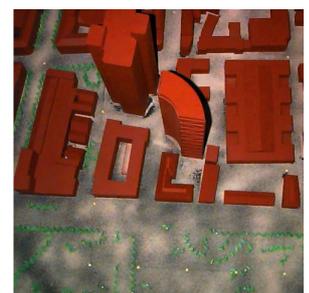


Bild 3

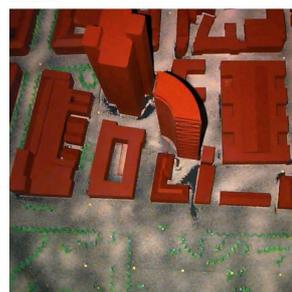


Bild 4



Bild 5



Bild 6

Das Verfahren wird kalibriert, indem durch Vergleichsmessungen festgestellt wird, welche Böengeschwindigkeit am Ort der Kontur einer erodierten Fläche herrscht. Das Verhältnis zwischen dieser und der Windgeschwindigkeit in einer Bezugshöhe an einem Bezugsort (z.B. in 10 m Höhe an meteorologischer Messstation) lässt sich auf diese Weise für jede entstandene Kontur berechnen. Für jeden Punkt der im Bild erfassten Bodenfläche wird anschließend unter Verwendung der für die Messstation verfügbaren statistischen Daten (z.B. aus Quellen des DWD o.a.) die Häufigkeit errechnet, mit der eine bestimmte Böenwindgeschwindigkeit zu erwarten sein wird.

Windkomfortklasse	Tätigkeit	Nutzung	Schwellenwert
A	Schnelles Gehen	Bürgersteige, Verkehrsflächen in Industriebetrieben	< 11 m/s
B	Stetes Spazieren gehen	Parks, Eingänge, Durchgangsbereiche	< 8.5 m/s
C	Bummeln, kurzes Stehen- und Sitzen bleiben	Parks, Einkaufspassagen, Wartebereiche	< 6.5 m/s
D	Ruhen, langes Stehen- und Sitzen bleiben	Parks, Ruhebänke, Spielplätze, Straßencafés	< 5 m/s

Darstellung des Zusammenhangs zwischen maximaler Stärke der Windböe, die in einer Stunde des Tages mehrmals auftreten darf und entsprechenden Nutzungsempfehlungen verbunden mit entsprechenden Tätigkeiten.

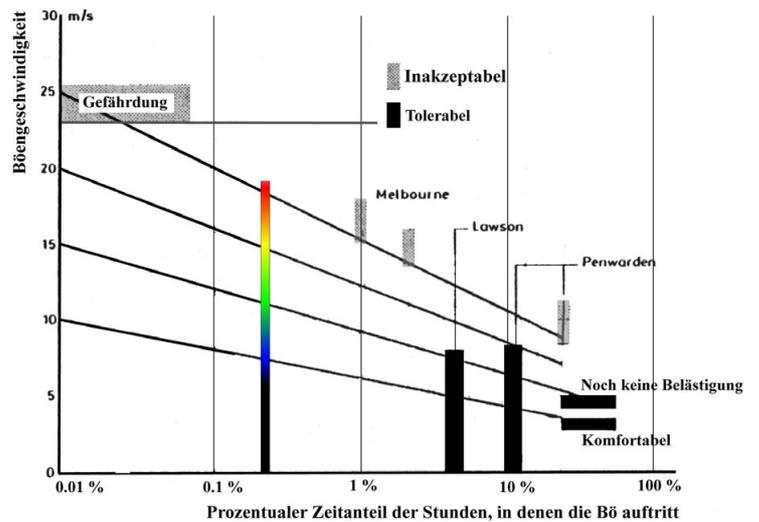
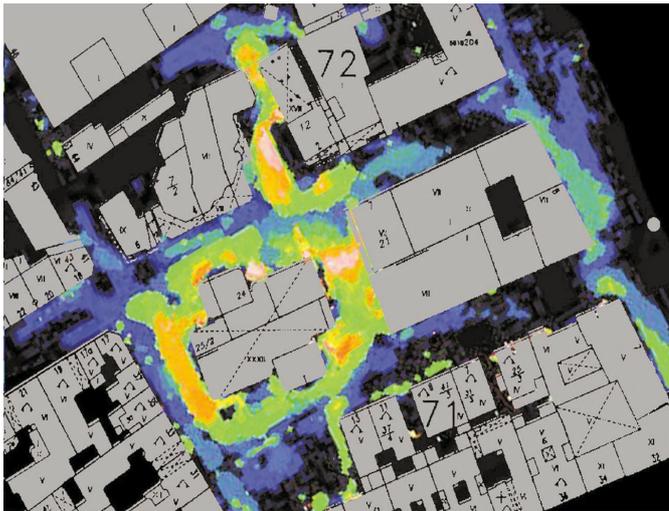


