

## **BV Überseering 17 City Nord (Hamburg)**

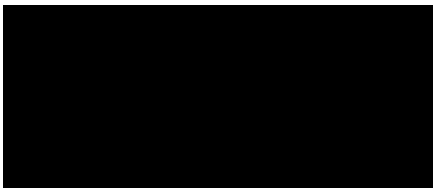
### **Windkanaluntersuchungen:**

**Windkomfort/-sicherheit auf den bodennahen Freiflächen im  
Nahbereich des Gebäudekomplexes, auf den Dachterrassen und  
Balkonen  
(Aufenthaltsqualität und Gefährdungspotential)**

**Auftraggeber:** Achte PM Invest GmbH & Co. KG  
Große Elbstraße 86  
22767 Hamburg

**Projektbearbeitung:** 

Birkenfeld, den 22. Mai 2024  
(Redaktionell überarbeitet: 31. März 2025)



## **ZUSAMMENFASSUNG**

Im vorliegenden Bericht wird eine Prognose über die zukünftige Windkomfortsituation im Außenbereich des Bauvorhabens Überseering 17 in Hamburg erstellt. Hierfür werden die bodennahen Außenbereiche, die Dachterrassen und die Balkone untersucht. Anhand von meteorologischen Klimadaten und Windkanaluntersuchungen und unter Berücksichtigung der angrenzenden Umgebungsbebauung werden die untersuchten Bereiche in Komfortstufen eingeordnet, die bestimmten Nutzungsanforderungen zugeordnet sind. Zudem wird auf mögliche unangenehme Bereiche und Gefährdungsstellen hin untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen nach Anwendung der Komfortkriterien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### Bodennaher Außenbereich:

- Das Sicherheitskriterium konnte an allen Untersuchungspunkten eingehalten werden, so dass eine generelle potentielle Gefährdung für Passanten oder Radfahrer im Sinne der angegebenen Kriterien nicht gegeben ist.
- Generell ist ein für Hamburg guter Windkomfort zu erwarten. Lediglich im Bereich der Außengastronomie sind Verbesserungsmaßnahmen empfohlen.

### Dachterrassen:

- Das Sicherheitskriterium konnte an allen Untersuchungspunkten eingehalten werden, so dass eine generelle potentielle Gefährdung für Besucher im Sinne der angegebenen Kriterien nicht gegeben ist.
- Durch die geplanten umlaufenden Brüstungen und Technikaufbauten auf dem Hochhaus sind viele Bereiche bereits gut geschützt. Lediglich auf der Terrasse auf dem Sockelbau, sollten, je nach geplanter Nutzung, weitere Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden.

### Balkone / Loggien:

- Das Sicherheitskriterium konnte an allen Untersuchungspunkten eingehalten werden, so dass eine generelle potentielle Gefährdung für Nutzer im Sinne der angegebenen Kriterien nicht gegeben ist.
- Die Balkone im Mittenbereich sind durch die geplanten Trennwände zwischen den einzelnen Wohneinheiten bereits gut geschützt. Lediglich an den Eckbereichen sind häufiger etwas höhere Geschwindigkeiten zu erwarten, weswegen dort ggf. Verbesserungsmaßnahmen ratsam sind. Dies gilt im verstärkten Maße, wenn die Balkone statt mit einer Glasbrüstung mit einer offenen Gitterbrüstung versehen werden.

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>PROBLEMSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>EXPERIMENTELLE VORGEHENSWEISE, WINDKANALVERSUCHE .....</b>	<b>3</b>
2.1	Windklima am Projektstandort.....	5
2.2	Quantitative Ermittlung des Windkomforts .....	8
2.3	Komfortkriterien (nach VDI 3787 Blatt 4).....	9
2.4	Sicherheitskriterium (nach VDI 3787 Blatt 4) .....	11
2.5	Anwendung der VDI-Richtlinie .....	11
2.6	Beschreibung der Versuchsvarianten .....	12
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE DER WINDKOMFORTUNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>13</b>
3.1	Windkomfort am Standort als Referenz .....	13
3.2	Windkomfort im bodennahen Außenbereich .....	13
3.3	Windkomfort auf den Dachterrassen.....	21
3.4	Windkomfort auf den Balkonen / Loggien.....	28
<b>4</b>	<b>HINWEISE.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>VERWENDETE DOKUMENTE.....</b>	<b>38</b>

Redaktionelle Überarbeitung (31.03.2025): Austausch Luftbilder, Ergänzung von Abbildungsquellen

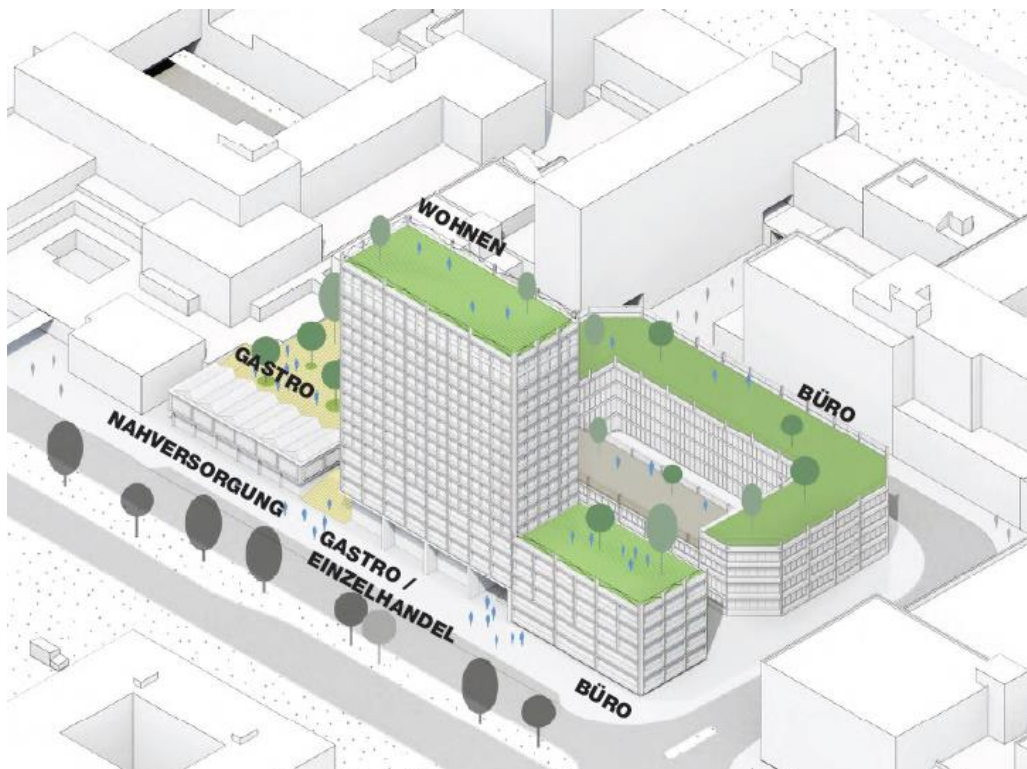
## 1 PROBLEMSTELLUNG

In Hamburg ist die Realisierung des Bauvorhabens Überseering 17 City Nord geplant. Der Komplex besteht aus einem ca. 70 m hohen Wohnturm mit angrenzendem Sockelbau sowie einem ca. 15 m hohen Bürogebäude. In einem dritten Gebäude auf dem Areal, dem Pavillon, sind Gastronomie und ein Supermarkt geplant (s. Abb. 1.1). Die Lage des Projekts in Hamburg ist in Abb. 1.2 dargestellt.

Im Zusammenhang mit der weiteren Planung wurde das Büro Wacker Ingenieure beauftragt, folgende strömungstechnische Aspekte mithilfe von Windkanaltests zu untersuchen:

- Globale Windlasten zur Dimensionierung der Tragstruktur des Hochhauses
- Lokale Windlasten zu Dimensionierung der Fassade des Gebäudekomplexes
- Windkomfort/Windsicherheit in bodennahen Außenbereichen
- Windkomfort/Windsicherheit auf den Außenbereichen der Dächer
- Windkomfort/Windsicherheit auf den Balkonen/Loggien
- Windsog auf den Dachflächen und Lagesicherheit der lose aufgelegten Dachbeläge
- Windbedingte Türöffnungskräfte an den Außentüren im EG und im Dachgeschoss
- Windbedingte Ausfallzeiten des Sonnenschutzes

Im vorliegenden Bericht sind die Vorgehensweise und die Ergebnisse für den **Windkomfort / die Windsicherheit in den Außenbereichen** (bodennah, Dachterrassen, Balkone) dokumentiert.



**Abb. 1.1:** Isometrie des BV Überseering 17 City Nord in Hamburg (via blrm, 2022)





**Abb. 1.2:** Lage des geplanten Bauvorhabens in Hamburg (Geoportal-Hamburg, 2025)

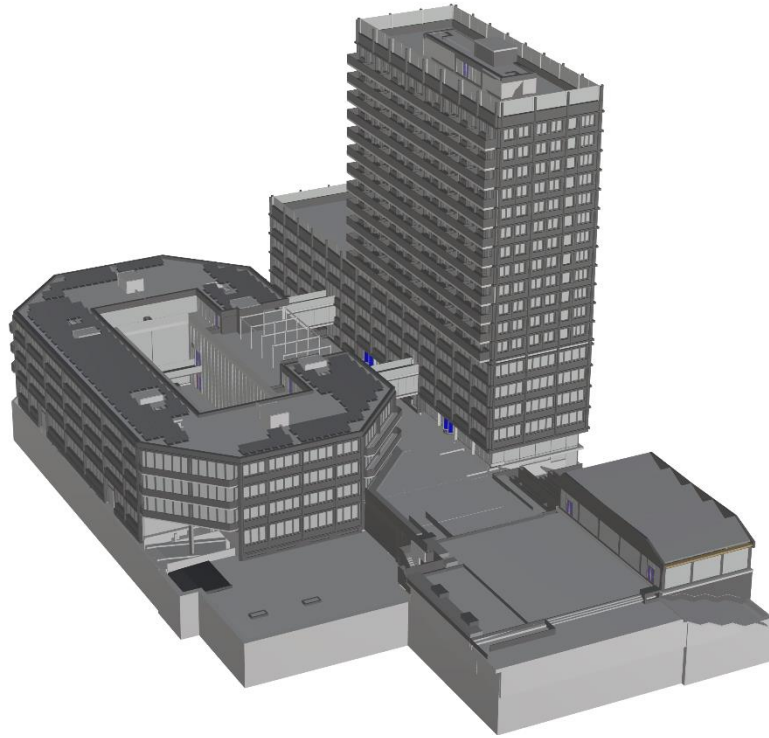
## **2 EXPERIMENTELLE VORGEHENSWEISE, WINDKANALVERSUCHE**

Für eine quantitative Prognose des Windkomforts bzw. Winddiskomforts müssen an definierten Messstellen die örtlichen Windgeschwindigkeiten und Windgeschwindigkeitsschwankungen mittels spezieller Messsonden bestimmt, statistisch aufbereitet und bewertet werden. Die Position der Messstellen wird auf Basis von Erfahrungswerten aus früheren Projekten sowie anhand der vorgesehenen Nutzung definiert.

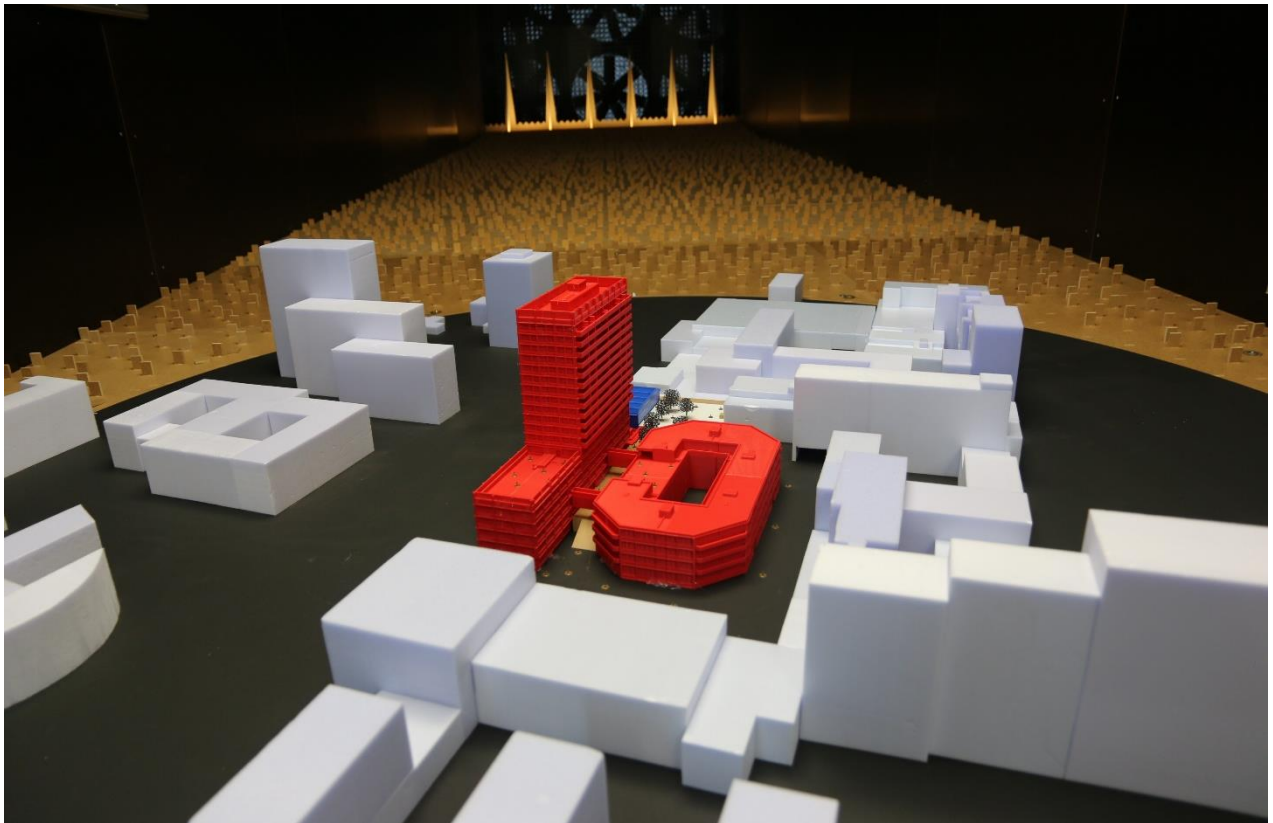
Die Windkanaluntersuchungen erfolgen an einem maßstäblich verkleinerten Modell (geometrischer Maßstab 1/250) des Gebäudekomplexes (s. Abb. 2.1) mit der relevanten Umgebungsbebauung in einem Grenzschichtwindkanal (s. Abb. 2.2).

