

**Bebauungsplan Nr.5477/125
"Kö-Bogen 2. BA" in Düsseldorf
Windkomfortuntersuchung**

Bericht C 5064-1.3 vom 10.02.2011

Bericht-Nr.: C 5064-1.3
Datum: 10.02.2011
Druckdatum: 14.04.2011
Niederlassung: Düsseldorf
Ref.: OS / HK

Beratende Ingenieure VBI

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

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel
Dipl.-Ing. Heiko Kremer
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz
Dipl.-Ing.
Ralf Bauer-Diefenbach
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

Simrockallee 2
53173 Bonn
Tel. +49 228 96 10 555
Fax +49 228 96 10 554
bonn@peutz.de

Knesebeckstraße 3
10623 Berlin
Tel. +49 30 310 172 16
Fax +49 30 310 172 40
berlin@peutz.de

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Gerard Perquin
Dipl.-Ing. Jan Granneman
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700

Bankverbindungen:

Deutsche Bank
Konto-Nr.: 137 813 700
BLZ 500 700 10

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

Stadt-Sparkasse KölnBonn
Konto-Nr.: 1900 485 762
BLZ 370 501 98

Niederlassungen:

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

www.peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	4
3	Örtliche Gegebenheiten	5
4	Allgemeines zu Windkanaluntersuchungen	6
4.1	Modellierungskriterien	6
4.2	Luftströmungsverhalten / Windprofil.....	7
4.3	Windkomfortmessungen.....	8
4.4	Umrechnung der Modellergebnisse auf die Örtlichkeit.....	8
4.5	Beurteilungskriterien und Einstufungen.....	9
4.6	Winddaten.....	14
4.7	Fehlerdiskussion / Genauigkeit	15
5	Windkomfortuntersuchung B-Plan Nr.5477/125 – "Kö-Bogen 2. BA"	16
5.1	Windkanalmodell Basisuntersuchung.....	16
5.2	Ergebnisse der Basismessung Windkomfort.....	17
5.2.1	Bestandssituation	17
5.2.2	Planfall mit „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“	18
6	Empfehlungen für Verbesserungsmaßnahmen zum Windkomfort	19
7	Zusammenfassung.....	20

1 Situation und Aufgabenstellung

In der Düsseldorfer Innenstadt soll mit Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ [8] die Errichtung von gewerblich genutzter Bebauung und Wohnbebauung planungsrechtlich abgesichert werden. Der Geltungsbereich des Bebauungsplanes schließt an den Geltungsbereich des Bebauungsplanes Kö-Bogen 1. Bauabschnitt an und überlagert ihn in den Bereichen, in denen Festsetzungen zur planungsrechtlichen Sicherung des Gesamtvorhabens Kö-Bogen getroffen werden sollen. Er beinhaltet u.a. auch den Rückbau der Straßenüberführung Berliner Allee / Immermannstraße ("Tausendfüßler") und die Verlagerung der Verkehrsführung in Tunnellage.

Teilweise werden mit Aufstellung des Bebauungsplanes heute bereits bestehende Baufelder überplant. Ergänzend werden neue Baufelder ausgewiesen.

Hierzu sind im Auftrag des Auftraggebers die Auswirkungen des Planvorhabens auf den Windkomfort der umliegenden Gebäude und der geplanten Gebäude innerhalb des Plangebietes mittels einer Windkanaluntersuchung zu untersuchen.

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 zur Zeit weltweit das einzige Normenwerk darstellt.

Sollte sich ein ungünstiger Windkomfort oder Windgefahren ergeben, so sind Minderungsmaßnahmen vorzuschlagen.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

				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]	Entwurf Bebauungsplan Nr. 5477/125 – „Kö-Bogen, 2. BA“, Düsseldorf	zur Verfügung gestellt durch die Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt	P	Stand 23.11.2010
[9]	Auszüge aus Katasterkarten, Lagepläne, Ansichten, Schnitte, Höhendaten	zur Verfügung gestellt durch die Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt	P	Juni / Juli 2010
[10]	Fotos Ortsbesichtigung	durch Peutz Consult GmbH	P	Juli 2010
[11]	Langjährige Windstatistik der DWD Messstation Düsseldorf-Flughafen der Jahre 1999-2009	Deutscher Wetterdienst	P	2010

