

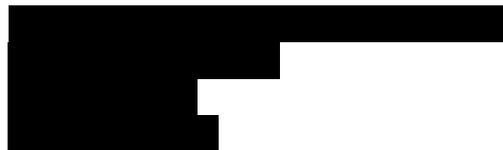
Hochhaus Kaistraße 1 (Medienhafen Düsseldorf)

Strömungstechnische Untersuchungen:

- **Windkomfort/ -diskomfort/ -sicherheit im bodennahen Außenbereich sowie auf den Dachterrassen des Hochhauses**
- **Überprüfung der Wirksamkeit von windkomfortfördernden Maßnahmen im südlichen Außenbereich des Gebäudes**

(Revision 01)

Auftraggeber:



Projektbearbeitung: M. Eng. Tobias Rudolph

Birkenfeld, 30 November 2020

Prof. Dipl.-Ing. J. Wacker
Wacker Ingenieure

ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Bericht wird eine Prognose über die zukünftige Windkomfortsituation im bodennahen Außenbereich sowie auf den Dachterrassen des Hochhauses Kaistraße 1 im Düsseldorfer Medienhafen erstellt. 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 untersucht.

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

- Es wurden keine Gefahrenbereiche im Sinne der Kriterien für Personen im bodennahen Außenbereich sowie auf den Dachterrassen identifiziert.
- Während des Sommerhalbjahres sind im bodennahen Außenbereich des geplanten Hochhauses größtenteils gute bis sehr gute Windkomfortbedingungen zu erwarten. Längerfristige Aufenthalte im Sitzen (bspw. für Cafés) sind somit in den meisten Bereichen möglich. Die Windbedingungen sind damit günstiger als die Windkomfortsituation am Projektstandort ohne Gebäudeeinfluss (also nur unter Berücksichtigung des lokalen Windklimas). Lediglich im südwestlichen Bereich zwischen Hochhaus und Franziusstraße, sind ungünstigere Windkomfortbedingungen zu erwarten, die allerdings immer noch der Referenzsituation am Standort entsprechen (Windkomfortstufe 3).
- Im Winterhalbjahr verschlechtert sich die Windkomfortsituation bedingt durch das windintensivere Windklima in fast allen Bereichen um eine bzw. lokal auch um zwei Komfortstufen. Kurzfristige Aufenthalte sind dennoch in nahezu allen Bereichen auch während des Winterhalbjahres möglich.
- Durch die exponierte Lage ist im Winterhalbjahr an der südlichen Gebäudeecke häufig mit hohen Windgeschwindigkeiten und folglich mit einer ungünstigen Windkomfortsituation zu rechnen. Für diesen Bereich werden windkomfortfördernde Maßnahmen empfohlen.
- In Abstimmung mit dem Architekten wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts an der südlichen Gebäudeecke erarbeitet und ihre Wirksamkeit mittels ergänzender Windkanaluntersuchungen überprüft.

INHALTSVERZEICHNIS

1	PROBLEMSTELLUNG	1
2	EXPERIMENTELLE VORGEHENSWEISE, WINDKANALVERSUCHE	3
2.1	Windklima am Projektstandort.....	4
2.2	Quantitative Ermittlung des Windkomforts	8
2.3	Komfortkriterien.....	9
2.4	Beschreibung der Versuchsvariante	12
3	ERGEBNISSE DER WINDKOMFORTUNTERSUCHUNGEN.....	16
3.1	Windkomfort am Standort als Referenz	16
3.2	Ergebnisse Windkanaluntersuchungen.....	16
3.3	Windkomfort im bodennahen Außenbereich	19
3.4	Windkomfort im bodennahen Außenbereich mit Verbesserungsmaßnahmen	23
3.5	Windkomfort auf den Dachterrassen.....	27
4	HINWEISE.....	29
5	VERWENDETE DOKUMENTE.....	30

1 PROBLEMSTELLUNG

Im Düsseldorfer Medienhafen soll auf dem Grundstück Kaistraße 1 der Neubau eines ca. 71 m hohen Hochhauses errichtet werden (Abb. 1.1 und Abb. 1.2).

Im Zusammenhang mit der Planung des Hochhauses wurde das Büro *Wacker Ingenieure* beauftragt, folgende Aspekte der Bauwerksaerodynamik strömungstechnisch mittels Windkanalversuche zu untersuchen:

- Globale Windlasten auf das Hochhaus inklusive Untersuchung dynamischer Windlasten und Beschleunigungen (Benutzerkomfort in den oberen Geschossen)
- Lokale Windlasten auf die (Doppel-)Fassaden
- Windkomfort/-diskomfort/-sicherheit im Außenbereich (Gebäudezugänge etc.) sowie auf den Dachterrassen des Hochhauses
- Windverhältnisse im Bereich der Bäume und Windenergieanlagenstandorte auf den Dachterrassen, ggf. Aussagen zu Windwächtern im Sockelbereich

Im vorliegenden Bericht werden die Vorgehensweise und Untersuchungsergebnisse zum Aspekt **Windkomfort/-diskomfort/-sicherheit im Außenbereich (Gebäudezugänge etc.) sowie auf den Dachterrassen** dokumentiert. Die Untersuchungsergebnisse der weiteren Aspekte sind in gesonderten Berichten dokumentiert.



Abb. 1.1: Visualisierung des geplanten Hochhauses Kaistraße 1 im Düsseldorfer Medienhafen (IA, 2020)

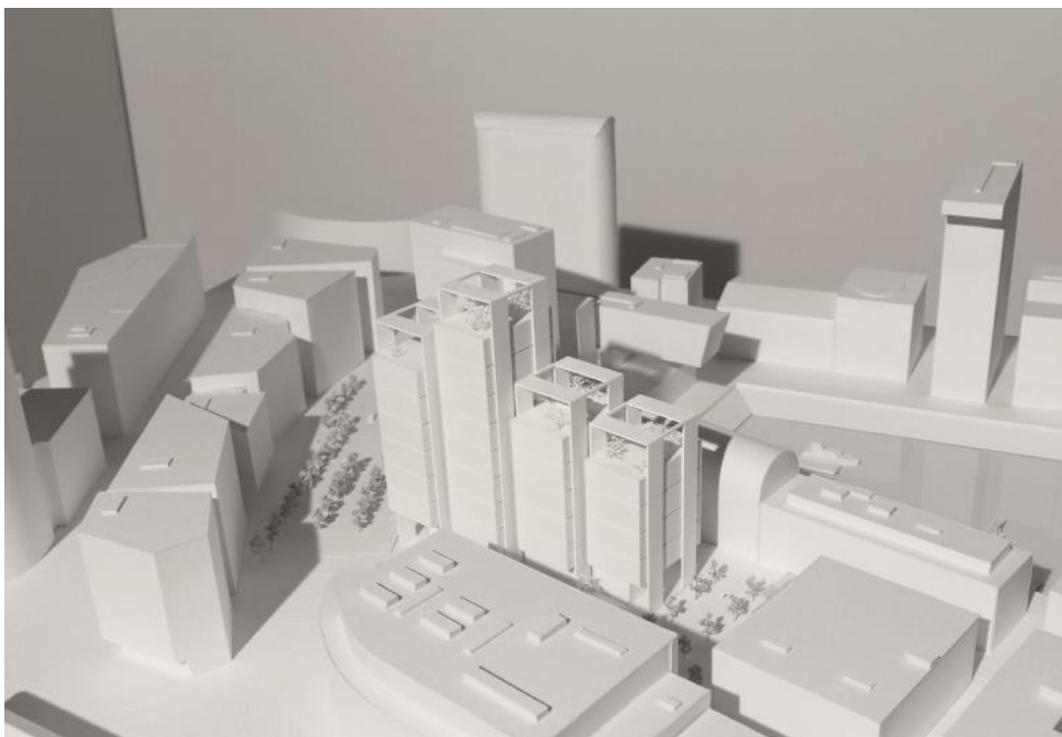


Abb. 1.2: Visualisierung des geplanten Hochhauses Kaistraße 1 im Düsseldorfer Medienhafen (IA, 2020)

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 Hochhauses mit der bestehenden Umgebungsbebauung in einem Grenzschichtwindkanal (siehe Abb. 2.1).

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 mit Hilfe 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: Windkanalmodell des geplanten Hochhauses Kaistraße 1 im Düsseldorfer Medienhafen im Grenzschichtwindkanal (geometrischer Maßstab 1:250)

2.1 Windklima am Projektstandort

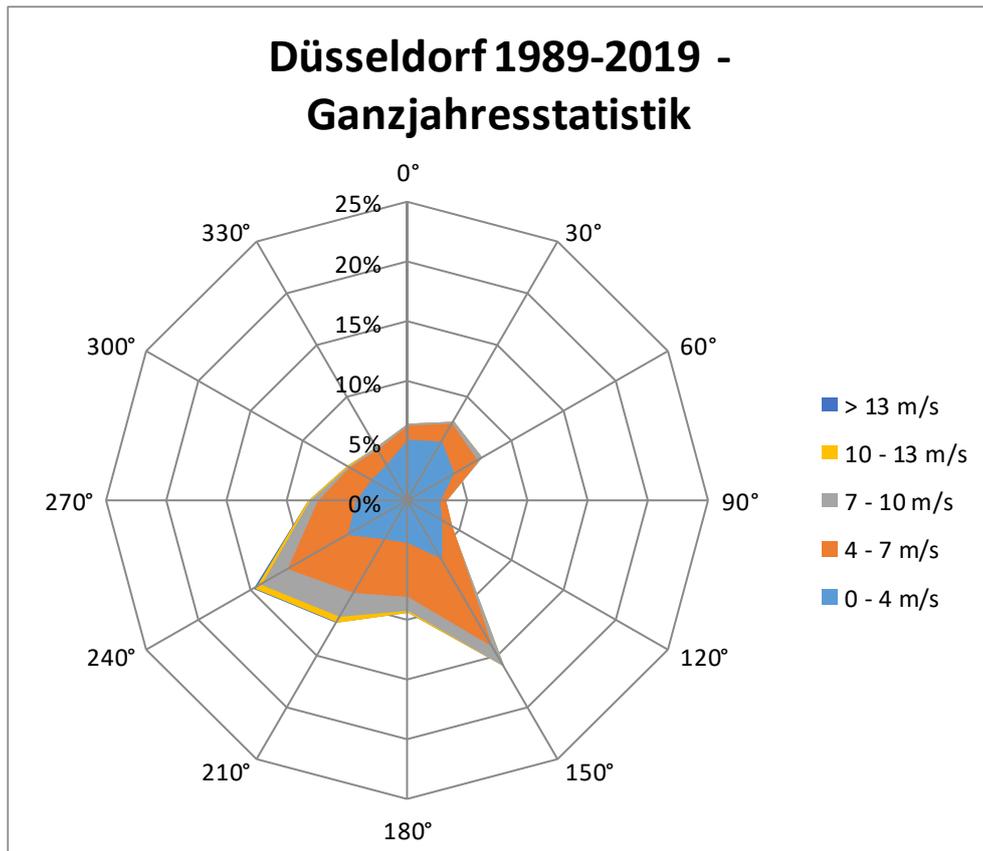
Für die Bewertung des Windkomforts bzw. der Windsicherheit wurden langjährige Windklimadaten der nächstgelegenen DWD-Wetterstation am Flughafen Düsseldorf verwendet (ca. 8 km nördlich des Projektstandortes). Es wurden aus den Klimadaten spezifische Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeiten erstellt (Abb. 2.2 bis Abb. 2.4). 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 stets die Ganzjahresstatistik herangezogen (Abb. 2.2). Zur Beurteilung des bodennahen Windkomforts werden die Sommer- und Winterstatistiken (Abb. 2.3 und Abb. 2.4) der Windinformationen verwendet.