Die Messungen wurden unter Einhaltung der maßgeblichen Ähnlichkeitsgesetze (siehe Plate, 1982) durchgeführt. Die unmittelbare Umgebungsbebauung wurde, soweit sie einen entscheidenden Einfluss auf die Strömungsverhältnisse hat, nachgebildet. Strömungsmechanisch relevante Details wurden berücksichtigt.

Die für das Untersuchungsgebiet repräsentativen atmosphärischen Grenzschichtströmungsverhältnisse, d.h. die höhenabhängige Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Windböen (Turbulenz), werden mithilfe von Rauigkeitselementen auf dem Windkanalboden und sogenannten Vortex-Generatoren (Wirbelerzeugern) am Beginn der Windkanalteststrecke erzeugt. Das Modell ist auf einem Drehteller zur Simulation unterschiedlicher Windrichtungen angebracht.



**Abb. 2.1:** Zur Verfügung gestelltes 3D-Modell des Gebäudekomplexes (via blrm, 2023)



**Abb. 2.2:** Windkanalmodell des Bauvorhabens Überseering 17 und angrenzender Nachbarbauten im Grenzschichtwindkanal (geometrischer Maßstab 1:250)

## **2.1 Windklima am Projektstandort**

Für die Bewertung des Windkomforts bzw. der Windsicherheit wurden vorgabegemäß langjährige Windklimadaten der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel verwendet (DWD-CDC; 2022). Es wurden aus den Klimadaten spezifische Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeiten erstellt. Hierbei handelt es sich um durchschnittliche Häufigkeitsverteilungen. Es ist daher zu beachten, dass es in einzelnen Jahren zu Abweichungen vom Durchschnitt kommen kann. Für die Bewertung der Gefährdung und des Windkomforts im öffentlichen bodennahen Bereich wird nachfolgend die Ganzjahresstatistik herangezogen (Abb. 2.3). Zur Beurteilung des Windkomforts auf den Dachterrassen sowie auf den Balkonen und Loggien wird wegen des Nutzungsschwerpunktes im Sommerhalbjahr werden zusätzlich die Sommer- und Winterstatistik (Abb. 2.4) der Windinformationen verwendet.

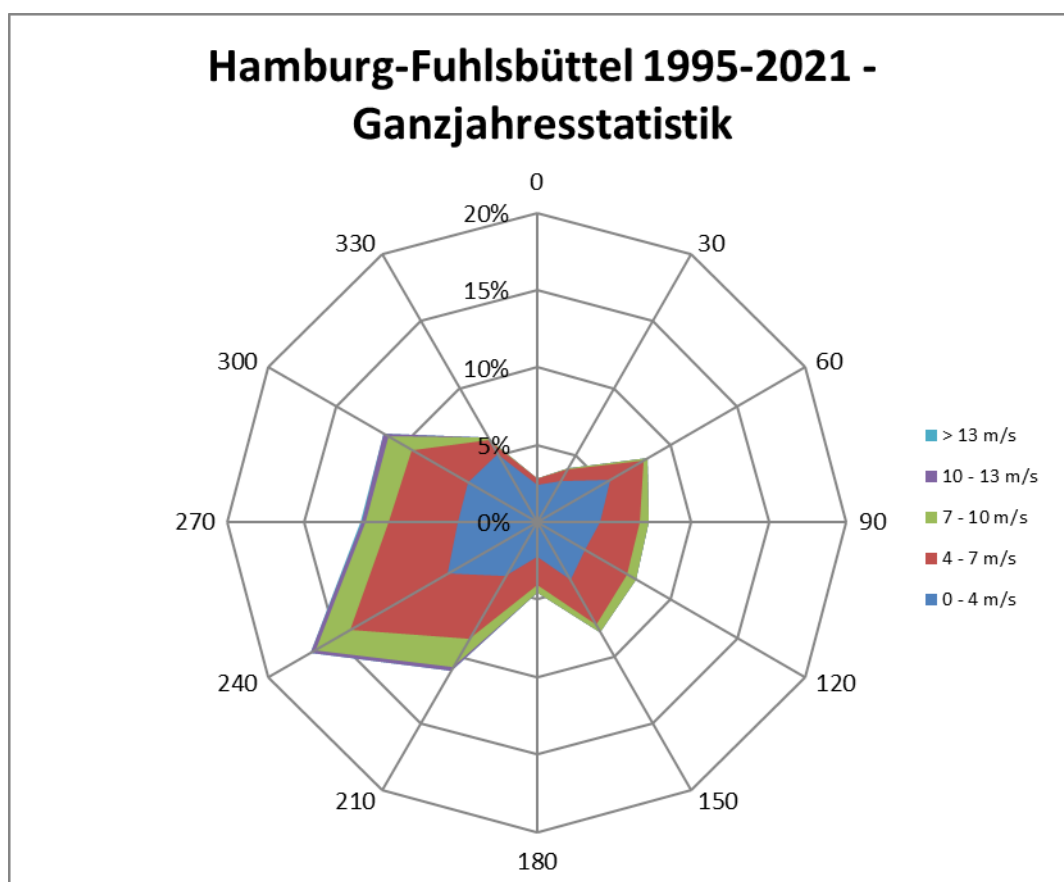
Hierbei wird definiert:

**Sommerhalbjahr:** Monate April - September

**Winterhalbjahr:** Monate Oktober – März

Für die Anwendung der Statistik wurde der Einfluss der unterschiedlichen Bodenrauigkeiten von Messstation und Projektstandort unter Berücksichtigung von Rauigkeitswechseln in der Anströmung nach ESDU 83045 und DIN EN 1991-1-4 (2010) berücksichtigt.

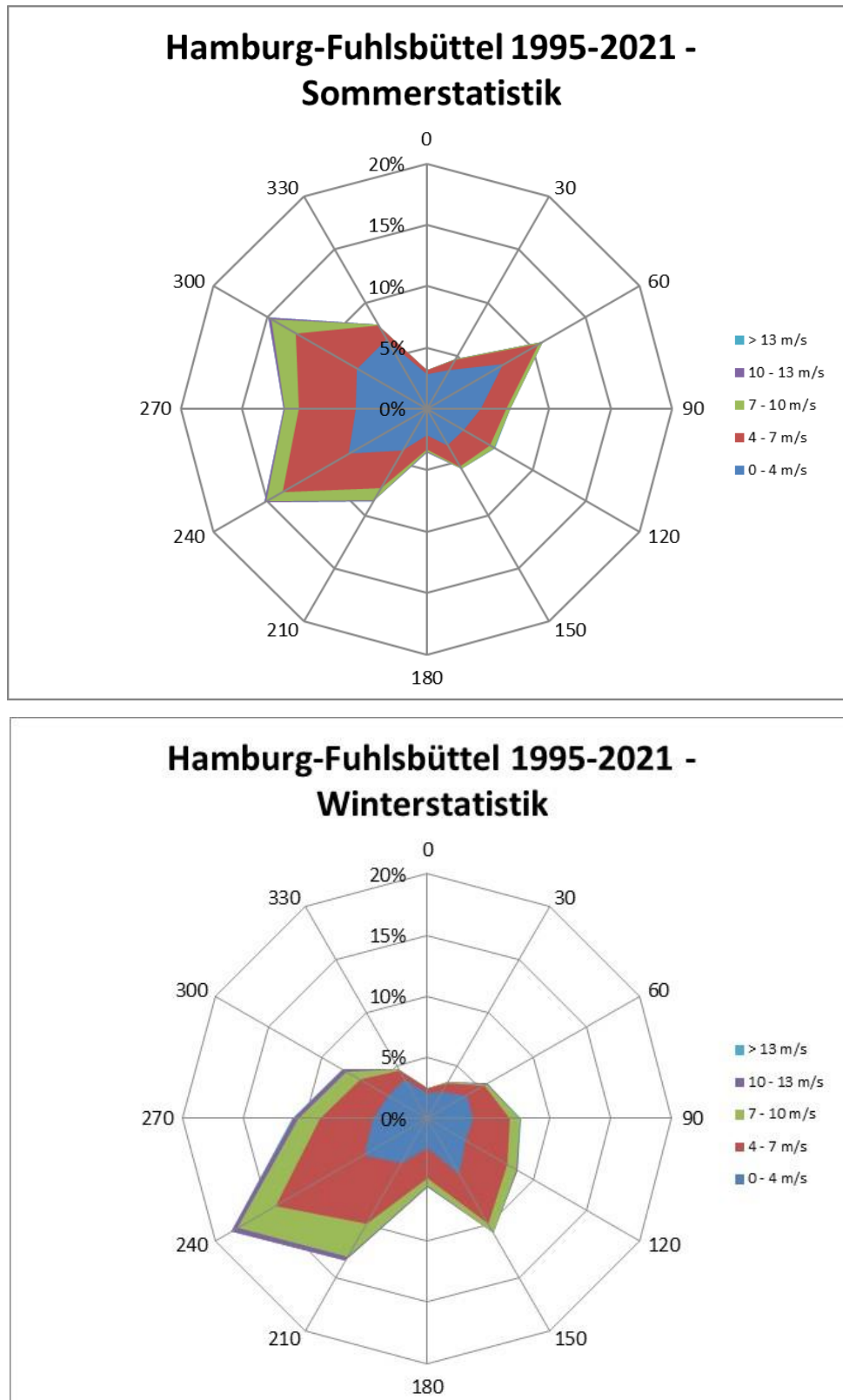




Wind- richtung	Überschreitungshäufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten - Ganzjahresstatistik											
	0 m/s	1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	13 m/s
0°	2.8%	2.3%	1.5%	0.8%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30°	4.0%	3.5%	2.6%	1.8%	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60°	8.3%	7.7%	6.1%	4.4%	2.8%	1.6%	0.8%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
90°	7.3%	7.0%	5.9%	4.6%	3.1%	2.1%	1.2%	0.6%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
120°	7.4%	7.3%	6.6%	5.5%	3.9%	2.5%	1.3%	0.7%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
150°	8.2%	8.0%	7.3%	5.9%	3.9%	2.4%	1.2%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
180°	4.6%	4.4%	3.9%	3.2%	2.3%	1.6%	0.9%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
210°	11.1%	10.8%	9.9%	8.5%	7.0%	5.4%	3.8%	2.4%	1.3%	0.6%	0.3%	0.0%
240°	16.9%	16.5%	15.2%	13.0%	10.2%	7.4%	4.9%	3.0%	1.7%	0.9%	0.4%	0.0%
270°	11.4%	10.9%	10.0%	8.3%	6.2%	4.4%	2.9%	1.8%	1.0%	0.6%	0.3%	0.0%
300°	11.5%	10.8%	9.6%	8.1%	6.3%	4.7%	3.3%	2.1%	1.3%	0.7%	0.4%	0.0%
330°	6.3%	5.5%	3.7%	2.2%	1.2%	0.7%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>Gesamt:</b>	<b>99.8%</b>	<b>94.7%</b>	<b>82.3%</b>	<b>66.3%</b>	<b>48.5%</b>	<b>33.4%</b>	<b>20.8%</b>	<b>12.3%</b>	<b>6.6%</b>	<b>3.4%</b>	<b>1.6%</b>	<b>0.13%</b>

**Abb. 2.3:** Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel (Datengrundlage: DWD-CDC, 2022)

**Ganzjahresstatistik**



**Abb. 2.4:** Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel (Datengrundlage: DWD-CDC, 2022)

**oben: Sommerhalbjahr April – September;**

**unten: Winterhalbjahr Oktober - März**

## **2.2 Quantitative Ermittlung des Windkomforts**

Die Fußgänger-Behaglichkeit, der sogenannte Windkomfort, wird in der Literatur in der Regel – wie auch in der VDI Richtlinie 3787 Blatt 4 - über die Häufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten am Untersuchungsstandort quantifiziert. Bei der Bewertung müssen daher das regionale Windklima sowie lokale Beschleunigungs- und Abschattungseffekte bedingt durch die umgebende Bebauung berücksichtigt werden.

Zur Quantifizierung des Windkomforts entwickelten Gandemer und Guyot (1976) den Geschwindigkeitsfaktor  $X_i$ :

$$X_i = \frac{(\overline{U} + \gamma \cdot \sigma)_{mB}}{(\overline{U} + \gamma \cdot \sigma)_{oB}}$$

mit  $\overline{U}$ : zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit;  $\sigma$ : Standardabweichung der Windgeschwindigkeitsschwankungen und  $\gamma$ : Wichtungsfaktor.

$X_i$  ist der Quotient der lokalen, durch die Bebauung beeinflussten Windgeschwindigkeit (Index „mB“) und der ungestörten Bezugsgeschwindigkeit ohne Bebauung (Index „oB“) an derselben Stelle auf Fußgängerniveau (etwa 1.5 m über Boden). Über die Standardabweichung  $\sigma$  und den Wichtungsfaktor  $\gamma$  kann die Böigkeit des Windes berücksichtigt werden. In der Literatur schwanken die Werte für den Wichtungsfaktor  $\gamma$  zwischen 1 und 4 (z.B. Gandemer, 1982). Zur Beurteilung des Windkomforts werden in aller Regel Wichtungsfaktoren zwischen 0 und 1.5, zur Beurteilung der Windsicherheit Werte zwischen 3 und 3.5 gewählt. Beide Bezugsgeschwindigkeiten können im Windkanalmodell z.B. mit Hitzdrahtsonden, Laser-Doppler-Anemometern oder Irwin-Sensoren gemessen werden. Dabei werden die zeitlich gemittelten Windgeschwindigkeiten und die Windgeschwindigkeitsschwankungen am Messpunkt (mit Bebauung) und in ungestörter Strömung (ohne Bebauung) auf Fußgängerniveau bestimmt.

Geschwindigkeitsfaktoren  $X_i < 1$  bedeuten, dass durch die Bebauung eine Verringerung der Windgeschwindigkeiten auftritt; bei Geschwindigkeitsfaktoren  $X_i > 1$  wurde eine Erhöhung der örtlichen Windgeschwindigkeiten relativ zur Windsituation ohne Bebauung ermittelt. Die  $X_i$ -Faktoren werden anhand von Messungen im Windkanal bestimmt.

