

Funktionsplan Stadtteil Kleiner Grasbrook (Hamburg)

Stufe 2:

Ergänzende Bewertung des Entwurfs hinsichtlich Windsicherheit / Winddiskomfort / Windkomfort auf den Dachflächen mit vorgesehenen Kinderspielplätzen

Auftraggeber: Hafencity Hamburg GmbH
Osakaallee 11
20457 Hamburg

Projektbearbeitung: Dipl.-Met. [REDACTED]

Birkenfeld, den 29. Juli 2024

[REDACTED]
Prof. Dipl.-Ing. [REDACTED]
Wacker Ingenieure

INHALTSVERZEICHNIS

1	PROBLEMSTELLUNG	1
2	EXPERIMENTELLE VORGEHENSWEISE, WINDKANALVERSUCHE	5
2.1	Windklima am Projektstandort.....	8
2.2	Quantitative Ermittlung des Windkomforts	11
2.3	Komfortkriterien (nach VDI 3787 Blatt 4).....	12
2.4	Sicherheitskriterium (nach VDI 3787 Blatt 4)	14
2.5	Anwendung der VDI-Richtlinie	14
2.6	Beschreibung der Versuchsvarianten	15
3	ERGEBNISSE DER WINDKOMFORTUNTERSUCHUNGEN.....	18
3.1	Windkomfort am Standort als Referenz	18
3.2	Ergebnisse Windkanaluntersuchungen.....	18
3.3	Windkomfort auf den Dachflächen der Gebäude	24
4	HINWEISE.....	32
5	VERWENDETE DOKUMENTE.....	33

1 PROBLEMSTELLUNG

Der aus dem städtebaulichen Wettbewerb hervorgegangene Entwurf für den neuen Stadtteil Grasbrook soll weiter angepasst werden (Funktionsplanung; siehe auch Abb. 1.1 bis Abb. 1.3). Wacker Ingenieure wurden beauftragt die Hafencity Hamburg GmbH im Fachbereich

- Windsicherheit, Winddiskomfort, Windkomfort

zu unterstützen.

Mit dem Bericht vom 9.1.2024 wurde bereits der Windkomfort im bodennahen Außenbereich (Freiflächen) bewertet. Nun sollen in einer ergänzenden Untersuchung auch spezielle Dachflächen, auf denen Kinderspielplätze vorgesehen sind (Abb. 1.4), hinsichtlich des zu erwartenden Windkomforts und der Windsicherheit bewertet werden. Außerdem soll die Wirksamkeit von verschiedenen hohen Attiken getestet werden.

In diesem Bericht sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dokumentiert.



Abb. 1.1: Visualisierung des Entwurfs zur Funktionsplanung des Stadtteils Hamburg-Grasbrook (aus Hafencity Hamburg GmbH - Grasbrook, 2023).

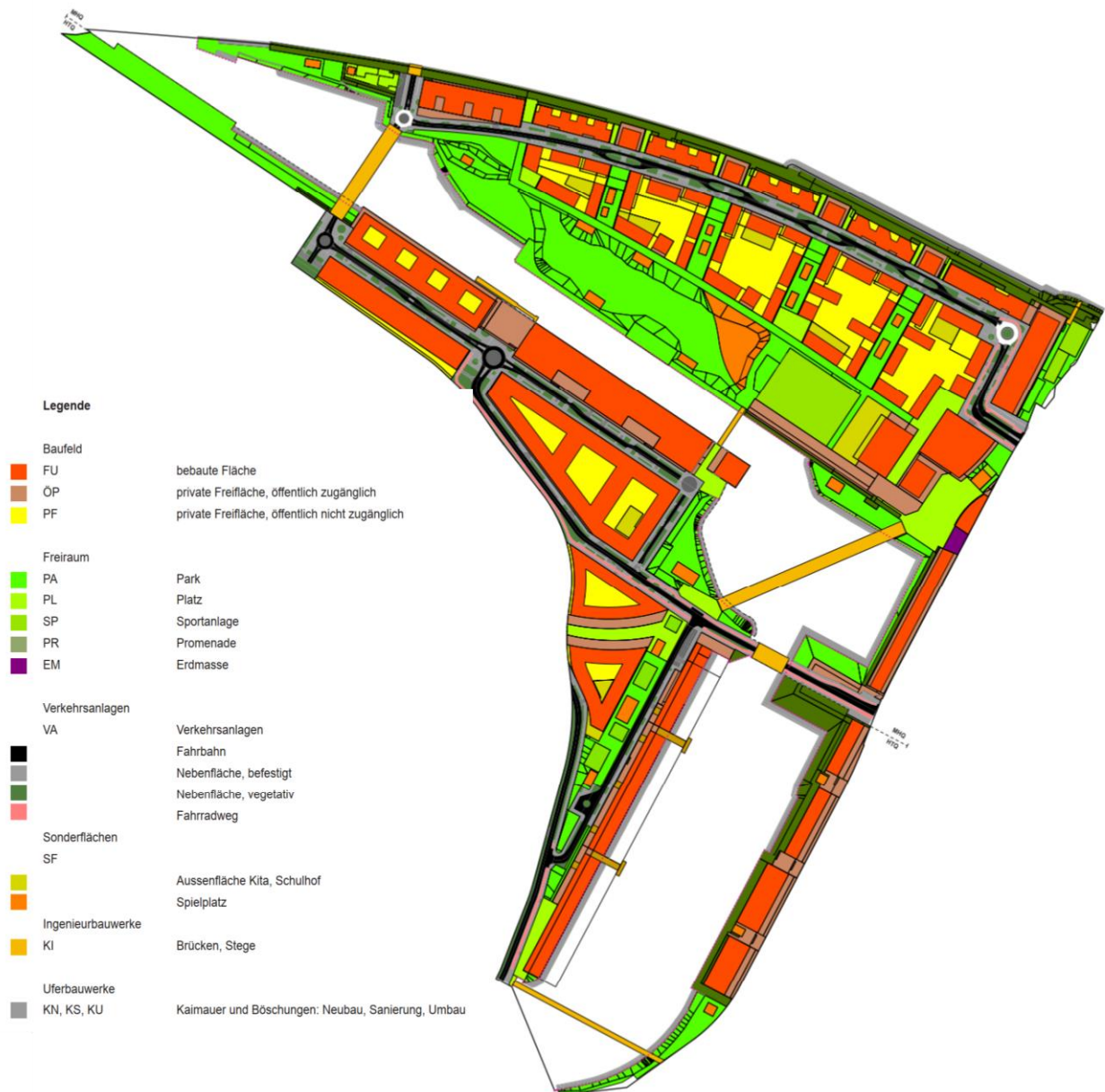
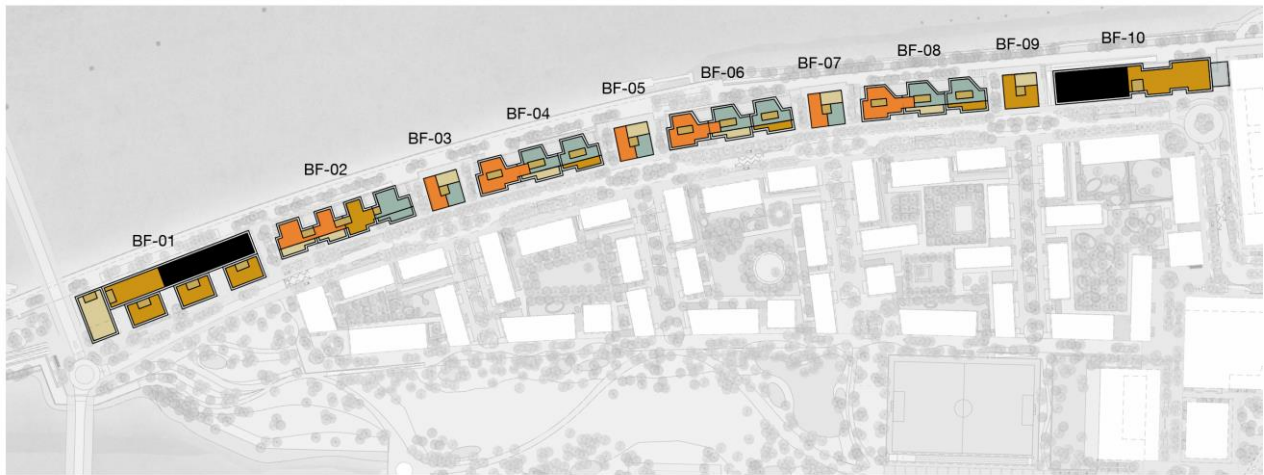
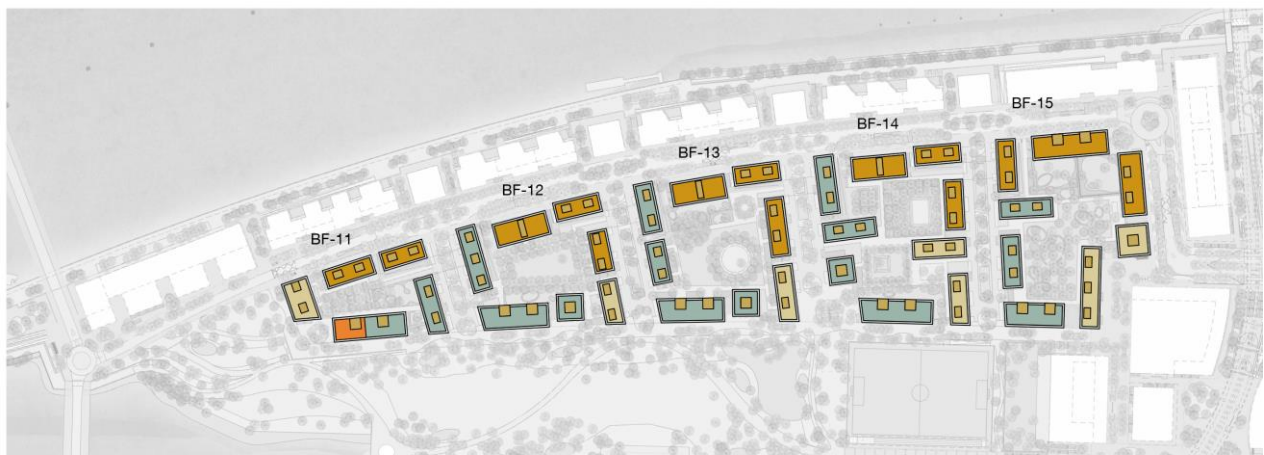


Abb. 1.2: Freiflächenplan zur Funktionsplanung des Stadtteils Hamburg-Grasbrook (Vogt, 2023).



Lageplan | Dachflächen.



Lageplan | Dachflächen.

Legende

- Dachrand mit Technik und Absturzsicherung
- Extensive Begrünung und Solar / Erschliessungskern
- Intensive Begrünung/Aufenthalt/Mietergärten/Dachgärten
- Aufenthaltsfläche/Erschliessungsfläche
- Intensive Begrünung mit Solar
- Kinderspiel

Abb. 1.4: Dachflächen mit geplanten Kinderspielplätzen (orange Markierungen) (Vogt, 2024)

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 Windkanaluntersuchungen erfolgen an einem maßstäblich verkleinerten Ausschnittsmodell (geometrischer Maßstab 1/250) des Areal in einem Grenzschichtwindkanal (Abb. 2.2). Grundlage hierfür waren von der Projektsteuerung (z.B. Körting, 2023) zur Verfügung gestellte 3D-Modelle der geplanten Bebauungen (Abb. 2.1). Hierbei wurde sich auf das Areal rund um die Baufelder BF-02, BF-03, BF-04 und BF-11 beschränkt. Aufgrund der ähnlichen Gebäudegeometrien lassen sich die Ergebnisse vereinfachend auch auf die Baufelder BF-05 bis BF-08 übertragen, in denen ebenfalls Dachflächen als Kinderspielplätze genutzt werden sollen.

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.