Hierbei wird definiert:

Sommerhalbjahr: Monate April - September

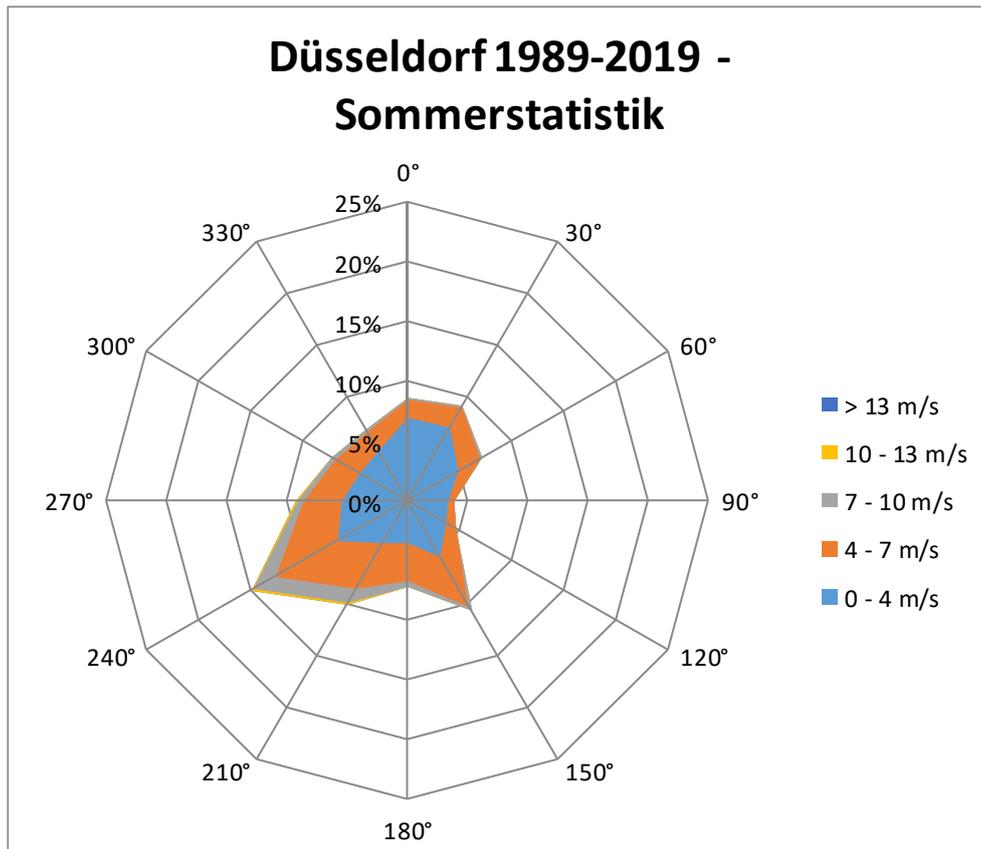
Winterhalbjahr: Monate Oktober – März

Für die Anwendung der Statistik wurde der Einfluss der unterschiedlichen Bodenrauigkeiten von Messstation und Projektstandort nach DIN EN 1991-1-4 (2010) berücksichtigt.



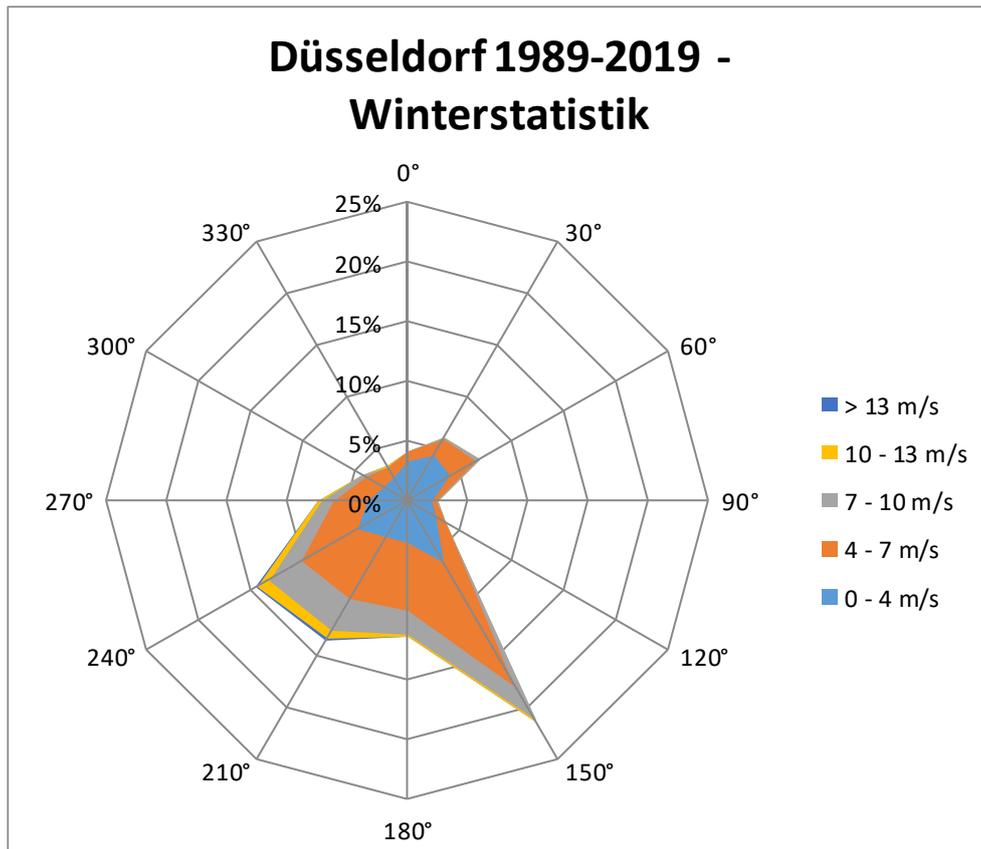
Wind- richtung	Überschreitungshäufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten - Ganzjahr											
	0 m/s	1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	13 m/s
0°	6.4%	5.7%	4.0%	2.4%	1.3%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30°	7.6%	6.9%	5.0%	3.2%	1.9%	0.9%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60°	7.1%	6.5%	5.1%	3.7%	2.6%	1.6%	0.9%	0.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
90°	3.2%	2.7%	1.6%	0.7%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
120°	4.3%	3.9%	2.7%	1.7%	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
150°	16.0%	15.8%	15.0%	13.0%	10.4%	7.0%	4.1%	2.0%	0.9%	0.3%	0.1%	0.0%
180°	9.3%	9.1%	8.7%	7.4%	5.8%	3.9%	2.5%	1.4%	0.7%	0.3%	0.1%	0.0%
210°	11.8%	11.6%	11.0%	9.6%	8.0%	6.0%	4.3%	2.8%	1.8%	1.0%	0.6%	0.1%
240°	14.7%	14.4%	13.2%	11.1%	9.0%	6.8%	5.0%	3.3%	2.2%	1.3%	0.7%	0.1%
270°	8.4%	8.0%	7.1%	5.4%	4.0%	2.6%	1.7%	0.9%	0.5%	0.3%	0.2%	0.0%
300°	5.8%	5.5%	4.8%	3.5%	2.4%	1.3%	0.7%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
330°	5.1%	4.7%	3.7%	2.5%	1.6%	0.9%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Gesamt:	99.7%	95.0%	81.9%	64.2%	48.3%	32.2%	20.7%	11.7%	6.6%	3.4%	1.8%	0.23%

Abb. 2.2: Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der DWD-Wetterstation Flughafen Düsseldorf
Ganzjahresstatistik



Wind- richtung	Überschreitungshäufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten - Sommerhalbjahr											
	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°	8.6%	7.6%	5.4%	3.2%	1.6%	0.6%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30°	9.1%	8.1%	5.8%	3.6%	2.1%	1.0%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60°	7.3%	6.5%	4.8%	3.4%	2.3%	1.4%	0.8%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
90°	3.8%	3.3%	1.9%	0.8%	0.4%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
120°	4.7%	4.3%	2.9%	1.7%	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
150°	10.6%	10.4%	9.5%	7.6%	5.3%	2.7%	1.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
180°	7.2%	7.0%	6.5%	5.3%	3.7%	2.1%	1.1%	0.5%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
210°	10.0%	9.9%	9.2%	7.7%	6.0%	4.1%	2.7%	1.6%	0.9%	0.4%	0.2%	0.0%
240°	15.0%	14.6%	13.2%	10.6%	8.2%	5.8%	3.9%	2.3%	1.2%	0.6%	0.2%	0.0%
270°	9.2%	8.9%	7.7%	5.6%	3.8%	2.2%	1.2%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
300°	7.2%	6.9%	5.9%	4.2%	2.6%	1.4%	0.7%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
330°	6.9%	6.4%	5.1%	3.4%	2.1%	1.1%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Gesamt:	99.7%	94.0%	77.9%	57.0%	39.2%	23.1%	13.1%	6.4%	3.2%	1.3%	0.5%	0.03%

Abb. 2.3: Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der DWD-Wetterstation Flughafen Düsseldorf
Sommerhalbjahr April - September



Windrichtung	Überschreitungshäufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten - Winterhalbjahr											
	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°	4.2%	3.7%	2.6%	1.5%	0.9%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30°	6.2%	5.6%	4.2%	2.7%	1.7%	0.9%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
60°	7.0%	6.5%	5.4%	4.1%	2.8%	1.7%	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
90°	2.5%	2.1%	1.3%	0.6%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
120°	3.8%	3.5%	2.6%	1.6%	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
150°	21.5%	21.3%	20.5%	18.5%	15.6%	11.2%	7.1%	3.6%	1.7%	0.6%	0.2%	0.0%
180°	11.4%	11.3%	10.8%	9.6%	7.9%	5.8%	3.9%	2.2%	1.2%	0.5%	0.2%	0.0%
210°	13.5%	13.4%	12.8%	11.6%	10.0%	7.9%	6.0%	4.1%	2.7%	1.6%	1.0%	0.2%
240°	14.5%	14.2%	13.2%	11.5%	9.8%	7.8%	6.1%	4.3%	3.1%	2.0%	1.2%	0.2%
270°	7.5%	7.2%	6.5%	5.3%	4.2%	3.0%	2.1%	1.3%	0.8%	0.5%	0.3%	0.0%
300°	4.4%	4.1%	3.6%	2.9%	2.1%	1.3%	0.8%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%
330°	3.3%	3.0%	2.2%	1.5%	1.1%	0.7%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Gesamt:	99.8%	96.1%	85.9%	71.5%	57.4%	41.4%	28.3%	16.9%	10.0%	5.5%	3.1%	0.43%

Abb. 2.4: Summenhäufigkeit in [%] für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen der DWD-Wetterstation Flughafen Düsseldorf Winterhalbjahr Oktober - März

2.2 Quantitative Ermittlung des Windkomforts

Die Fußgänger-Behaglichkeit, der sogenannte Windkomfort, wird in der Literatur in der Regel 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.

2.3 Komfortkriterien

Beim betrachteten Hochhaus wurden Messpunkte sowohl im bodennahen Außenbereich als auch auf den Dachterrassen angeordnet. Im Folgenden werden die relevanten Kriterien für den bodennahen Außenbereich bzw. für die Dachterrassen erläutert.

Windkomfort im bodennahen Außenbereich.

Je nach geplanter Nutzung der Außenbereiche werden unterschiedliche Anforderungen an den Windkomfort gestellt. Bei einem Café sollte längeres Sitzen möglich sein und dementsprechend geringere Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Auf reinen Verkehrsflächen werden hingegen höhere Windgeschwindigkeiten weniger als störend empfunden. Aus verschiedenen wissenschaftlichen Studien und aus langjähriger Erfahrung in der Bearbeitung von Windkomfort-Fragestellungen wurden daher die in Tab. 2.1 aufgeführten Windkomfort-Kriterien erstellt, anhand derer der Komfort für unterschiedliche Aktivitäten bewertet wird. Diese Kriterien erfüllen u.a. auch die Anforderungen der holländischen Norm (NEN 8100, 2005), die als bisher einzige Windkomfort-Norm im europäischen Raum eingeführt wurde. Um die Schwächen dieser Normkriterien im Hinblick auf die fehlende Berücksichtigung der Windgeschwindigkeits-schwankungen (Böigkeit) auszugleichen, wurden die Kriterien der holländischen Norm noch durch Kriterien basierend auf Fachliteratur ergänzt.