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet des Bebauungsplans Nr. 5477/125– „Kö-Bogen, 2. Bauabschnitt“ befindet sich in der Innenstadt Düsseldorf, beidseitig der Hofgartenstraße, der Berliner Allee und der Elberfelder Straße. Zentraler Bestandteil des Bebauungsplanes ist der Rückbau der Straßenüberführung Berliner Allee / Immermannstraße ("Tausendfüßler"). Zukünftig soll die Hofgartenstraße, die Berliner Allee sowie die Abzweige zur Elberfelder Straße im Geltungsbereich des Bebauungsplanes unterirdisch in Tunneln verlaufen. Des Weiteren sollen die Kerngebietsflächen innerhalb des Bebauungsplanes überplant werden, und es soll Planungsrecht für weitere Kerngebietsflächen im Nahbereich der Berliner Allee entstehen. Insgesamt befinden sich 13 Baufelder innerhalb des Geltungsbereiches des Bebauungsplanes. Drei weitere Baufelder befinden sich beiderseits der Tunnelrampen an der Elberfelder Straße.

Angrenzend an das Plangebiet schließt sich die weitere, innenstadttypische Bebauung mit weitestgehend Blockrandbebauung an.

Anlage 4 zeigt den Bebauungsplanentwurf und die örtlichen Gegebenheiten, Anlage 2 ein Luftbild und das Windkanalmodell der Bestandssituation.

Für die Windkomfortuntersuchung werden für den Planfall die nach Bebauungsplan maximal möglichen Gebäudehöhen sowie die vorgegebenen Baulinien bzw. -grenzen gemäß des Bebauungsplanentwurfs [8] berücksichtigt (siehe Anlagen 3 und 4).

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 Angaben von Laserscanhöhen [9] bzw. durch in Augenscheinnahme während einer Ortsbesichtigung [10] berücksichtigt.

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 an Bedeutung. Dennoch gilt, je exakter die Gebäudekonturen des Vorhabens und der Umgebung nachgebildet werden, um so 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 im 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 hat man 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.

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.

Mit Hilfe dieser Koeffizienten, die unter Beachtung der Randbedingungen der Modellbildung wie der geometrischen Ähnlichkeit, der Ähnlichkeit der Anströmungsverhältnisse, der Ähnlichkeit der Umströmungsverhältnisse und der 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 wird 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

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

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 Seite 10).

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, voran zu kommen. 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. halboffene) 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. Die Beurteilung erfolgt dabei anhand der Überschreitungshäufigkeit dieser mittleren Windgeschwindigkeit.

Bei Windkomfortuntersuchungen wird 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 ($v > 5\text{m/s}$)		
	A (gut)	B (mäßig)	C (Unbefriedigend, verbesserungswürdig)
Verkehrs- Flächen [I, Durchlaufen]	5 - 10%	10 - 20%	> 20%
Bewegungs- flächen [II, Schlendern]	2,5 - 5%	5 - 10%	> 10%
Verweil- flächen [III, Sitzen]	< 2,5%	2,5 - 5%	> 5%

Zur inhaltlichen Bewertung des Komfortkriteriums gilt folgendes (siehe auch Anlage 5):

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.

Gefahrenkriterium: Bei Überschreitungen der stundengemittelten Windgrenzgeschwindigkeit von 15 m/s (Böenwindgeschwindigkeit 18 bis 23 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.

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

Neben den Komfortkriterien beschreibt die Norm ein Gefahrenkriterium. Für die Beurteilung der Windgefahr wird die Häufigkeit des Auftretens einer Stundenmittelwindgeschwindigkeit von 15 m/s als Beurteilungskriterium herangezogen.

Bei dieser stundengemittelten Windgeschwindigkeit können Böen bis zu etwa 23 m/s (80-85 km/h) auftreten. Diese Böen bergen ein mögliches Gefahrenpotential für Passanten. Personen z.B. mit Kinderwagen, ältere Personen, Radfahrer und Personen mit Regenschirmen können durch solche Böen ihr Gleichgewicht verlieren und nicht mehr stehen bleiben.

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 $> 15 \text{ m/s}$.

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 Winddaten

In Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Düsseldorf erfolgt die Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten anhand der Windstatistik der DWD Messstation Düsseldorf-Flughafen der Jahre 1999 bis 2009 [11] um auch die stärkeren Sturmereignisse der letzten Jahre zu berücksichtigen. Die Station liegt in ebenem Gelände am Flughafen von Düsseldorf. Die Messstelle (Anemometerhöhe 10 m) ist unverbaut.