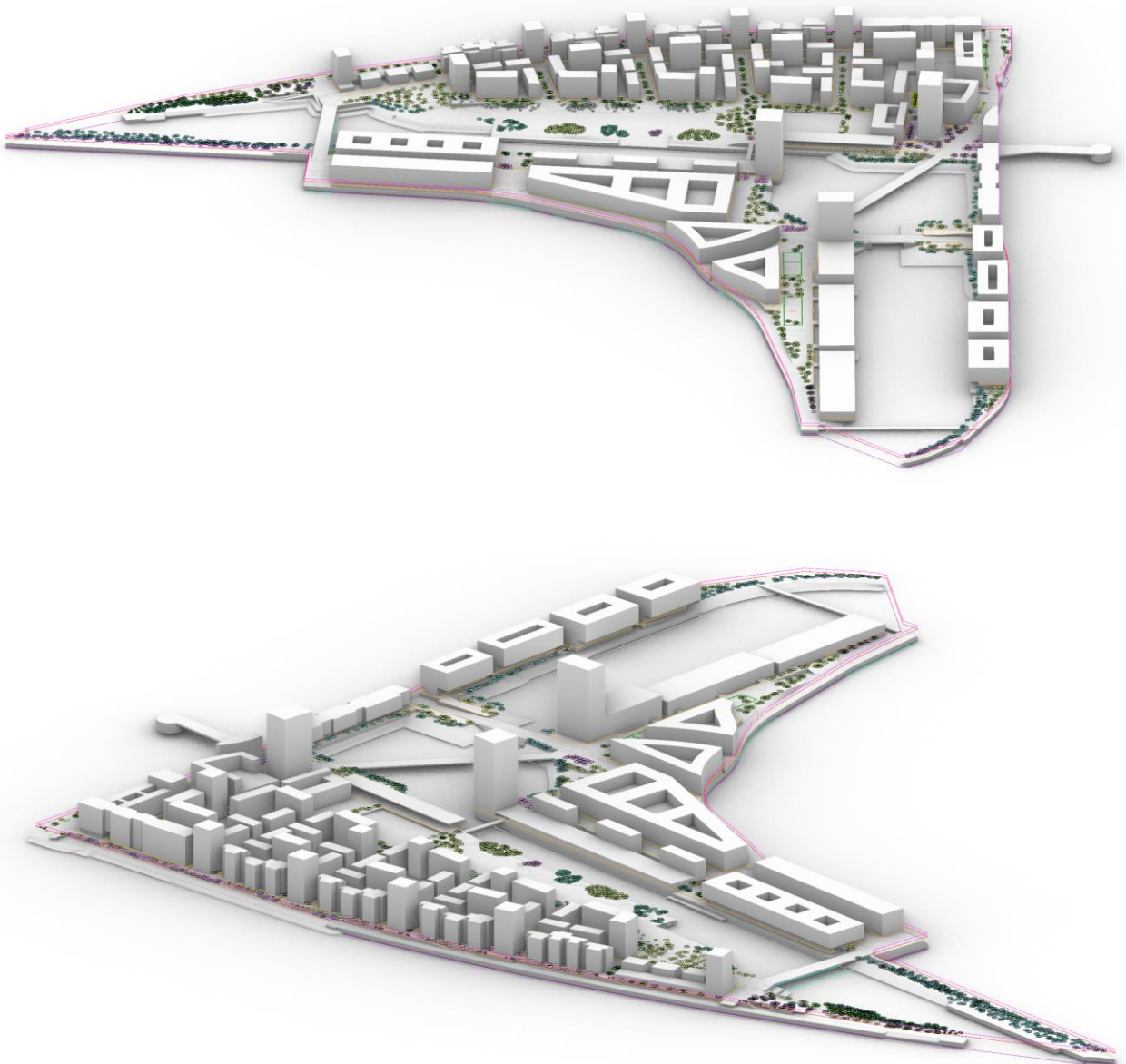


Abb. 2.1: Zur Verfügung gestelltes 3D-Modell des neu geplanten Stadtteils (Funktionsplanung Stand Dezember 2022) (via Körting, 2023)

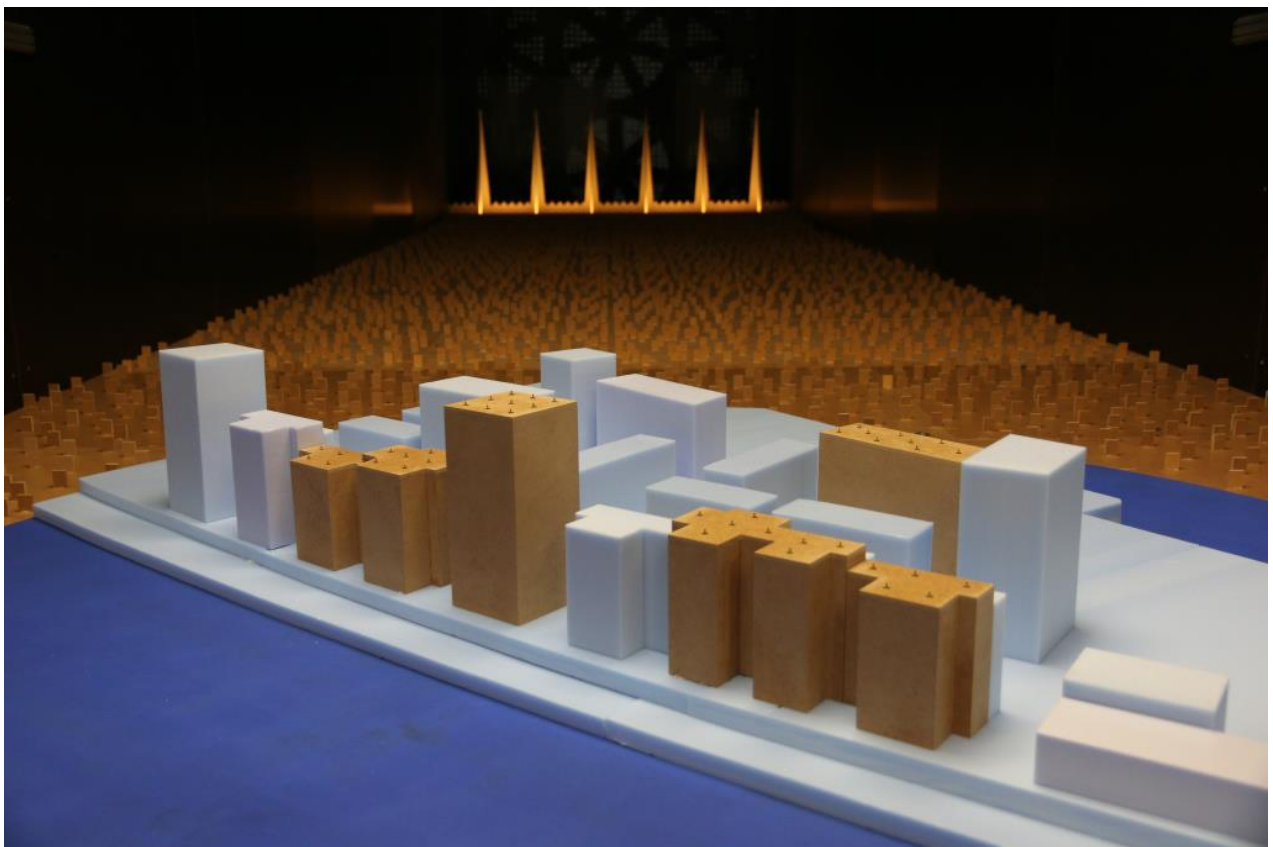
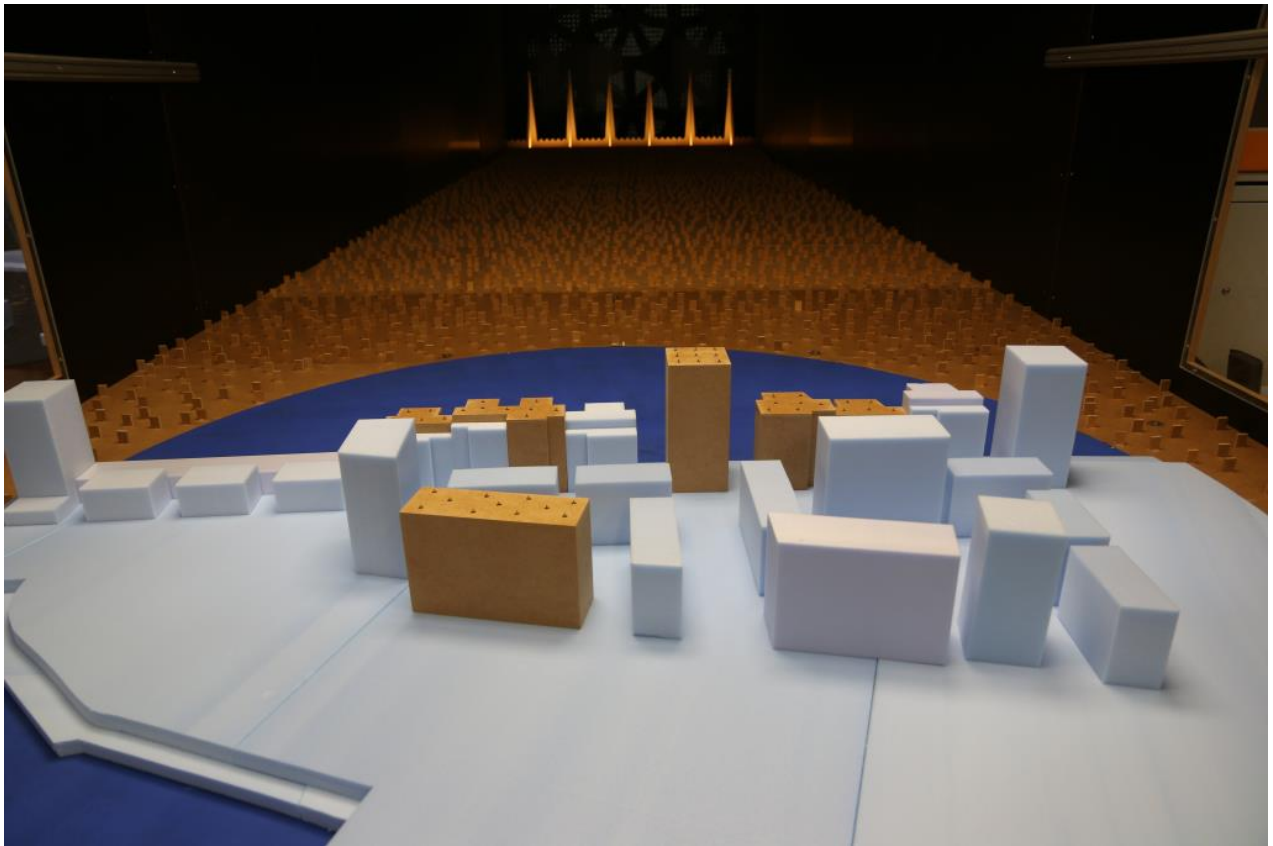


Abb. 2.2: Ausschnittmodell des geplanten Stadtteils Kleiner Grasbrook im Grenzschichtwindkanal (geometrischer Maßstab 1:250)