Für einen Bereich, in dem ein Café entstehend soll, wäre demnach die Klasse 1 erstrebenswert. Zu beachten ist, dass die Bewertung des Windkomforts stets ein subjektives Empfinden ist. Die Kriterien wurden jedoch so gewählt, dass die Bewertung für einen Großteil der Passanten zutrifft.

Da manche Aktivitäten eher in den Sommermonaten stattfinden (etwa Aufenthalt in Cafés oder auf Spielplätzen), kann die Klassifizierung des Windkomforts getrennt für das Sommer- und Winterhalbjahr ermittelt werden.

Neben dem Windkomfort wird stets auch das Sicherheitskriterium (Klasse 6) überprüft. Das Sicherheitskriterium besagt, dass eine mittlere Geschwindigkeit von > 15 m/s in weniger als 26 h pro Jahr (entspricht ca. 0,3% der Jahresstunden) auftreten sollte, bzw. eine Böenwindgeschwindigkeit von > 25 m/s in weniger als 9 h pro Jahr (0,1%). Bei so hohen Windgeschwindigkeiten besteht die Gefahr, dass Passanten umgeweht werden. In Bereichen, die in Klasse 6 eingestuft werden, ist diese potenzielle Gefährdung inakzeptabel hoch. Windschutzmaßnahmen sind hier erforderlich. Für die Beurteilung der Gefährdung wird stets die Ganzjahresstatistik herangezogen.

Windkomfortkriterien						Beispiele für mögliche Nutzung
Grenzgeschwindigkeit [m/s]	Überschreitung [% - Jahresstunden]	Klasse	Aktivitäten			
			Durchqueren	Schlendern	Sitzen	
$U_m = 5 \text{ m/s}$	< 2.5	1	Gut	Gut	Gut	Cafés, Sitzplätze
$U_{B\ddot{o}e,eff} = 6 \text{ m/s}$	< 5.0					
$U_m = 5 \text{ m/s}$	2.5 - 5.0	2	Gut	Gut	Moderat	Wartebereiche, Parkanlagen
$U_{B\ddot{o}e,eff} = 6 \text{ m/s}$	5.0 - 10.0					
$U_m = 5 \text{ m/s}$	5.0 - 10.0	3	Gut	Moderat	Schlecht	Einkaufspassagen, Eingänge
$U_{B\ddot{o}e,eff} = 6 \text{ m/s}$	10.0 - 20.0					
$U_m = 5 \text{ m/s}$	10.0 - 20.0	4	Moderat	Schlecht	Schlecht	Gehwege
$U_{B\ddot{o}e,eff} = 6 \text{ m/s}$	> 20.0					
$U_m = 5 \text{ m/s}$	> 20.0	5	Schlecht	Schlecht	Schlecht	Windschutz empfohlen
$U_m = 15 \text{ m/s}$	> 0.05					
$U_{B\ddot{o}e,eff} = 13 \text{ m/s}$	> 1.0					
Sicherheitskriterien						
$U_m = 15 \text{ m/s}$	> 0.3	6	pot. Gefährdung			Windschutz erforderlich
$U_{Spitzenb\ddot{o}e} = 25 \text{ m/s}$	> 0.1					

Tab. 2.1: Kriterien zur Beurteilung der Windverhältnisse in Außenbereichen (nach Gandemer und Guyot 1976, Hunt 1976, Williams et al. 1990, Ratcliff und Peterka 1990), NEN 8100, 2005, ASCE, 2004

Zu beachten ist, dass für den empfundenen Komfort von Personen neben den Windverhältnissen und der Aktivität noch weitere Parameter eine Rolle spielen, etwa die Temperatur, die Luftfeuchte, die Sonnenstrahlung oder die Bekleidung. Diese werden in der Untersuchung nicht berücksichtigt.

Windkomfort auf Balkonen/Loggien/Terrassen.

Der Aufenthalt auf privaten Wohnungen zugeordneten Flächen bzw. nicht-öffentlichen Flächen geschieht in der Regel freiwillig und hängt neben der Windgeschwindigkeit von vielen weiteren Parametern ab, unter anderem vom Nutzungsverhalten der Bewohner, der Außentemperatur etc. So ist beispielsweise eine längerfristige Nutzung bei niedrigen Lufttemperaturen selbst bei Windstille nicht komfortabel. Eine ausschließliche bzw. getrennte Bewertung des Nutzungskomforts anhand der Windgeschwindigkeit als alleinigem Parameter ist somit nicht zielführend.

Aus diesem Grund sind die Komfortkriterien für Fußgänger nicht uneingeschränkt geeignet, um den Nutzungskomfort auf Balkonen umfassend einzuordnen.

Eine Abgrenzung der Kriterien wird vereinfacht wie folgt vorgenommen: Die Hauptnutzungszeit von Balkonen/Loggien/Terrassen wird auf das Sommerhalbjahr zwischen April und September festgelegt. Das bedeutet, dass das windintensive Winterhalbjahr nicht in die Bewertung mit eingeht, da hier allein aus Temperaturgründen der Nutzungskomfort in der Regel nicht gegeben ist. Die Ergebnisse der Windkomfortsituation im Winter werden ausschließlich informativ dargestellt.

Es werden die Böenwindgeschwindigkeiten $U_B = 6 \text{ m/s}$ (Grenzwert für uneingeschränkte Nutzung der Balkone), $U_B = 13 \text{ m/s}$ (Grenzwert für besonders unangenehme Windbedingungen) sowie $U_B = 25 \text{ m/s}$ (Kriterium für u.U. sicherheitsgefährdende Windbedingungen) betrachtet und deren Überschreitungshäufigkeiten ermittelt. Anhand dieser Werte wird die Komforteinschätzung vorgenommen (Tab. 2.2).

Böenwindgeschwindigkeit U_B	Überschreitungshäufigkeit	Windkomfortverhältnisse auf Balkonen / Dachterrassen	Windkomfortstufe
6 m/s 13 m/s	< 5% < 1%	gut gut windgeschützt, hohe Windgeschwindigkeiten treten selten auf	A
6 m/s 13 m/s	5 % ... 20% < 1%	mäßig mäßig windgeschützt, hohe Windgeschwindigkeiten treten vermehrt auf	B
6 m/s 13 m/s	> 20 % > 1 %	verbesserungswürdig wenig windgeschützt, hohe Windgeschwindigkeiten treten häufig auf	C
25 m/s	>0,1%	dringend verbesserungswürdig wie Komfortstufe C aber mit zusätzlichem Gefährdungspotenzial	D

Tab. 2.2: Windkomfortstufen zur Bewertung der Komfortverhältnisse auf Balkonen, Loggien und Dachterrassen

Hinweis: Für die Beurteilung des Windkomforts auf Balkonen, Loggien oder Dachterrassen 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 Balkonen, Loggien oder Dachterrassen vermieden werden sollte und dass bei längerer Abwesenheit Gegenstände auf den Balkonen, Loggien oder Dachterrassen ausreichend gesichert werden müssen, um ein Herabstürzen unter Windeinwirkung zu verhindern.

2.4 Beschreibung der Versuchsvariante

Die Bestimmung des Geschwindigkeitsfaktoren X_i wurde an insgesamt 31 Punkten im bodennahen Umgebungsbereich des Hochhauses sowie an 20 Punkten auf den Dachterrassen durchgeführt. Die Positionen der Messstellen wurden anhand von Erfahrungswerten an besonders gefährdeten Zonen sowie nutzungssensiblen Bereichen gewählt und mit den zuständigen Fachplanern abgesprochen. Die Messstellen im bodennahen Außenbereich sowie auf den Dachterrassen sind in Abb. 2.5 und Abb. 2.6 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) (siehe Abb. 2.7).

Kaistraße 1, Düsseldorf

Windkomfortuntersuchung - Messpunktverteilung im bodennahen Außenbereich



● Messpunkt Windkomfort

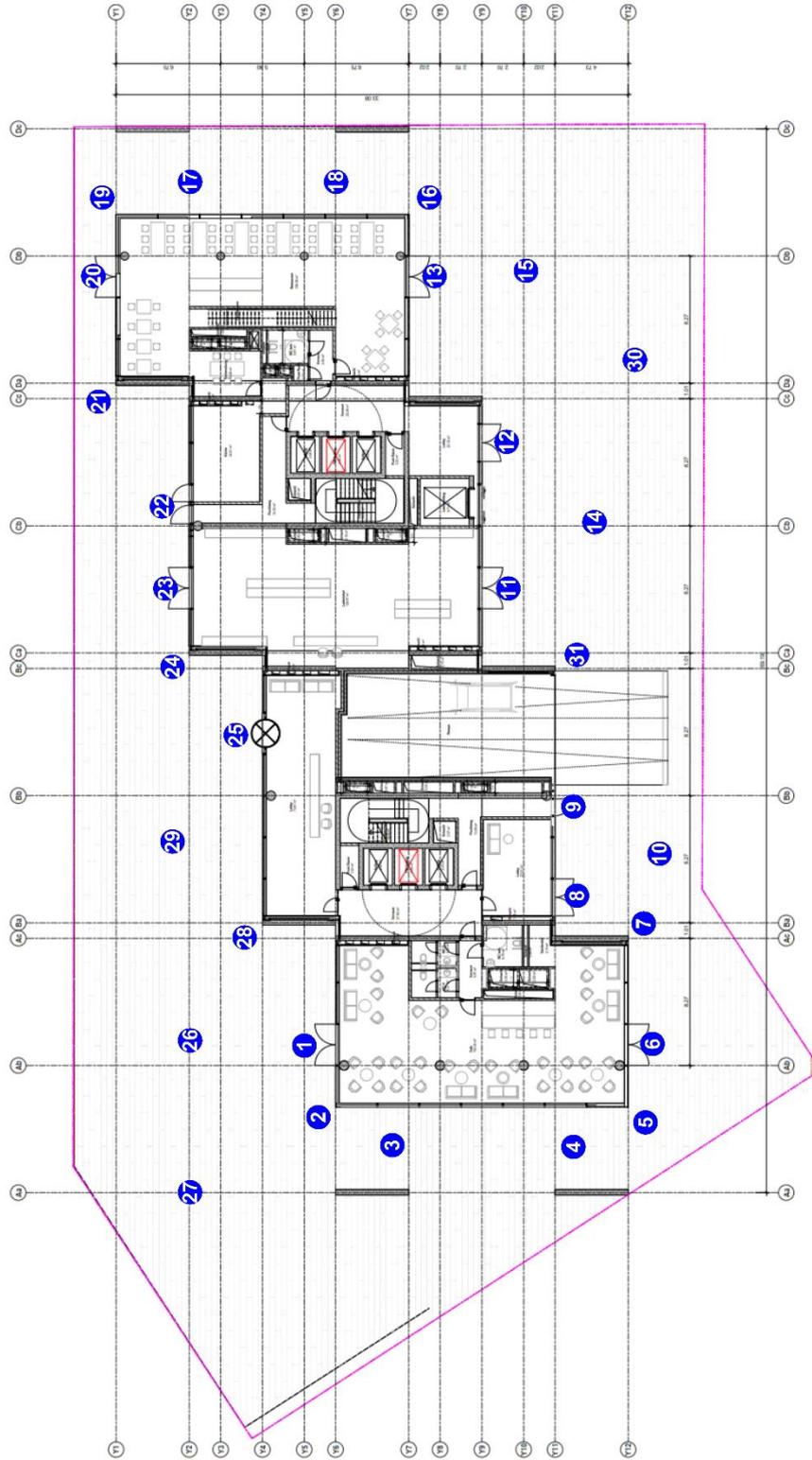


Abb. 2.5: Bezeichnungen und Positionen der Messstellen im bodennahen Außenbereich