Im Anschluss werden die Geschwindigkeitsfaktoren mit dem Windklima am Standort gekoppelt. Das Windklima wird dabei anhand einer statistischen Auswertung von langjährigen Messreihen (z.B. von Flughäfen) ermittelt. Daraus können dann Aussagen darüber getroffen werden, wie häufig eine bestimmte Geschwindigkeit am Messpunkt überschritten wird.

Diese Vorgehensweise wird sinngemäß auch in der neu eingeführten VDI-Richtlinie 3787 Blatt 4 beschrieben und steht damit im Einklang mit dem dort empfohlenen Verfahren.

### **2.3 Komfortkriterien (nach VDI 3787 Blatt 4)**

Hinsichtlich der Komfortbeeinträchtigung bei stärkerem Wind macht die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 4 (Kap. 7.2) folgende Angaben:

Verschiedene Aktivitäten im Freien können durch eine stärkere Windeinwirkung beeinträchtigt werden. Je nach Aktivität gibt es daher Kriterien, um zu beurteilen, ob mit einer Beeinträchtigung zu rechnen ist. Diese Kriterien stützen sich auf sogenannte Grenzgeschwindigkeiten und mit ihnen gekoppelte Überschreitungswahrscheinlichkeiten. Werden als Grenzgeschwindigkeiten Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit herangezogen, lässt sich das lokale Windklima nach Abb. 2.5 in vier Windkomfortbereiche A (sehr hoher Windkomfort) bis D (sehr geringer Windkomfort) einteilen.

Den vier Bereichen werden verschiedene Tätigkeiten von Personen zugeordnet (siehe Tab. 2.1), da der Grad der Belästigung durch den Wind von der Aktivität der betroffenen Personen abhängt. Unterschieden wird in die Aktivitätsklassen „Längeres Sitzen oder Stehen“ (höchste Anforderung an den Windkomfort), „Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen“, „Langsames Flanieren, Bummeln“ und „Zügiges Durchqueren“ (geringste Anforderungen an den Windkomfort).

Die Grenzwindgeschwindigkeiten der Bereiche A – D als stundengemittelte Windgeschwindigkeiten lassen sich als Verteilungen nach Gleichung (1) darstellen:

$$u_{Grenz}(p) = 0,103 \cdot c \cdot (-\ln p)^{1/k} \cdot u_{Grenz}(p = 0,01) \quad (1)$$

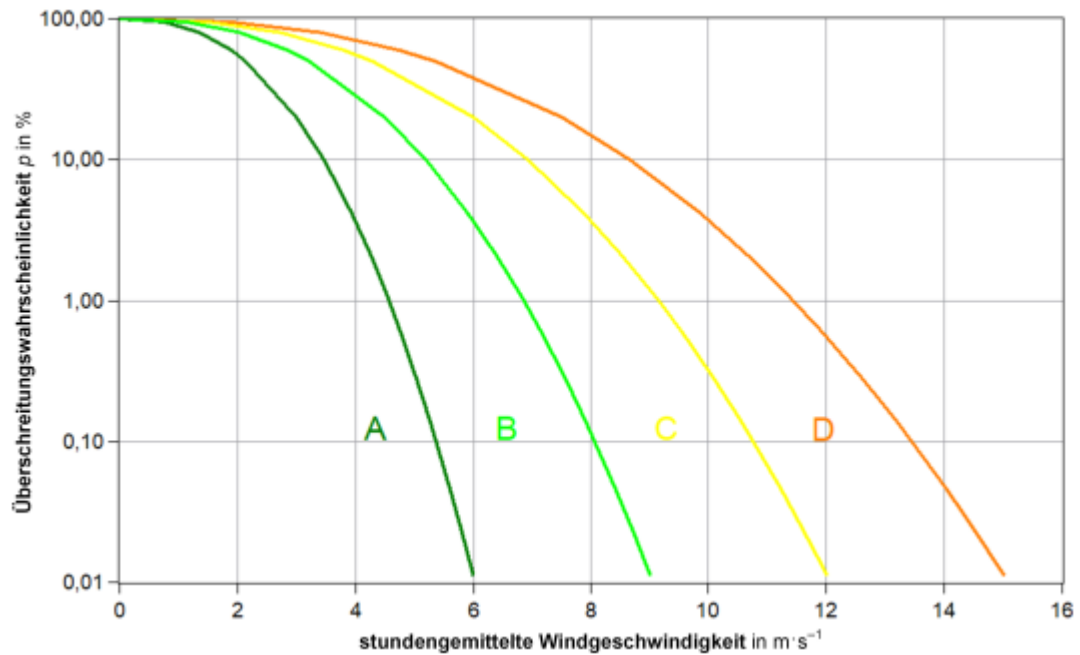
Dabei werden die Weibull-Parameter  $c$  und  $k$  gemäß VDI 3787 angenommen zu:

$$c = 4; \quad k = 2,5; \quad p \text{ in } \%$$

In Tab. 2.2 sind Grenzgeschwindigkeiten  $u_{Grenz}(p)$  für die verschiedenen Windkomfortbereiche A bis D aufgeführt.

Für einen Untersuchungspunkt ergibt sich nicht zwingend eine Verteilung wie in Abb. 2.5 dargestellt. Aus diesem Grund wird empfohlen, entweder für mindestens vier über den Gesamtbereich verteilte Überschreitungswahrscheinlichkeiten die Grenzgeschwindigkeit oder für mindestens vier über den Gesamtbereich verteilte Geschwindigkeiten die Überschreitungswahrscheinlichkeiten zu bestimmen.

Bei der Beurteilung ist der ungünstigste ermittelte Windkomfortbereich zu wählen.



**Abb. 2.5:** Einteilung der Windkomfortbereiche bei stärkeren Winden, Windgeschwindigkeit in Lauf- und Verweilhöhe, basierend auf den Untersuchungen verschiedener Autoren (VDI 3787 Blatt 4-2020)

Windkomfort- bereich	Aktivitätsklasse			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Markt- plätze, Straßencafés, Bier- gärten, Spielplätze, Ruhe- zonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bus- steige, sonstige War- tebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet

**Tab. 2.1:** Kriterien zur Beurteilung des lokalen Windklimas auf Belästigungen durch Wind (VDI 3787 Blatt 4 – 2020)



Grenzgeschwindigkeit $u_{\text{Grenz}} (p = 0,01 \%)$	Bereich A: $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Bereich B: $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Bereich C: $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Bereich D: $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Überschreitungswahrscheinlichkeit $p$ in %	Grenzgeschwindigkeit in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$			
100	0,00	0,00	0,00	0,00
95	0,75	1,13	1,50	1,88
80	1,35	2,03	2,71	3,39
60	1,89	2,83	3,77	4,72
50	2,13	3,20	4,26	5,33
20	2,99	4,48	5,97	7,47
10	3,45	5,17	6,89	8,62
5	3,83	5,74	7,66	9,57
2	4,26	6,39	8,52	10,65
1	4,55	6,82	9,09	11,37
0,5	4,81	7,21	9,62	12,02
0,2	5,13	7,69	10,25	12,82
0,1	5,35	8,02	10,70	13,37
0,05	5,56	8,33	11,11	13,89
0,02	5,82	8,72	11,63	14,54
0,01	6,00	9,00	12,00	15,00

**Tab. 2.2:** Grenzgeschwindigkeiten  $u_{\text{Grenz}}(p)$  (Stundenwerte) für die verschiedenen Windkomfortbereiche A – D (VDI 3787 Blatt 4 – 2020)

## 2.4 Sicherheitskriterium (nach VDI 3787 Blatt 4)

Sind die stundengemittelten Windgeschwindigkeiten mit den zugehörigen Überschreitungswahrscheinlichkeiten größer als der Bereich D in Abb. 2.5, sollte eine genauere Überschreitungswahrscheinlichkeit durch eine Zeitreihenanalyse der Windgeschwindigkeit ermittelt werden. Um eine Gefährdung durch Wind weitgehend auszuschließen, dürfte die lokale stundengemittelte Windgeschwindigkeit von  $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (oder die korrespondierende 3s-Böe) in maximal 0,01 % der Zeit überschritten werden.

## 2.5 Anwendung der VDI-Richtlinie

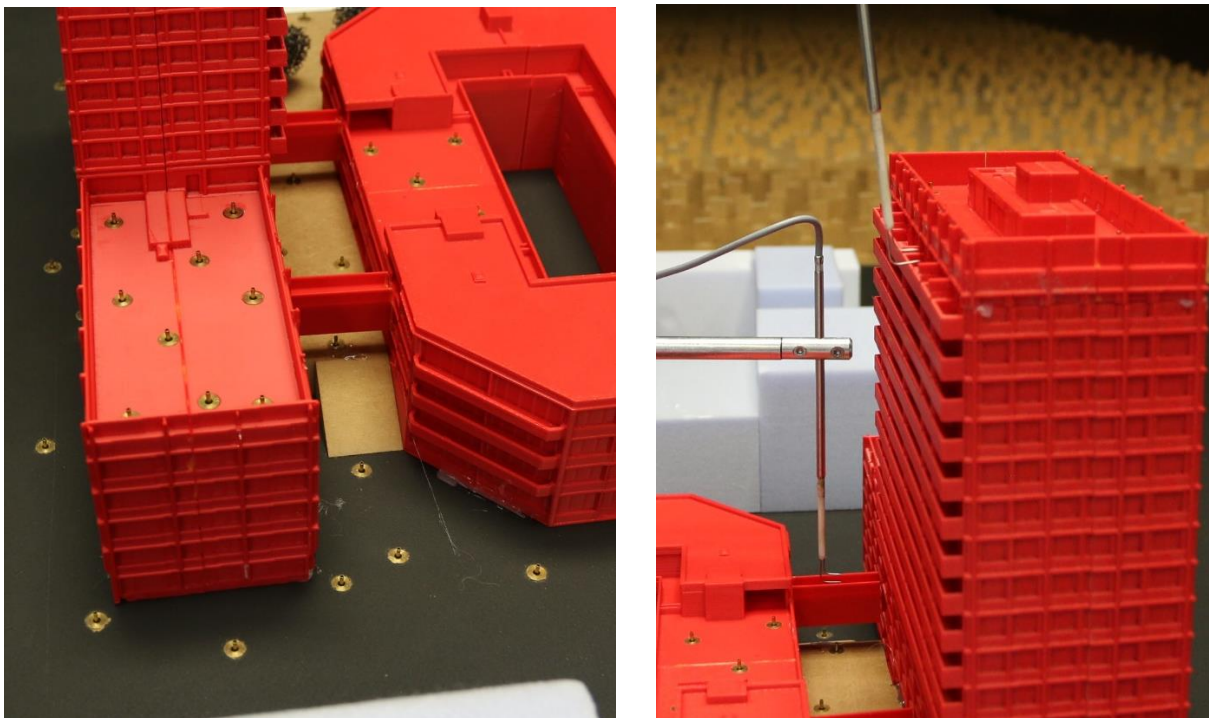
Es wurden im Einklang mit der VDI-Richtlinie für 5 verschiedene Grenzgeschwindigkeiten, die die relevanten niedrigen und hohen Windgeschwindigkeitsbereiche abdecken, die Überschreitungshäufigkeiten berechnet. Dabei wurden im Windkanalmodell gemessene mittlere und Böengeschwindigkeiten untersucht. Die dazugehörigen Grenzwahrscheinlichkeiten für die Einstufung in die Windkomfortbereiche wurden gemäß Abb. 2.5 ermittelt. Die gemessenen Böengeschwindigkeiten wurden hierzu in äquivalente Stundenmittel-Geschwindigkeiten umgerechnet. Die an den Messorten zu erwartenden Spitzenwindgeschwindigkeiten, die maßgebend für die Beurteilung der Windsicherheit sind, wurden in Einklang mit den Empfehlungen der VDI 3787 auf

Basis von Zeitreihenanalysen der gemessenen hochaufgelösten Windgeschwindigkeitssignale ermittelt und in Beziehung zum angegebenen Sicherheitskriterium (Kap. 2.4) gesetzt.

Jeder Messpunkt wird anhand der Häufigkeiten der Grenzgeschwindigkeiten nach den Kriterien gemäß Abb. 2.5 in die entsprechenden Windkomfortklassen eingeordnet.

## **2.6 Beschreibung der Versuchsvarianten**

Die Bestimmung der Geschwindigkeitsfaktoren  $X_i$  wurde an insgesamt 43 Punkten im bodennahen Außenbereich, an 24 Punkten auf den Dachflächen und an 9 Punkten auf den Balkonen Geschwindigkeiten gemessen. Die Messstellen sind in Abb. 3.1, Abb. 3.4 und Abb. 3.7 definiert. Die Messungen wurden für insgesamt 24 Anströmrichtungen in 15°-Schritten in ca. 1.5 m Höhe (entspricht ca. 6 mm im Modell) über der jeweiligen Bodenoberfläche durchgeführt und erfolgten mit druckbasierten Geschwindigkeitssensoren (Irwin-Sensoren) und Hitzdraht-Sonden (siehe Abb. 2.6).



**Abb. 2.6:** Windkanalmodell – Geschwindigkeitsmessungen mit Irwinsonden (links) und Hitzdrahtsonden (rechts)

### **3 ERGEBNISSE DER WINDKOMFORTUNTERSUCHUNGEN**

#### **3.1 Windkomfort am Standort als Referenz**

Die Auswertung der meteorologischen Station Hamburg-Fuhlsbüttel zeigt, dass am Standort westliche bis südwestliche Winde am häufigsten vorkommen, die zudem auch die höchsten Windgeschwindigkeiten aufweisen. Ein zweites Maximum ist noch für östliche Windrichtungen zu verzeichnen. Die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten sind hier allerdings etwas geringer (siehe Abb. 2.3 und Abb. 2.4). Um die nachfolgenden Ergebnisse einschätzen zu können, wurde zunächst der Windkomfort am Standort in Fußgängerhöhe  $h = 1.5\text{ m}$ , wie er sich ohne unmittelbaren Einfluss von lokalen Gebäuden (ohne Projektgebäude und lokaler Umgebungsbebauung, jedoch unter Berücksichtigung der zur Umgebung passenden generischen Geländerauigkeit) einstellen würde, bewertet (Referenzsituation). Hierzu wurde die Windstatistik der Wetterstation auf die Geländerauigkeit am Projektstandort angepasst (nach DIN EN 1991-1-4, 2010) und ein konstanter Erhöhungsfaktor  $X_i = 1$  aus allen Windrichtungen angenommen.

*Referenz Sommerhalbjahr:* Im Sommerhalbjahr wird alleine aufgrund des Windklimas am Standort ohne Einfluss von Gebäuden nach den Kriterien aus Tab. 2.1 die **Windkomfortklasse B** erreicht. Der Standort wäre während des Sommerhalbjahres also für kurzzeitige Aufenthalte wie beispielsweise in Wartebereichen geeignet.