2.1 Windklima am Projektstandort

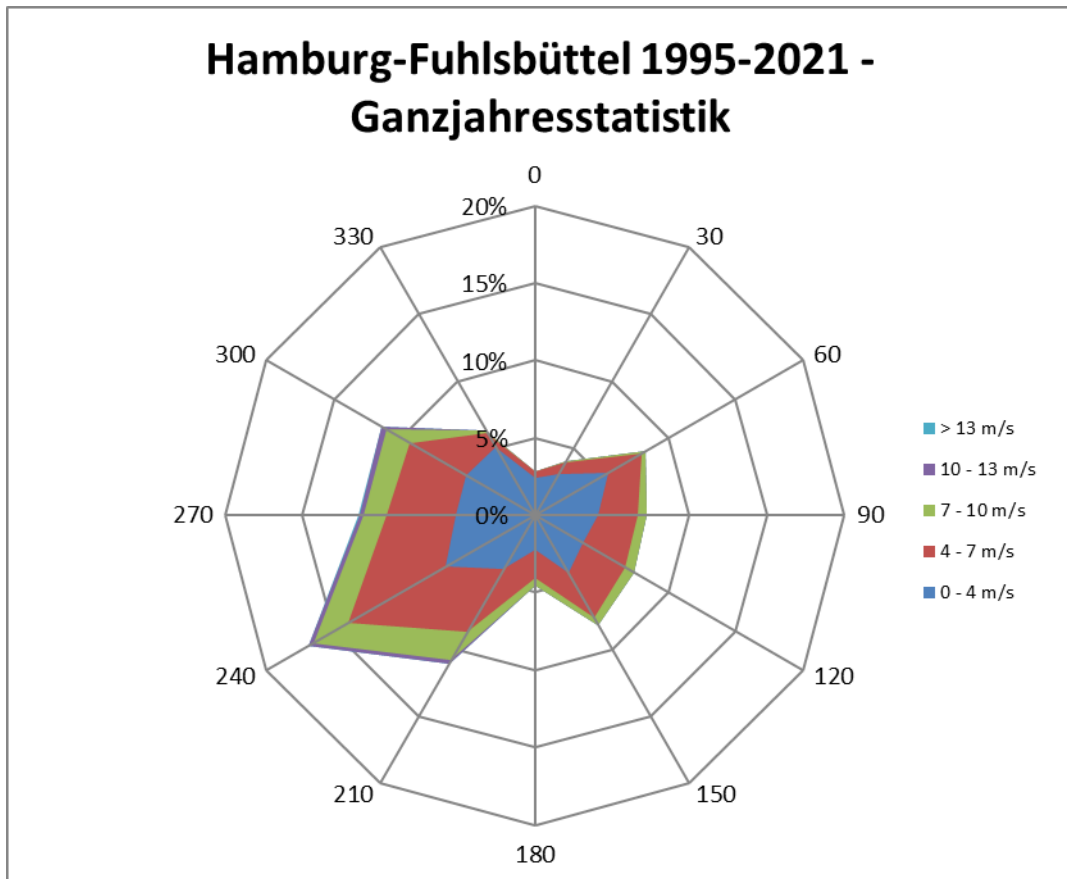
Für die Bewertung des Windkomforts bzw. der Windsicherheit wurden langjährige Windklimadaten der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel verwendet. Es wurden aus den Klimadaten spezifische Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeiten erstellt (Abb. 2.3). Hierbei handelt es sich um durchschnittliche Häufigkeitsverteilungen. Es ist daher zu beachten, dass es in einzelnen Jahren zu Abweichungen vom Durchschnitt kommen kann. Für die Bewertung der Gefährdung wird nachfolgend die Ganzjahresstatistik herangezogen (Abb. 2.3). Zur Beurteilung des bodennahen Windkomforts 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%
Gesamt:	99.8%	94.7%	82.3%	66.3%	48.5%	33.4%	20.8%	12.3%	6.6%	3.4%	1.6%	0.13%

Abb. 2.3: Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel
Ganzjahresstatistik

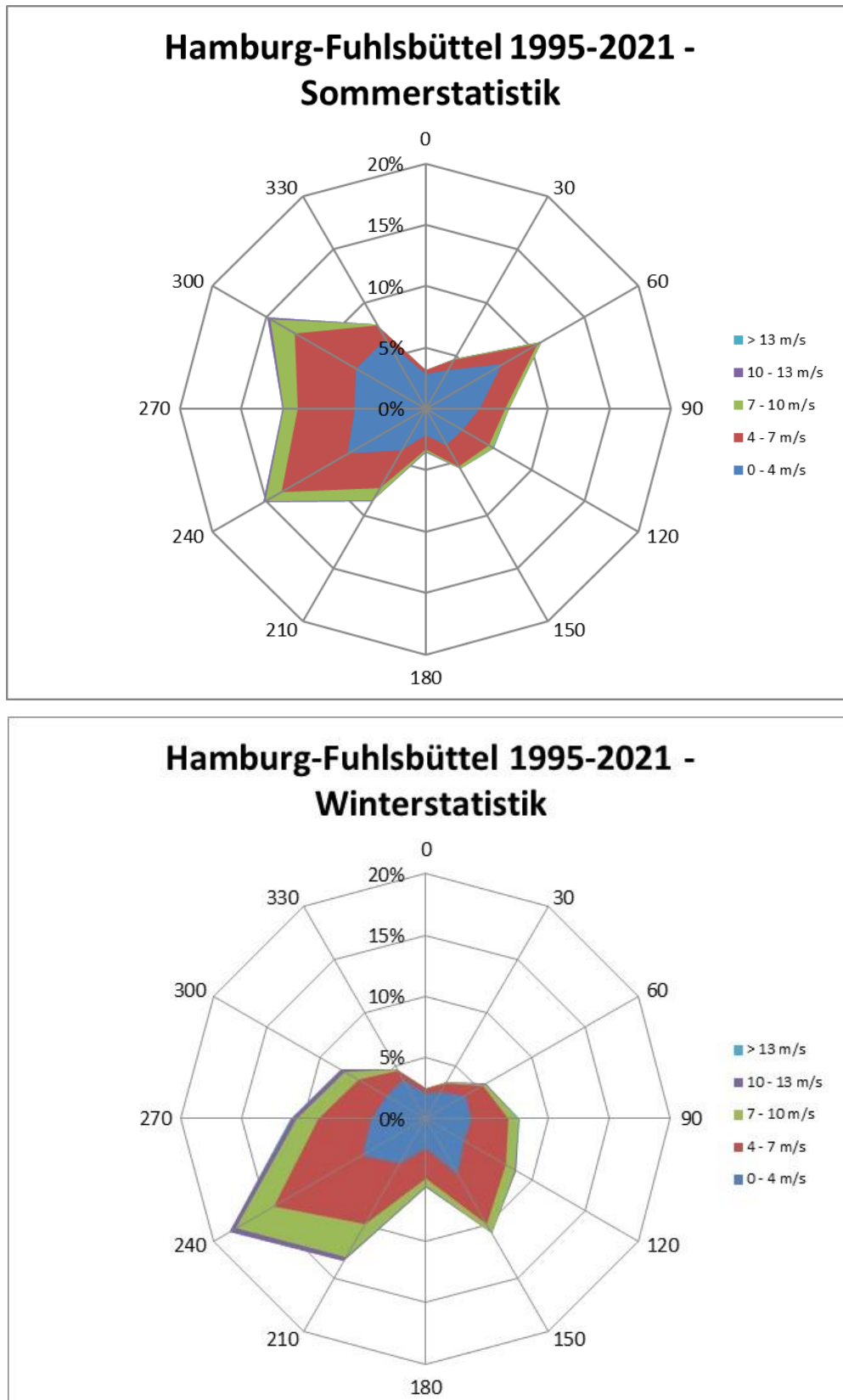


Abb. 2.4: Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel
oben: Sommerhalbjahr April – September;
unten: Winterhalbjahr Oktober - März

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; σ : Standardabweichung der Windgeschwindigkeitsschwankungen und γ : 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 σ und den Wichtungsfaktor γ kann die Böigkeit des Windes berücksichtigt werden. In der Literatur schwanken die Werte für den Wichtungsfaktor γ 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), „Kurzzzeitiges 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.

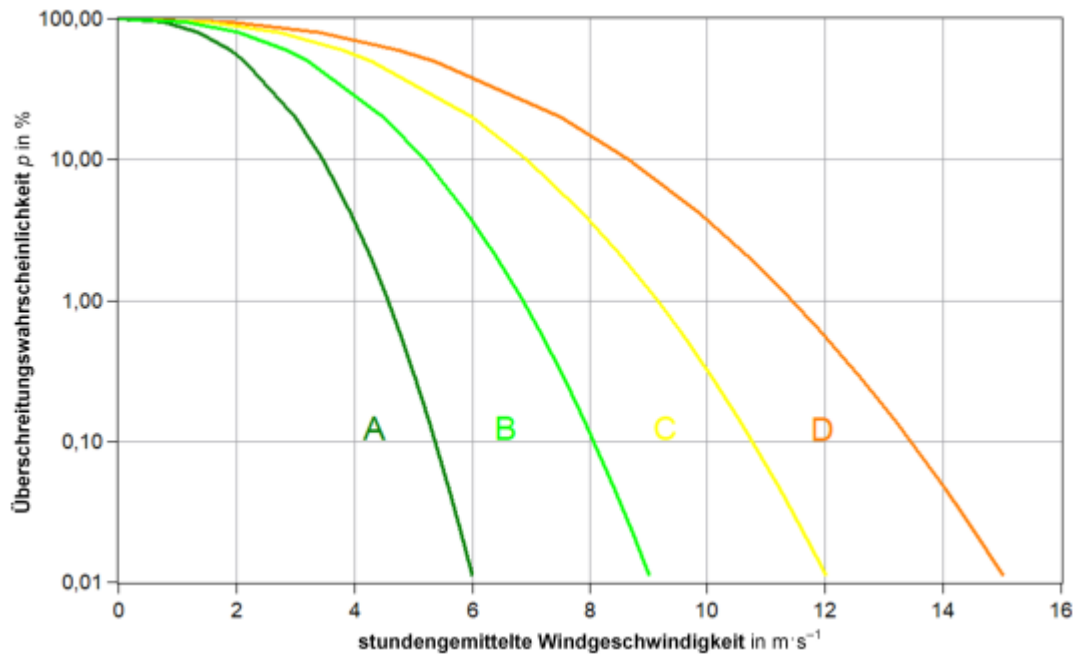


Abb. 2.5: Einteilung der Windkomfortbereiche bei stärkeren Winden, Windgeschwindigkeit in Lauf- und Verweilhöhe, basierend auf den Untersuchungen verschiedener Autoren (VDI 3787 Blatt 4-2020)

Windkomfortbereich	Aktivitätsklasse			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z. B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßencafés, 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

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

Grenzgeschwindigkeit $u_{Grenz}(p = 0,01 \%)$	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 $u_{Grenz}(p)$ (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 Wind-

sicherheit 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.

Die Auswertungen für das Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr wurden getrennt bewertet, da der Nutzungsschwerpunkt der Außenanlagen üblicherweise im Sommer liegt. 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 45 Punkten auf den Dachflächen der Gebäude in den Baufeldern BF-02 bis BF-04 sowie BF-11, in denen eine Spielplatznutzung vorgesehen ist, durchgeführt. Die Messstellen sind in Abb. 3.1 definiert. Die Messungen wurden für insgesamt 24 Anströmrichtungen in 15°-Schritten in ca. 1,5 m Höhe über der jeweiligen Bodenoberfläche durchgeführt und erfolgten mit druckbasierten Geschwindigkeitssensoren (Irwin-Sensoren). Es wurden jeweils 3 Varianten untersucht (siehe Abb. 2.6 bis Abb. 2.8):

- Ohne Attika
- Umlaufende (geschlossene) Attiken mit 2 m Höhe
- Umlaufende (geschlossene) Attiken mit 4 m Höhe