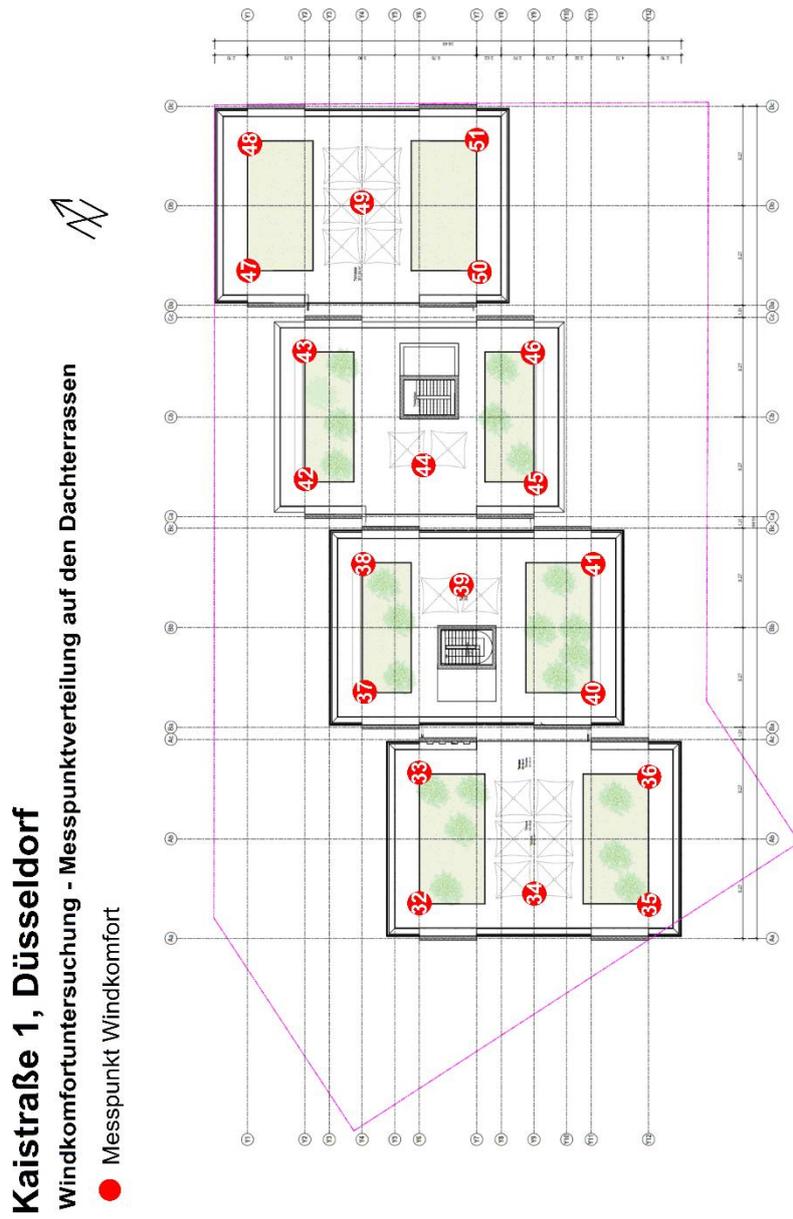


Abb. 2.6: Bezeichnungen und Positionen der Messstellen auf den Dachterrassen

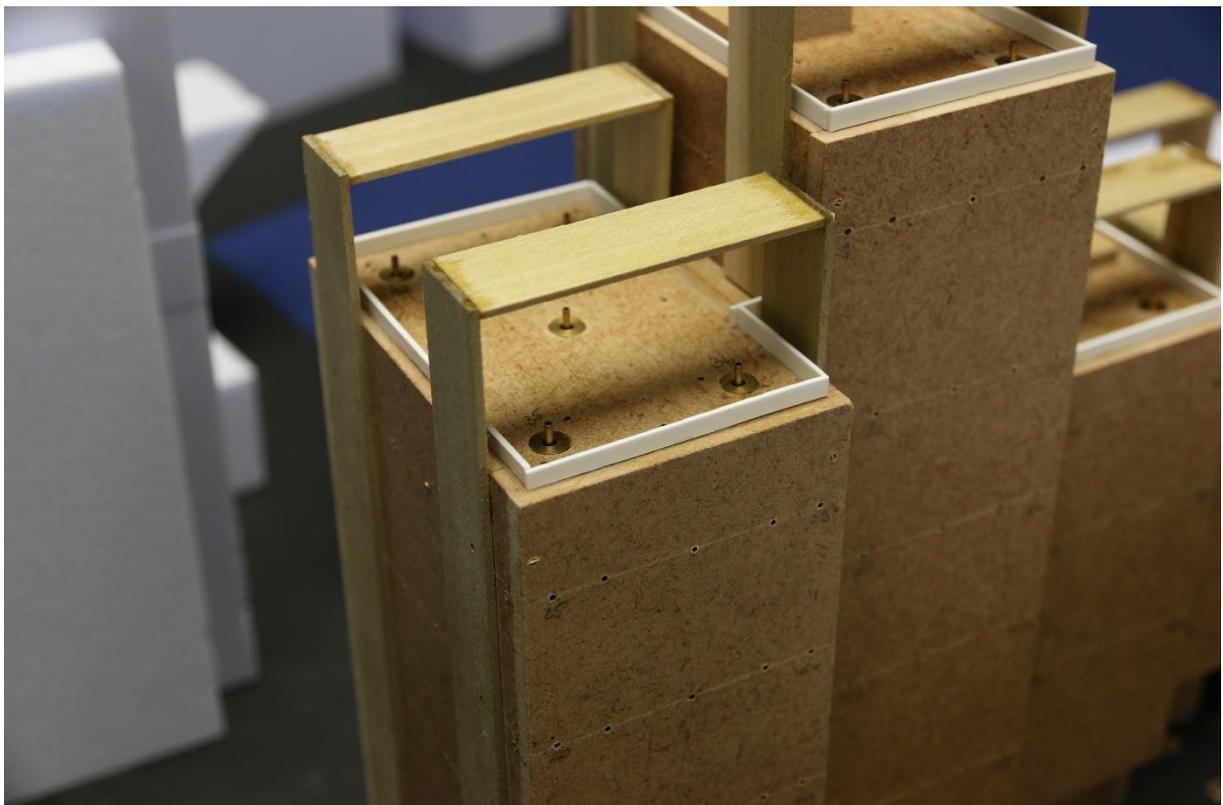
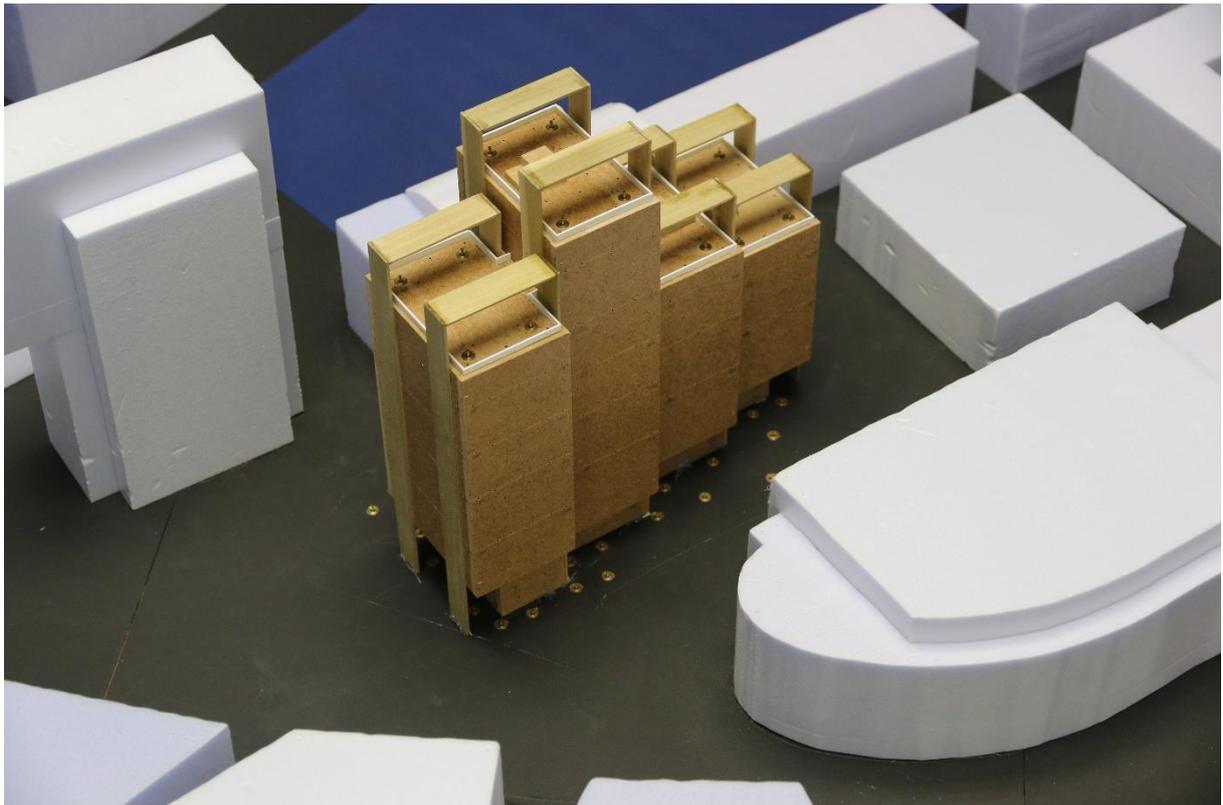


Abb. 2.7: Detailaufnahmen der Geschwindigkeitssensoren (Irwin-Sensoren) im Windkanalmodell im bodennahen Außenbereich des Hochhauses sowie auf den Dachterrassen

3 ERGEBNISSE DER WINDKOMFORTUNTERSUCHUNGEN

3.1 Windkomfort am Standort als Referenz

Die Auswertung der meteorologischen Station am Flughafen Düsseldorf zeigt, dass am Standort die häufigsten und größten Windgeschwindigkeiten aus südwestlichen bzw. südöstlichen Windrichtungen (240° und 150°) zu erwarten sind (siehe Abb. 2.2 bis Abb. 2.4). Um die nachfolgenden Ergebnisse einschätzen zu können, wurde zunächst der Windkomfort in Fußgängerhöhe $h = 1.5$ m in einer gänzlich un bebauten Umgebung (große Freifläche, ohne Projektgebäude und Umgebung) bewertet. Hierzu wird die Windstatistik der Wetterstation auf den 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 3** erreicht. Der Standort wäre also für kurzfristige Aufenthalte während des Sommerhalbjahres 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 4** erreicht. Der Standort ist im Winterhalbjahr tendenziell schlechter zu bewerten als während des Sommerhalbjahres. Ein problemloses Fortbewegen am Projektstandort ist in diesem Zeitraum dennoch möglich.

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 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 un bebautem Gelände, Faktoren von 0.8 bedeuten eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 %.

