

**Windkanaluntersuchungen zum Bebauungsplan
Nr. 03/018 – Kölner Straße / Moskauer Straße –
Stadtbezirk 3 – Stadtteil Oberbilk in Düsseldorf**
Hier: Windkomfort, Windgefahren

Bericht FD 6649-6.1 vom 02.06.2017

Anonymisierte Fassung

Bericht-Nr.: FD 6649-6.1
Datum: 02.06.2017
Niederlassung: Dortmund
Ansprechpartner/in: Herr Streuber

Peutz Consult GmbH

Mitglied im Verband
Beratender Ingenieure

Messstelle nach
§ 26 BImSchG zur
Ermittlung der Emissionen
und Immissionen von
Geräuschen und
Erschütterungen

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Martener Straße 525
44379 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5
10623 Berlin
Tel. +49 30 310 172 16
Fax +49 30 310 172 40
berlin@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

www.peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	4
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Örtliche Gegebenheiten.....	6
4	Allgemeines zu Windkanaluntersuchungen.....	7
4.1	Modellierungskriterien.....	7
4.2	Luftströmungsverhalten / Windprofil.....	8
4.3	Windkomfortmessungen.....	9
4.4	Umrechnung der Modellergebnisse auf die Örtlichkeit.....	9
4.5	Beurteilungskriterien und Einstufungen.....	10
4.5.1	Beurteilungskriterien Windkomfort.....	10
4.5.2	Beurteilungskriterien Windgefahr.....	13
4.6	Einstufung der Messpunkte für „Grand Central“.....	14
4.7	Winddaten.....	15
4.8	Fehlerdiskussion / Genauigkeit.....	17
5	Windkanaluntersuchung.....	18
5.1	Windkanalmodell.....	18
5.2	Ergebnisse der Windkanalmessungen für den Planfall.....	19
5.2.1	Beurteilungsmatrix.....	19
5.2.2	Planfall.....	19
5.2.2.1	Allgemeines.....	19
5.2.2.2	Bauteil 1 – Wohnhochhaus.....	20
5.2.2.3	Bauteil 2 – Hotel.....	21
5.2.2.4	Bauteil 3 – Parkhaus.....	21
5.2.2.5	Bauteil 4 – Fitness, betreutes Wohnen.....	21
5.2.2.6	Bauteil 5 – Betreutes Wohnen, barrierefreies Wohnen.....	22
5.2.2.7	Bauteil 6 – Wohnhochhaus.....	22
5.2.2.8	Bauteil 7 – Wohnen.....	23
5.2.2.9	Bauteil 8 – Wohnen.....	24
5.2.2.10	Bauteil 9 – Wohnhochhaus.....	24
5.2.2.11	Bauteil 10 – Wohnen.....	25
5.2.2.12	Bauteil 11 – Wohnen.....	25
5.2.2.13	Gesamtes Plangebiet.....	25
5.2.2.14	Messpunkte außerhalb des Plangebietes.....	26
6	Minderungsmaßnahmen.....	27

6.1	Grundsätzliche Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts.....	27
6.2	Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante A.....	28
6.2.1	Minderungsmaßnahmen für Bauteil 1.....	28
6.2.2	Minderungsmaßnahmen für Bauteile 8 bis 10.....	29
6.2.3	Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante A).....	29
6.2.3.1	Bereich Bauteile 1 bis 4.....	30
6.2.3.2	Bereich Bauteile 8 bis 10.....	31
6.3	Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante B.....	32
6.3.1	Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6.....	32
6.3.2	Minderungsmaßnahmen für Bauteil 8 (Kita-Außenanlage).....	32
6.3.3	Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante B).....	33
6.3.3.1	Bereich Bauteil 1.....	33
6.3.3.2	Bereich Bauteil 6.....	33
6.3.3.3	Bereich Bauteil 8.....	34
6.3.3.4	Bereich Bauteil 9.....	35
6.4	Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante C.....	36
6.4.1	Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6.....	36
6.4.2	Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 8 (Kita-Außenanlage).....	36
6.4.3	Minderungsmaßnahmen für Bauteil 9.....	36
6.4.4	Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante C).....	36
6.4.4.1	Bereich Bauteil 6.....	37
6.4.4.2	Bereich Bauteil 8.....	38
6.4.4.3	Bereich Bauteil 9.....	39
6.5	Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante D.....	40
6.5.1	Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6.....	40
6.5.2	Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante D).....	40
6.5.2.1	Bereich Bauteil 6.....	40
6.6	Zusammenfassung der erforderlichen Minderungsmaßnahmen.....	41
7	Zusammenfassung.....	43

1 Situation und Aufgabenstellung

Auf dem derzeit von der Deutschen Post genutzten Gelände zwischen der Kölner Straße und der Erkrather Straße im Zentrum von Düsseldorf sollen Wohnkomplexe mit der alternativen Nutzungsmöglichkeit als Büroflächen im Rahmen des sogenannten Bauprojektes „Grand Central“ entstehen. Das Gelände war Gegenstand eines städtebaulichen Wettbewerbs.

Hierzu sind die Auswirkungen des Planvorhabens auf den Windkomfort der umliegenden Gebäude und vor allem der vorhandenen und geplanten Gebäude innerhalb des Plangebietes mittels einer Windkanaluntersuchung zu untersuchen und zu beurteilen.

Eine deutsche bzw. europäische Norm bzw. gesetzliche Regelungen zur Beurteilung des Windkomforts existieren bisher nicht. Die Beurteilung des Windkomforts und möglicher Windgefahren erfolgt daher gemäß der niederländischen Norm NEN 8100 (Windkomfort und Windgefahren in der Umgebung von Gebäuden) [1], welche zurzeit weltweit das einzige Normenwerk darstellt.

Sollte sich ein ungünstiger Windkomfort oder Windgefahren ergeben, so werden potenzielle Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	Niederländische Norm NEN 8100 – Wind comfort and wind danger in the built environment	Nederlands Normalisatie Institut	N Februar 2006
[2]	Integration du phenomene vent dans la conception du milieu bait	Gandemeyer, J.; Guyot, A.	Lit. 1976
[3]	The Effects of Wind on People; New Criteria Based on Wind Tunnel Experiments	Hunt, J.C.R.	Lit. 1976
[4]	La protection contre le vent	Gandemeyer, J	Lit. 1981
[5]	Simulation and Measurement of the local Wind Environment	Gandemeyer, J	Lit. 1982
[6]	Comparison of Pedestrian Wind Acceptability Criteria	Ratcliff, M.A.; Peterka, J.A.	Lit. 1990
[7]	Criteria for Assessing the Pedestrian Wind Environment	Williams, C.J.; Hunter, M.A.; Waechter, W.F.	Lit. 1990
[8]	Langjährige Windstatistik der DWD-Messstation Düsseldorf-Flughafen	Deutscher Wetterdienst	P 2006 - 2015
[9]	Bebauungsplan Nr.03/018 – Vor-entwurf	Zur Verfügung gestellt durch HJP Planer	P Eingang 15.02.2017 / 24.05.2017
[10]	Lagepläne, Grundrisse, Ansichten Schnitte der Bauteile 1 bis 11	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber und die Architekten	P Berücksichtigter Planstand: 31.08.2016
[11]	Außenanlagenplanung	FSWLA Landschaftsarchitektur GmbH	P Planstand: 30.08.2016
[12]	Arbeitsplan Außenanlagen zur Verbesserung des Windkomforts	FSWLA Landschaftsarchitektur GmbH	P Planstände: 09.01.2017 und 06.03.2017

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Bericht
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Örtliche Gegebenheiten

Der derzeitige Bebauungsplanentwurf zum Bebauungsplanes Nr. 03/018 – Kölner Straße / Moskauer Straße – Stadtbezirk 3 – Stadtteil Oberbilk in Düsseldorf ist in Anlage 3.1 wiedergegeben.

Auf dem Gelände zwischen der Kölner Straße und der Erkrather Straße im Zentrum von Düsseldorf sollen hauptsächlich Wohngebäude errichtet werden. Der Entwurf hierzu sieht fünf mehr oder weniger geschlossene Gebäudekomplexe mit 5 – 7 Stockwerken vor. Zudem sind drei Hochhäuser mit bis zu 19 Geschossen geplant.

Die Bahngleise verlaufen in Hochlage nordwestlich des Plangebietes. Die Gleise überqueren die Kölner Straße und die Erkrather Straße, welche das Plangebiet einschließen, auf Brückenbauwerken.

Direkt angrenzend (in 15 m Entfernung zum Gleisbauwerk bzw. 18 m zur Gleismitte von Gleis 1) an die Bahngleise ist ein 6 – 8geschossiger Gebäudekomplex geplant, in den in etwa 57 -60 m Entfernung zum Gleis ein Wohnhochhaus mit bis zu 19 Geschossen integriert ist. In dem Riegel direkt an der Bahn ist die Errichtung eines Parkhauses mit darüberliegenden „Self-Storage“-Einheiten vorgesehen. Nur im Süden, an der Kölner Straße, ist mit einem geplanten Hotel eine schutzbedürftige Nutzung direkt an den Bahngleisen vorgesehen. In dem Gebäudekomplex entlang des Bahndamms ist an das Parkhaus östlich anschließend in einem Abstand von ca. 35 m zu Gleis 1 Wohnnutzung vorgesehen. In dem genannten Hochhaus mit 19 Geschossen ist die Errichtung von hochwertigen Eigentumswohnungen vorgesehen.

Östlich des Gebäudekomplexes verläuft eine breite Magistrale zwischen Kölner Straße und Erkrather Straße, worauf drei bis zu 7-geschossige Gebäudekomplexe („Wohnhöfe“) anschließen, in die ebenfalls zwei bis zu 19geschossige Hochhäuser integriert sind. In diesen „Wohnhöfen“ ist vorwiegend Wohnnutzung vorgesehen. Die Planung ist in 11 Bauteile eingeteilt (siehe Anlage 3.2 ff).

Die Bestandsbebauung innerhalb des Plangebietes und der umliegenden Umgebung wird mit seiner bestehenden Kubatur und Lage entsprechend abgebildet. Die Gebäudehöhen wurden entsprechend der durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Gebäudehöhenangaben sowie durch in Augenscheinnahme während einer Ortsbesichtigung sowie Luftbildaufnahmen berücksichtigt.

In Anlage 2 ist das Windkanalmodell für den Planfall dargestellt.

4 Allgemeines zu Windkanaluntersuchungen

4.1 Modellierungskriterien

Windkanaluntersuchungen werden bei der Peutz-Unternehmensgruppe im konzerneigenen Windkanal durchgeführt. Hierbei wird ein maßstäbliches Holzmodell des zu prüfenden Bauvorhabens erstellt und die nähere Umgebung des Bauvorhabens nachgebildet.

Für die Strömungsuntersuchung im Windkanal sind hierbei in erster Linie die äußeren Gebäudekonturen geplanter und vorhandener Gebäude maßgebend. Es sind also weniger detaillierte Gestaltungsdetails von Bedeutung; diese gewinnen bei weiterführenden Strömungsberechnungen oder Messungen an Detailmodellen mit kleinerem Maßstab an Bedeutung. Dennoch gilt, je exakter die Gebäudekonturen des Vorhabens und der Umgebung nachgebildet werden, umso genauer sind auch die Aussagen über die Windkomfortverhältnisse.

Die für die Windkanalstudie erstellten Modelle werden dabei nicht allein hinsichtlich ausreichend detaillierter Gebäudekonturen, sondern auch unter Berücksichtigung relevanter Grünzonen und der Geländetopografie im Modellmaßstab nachgebildet. In Abhängigkeit der zu erwartenden Strömungseinflüsse und Auswirkungen wird die das Bauvorhaben umgebende Bebauung in einem Radius von ca. 250 m bis 500 m um das Zentrum des Planobjektes herum nachgebildet.

Es wird immer angestrebt, das Windkanalmodell so groß wie möglich zu erstellen. Der maximal mögliche Modellmaßstab ergibt sich dabei u.a. aus der begrenzten zulässigen Querschnittsminderung, die das Modell im Windkanal besitzen darf.

Im Windkanal der Peutz-Unternehmensgruppe können Modellmaßstäbe von ca. 1:200 bis 1:400 realisiert werden. Die für die Windkanalstudie verwendeten maßstäblichen Modelle werden dabei in der Detaillierung den Erfordernissen der Windströmungsuntersuchung angepasst. Hierdurch kann es bei strömungstechnisch nicht relevanten Details zu Modellabweichungen von der Planung kommen, die jedoch keinen Einfluss auf die aus der Untersuchung resultierenden Ergebnisse haben.

4.2 Luftströmungsverhalten / Windprofil

Die Windströmung wird in der Realität in bodennahen Bereichen durch Bebauung und Bewuchs etc. verwirbelt. In Abhängigkeit der Rauigkeit und Struktur dieser oberflächennahen Hindernisse wirken sich diese Verwirbelung auch für höhere Luftschichten aus. Erst in Höhen von ca. 500 m und höher kann man davon ausgehen, dass eine verwirbelungsfreie gleichmäßige Windströmung vorhanden ist.

Um diesem Effekt auch in der Modellnachbildung gerecht zu werden, ist der eigentlichen Prüfzone des Windkanals eine sogenannte Turbulenzstrecke vorgeschaltet, welche die natürlichen bodennahen Turbulenzströmungen nachbildet. In der Anlage 1 ist der prinzipielle Aufbau des Windkanals dargestellt.

International wurde sich darauf geeinigt, die in der Praxis vorkommenden sehr vielfältigen Windprofile in drei Kategorien einzuteilen. Diese Kategorien umfassen:

- Zentren von Großstädten
- Bebaute Bereiche mit niedriger Bebauung
- Freies Feld ohne Bebauung in der Ebene, Wasserflächen o.ä.

Die natürlichen bodennahen Turbulenzen in solchen Gebieten sind dabei in Zentren von Großstädten am höchsten und im freien Feld am niedrigsten. In der Anlage 1 ist ebenfalls der Einfluss der Turbulenzen im Bodenbereich auf die höheren Luftschichten verdeutlicht.

Naturgemäß kommt Wind aus allen Himmelsrichtungen. An jedem Standort existieren im langjährigen Mittel zwar immer vorherrschende Windrichtungen, so in Deutschland z.B. typischerweise Wind aus Süd-West. Ob diese vorherrschende Windrichtung im Hinblick auf die Strömungssituation im Umfeld eines Bauvorhabens jedoch von entscheidender Bedeutung ist oder eher untergeordnete Windrichtungen zu größeren Windkomfortauswirkungen führen, kann im vorhinein im Regelfall nicht ohne Weiteres bestimmt werden.

Um in der Modellnachbildung alle Windrichtungen und deren Einfluss auf das Modell bzw. Bauvorhaben prüfen zu können, wird deshalb das Windkanalmodell und seine Umgebung auf einer drehbaren Scheibe (Durchmesser 2,3 m) installiert, und während der Messungen im Windkanal typischerweise 12 Windrichtungen in 30°-Schritten erfasst.

4.3 Windkomfortmessungen

Die eigentliche Modellmessung der Windkomfortsituation am geplanten Bauvorhaben bzw. in der Umgebung des Bauvorhabens erfolgt an den windströmungstechnisch relevanten Stellen, wie Zugängen, auf Bahnsteigen, auf Vorplätzen, in (teilgeschlossenen) Hallen, und für Geh- und Radwege usw.

An diesen Stellen werden spezielle Messfühler installiert, mit denen in Abhängigkeit der Aufgabenstellung entweder die Windgeschwindigkeiten oder die Winddrücke am Messort ermittelt werden.

Die am Modell ermittelten Windgeschwindigkeiten bzw. Winddrücke werden mit einem im Modellmaßstab in 10 m Höhe liegenden Referenzpunkt korreliert. Man erhält sogenannte Strömungs- bzw. Druckkoeffizienten.

Mithilfe dieser Koeffizienten, die unter Beachtung der Randbedingungen der Modellbildung wie der geometrischen Ähnlichkeit, der Ähnlichkeit der Anströmungsverhältnisse, der Ähnlichkeit der Umströmungsverhältnisse und des maximal zulässigen Versperrungsgrades ermittelt wurden, wird dann das Messergebnis aus dem Windkanal in die Praxis übertragen.

4.4 Umrechnung der Modellergebnisse auf die Örtlichkeit

Der Bezug auf die natürlichen Verhältnisse erfolgt mittels der meteorologischen Wetterdaten für den Standort des Bauvorhabens.

Diese meteorologischen Wetterdaten werden in der Regel in strömungshindernisfreien Zonen z.B. an Flughäfen in 10 m Höhe über Gelände aufgenommen. Im Windkanal werden das Verhältnis zwischen dem Windgeschwindigkeitsprofil in der bebauten Umgebung und das ungestörte Geschwindigkeitsprofil in 10 m Höhe ermittelt. Durch Faltung der ermittelten Modellkoeffizienten mit der Windstatistik bzw. den meteorologischen Wetterdaten erhält man dann die natürlichen Windströmungs- bzw. Winddruckverhältnisse für den untersuchten Standort.

Bedingt durch die vereinheitlichte Darstellung der Wetterdaten in Form von Häufigkeitsverteilungen ergeben sich für die einzelnen Messpunkte Häufigkeitsverteilungen (Stunden/Jahr) der zu erwartenden stundengemittelten Windgeschwindigkeiten bzw. Winddruckwerte. Diese Häufigkeitsverteilungen werden hinsichtlich der strömungstechnischen Qualität bewertet.

4.5 Beurteilungskriterien und Einstufungen

Es erfolgt eine Beurteilung der Messergebnisse im Bezug auf Windkomfort und Windgefährdung.

4.5.1 Beurteilungskriterien Windkomfort

Für den Windkomfort wird beurteilt, wie oft eine Stundenmittelwindgeschwindigkeit von 5 m/s überschritten wird. Bei diesen Stundenmittelwerten können Windböen bis zu 8 m/s auftreten. Wenn dies häufig auftritt, liegt ein schlechter Windkomfort vor. Dieser schlechte Windkomfort birgt jedoch keine Gefahren für Passanten, welche sich in solchen Bereichen bewegen. Es liegt lediglich eine Belästigung durch höhere Windgeschwindigkeiten vor. Für die Beurteilung des Windkomforts wird zwischen drei verschiedenen Bereichstypen bzw. Nutzungsarten unterschieden. Diese sind Verkehrsflächen, Bewegungsflächen und Verweilflächen (siehe nachfolgende Seite).

Die Beurteilungskriterien und Beurteilungsmaßstäbe berücksichtigen das Empfindungsvermögen des Menschen auf Windbewegungen, das stark abhängig vom Aktivitätsgrad der Person und ebenso abhängig von der Umgebung ist, in der die Person sich aufhält.

Bei geringer Aktivität, beispielsweise im Sitzen auf einer Außenterrasse oder beim Verweilen auf Bahnsteigen, werden bereits geringe Windgeschwindigkeiten als störend empfunden. Beim Radfahren, etwa unter warmen sommerlichen Bedingungen, werden selbst größere Windbewegungen eher angenehm beurteilt.

Identische Windgeschwindigkeiten werden als erheblich störender innerhalb als außerhalb eines Raumes empfunden. Das menschliche Empfinden wird in den Beurteilungskriterien in Form der unterschiedlich festgelegten zulässigen Überschreitungen der Windgrenzgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Aufenthaltssituation berücksichtigt.

Windströmungen sind fluktuierend, das heißt, die Windgeschwindigkeit setzt sich zusammen aus einem Mittelwert sowie einer fluktuierenden Komponente. Diese turbulenten Geschwindigkeitsschwankungen werden als Böen bezeichnet.

Weltweit existiert nur in den Niederlanden eine Norm zur Beurteilung von Windkomfort (Niederländische NEN 8100 [1]). Da die niederländische Norm auf lange Erfahrung gründet und auch in Deutschland zur Beurteilung des Windkomforts Verwendung findet, erfolgt die Beurteilung auch hier gemäß dieser Norm.

Beurteilungskriterium im Fall von Windgeschwindigkeitsmessungen sind dabei Windgrenzgeschwindigkeiten im Stundenmittel, die zur Einordnung in einer bestimmten Qualitätsstufe nur zu einer bestimmten Anzahl von Stunden im Jahr überschritten werden sollten.

Die Windgrenzgeschwindigkeiten werden dabei für unterschiedliche Nutzungsrandbedingungen (Bereichstypen) verschieden festgelegt. So sind die zulässigen Windgrenzgeschwindigkeiten auf Fuß- und Radwegen z.B. weniger streng als etwa innerhalb überdachter Passagen. Die unter Windkomfortgesichtspunkten definierten Bereichstypen gliedern sich in:

Bereichstyp I: In den Bereichstyp I fallen die (öffentlichen) Flächen, auf denen sich Personen als Fußgänger oder Radfahrer o.ä. mit dem vordringlichen Ziel bewegen, voranzukommen. Die Kurzbezeichnung des Bereichstyps I ist daher Verkehrsfläche. Verkehrsflächen sind z.B. Parkplätze, Parkdecks, Geh- und Radwege, öffentliche Straßen.

Bereichstyp II: In den Bereichstyp II fallen die Flächen, die Personen zum Schlendern oder zum kurzzeitigen Verweilen im Freien aufsuchen. Diese Flächen erfordern eine höhere Aufenthaltsqualität als diejenigen des Bereichstyps I. Bereichstyp II schließt Flächen wie Bus- und Bahnsteige oder auch (strömungstechnisch offene bzw. halb offene) Bahnhofshallen ein. Als Kurzbezeichnung für den Bereichstyp II wurde Bewegungsfläche gewählt. Bewegungsflächen sind z.B. Bus- und Bahnsteige, Plätze und Parks, Fußgängerzonen, Gebäudezugänge, überdachte Straßen, Bahnhofshallen.