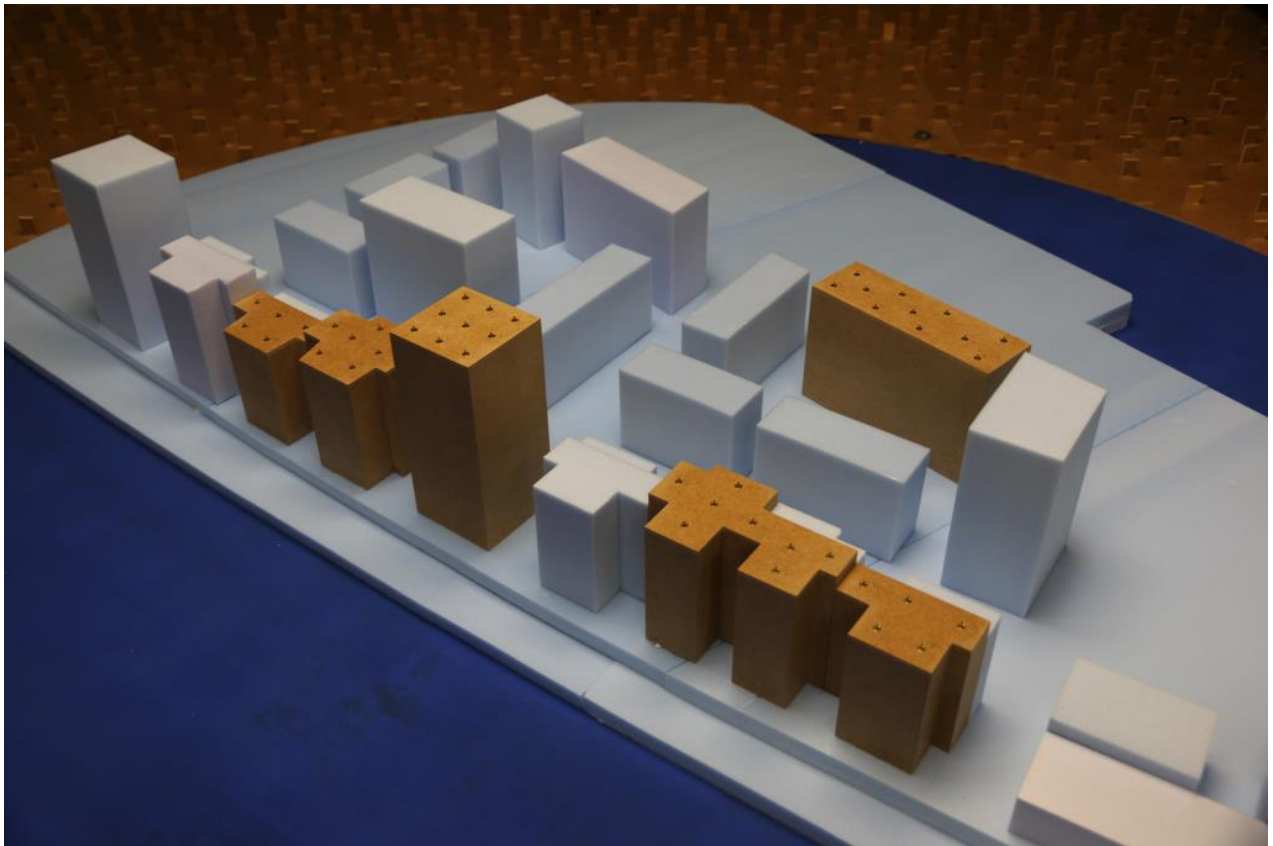


Abb. 2.6: Geschwindigkeitsmessungen mit Irwinsonden - Variante 1 (ohne Attika)

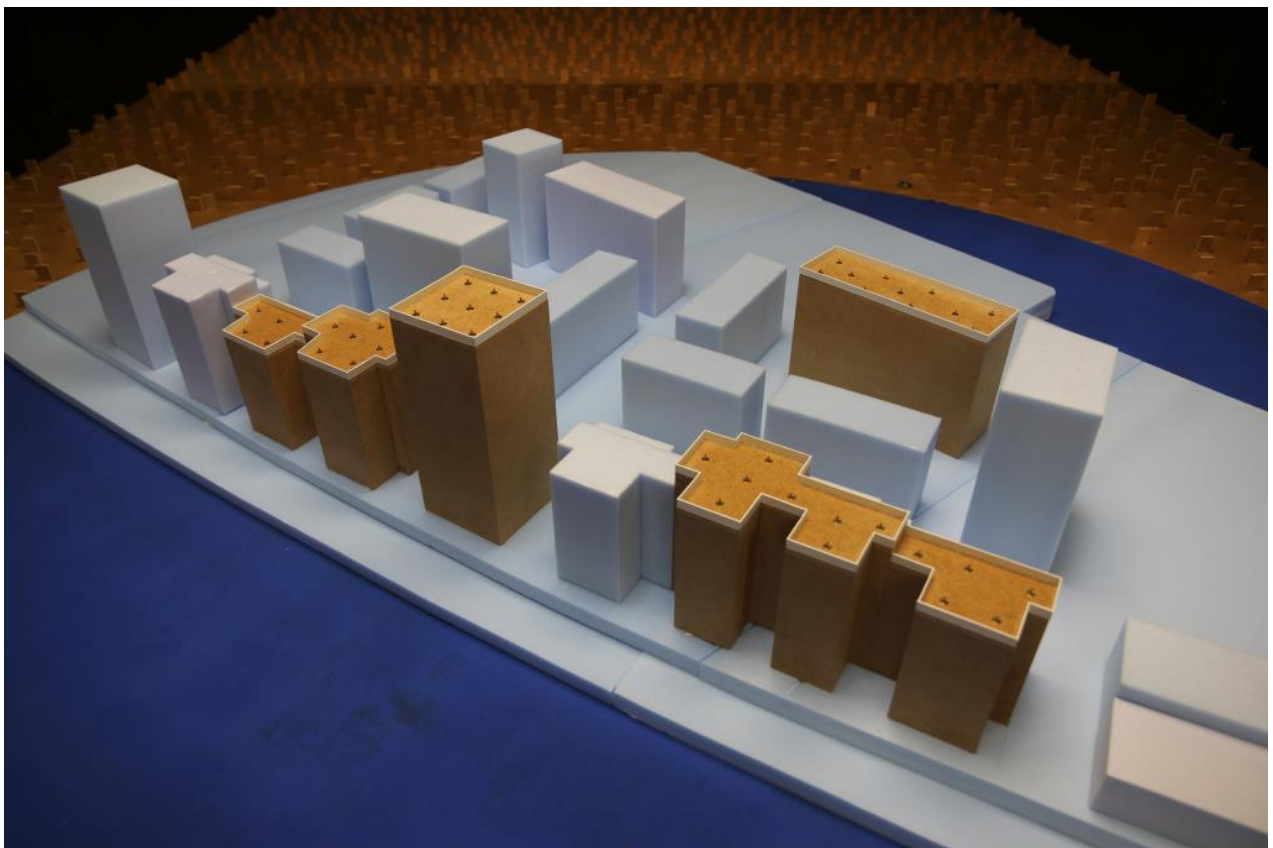


Abb. 2.7: Geschwindigkeitsmessungen mit Irwinsonden – Variante 2 (2 m hohe Attika)

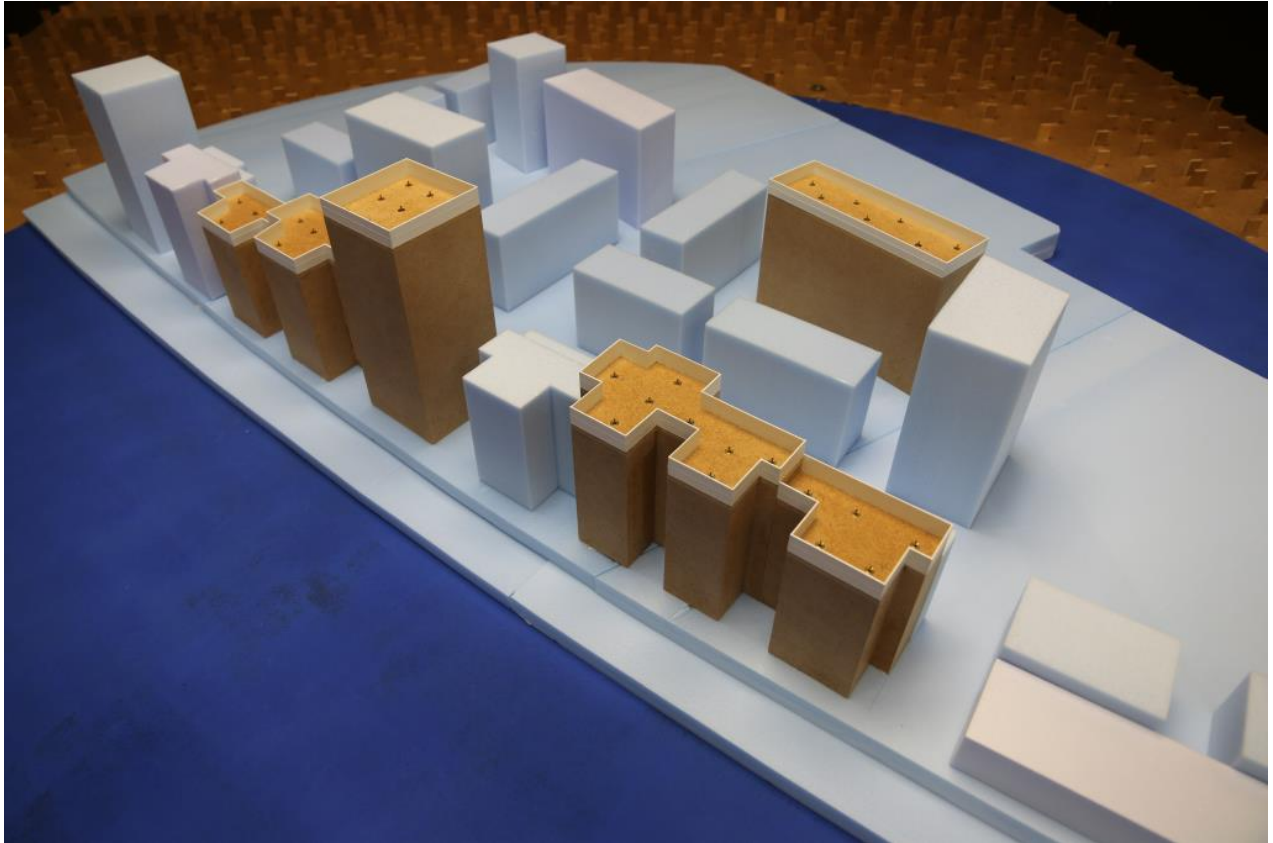


Abb. 2.8: Geschwindigkeitsmessungen mit Irwinsonden – Variante 3 (4 m hohe Attika)

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. und Abb. 2.). Um die nachfolgenden Ergebnisse einschätzen zu können, wurde zunächst der Windkomfort am Standort in Fußgängerhöhe $h = 1.5$ 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 C** (Tendenz zu B) erreicht. Der Standort wäre während des Sommerhalbjahres also für langsames Flanieren und Bummeln geeignet bzw. für kurzzeitige Aufenthalte wie beispielsweise in Wartebereichen mäßig geeignet.

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

Übers ganze Jahr gesehen wird das Windklima ebenfalls der Windkomfortklasse C zugeordnet.

3.2 Ergebnisse Windkanaluntersuchungen

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 Matrizen der Erhöhungsfaktoren X_i für sämtliche Windrichtungen und Messpunkte sind für die 3 Varianten in Tab. 3.1 bis Tab. 3.3 dargestellt. Erhöhungsfak-

toren von 1.2 bedeuten beispielsweise, dass die Geschwindigkeiten um 20 % höher sind als in unbebautem Gelände in Fußgängerniveau, Faktoren von 0.8 bedeuten eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 %.

Auf den Dachflächen sind demnach ohne Attiken deutlich höhere Windgeschwindigkeiten im Vergleich zum bodennahen Windfeld zu erwarten (bis zu Faktor 2).

Bei Installation einer umlaufenden Attika von 2 m Höhe fallen die Erhöhungsfaktoren in den meisten Bereichen von BF-02 bis BF-04 bereits deutlich geringer aus (bis zu 1.2). Beim BF-11 sind insbesondere bei der Hauptwindrichtung 240° die Reduktionen nicht so deutlich. Signifikante Reduktionen sind hier erst bei einer Attikahöhe von 4 m aufgetreten, während bei den anderen Gebäuden durch die höhere Attika nur noch vergleichsweise geringe Geschwindigkeitsreduktionen auftreten.

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.