*Referenz Winterhalbjahr:* Im Winterhalbjahr wird alleine aufgrund des Windklimas am Standort ohne Einfluss von Gebäuden nach den Kriterien aus Tab. 2.1 die **Windkomfortklasse C** erreicht. Der Standort ist im Winterhalbjahr tendenziell schlechter zu bewerten als während des Sommerhalbjahres. Für langsames Flanieren oder Bummeln ist der Standort jedoch noch geeignet.

*Referenz Ganzjahr:* Übers ganze Jahr gesehen wird alleine aufgrund des Windklimas am Standort ohne Einfluss von Gebäuden nach den Kriterien aus Tab. 2.1 ebenfalls die **Windkomfortklasse C** erreicht.

#### **3.2 Windkomfort im bodennahen Außenbereich**

Aus den Windkanalmessungen an den einzelnen Messpunkten lassen sich windrichtungsabhängig die Erhöhungsfaktoren  $X_i$  bestimmen. Diese geben an, um wie viel sich die Geschwindigkeit als Folge der Bebauung im Vergleich zu einer ungestörten Fläche ändert. Die Nummerierung der Messpunkte findet sich in Abb. 3.1. Die Matrix der Erhöhungsfaktoren  $X_i$  für sämtliche Windrichtungen und Messpunkte ist in Tab. 3.1 dargestellt. Erhöhungsfaktoren von 1.2 bedeuten

beispielsweise, dass die Geschwindigkeiten um 20 % höher sind als in unbebautem Gelände, Faktoren von 0.8 bedeuten eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 %.

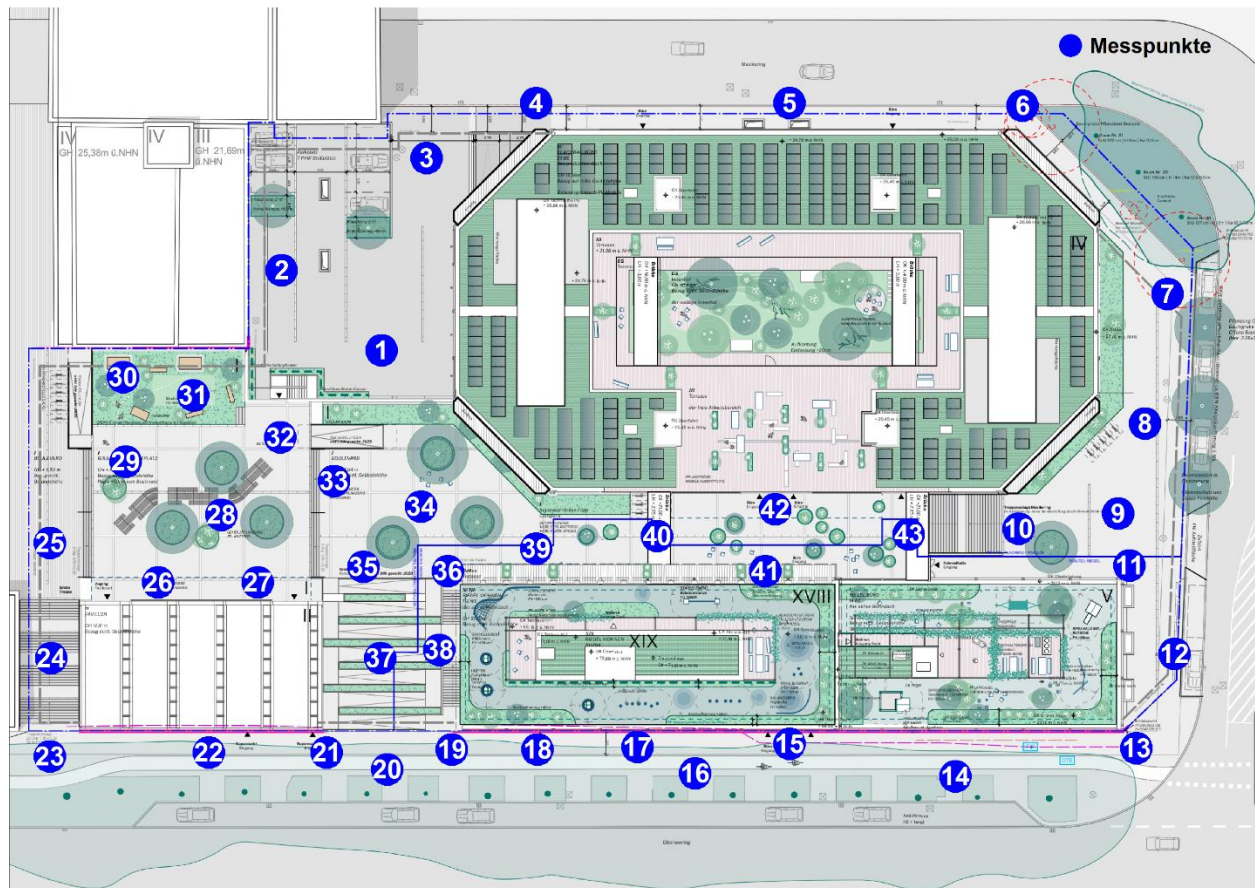
Im bodennahen Außenbereich des Bauvorhabens ist an einigen Punkten mit Windbeschleunigungen in der Größenordnung von 30-60 % zu rechnen. Die höchsten Beschleunigungen von bis zu 78 % können für den MP 43 für westliche Windrichtungen (270°) beobachtet werden. Die Strömungsbeschleunigungen sind hier als Folge der Gebäudeumströmung an der Engstelle unterhalb der Verbindungsbrücke zu verstehen.

Für viele Windrichtungen ist aber auch ein starker Schutzeffekt (Faktoren  $< 1.0$ ) durch die Bebauung zu erwarten. Maßgebend für die Bewertung des Windkomforts ist letztendlich, wie häufig die Windrichtungen auftreten, an denen sich die größten Erhöhungsfaktoren einstellen.

Aus der Kopplung der windrichtungsabhängigen Erhöhungsfaktoren mit der Windstatistik werden die Häufigkeiten bestimmt, mit denen bestimmte Grenzgeschwindigkeiten überschritten werden.

City Nord Überseering 17, Hamburg

Windkomfort - Messpunkte bodennahe Außenbereich



**Abb. 3.1:** Bezeichnungen und Positionen der Messstellen im bodennahen Außenbereich des Bauvorhabens Überseering 17 in Hamburg (Plangrundlage via blmr, 2023)

**Bodennaher Außenbereich**



X <sub>i</sub> (γ = 1.0)												
Messpunkt	Windrichtung β [°] (0° = Nord)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	0.69	0.89	0.80	0.60	0.51	0.52	0.60	0.72	0.55	0.57	0.69	0.76
2	0.73	0.94	0.76	0.77	0.74	0.57	0.61	0.62	0.60	0.59	0.50	0.59
3	0.99	1.32	1.28	0.95	1.02	0.97	0.97	0.88	0.67	0.74	1.07	1.24
4	0.63	1.06	1.25	0.83	0.71	0.97	0.88	0.62	0.57	0.55	0.72	0.81
5	0.69	0.93	1.11	1.02	0.71	0.55	0.53	0.59	0.69	0.78	1.01	1.14
6	0.59	0.87	0.97	1.03	0.90	0.62	0.63	0.72	0.68	0.56	0.69	0.82
7	1.06	1.08	0.77	0.74	0.85	0.71	0.94	0.99	0.79	0.60	0.54	0.65
8	1.11	1.16	0.96	0.80	0.82	0.75	0.93	0.88	1.03	1.19	1.03	0.83
9	0.99	1.24	1.17	1.03	0.75	0.65	0.77	0.75	0.93	1.06	0.91	0.73
10	0.81	1.23	1.18	1.10	0.69	0.56	0.59	0.51	0.62	0.66	0.58	0.48
11	1.20	1.57	1.38	0.94	0.68	0.59	0.66	0.77	0.89	1.04	0.95	0.83
12	1.07	1.41	1.34	0.94	0.70	0.54	0.68	0.93	1.04	0.95	0.80	0.78
13	0.82	0.95	1.22	1.53	1.45	1.22	0.75	0.65	0.61	0.74	0.82	0.78
14	1.08	1.00	1.00	1.12	1.15	1.35	1.09	0.79	0.76	0.87	1.04	1.00
15	1.10	1.00	0.70	0.68	0.93	1.31	1.00	0.76	0.83	0.70	0.67	0.83
16	1.20	1.13	0.79	0.65	0.89	1.28	1.23	1.03	0.80	0.74	0.69	0.88
17	1.08	1.07	0.71	0.64	0.82	1.19	1.02	0.83	0.70	0.68	0.55	0.69
18	1.22	1.36	1.19	1.04	0.80	0.87	0.91	0.78	0.63	0.71	0.64	0.77
19	1.26	1.58	1.53	1.30	0.79	0.72	1.24	1.45	1.19	0.74	0.53	0.69
20	1.23	1.39	1.36	1.26	0.87	0.83	0.94	0.87	0.95	1.10	0.85	0.77
21	1.09	1.24	1.27	1.25	1.02	0.96	0.73	0.52	0.59	0.74	0.69	0.70
22	1.10	1.35	1.32	1.11	0.82	0.82	0.79	0.71	0.74	0.74	0.62	0.71
23	1.12	1.31	1.26	0.98	0.84	0.83	0.84	0.81	0.69	0.72	0.75	0.79
24	0.83	1.25	1.31	1.19	1.18	1.11	0.97	0.78	0.52	0.54	0.66	0.69
25	0.79	1.15	1.14	0.97	1.01	1.02	0.88	0.69	0.67	0.83	0.89	0.68
26	0.51	0.58	0.64	0.61	0.53	0.52	0.50	0.56	0.81	1.24	1.30	0.81
27	0.51	0.57	0.55	0.49	0.50	0.46	0.51	0.63	0.88	1.21	1.20	0.70
28	0.53	0.58	0.69	0.70	0.53	0.50	0.61	0.65	0.84	1.17	1.19	0.79
29	0.67	0.86	0.96	0.92	0.87	0.85	0.78	0.64	0.73	0.98	0.98	0.62
30	0.65	0.87	0.95	0.72	0.58	0.48	0.43	0.40	0.58	0.73	0.59	0.54
31	0.50	0.65	0.93	0.95	0.80	0.69	0.57	0.55	0.81	1.07	0.98	0.58
32	0.56	0.77	0.81	0.79	0.76	0.71	0.68	0.70	0.93	1.20	1.15	0.90
33	0.51	0.71	0.91	0.88	0.70	0.75	0.63	0.68	0.97	1.29	1.18	0.71
34	0.62	0.94	1.19	1.26	1.12	1.06	0.82	0.78	1.17	1.57	1.43	0.82
35	0.79	1.26	1.56	1.29	0.90	0.86	0.74	0.75	1.18	1.59	1.48	0.90
36	0.67	0.56	0.61	0.85	1.29	1.60	1.37	0.73	0.89	1.25	1.16	0.79
37	1.15	1.66	1.66	1.26	1.04	1.01	1.21	1.14	1.18	1.59	1.34	0.89
38	0.57	0.67	1.13	1.29	0.90	0.74	0.56	0.62	0.51	0.47	0.52	0.60
39	0.74	0.67	0.81	0.98	0.96	1.21	1.32	0.83	0.55	0.64	0.67	0.67
40	1.12	0.92	0.74	0.71	0.70	0.96	1.37	1.35	1.05	0.97	0.90	0.89
41	0.77	1.05	0.87	0.66	0.36	0.44	0.79	0.77	0.55	0.52	0.48	0.43
42	0.88	1.02	0.82	0.75	0.40	0.48	0.70	0.79	0.87	0.94	0.85	0.62
43	1.35	1.68	1.31	1.04	0.60	0.74	0.69	1.14	1.66	1.78	1.44	0.84

**Tab. 3.1:** Erhöhungsfaktoren  $X_i$  an den in Abb. 3.1 angegebenen Messpunkten im bodennahen Außenbereich des Bauvorhabens Überseering 17 im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben

#### Bodennaher Außenbereich

### Prognose Windsicherheit

Für die Prognose der Windsicherheit werden die Klassifizierungen gemäß der Ganzjahresstatistik herangezogen (Abb. 3.2).

Das in der VDI 3787 Blatt 4 definierte Sicherheitskriterium (siehe Kap. 2.4) wird für die untersuchten Bereiche überall eingehalten. Eine inakzeptable potentielle Gefährdung von Fußgängern oder Radfahrern im Sinne des Sicherheitskriteriums ist daher nicht gegeben.

### Prognose Windkomfort:

Übers Jahr gesehen sind die in Abb. 3.2 angegebenen Komfortklassen zu erwarten.

Die meisten Bereiche können in die Komfort-Klassen B oder C eingeordnet werden, was sich für einen kurzzeitigen Aufenthalt, etwa in Wartebereichen, gut eignet (B) oder zumindest zum langsamen Flanieren/Bummeln, wie es z.B. für Eingangsbereiche ausreichend wäre.

Zwischen dem Hochhaus und dem Gastro-Pavillon auf der Treppe bzw. Rampe sowie westlich des Gastro-Pavillons treten häufiger etwas höhere Windgeschwindigkeiten auf, insbesondere für westliche Windrichtungen (240°-300°), auf der Treppe auch für nordöstliche Windrichtungen (60°). Dieser Bereich wird daher im Wesentlichen in die Komfort-Klasse C eingeordnet, was sich für ein langsames Gehen oder Bummeln gut eignet und daher geeignet ist für Bereiche, die wie hier eher nicht zum Verweilen geplant sind. Etwas ungünstiger ist der Windkomfort teilweise auf der Treppe zwischen Hochhaus und Gastro-Pavillon (MP 37). Hier wird die Komfort-Klasse D prognostiziert, was aber für ein kurzes Durchqueren des Bereichs noch geeignet ist. Bei Voruntersuchungen zum Windkomfort wurden in diesem Bereich bereits hohe Beschleunigungen identifiziert. Die Verbesserungsmaßnahmen (Bäume auf der westlichen Seite der Treppe und Pflanztröge entlang der Rampe) wurden daher in den hier zugrundeliegenden Untersuchungen berücksichtigt und zeigen Wirkung.

Unmittelbar am Gastro-Pavillon (MP 26 - 27), wo auch der Terrassenbereich der Gastronomie geplant ist, wird ebenfalls die Komfortstufe C erwartet, was für einen längerfristigen Aufenthalt ungeeignet ist. Hier sind daher Verbesserungsmaßnahmen ratsam (s.u.).