Abb.: Verteilung des windbedingten Fußgängerkomforts in der Umgebung eines hohen Gebäudes (links) und Kriterien verschiedener Autoren zur Beurteilung (nach Beranek).

Messung von Strömungsgeschwindigkeiten

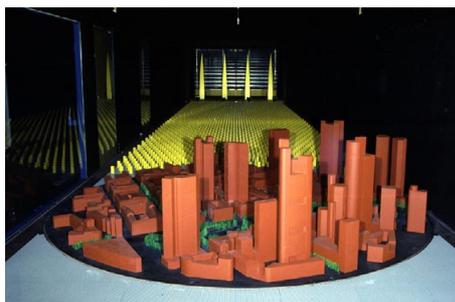
Eine weitere aussagekräftige Methode, zu einer verfeinerten Darstellung des lokalen Bodenvindfeldes zu gelangen, stellt die Messung der zeitabhängigen Luftgeschwindigkeiten dar.



Kugelsonde zur Messung der Böenwindgeschwindigkeiten, eingebaut im Modell einer Fußgängerpassage

An ausgewählten Standorten, dort wo sich im Sanderosionsversuch ein Verdacht auf eingeschränkten Windkomfort ergeben hat, wird mit Hilfe von thermischen Anemometern die effektive Böenwindgeschwindigkeit (Maß für die Höhe der Windgeschwindigkeitsspitzen) in Kopfhöhe ermittelt. Unter Einbindung windstatistischer Angaben lassen sich so noch genauer für einen bestimmten Standort im Fußgängerbereich die zu erwartenden Häufigkeiten bestimmen, mit denen bestimmte Schwellwerte erreicht werden. Da im Einflussbereich von größeren Gebäuden stets sehr turbulente Strömungsverhältnisse zu erwarten sind, resultieren starke Geschwindig-

keitsschwankungen und häufige Strömungsrichtungsänderungen. Daher werden zeitlich hoch auflösende, richtungsunabhängige Geschwindigkeitssonden eingesetzt. Für die Bewertung der Windkomfortsituation in einem bestimmten Fußgängerbereich ist weniger von Bedeutung, wie hoch die absolute Windgeschwindigkeit für eine bestimmte Windsituation ist. Vielmehr ist Ausschlag gebend, wie häufig (z.B. über ein Jahr hinweg) bestimmte Windgeschwindigkeiten in Böen überschritten werden. Die Kenntnis dieser Häufigkeit erlaubt, mit Hilfe geeigneter Kriterien aus der Literatur die Einteilung des untersuchten Bereiches in, für verschiedenen windsensible Nutzungen mehr oder weniger gut geeignete Flächen. Die in der Abb. oben links beispielhaft angegebene, Flächen deckende Darstellung dient Architekten und Freiflächenplanern als Grundlage für die Gestaltung.



Stadtmodell im Maßstab 1:300, eingebaut in der Messstrecke des Grenzschichtwindkanals der ETH Zürich

Die Leistungen der GfA zum Thema Windbedingter Fußgängerkomfort im Überblick:

- **Windkomfortprognosen:** Als Beitrag für Umweltverträglichkeitsprüfungen erstellt die GfA Prognosen über zu erwartende Veränderungen des windbedingten Fußgängerkomforts im Nahbereich von geplanten Bauvorhaben.
- **Windschutzmaßnahmen:** In Abstimmung mit Architekten und Grünplanern entwickelt die GfA im Bedarfsfall geeignete Windschutzmaßnahmen zur Gewährleistung eines nutzungensprechenden Windkomforts.
- **Nutzungsempfehlungen:** Wir prüfen geplante Standorte von sensiblen Nutzungen (wie Einkaufspassagen oder Straßencafés) hinsichtlich des zu erwartenden Windkomforts und geben entsprechende Empfehlungen.

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