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung Messpunkte

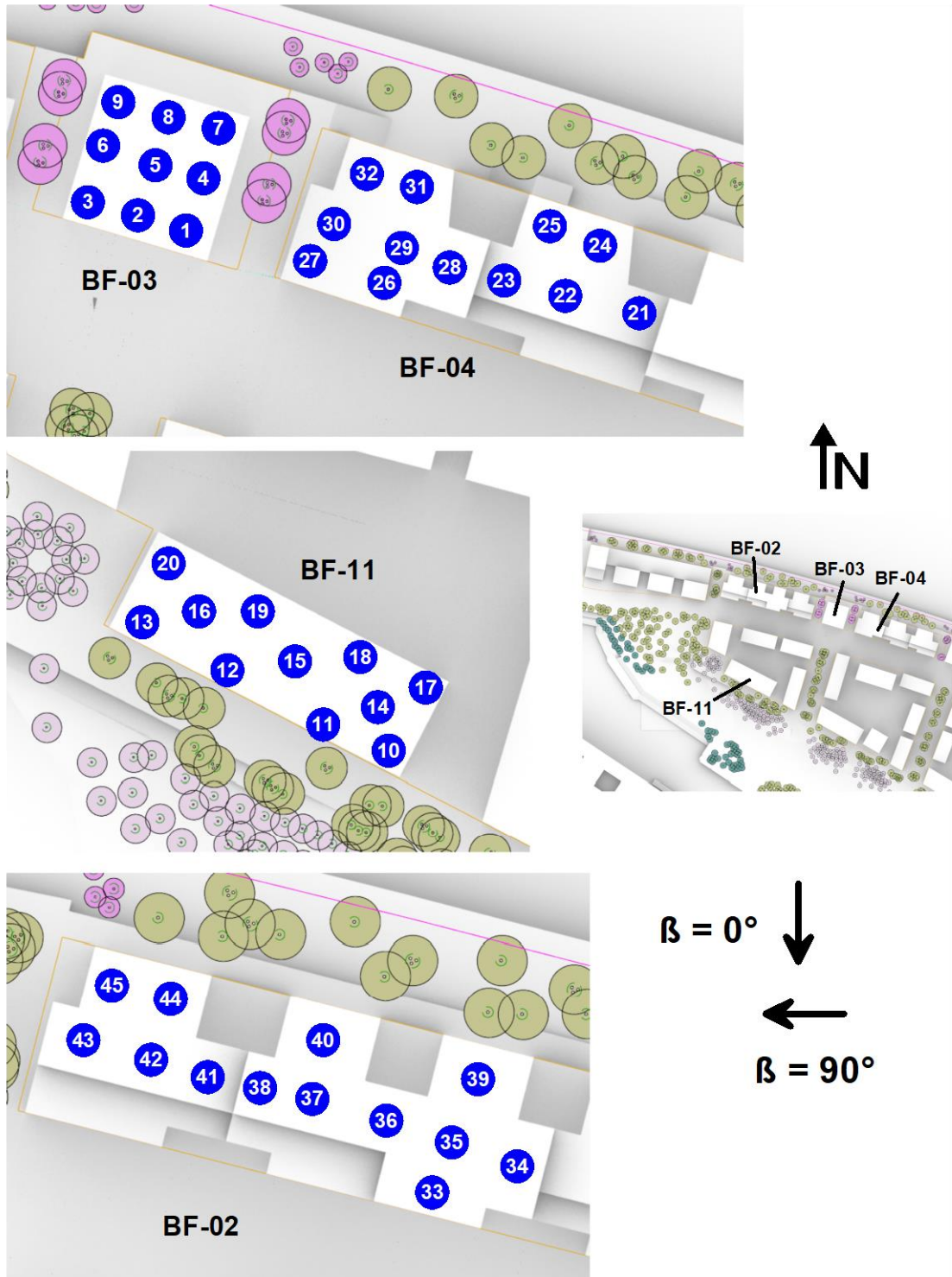


Abb. 3.1: Bezeichnungen und Positionen der Messstellen auf den Dachflächen der Gebäude

	X_i ($v = 0$)	Variante 1: ohne Attika											
		Messpunkt	Windrichtung β [°] (0° = Nord)										
			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
BF-03	1	1.45	1.30	1.19	0.95	1.32	1.68	1.28	0.95	1.10	1.34	1.34	1.87
	2	1.54	1.66	1.77	1.20	1.48	1.42	1.09	1.06	1.27	1.33	1.12	1.63
	3	1.27	1.46	1.86	1.37	1.32	1.08	0.89	1.20	1.65	1.34	0.98	1.15
	4	1.54	1.69	1.78	1.31	1.27	1.56	1.52	1.28	1.45	1.41	1.60	2.00
	5	1.63	1.66	1.97	1.44	1.33	1.63	1.35	1.36	1.59	1.33	1.37	1.95
	6	1.38	1.34	1.80	1.51	1.33	1.37	1.05	1.46	1.58	1.02	0.87	1.36
	7	0.96	1.28	1.94	1.31	0.99	1.27	1.30	1.26	1.62	1.34	1.42	1.40
	8	1.06	1.10	1.75	1.55	1.17	1.51	1.37	1.38	1.59	1.23	1.52	1.73
	9	1.15	0.90	1.34	1.46	1.34	1.56	1.26	1.34	1.36	1.04	1.23	1.86
BF-11	10	0.98	1.15	1.21	1.10	1.06	1.63	1.45	0.87	1.09	1.38	1.22	1.24
	11	0.97	1.01	1.12	1.03	1.21	1.51	1.03	0.93	1.52	1.63	1.21	1.21
	12	0.90	0.90	1.15	1.12	1.44	1.35	0.73	1.01	1.81	1.56	1.02	1.01
	13	0.95	0.91	1.24	1.19	1.39	1.14	1.11	1.47	1.51	0.98	0.88	0.91
	14	0.93	1.07	1.16	1.17	1.24	1.77	1.44	1.04	1.57	1.63	1.14	1.15
	15	0.93	0.99	1.17	1.15	1.49	1.78	1.14	1.29	1.88	1.48	0.99	1.02
	16	0.89	0.91	1.16	1.11	1.48	1.52	1.07	1.57	1.70	1.10	0.90	0.90
	17	0.95	1.11	1.20	1.23	1.09	1.19	1.30	1.00	1.43	1.54	1.12	1.17
	18	0.89	0.96	1.06	1.06	1.23	1.69	1.28	1.14	1.78	1.48	0.97	1.07
	19	0.91	0.93	1.13	1.08	1.41	1.68	1.09	1.45	1.82	1.24	0.90	0.96
	20	0.86	0.82	1.11	1.06	1.39	1.39	0.99	1.22	1.07	0.87	0.87	0.83
BF-04	21	1.09	0.79	0.62	0.62	0.64	0.69	1.01	0.92	0.92	0.74	0.83	1.13
	22	1.36	1.28	0.83	0.62	0.70	1.12	1.39	1.06	0.98	0.68	0.68	0.99
	23	0.90	1.35	1.24	0.78	0.80	1.10	1.11	0.69	0.54	0.47	0.54	0.63
	24	1.35	1.05	0.83	0.71	0.60	0.70	1.12	1.02	1.00	0.81	0.98	1.22
	25	1.14	1.30	1.13	0.92	0.81	1.18	1.44	1.00	0.81	0.65	0.82	0.91
	26	1.31	1.01	0.89	0.86	0.84	0.84	0.78	1.06	1.28	0.96	0.71	1.17
	27	1.22	1.23	1.12	0.89	0.87	0.82	0.83	1.60	1.67	0.96	0.69	1.02
	28	0.92	1.05	1.17	0.98	1.01	1.21	1.01	0.99	1.15	0.84	0.84	1.03
	29	1.18	0.97	0.96	0.96	1.16	1.23	1.00	1.13	1.30	0.82	0.79	1.33
	30	1.55	1.28	1.14	0.96	1.04	1.07	1.01	1.55	1.54	0.81	0.79	1.35
	31	0.88	0.71	0.77	0.87	0.79	1.01	0.96	1.13	1.23	0.71	0.90	1.08
	32	1.12	1.16	1.32	1.22	1.19	1.31	1.17	1.49	1.29	0.75	0.79	1.13
BF-02	33	1.12	1.22	1.10	0.92	0.76	1.01	1.09	0.89	0.88	1.03	1.06	1.02
	34	1.19	1.05	1.02	0.97	0.77	1.15	1.29	0.97	0.83	0.98	1.08	1.07
	35	1.35	1.42	1.22	0.95	0.82	1.05	1.24	0.90	0.77	0.95	0.96	1.13
	36	0.90	0.85	1.06	1.09	0.83	0.99	1.07	0.79	0.73	1.08	1.23	1.03
	37	1.44	1.22	0.93	0.91	0.84	1.00	1.09	0.78	0.84	1.26	1.21	1.42
	38	1.15	1.20	1.10	1.08	0.95	1.04	1.07	0.75	0.91	1.19	1.19	0.98
	39	1.27	1.24	1.26	1.15	0.77	1.01	1.21	0.95	0.81	1.04	1.14	1.21
	40	1.23	1.15	1.14	1.19	0.93	1.07	1.17	0.79	0.86	1.33	1.32	1.18
	41	0.65	0.60	0.66	0.62	0.48	0.62	0.61	0.64	1.01	1.05	1.05	1.02
	42	1.19	0.78	0.76	0.83	0.78	1.08	1.06	1.13	1.54	1.43	1.23	1.49
	43	1.24	1.15	0.96	0.89	0.79	1.06	1.04	1.40	2.00	1.52	1.23	1.20
	44	1.31	1.03	0.94	0.87	0.61	0.74	0.77	1.02	1.67	1.54	1.05	1.24
	45	1.18	1.19	1.15	1.21	0.83	1.00	0.98	1.45	1.88	1.30	1.16	1.31

Tab. 3.1: Erhöhungsfaktoren X_i an den in Abb. 3.1 angegebenen Messpunkten auf den Dachflächen der untersuchten Gebäude im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation am Boden (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben –

Variante 1: ohne Attika

	X _i (γ = 0)	Variante 2: 2 m hohe Attika											
		Messpunkt	Windrichtung β [°] (0° = Nord)										
			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
BF-03	1	1.16	1.03	0.95	0.73	0.58	0.61	0.64	0.67	0.82	0.89	0.97	1.14
	2	1.01	1.08	1.02	0.89	0.89	0.98	0.78	0.80	0.94	0.87	0.96	1.03
	3	1.01	1.16	1.14	0.98	0.87	0.84	0.70	0.64	0.75	0.68	0.68	0.91
	4	1.16	1.20	1.10	1.05	1.11	1.19	1.12	1.16	1.14	1.10	1.04	1.14
	5	1.14	1.20	1.10	1.05	1.11	1.19	1.12	1.16	1.14	1.10	1.04	0.99
	6	0.85	1.18	1.18	1.05	1.07	1.05	0.96	0.90	0.95	0.82	0.74	0.85
	7	0.81	0.73	0.67	0.64	0.75	0.87	0.87	0.99	1.06	0.98	0.94	0.92
	8	0.77	0.75	0.79	0.79	0.93	1.03	1.00	1.09	1.06	0.95	0.82	0.80
	9	0.70	0.75	0.86	0.90	0.96	1.04	0.99	0.92	0.89	0.78	0.63	0.65
BF-11	10	0.69	0.74	0.76	0.77	0.75	0.66	0.51	0.53	0.71	0.86	0.83	0.84
	11	0.80	0.74	0.80	0.80	0.87	1.13	0.77	0.77	1.25	1.25	1.02	0.98
	12	0.84	0.85	0.97	1.05	1.21	1.06	0.73	0.89	1.48	1.25	0.90	0.90
	13	0.92	0.93	0.98	0.90	0.91	0.95	1.14	1.33	1.49	1.10	0.99	0.95
	14	0.76	0.77	0.84	0.87	0.88	1.02	0.89	0.85	1.40	1.38	0.97	0.91
	15	0.76	0.79	0.90	1.04	1.23	1.48	0.99	1.20	1.89	1.34	0.89	0.86
	16	0.74	0.79	0.89	0.97	1.27	1.31	1.03	1.30	1.29	0.89	0.86	0.81
	17	0.24	0.23	0.25	0.23	0.21	0.20	0.21	0.21	0.36	0.61	0.67	0.46
	18	0.70	0.73	0.79	0.89	0.91	1.14	0.98	1.07	1.74	1.32	0.88	0.85
	19	0.78	0.79	0.87	0.93	1.17	1.42	1.06	1.43	1.74	1.11	0.88	0.85
	20	0.58	0.55	0.63	0.64	0.91	1.00	0.75	0.95	1.06	0.69	0.61	0.63
BF-04	21	1.09	0.80	0.56	0.52	0.54	0.52	0.60	0.61	0.70	0.63	0.62	0.91
	22	0.88	1.00	0.83	0.58	0.55	0.61	0.67	0.64	0.68	0.55	0.56	0.76
	23	0.87	1.20	0.96	0.64	0.76	1.00	0.87	0.59	0.51	0.44	0.47	0.57
	24	0.73	0.77	0.63	0.55	0.56	0.58	0.71	0.66	0.68	0.54	0.57	0.65
	25	0.85	0.99	0.91	0.70	0.64	0.75	0.87	0.76	0.75	0.63	0.63	0.69
	26	0.99	0.89	0.78	0.70	0.73	0.69	0.61	0.77	0.90	0.68	0.58	0.92
	27	0.91	0.80	0.77	0.70	0.67	0.64	0.59	0.62	0.68	0.58	0.60	0.85
	28	0.83	0.80	0.87	0.74	0.80	0.86	0.81	0.79	0.88	0.70	0.70	0.93
	29	0.87	0.78	0.92	0.80	0.70	0.79	0.79	0.80	0.96	0.67	0.65	0.99
	30	1.10	0.95	0.91	0.78	0.76	0.83	0.84	0.95	1.05	0.74	0.73	1.00
	31	0.48	0.35	0.35	0.45	0.42	0.60	0.60	0.63	0.72	0.52	0.45	0.50
	32	0.79	0.71	0.79	0.72	0.74	0.85	0.82	0.93	0.94	0.68	0.58	0.73
BF-02	33	0.97	1.01	0.93	0.72	0.55	0.66	0.73	0.62	0.61	0.64	0.73	0.85
	34	0.94	0.92	0.81	0.72	0.60	0.63	0.67	0.63	0.62	0.69	0.71	0.74
	35	0.99	1.08	1.01	0.81	0.59	0.66	0.73	0.62	0.64	0.80	0.85	0.86
	36	0.92	0.76	0.82	0.76	0.52	0.61	0.70	0.61	0.58	0.90	1.15	1.07
	37	1.16	1.08	0.92	0.88	0.78	0.90	0.98	0.84	0.86	0.90	0.95	1.09
	38	0.95	0.91	0.70	0.69	0.61	0.68	0.69	0.61	0.66	0.73	0.70	0.73
	39	0.87	0.98	0.91	0.75	0.66	0.76	0.86	0.78	0.77	0.76	0.75	0.81
	40	0.98	0.86	0.74	0.74	0.64	0.70	0.76	0.66	0.69	0.78	0.78	0.94
	41	0.56	0.47	0.45	0.41	0.42	0.50	0.50	0.67	0.98	0.92	0.94	1.08
	42	0.85	0.48	0.39	0.35	0.39	0.63	0.61	0.67	0.88	0.92	0.93	1.12
	43	0.98	0.78	0.66	0.63	0.62	0.76	0.76	0.77	0.73	0.68	0.74	0.96
	44	0.84	0.82	0.75	0.71	0.63	0.72	0.75	0.79	1.01	1.08	0.93	0.93
	45	0.75	0.61	0.52	0.50	0.43	0.60	0.59	0.63	0.72	0.82	0.61	0.70

Tab. 3.2: Erhöhungsfaktoren X_i an den in Abb. 3.1 angegebenen Messpunkten auf den Dachflächen der untersuchten Gebäude im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation am Boden (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben –
Variante 2: 2 m hohe Attika

	X_i ($v = 0$)	Variante 3: 4 m hohe Attika												
		Messpunkt	Windrichtung β [°] (0° = Nord)											
			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
BF-03	1	1.12	1.06	0.93	0.68	0.56	0.55	0.53	0.63	0.85	0.95	0.98	1.09	
	2	1.00	1.04	1.00	0.97	0.76	0.72	0.66	0.68	0.72	0.77	0.97	1.03	
	3	0.99	1.18	1.13	1.02	0.92	0.85	0.62	0.48	0.50	0.47	0.52	0.81	
	4	1.12	1.06	0.93	0.93	0.95	0.95	0.99	1.01	0.95	1.02	0.99	1.09	
	5	1.03	1.06	0.85	0.93	0.95	0.89	0.99	1.01	0.90	0.98	0.92	0.85	
	6	0.75	1.15	1.16	1.04	1.03	1.00	0.95	0.74	0.70	0.65	0.58	0.62	
	7	0.77	0.69	0.62	0.59	0.73	0.95	0.89	0.95	0.95	1.02	0.99	0.92	
	8	0.68	0.65	0.60	0.71	0.99	0.98	0.91	1.00	0.95	0.97	0.72	0.63	
	9	0.65	0.71	0.86	0.95	0.98	1.02	0.99	0.97	0.98	0.75	0.52	0.58	
BF-11	10	0.69	0.71	0.74	0.74	0.58	0.47	0.44	0.45	0.59	0.76	0.71	0.75	
	11	0.87	0.82	0.80	0.70	0.76	0.85	0.63	0.63	0.98	0.98	0.89	0.96	
	12	0.82	0.84	0.94	0.92	0.91	0.82	0.62	0.67	0.96	0.89	0.77	0.86	
	13	0.95	0.97	0.97	0.78	0.66	0.93	1.18	1.22	1.29	1.09	1.02	0.97	
	14	0.77	0.82	0.80	0.75	0.83	0.77	0.68	0.65	1.07	1.14	0.87	0.88	
	15	0.78	0.82	0.91	0.92	0.93	1.15	0.83	0.96	1.50	1.12	0.80	0.84	
	16	0.73	0.72	0.82	0.87	1.07	1.11	0.88	0.97	1.00	0.76	0.79	0.81	
	17	0.23	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.28	0.51	0.69	0.47	
	18	0.66	0.67	0.72	0.76	0.75	0.93	0.81	0.83	1.40	1.12	0.75	0.75	
	19	0.76	0.71	0.76	0.82	0.93	1.15	0.91	1.23	1.52	1.00	0.81	0.81	
	20	0.59	0.52	0.58	0.56	0.74	0.83	0.66	0.86	1.03	0.65	0.58	0.65	
BF-04	21	1.13	0.97	0.69	0.60	0.58	0.53	0.60	0.72	0.88	0.68	0.60	0.86	
	22	0.83	1.01	0.83	0.59	0.50	0.49	0.56	0.60	0.71	0.57	0.54	0.68	
	23	0.98	1.18	0.83	0.62	0.72	0.94	0.98	0.55	0.42	0.35	0.37	0.54	
	24	0.74	0.76	0.57	0.48	0.57	0.63	0.75	0.66	0.67	0.56	0.57	0.62	
	25	0.74	0.80	0.70	0.59	0.55	0.60	0.69	0.63	0.64	0.52	0.49	0.56	
	26	0.95	0.97	0.81	0.65	0.62	0.65	0.55	0.62	0.67	0.58	0.56	0.84	
	27	0.92	0.80	0.69	0.64	0.70	0.67	0.52	0.49	0.52	0.45	0.46	0.77	
	28	0.84	0.76	0.75	0.69	0.67	0.74	0.74	0.88	0.86	0.68	0.65	0.85	
	29	0.72	0.68	0.77	0.69	0.64	0.74	0.74	0.90	0.87	0.64	0.63	0.78	
	30	0.96	0.90	0.87	0.75	0.77	0.77	0.76	0.81	0.78	0.66	0.67	0.87	
	31	0.36	0.24	0.28	0.38	0.41	0.52	0.51	0.57	0.60	0.49	0.40	0.42	
	32	0.63	0.66	0.70	0.68	0.63	0.72	0.73	0.82	0.82	0.64	0.49	0.58	
BF-02	33	0.87	0.83	0.78	0.64	0.50	0.53	0.59	0.53	0.60	0.61	0.64	0.75	
	34	0.75	0.81	0.73	0.67	0.52	0.56	0.65	0.61	0.64	0.63	0.61	0.61	
	35	0.88	0.86	0.87	0.81	0.61	0.74	0.75	0.60	0.73	0.83	0.80	0.81	
	36	0.93	0.71	0.69	0.74	0.57	0.71	0.87	0.68	0.74	0.83	0.90	1.01	
	37	0.90	0.89	0.76	0.69	0.62	0.75	0.88	0.76	0.78	0.85	0.84	0.86	
	38	0.95	0.83	0.61	0.54	0.53	0.62	0.65	0.57	0.56	0.61	0.69	0.80	
	39	0.65	0.72	0.72	0.68	0.62	0.70	0.77	0.65	0.69	0.73	0.66	0.57	
	40	0.71	0.66	0.59	0.63	0.59	0.65	0.68	0.58	0.65	0.85	0.76	0.70	
	41	0.60	0.44	0.39	0.30	0.28	0.36	0.43	0.64	0.86	0.82	0.93	1.11	
	42	0.85	0.56	0.48	0.42	0.39	0.53	0.58	0.65	0.88	0.87	0.90	0.99	
	43	0.98	0.75	0.63	0.55	0.54	0.72	0.71	0.59	0.59	0.60	0.66	1.04	
	44	0.69	0.60	0.58	0.54	0.50	0.63	0.66	0.66	0.95	1.05	0.87	0.84	
	45	0.73	0.63	0.59	0.61	0.58	0.68	0.66	0.67	0.83	0.83	0.65	0.78	

Tab. 3.3: Erhöhungsfaktoren X_i an den in Abb. 3.1 angegebenen Messpunkten auf den Dachflächen der untersuchten Gebäude im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation am Boden (Freifläche). Maxima sind orange hervorgehoben –

Variante 3: 4 m hohe Attika

3.3 Windkomfort auf den Dachflächen der Gebäude

Für einen ausreichenden Windkomfort bei geplanten Spielplatzflächen sind gemäß der in Tab. 2.1 angegebenen Kriterien die Komfortklassen A oder B anzustreben. Diese sollten generell auf Basis der Ganzjahreswindstatistik erfüllt werden, zumindest aber für das nutzungsintensive Sommerhalbjahr.

Die auf Basis der Untersuchungen ermittelten Klassifizierungen für die Dachflächen gemäß der Ganzjahresstatistik sind für die 3 Varianten in den Abbildungen Abb. 3.2 bis Abb. 3.4 dargestellt. Die prognostizierten Klassifizierungen für das Sommerhalbjahr werden in Abb. 3.5 bis Abb. 3.7 angegeben.

Prognose Variante 1 (Ohne Attika)

Ohne Attika wird das in der VDI 3787 Blatt 4 definierte Sicherheitskriterium (siehe Kap. 2.4) für die untersuchten Bereiche an vielen Messpunkten aller Gebäudeteile nicht eingehalten. Eine inakzeptable potentielle Gefährdung von Fußgängern oder Radfahrern im Sinne des Sicherheitskriteriums ist daher nicht auszuschließen. Auch im etwas windruhigeren Sommerhalbjahr ist das an einigen Punkten der Fall. Zudem sind an fast allen Messpunkten die Windkomfortbedingungen nicht geeignet für Spielplätze. Windschutzmaßnahmen sind also erforderlich.

Prognose Variante 2 (mit 2 m hoher Attika):

Insbesondere auf den Gebäuden der Baufelder BF-02 bis BF-04 sind durch die Attika deutlich verbesserte Windkomfortbedingungen zu erwarten. Das Sicherheitskriterium wird hier nunmehr eingehalten, allerdings sind die Komfortbedingungen insgesamt noch nicht ausreichend für eine Spielplatznutzung auch bezogen auf das Sommerhalbjahr.

Auf dem Dach des Gebäudes in Baufeld BF-11 sind die Windbedingungen – wenn auch leicht verbessert – weiterhin kritisch zu sehen. Das Sicherheitskriterium wird nicht überall eingehalten und generell sind die Komfortbedingungen nicht ausreichend für Spielplätze.

Prognose Variante 3 (mit 4 m hoher Attika):

Auf den Gebäuden der Baufelder BF-02 bis BF-04 sind durch die höhere Attika nochmal leichte Verbesserungen der Windkomfortsituation zu erzielen. Allerdings reichen diese nicht aus um in allen Bereichen einen ausreichenden Windkomfort für Spielplätze zu erzielen. Dies ist lediglich beim Gebäude BF-04 während des Sommerhalbjahrs der Fall. Weitere Schutzmaßnahmen sind anzuraten.