Die Kenngrößen der Windgeschwindigkeiten wurden auf Grundlage kontinuierlicher Windgeschwindigkeitsmessungen an der Station Düsseldorf-Flughafen des DWD 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 an 0,034% der Jahresstunden auf. Als Spitzenwindgeschwindigkeit treten sehr selten 20 m/s auf.

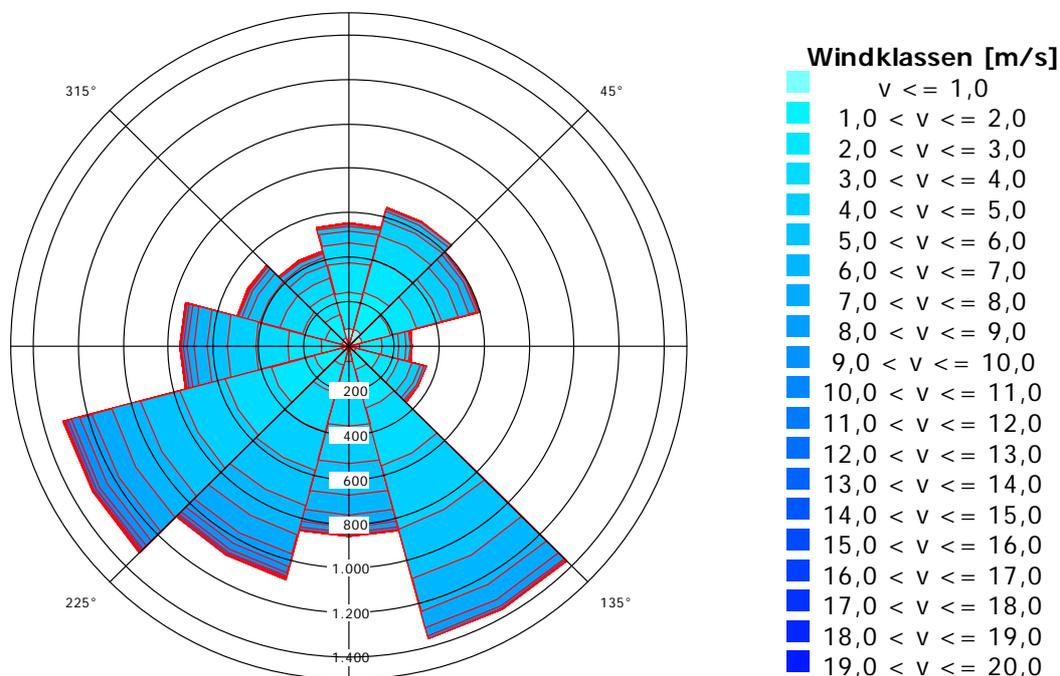


Bild 4.1: Windstatistik der DWD Messstation Düsseldorf-Flughafen der Jahre 1999 bis 2009

4.7 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 ein langjährige Windstatistik (10 Jahre) verwendet.

Wie bei allen Modelluntersuchungen müssen zur Modellbildung einige Vereinfachungen vorgenommen werden. So können auf Grund 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. Auf Grund 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 Windkomfortuntersuchung B-Plan Nr.5477/125 – "Kö-Bogen 2. BA"

5.1 Windkanalmodell Basisuntersuchung

Für die Windkanalstudie zum Bebauungsplan Nr.5477/125 – "Kö-Bogen 2. Bauabschnitt" wurde ein maßstabgerechtes Holzmodell im Maßstab 1:350 unter Einbeziehung der relevanten Umgebungsbebauung in einem Radius von ca. 400 m um das Plangebiet herum erstellt. Im Luftbild und Modellphoto der heutigen Situation in Anlage 2 und in der Modelldarstellung für die zukünftige Situation in Anlage 3 sind die örtlichen Gegebenheiten verdeutlicht.

Für die Windkomfortuntersuchung wurden bis zu 150 Messsonden zur Windgeschwindigkeitsmessung installiert (NTC-Sonden). Die Messpunkte 121-152 wurden im Verlauf der Untersuchung für den Planfall hinzugefügt, um das Messpunktenetz zu verdichten. Alle Messpunkte 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.

Da der Planbereich zukünftig als Fußgängerzone ausgewiesen werden soll, erfolgt die Bewertung aller Punkte sowohl für den Bestand (heute noch Verkehrsfläche), als auch den Planfall als Bewegungsfläche (Bereichstyp II).