Bereichstyp III: An Flächen, die in den Bereichstyp III eingestuft werden, sind die höchsten Ansprüche an die Aufenthaltsqualität zu stellen. Sie sollen ein Behaglichkeitsgefühl auch bei längerem Verweilen ermöglichen. Windzugerscheinungen werden auf solchen Flächen häufig als sehr problematisch eingestuft, da das angestrebte Behaglichkeitsgefühl dadurch maßgeblich beeinträchtigt wird. Viele Flächen des Bereichstyps III werden deshalb standortbedingt häufig als (strömungstechnisch) geschlossene Bereiche wie etwa bei Einkaufsmalls oder (überwiegend) überdachten Stadien o.ä. ausgebildet. Unter Bereichstyp III fallen aber auch solche Flächen, auf denen aufgrund ihrer spezifischen Nutzung größere Windbewegungen nicht akzeptabel sind wie bei Freibädern oder Sommerterrassen zum hochwertigen Verweilen, für die daher die Standortwahl von großer Bedeutung ist. Die Kurzbezeichnung für den Bereichstyp III ist Verweilfläche. Beispiele für Verweilflächen sind Terrassen mit Sitzplätzen, Sportstadien und Schwimmbäder, überdachte Einkaufspassagen.

International haben sich für die Beurteilung von Windkomfortverhältnissen die mittleren Windgrenzgeschwindigkeiten von 5 m/s stundengemittelt etabliert. Ab dieser Windgeschwin-

digkeit kann Staub aufgewirbelt werden oder können Türen durch den Windzug ungewollt geöffnet oder geschlossen werden und es liegt ein schlechter Windkomfort vor. Die Beurteilung gemäß der NEN 8100 erfolgt dabei anhand der Überschreitungshäufigkeit dieser mittleren Windgeschwindigkeit.

Bei Windkomfortuntersuchungen wird somit geprüft, in wie vielen Stunden pro Jahr Windgrenzgeschwindigkeiten von 5 m/s überschritten werden. Die ermittelten Überschreitungsstunden pro Jahr werden anschließend anhand eines 3-stufigen Komfortkriteriums bewertet. Die Komfortstufen umfassen dabei die Kategorien:

- Kategorie A - Bewertung: gut
- Kategorie B - Bewertung: mäßig
- Kategorie C - Bewertung: unbefriedigend, verbesserungswürdig.

Für die Beurteilungskriterien ergibt sich somit die in der nachfolgenden Tabelle 4.1 erläuterte Bewertungsmatrix aus Bereichstypen und Kategorien.

Tabelle 4.1: Beurteilung des Windkomforts anhand der Überschreitungshäufigkeit mittlerer Stunden-Grenz-Windgeschwindigkeiten gemäß NEN 8100 [1]

Bereichstyp / Kategorie	Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr		
	Komfortkriterium ($v > 5$ m/s)		
	A (gut)	B (mäßig)	C (Unbefriedigend)
Verkehrsflächen [I, Durchlaufen]	5 – 10 %	10 – 20 %	> 20 %
Bewegungsflächen [II, Schlendern]	2,5 – 5 %	5 – 10 %	> 10 %
Verweilflächen [III, Sitzen]	< 2,5 %	2,5 – 5 %	> 5 %

Zur inhaltlichen Bewertung des Komfortkriteriums gilt Folgendes (siehe auch Anlage 6):

Kategorie A: In der Bewertungskategorie A (gut) ist mit einer Behinderung oder Belästigung durch zu häufig auftretende größere Windgeschwindigkeiten nicht zu rechnen. Der Windkomfort ist grundsätzlich als gut anzusehen.

Kategorie B: In die Kategorie B (mäßig) sind Bereiche einzuordnen, die hinsichtlich des gewünschten bzw. erforderlichen Komforts geringer als gut aber immer noch als ausreichend (mäßig) beurteilt werden. Sofern durch einfache Maßnahmen umsetzbar, sollten Verbesserungen des Windkomforts angestrebt werden.

Kategorie C: Für die Kategorie C (verbesserungswürdig) kann von "Komfort" nur noch sehr eingeschränkt gesprochen werden, da hier im Allgemeinen regelmäßig störende Windgeschwindigkeiten auftreten. An Messpunkten, die der Kategorie C zugeordnet werden, sollten Verbesserungsmaßnahmen zur Herstellung eines günstigeren Windkomforts durchgeführt werden.

Anmerkung: Die in Tabelle 4.1 aufgeführten Beurteilungskriterien beziehen sich auf Binnenlandverhältnisse. In Küstenregionen werden erfahrungsgemäß Windempfindungen als geringer störend wahrgenommen als im Binnenland.

4.5.2 Beurteilungskriterien Windgefahr

Neben den Komfortkriterien beschreibt die Norm ein Gefahrenkriterium. Bei höheren Windgeschwindigkeiten können gefährliche Situationen auftreten, welche z.B: zum Verlust des Gleichgewichtes beim Passieren einer Gebäudeecke führen können. Zur Beurteilung von möglichen Windgefahren wird ein Schwellenwert der Windgeschwindigkeit im Stundenmittel von 15 m/s (Böenwindgeschwindigkeit 18 bis 23 m/s) herangezogen.

Gefahrenkriterium: Bei Überschreitungen der stundengemittelten Windgrenzgeschwindigkeit von 15 m/s muss grundsätzlich mit der Gefährdung von Personen gerechnet werden. Wird das Gefahrenkriterium überschritten, so sind Maßnahmen zur Verbesserung der Windgeschwindigkeitssituation erforderlich. Diese Maßnahmen sollten dann gezielt auf die Vermeidung der Gefährdung von Personen, wie Fußgängern oder Radfahrern, abgestimmt werden.

Bei dieser stundengemittelten Windgeschwindigkeit können Böen bis zu etwa 23 m/s (80-85 km/h) auftreten. Diese Böen bergen ein mögliches Gefahrenpotenzial für Passanten. Personen z.B. mit Kinderwagen, ältere Personen, Radfahrer und Personen mit Regenschirmen können durch solche Böen ihr Gleichgewicht verlieren und stürzen. Da das Auftreten einzelner Böen nur schwer zu untersuchen ist, wird im Sinne einer empirisch abgesicherten Konstruktion auf die Beurteilung einer Stundenmittelwindgeschwindigkeit von 15 m/s zurückgegriffen (siehe Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2: Beurteilung der Windgefahr anhand der Überschreitungshäufigkeit einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s im Stundenmittel gemäß NEN 8100 [1]

Prozent der Überschreitungsstunden p pro Jahr; Gefahrenkriterium ($v > 15\text{m/s}$)	Einstufung
$0,05 < p < 0,30 \%$	Stufe 1: beschränktes Risiko
$p \geq 0,30 \%$	Stufe 2: gefährlich

Bereiche mit einer Überschreitungshäufigkeit größer 0,05 bis 0,30 %, entsprechend einer Windgefahr der Stufe 1, sind für den Bereichstyp I (Verkehrsflächen) noch akzeptabel. Für die Bereichstypen II (Bewegungsflächen) bzw. III (Verweilflächen) gilt die Anforderung bis maximal 0,05 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 15 m/s.

Hierbei ist zu beachten, dass die untere Grenze von 0,05 % der Jahresstunden ca. 4,5 Stunden pro Jahr entspricht. Die obere Grenze von 0,30 % entspricht rund 26 Stunden pro Jahr.

Treten an 0,3 % der Jahresstunden oder mehr Windgeschwindigkeiten im Stundenmittel von 15 m/s auf (Stufe 2), so sind solche Bereiche unzugänglich zu gestalten oder durch Minderungsmaßnahmen zu schützen [1].

4.6 Einstufung der Messpunkte für „Grand Central“

Die Einstufungen der Messpunkte für die Windkomfortuntersuchung zum Vorhaben „Grand Central“ in Düsseldorf für den Planfall sind in der Anlage 4 dargestellt.

Die Messpunkte im Untersuchungsgebiet wurden zunächst alle als Bereichstyp I (Verkehrsfläche) eingestuft. Nachfolgend erfolgt für Messpunkte in Bereichen von Außengastronomieflächen, Spielflächen oder Aussichtsplattformen eine Beurteilung auch für höhere Bereichstypen (strengere Anforderungen) im Erläuterungstext.

Die Messpunkte auf Bodenniveau liegen in einer Höhe von ca. 1,75 m (Modellmaßstab) über der jeweiligen Fläche.

Neben den Messpunkten auf der Bodenebene wurden Messpunkte auf den beiden Dachterrassen von Bauteil 1 (Messpunkte 19 und 21), der Aussichtsterrasse von Bauteil 6 (Messpunkte 103 und 104), der Dachterrasse von Bauteil 9 (Messpunkt 116) sowie einem Balkon an Bauteil 9 (Messpunkt 117) angebracht.

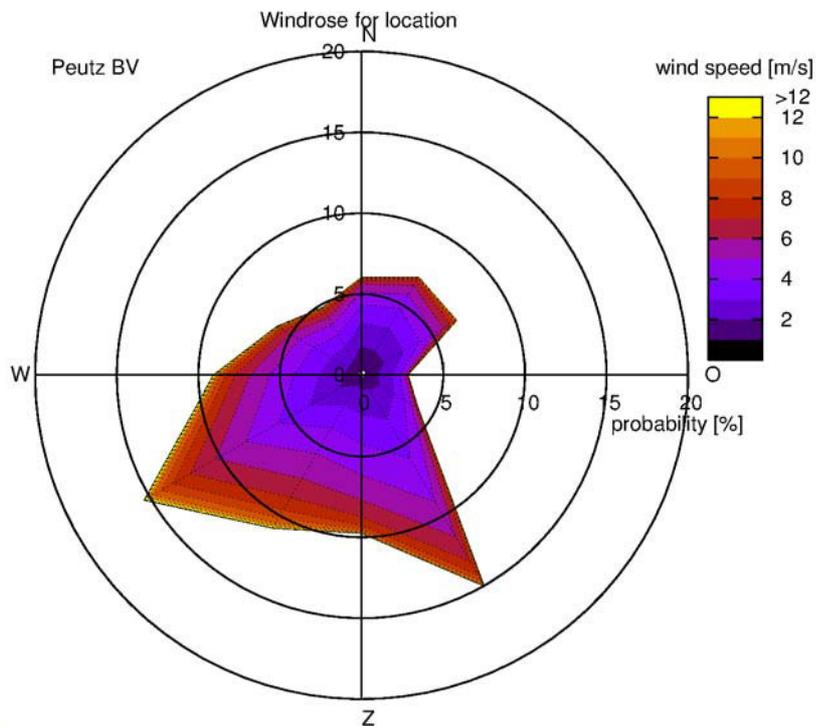
4.7 Winddaten

Zur Beurteilung des Windkomforts und der Windgefahren im Untersuchungsgebiet wird auf die Windstatistik der DWD-Messstation Düsseldorf-Flughafen zurückgegriffen.

Die Kenngrößen der Windgeschwindigkeiten wurden auf Grundlage kontinuierlicher Windgeschwindigkeitsmessungen an der Station Düsseldorf-Flughafen des DWD [8] ermittelt. Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten in 30°-Sektoren sind in der folgenden Abbildung 4.1 dargestellt. Es dominieren südwestliche, südöstliche und nordöstliche Windrichtungen bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 3,9 m/s (Jahresmittelwert).

Windgeschwindigkeiten >15 m/s treten im Jahresdurchschnitt in Messhöhe an ca. 7 Stunden im Jahr auf. Als Spitzenwindgeschwindigkeit treten sehr selten 23 m/s (83 km/h) auf.

Bild 4.1: Windstatistik der DWD Messstation Düsseldorf-Flughafen der Jahre 2006 bis 2015



wind snelheid	Oost				Zuid				West			Noord
	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
0.0 - 0.9	24.3	27.5	17.0	15.7	9.9	9.2	7.8	15.1	13.7	16.5	15.4	31.4
1.0 - 1.9	124.6	110.3	72.0	91.7	83.9	67.7	57.5	114.4	81.2	65.7	73.3	127.3
2.0 - 2.9	143.0	122.6	73.0	91.8	178.5	135.2	116.0	190.7	131.2	106.4	84.9	125.7
3.0 - 3.9	122.5	101.5	43.7	64.1	248.7	160.7	147.8	194.5	137.4	109.1	76.7	98.9
4.0 - 4.9	89.7	86.7	23.6	44.0	269.7	167.0	158.6	201.2	129.3	89.9	65.9	67.5
5.0 - 5.9	56.0	58.0	11.3	25.0	219.2	135.2	155.8	187.7	107.5	57.6	42.9	41.5
6.0 - 6.9	30.4	43.3	5.7	12.9	152.1	90.8	119.1	159.4	80.7	38.7	32.4	20.8
7.0 - 7.9	14.5	22.2	2.0	4.3	84.7	46.9	78.6	109.3	47.8	19.6	15.0	10.0
8.0 - 8.9	5.2	9.7	0.8	1.5	39.7	23.2	48.4	71.1	26.8	9.2	6.8	3.9
9.0 - 9.9	2.3	6.5	0.4	0.6	21.7	12.2	32.8	50.1	18.5	8.1	5.0	2.6
10.0 - 10.9	0.5	1.4	0.1	0.1	6.8	5.3	16.8	26.4	9.5	2.7	1.5	0.6
11.0 - 11.9	0.1	0.4	0.0	0.0	2.3	2.3	7.9	13.9	5.0	0.8	0.6	0.1
12.0 - 12.9	0.2	0.7	0.1	0.1	2.3	0.9	4.7	8.9	4.0	2.1	1.0	0.2
13.0 - 13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	2.2	3.6	1.7	0.4	0.1	0.0
14.0 - 14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.3	0.9	0.1	0.1	0.0
15.0 - 15.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	1.2	0.8	0.8	0.4	0.0
16.0 - 16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.0 - 22.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
23.0 - 23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.0 - 24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.0 - 25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26.0 - 26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27.0 - 27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28.0 - 28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29.0 - 29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.0 - 30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31.0 - 31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32.0 - 32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33.0 - 33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34.0 - 34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35.0 - 35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
36.0 - 36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37.0 - 37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38.0 - 38.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
39.0 - 39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal uren	613.3	591.0	249.7	351.8	1319.8	856.8	955.5	1350.3	796.7	527.9	422.3	530.5
gemiddelde snelheid	3.4	3.7	2.7	3.1	4.7	4.5	5.2	5.1	4.6	4.0	3.8	3.2

Bild 4.2: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an der DWD Messstation
Düsseldorf-Flughafen

4.8 Fehlerdiskussion / Genauigkeit

Windkanaluntersuchungen im Grenzschicht-Windkanal sind heute die genaueste Prognosemethode für bodennahe Windgeschwindigkeiten und in der Fachwelt allgemein anerkannt. Naturgemäß gibt es aber gewisse Abweichungen zwischen dem Modell und dem realen Bauvorhaben, die nachfolgend beschrieben werden.

Zunächst ist das zu prognostizierende Windfeld turbulent und schwankt zeitlich und örtlich (instationäres Feld). Daher ist eine Prognose nur mit Hilfe von statistischen Angaben – hier der Grenzwindgeschwindigkeiten für Windkomfort und Windgefahr möglich. Windböen und mittlere Windgeschwindigkeiten gehen hier über Mittelwerte und Standardabweichungen in die Bewertung ein. Unterschiede können sich auch bei Zugrundelegung unterschiedlicher Windstatistiken ergeben. Im vorliegenden Fall wurde eine langjährige Windstatistik verwendet.

Wie bei allen Modelluntersuchungen müssen zur Modellbildung einige Vereinfachungen vorgenommen werden. So können aufgrund des gewählten Maßstabes kleinformatige Oberflächenstrukturen der Gebäude und der Topografie im Modell nicht abgebildet werden.

Des Weiteren werden die Modellmessungen im Modellmaßstab durchgeführt, das Medium (Luft) kann aber nicht in den Modellmaßstab übertragen werden. Die Fluideigenschaften (insbesondere die Reynolds-Zahl) sind somit nicht in den Modellmaßstab übertragbar. Umfangreiche Untersuchungen an Windkanälen in der Fachliteratur haben aber gezeigt, dass die hiermit verbundenen Ungenauigkeiten im Allgemeinen gering sind.

Im Versuchsaufbau wird das bodennahe Windprofil mit der vorgeschalteten Turbulenzstrecke erzeugt. Dies kann jedoch immer nur eine Näherung an die Natur darstellen. Die konkrete Bebauungsstruktur im Umfeld des Untersuchungsraumes hat in Realität ebenfalls einen Einfluss auf das Windfeld, wird bei der Versuchsdurchführung aber idealisiert angenähert. Dies führt auch dazu, dass die Prognosegenauigkeit im Rand des Untersuchungsraumes im Allgemeinen niedriger als im zentralen Bereich in der Mitte des Untersuchungsraumes ist.

Schließlich hat auch die eingesetzte Messtechnik einen Einfluss auf die Genauigkeit der Ergebnisse. Die Messkette wird vor jeder Messung kalibriert. Das Windlabor erfüllt die Qualitätsanforderungen der NEN 8100.

Eine Abschätzung der Einflüsse der einzelnen vorgenannten Parameter auf die Prognosegenauigkeit ist nur schwer zu treffen. Aufgrund von Vergleichsmessungen und Angaben der anerkannten Fachliteratur ist insgesamt mit einer Prognoseungenauigkeit von ca. 10 – 15 % bezogen auf die prognostizierten Überschreitungshäufigkeiten der Grenzwindgeschwindigkeiten zu rechnen.

5 Windkanaluntersuchung

5.1 Windkanalmodell

Für die Windkanalstudie zum Planvorhaben „Grand Central“ wurde ein maßstabgerechtes Holzmodell im Maßstab 1:200 unter Einbeziehung der relevanten Umgebungsbebauung in einem Radius von ca. 250 m um das Plangebiet herum erstellt. In der Modelldarstellung für die zukünftige Situation in Anlage 2 sind die örtlichen Gegebenheiten verdeutlicht.

Bepflanzungen innerhalb des Plangebietes wurden für den Planfall zunächst nicht berücksichtigt, da die Planungen hierzu noch nicht verfestigt waren und sich in der Regel im weiteren Planungsverlauf ändern.

Für die Windkomfortuntersuchung wurden bis zu 117 Messsonden zur Windgeschwindigkeitsmessung installiert (NTC-Sonden). Die Messpunkte auf Bodenniveau liegen in einer Höhe von ca. 1,75 m (Modellmaßstab) über der jeweiligen Fläche.

In der Anlage 4 sind die Messpunkte gekennzeichnet. Nach welchen Beurteilungskriterien die Messwerte an den einzelnen Messpunkten bewertet wurden, ist hier ebenfalls dargestellt.

Neben den Messpunkten auf der Bodenebene wurden Messpunkte auf den beiden Dachterrassen von Bauteil 1 (Messpunkte 19 und 21), der Aussichtsterrasse von Bauteil 6 (Messpunkte 103 und 104), der Dachterrasse von Bauteil 9 (Messpunkt 116) sowie einem Balkon an Bauteil 9 (Messpunkt 117) angebracht.

Diese Messpunkte sind zunächst als Bereichstyp I (Verkehrsfläche) eingestuft, werden in der nachfolgenden Beurteilung aber auch für strengere Bereichstypen beurteilt.

Die Ermittlung der Überschreitungsstunden pro Jahr wurde als Summierung der Messergebnisse für die bis zu 117 Messpunkte getrennt unter Berücksichtigung von jeweils 12 Windrichtungen ($0^\circ - 360^\circ$ in 30° -Schritten) durchgeführt.

5.2 Ergebnisse der Windkanalmessungen für den Planfall

5.2.1 Beurteilungsmatrix

Die verwendete Beurteilungsmatrix mit einer Kennzeichnung in Ampelfarben ist in der jeweiligen Legende der Anlage sowie detailliert in Anlage 5 dargestellt.

Die Farben (Grün, Gelb, Rot) geben dabei die Qualität des Windkomforts in Abhängigkeit des Bereichstypens des Messpunktes, wie er in Anlage 4 gekennzeichnet ist in den Stufen von gut (Grün), mäßig (Gelb) und unbefriedigend (Rot) wieder.

Die Zahl neben einem Messpunkt gibt die Anzahl der Überschreitungsstunden mit einer stundengemittelten Windgeschwindigkeit von 5 m/s in Prozent der Jahresstunden an. Mit dieser Zahl und der Tabelle 4.1 in Kapitel 4.5.1 sowie Anlage 5 kann grundsätzlich eine Beurteilung für jeden Bereichstyp erfolgen, indem in der Tabelle das dem gewünschten Bereichstyp und der gegebenen Häufigkeit entsprechende Feld gesucht wird.

Windgefahren werden zum einen kombiniert in den Anlagen zum Windkomfort durch unterstrichene Messpunkte gekennzeichnet bzw. in gesonderten Anlagen dargestellt. Gestrichelte Linien stellen dabei Windgefahren der Stufe 1, durchgängige Linien der Stufe 2 dar. Die Einstufung der Windgefahr ist unabhängig von Bereichstypen.

5.2.2 Planfall

5.2.2.1 Allgemeines

Die Beurteilung des Windkomforts im Plangebiet erfolgt nachfolgend für jedes Bauteil einzeln.

Die Ergebnisse der Windkanalmessungen für den Planfall zum Windkomfort und zu den Windgefahren sind in den Anlagen 6.1 und 6.3 dargestellt. Hier erfolgte ebenfalls eine Überlagerung der Ergebnisse der Windkomfortmessung mit der bisherigen Außenanlagenplanung (Anlage 6.2).

5.2.2.2 Bauteil 1 – Wohnhochhaus

Im Nahbereich in Bodennähe um das Bauteil 1 herum werden Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel in 0,2 bis 9,1 % der Jahresstunden erreicht. Für reine Verkehrsflächen (Bereichstyp I) liegt hier somit ein guter Windkomfort vor.