Im bodennahen Außenbereich des Gebäudes ist vereinzelt für bestimmte Windrichtungen lokal mit Windbeschleunigungen von über 65% gegenüber dem un bebauten Fall zu rechnen. Die Strömungsbeschleunigungen sind als Folge der Gebäudeumströmung zu verstehen, da es hier durch die Verdrängungswirkung des Hochhauses sowie durch die umliegende Bebauung lokal zu Windbeschleunigungen kommen kann. Maßgebend für die Bewertung des Windkomforts ist aber

auch, 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. Hierbei wird die Auswertung für das Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr getrennt bewertet, da der Nutzungsschwerpunkt der Außenanlagen üblicherweise im Sommer liegt. Jeder Messpunkt wird anhand dieser Häufigkeiten nach den Komfortkriterien in die entsprechenden Windkomfortklassen eingeordnet. Ein Minuszeichen hinter der Windkomfortklasse (z.B. 2⁻) wird vergeben, wenn die Werte an der Schwelle zur nächsthöheren Komfortklasse liegen.

Messpunkt	Windrichtung β [°] (0° = Nord)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	0.85	0.82	0.61	0.52	0.50	0.68	0.87	0.71	0.76	0.83	0.79	0.86
2	1.04	1.09	0.83	0.65	0.65	0.87	1.10	0.96	0.97	0.97	0.91	0.95
3	0.93	0.92	0.69	0.72	1.03	1.25	1.33	1.09	1.24	1.29	0.97	1.00
4	0.62	0.62	0.52	0.83	1.35	1.62	1.58	1.19	1.33	1.38	0.98	0.69
5	0.51	0.55	0.68	1.09	1.33	1.31	1.26	1.11	1.47	1.65	1.00	0.48
6	0.57	0.63	0.73	0.95	1.07	0.95	0.83	0.64	0.54	0.56	0.47	0.46
7	0.88	0.91	0.96	1.02	1.02	0.95	0.92	0.70	0.80	0.93	0.72	0.70
8	0.47	0.47	0.48	0.60	0.70	0.75	0.72	0.53	0.55	0.60	0.47	0.45
9	0.55	0.57	0.63	0.80	0.85	0.86	0.82	0.61	0.79	0.95	0.68	0.51
10	0.76	0.83	0.89	0.82	0.71	0.71	0.80	0.65	0.75	0.92	0.71	0.59
11	0.60	0.65	0.63	0.82	0.85	0.87	0.89	0.61	0.53	0.58	0.49	0.49
12	0.70	0.79	0.82	0.91	0.94	1.03	1.09	0.69	0.60	0.77	0.60	0.54
13	0.64	0.63	0.67	0.87	0.92	0.93	0.86	0.57	0.55	0.66	0.55	0.58
14	0.88	1.00	1.03	0.79	0.73	1.01	1.15	0.76	0.69	0.81	0.64	0.65
15	1.18	1.36	1.32	0.89	0.97	1.31	1.37	0.86	0.76	0.96	0.71	0.79
16	1.07	1.29	1.23	1.05	1.15	1.27	1.32	0.78	0.64	0.83	0.60	0.68
17	0.85	1.08	1.16	1.16	1.10	0.82	0.57	0.50	0.47	0.47	0.57	0.74
18	0.96	1.13	1.14	1.06	1.10	1.04	0.70	0.51	0.48	0.48	0.52	0.70
19	0.88	0.94	1.22	1.32	1.13	0.76	0.74	0.68	0.69	0.80	1.07	1.14
20	0.75	0.78	0.85	0.70	0.65	0.59	0.65	0.63	0.76	0.85	0.93	0.94
21	0.74	0.84	0.86	0.72	0.68	0.73	0.82	0.70	0.95	1.06	0.83	0.83
22	0.67	0.65	0.62	0.62	0.56	0.52	0.53	0.44	0.55	0.61	0.74	0.81
23	0.70	0.70	0.64	0.61	0.60	0.60	0.63	0.54	0.67	0.74	0.79	0.89
24	0.75	0.77	0.72	0.64	0.59	0.66	0.78	0.65	0.82	0.90	0.79	0.76
25	0.71	0.57	0.49	0.57	0.53	0.55	0.65	0.51	0.58	0.65	0.79	0.94
26	0.89	0.91	0.91	0.84	0.72	1.10	1.46	1.14	1.06	1.10	1.02	0.99
27	1.02	1.09	1.06	0.93	0.80	1.16	1.28	1.01	1.06	1.07	0.97	1.00
28	1.02	0.97	0.79	0.64	0.56	0.72	0.93	0.77	0.87	0.98	1.02	1.13
29	0.77	0.83	0.76	0.68	0.63	0.78	0.98	0.75	0.89	1.03	0.80	0.72
30	1.24	1.41	1.23	1.00	1.03	1.19	1.34	0.89	0.89	1.01	0.74	0.90
31	1.02	1.09	1.06	0.93	0.80	1.16	1.28	1.01	1.06	1.07	0.97	1.00
32	0.73	0.60	0.61	0.94	1.09	1.09	1.19	1.02	0.94	0.93	0.85	0.85
33	0.63	0.54	0.50	0.61	0.74	0.94	1.17	1.25	1.21	0.96	0.74	0.69
34	0.82	0.70	0.59	0.61	0.81	1.05	1.01	1.29	1.60	1.58	1.09	0.97
35	1.08	0.88	0.61	0.75	0.75	0.66	0.68	0.78	0.91	1.08	0.95	0.99
36	0.75	0.68	0.57	0.57	0.72	1.06	1.04	0.99	1.31	1.43	1.00	0.81
37	0.73	0.97	0.88	1.10	0.96	0.84	1.02	0.91	0.76	0.75	0.77	0.60
38	0.68	0.72	0.62	0.71	1.02	0.99	0.94	1.07	1.01	0.87	0.72	0.62
39	0.82	0.76	0.60	0.66	0.83	0.79	0.89	1.05	1.02	1.20	1.03	0.82
40	0.90	1.22	1.04	0.95	0.77	0.53	0.60	0.71	0.69	0.83	0.96	0.92
41	1.05	0.96	0.68	0.60	0.65	0.60	0.67	0.82	0.88	1.03	0.91	0.93
42	0.91	1.10	1.37	1.28	1.09	0.89	0.79	0.59	0.50	0.69	0.90	0.93
43	0.78	1.04	1.16	1.31	1.07	1.02	1.16	0.79	0.59	0.87	0.80	0.72
44	1.14	1.31	1.48	1.25	1.06	0.84	0.71	0.51	0.46	0.62	1.12	1.23
45	1.06	1.30	1.25	0.93	0.80	0.74	0.67	0.53	0.48	0.53	0.75	0.91
46	0.86	1.14	1.08	0.85	0.78	0.65	0.65	0.61	0.60	0.73	0.81	0.87
47	0.93	1.04	1.18	1.32	1.18	0.84	0.66	0.51	0.47	0.56	0.89	0.98
48	0.78	0.81	0.88	1.26	1.19	1.08	1.15	0.74	0.55	0.66	0.71	0.70
49	0.91	0.99	0.97	1.11	0.98	0.97	1.07	0.80	0.64	0.78	1.06	1.05
50	0.97	1.15	1.07	0.84	0.76	0.67	0.59	0.47	0.45	0.50	0.68	0.81
51	1.05	1.16	0.88	0.81	0.68	0.63	0.66	0.60	0.52	0.65	0.87	0.91

Tab. 3.1: Erhöhungsfaktoren X_i an den in Abb. 2.5 und Abb. 2.6 angegebenen Messpunkten im Vergleich zur unbebauten Referenzsituation. Maxima sind orange hervorgehoben

3.3 Windkomfort im bodennahen Außenbereich

Prognose Windkomfort im Sommerhalbjahr:

Während des Sommerhalbjahres werden die in Abb. 3.1 angegebenen Komfortklassen prognostiziert.

Im Sommerhalbjahr kann einem Großteil der Messpunkte auf dem Gelände die Windkomfortstufe 1 bzw. 1- zugeordnet werden, was einer sehr guten Windkomfortsituation für öffentlich zugängliche Bereiche entspricht. Ein längerfristiger Aufenthalt und die Nutzung für bspw. Cafés und Sitzplätze ist demnach in einem Großteil des Nahbereichs möglich.

Den Freiflächen bzw. Plätzen an der Kaistraße und am Zollhof (MP 15, 26, 27 und 30) kann die Windkomfortstufe 2 bzw. 2- zugeordnet werden, was immer noch eine Verbesserung zur Referenzwindsituation am Standort darstellt. Ein kurz- bis mittelfristiger Aufenthalt bzw. die Nutzung dieser Flächen für Wartebereiche oder Parkanlagen ist problemlos möglich

Es wurden aber auch Bereiche identifiziert, in denen etwas häufiger höhere Windgeschwindigkeiten auftreten können und die sich deshalb nur für kurzfristige Aufenthalte aber nicht zum längeren Verweilen eignen (Komfortklasse 3 und 3-). Hierzu zählt der Bereich zwischen Hochhaus und Franziusstraße (MP 3 bis 5). Hier treten vor allem aus den Hauptwindrichtungssektoren (150° - 180° und 240° - 270°) umströmungsbedingt hohe Windbeschleunigungen auf. Die Windkomfortbedingungen dort sind gemäß den Kriterien in Tab. 2.1 noch gut bis moderat zum Durchqueren geeignet und entsprechen einer typischen Nutzung für Einkaufspassagen und Eingänge (Komfortklasse 3).

Prognose Windkomfort im Winterhalbjahr:

Während des Winterhalbjahres sind die in Abb. 3.2 angegebenen Komfortklassen zu erwarten.

Im Vergleich zum Sommerhalbjahr verschlechtern sich die Windkomfortbedingungen großflächig um etwa eine und bereichsweise auch um zwei Komfortstufen. Dies liegt unter anderem an dem deutlich windintensiveren Windklima sowie des herabgestuften Komfortkriteriums für östliche Windrichtungen während der Wintermonate. Grundsätzlich ist in vielen Bereichen auch in den Wintermonaten ein für diesen Zeitraum gutes Windklima zu erwarten (Windkomfortklasse 2 bzw. 2-) was eine Verbesserung zur Referenzwindsituation am Standort darstellt.

Wie im Sommerhalbjahr werden im Bereich zwischen Hochhaus und Franziusstraße (MP 2 bis 5) sowie auf den Freiflächen (MP 15, 26, 27 und 30) auch im Winterhalbjahr ungünstigere Windkomfortsituationen erwartet. An der westlichen Gebäudeecke (MP 2 und 3) sowie auf den Freiflächen ist häufiger mit Windbedingungen zu rechnen, die nur einen kurzfristigen Aufenthalt zulassen. Die Windkomfortbedingungen entsprechen hier derer von typischen Verkehrsflächen ohne gehobenen Nutzungsanspruch wie beispielsweise Gehwegen (Windkomfortklasse 4).

Durch die exponierte Lage ist an der südlichen Gebäudeecke (MP 4 und 5) häufig mit hohen Windgeschwindigkeiten und folglich mit einer ungünstigen Windkomfortsituation zu rechnen (Windkomfortklasse 5). Speziell bei den winterlichen Hauptwindrichtungen (150° und 240°) werden Luftmassen aus höheren Schichten in den bodennahen Bereich eingeleitet, welche hier aufgrund von Kontinuitätsgründen zu einer Strömungsbeschleunigungen führen. Gemäß den Kriterien in Tab. 2.1 wird für diesen Bereich ein Windschutz bzw. windkomfortfördernde Maßnahmen empfohlen. Für diese lokalen windschützenden Maßnahmen empfehlen sich grundsätzlich vertikale Versperrungen wie Zäune, Scheiben oder dichte Bepflanzungen. Es gilt zu beachten, dass die Wirksamkeit der komfortfördernden Maßnahmen ausschließlich mittels ergänzender Windkanaluntersuchungen bestätigt werden können.

Prognose Windsicherheit:

Das in Tab. 2.1 definierte Sicherheitskriterium für die untersuchten Bereiche wird überall eingehalten. Eine potentielle Gefährdung von Fußgängern oder Radfahrern im Sinne des Sicherheitskriteriums konnte daher ausgeschlossen werden.