Es ist davon auszugehen, dass im Bereich der Fußgängerzone zukünftig Bereiche mit Sitzgelegenheiten, z.B. Bänke, Außengastronomie u.ä. vorhanden sein werden. Diese Bereiche sind gemäß NEN 8100 [1] dann als Verweilflächen (Bereichstyp III) mit den höchsten Anforderungen an den Windkomfort zu beurteilen. Auf Grundlage der in diesem Bericht dokumentierten Messergebnisse werden Bereiche, welche diese Anforderungen überschreiten aufgezeigt.

Die Ermittlung der Überschreitungsstunden pro Jahr wurde als Summierung der Messergebnisse für die bis zu 150 Messpunkte getrennt unter Berücksichtigung von jeweils 12 Windrichtungen (0° - 360° in 30°-Schritten) durchgeführt.

5.2 Ergebnisse der Basismessung Windkomfort

5.2.1 Bestandssituation

Die Ergebnisse der Windgeschwindigkeitsmessungen im Windkanal für den heutigen baulichen Zustand ohne die im Rahmen des 2. Bauabschnittes zum Kö-Bogen geplanten Gebäude unter Berücksichtigung der Windstatistik von 1999 bis 2009 sind in den Anlagen 6.1 und 6.2 dargestellt.

Durch farbliche Kennzeichnungen sind die verschiedenen Beurteilungskategorien (guter Windkomfort: Kategorie A – helles Türkis; mäßiger Windkomfort: Kategorie B - hellblau; und verbesserungswürdiger Windkomfort: Kategorie C - dunkelblau) dargestellt.

Für die Windgefahr bedeuten die farblichen Kennzeichnungen: keine Windgefahr – grün; Windgefahr Stufe 1 – gelb; Windgefahr Stufe 2 – rot.

An den einzelnen Messpunkten sind die in der Modelluntersuchung ermittelten Überschreitungsstunden pro Jahr als Prozentwert aufgeführt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in Abhängigkeit der der Beurteilung zu Grunde gelegten Bereichstypen dieselbe Anzahl von Überschreitungsstunden zu unterschiedlichen Kategorieeinstufungen bei den Kategorien A bis C führen (siehe Kapitel 4.5; Anlage 5).

In der heutigen Situation liegen im Umfeld des Drei-Scheiben-Hochhauses die größten Werte der Überschreitungshäufigkeit des Komfortkriteriums von 5 m/s im Stundenmittel mit bis zu 19,4%, entsprechend einem unbefriedigenden Windklima vor (Messpunkte 1, 2, 17, 52, 118, 119). Weitere Messpunkte im Bereich des Drei-Scheiben-Hochhauses weisen einen mäßigen Windkomfort auf (Messpunkte 15, 16, 18, 19, 20, 27, 30, 50; bis 9,5%).

Im Bereich des Gustaf-Gründgens-Platzes liegt im östlichen Teil ein gutes Windklima vor (Messpunkte 5, 49; bis zu 3,5%). In Richtung des Drei-Scheiben-Hochhauses verschlechtert sich das Windklima über mäßig (Messpunkt 4; 5,8%) zu unbefriedigend (Messpunkt 3; 11,0%). Der Windkomfort auf dem Gustaf-Gründgens-Platzes wird somit maßgeblich durch das Drei-Scheiben-Hochhaus bestimmt und ist im Bestand insgesamt als mäßig bis unbefriedigend zu bezeichnen.

An den übrigen Messpunkten im Untersuchungsgebiet liegt im Bestand ein guter Windkomfort vor.

Messpunkte mit einer möglichen Windgefahr liegen im Bestand nicht vor (siehe Anlage 6.2).

5.2.2 Planfall mit „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“

Die Ergebnisse der Windgeschwindigkeitsmessungen im Windkanal für die zukünftige bauliche Situation mit den im Rahmen des 2. Bauabschnittes zum Kö-Bogen geplanten Gebäuden sind unter Berücksichtigung der Windstatistik von 1999 bis 2009 in den Anlagen 7.1 und 7.2 dargestellt.