Beim Gebäude auf dem Baufeld BF-11 kann durch die hohe Attika zumindest das Sicherheitskriterium nunmehr überall eingehalten werden. Die Komfortbedingungen bleiben aber nicht ausreichend für Spielplätze.

Fazit:

Ohne Schutzmaßnahmen sind auf den Dachflächen sehr unkomfortable bis sicherheitsgefährdende Windbedingungen zu erwarten.

Die untersuchten Attiken führen zwar zu einer deutlichen Verbesserung der Situation, können aber aufgrund der Ausdehnung der Dachflächen nicht überall ausreichende Windkomfortbedingungen für eine Spielplatznutzung bewirken. Es sind diesbezüglich weitere Schutzmaßnahmen anzuraten.

Folgende Maßnahmen sind zu empfehlen:

Baufelder BF-02 bis BF-04:

- Umlaufende Attika mit mindestens 2 m Höhe und zusätzliche Windschutzelemente auf der Dachfläche wie Bepflanzungen (z.B. Bäume, hohe Büsche und/oder Hecken) oder Windschutzwände (porös, ca. 2-3 m hoch)

Baufeld BF-11:

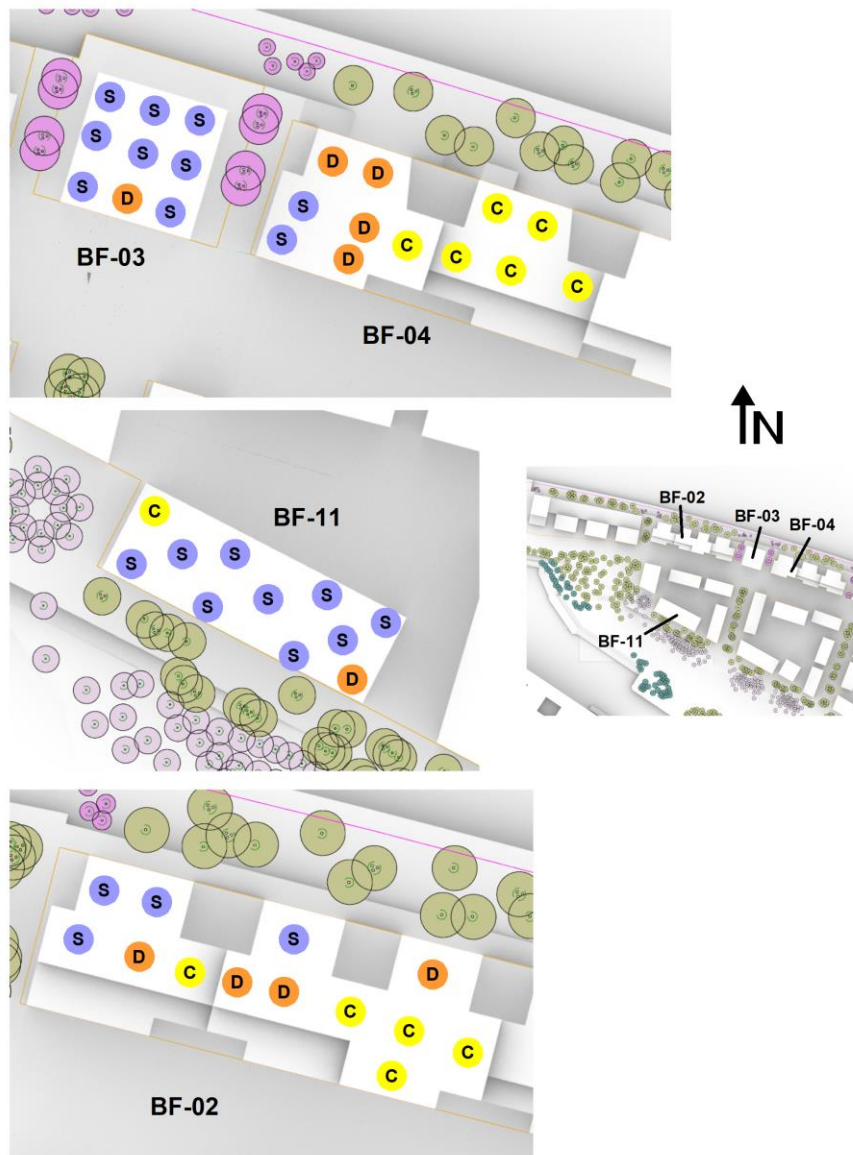
- Wie oben jedoch mit höheren Attiken (z.B. 4 m hoch) an der Südwest- und Nordwestseite

Ggfls. können diese Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit anhand von ergänzenden Untersuchungen am vorhandenen Modell überprüft werden.

Aufgrund der ähnlichen Gebäudegeometrien lassen sich die Ergebnisse vereinfachend auch auf die Baufelder BF-05 bis BF-08 übertragen, in denen ebenfalls Dachflächen als Kinderspielplätze genutzt werden sollen.

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung ohne Attika - Klassifizierung Ganzjahrstatistik



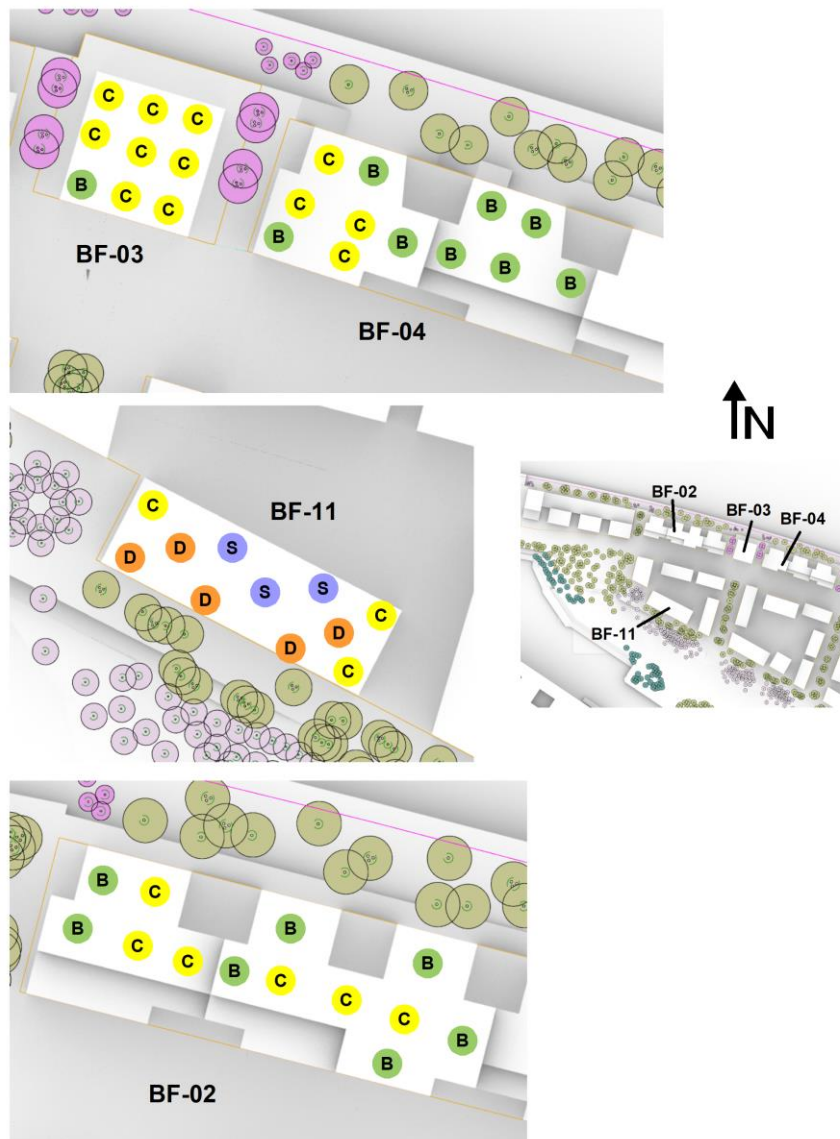
Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezone)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	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 auf den Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4

Ganzjahresstatistik – Variante 1 – ohne Attika

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung
mit 2 m hoher Attika - Klassifizierung Ganzjahrstatistik

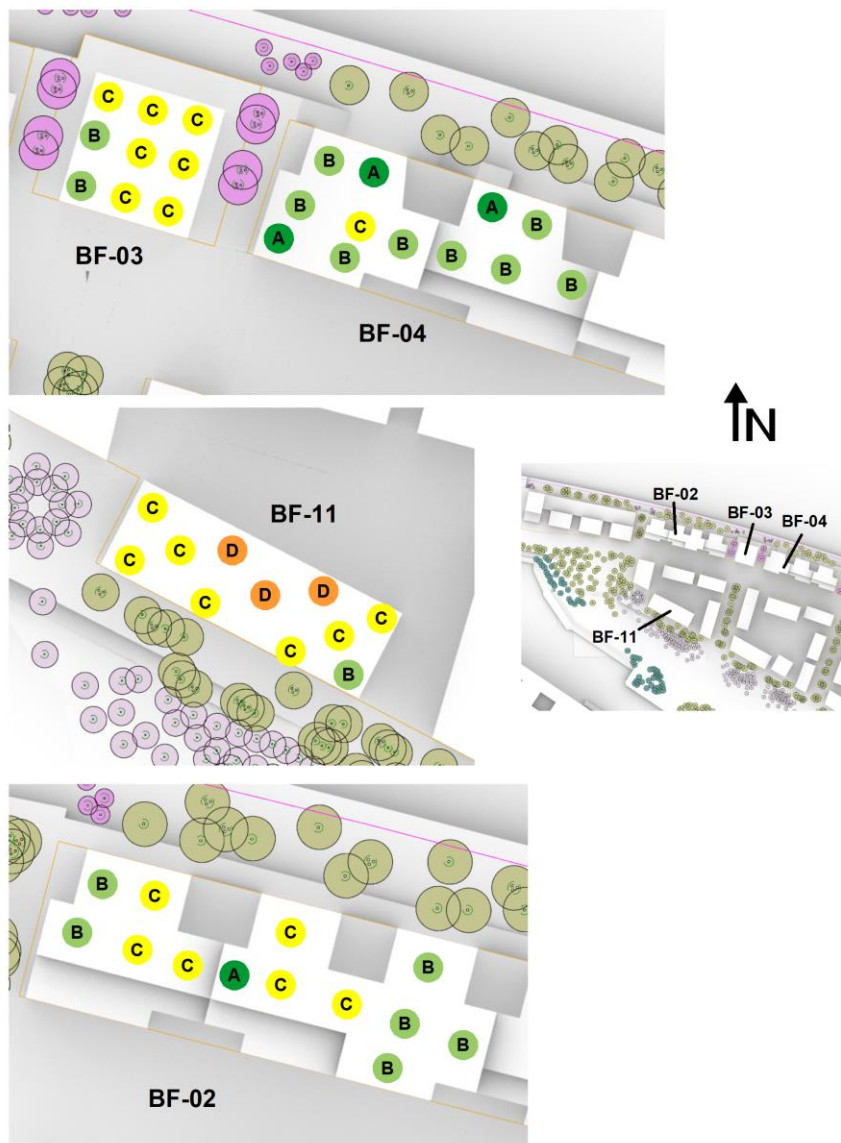


Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café's, Biergärten, Spielplätze, Ruhezone)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	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. 3.3: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4
Ganzjahresstatistik – Variante 2 – mit 2 m hoher Attika

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung
mit 4 m hoher Attika - Klassifizierung Ganzjahrstatistik