Ein unbefriedigender Windkomfort liegt im Bereich der geplanten Spielfläche zwischen den Bauteilen 1 bis 4 vor. Diese Spielfläche liegt auf dem Dach eines eingeschossigen Verbindungsgebäudes. Dieses unbefriedigende Windklima wird hauptsächlich durch den Wind aus den Richtungen 150° (südöstlich), 180° (südlich) und 210° (südwestlich) verursacht. Für die Windrichtungen 150° (südöstlich) und 180° (südlich) ist die Öffnung zwischen den Bauteilen 1 und 2 unabgeschirmt für den Wind. Weiterhin lenkt das Hochhaus (Bauteil 1) den Wind in Richtung der geplanten Spielfläche. Dies führt auch zu einem mäßigen bis unbefriedigenden Windkomfort am Messpunkt zwischen den Bauteilen 1 und 2 mit 10,6 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel.



Bild 5.1: Windkomfort zwischen den Bauteilen 1 bis 4



Bild 5.2: Photo des Windkanalmodells für den Bereich zwischen Bauteil 1 bis 4

Winde aus Richtung 210° (südwestlich) führen zu Fallwinden an der Südfassade des Hochhauses (Bauteil 1). Dies führt zu hohen Windgeschwindigkeiten im Bereich der geplanten Spielfläche und somit hier zu unbefriedigendem Windkomfort.

Zur Verbesserung des Windkomforts im Bereich der geplanten Spielfläche sind umfassender Minderungsmaßnahmen zu empfehlen (siehe Kapitel 6.2.1).

An den beiden Messpunkten auf den Dachterrassen von Bauteil 1 (Messpunkte 19 und 21) liegt mit 0,5 bzw. 0,8 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort vor. Dieser wird durch die geschützte Lage der Dachterrasse erreicht.

5.2.2.3 Bauteil 2 – Hotel

Im Nahbereich in Bodennähe um das Bauteil 2 herum werden Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel in 0,3 bis 9,0 % der Jahresstunden erreicht. Für reine Verkehrsflächen (Bereichstyp I) liegt hier somit ein guter Windkomfort vor.

Für den Eingangsbereich zum Hotel in der Südwestfassade liegt ein guter Windkomfort mit 0,4 % der Jahresstunden vor.

Im Bereich vor der Südostfassade ist gemäß der Außenanlagenplanung [11] ein Café mit Außengastronomie geplant. Bei einer Beurteilung als Verweilfläche (Bereichstyp III) liegt hier mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel in 0,3 bis 2,9 % der Jahresstunden ein guter bis mäßiger Windkomfort vor.

5.2.2.4 Bauteil 3 – Parkhaus

Im Bereich des Bauteils 3 liegen nur wenige Windkomfortmesspunkte vor. Der Messpunkt nördlich des Bauteils zeigt mit 2,2 % der Jahresstunden einen guten Windkomfort. Der Messpunkt im Innenbereich zwischen den Bauteilen 1 bis 4 zeigt einen mäßigen Windkomfort für eine Verkehrsfläche.

Da westlich des Bauteils 3 mit seiner Nutzung als Parkhaus die Erschließungsstraße verläuft, ist hier auch von keinen relevanten Fußfängeraufkommen auszugehen.

5.2.2.5 Bauteil 4 – Fitness, betreutes Wohnen

In Innenbereich von Bauteil 4 liegt mit 0,2 bis 0,3 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für alle Bereichstypen vor. Dieser Bereich wird durch die umliegenden Baukörper von Windeinflüssen geschützt.

Im Bereich der Nordostfassade liegt mit 0,0 bis 0,2 % der Jahresstunden ebenfalls ein guter Windkomfort für alle Bereichstypen vor.

Im Bereich der Südostfassade liegt mit 8,1 bis 12,1 % der Jahresstunden ein guter bis mäßiger Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche und mäßig bis unbefriedigend für den Bereichstyp II – Bewegungsfläche vor. Verweilflächen sollten hier nicht vorgesehen, da hierfür nur ein unbefriedigender Windkomfort vorliegt.

Nördlich des Bauteils 4 ist gemäß der aktuellen Außenanlagenplanung ein nutzungsöffener Platz z.B. mit zusätzlicher Bestuhlung, also eine Verweilfläche vorgesehen. Mit 2,3 % der

Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel liegt hier für den Bereichstyp III – Verweilfläche ein guter Windkomfort vor.

5.2.2.6 Bauteil 5 – Betreutes Wohnen, barrierefreies Wohnen

Im Umfeld des Bauteils 5 liegt im Bodenbereich mit 0,4 bis 4,8 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche und für den Bereichstyp II – Bewegungsfläche vor.

An der Südfassade von Bauteil 5 ist gemäß der aktuellen Außenanlagenplanung eine Außengastronomiefläche eines Cafés geplant. Hier liegen mit Messwerten von 2,1 bis 2,8 % der Jahresstunden ein guter bis mäßiger Windkomfort für Verweilflächen (Bereichstyp III) vor.

5.2.2.7 Bauteil 6 – Wohnhochhaus

Im Umfeld des Bauteils 6 liegt mit Ausnahme des Eingangsbereichs an der Westfassade mit 0,5 bis 4,1 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche und für den Bereichstyp II – Bewegungsfläche vor.

An der „Spitze“ in der Westfassade im Bereich des geplanten Haupteinganges liegt mit 17,2 % der Jahresstunden für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche nur ein mäßiger Windkomfort vor. Für Eingangsbereiche ist ein guter Windkomfort für den Bereichstyp II – Bewegungsflächen anzustreben. Für den Bereichstyp II liegt mit 17,2 % der Jahresstunden jedoch hier nur ein unbefriedigender Windkomfort vor.

Auf dem Dach von Bauteil 6 sind Aussichtsterrassen geplant. Hier liegt mit 6,1 bis 13,2 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein unbefriedigender Windkomfort für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Grund hierfür ist die mit 1,1 m Höhe umlaufende Glasbrüstung, welche den Wind nur vergleichsweise wenig abhalten kann. Als Faustregel kann gesagt werden, dass eine Wand, Brüstung, Schirm usw. einen Bereich ca. 4-mal die Höhe des Strömungshindernisses schützen bzw. den Komfort verbessern kann. Bei einer 1,1 m hohen Brüstung ergibt sich somit ein Bereich von ca. 4 Metern hinter der Brüstung, in dem ein besserer Windkomfort vorliegt. Die Messpunkte befinden sich in der Mitte der Aussichtsterrasse und liegen somit in einem durch die Brüstungen ungeschützten Bereich.

Das Technikgeschoss bietet für den nördlichen Teil der Aussichtsterrasse einen Schutz, welcher den Windkomfort dort gegenüber der südlichen Dachterrasse verbessert, aber trotzdem liegt mit 6,1 % der Jahresstunden weiterhin nur ein unbefriedigender Windkomfort vor.

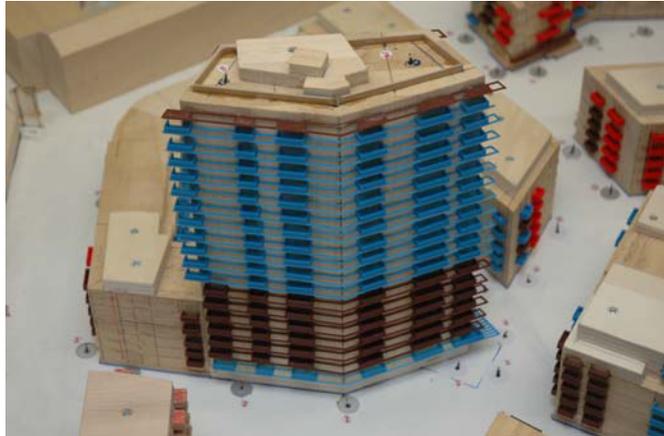
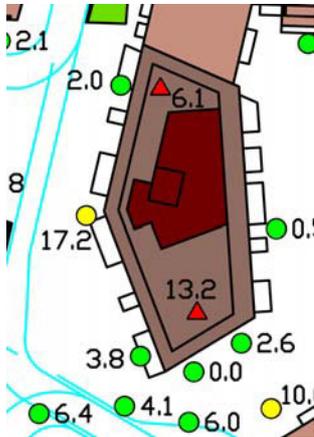


Bild 5.3: Windkomfort an Bauteil 6 Bild 5.4: Photo des Windkanalmodells für das Bauteil 6

5.2.2.8 Bauteil 7 – Wohnen

Für das Bauteil 7 sind verschiedene Wohnnutzungen geplant. Im Umfeld des Bauteils 7 liegt mit 0,1 bis 10,0 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel überwiegend ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche vor. Ausnahme bildet hier die südwestliche Gebäudeecke, welche mit 10,0 % gerade die Einstufung als mäßigen Windkomfort erreicht.

Im weitaus überwiegenden Teil entlang der Fassaden und im Innenbereich des Gebäude-ringes aus den Bauteilen 6 und 7 liegt ein guter Windkomfort sowohl für den Bereichstyp II – Bewegungsflächen als auch für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Nur für einzelne Bereiche liegt je nach Einstufung ein mäßiger Windkomfort vor.

Im überwiegenden Bereich der geplanten Kita-Außenanlagen liegen mit Werten von 0,2 bis 1,0 % im Bereich der Sandspielfläche ein guter Windkomfort für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Lediglich im Bereich der Zufahrt für den Sandaustausch wird mit 2,6 % gerade der Übergang zu mäßigem Windkomfort für den Bereichstyp III erreicht.

Im Bereich der öffentlichen Sandspielfläche liegt mit einem Wert von 0,8 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ebenfalls ein guter Windkomfort für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor.

5.2.2.9 Bauteil 8 – Wohnen

Für das Bauteil 8 sind verschiedene Wohnnutzungen geplant. Im Umfeld des Bauteils 8 liegt mit 0,1 bis 10,3 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel überwiegend ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche vor. Ausnahme bildet hier die nordöstliche Gebäudeecke, welche mit 10,3 % gerade die Einstufung als mäßigen Windkomfort erreicht.

Im Bereich der Terrassen der geplanten Townhäuser im Innenbereich des Bauteils 8 liegen mit 0,6 bis 2,1 % der Jahresstunden auch für Verweilflächen – Bereichstyp III ein guter Windkomfort vor.

Gemäß der aktuellen Außenanlagenplanung ist in dem Bereich zwischen den beiden Teilen von Bauteil 8 eine Kita-Außenanlage mit einer Sandspielfläche geplant. Hier liegt mit 7,2 bis 8,6 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel für Verweilflächen nur ein unbefriedigender Windkomfort vor.

5.2.2.10 Bauteil 9 – Wohnhochhaus

Im bodennahen Umfeld des Bauteils 9 liegt mit 1,3 bis 9,1 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche vor. Der Eingangsbereich liegt mit 0,6 % der Jahresstunden gut geschützt.

Im Bereich der Balkone an der Südfassade in ca. der Mitte des Hochhauses liegt mit 21,7 % der Jahresstunden nur ein unbefriedigender Windkomfort vor. Ebenso liegt auf der geplanten Dachterrasse mit 35,2 % der Jahresstunden nur ein unbefriedigender Windkomfort vor. Weiterhin liegen für die Balkone und die Dachterrasse Windgefahren vor.

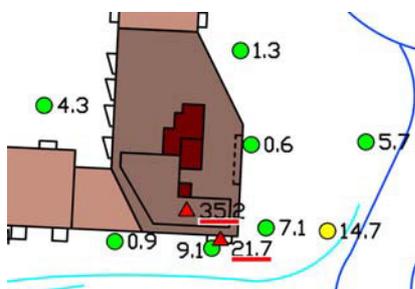


Bild 5.5: Windkomfort an Bauteil 9 Bild 5.6: Photo des Windkanalmodells für das Bauteil 9

5.2.2.11 Bauteil 10 – Wohnen

Das Bauteil 10 besteht aus den beiden Teilen 10a und 10b, welche zum einen in einem Ring mit den Bauteilen 8 und 9 (10a) sowie Bauteil 11 (10b) angeordnet sind.

Im bodennahen Umfeld entlang der Fassaden der Bauteile 10a und 10b liegt mit 0,1 bis 3,9 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche und für den Bereichstyp II – Bewegungsfläche vor.

Im Bereich der öffentlichen Spielflächen der Bauteile 10a und 10b liegt mit 0,1 bis 1,4 % der Jahresstunden ein guter Windkomfort für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor.

5.2.2.12 Bauteil 11 – Wohnen

Im bodennahen Umfeld entlang der Fassaden des Bauteils 11 liegt mit 0,0 bis 9,0 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche vor.

Für den Bereichstyp II – Bewegungsflächen liegt im Bereich der Nordwestfassade nur ein mäßiger Windkomfort vor.

Der Innenbereich von Bauteil 11 ist mit 0,0 bis 0,2 % der Jahresstunden gut windgeschützt, wodurch auch für den Bereichstyp III – Verweilflächen ein guter Windkomfort vorliegt.

5.2.2.13 Gesamtes Plangebiet

Im gesamten Plangebiet liegt überwiegend ein guter Windkomfort vor. Mäßiger bis unbefriedigender Windkomfort liegt im Bereich von Gebäudeecken und insbesondere im Umfeld der drei Hochhäuser Bauteil 1, 6 und 9 vor.

Auch auf den Dachterrassen der Bauteile 6 und 9 sowie auf den Balkonen von Bauteil 9 liegt ein unbefriedigender Windkomfort vor.

Im Bereich der Balkone und der Dachterrasse von Bauteil 9 liegen Windgefahren vor. Im übrigen Plangebiet ist nicht mit Windgefahren zu rechnen (siehe Anlage 6.3).

5.2.2.14 Messpunkte außerhalb des Plangebietes

Im Bereich der Bürgersteige entlang der Erkrather Straße sowie an der Moskauer Straße außerhalb des Plangebietes liegt mit Messwerten zwischen 3,0 % bis zu 14,7 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche ein guter bis mäßiger Windkomfort vor.

Windgefahren liegen außerhalb des Plangebietes nicht vor.

6 Minderungsmaßnahmen

6.1 Grundsätzliche Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts

Nachfolgend werden erste grundsätzliche Vorschläge zu möglichen Minderungsmaßnahmen skizziert. Hier ist im weiteren Planungsverlauf mit den Projektbeteiligten abzustimmen in welcher Art und welchem Umfang Minderungsmaßnahmen möglich sein können. Oftmals gibt es hier planerische und räumliche Einschränkungen. Grundsätzlich sollten insbesondere Flächen zum längeren Aufenthalt von Personen (Verweilen) und Eingangsbereiche ausreichend geschützt werden. Die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen sollten im Windkanal überprüft werden.

Sockel bzw. Podien sollten so groß wie möglich ausfallen. Der Sockel führt dazu, das Fallwinde auf Bodenniveau geblockt und umgelenkt werden (siehe Bild 6.1).

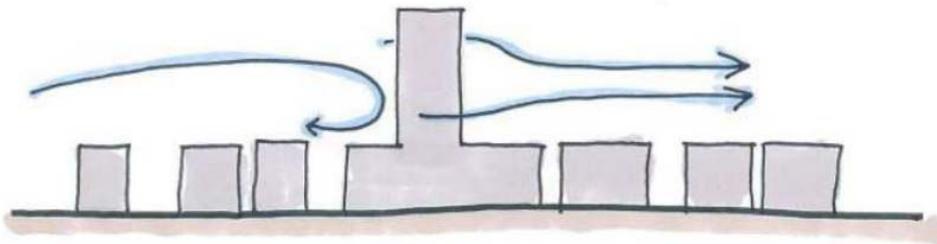


Bild 6.1: Effekt eines Sockels

Vordächer haben einen ähnlichen Effekt, aber es kann hierbei immer noch zu hohen Windgeschwindigkeiten an Gebäudeecken kommen (siehe Bild 6.2)

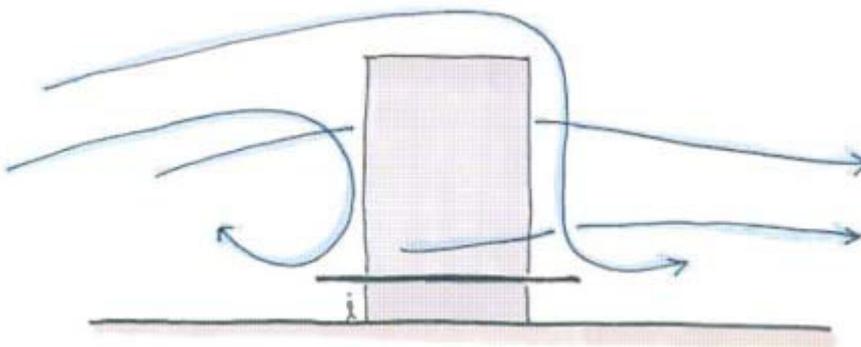


Bild 6.2: Effekt eines Vordaches

Auf den Freiflächen mit mäßigem und unbefriedigendem Windkomfort sollten Windschirme und Bäume errichtet werden. Als eine Faustregel kann gesagt werden, dass ein Strömungshindernis einen Bereich ungefähr 3 bis 4 mal der Höhe des Hindernisses in Strömungsrichtung abschirmen kann (siehe Bild 6.3).

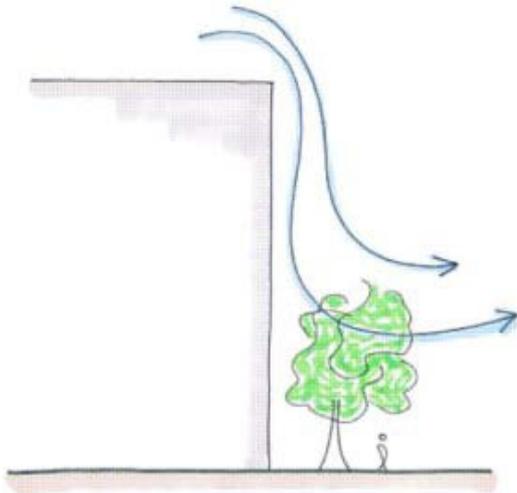


Bild 6.3: Effekt von Bäumen

6.2 Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante A

6.2.1 Minderungsmaßnahmen für Bauteil 1

Um das Windklima im Bereich des Bauteils 1, insbesondere im Bereich der geplanten Spielfläche, zu verbessern, sollten Windschirme senkrecht zur Hauptwindrichtung wie in Bild 5.1 dargestellt aufgestellt werden. Solche Windschirme können (halbdurchlässige) Wände, Büsche oder andere den Wind aufhaltende Elemente sein.

Die Höhe der Elemente ist von der gewünschten Schutzwirkung abhängig. Hierbei kann als Faustregel davon ausgegangen werden, dass ein Windschutzelement ca. das 4-fache seiner Höhe stromabwärts schützen kann.

Alternativ könnte südlich der Spielfläche ein weiteres Stockwerk eingeplant werden, welches dann als Schutzschirm wirken könnte.

Weiterhin könnte die Spielfläche weiter nach Norden in den Bereich von Bauteil 4 verschoben werden. Hier liegt auch für Verweilflächen ein guter Windkomfort vor.

6.2.2 Minderungsmaßnahmen für Bauteile 8 bis 10

Für die Kita-Außenanlage im Bereich der Bauteile 8 bis 10 gilt Ähnliches wie für Bauteil 1.

Der unbefriedigende Windkomfort (für Spielflächen) wird hier vor allem durch eine einzelne Windrichtung aus 240° (Süd-Westen) verursacht. Wind aus dieser Richtung fließt über den niedrigen Gebäudeteil, verursacht Abwind von der Westfassade des Gebäudes und fließt in Richtung der Öffnung an der Nordseite des Grundstücks. Die mögliche Lösung hier ist ähnlich wie die vorgeschlagene Lösung zum Bauteil 1: Windschirme senkrecht zur Windrichtung wie in Bild 6.4 dargestellt.

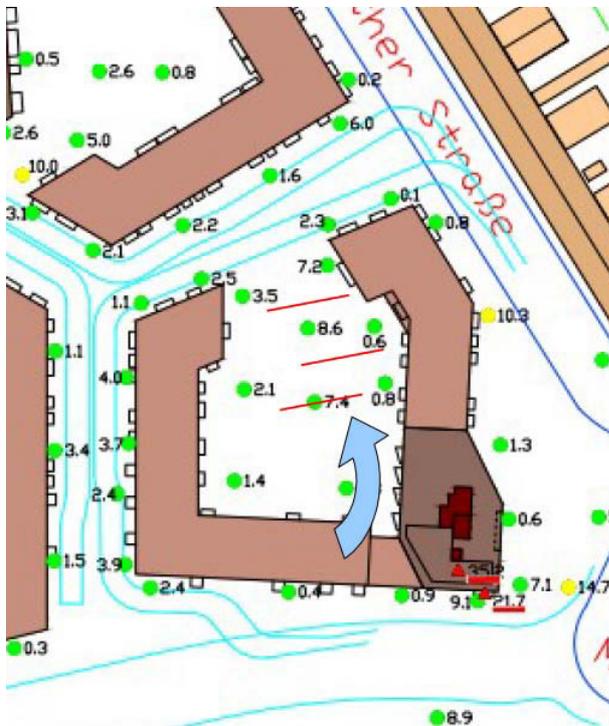


Bild 6.4: Windschirme zum Schutz der Kita-Außenanlage

6.2.3 Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante A)

Auf Grundlage der ersten Ergebnisse der Windkomfortmessungen wurden gemeinsam mit dem Landschaftsarchitekten Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts in den Bereichen zwischen den Bauteilen 1 bis 4 und 8 bis 10 aufgezeigt. Diese sind mit zusätzlicher Bepflanzung in eine überarbeitete Außenanlagenplanung eingeflossen [12] (siehe Anlage 7.1). Die zusätzliche Bepflanzung dient insbesondere der Verbesserung des Windkomforts im Be-

reich der Spiel- und Kitaflächen. Weiterhin wurde im Bereich der Bauteile 8 bis 10 ein 1,8 Meter hoher die Kitafläche umgebender Zaun als Minderungsmaßnahme berücksichtigt.