Für den Planfall mit „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ liegen weiterhin im Bereich des Drei-Scheiben-Hochhauses die größten Werte der Überschreitungshäufigkeit des Komfortkriteriums von 5 m/s im Stundenmittel mit bis zu 20,1%, entsprechend einem unbefriedigenden Windklima vor (Messpunkte 1, 2, 16, 121, 122, 123, 124, 125, 129, 130, 143). Die übrigen Messpunkte im Einflussbereich des Drei-Scheiben-Hochhauses weisen einen mäßigen Windkomfort auf (Messpunkte 3, 19, 50, 52, 118, 119, 128, 133, 140, 141, 144; bis zu 9,9%).

Im Bereich des Gustaf-Gründgens-Platzes ergibt sich durch die Bebauung der Baufelder 1 bis 4 eine Verbesserung des Windkomforts auf dem Platz hin zu gutem (Messpunkte 4, 5, 49; bis 3,0%) bis mäßigem Komfort (Messpunkt 3; 9,6%) für den Bereichstyp II. Als Verweilflächen (Bereichstyp III; gutes Windklima <2,5%) ist nur der östliche Teil des Platzes geeignet, im westlichen Teil liegt für den Typ III nur ein mäßiger Windkomfort vor.

Zwischen den Baufeldern 1 bis 4 liegt ein durchgängig guter Windkomfort bis 3,0% vor. Lediglich im Bereich der Nordfassade des Baufeldes 4 liegt teilweise ein unbefriedigender Windkomfort vor (Messpunkte 16, 125; bis zu 12,5%). Verweilflächen sind hier nicht geeignet.

Die übrigen Messpunkte im Untersuchungsgebiet weisen einen guten Windkomfort bei einer Beurteilung für den Bereichstyp II auf. Im Bereich zwischen den Baufeldern 1 bis 4 (bis auf den Messpunkt 30 mit 3,0%) und südlich der Schadowstraße ist das Windklima auch für Verweilflächen (Typ III) gut.

Messpunkte mit einer möglichen Windgefahr liegen für den Planfall nicht vor.

6 Empfehlungen für Verbesserungsmaßnahmen zum Windkomfort

Im gesamtem Untersuchungsgebiet liegen für alle betrachteten Varianten keine Windgefahren vor.

Im Bereich rund um das Drei-Scheiben-Hochhaus sowie im Bereich zwischen dem Hochhaus und dem geplanten Baufeld MK4 liegt größtenteils ein unbefriedigender Windkomfort vor. Die im folgenden beschriebenen Maßnahmen stellen Empfehlungen für Verbesserungsmaßnahmen zum Windkomfort dar.

Bereich Drei-Scheiben-Hochhaus

Die Situation in diesem Bereich könnte grundsätzlich auch durch eine Begrünung mit Hecken und Bäumen in Kombination verbessert werden.

Die Hecken sollten in Ost-West-Richtung entlang der geplanten Wege angeordnet werden und sollten eine Höhe von 2,5 m bis 3 m aufweisen. Bäume sollten eine Höhe von mindestens 8 m aufweisen, bei einer Stammhöhe von ca. 3 m und einem Kronendurchmesser von ca. 5 m.

Die Baumkronen sollten sich berühren und einen Arcadengang bilden. Mit diesen Abschirmungen durch Begrünung lässt sich eine deutliche Verbesserung des Windkomforts erreichen. Eine lockere Anordnung von einzelnen Bäumen wird keinen windklimatisch positiven Effekt bewirken; wesentlich ist bei diesem Verbesserungsvorschlag die Doppelreihigkeit einer Allee sowie das "geschlossene Kronendach der Bäume".

Für den Bereich nördlich des Drei-Scheiben-Hochhauses (Grünflächen) sind grundsätzlich ebenfalls Bepflanzungen in der o.g. Form sinnvoll, um den Windkomfort zu verbessern.

7 Zusammenfassung

In der Düsseldorfer Innenstadt soll mit Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ die Errichtung von gewerblich genutzter Bebauung und Wohnbebauung planungsrechtlich abgesichert werden. Teilweise werden mit Aufstellung des Bebauungsplanes heute bereits bestehende Baufelder überplant. Ergänzend werden neue Baufelder ausgewiesen.

Hierzu waren im Auftrag des Auftraggebers die Auswirkungen des Planvorhabens auf den Windkomfort der umliegenden Gebäude und der geplanten Gebäude innerhalb des Plangebietes mittels einer Windkanaluntersuchung zu untersuchen.

In der heutigen Situation liegen im Umfeld des Drei-Scheiben-Hochhauses die größten Werte der Überschreitungshäufigkeit des Komfortkriteriums von 5 m/s im Stundenmittel mit bis zu 19,4%, entsprechend einem unbefriedigenden Windklima vor. Weitere Messpunkte im Bereich des Drei-Scheiben-Hochhauses weisen einen mäßigen Windkomfort auf.