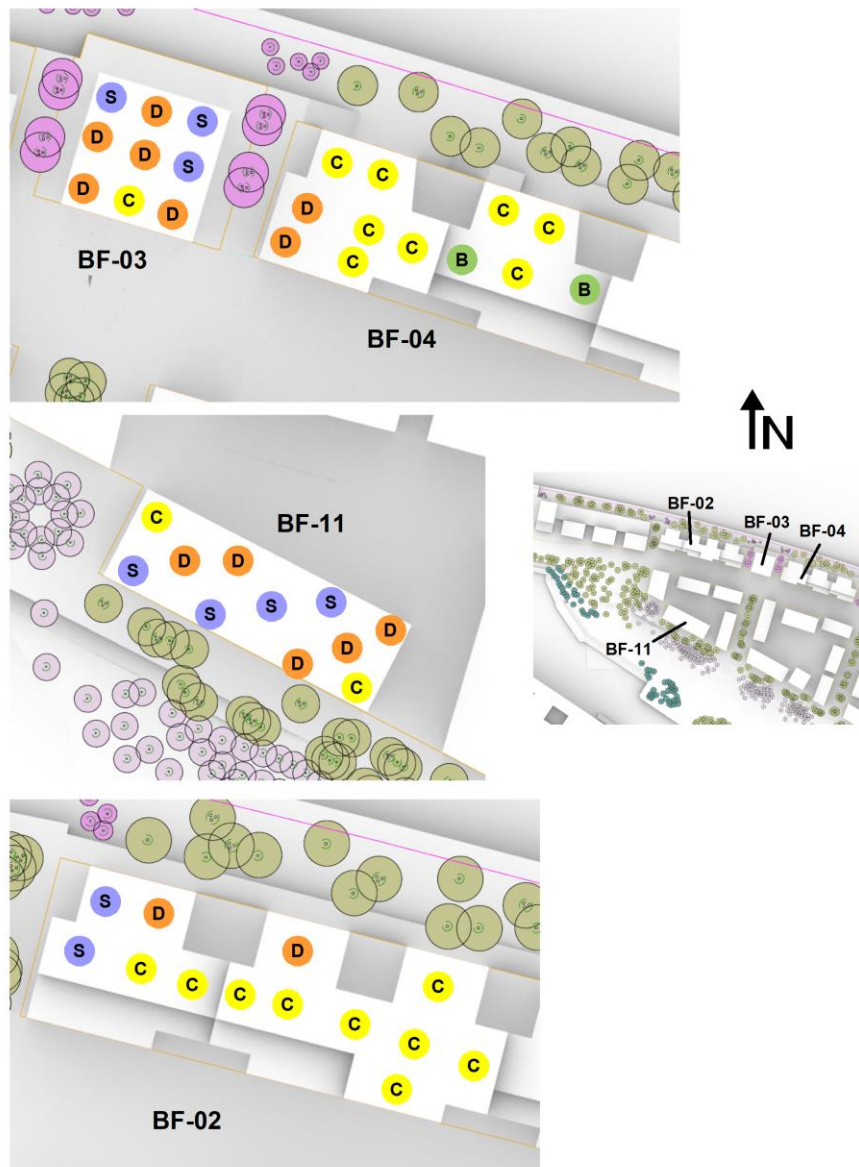


Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	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. 3.4: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4
Ganzjahresstatistik – Variante 3 – mit 4 m hoher Attika

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung ohne Attika - Klassifizierung Sommerhalbjahr



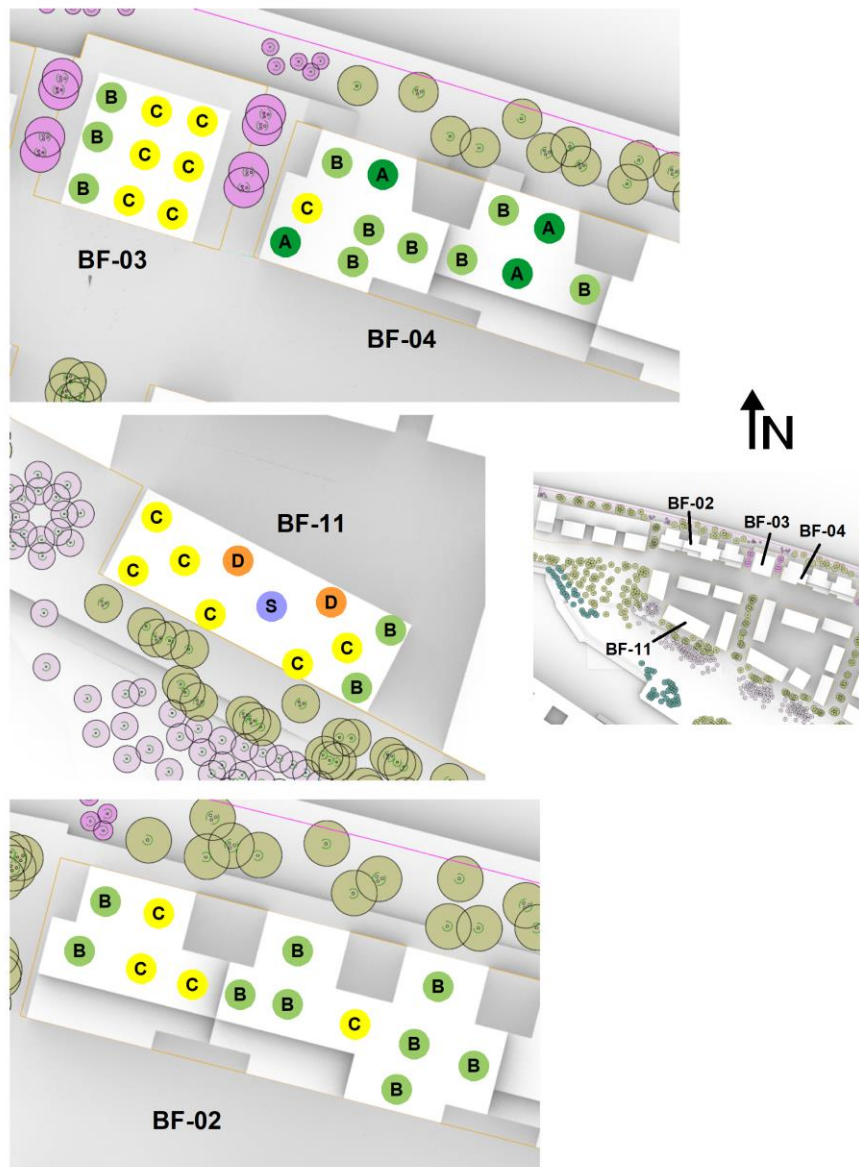
Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezone)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	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 Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4

Sommerhalbjahr (April - September) – Variante 1: ohne Attika

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung
mit 2 m hoher Attika - Klassifizierung Sommerhalbjahr



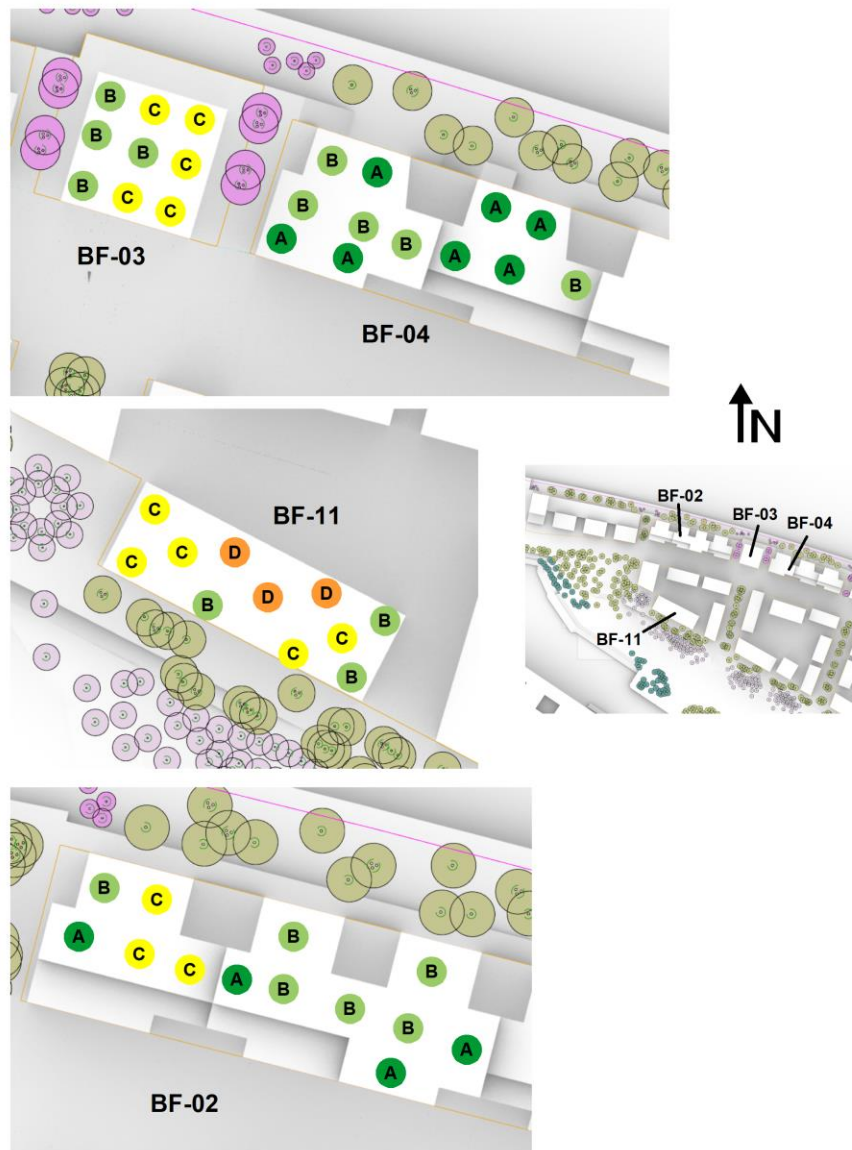
Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-cafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)	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. 3.6: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4

Sommerhalbjahr (April - September) – Variante 2: mit 2 m hoher Attika

Kleiner Grasbrook, Hamburg - Funktionsplanung

Windkomfort auf Dachflächen mit Spielplatznutzung
mit 4 m hoher Attika - Klassifizierung Sommerhalbjahr



Windkomfortbereich	Aktivitäten			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßen-café, Biergärten, Spielplätze, Ruhezone)	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. 3.7: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachflächen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen -Klassifizierung nach VDI 3787 Blatt 4
Sommerhalbjahr (April - September) – Variante 3: mit 4 m hoher Attika

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 oder schlechter 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).

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;

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.

HafenCity, 2022+2023: "Pläne und Informationen zum Funktionsplan Stadtteil Grasbrook Hamburg“, HafenCity Hamburg GmbH, Hamburg.

Körting, 2022+2023: "Pläne und Informationen zum Funktionsplan Stadtteil Grasbrook Hamburg“, Körting Ingenieure 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.

Vogt, 2023: "Pläne und Informationen zur Freiflächenplanung beim Stadtteil Grasbrook Hamburg“, Vogt Landschaftsarchitekten AG, Zürich, Schweiz.

WI, 2021: " Funktionsplan Stadtteil Grasbrook (Hamburg, Deutschland); Fachberatung zum Thema Windkomfort / Windsicherheit: Einschätzungen zum Funktionsplan vom 31.05.2021 unter Berücksichtigung von CFD-Simulationen; Beschreibung von möglichen Verbesserungsmaßnahmen für zukünftige Wettbewerbe“, Wacker Ingenieure GmbH, Birkenfeld.

WI, 2022: " Funktionsplan Stadtteil Grasbrook (Hamburg, Deutschland) Fachberatung zum Thema Windkomfort / Windsicherheit: Bewertung von in Stufe 1 zwischenzeitlich erfolgten baulichen Modifikationen (Baufeld 15); Addendum zum Bericht vom 25.06.2021“, Wacker Ingenieure GmbH, Birkenfeld.

WI, 2024: " Funktionsplan Stadtteil Grasbrook (Hamburg, Deutschland) Fachberatung zum Thema Windkomfort / Windsicherheit: Stufe 2: Bewertung des finalen Entwurfs hinsichtlich Windsicherheit / Winddiskomfort / Windkomfort im bodennahen Außenbereich (Freiflächen); Rev01: Ergänzende Windkanaluntersuchungen der Auswirkungen des Wegfalls von Gebäuden im Hafentorquartier“(HTQ mit Bestandsbebauung)“, Wacker Ingenieure GmbH, Birkenfeld.

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