Hinweis: Bei der Anwendung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Einordnung in die verschiedenen Komfortstufen aufgrund von langjährigen Klimazeitreihen vorgenommen wurde, d.h. die oben getroffenen Aussagen bezüglich der Häufigkeiten sind repräsentativ für Durchschnittsjahre. In einzelnen Jahren kann es zu Abweichungen vom Durchschnitt kommen. Bei Stürmen oder Orkanen ist daher prinzipiell auch mit potentiell gefährlichen Windbedingungen zu rechnen, selbst wenn eine gute WindkomfortEinstufung vorliegen sollte.

Hinweis: Eingangstüren zum Gebäude (speziell im Bereich mit ungünstigen Windkomfortverhältnissen) sollten mit Sicherungen bzw. Anschlagbegrenzern ausgestattet werden, falls die Türen nach außen öffnen. Auf diese Weise kann bei sehr windigen Verhältnissen ein zu heftiges unkontrolliertes Aufreißen der Türen bzw. Schlagen der Türen verhindert werden.

Kaistraße 1, Düsseldorf
 Prognostizierte Windkomfort-Klassifizierung im bodennahen Außenbereich
 Sommerhalbjahr (April - September)

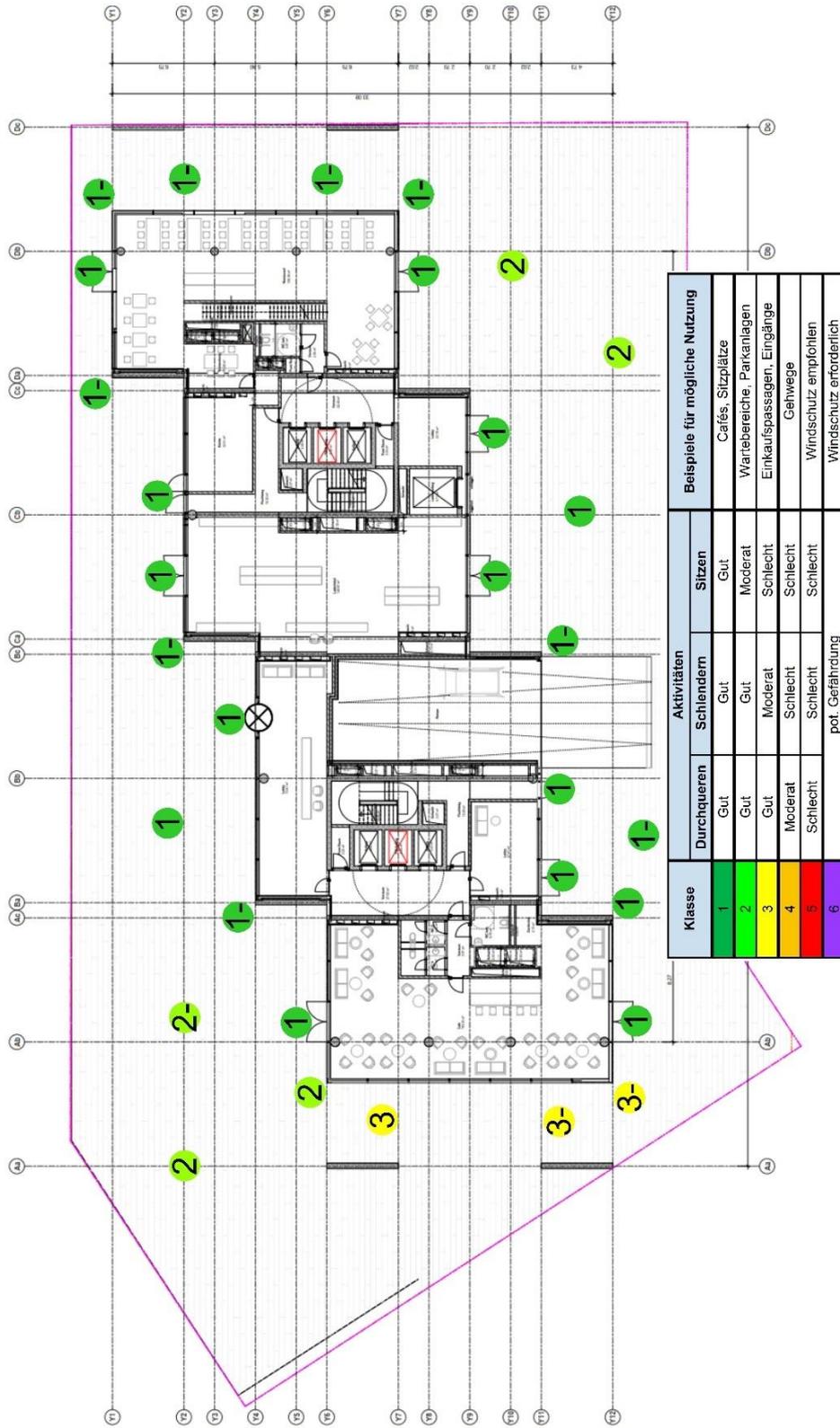


Abb. 3.1: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen. **Sommerhalbjahr (April-September)**

Kaistraße 1, Düsseldorf

Prognostizierte Windkomfort-Klassifizierung im bodennahen Außenbereich
Winterhalbjahr (Oktober - März)

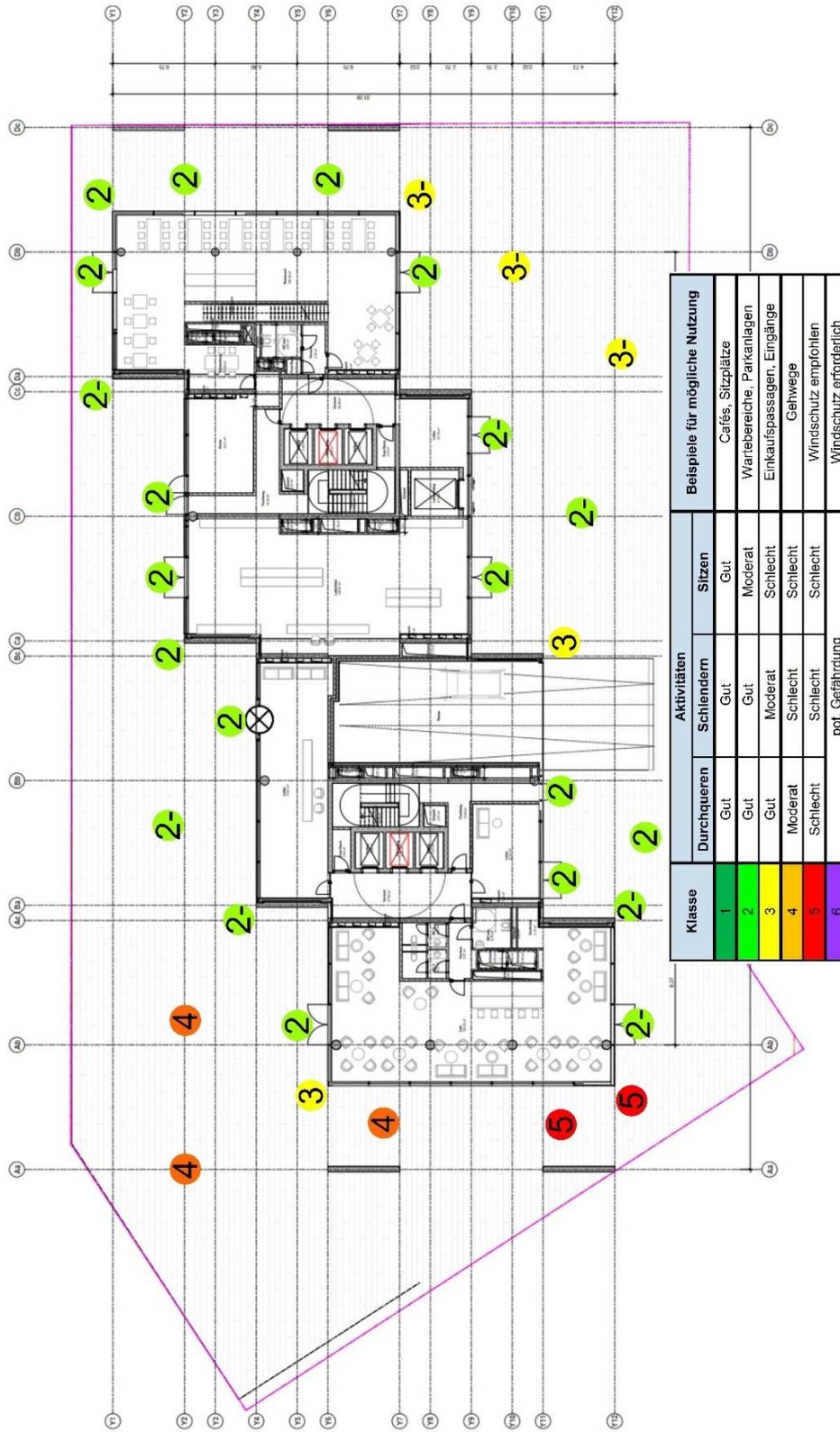


Abb. 3.2: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen. Winterhalbjahr (Oktober-März)

3.4 Windkomfort im bodennahen Außenbereich mit Verbesserungsmaßnahmen

In Abstimmung mit dem Architekten (IA, 2020) wurden Maßnahmen zur Verbesserung der Windkomfortsituation im südlichen Außenbereich des Gebäudes (Messpunkte 3 bis 6) erarbeitet. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurden im Anschluss mittels ergänzender Windkanaluntersuchungen überprüft.

Die windkomfortfördernden Maßnahmen sehen einen vollständig geschlossenen Zwischenraum der südwestlichen auskragenden Bügeln sowie eine mindestens 2 m hohe geschlossene vertikale Wand im Zugangsbereich zu Turm A vor (siehe Abb. 3.3 und Abb. 3.4). Es gilt zu beachten, dass die Bauteile aufgrund ihrer aus strömungstechnischer Sicht ungünstigen Anordnung hohen Windlasten ausgesetzt sind. Im Zuge der statischen Bemessung der Bauteile sind diese Windlasten zwingen zu berücksichtigen.

Die prognostizierten Windkomfortklassen unter Berücksichtigung der windkomfortfördernden Maßnahmen sind nachfolgend für das Sommerhalbjahr (Abb. 3.5) und das Winterhalbjahr (Abb. 3.6) dargestellt. Im Vergleich zur ursprünglichen Untersuchung ohne Maßnahmen ist grundsätzlich mit einer verbesserten Windkomfortsituation im südlichen Außenbereich des Gebäudes zu rechnen. Im kritischen Eckbereich (Messpunkt 4 und 5) kann für das Sommerhalbjahr nun die Komfortklasse 2 bzw. 3 und für das Winterhalbjahr die Komfortklasse 4 bis 4- prognostiziert werden.

Es gilt zu beachten, dass die in Abb. 3.5 bzw. Abb. 3.6 angegebenen Windkomfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich nur dann Gültigkeit haben, wenn beide windkomfortfördernde Maßnahmen (siehe Abb. 3.3 und Abb. 3.4) zeitgleich umgesetzt werden.

Das in Tab. 2.1 definierte Sicherheitskriterium für die untersuchten Bereiche wird überall eingehalten. Eine potentielle Gefährdung von Fußgängern oder Radfahrern im Sinne des Sicherheitskriteriums konnte daher ausgeschlossen werden.