Im Bereich des Gustav-Gründgens-Platzes liegt im östlichen Teil ein gutes Windklima vor. In Richtung des Drei-Scheiben-Hochhauses verschlechtert sich das Windklima über mäßig zu unbefriedigend. Der Windkomfort auf dem Gustav-Gründgens-Platzes wird somit maßgeblich durch das Drei-Scheiben-Hochhaus bestimmt.

An den übrigen Messpunkten im Untersuchungsgebiet liegt im Bestand ein guter Windkomfort vor.

Messpunkte mit einer möglichen Windgefahr liegen im Bestand nicht vor.

Für den Planfall mit „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ liegen weiterhin im Bereich des Drei-Scheiben-Hochhauses die größten Werte der Überschreitungshäufigkeit des Komfortkriteriums von 5 m/s im Stundenmittel mit bis zu 20,1%, entsprechend einem unbefriedigenden Windklima, vor. Die übrigen Messpunkte im Einflussbereich des Drei-Scheiben-Hochhauses weisen einen unbefriedigenden bis mäßigen Windkomfort auf.

Im Bereich des Gustav-Gründgens-Platzes ergibt sich durch die Bebauung der Baufelder 1 bis 4 eine Verbesserung des Windkomforts auf dem Platz hin zu gutem bis mäßigem Komfort für den Bereichstyp II. Als Verweilflächen ist nur der östliche Teil des Platzes geeignet, im westlichen Teil liegt nur ein mäßiger Windkomfort vor.

Zwischen den Baufeldern 1 bis 4 liegt ein durchgängig guter Windkomfort vor. Lediglich im Bereich der Nordfassade des Baufeldes 4 liegt ein unbefriedigender Windkomfort vor. Verweilflächen sind hier nicht geeignet.

Die übrigen Messpunkte im Untersuchungsgebiet weisen einen guten Windkomfort bei einer Beurteilung für den Bereichstyp II auf. Im Bereich zwischen den Baufeldern 1 bis 4 (bis auf den Messpunkt 30 mit 3,0%) und südlich der Schadowstraße ist das Windklima auch für Verweilflächen (Typ III) gut.

Messpunkte mit Windgefahr liegen im Planfall nicht vor.

Aufbauend auf den Messergebnissen wurden Planungsempfehlungen formuliert. Diese sind in Kapitel 6 zusammengestellt.

Dieser Bericht besteht aus 21 Seiten und 8 Anlagen.