Der davor liegende Boulevard-Marktplatz (MP 28, 29, 32) wird zwar teilweise etwas besser eingestuft (Klasse B – Klasse C). Falls jedoch auch hier ein längerfristiger Aufenthalt geplant ist, sind ebenfalls Verbesserungsmaßnahmen zu empfehlen.

Die Eingänge zum Hochhaus (MP 15, 41) und zum Flachbau (MP 42) liegen windgeschützt und werden in die Klassen A bzw. B eingeordnet.

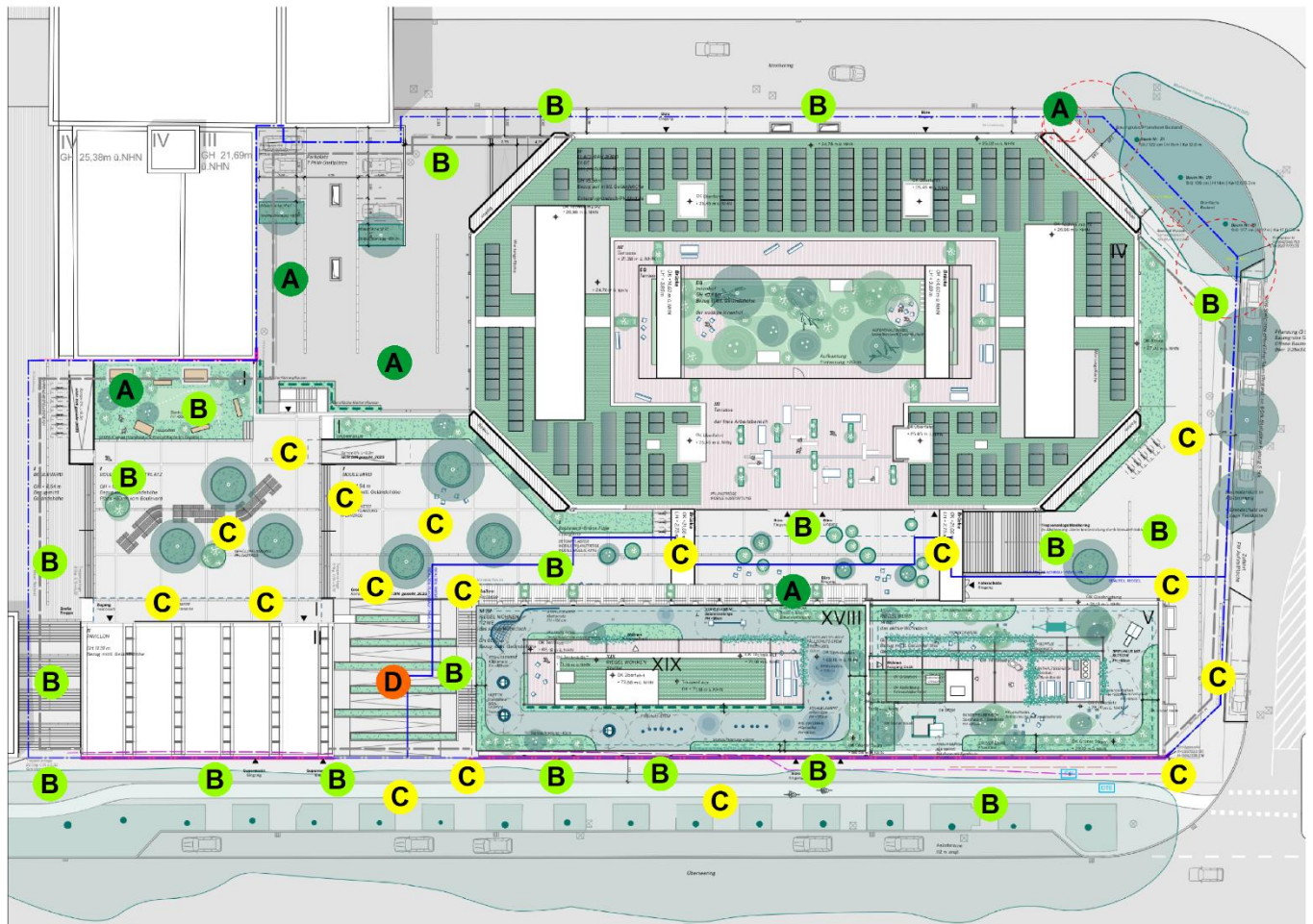
### Verbesserungsmaßnahmen

Auf der Terrasse des Gastro-Pavillons (MP 26, 27) treten die höchsten Beschleunigungen für die Windrichtungen West / Nordwest auf. Die drei auf dem Boulevard-Marktplatz geplanten Bäume wurden in der Untersuchung bereits berücksichtigt. Zusätzliche Bepflanzung, die auch im Stammbereich der Bäume einen Windschutz bietet, wie etwa Sträucher, Pflanztröge etc., kann die Situation dort zusätzlich verbessern. Ebenso kann sich eine dichtere Bepflanzung im Bereich des bereits geplanten grünen Saums (s. Abb. 3.3) positiv auf den Windkomfort auswirken. Dort sollten dann nach Möglichkeit eine niedrigere mit einer höheren Bepflanzung kombiniert werden (Sträucher, Bäume). Da derzeit auf der Gastronomie-Terrasse die Komfortklasse C prognostiziert wird, bei einem längerfristigen sitzenden Aufenthalt jedoch die Komfortklasse A anzustreben ist, kann es sein, dass die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen den Windkomfort nicht ausreichend verbessern. Es ist daher zu empfehlen, in der Planung weitere lokale Maßnahmen (z. B. Glasstellwände) zu berücksichtigen, sodass sie, falls nötig, noch installiert werden können.

Die oben beschriebenen Bepflanzungs-Maßnahmen können auch zu einer Verbesserung der Windsituation auf dem Boulevard-Marktplatz selbst führen.

# City Nord Überseering 17, Hamburg

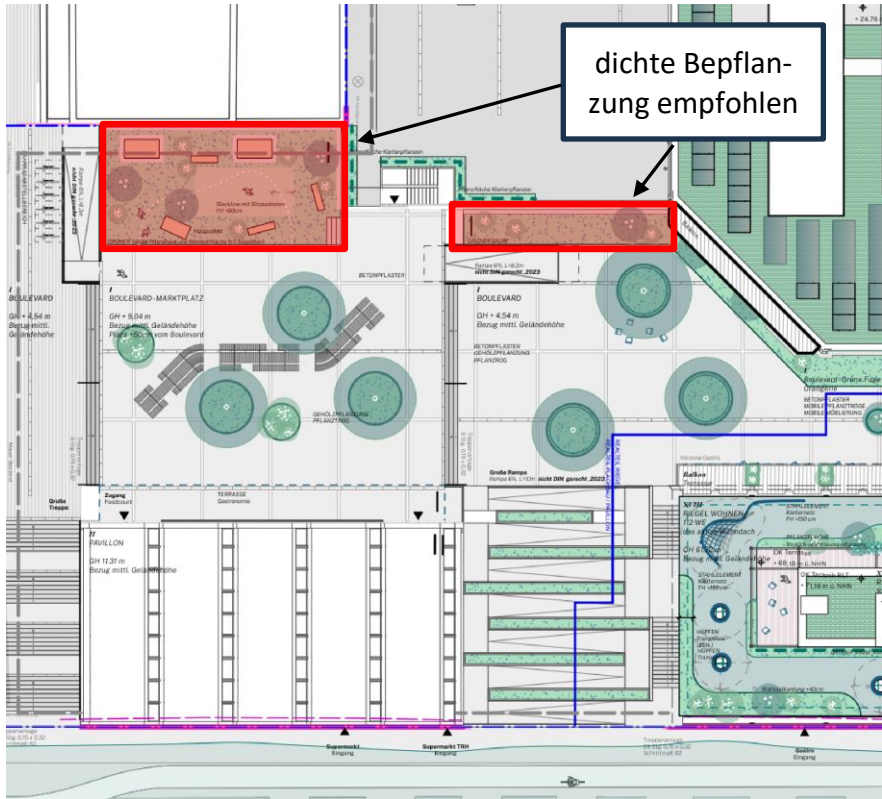
## Windkomfort - bodennaher Außenbereich: Ganzjahresstatistik



Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.2:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)

## Bodennaher Außenbereich - Ganzjahresstatistik



**Abb. 3.3:** Bereiche (rot markiert), in denen eine dichte Bepflanzung mit unterschiedlichen Höhen (Bäume, Sträucher) zur Verbesserung des Windkomforts auf der Gastronomie-Terrasse und Boulevard-Marktplatz empfohlen wird (Plangrundlage via blmr, 2023)



### **3.3 Windkomfort auf den Dachterrassen**

Aus den Windkanalmessungen an den einzelnen Messpunkten lassen sich windrichtungsabhängig die Erhöhungsfaktoren  $X_i$  bestimmen. Diese geben an, um wie viel sich die Geschwindigkeit als Folge der Bebauung im Vergleich zu einer ungestörten Fläche ändert. Die Nummerierung der Messpunkte findet sich in Abb. 3.4. Die Matrix der Erhöhungsfaktoren  $X_i$  für sämtliche Windrichtungen und Messpunkte ist in Tab. 3.2 dargestellt. Erhöhungsfaktoren von 1.2 bedeuten beispielsweise, dass die Geschwindigkeiten um 20 % höher sind als in unbebautem Gelände, Faktoren von 0.8 bedeuten eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 %.

Auf den Dachterrassen sind die größten Beschleunigungen am MP 59 für die Windrichtung 270° zu beobachten. Die Strömungsbeschleunigungen sind hier als Folge der Gebäudeumströmung des Hochhauses zu verstehen.

Für viele Windrichtungen ist aber auch ein starker Schutzeffekt (Faktoren  $< 1.0$ ) durch die Bebauung zu erwarten. Maßgebend für die Bewertung des Windkomforts ist letztendlich, wie häufig die Windrichtungen auftreten, an denen sich die größten Erhöhungsfaktoren einstellen.

Aus der Kopplung der windrichtungsabhängigen Erhöhungsfaktoren mit der Windstatistik werden die Häufigkeiten bestimmt, mit denen bestimmte Grenzggeschwindigkeiten überschritten werden.

# City Nord Überseering 17, Hamburg

## Windkomfort - Messpunkte Terrassen / Dachflächen



**Abb. 3.4:** Bezeichnungen und Positionen der Messstellen auf den Dachterrassen des Bauvorhabens Überseering 17 in Hamburg (Plangrundlage via blmr, 2023)  
**Dachterrassen**

$X_i$ ( $\gamma = 1.0$ )	Windrichtung $\beta$ [°] (0° = Nord)											
Messpunkt	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
44	0.76	0.82	0.54	0.46	0.44	0.48	0.63	0.69	0.79	0.83	0.76	0.56
45	0.67	0.79	0.66	0.59	0.62	0.55	0.60	0.68	0.82	0.93	0.85	0.60
46	0.84	1.12	0.70	0.48	0.51	0.43	0.49	0.62	0.84	0.90	0.84	0.65
47	0.87	1.03	0.73	0.49	0.50	0.54	0.65	0.67	0.67	0.74	0.75	0.70
48	1.01	1.20	0.76	0.61	0.60	0.56	0.54	0.59	0.65	0.65	0.68	0.71
49	0.44	0.27	0.14	0.21	0.29	0.29	0.32	0.56	0.59	0.49	0.47	0.49
50	0.77	0.90	0.43	0.25	0.21	0.19	0.26	0.64	1.01	1.03	0.75	0.46
51	0.59	0.75	0.91	0.98	0.86	0.61	0.61	0.89	1.01	0.94	0.74	0.53
52	0.66	0.70	0.82	1.00	0.94	0.72	0.69	0.87	0.97	0.96	0.83	0.70
53	0.61	0.56	0.57	0.70	0.71	0.63	0.61	0.77	0.89	0.92	0.83	0.67
54	0.89	1.00	0.97	1.04	0.93	0.64	0.57	0.78	1.00	1.04	0.95	0.83
55	1.16	1.28	1.15	1.09	0.85	0.59	0.62	0.71	0.95	1.08	0.94	0.94
56	1.08	1.10	0.85	0.85	0.81	0.60	0.58	0.86	1.03	1.00	0.94	0.96
57	1.07	1.03	0.98	1.00	0.89	0.59	0.57	0.67	0.88	0.96	0.90	1.01
58	0.64	0.72	0.82	1.05	0.74	0.38	0.32	0.37	0.48	0.58	0.55	0.52
59	0.75	0.84	0.80	0.67	0.52	0.41	0.46	0.67	1.13	1.32	1.11	0.74
60	0.71	0.83	0.83	0.69	0.74	0.85	0.83	0.75	0.65	0.57	0.59	0.58
61	1.00	0.92	0.98	0.78	0.92	0.93	0.87	0.83	0.73	0.61	0.64	0.92
62	0.86	1.05	0.79	0.70	0.83	0.73	0.97	0.92	0.55	0.52	0.61	0.72
63	0.80	0.80	0.61	0.69	0.84	0.63	0.52	0.44	0.43	0.43	0.53	0.66
64	0.84	0.71	0.58	0.52	0.50	0.50	0.61	0.79	0.96	0.65	0.64	0.81
65	0.97	0.91	0.79	0.68	0.67	0.87	1.13	1.18	1.15	0.75	0.80	0.98
66	0.98	0.82	0.66	0.60	0.67	0.78	0.91	1.22	1.06	0.62	0.89	1.01
67	0.71	0.60	0.63	0.65	0.71	0.80	0.92	0.96	0.76	0.68	0.89	0.87

**Tab. 3.2:** Erhöhungsfaktoren  $X_i$  an den in Abb. 3.4 angegebenen Messpunkten auf den Dachterrassen des Bauvorhabens Überseering 17 im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben

**Dachterrassen**

### Prognose Windsicherheit

Für die Prognose der Windsicherheit werden die Klassifizierungen gemäß der Ganzjahresstatistik herangezogen (nicht dargestellt).

Das in der VDI 3787 Blatt 4 definierte Sicherheitskriterium (siehe Kap. 2.4) wird für die untersuchten Bereiche überall eingehalten. Eine inakzeptable potentielle Gefährdung von Besuchern der Terrassen im Sinne des Sicherheitskriteriums ist daher nicht gegeben.

### Prognose Windkomfort im Sommerhalbjahr:

Während des Sommerhalbjahres sind die in Abb. 3.5 angegebenen Komfortklassen zu erwarten. In den meisten Bereichen wird im Sommer ein guter Windkomfort prognostiziert.