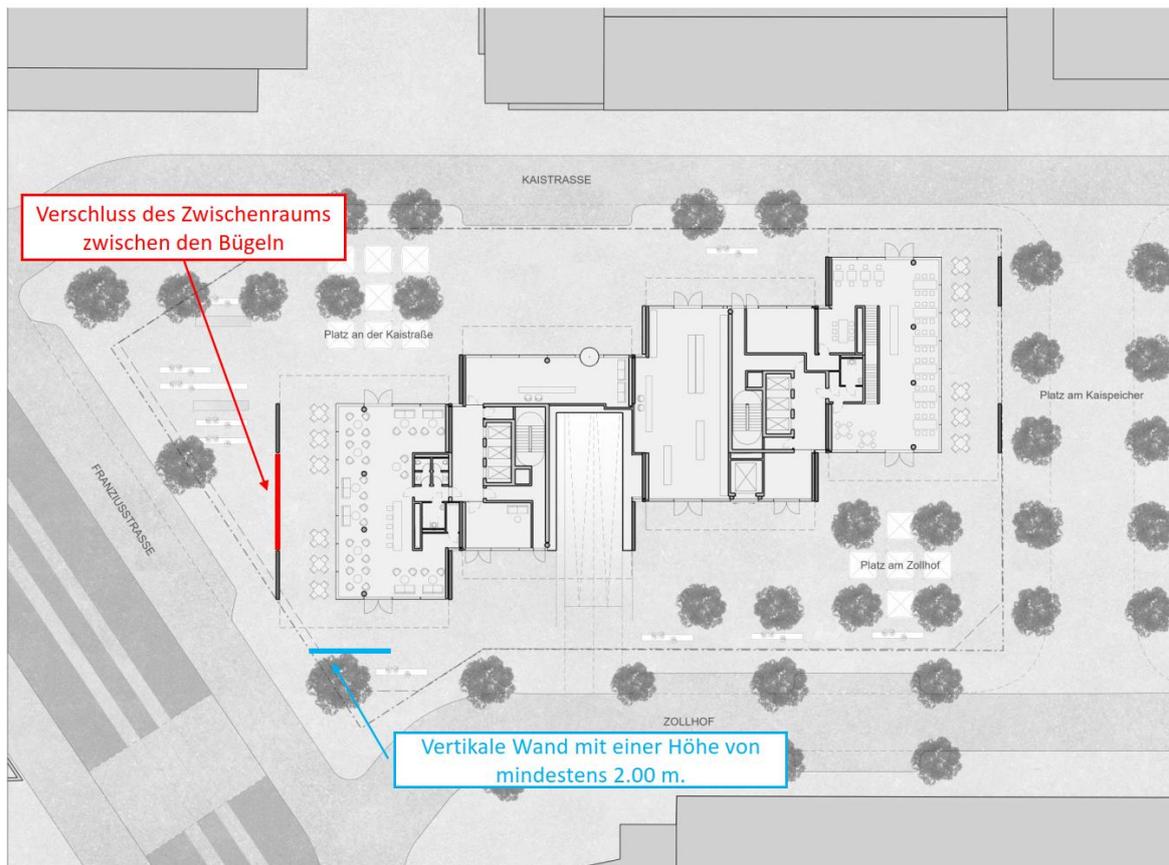


Abb. 3.3: Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts im südlichen Außenbereich

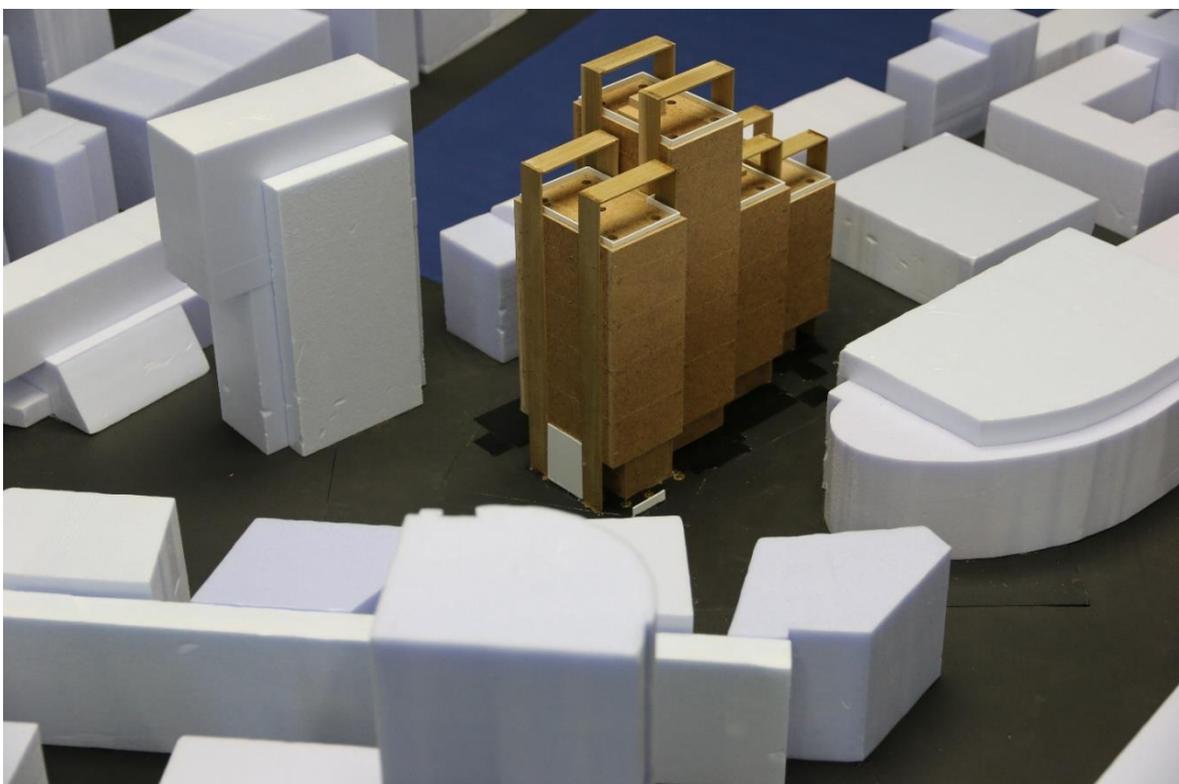


Abb. 3.4: Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts im südlichen Außenbereich am Windkanalmodell im Grenzschichtwindkanal

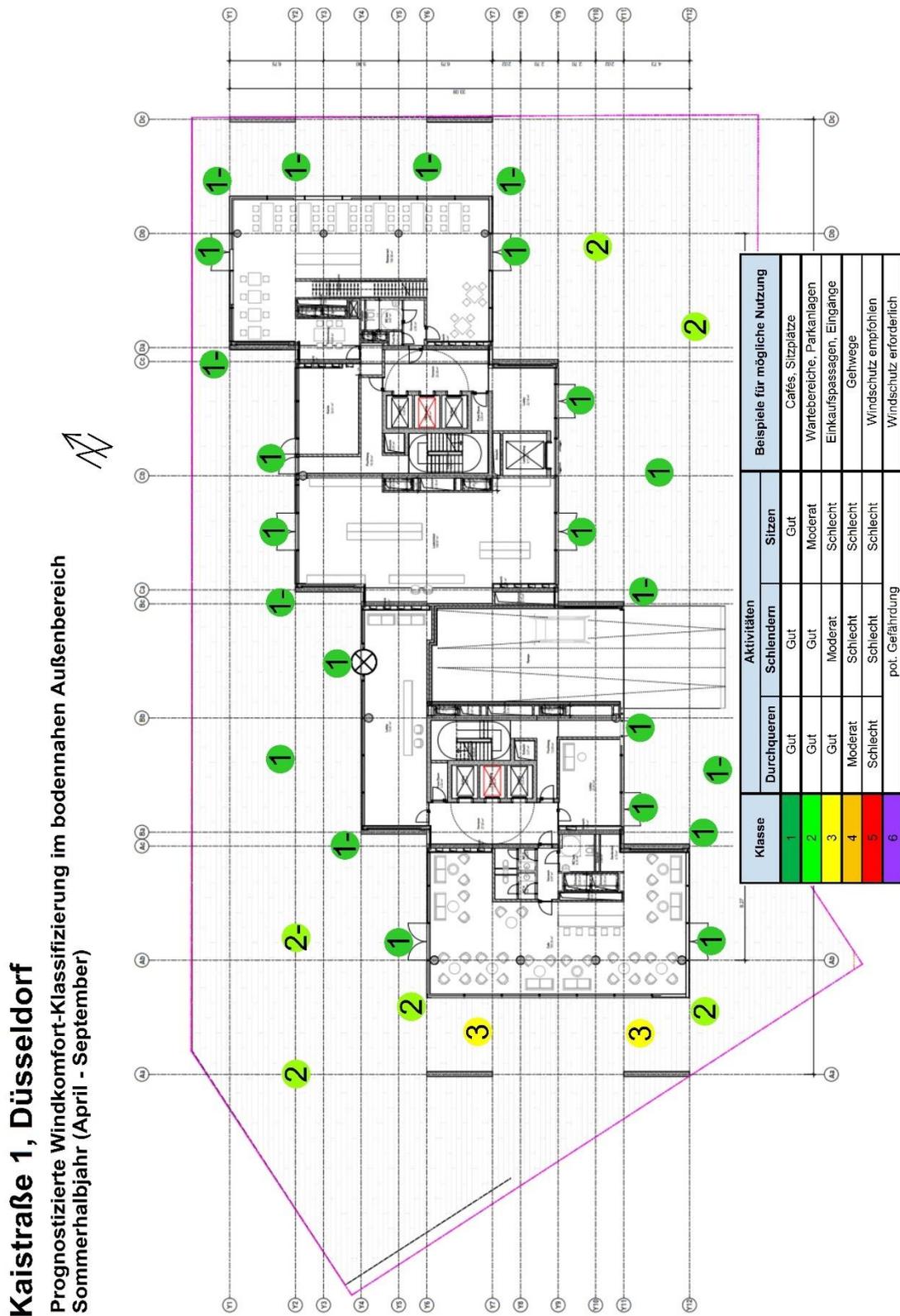


Abb. 3.5: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen unter Berücksichtigung der windkomfortfördernden Maßnahmen im südlichen Außenbereich des Gebäudes. Sommerhalbjahr (April-September)

Kaistraße 1, Düsseldorf

Prognostizierte Windkomfort-Klassifizierung im bodennahen Außenbereich
Winterhalbjahr (Oktober - März)