Das bestehende Windkanalmodell wurde um die Bepflanzung und den Kitazaun zwischen den Bauteilen 1 bis 4 und 8 bis 10 ergänzt (siehe Anlage 7.2). Weiterhin wurden einige zusätzliche Messpunkte in diesen Bereichen eingerichtet (siehe Anlage 7.3). Da den Messpunkten nun konkreter Nutzungen zugeordnet werden konnten, wurden die Spiel- und Kitaflächen mit dem strengsten Bereichstyp III – Verweilflächen beurteilt (Messpunkte 20, 76, 82, 119 bis 122 und 125 bis 127). Die übrigen Bereiche außerhalb der Spiel- und Kitaflächen werden als Bereichstyp II – Bewegungsflächen beurteilt. Die Messpunkte 71 und 84 wurden als Bereichstyp I – Verkehrsfläche eingestuft, da sie sich auf den Erschließungsflächen zwischen den Bauteilen 7 und 8 befinden.

Die Ergebnisse der Windkomfortmessung mit Verbesserungsmaßnahmen – Variante A sind in Anlage 7.4 und nachfolgend im Text dargestellt.

6.2.3.1 Bereich Bauteile 1 bis 4

In den nachfolgenden Bildern 6.5 und 6.6 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen ohne und mit Minderungsmaßnahmen als Ausschnitte aus den Anlagen 6.1 und 7.4 gegenübergestellt.

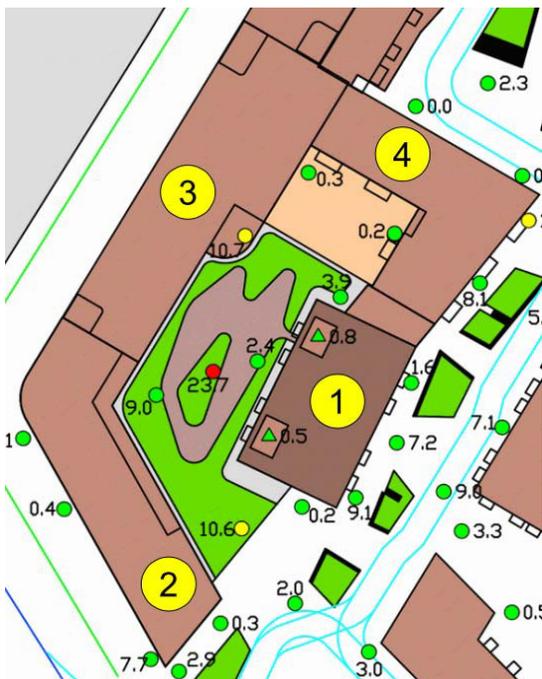


Bild 6.5: Ohne Maßnahmen

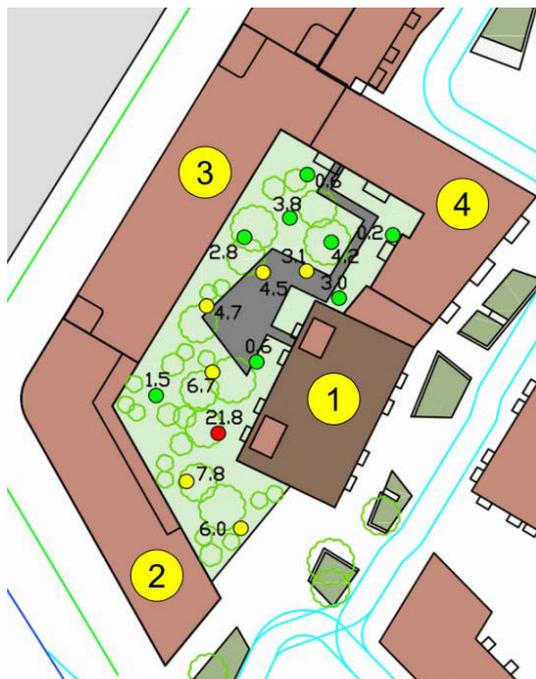


Bild 6.6: Mit Maßnahmen

Aufgrund erster Empfehlungen wurde die Spielfläche bereits nach Norden in einen Bereich mit günstigerem Windkomfort verschoben. Die zusätzliche Bepflanzung zeigt insgesamt eine sehr gute Wirkung, vor allem am Messpunkt 26 im ehemaligen Zentrum der Spielfläche, an welchem sich von 23,7 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ohne Maßnahmen auf 6,7 % mit Maßnahmen ein deutlich verbesserter Windkomfort einstellt.

Insgesamt verbessert sich der Windkomfort auf der gesamten Fläche zwischen den Bauteilen 1 bis 4 deutlich. Im Bereich der nun nach Norden verschoben geplanten Spielfläche liegt mit Messwerten zwischen 0,6 bis 4,7 % ein guter bis mäßiger Windkomfort für den strengsten Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Es ist davon auszugehen, dass die Zeiten mit mäßigem Windkomfort bei schlechteren Wetterverhältnissen vorliegen. Bei gutem Wetter ist eine Nutzung der Spielfläche bei gutem Windkomfort zu erwarten.

Durch die Verdichtung der Messpunkte hat sich ein neuer Punkt mit unbefriedigendem Windkomfort (21,8 %) im Bereich der südwestlichen Gebäudeecke des Hochhauses Bauteil 1 ergeben. Dieser Punkt befindet sich aber in einem nicht öffentlich nicht genutztem Bereich. Minderungsmaßnahmen sind hier daher nicht erforderlich.

6.2.3.2 Bereich Bauteile 8 bis 10

In den nachfolgenden Bildern 6.7 und 6.8 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen ohne und mit Minderungsmaßnahmen als Ausschnitte aus den Anlagen 6.1 und 7.4 gegenübergestellt.

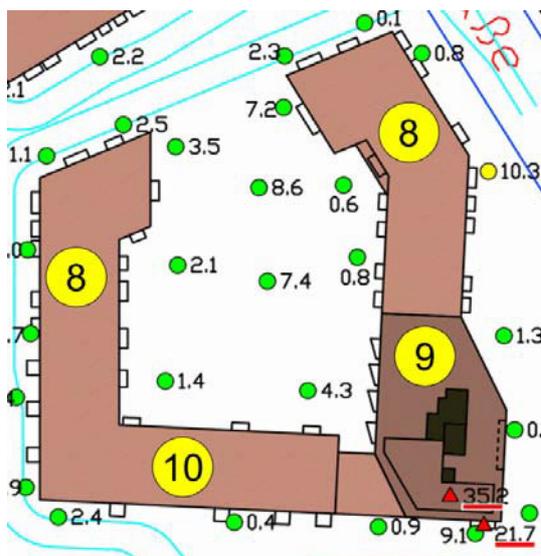


Bild 6.7: Ohne Maßnahmen

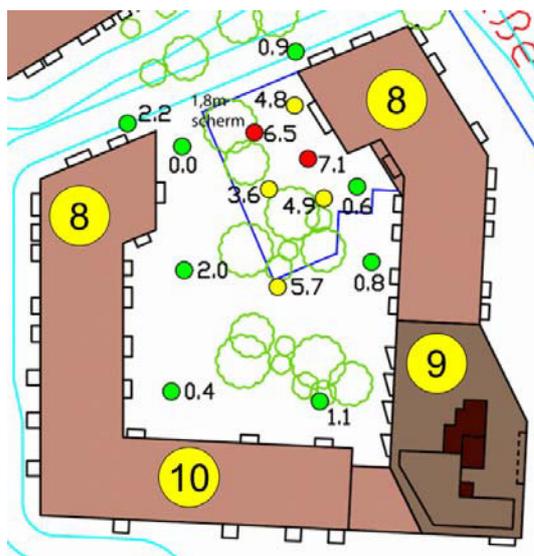


Bild 6.8: Mit Maßnahmen – Variante A

Die im Bereich zwischen den Bauteilen 7 bis 10 geplante Bepflanzung sowie der Zaun um den Kindergarten herum zeigen eine leichte Verbesserung des Windkomforts. Im Bereich der Kitaspielfläche liegt für den Bereichstyp III – Verweilflächen mit Messwerten zwischen 0,6 bis 7,1 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel überwiegend ein mäßiger bis unbefriedigender Windkomfort vor.

Ursächlich hierfür ist ein offener Korridor zwischen Bauteil 8 in welchen keine Bäume geplant sind. Hier kann der Wind weiterhin relativ ungehindert den Bereich des geplanten Kindergartens erreichen (siehe Bild 6.4).

6.3 Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante B

Es wurden zusätzliche Messpunkte an den Balkonen im oberen Drittel der Bauteile 6 sowie den Bauteilen 1 und 9 eingerichtet um den dortigen Windkomfort und ggfs. Windgefahren zu untersuchen (siehe Anlage 8.4).

6.3.1 Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6

Im Eingangsbereich von Bauteil 6 liegt nur ein mäßiger Windkomfort vor. Eine Minderungsmaßnahme hierfür sind in Anlage 8.2 dargestellt und umfasst ein Schließen der Lücken zwischen den Balkonen im 1. Obergeschoss über dem Eingangsbereich durch Verlängerung der Balkonböden auf Breite der Balkone, also ca. 2,6 Meter.

6.3.2 Minderungsmaßnahmen für Bauteil 8 (Kita-Außenanlage)

Im Bereich der Kindertagesstätte zwischen den Bauteilen 8 bis 10 liegt in Teilbereich weiterhin nur ein mäßiger Windkomfort vor. Um hier eine weitere Verbesserung zu erreichen wurde ein zusätzlicher Baum im Bereich der Kita berücksichtigt (siehe Anlage 8.1)

6.3.3 Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante B)

Die Ergebnisse der Windkomfortmessung mit Verbesserungsmaßnahmen – Variante B sind in den Anlagen 8.5 für Windkomfort und 8.6 für Windgefahren sowie nachfolgend im Text dargestellt.

6.3.3.1 Bereich Bauteil 1

Auf den Balkonen von Bauteil 1 liegt mit Messwerten von weniger als 1 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ein guter Windkomfort für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Windgefahren liegen nicht vor. Gleiches ist für die Balkone an der Südfassade zu erwarten, da diese tiefer in der Fassade liegen und durch Seitenwände geschützt sind.

6.3.3.2 Bereich Bauteil 6

In den nachfolgenden Bildern 6.9 und 6.10 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen im Bereich des Bauteils 6 ohne und mit Minderungsmaßnahmen für die Variante B als Ausschnitte aus den Anlagen 6.1 und 8.5 gegenübergestellt.

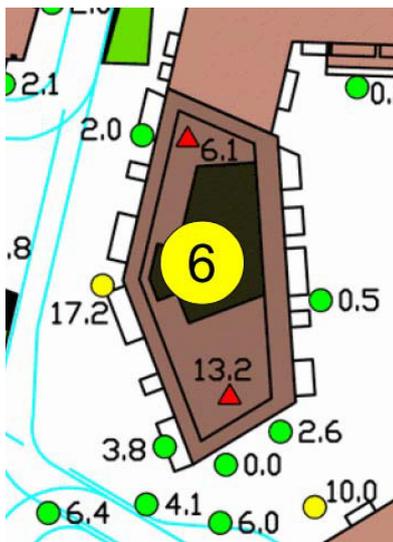


Bild 6.9: Ohne Maßnahmen

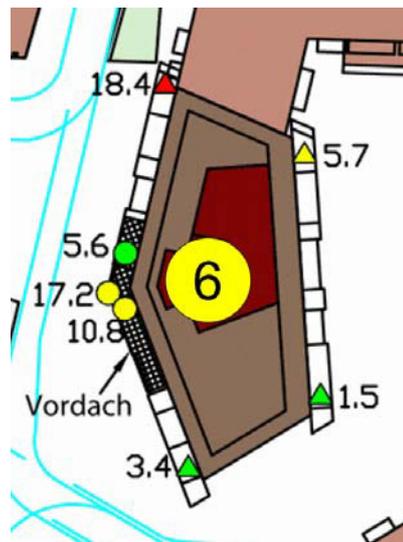


Bild 6.10: Mit Maßnahmen – Variante B

Das Schließen der Lücke zwischen den Balkonen im 1. Obergeschoss oberhalb des Eingangsbereiches zu Bauteil 6 hat keine Wirkung gezeigt. Als eine Faustregel kann gesagt werden, dass ein Vordach in der Tiefe ungefähr soweit eine Wirkung zeigt wie es Breit ist. In

diesem Fall ist die Höhe des Vordaches ca. doppelt so hoch wie die Breite. Daher zeigt das Vordach keine Wirkung.

Hier liegt mit 17,2 % der Jahresstunden für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche weiterhin nur ein mäßiger Windkomfort vor. Für Eingangsbereiche ist ein guter Windkomfort für den Bereichstyp II – Bewegungsflächen anzustreben. Für den Bereichstyp II liegt mit 17,2 % der Jahresstunden jedoch hier nur ein unbefriedigender Windkomfort vor. Für eine Verbesserung des Windkomforts muss das Vordach vergrößert werden. Ein solches Dach wird in Variante D untersucht.

Die zusätzlichen Messpunkte an den Balkonen von Bauteil 6 zeigen mit Messwerten zwischen 1,5 % bis zu 18,4 % einen guten bis unbefriedigenden Windkomfort für eine Einstufung als Bereichstyp II – Bewegungsflächen und insbesondere für den Bereichstyp III – Verweilflächen vor. Ebenso liegt am Balkon an der nördlichen Gebäudekante eine mögliche Windgefahr der Risiko-Stufe 1 vor (siehe Anlage 8.6). Mögliche Minderungsmaßnahmen für den Windkomfort und die Windgefahr werden in den nachfolgenden Varianten C und D untersucht.

6.3.3.3 Bereich Bauteil 8

In den nachfolgenden Bildern 6.11 und 6.12 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen im Bereich des Bauteils 8 mit Minderungsmaßnahmen für die Varianten A und B als Ausschnitte aus den Anlagen 7.4 und 8.5 gegenübergestellt.

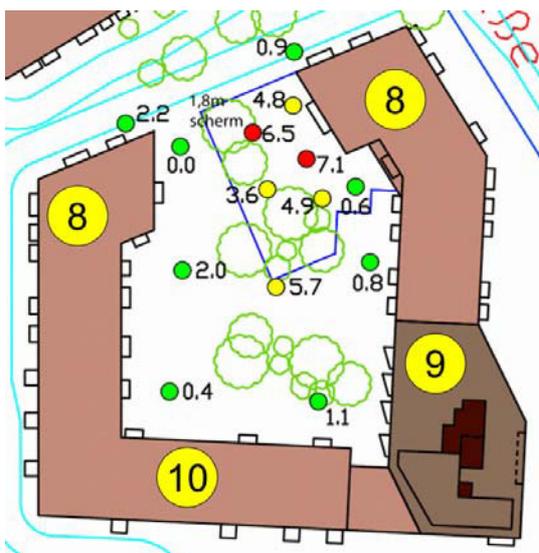


Bild 6.11: Mit Maßnahmen – Variante A

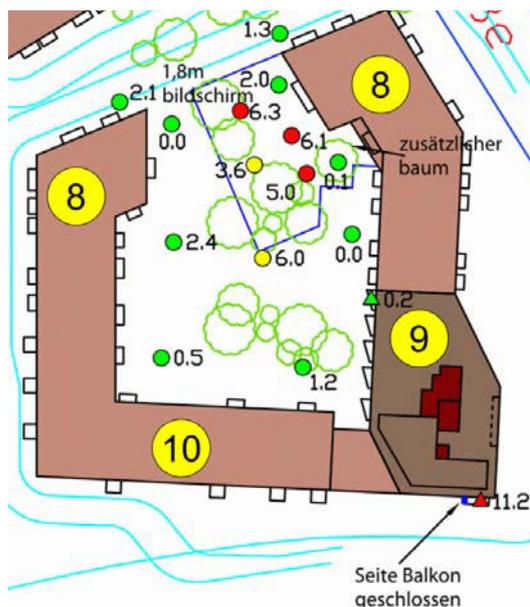


Bild 6.12: Mit Maßnahmen – Variante B

Der zusätzliche Baum im Bereich der Kita-Außenanlage zeigt nur eine geringe Verbesserung des Windkomforts für eine Einstufung als Bereichstyp III – Verweilfläche gegenüber der Variante A. Weitere mögliche Minderungsmaßnahmen werden in den nachfolgenden Varianten C und D untersucht.

6.3.3.4 Bereich Bauteil 9

Die zusätzlichen Messpunkte an den Balkonen von Bauteil 9 zeigen mit Messwerten zwischen 0,2 % bis zu 11,2 % nur einen guten bis unbefriedigenden Windkomfort für eine Einstufung als Bereichstyp II – Bewegungsflächen und insbesondere für den Bereichstyp III – Verweilflächen (siehe Bild 6.12). Hierbei wurde bereits ein seitlicher Windschirm als Minderungsmaßnahme gegenüber der Variante A (siehe Bild 6.7) berücksichtigt.

Mit einem solchem seitlichen Windschirm am Balkon liegt an den südlichen Balkonen gegenüber der Variante A ohne seitlichen Windschirm keine Windgefahr mehr vor (siehe Bilder 6.13 und 6.14).

Sollten weitere Balkone an der Ostfassade geplant werden, so sind diese analog durch seitliche Windschirme zu schützen.

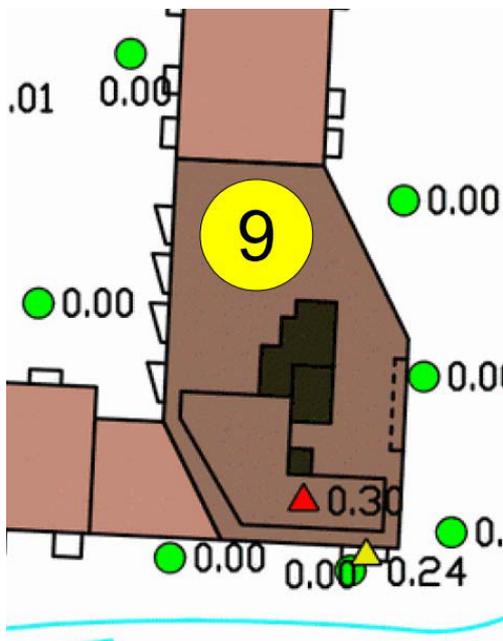


Bild 6.13: Windgefahr - ohne Maßnahmen

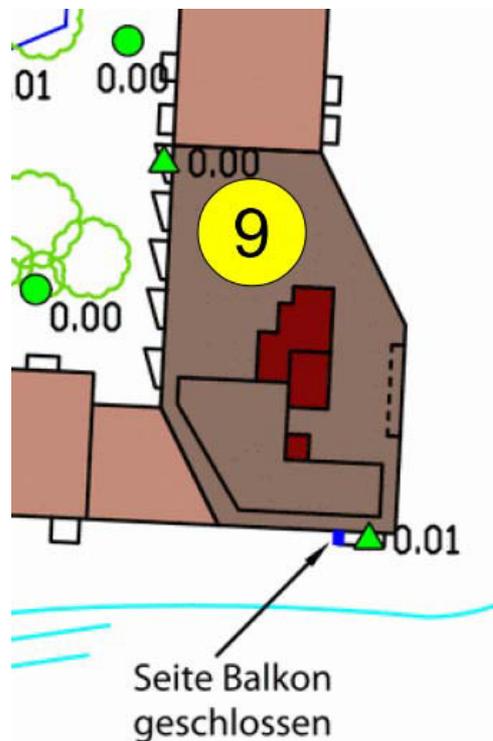


Bild 6.14: Mit Maßnahmen – Variante B

Der unbefriedigende Windkomfort mit einer Windgefahr der Risiko-Stufe 2 auf der Dachterrasse von Bauteil 9 kann durch einfache Minderungsmaßnahmen voraussichtlich nicht verbessert werden. Für eine Nutzung der Dachterrasse ist eine automatische Tür zu empfehlen, welche bei Überschreitung einer festzulegenden Windgeschwindigkeit ein Betreten der Dachterrasse verhindert, aber ein Verlassen der Dachterrasse jederzeit ermöglicht. Solche Systeme sind verfügbar. Alternativ wäre eine hohe umlaufende geschlossene Brüstung erforderlich um den Windkomfort zu verbessern und Windgefahren auszuschließen.

6.4 Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante C

6.4.1 Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6

Im Bereich der Balkone wurden weitere seitliche Abschirmungen angebracht (siehe Anlage 9.1).

6.4.2 Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 8 (Kita-Außenanlage)

Der die Kita-Außenanlage umgebende Zaun wurde im südlichen Teil als windundurchlässig modelliert (siehe Anlage 9.1).

6.4.3 Minderungsmaßnahmen für Bauteil 9

An den Balkonen von Bauteil 9 wurden beide Seiten der Balkone geschlossen (siehe Anlage 9.1).

6.4.4 Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante C)

Die Ergebnisse der Windkomfortmessung mit Verbesserungsmaßnahmen – Variante C sind in den Anlagen 9.2 für Windkomfort und 9.3 für Windgefahren sowie nachfolgend im Text dargestellt.

6.4.4.1 Bereich Bauteil 6

In den nachfolgenden Bildern 6.15 und 6.16 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen im Bereich des Bauteils 6 mit Minderungsmaßnahmen für die Varianten B und C als Ausschnitte aus den Anlagen 8.5 und 9.2 gegenübergestellt.