Auf der Terrasse des Flachbaus (MP 44 - 48) wird in den Randbereichen die Komfortklasse A prognostiziert, im mittleren Bereich die Klasse B. Für einen längerfristigen Aufenthalt sind die

Bereiche mit Klasse B nur mäßig geeignet. Jedoch sind nach vorliegender Planung dort Pflanztröge geplant, die den Komfort lokal verbessern können, in der Untersuchung allerdings noch nicht berücksichtigt wurden.

Auf den Verbindungsbrücken zwischen Hochhaus und Flachbau (MP 49, 50) ist ebenfalls ein guter Windkomfort der Klasse A bzw. B zu erwarten. Hier wurden gemäß 3D-Modell beidseitig Brüstungen mit einer Höhe von 1.1 m berücksichtigt. Zu beachten ist, dass der Komfort in ca. 1.5 m ermittelt wurde. Mit größerer Höhe nehmen die Geschwindigkeiten schnell zu und der Komfort verschlechtert sich. Unangenehme Zugerscheinungen im Kopfbereich können daher nicht ausgeschlossen werden. Diese ließen sich durch höhere Brüstungen, insbesondere auf der Südseite der Brücken, reduzieren.

Auf der Terrasse des Sockelbaus (MP 51-59) wird größtenteils der Komfort in die Klasse B eingestuft. Lediglich am MP 59 sind etwas häufiger höhere Windgeschwindigkeiten zu erwarten, weswegen der Komfort dort in die Klasse C eingeordnet wird. MP 58 liegt etwas windgeschützt. Dort ist die Komfortstufe A zu erwarten. Für die Untersuchung wurde eine umlaufende Brüstung mit einer Höhe von ca. 2.50 m berücksichtigt. Installationen auf der Terrasse selbst (Pergola, Bepflanzung etc.) wurden nicht berücksichtigt.

Die Komfortklasse B ist etwa für die dort geplanten Spielflächen gut geeignet. Zu beachten ist, dass der Komfort immer in Personenhöhe (ca. 1,5 m) ermittelt wird. Auf Klettergerüsten, insbesondere, wenn sich diese oberhalb der Brüstungshöhe befinden, sind in der Regel höhere Windgeschwindigkeiten zu erwarten. Auch für kurzzeitige sitzende Aufenthalte eignet sich die Komfortklasse B noch. In der Freiraumplanung sind jedoch auch Flächen für einen Aufenthaltsbereich und eine Picknickwiese geplant. Für längerfristige Aufenthalte werden Verbesserungsmaßnahmen empfohlen (s.u.).

Auf der Dachterrasse des Hochhauses (MP 60-67) wird die westliche Seite in die Komfortklasse A und die östliche Seite in die Komfortklasse B eingestuft. Hier wurde eine umlaufende Brüstung von ca. 3 m sowie der zentral auf dem Dach liegende Technikbereich berücksichtigt. Der Technikbereich zeigt eine positive Wirkung auf den Windkomfort der umliegenden Flächen.

Auf den Flächen des Daches sind sportliche Aktivitäten vorgesehen. Dafür sind sowohl Klasse A als auch B geeignet. Auch hier ist zu beachten, dass der Komfort in 1,5 m Höhe über dem Boden bestimmt wurde. In höheren Bereichen (z.B. Kletternetz) sind höhere Windgeschwindigkeiten zu erwarten.

Prognose Windkomfort im Winterhalbjahr:

Die Hauptnutzung von Dachterrassen liegt in der Regel im Sommerhalbjahr. Der Vollständigkeit halber sind in Abb. 3.6 auch die zu erwartenden Komfortklassen für das Winterhalbjahr dargestellt.

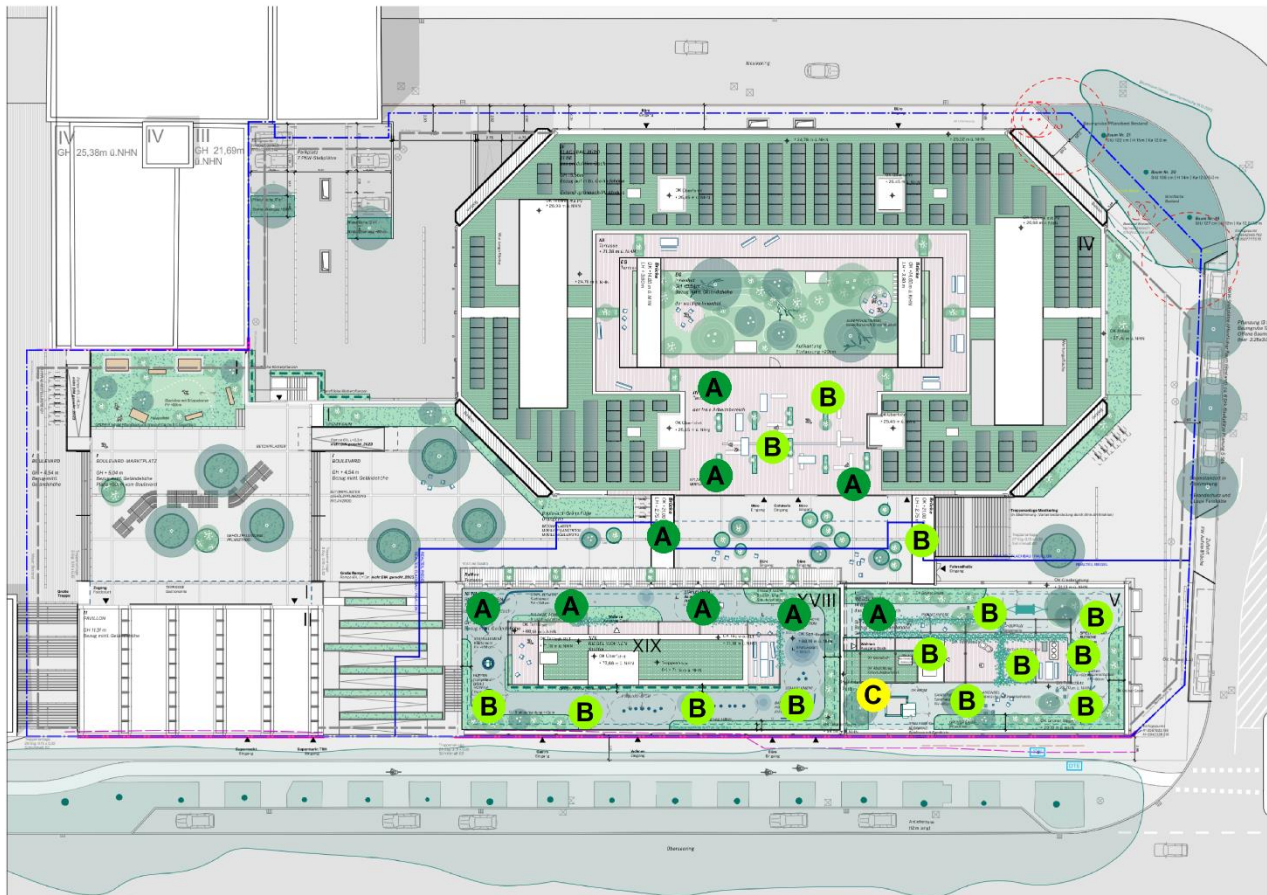
Im Winterhalbjahr ist tendenziell mit höheren Windgeschwindigkeiten zu rechnen. Große Teile der Terrasse auf dem Sockelbau sind dann in Stufe C einzuordnen (MP 51, 54-57, 59). Auch auf der Terrasse des Hochhauses wird lokal die Klasse C erreicht (MP 65, 66). Die restlichen Bereiche sind jedoch auch im Winter windgeschützt (Klasse A bis B). Auch auf den Verbindungsbrücken, die ggf. auch im Winter genutzt werden, ist ein guter Komfort (Klasse A bis B) zu erwarten, unter Berücksichtigung der geplanten Brüstungen.

Verbesserungsmaßnahmen:

In den meisten Terrassenbereichen eignet sich der zu erwartende Windkomfort für die geplante Nutzung. Lediglich auf dem Sockelbau, wo längere Aufenthalte geplant sind, sind Verbesserungen zu empfehlen. Höhere Windgeschwindigkeiten treten hier insbesondere für die Windrichtungen 0°-30° und 240°-270° auf. Der letzte Sektor entspricht der Hauptwindrichtung. Vorangegangene numerische Strömungssimulationen haben gezeigt, dass dies durch eine Umströmung des Hochhauses hervorgerufen wird, die oberhalb des Sockelbaus zu einer nach unten gerichteten Strömung führt. Einen zusätzlichen Windschutz können daher Überdachungen bieten. Diese sollten dabei entweder geschlossen oder aber eher dicht sein (z.B. Lamellen oder dicht bewachsene Pergolen). Generell kann eine Bepflanzung auf der Terrasse helfen, ein ungehindertes Überströmen der Terrasse zu verhindern und dadurch generell die Windgeschwindigkeiten zu reduzieren.



City Nord Überseering 17, Hamburg  
Windkomfort - Dachterrassen: Sommerhalbjahr

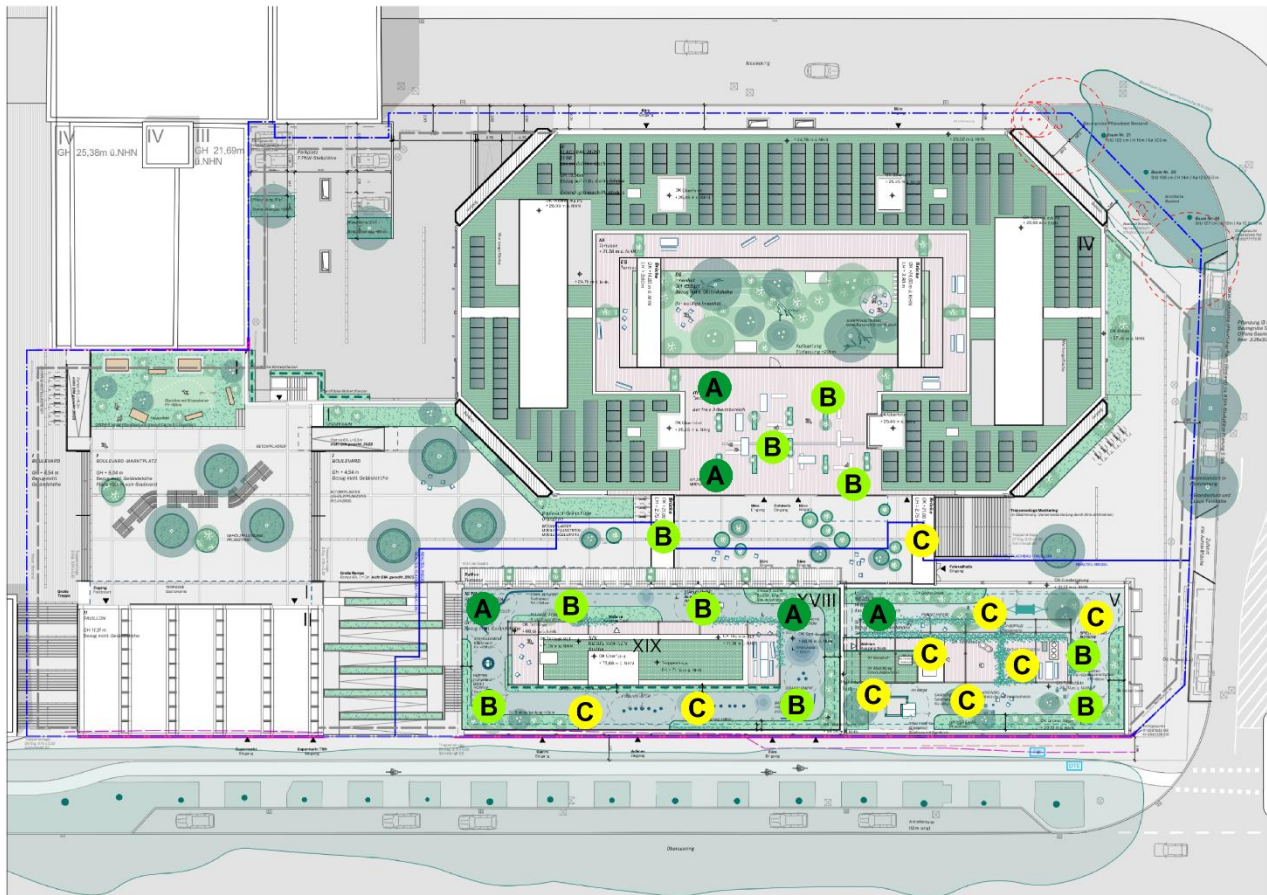


Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.5:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachterrassen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)

**Dachterrassen - Sommerhalbjahr (April-September)**

City Nord Überseering 17, Hamburg  
Windkomfort - Dachterrassen: Winterhalbjahr



Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.6:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachterrassen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)

**Dachterrassen - Winterhalbjahr (Oktober-März)**

### **3.4 Windkomfort auf den Balkonen / Loggien**

Aus den Windkanalmessungen an den einzelnen Messpunkten lassen sich windrichtungsabhängig die Erhöhungsfaktoren  $X_i$  bestimmen. Diese geben an, um wie viel sich die Geschwindigkeit als Folge der Bebauung im Vergleich zu einer ungestörten Fläche ändert. Die Nummerierung der Messpunkte findet sich in Abb. 3.7. Die Matrix der Erhöhungsfaktoren  $X_i$  für sämtliche Windrichtungen und Messpunkte ist in Tab. 3.3 dargestellt. Erhöhungsfaktoren von 1.2 bedeuten beispielsweise, dass die Geschwindigkeiten um 20 % höher sind als in unbebautem Gelände, Faktoren von 0.8 bedeuten eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 %.

Auf den Balkonen sind die größten Beschleunigungen am MP 70 für die Windrichtung 330° zu beobachten.