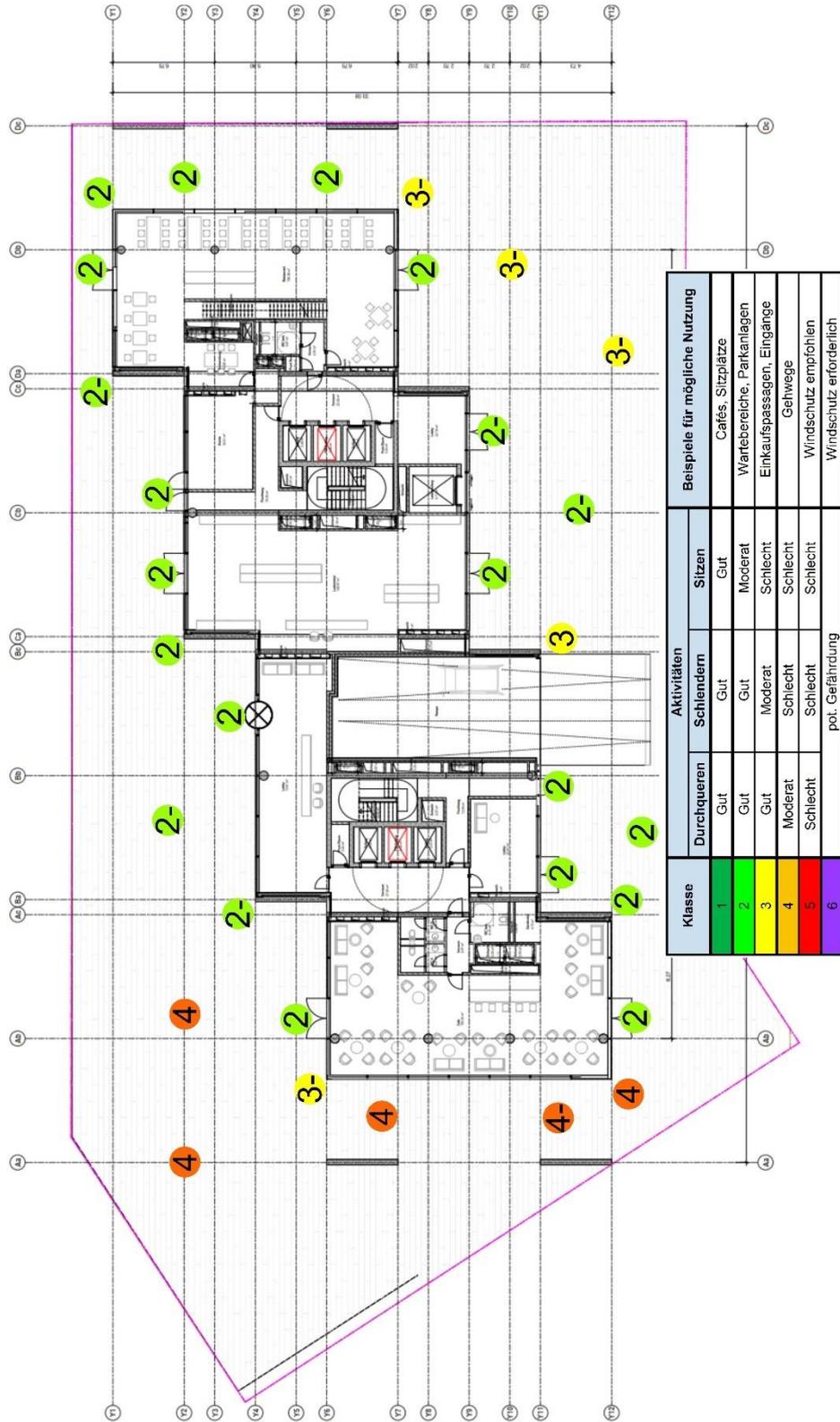


Abb. 3.6: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten im bodennahen Außenbereich auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen unter Berücksichtigung der windkomfortfördernden Maßnahmen im südlichen Außenbereich des Gebäudes. Winterhalbjahr (Oktober-März)

3.5 Windkomfort auf den Dachterrassen

Auf den Dachterrassen sind im Sommer die in Abb. 3.7 angegebenen Windkomfortklassen zu erwarten (MP 32 - 51). Die Hauptnutzungszeit der Dachterrassen liegt im Sommer, da im Winter allein aufgrund der niedrigen Außentemperaturen auch bei Windstille eine längerfristige Nutzung nicht komfortabel ist. Die Ergebnisse für das Winterhalbjahr werden aus diesem Grund nur informativ gezeigt (Abb. 3.8), gehen aber nicht in die eigentliche Bewertung mit ein.

Prognose Windkomfort im Sommerhalbjahr:

Je nach Hochhausturm herrschen auf den Dachterrassen unterschiedliche Windbedingungen vor. Auf der Dachterrasse von Turm 3 und 4 ist mit relativ beruhigten Windkomfortbedingungen zu rechnen, da diese Dachterrassen abgeschattet zur westlichen Hauptwindrichtung liegen. Hohe Beschleunigungsfaktoren fallen somit nicht mit den Hauptwindrichtungen zusammen und den Dachterrassen kann ein verhältnismäßig guter Windkomfort prognostiziert werden (Komfortstufe A bzw. A-).

Aufgrund der Ausrichtung zur Hauptwindrichtung sowie infolge von umströmungsbedingten Beschleunigungseffekten werden auf den Dachterrassen von Turm 1 und 2 bereichsweise ungünstigere Windbedingungen erwartet. Windige Bedingungen treten hier etwas häufiger auf. Diesen Dachterrassen kann dennoch die Komfortstufe A- bis B zugeordnet werden.

Je nach Komfortanspruch kann die Windkomfortsituation auf den Dachterrassen durch lokale windschützende Maßnahmen verbessert werden. Hierzu zählt insbesondere eine höhere und undurchlässige Brüstung an der Gebäudekante (Turm 2). Es gilt zu beachten, dass die Wirksamkeit der komfortfördernden Maßnahmen ausschließlich mittels ergänzender Windkanaluntersuchungen bestätigt werden können.

Prognose Windsicherheit:

Die Auftretenswahrscheinlichkeit von Windböen > 25 m/s ist an allen untersuchten Messpunkten geringer als 0.1%, so dass das in Tab. 2.1 definierte Sicherheitskriterium für die untersuchten Bereiche überall eingehalten wird.

Eine potentielle Gefährdung im Sinne der Komfortkriterien konnte daher im Bereich der Dachterrassen nicht festgestellt werden.

Kaistraße 1, Düsseldorf

Prognostizierte Windkomfort-Klassifizierung auf den Dachterrassen
Sommerhalbjahr (April - September)

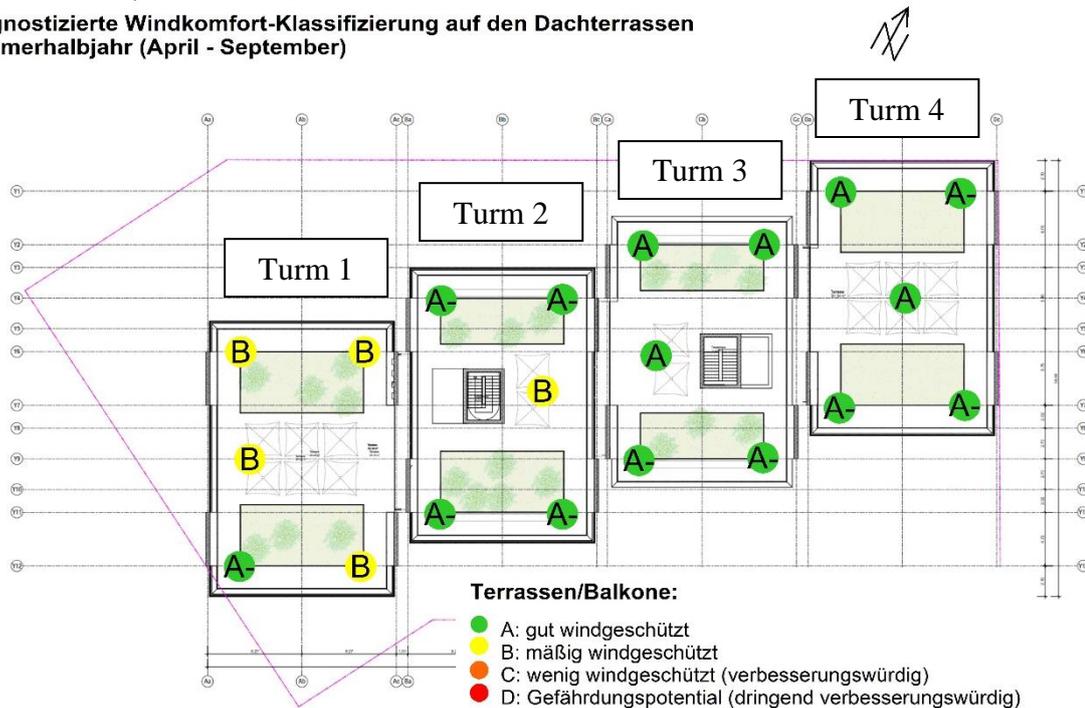


Abb. 3.7: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachterrassen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen. **Sommerhalbjahr (April-September).**

Kaistraße 1, Düsseldorf

Prognostizierte Windkomfort-Klassifizierung auf den Dachterrassen
Winterhalbjahr (Oktober - März)

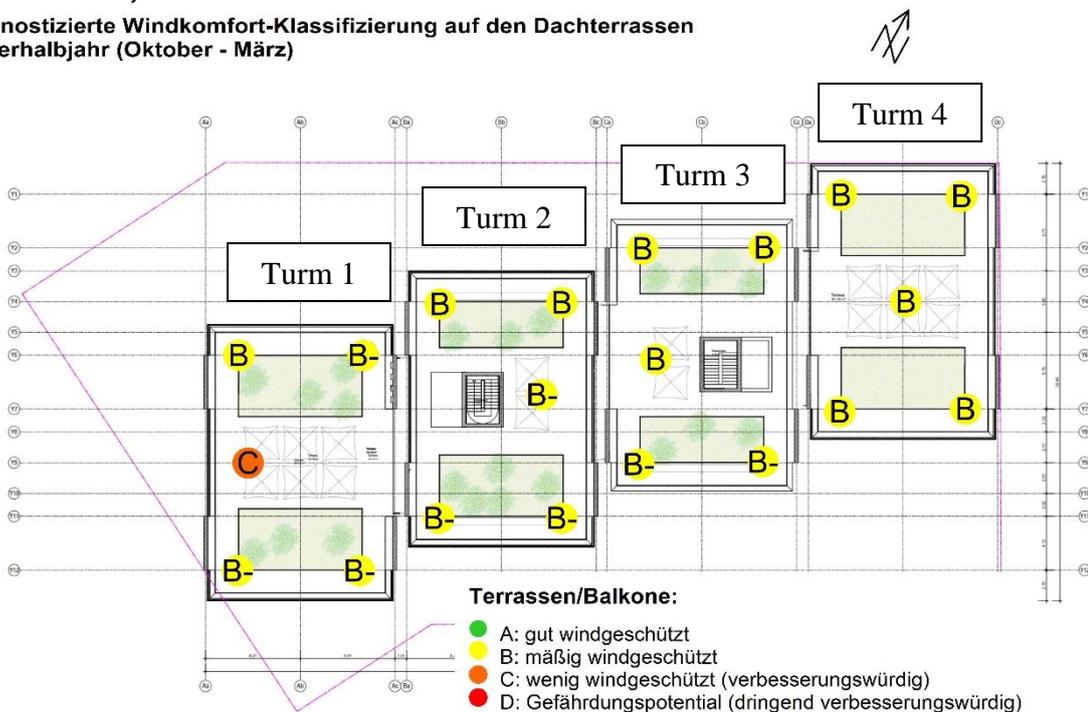


Abb. 3.8: Prognose der Komfortklassen bzw. Nutzungsmöglichkeiten an den einzelnen Messpunkten auf den Dachterrassen auf Basis der Klimadaten am Standort sowie der Windkanaluntersuchungen. **Winterhalbjahr (Oktober-März).**

4 HINWEISE

Bei der Anwendung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Einordnung in die verschiedenen Komfortstufen aufgrund von langjährigen Klimazeitreihen vorgenommen wurden, d.h. die oben getroffenen Aussagen bezüglich der Häufigkeit sind repräsentativ für ein Durchschnittsjahr. In einzelnen Jahren kann es zu Abweichungen vom Durchschnitt kommen.

Für die Beurteilung des Windkomforts auf Balkonen, Loggien oder Dachterrassen 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 Balkonen, Loggien oder Dachterrassen vermieden werden sollte und dass bei längerer Abwesenheit Gegenstände auf den Balkonen, Loggien oder Dachterrassen 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;

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.

Gandemer, J., Guyot, A., 1976: „Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti“. La Documentation Française, Paris.

Hunt, J.C.R., 1976: „The Effects of Wind on People; New Criteria Based on Wind Tunnel Experiments“. Vol. 11, pp. 15-28, Pergamon Press.

IA, 2020: "Pläne und Informationen zum BV Kaistraße 1, Messehafen Düsseldorf, Deutschland", Ingenhoven Architects, Düsseldorf, Deutschland.

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

Ratcliff, M.A., Peterka, J.A., 1990: „Comparison of Pedestrian Wind Acceptability Criteria“. Journal of Wind Eng. and Industrial Aerodyn., Vol. 36, pp. 791-800.

Williams, C.J., Hunter, M.A., Waechter, W.F., 1990: „Criteria for Assessing the Pedestrian Wind Environment“. Journal of Wind Eng. and Industrial Aerodyn., Vol. 36, pp. 811-815..

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