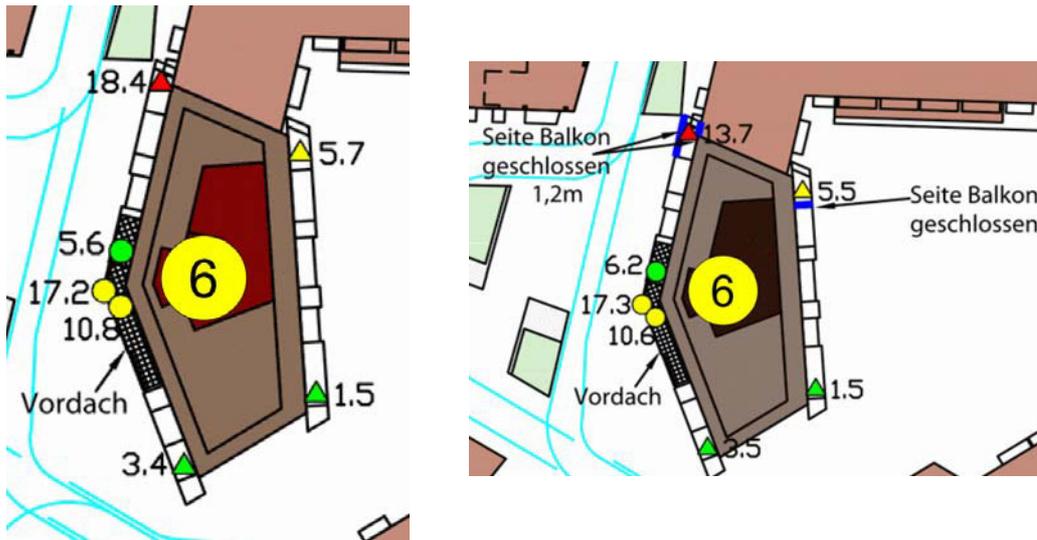


Bild 6.15: Mit Maßnahmen – Variante B Bild 6.16: Mit Maßnahmen – Variante C

Durch das Schließen der Seiten der Balkone um 1,2 Meter hat sich der Windkomfort auf dem nördlichen Balkon von 18,4 % auf 13,7 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel ist aber immer noch unbefriedigend. Ebenso liegt hier weiterhin eine Windgefahr der Risiko-Stufe 1 vor (siehe Anlage 9.3.).

Die Windschirme im Bereich des östlichen Balkons zeigt nur eine geringe Wirkung. Weitere mögliche Minderungsmaßnahmen werden in der nachfolgenden Variante D untersucht.

6.4.4.2 Bereich Bauteil 8

In den nachfolgenden Bildern 6.17 und 6.18 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen im Bereich des Bauteils 8 mit Minderungsmaßnahmen für die Varianten B und C als Ausschnitte aus den Anlagen 8.5 und 9.2 gegenübergestellt.

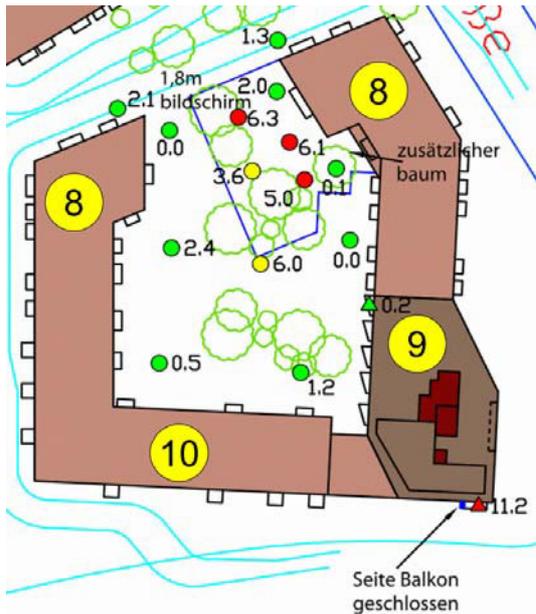


Bild 6.17: Mit Maßnahmen – Variante B

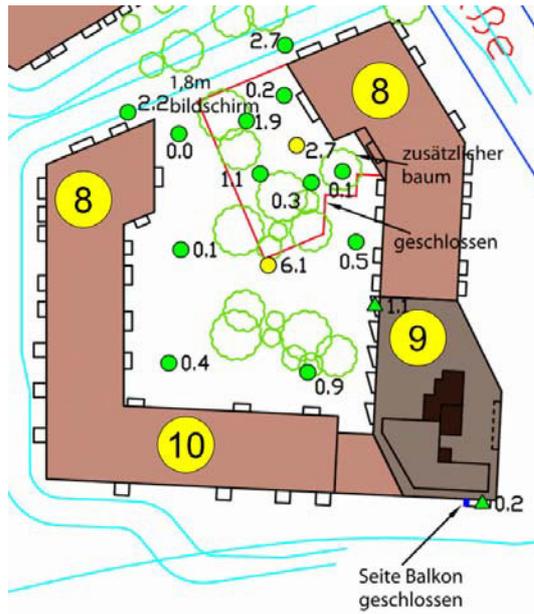


Bild 6.18: Mit Maßnahmen – Variante C

Im Bereich der Kita-Außenanlage wurde der südliche Zaun als Windundurchlässig berücksichtigt. Hierdurch ergibt sich im Bereich der Kita-Außenanlage eine deutliche Verbesserung des Windkomforts. Es liegen dann keine Bereiche mit unbefriedigenden Windkomfort für eine Einstufung als Bereichstyp III – Verweilfläche mehr vor.

Lediglich ein kleiner Bereich, welche mit einem Messwert von 2,7 % der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5 m/s im Stundenmittel gerade die mäßige Einstufung als Verweilfläche erreicht verbleibt. Da im Bereich der Kita-Außenanlage auch gespielt wird, ist ein solcher Bereich unproblematisch.

6.5 Windkanalmessung mit Minderungsmaßnahmen – Variante D

6.5.1 Weitere Minderungsmaßnahmen für Bauteil 6

Im Bereich der Balkone wurden weitere seitliche Abschirmungen angebracht. Ferner wurde das Vordach über dem Eingangsbereich auf eine Breite von 5 Metern vergrößert (siehe Anlage 10.1).

6.5.2 Ergebnisse der Windkomfortmessungen mit Minderungsmaßnahmen (Variante D)

Die Ergebnisse der Windkomfortmessung mit Verbesserungsmaßnahmen – Variante D sind in den Anlagen 10.2 für Windkomfort und 10.3 für Windgefahren sowie nachfolgend im Text dargestellt.

6.5.2.1 Bereich Bauteil 6

In den nachfolgenden Bildern 6.21 und 6.22 sind die Ergebnisse der Windkomfortmessungen im Bereich des Bauteils 6 mit Minderungsmaßnahmen für die Varianten C und D als Ausschnitte aus den Anlagen 8.5 und 10.2 gegenübergestellt.

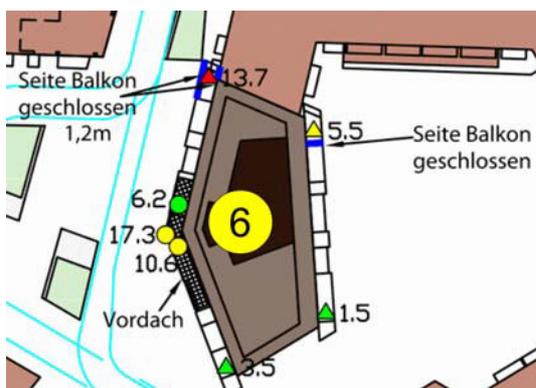


Bild 6.21: Mit Maßnahmen – Variante C

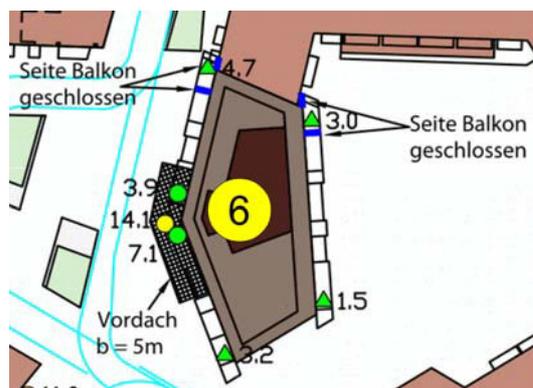


Bild 6.22: Mit Maßnahmen – Variante D

Durch das größere Vordach kann der Windkomfort im Eingangsbereich etwas verbessert werden. Jedoch liegt mit bis zu 14,1 % der Jahresstunden für den Bereichstyp I – Verkehrsfläche weiterhin nur ein mäßiger Windkomfort vor. Für Eingangsbereiche ist ein guter Windkomfort für den Bereichstyp II – Bewegungsflächen anzustreben. Für den Bereichstyp II liegt mit 14,1 % der Jahresstunden jedoch hier ebenfalls weiterhin nur ein unbefriedigender Windkomfort vor.

Eine mögliche Lösung kann, sofern architektonisch möglich, eine Verschiebung des Eingangsbereichs nach Norden in den Bereich des Messpunktes 135 sein. Hier liegt ein deutlich besser Windkomfort vor.

Durch das Anbringen weiterer seitlicher Windschirme an den Balkonen an der Nord- und Ostfassade von Bauteil 6 kann auf den Balkonen ein guter Windkomfort für den Bereichstyp II – Bewegungsfläche erreicht werden. Für den Bereichstyp III – Verweilfläche liegt hier weiterhin nur ein mäßiger Windkomfort vor.

Windgefahren liegen für die Variante D im Untersuchungsgebiet nicht mehr vor (siehe Anlage 10.3).

6.6 Zusammenfassung der erforderlichen Minderungsmaßnahmen

Im Bereich der Balkone an der nördlichen Gebäudeecke von Bauteil 6 sowie auf den Balkonen an der Südfassade von Bauteil 9 sowie auf der Dachterrasse von Bauteil 9 liegen im Planfall Windgefahren vor.

Je nach Nutzung liegt an den Balkonen der Bauteile 6 und 9 sowie in den Außenanlagen der Kindertagesstätten zwischen den Bauteilen 1 bis 4 und 8 bis 10 nur ein mäßiger bis unbefriedigender Windkomfort vor.

Um diese zu beseitigen sind folgende Maßnahmen erforderlich:

Bauteil 1:

- Verschieben der Spielfläche nach Norden gemäß der Außenanlagenplanung vom 09.01.2017,
- Anpflanzen von Bäumen und Büschen gemäß der Außenanlagenplanung vom 09.01.2017.

Bauteile 2, 3, 4 und 5:

- Anpflanzen von Bäumen und Büschen gemäß der Außenanlagenplanung vom 09.01.2017.

Bauteil 6:

- Errichten eines Vordaches über dem Eingangsbereich. Eine Breite von 5 Metern ist jedoch noch nicht ausreichend für guten Windkomfort. Hier sind für einen guten Windkomfort ggfs. weitere Windschirme oder ein Verlegen des Eingangs tiefer in

das Gebäude hinein erforderlich. Eine alternative Lösung kann, sofern architektonisch möglich, eine Verschiebung des Eingangsbereichs nach Norden in den Bereich des Messpunktes 135 sein. Hier liegt ein deutlich besser Windkomfort vor.

- Anbringen von seitlichen Windschirmen (Trennwände) an den Balkonen auf der Nord-, Ost- und Westfassade, insbesondere der nördlichen Gebäudeecke.
- Für eine Nutzung der Dachterrasse ist eine automatische Tür zu empfehlen, welche bei Überschreitung einer festzulegenden Windgeschwindigkeit ein Betreten der Dachterrasse verhindert, aber ein Verlassen der Dachterrasse jederzeit ermöglicht. Solche Systeme sind verfügbar.
- Alternativ wäre die geplante umlaufende geschlossene Brüstung deutlich zu erhöhen um den Windkomfort zu verbessern.

Bauteil 7:

- Anpflanzen von Bäumen und Büschen gemäß der Außenanlagenplanung vom 09.01.2017.

Bauteil 8:

- Im Bereich der Kita-Außenanlage ist das Pflanzen von Bäumen gemäß der Außenanlagenplanungen vom 09.01.2017 und 06.03.2017 erforderlich,
- Weiterhin ist ein umlaufender 1,8 Meter hoher Zaun um die Kita-Außenanlage zu erreichen, welcher auf der Südseite windundurchlässig sein muss.

Bauteil 9:

- Anbringen von seitlichen Windschirmen (Trennwände) an den Balkonen auf der Südfassade,
- Sollten weitere Balkone an der Ostfassade geplant werden, so sind diese analog durch seitliche Windschirme zu schützen.
- Für eine Nutzung der Dachterrasse ist eine automatische Tür zu empfehlen, welche bei Überschreitung einer festzulegenden Windgeschwindigkeit ein Betreten der Dachterrasse verhindert, aber ein Verlassen der Dachterrasse jederzeit ermöglicht. Solche Systeme sind verfügbar.
- Alternativ wäre eine hohe umlaufende geschlossene Brüstung erforderlich um den Windkomfort zu verbessern und Windgefahren auszuschließen.

Bauteil 10:

- Anpflanzen von Bäumen und Büschen gemäß der Außenanlagenplanung vom 09.01.2017.

7 Zusammenfassung

Auf dem derzeit von der Deutschen Post genutzten Gelände zwischen der Kölner Straße und der Erkrather Straße im Zentrum von Düsseldorf sollen Wohnkomplexe mit der alternativen Nutzungsmöglichkeit als Büroflächen im Rahmen des sogenannten Bauprojektes „Grand Central“ entstehen. Das Gelände war Gegenstand eines städtebaulichen Wettbewerbs.

Hierzu waren die Auswirkungen des Planvorhabens auf den Windkomfort der umliegenden Gebäude und vor allem der vorhandenen und geplanten Gebäude innerhalb des Plangebietes mittels einer Windkanaluntersuchung zu untersuchen und zu beurteilen.

Im gesamten Plangebiet liegt überwiegend ein guter Windkomfort vor. Mäßiger bis unbefriedigender Windkomfort liegt im Bereich von Gebäudeecken und insbesondere im Umfeld der drei Hochhäuser Bauteil 1, 6 und 9 vor (siehe hierzu im Detail Kapitel 5.2.2.2, 5.2.2.7 und 5.2.2.10).

Auch auf den Dachterrassen der Bauteile 6 und 9 sowie auf den Balkonen der Bauteile 6 und 9 liegt ein unbefriedigender Windkomfort vor (siehe hierzu im Detail Kapitel 5.2.2.7, 5.2.2.10 und 6.3.3.2).

Im Bereich der Balkone von Bauteil 6 und 9 sowie der Dachterrasse von Bauteil 9 liegen Windgefahren vor. Im übrigen Plangebiet ist nicht mit Windgefahren zu rechnen.

Mögliche grundsätzliche Minderungsmaßnahmen werden in Kapitel 6.1 dargestellt. Weiterhin wurden verschiedene Minderungsmaßnahmen in insgesamt vier Variantenuntersuchungen im Windkanal auf Ihre Wirksamkeit hin überprüft (siehe Kapitel 6.2 bis 6.5). Die sich aus diesen Messungen ergebenden Minderungsmaßnahmen sind in Kapitel 6.6 zusammengefasst dargestellt. Mit diesen Maßnahmen können der Windkomfort im Plangebiet deutlich verbessert und Windgefahren vollständig vermieden werden.

Dieser Bericht besteht aus 46 Seiten und 10 Anlagen.

Peutz Consult GmbH



i.V. Dipl.-Ing. Mark Bless



i.A. Dipl.-Ing. Oliver Streuber

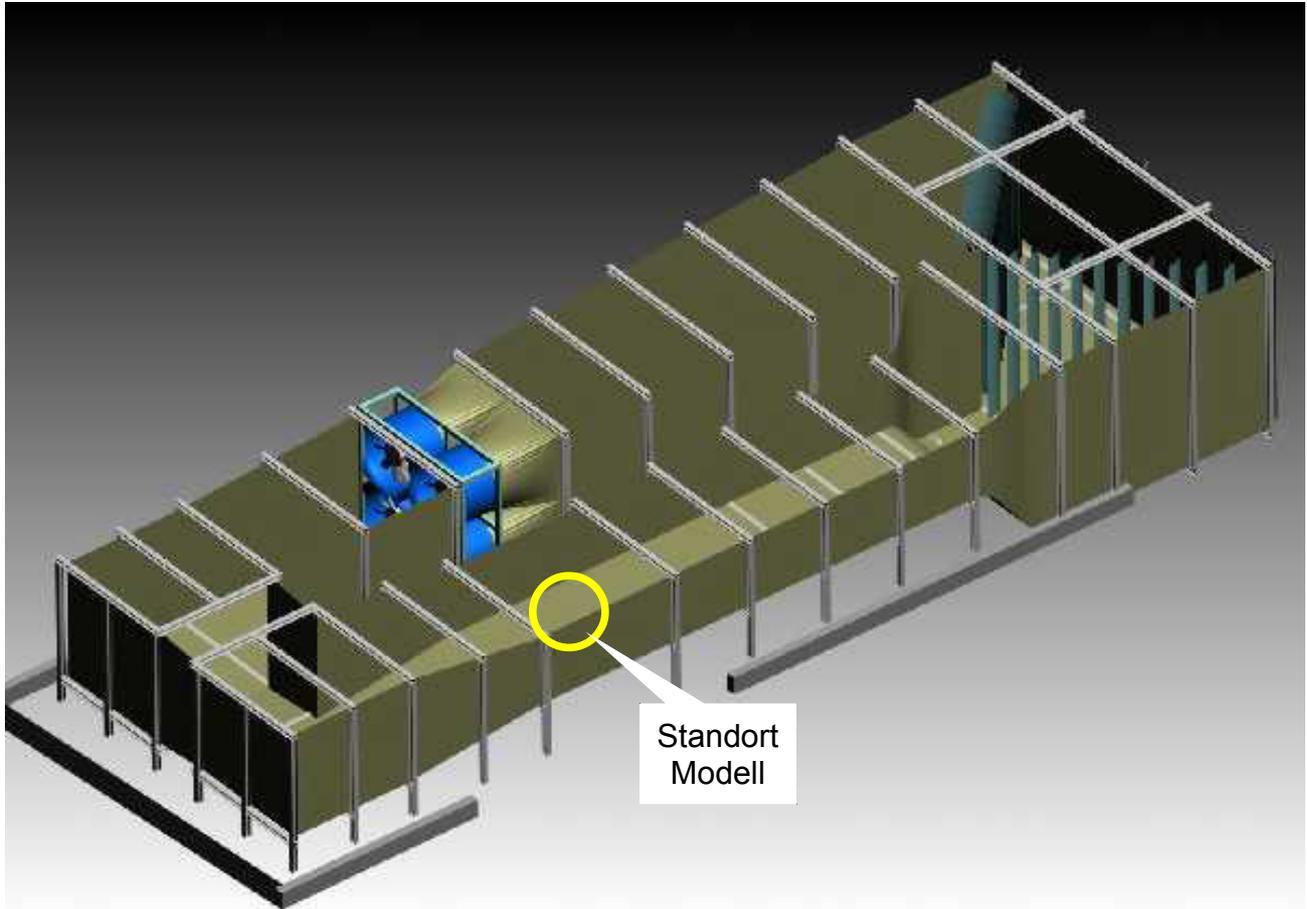
Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Schematische Darstellung des Peutz-Grenzschichtwindkanals und der Windprofile für verschiedene Bebauungshöhen
- Anlage 2 Windkanalmodell Planfall
- Anlage 3.1 Lageplan mit Darstellung des Bebauungsplanentwurfs vom 06.06.2016
- Anlage 3.2 Übersicht über das geplante Bauvorhaben mit Bauteilkennzeichnung
- Anlage 4 Lage und Bereichstypen der Windkomfortmesspunkte im Windkanalmodell für den Planfall
- Anlage 5 Erläuterungen zur Interpretation der folgenden Anlagensätze zum Windkomfort gemäß NEN 8100
- Anlage 6.1 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr und Kennzeichnung von Messpunkten mit Windgefahren (Unterstreichung)
- Anlage 6.2 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr und Kennzeichnung von Messpunkten mit Windgefahren (Unterstreichung) Überlagerung der Ergebnisse mit der Außenanlagenplanung Stand 30.08.2016
- Anlage 6.3 Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr
- Anlage 7.1 Lageplan der Außenanlagen mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts vom 09.01.2017
- Anlage 7.2 Windkanalmodell mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts – Variante A
- Anlage 7.3 Lage und Bereichstypen der Windkomfortmesspunkte im Windkanalmodell für

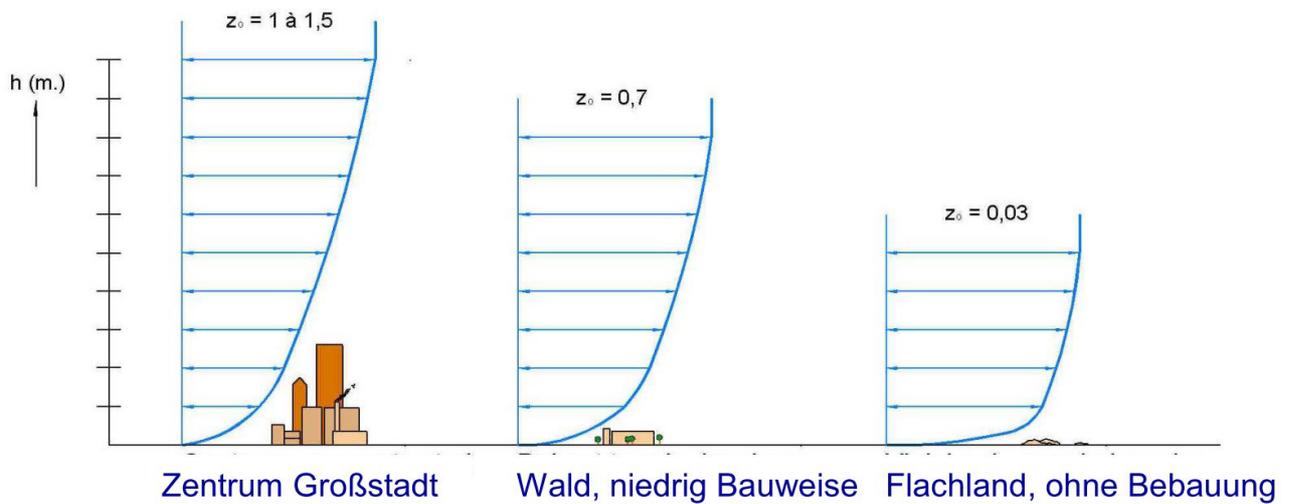
die Variante A

- Anlage 7.4 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante A mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts
- Anlage 8.1 Lageplan der Außenanlagen im Bereich der Kindertagesstätte bei Bauteil 8 mit ergänzenden Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts vom 06.03.2017
- Anlage 8.2 Lageplan mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts im Eingangsbereich und auf den Balkonen von Bauteil 6
- Anlage 8.3 Windkanalmodell mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts – Variante B
- Anlage 8.4 Lage und Bereichstypen der Windkomfortmesspunkte im Windkanalmodell für die Varianten B bis D
- Anlage 8.5 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante B mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts
- Anlage 8.6 Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante B mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts
- Anlage 9.1 Windkanalmodell mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts – Variante C
- Anlage 9.2 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante C mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts
- Anlage 9.3 Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante C mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts

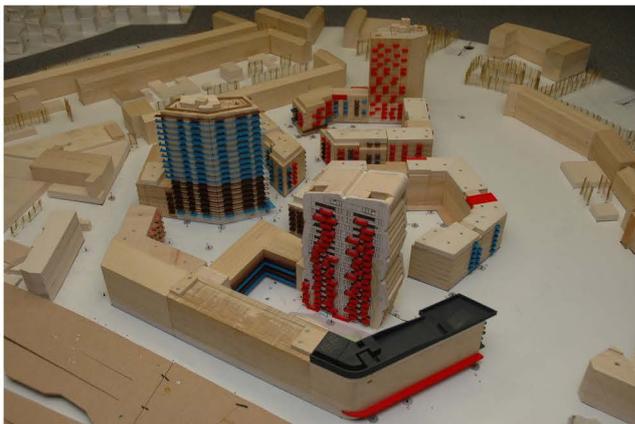
- Anlage 10.1 Windkanalmodell mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts – Variante D
- Anlage 10.2 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante D mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts
- Anlage 10.3 Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante D mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts

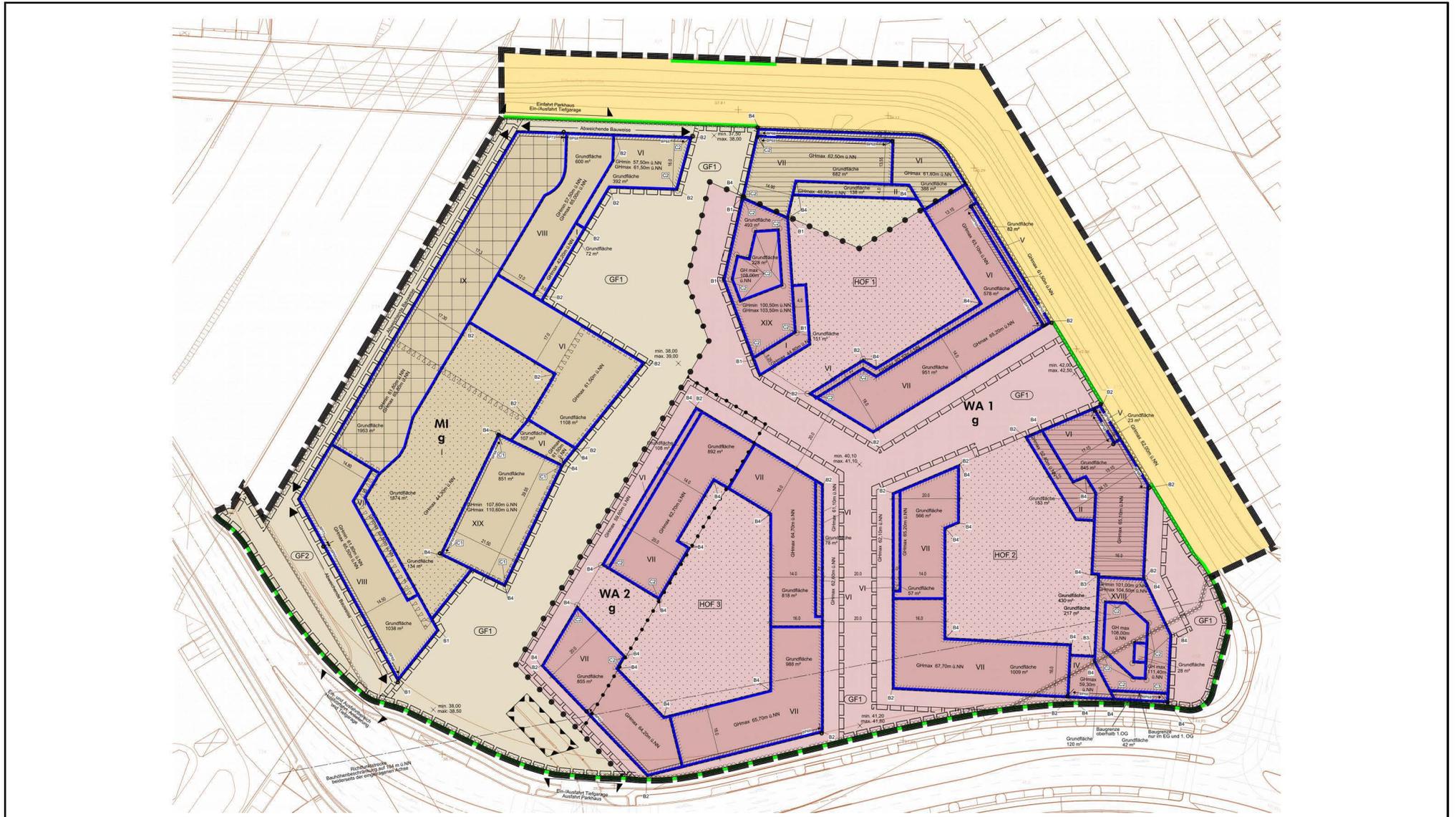


Peutz-Windkanal



Windprofile im Windkanal





Übersicht über das geplante Bauvorhaben mit Bauteilkennzeichnung





Alle Messpunkte sind zunächst als Bereichstyp I – Verkehrsfläche eingestuft.

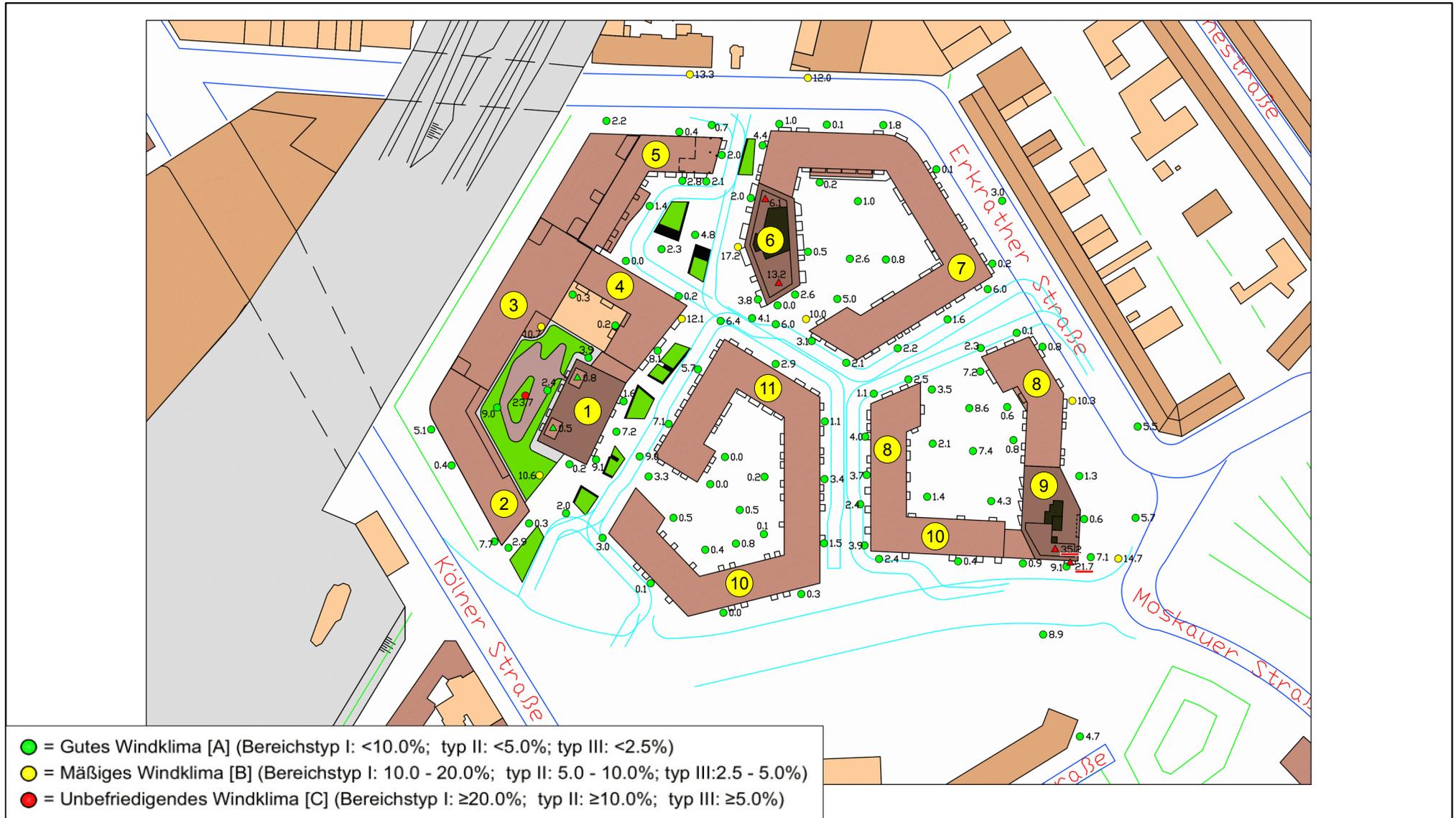
Die Beurteilung des **Windkomforts** hängt vom jeweiligen Bereichstyp (I bis III) ab, welcher jedem Messpunkt entsprechend der geplanten Nutzung zugeordnet ist. Flächen mit einer Außengastronomie gehören somit dem Bereichstyp III – [Verweilen] an. Hiermit sind die höchsten Anforderungen an den Windkomfort verbunden. Entsprechend gehören Flächen wie z.B. Bürgersteige, welche nur dem Durchlaufen eines Bereiches dienen dem Bereichstyp I – [Durchlaufen] mit den geringsten Anforderungen an den Windkomfort an.

Hieraus ergibt sich auch, dass die gleiche prozentuale Anzahl von Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5m/s für unterschiedliche Bereichstypen unterschiedliche Beurteilungen des Windkomforts ergeben:

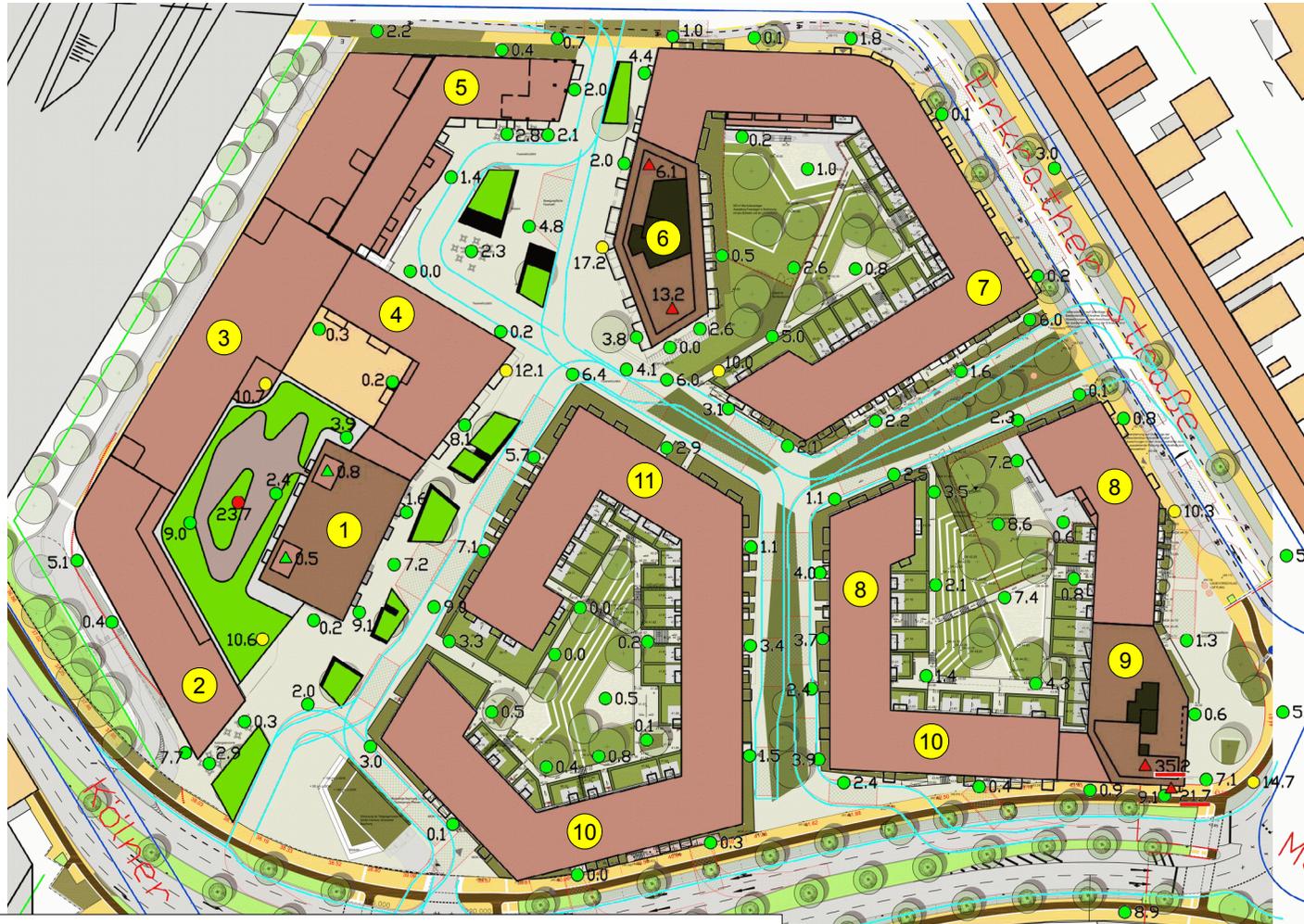
-  = Gutes Windklima [A] (Bereichstyp I: <10,0%; Typ II: <5,0%; Typ III: <2,5%)
-  = Mäßiges Windklima [B] (Bereichstyp I: 10,0-20,0%; Typ II: 5,0-10,0%; Typ III: 2,5-5,0%)
-  = Unbefriedigendes Windklima [C] (Bereichstyp I: >20,0%; Typ II: >10,0%; Typ III: >5%)

Prozent der Jahresstunden mit Windgeschwindigkeiten > 5m/s	Bereichstyp / Aktivität		
	I – Durchlaufen	II – Schlendern	III – Verweilen
< 2,5%	Gut	Gut	Gut
2,5 – 5%	Gut	Gut	Mäßig
5 – 10%	Gut	Mäßig	Unbefriedigend
10 – 20%	Mäßig	Unbefriedigend	Unbefriedigend
> 20%	Unbefriedigend	Unbefriedigend	Unbefriedigend

Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr und Kennzeichnung von Messpunkten mit Windgefahren (Unterstreichung)



Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr
 und Kennzeichnung von Messpunkten mit Windgefahren (Unterstreichung)
 Überlagerung der Ergebnisse mit der Außenanlagenplanung Stand 30.08.2016



- = Gutes Windklima [A] (Bereichstyp I: <10.0%; typ II: <5.0%; typ III: <2.5%)
- = Mäßiges Windklima [B] (Bereichstyp I: 10.0 - 20.0%; typ II: 5.0 - 10.0%; typ III: 2.5 - 5.0%)
- = Unbefriedigendes Windklima [C] (Bereichstyp I: ≥20.0%; typ II: ≥10.0%; typ III: ≥5.0%)

Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall
in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr

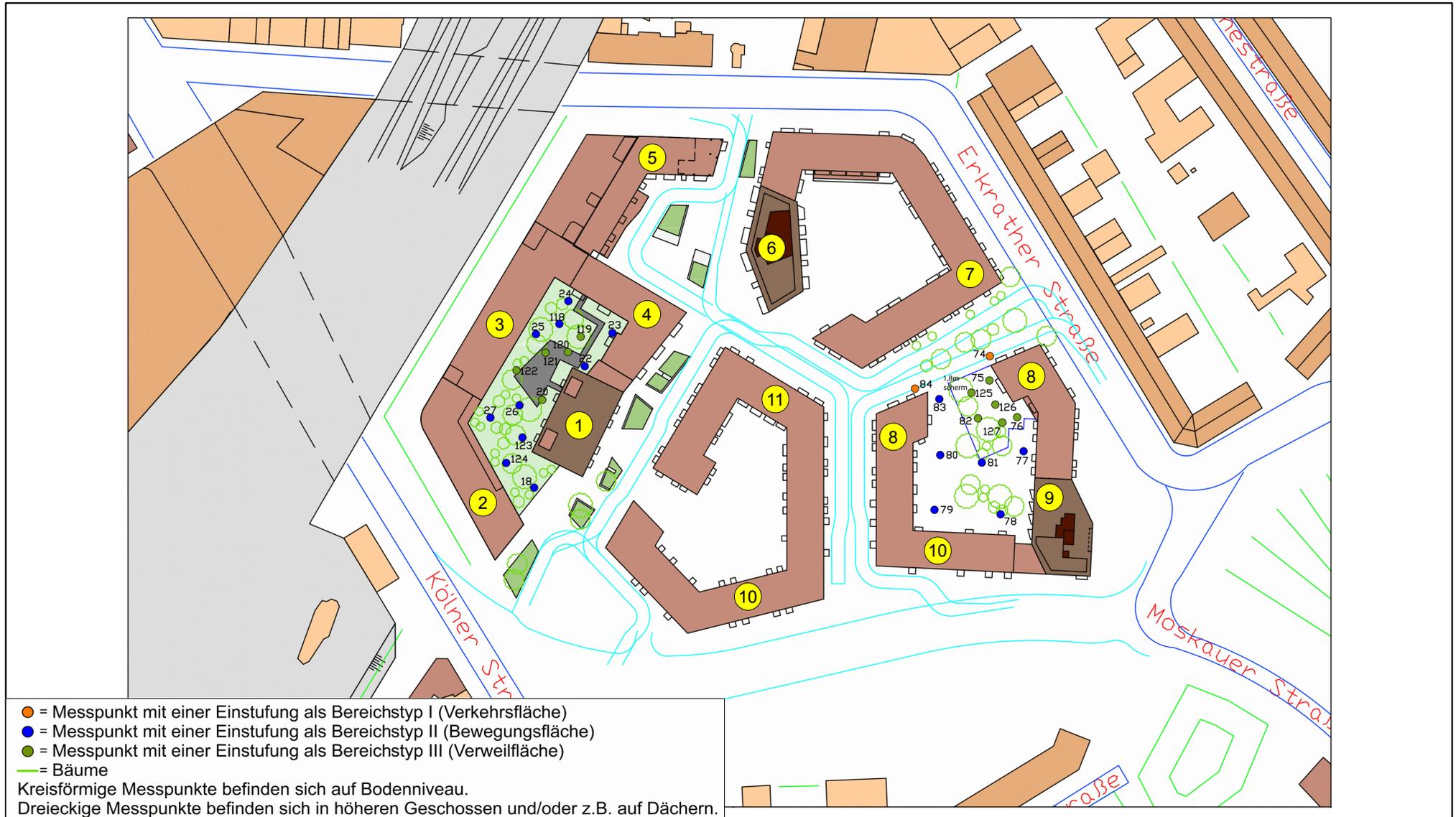


- = Keine Windgefahr
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 1 ($v > 15 \text{ m/s}$; $0,05 < p < 0,30 \%$)
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 2 ($v > 15 \text{ m/s}$; $p \geq 0,30 \%$)

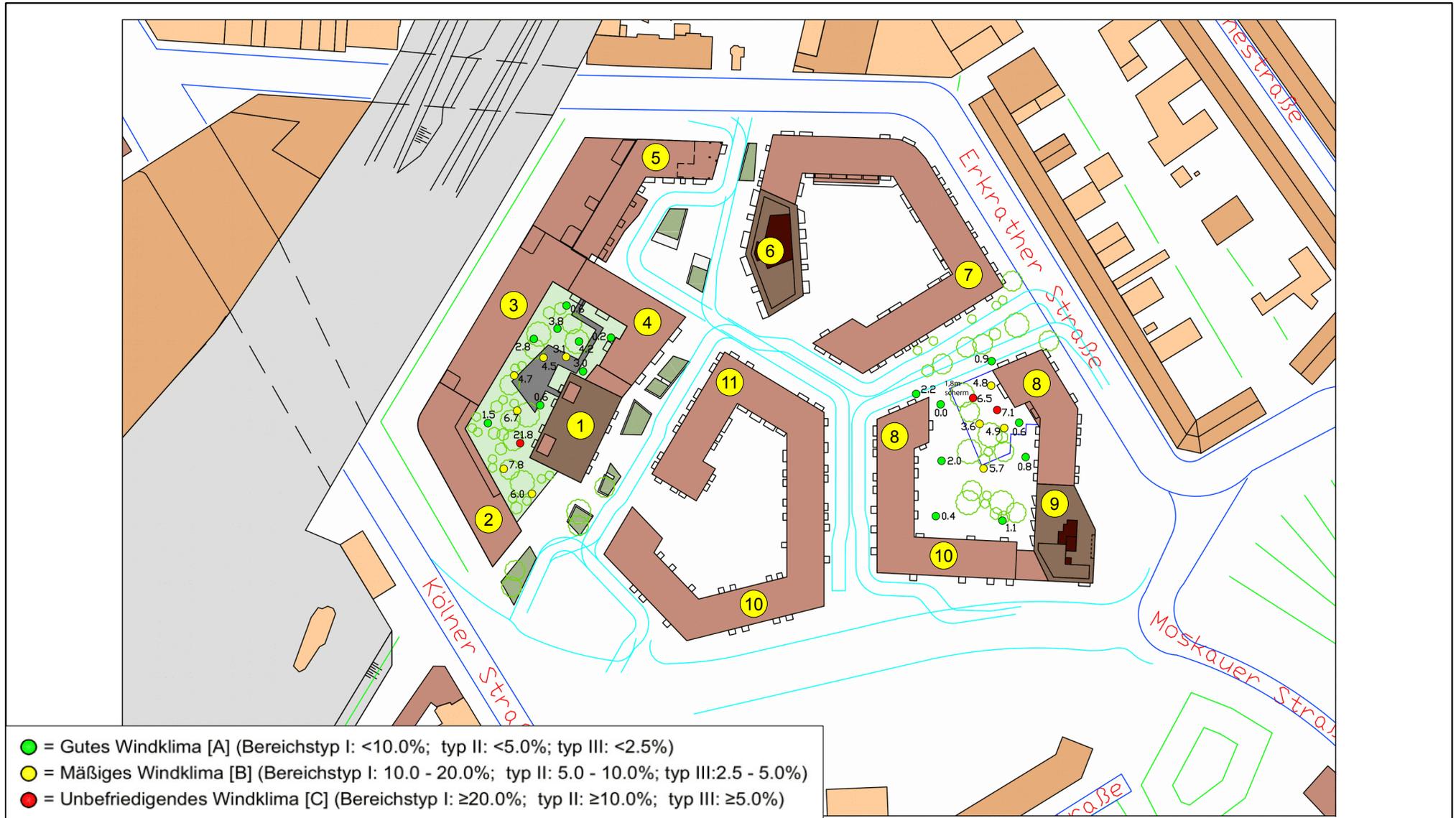


Bereich Bauteile 1 bis 4

Bereich Bauteile 8 bis 10



Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante A mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts