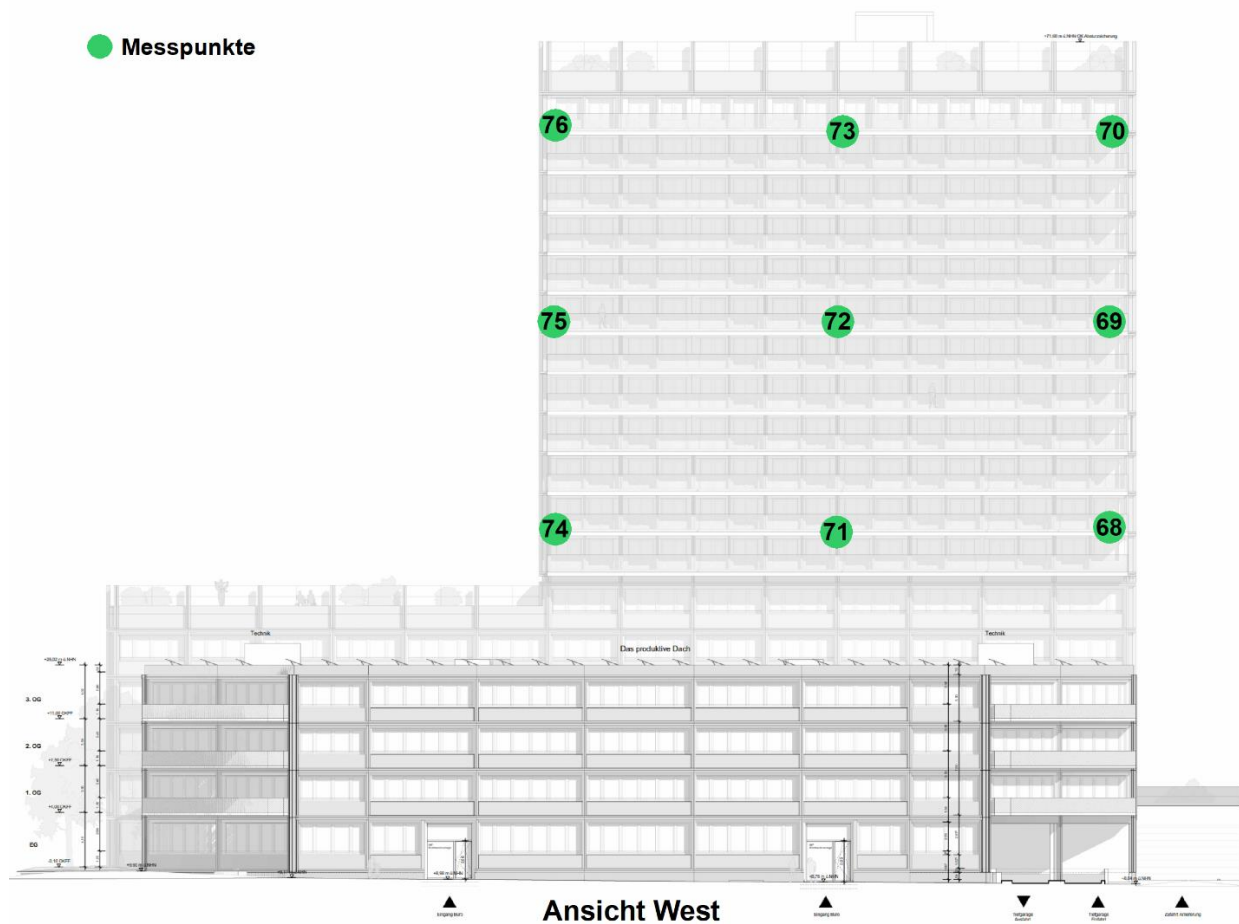
Für viele Windrichtungen ist aber auch ein starker Schutzeffekt (Faktoren  $< 1.0$ ) durch die Bebauung zu erwarten. Maßgebend für die Bewertung des Windkomforts ist letztendlich, wie häufig die Windrichtungen auftreten, an denen sich die größten Erhöhungsfaktoren einstellen.

Aus der Kopplung der windrichtungsabhängigen Erhöhungsfaktoren mit der Windstatistik werden die Häufigkeiten bestimmt, mit denen bestimmte Grenzgeschwindigkeiten überschritten werden.

Auf der Süd- und Ostseite des Gebäudes befinden sich außerdem Loggien (s. Abb. 3.10). Die Loggien sind generell windgeschützt, da sie nach innen und eher im Mittenbereich der Fassade liegen und nicht an der Gebäudeecke.

# City Nord Überseering 17, Hamburg

## Windkomfort - Messpunkte Balkone / Loggien



**Abb. 3.7:** Bezeichnungen und Positionen der Messstellen auf den Balkonen des Bauvorhabens Überseering 17 in Hamburg (Plangrundlage via blmr, 2023)

### Balkone

$X_i$ ( $\gamma = 1.0$ )	Windrichtung $\beta$ [°] (0° = Nord)											
Messpunkt	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
68	0.62	0.32	0.39	0.32	0.14	0.23	0.64	0.49	0.45	0.79	1.10	0.97
69	0.50	0.23	0.32	0.30	0.14	0.19	0.59	0.71	0.55	0.99	1.22	1.07
70	0.93	0.36	0.36	0.38	0.27	0.35	0.93	1.21	0.71	1.06	1.24	1.35
71	0.70	0.44	0.24	0.25	0.24	0.31	0.49	0.68	0.50	0.41	0.40	0.59
72	0.50	0.37	0.30	0.29	0.32	0.40	0.56	0.87	0.57	0.39	0.41	0.69
73	0.56	0.32	0.25	0.23	0.22	0.31	0.53	0.80	0.60	0.41	0.52	0.78
74	0.52	0.43	0.39	0.34	0.24	0.24	0.49	0.97	1.10	0.99	0.69	0.51
75	0.61	0.20	0.18	0.31	0.27	0.24	0.52	1.07	1.22	1.16	0.78	0.68
76	0.52	0.25	0.22	0.30	0.25	0.28	0.61	1.08	1.22	0.95	0.70	0.65

**Tab. 3.3:** Erhöhungsfaktoren  $X_i$  an den in Abb. 3.7 angegebenen Messpunkten auf den Balkonen des Bauvorhabens Überseering 17 im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben

### Balkone / Loggien



### Prognose Windsicherheit

Für die Prognose der Windsicherheit werden die Klassifizierungen gemäß der Ganzjahresstatistik herangezogen (nicht dargestellt).

Das in der VDI 3787 Blatt 4 definierte Sicherheitskriterium (siehe Kap. 2.4) wird für die untersuchten Bereiche überall eingehalten. Eine inakzeptable potentielle Gefährdung von Besuchern der Balkone oder Loggien im Sinne des Sicherheitskriteriums ist daher nicht gegeben.

### Prognose Windkomfort im Sommerhalbjahr:

Während des Sommerhalbjahres sind die in Abb. 3.8 angegebenen Komfortklassen auf den Balkonen (mit geschlossenen Brüstungen) zu erwarten.

Die Eckbereiche sind etwas windexponierter, insbesondere an der nördlichen Ecke. Hier ist die Komfortklasse C bzw. in den unteren Stockwerken die Komfortklasse B zu erwarten. An der südlichen Ecke ist in den oberen Stockwerken ebenfalls mit der Komfortklasse C darunter mit B zu rechnen. Im großen Mittenbereich ist ein guter Komfort der Stufe A zu erwarten. Hier zeigen die, aufgrund der Vorstudie hier nun berücksichtigten Trennwände zwischen den Balkonen der einzelnen Wohneinheiten Wirkung. So wird ein horizontales Strömen entlang der Fassade verhindert bzw. reduziert.

Die Loggien liegen windgeschützt und nicht in Hauptwindrichtung. Auch hier kann im Sommer mit einem guten Windkomfort der Klasse A gerechnet werden (s. Abb. 3.10).

### Prognose Windkomfort im Winterhalbjahr:

Auch für die Balkone liegt die Hauptnutzungszeit in der Regel im Sommerhalbjahr. Dennoch sind die Ergebnisse für das Winterhalbjahr (mit geschlossenen Brüstungen) in Abb. 3.9 dargestellt.

In den Eckbereichen ist nun überall mit der Komfortstufe C zu rechnen. Im Mittenbereich wird die Klasse B bzw. in den weiter unten liegenden Stockwerken Klasse A prognostiziert.

Die Loggien liegen ausreichend windgeschützt, sodass dort auch im Winter mit der Windkomfortklasse A zu rechnen ist (s. Abb. 3.10).

### Einfluss der Brüstungen

In der Untersuchung wurden geschlossene Brüstungen an den Balkonen berücksichtigt. Nach aktuellem Planstand sind stattdessen offene Gitternetze vorgesehen. Im Allgemeinen führt dies zu höheren Geschwindigkeiten auf den Balkonen. Anhand von Geschwindigkeitsmessungen an verschiedenen Stellen im Bereich der Balkone, sowie aufgrund von Erfahrungswerten kann eine Einschätzung des Einflusses auf den Windkomfort gegeben werden.

Tendenziell führt das zu einer Verschlechterung des Windkomforts um etwa 1 Komfortklasse, wobei sich dies deutlicher in den oberen Bereichen auswirkt (siehe Abb. 3.11 für das Sommerhalbjahr sowie Abb. 3.12 für das Winterhalbjahr). In den unteren Bereichen bleibt die Komfortklasse auch teilweise erhalten.

Dies bedeutet, dass im Mittenbereich in großen Bereichen im Sommerhalbjahr die Komfortklasse B zu erwarten ist. An den exponierten Eckbereichen kann teilweise sogar die Komfortstufe D erreicht werden, was für einen Balkon eher ungeeignet ist. Eine mögliche Verbesserung für die Eckbereiche sind Trennwände an den Außenseiten der Balkone (s.u.).

### Verbesserungsmaßnahmen:

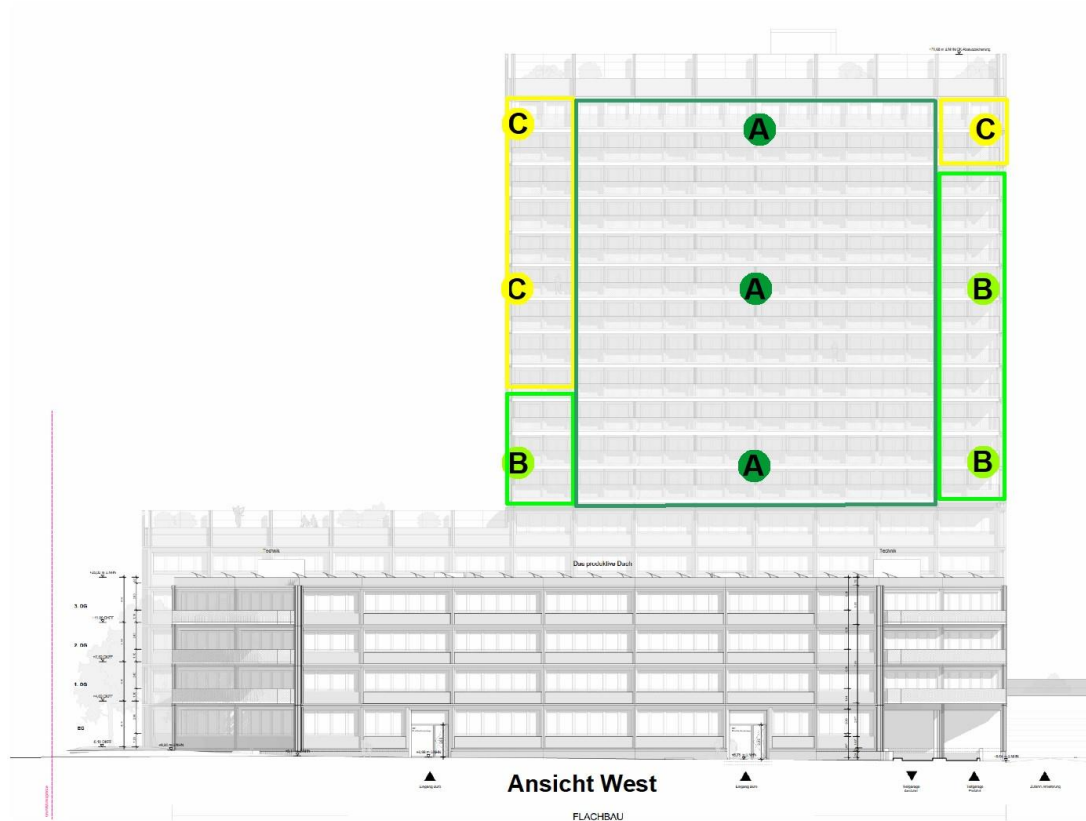
An der nördlichen Ecke (MP 74-76) treten hohe Geschwindigkeiten für die Hauptwindrichtung 240° (Südwest) auf. Um hier die Umströmung über Eck auf den Balkonen zu verhindern, empfiehlt es sich, auch am nördlichen Ende der Balkone eine Trennwand / Glasscheibe zu installieren.

Analoges gilt für die südliche Ecke (MP 70), an der die höchsten Beschleunigungen für nordwestliche Windrichtungen (300°-330°) auftreten.