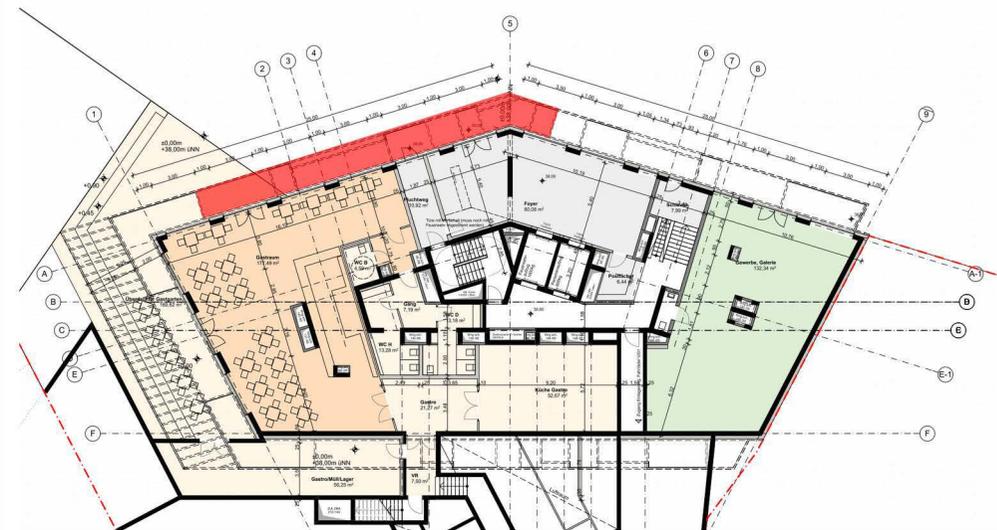
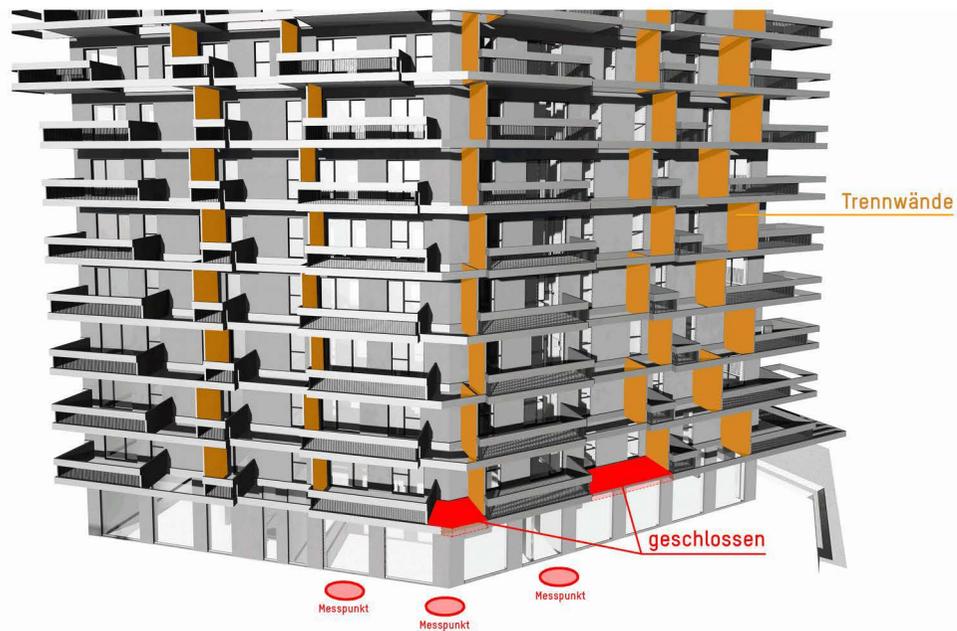


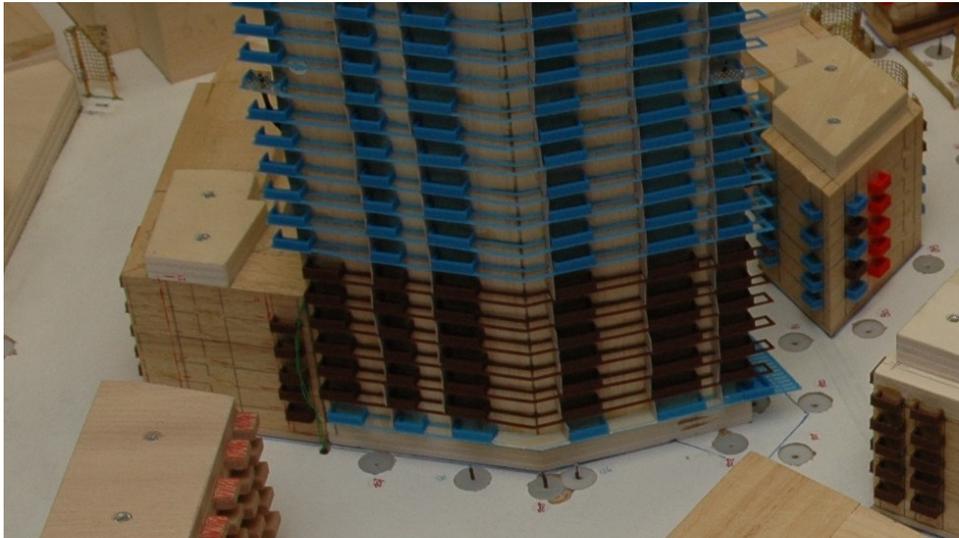
Lageplan der Außenanlagen im Bereich der Kindertagesstätte bei Bauteil 8 mit ergänzenden Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts vom 06.03.2017

PROJEKT: GRAND CENTRAL DÜSSELDORF
Planausschnitt Baufeld 8 - Verbesserung Windkomfort Kita
Vorabzug von AU_VP_AU_LP_0100V0-d_K
Stand 06.03.2017, Blattgröße DIN A3 M 1: 200



Lageplan mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts im Eingangsbereich und auf den Balkonen von Bauteil 6

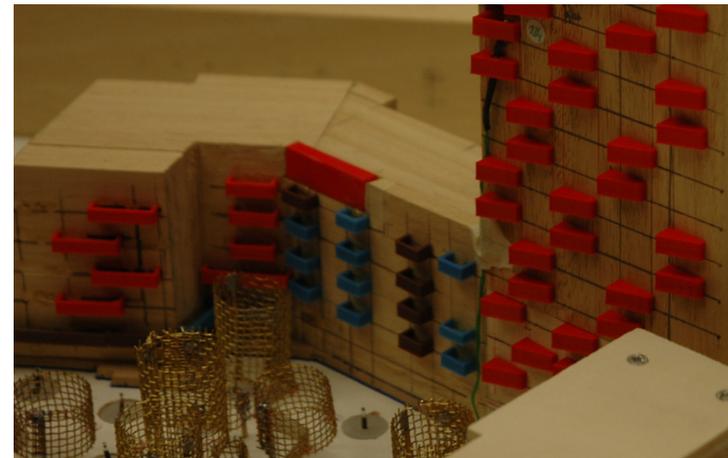




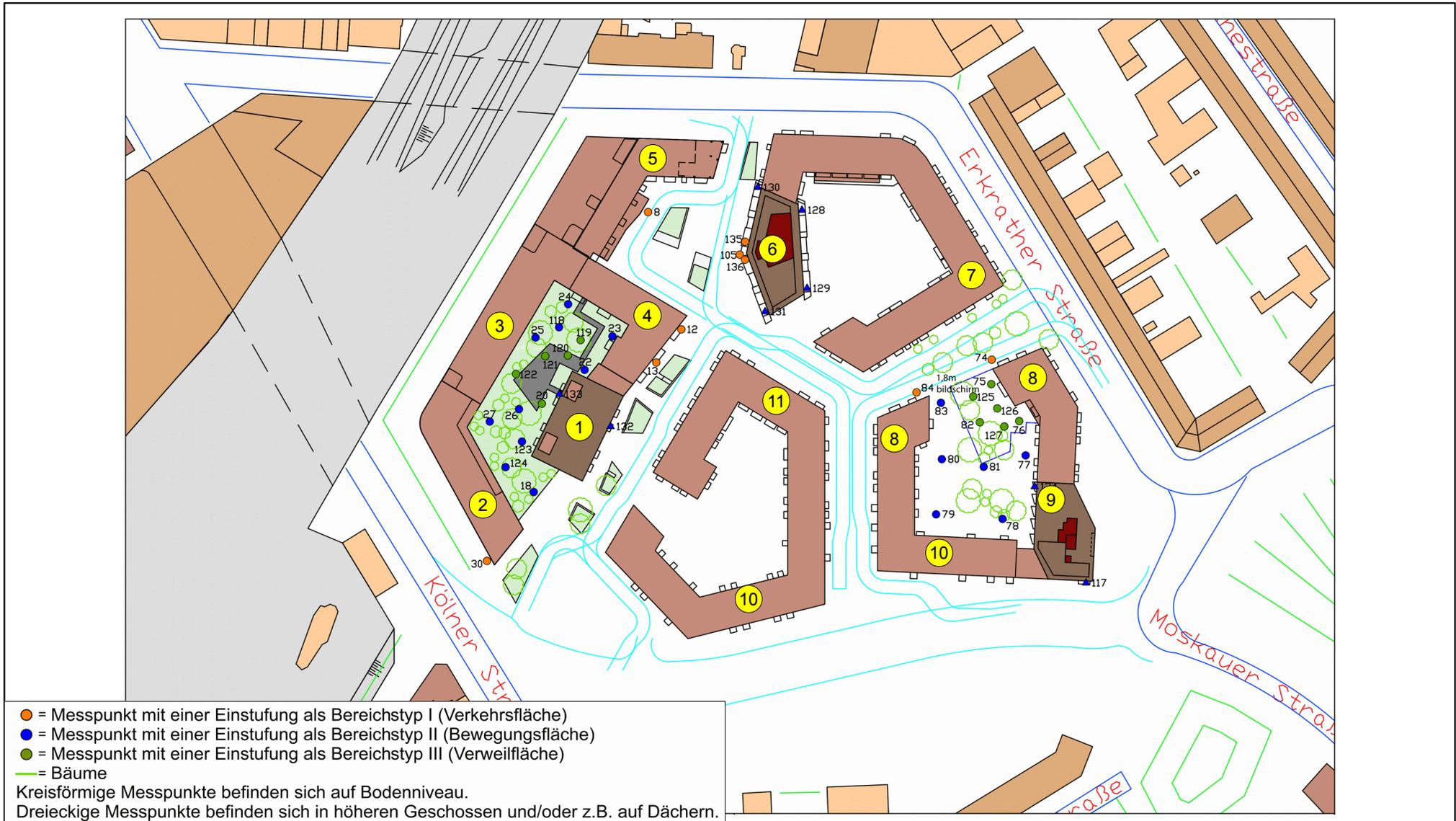
Bereich Bauteil 6



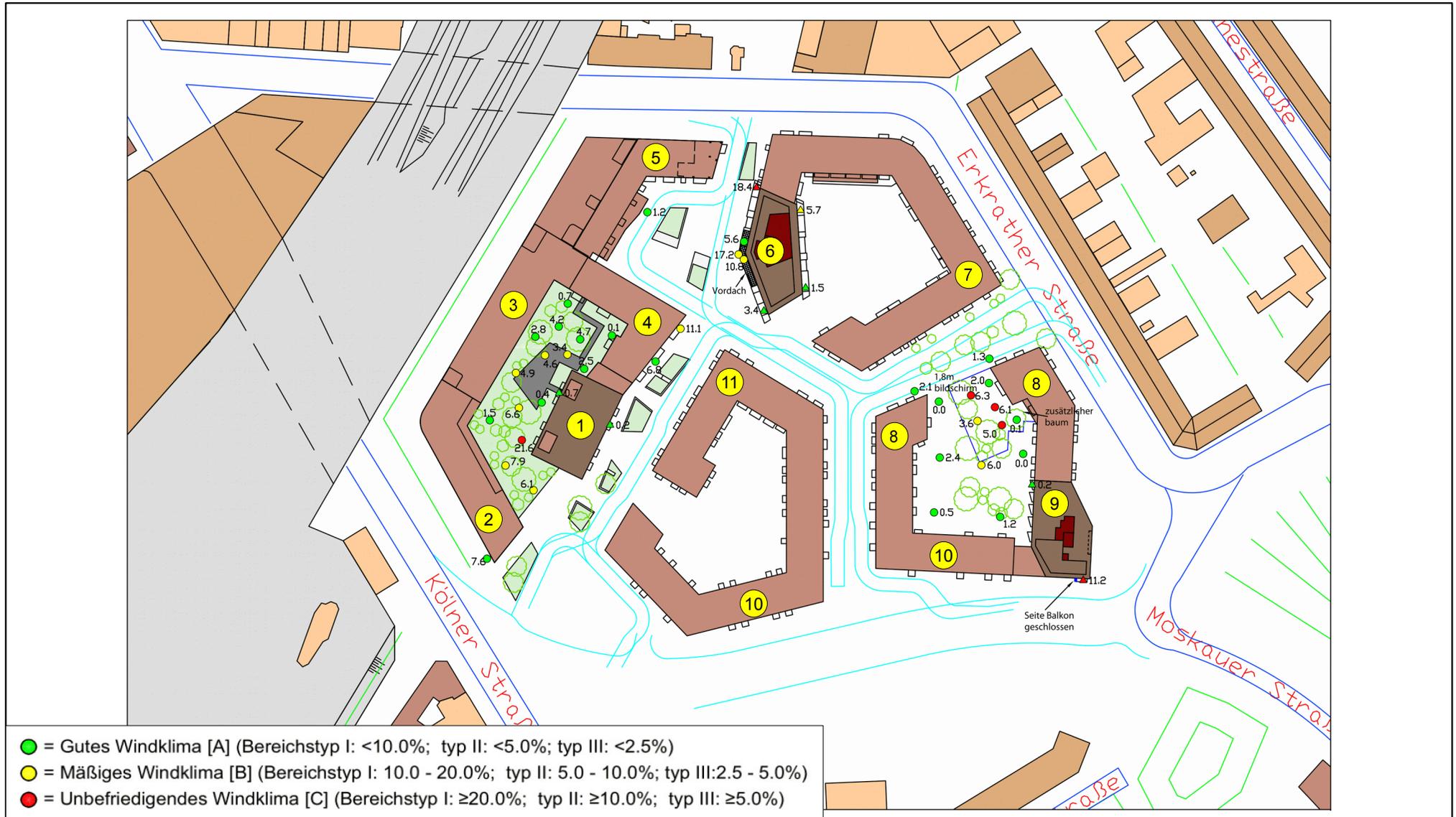
Bereich Bauteil 6



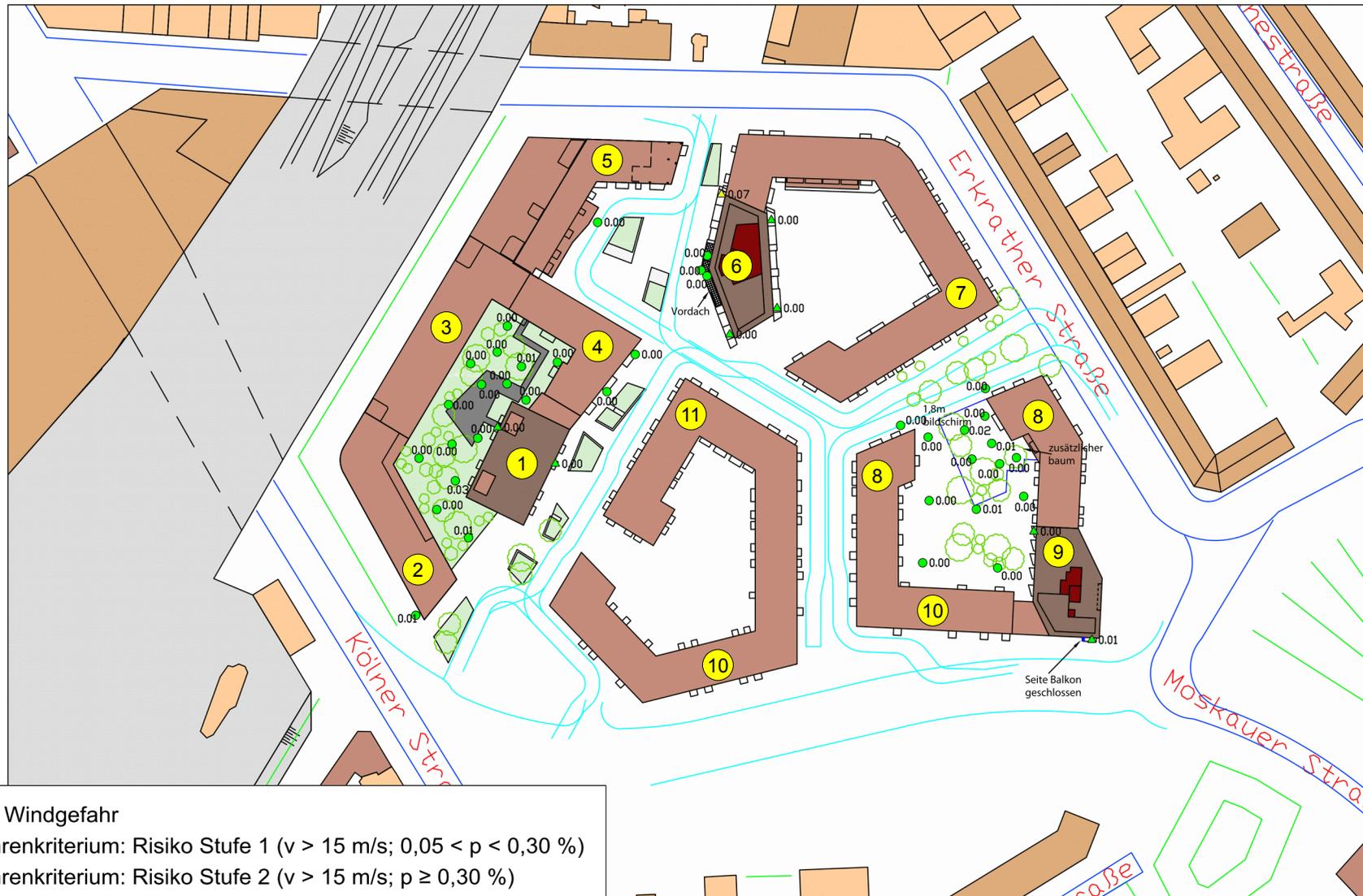
Bereich Kita Bauteil 8



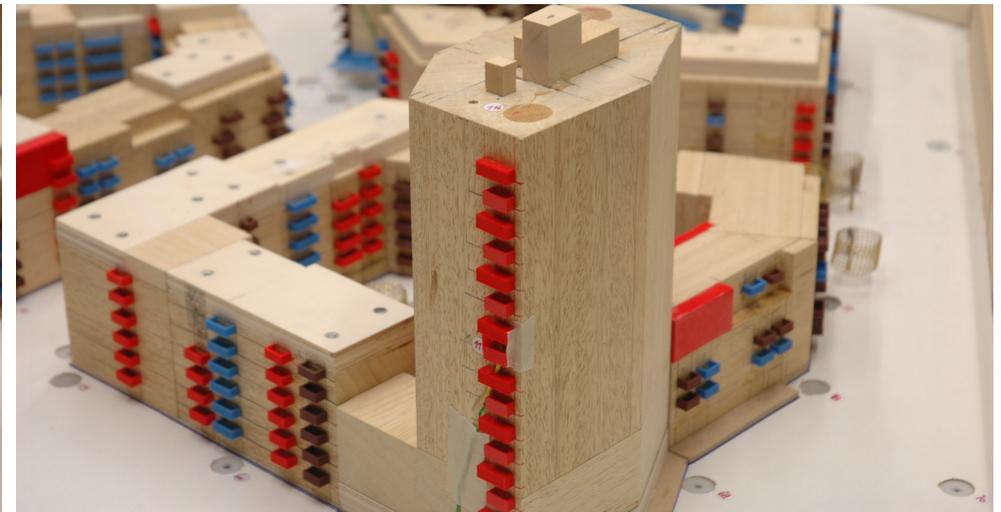
Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante B mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