City Nord Überseering 17, Hamburg

Windkomfort - Balkone mit geschlossener Brüstung: Sommerhalbjahr

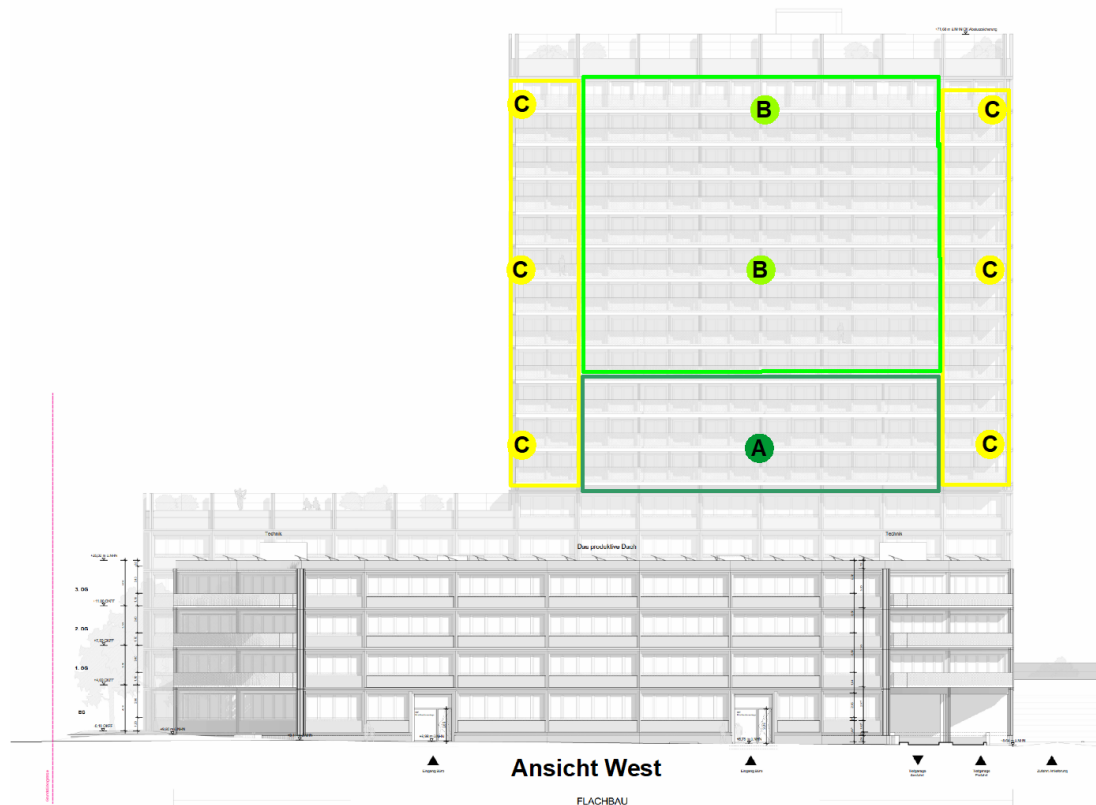


Windkomfort-bereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.8:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Balkonen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)  
**Balkone mit geschlossener Brüstung - Sommerhalbjahr (April-September)**

City Nord Überseering 17, Hamburg

Windkomfort - Balkone mit geschlossener Brüstung: Winterhalbjahr

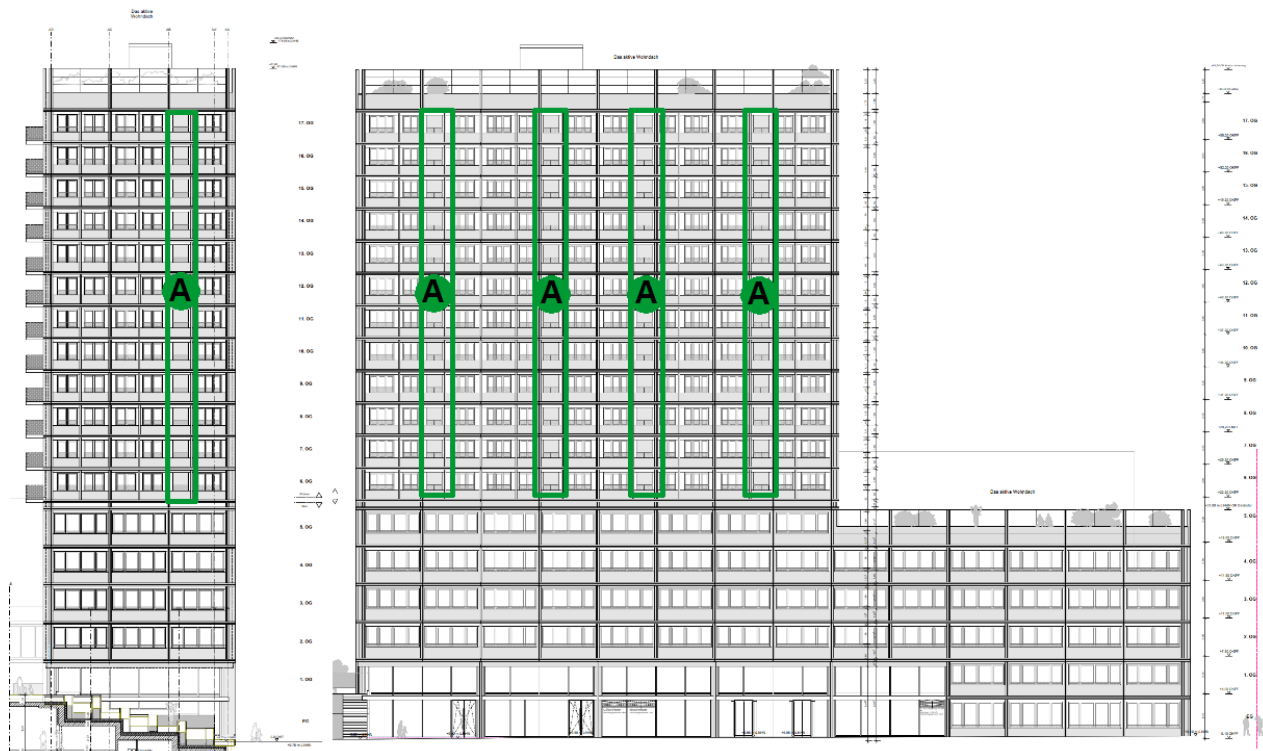


Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.9:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Balkonen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)  
**Balkone mit geschlossener Brüstung - Winterhalbjahr (Oktober-März)**

# City Nord Überseering 17, Hamburg

## Windkomfort - Loggien: Sommer- und Winterhalbjahr



Ansicht Süd

Ansicht Ost

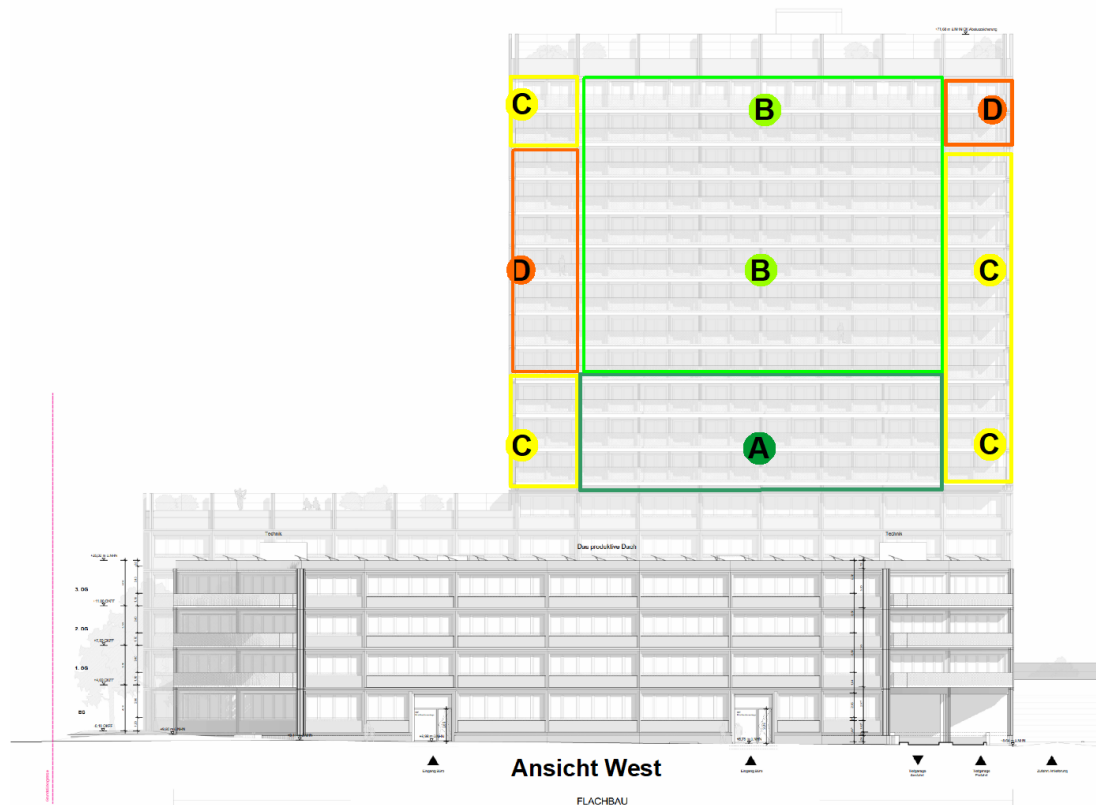
Windkomfort-bereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.10:** Hochhaus mit Loggien auf der Ost- und Südseite mit Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)

### Loggien - Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr

City Nord Überseering 17, Hamburg

Windkomfort - Balkone mit Gitterbrüstungen: Sommerhalbjahr

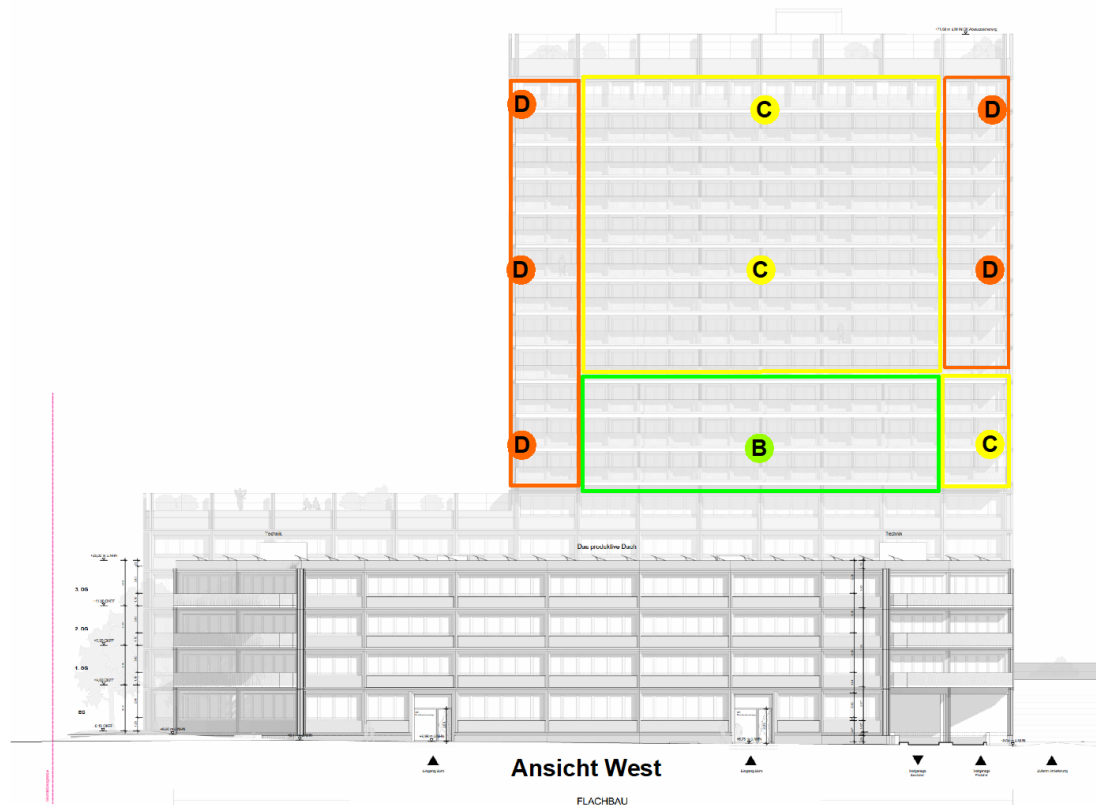


Windkomfort- bereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.11:**Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Balkonen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)  
**Balkone mit Gitterbrüstungen - Sommerhalbjahr (April-September)**

City Nord Überseering 17, Hamburg

Windkomfort - Balkone mit Gitterbrüstungen: Winterhalbjahr



Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet
K	Komfortkriterien (A-D) werden nicht erfüllt			
S	Sicherheitskriterium wird nicht erfüllt			

**Abb. 3.12:** Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Balkonen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen – Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4 (Plangrundlage via blmr, 2023)

**Balkone mit Gitterbrüstung - Winterhalbjahr (Oktober-März)**

#### **4 HINWEISE**

Bei der Anwendung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Einordnung in die verschiedenen Komfortstufen aufgrund der Windklimadaten der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel vorgenommen wurde, d.h. die oben getroffenen Aussagen bezüglich der Häufigkeit sind repräsentativ für ein Durchschnittsjahr. In einzelnen Jahren kann es zu Abweichungen vom Durchschnitt kommen.

Die Bewertung des Windkomforts basiert auf einer statistischen Auswertung des jeweiligen Betrachtungszeitraumes. Als Ergebnis wird der betrachtete Bereich einer Windkomfortklasse zugeordnet. Einzelereignisse (z.B. Sturmereignisse) können hiervon jedoch abweichen.

Sollten in Bereichen, in welchen fassadennah die Komfortstufe D bis E erreicht wird, Ausgänge mit nach außen öffnenden Drehflügeltüren realisiert werden, so sollte geprüft werden, ob diese mit Antrieben ausgestattet werden sollten (Windeinwirkung auf die Türflügel).

Neben der Windgeschwindigkeit hängt der Aufenthaltskomfort von vielen weiteren Parametern ab, unter anderem von der Außentemperatur. So ist beispielsweise eine längerfristige Nutzung bei niedrigen Lufttemperaturen selbst bei Windstille nicht komfortabel.

Für die Beurteilung des Windkomforts auf Terrassen von Gebäuden wird davon ausgegangen, dass bei Starkwindereignissen (Stürme/Orkane) diese Bereiche nicht genutzt werden. Generell können hier deutlich erhöhte Windgeschwindigkeiten im Vergleich zum bodennahen Windfeld auftreten. Bei Stürmen oder Orkanen ist in diesen Bereichen daher prinzipiell auch mit potentiell gefährlichen Windbedingungen zu rechnen, selbst wenn eine gute Windkomforteinstufung vorliegen sollte. Es sollten daher Empfehlungen ausgesprochen werden, dass bei Starkwindereignissen der Aufenthalt auf den Terrassen und Balkonen vermieden werden sollte und dass Gegenstände ausreichend gesichert werden müssen, um ein Herabstürzen unter Windeinwirkung zu verhindern.



## **5 VERWENDETE DOKUMENTE**

**DIN EN 1991-1-4, 2010:** Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten;

**DIN EN 1991-1-4/NA, 2010:** Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten;

**DWD-CDC, 2022:** „Stundenmittel aus Stationsmessungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung für Deutschland“ Deutscher Wetterdienst – Climate Data Center.

**ESDU 83045, 1983:** „Strong winds in the atmospheric boundary layer - Part 2: discrete gust speeds“. Engineering Sciences Data Unit.

**Gandemer, J., 1982:** „Simulation and Measurement of the Local Wind Environment“. In: T.A. Reinhold (ed), Wind Tunnel Modelling for Civil Engineering Applications, Cambridge University Press.

**blrm, 2023:** „Pläne und Informationen zum BV Überseering 17, Hamburg.“ blrm Architekt\*innen GmbH, Hamburg.

**Plate, E.J., 1982:** "Wind tunnel modelling of wind effects in engineering". In E.J. Plate (ed.), Engineering Meteorology, Chapter 13, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, pp. 573-639;

**VDI 3787 Blatt4, 2020:** „Umweltmeteorologie - Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung“, VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss - Fachbereich Umweltmeteorologie.

**WTG, 1996:** "Windkanaluntersuchungen in der Gebäudeaerodynamik", Windtechnologische Gesellschaft, 1996.