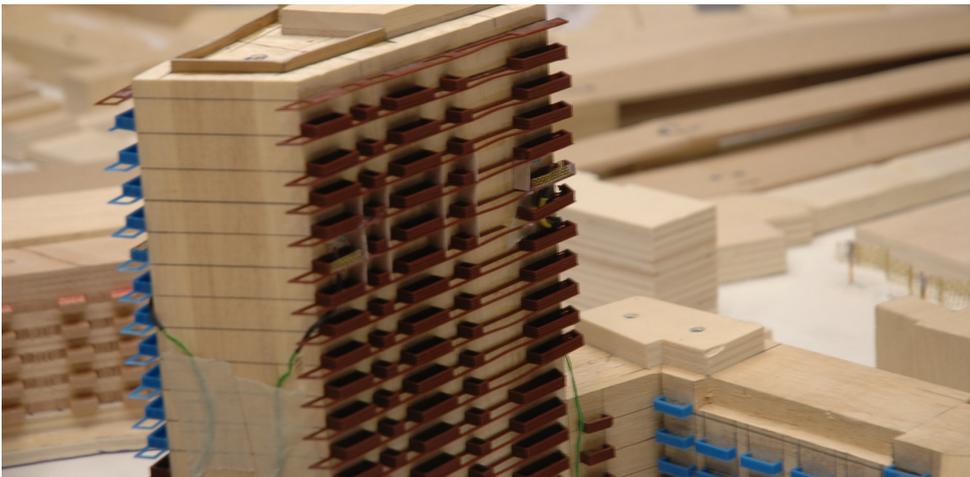
Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante B mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



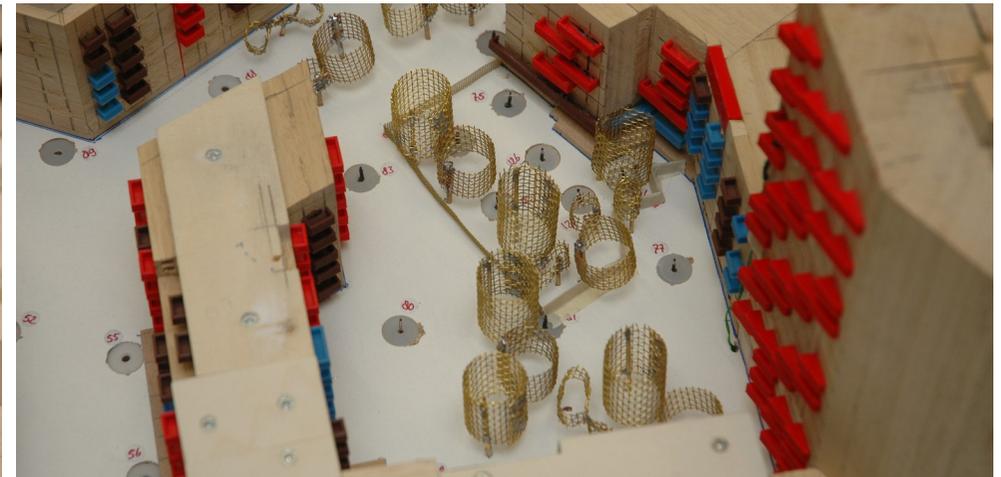
- = Keine Windgefahr
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 1 ($v > 15$ m/s; $0,05 < p < 0,30$ %)
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 2 ($v > 15$ m/s; $p \geq 0,30$ %)



Bereich Bauteil 9

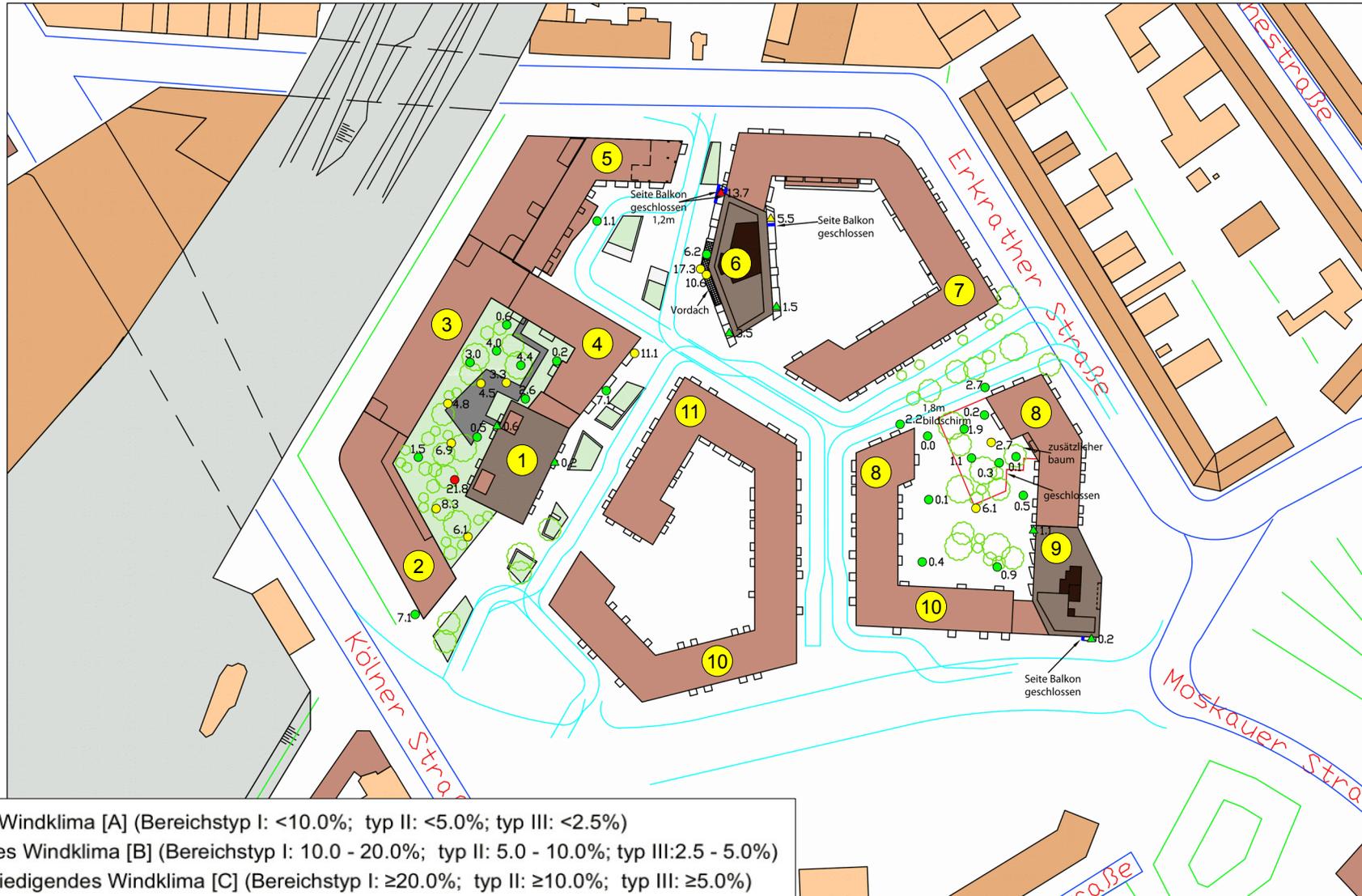


Bereich Bauteil 6



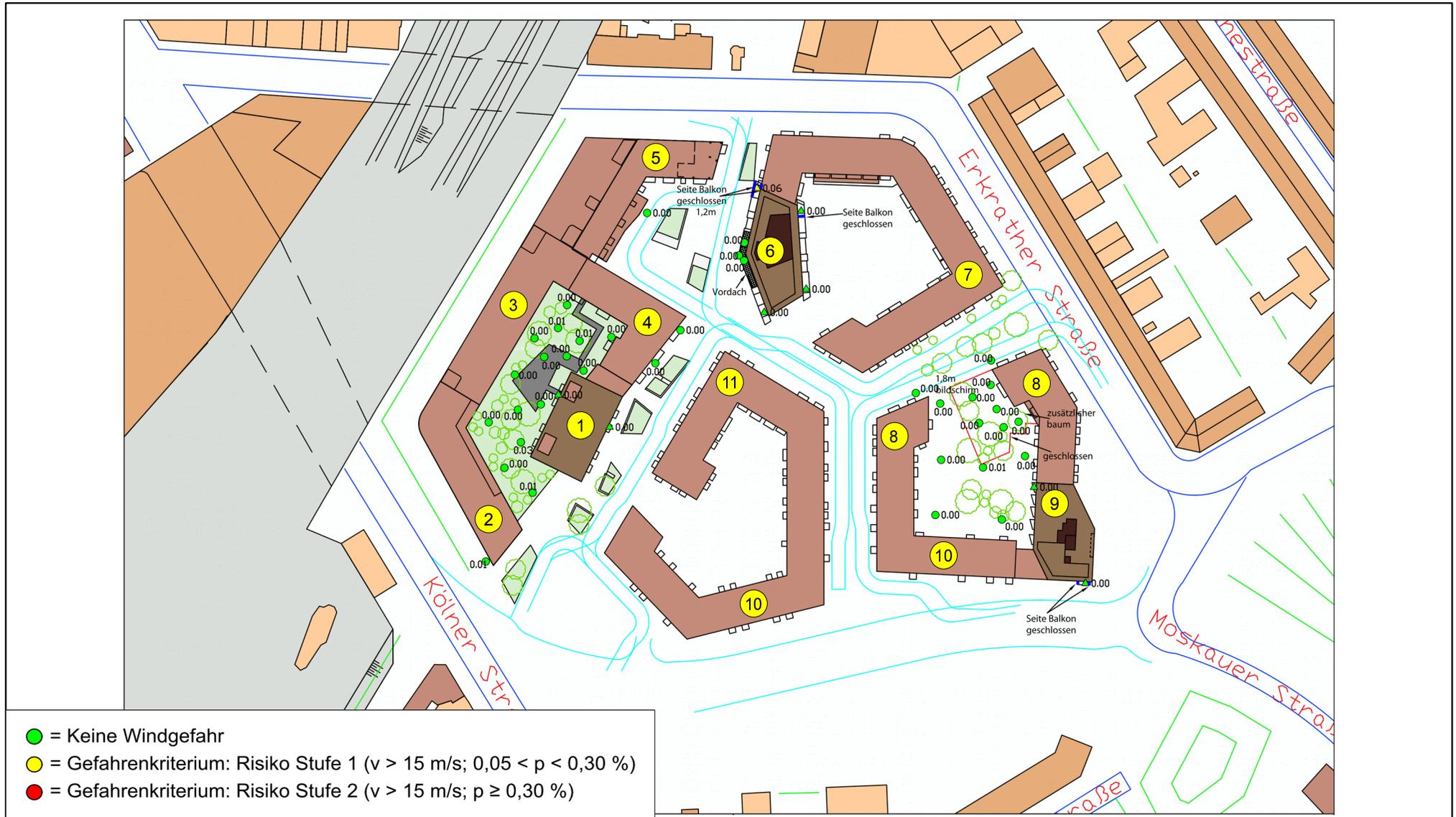
Bereich Bauteil 8 (Kita-Außenanlage)

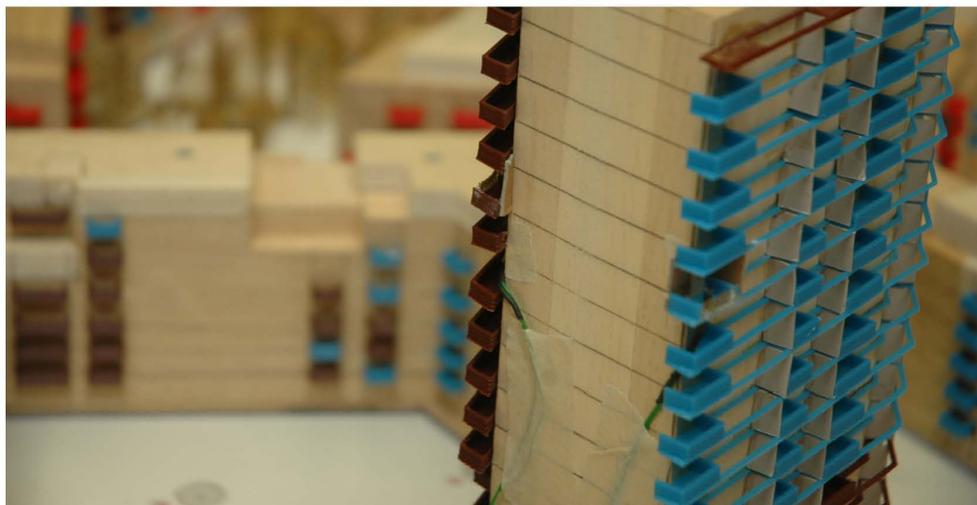
Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante C mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



- = Gutes Windklima [A] (Bereichstyp I: <10.0%; typ II: <5.0%; typ III: <2.5%)
- = Mäßiges Windklima [B] (Bereichstyp I: 10.0 - 20.0%; typ II: 5.0 - 10.0%; typ III: 2.5 - 5.0%)
- = Unbefriedigendes Windklima [C] (Bereichstyp I: ≥20.0%; typ II: ≥10.0%; typ III: ≥5.0%)

Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante C mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



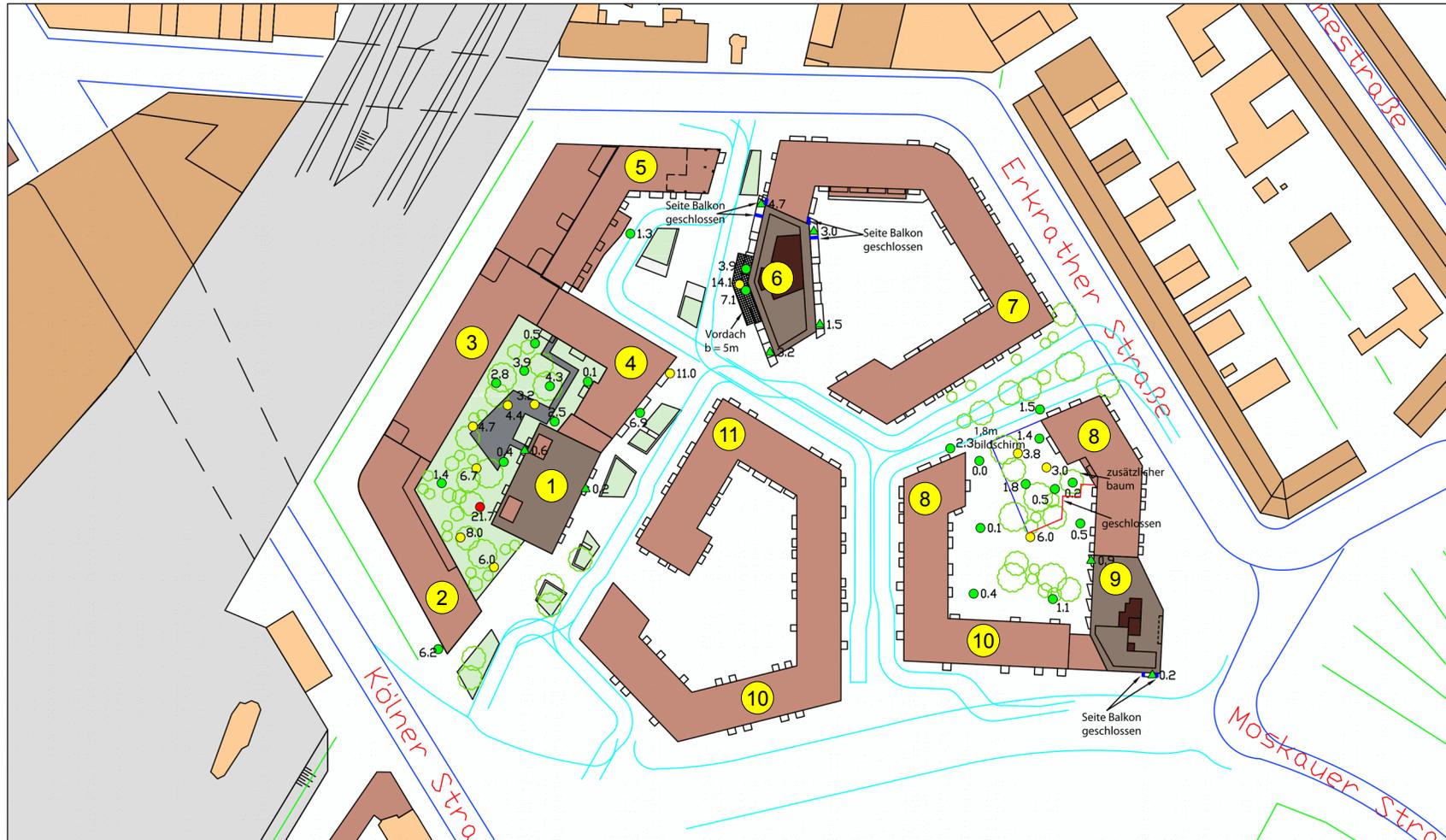


Bereich Bauteil 6



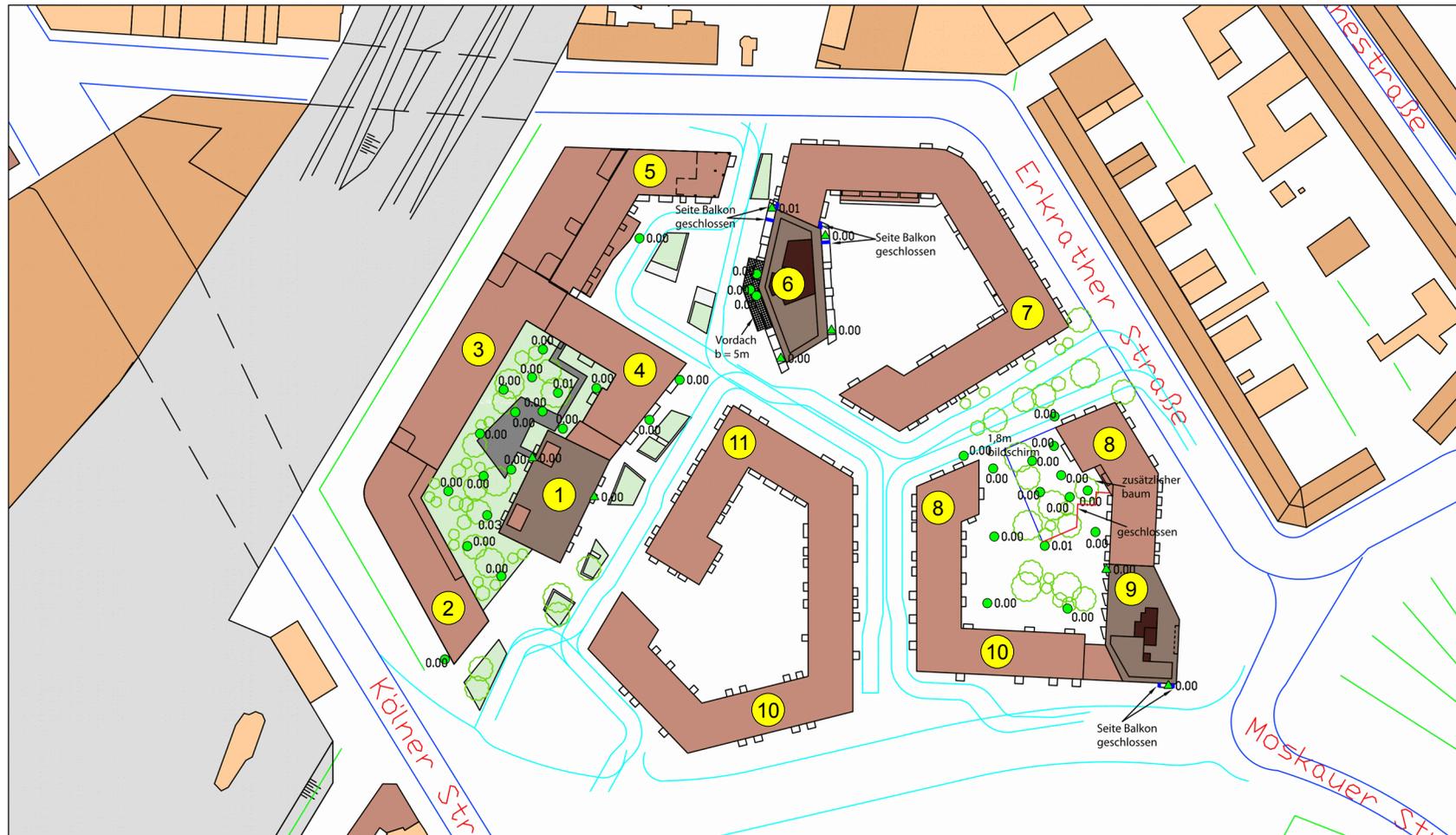
Bereich Bauteil 6

Ergebnis der Windkomfortmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 5 m/s pro Jahr für die Variante D mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



- = Gutes Windklima [A] (Bereichstyp I: <10.0%; typ II: <5.0%; typ III: <2.5%)
- = Mäßiges Windklima [B] (Bereichstyp I: 10.0 - 20.0%; typ II: 5.0 - 10.0%; typ III: 2.5 - 5.0%)
- = Unbefriedigendes Windklima [C] (Bereichstyp I: ≥20.0%; typ II: ≥10.0%; typ III: ≥5.0%)

Ergebnis der Windgefahrenmessung für den Planfall in Prozent der Überschreitungsstunden > 15 m/s pro Jahr für die Variante D mit Maßnahmen zur Verbesserung des Windkomforts



- = Keine Windgefahr
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 1 ($v > 15 \text{ m/s}$; $0,05 < p < 0,30 \%$)
- = Gefahrenkriterium: Risiko Stufe 2 ($v > 15 \text{ m/s}$; $p \geq 0,30 \%$)