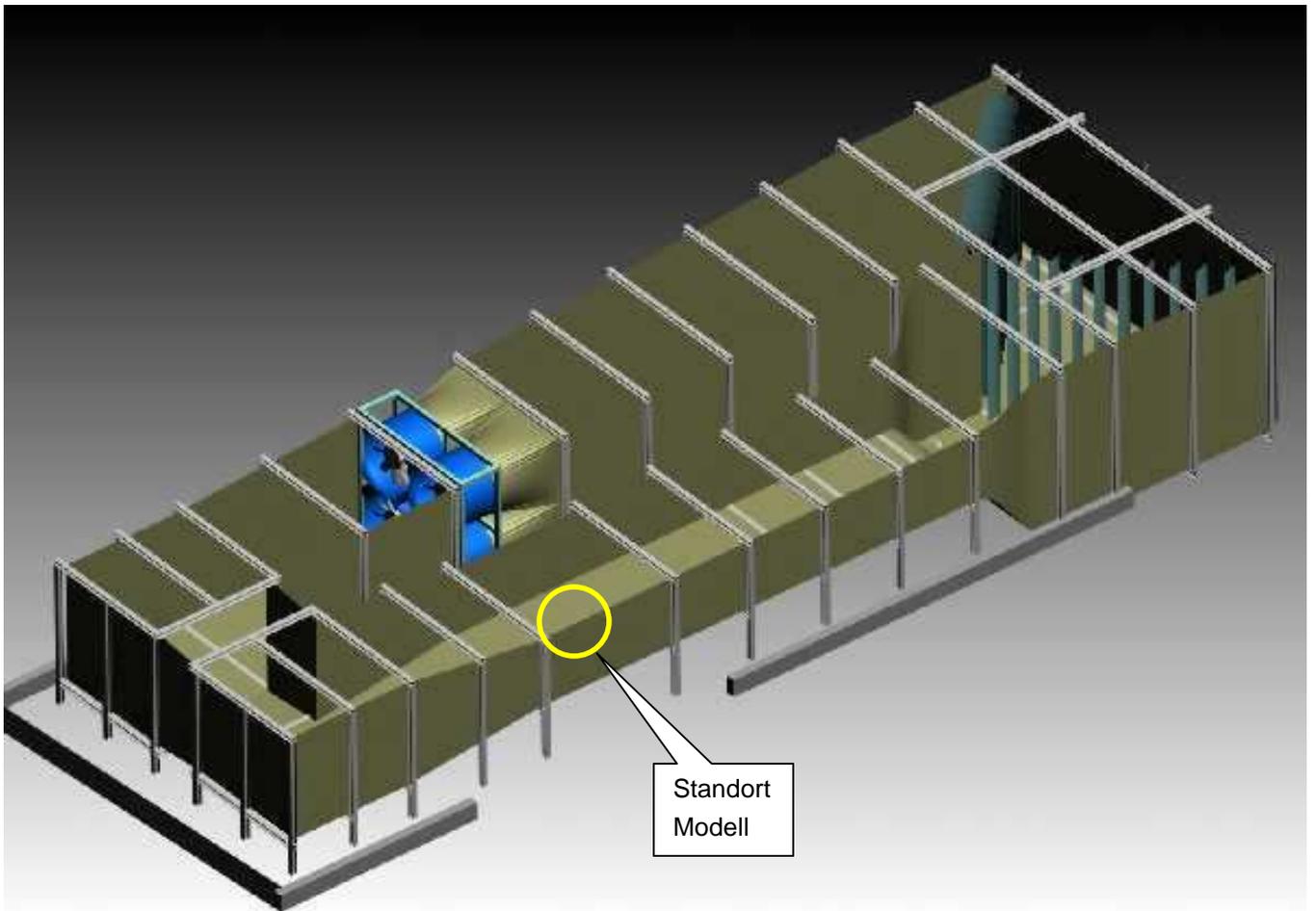
Peutz Consult GmbH

i.V. Dipl.-Ing. H. Kremer

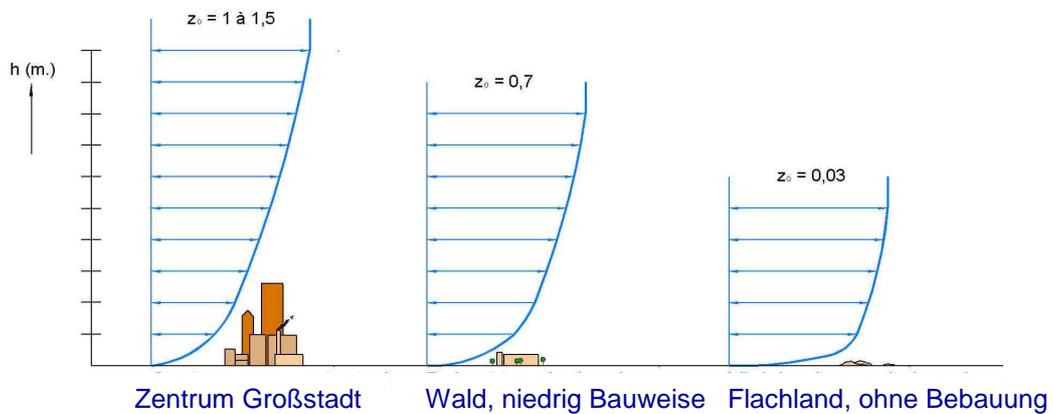
i.A. Dipl.-Ing. O. Streuber

Anlagenverzeichnis

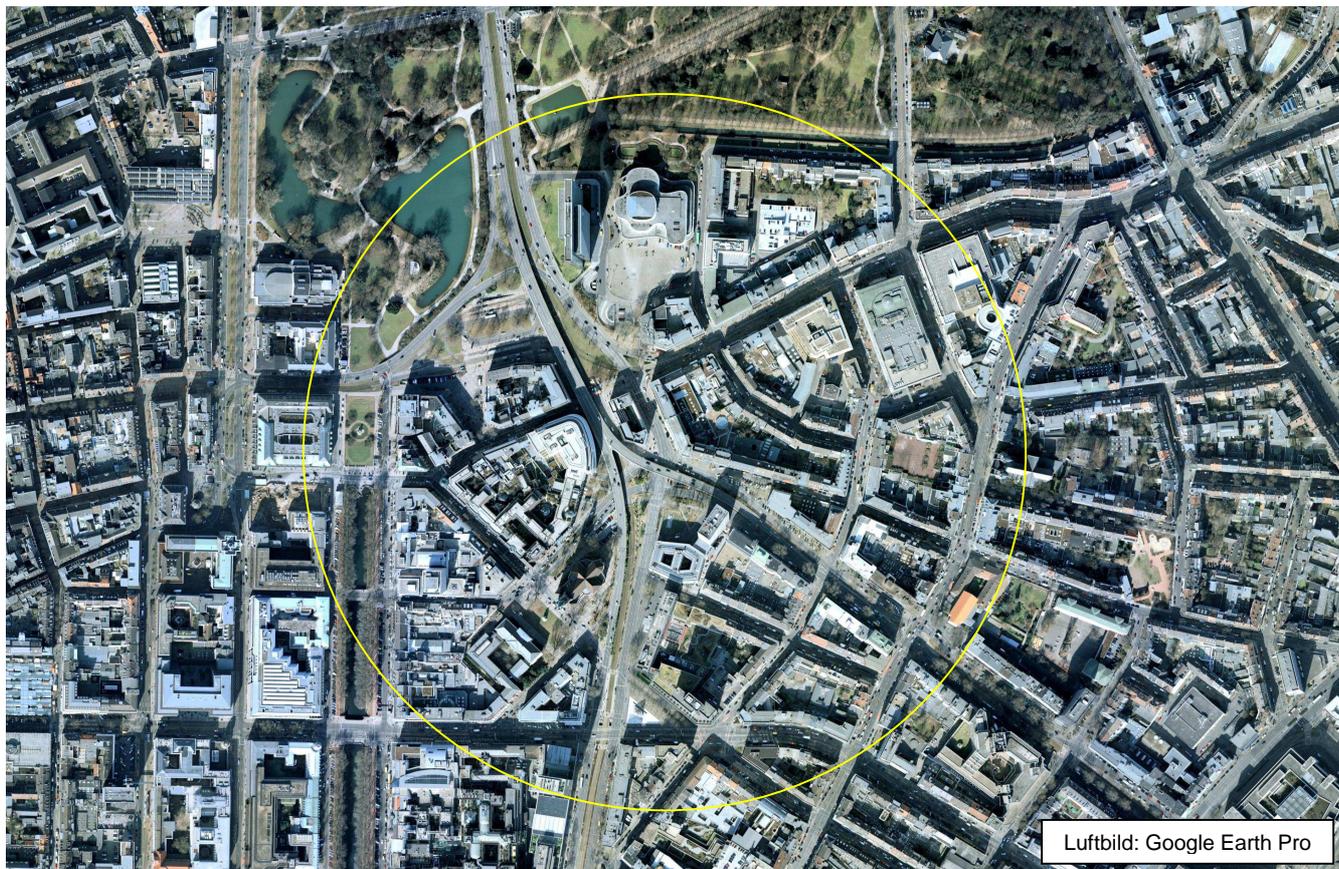
- Anlage 1 Schematische Darstellung des Grenzschichtwindkanals und der Windprofile für verschiedene Bebauungshöhen
- Anlage 2 Luftbild und Windkanalmodell der Bestandssituation
- Anlage 3 Windkanalmodell des Bebauungsplanes Nr. 5477/125 „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ in Düsseldorf
- Anlage 4 Lage und Bereichstypen der Windkomfortmesspunkte im Windkanalmodell
- Anlage 5 Erläuterungen zur Interpretation der folgenden Anlagensätze zum Windkomfort
- Anlage 6.1 Ergebnis der Windkomfortmessung für den Bestand und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr
- Anlage 6.2 Ergebnis der Messungen zur Windgefahr für den Bestand und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Stunden mit Windgefahr pro Jahr
- Anlage 7.1 Ergebnis der Windkomfortmessung für die Planung und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr
- Anlage 7.2 Ergebnis der Messungen zur Windgefahr für die Planung und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Stunden mit Windgefahr pro Jahr
- Anlage 8 Ergebnisse der Windkanaluntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 5477/125 „Kö-Bogen 2. Bauabschnitt“ in Düsseldorf (Tabelle)



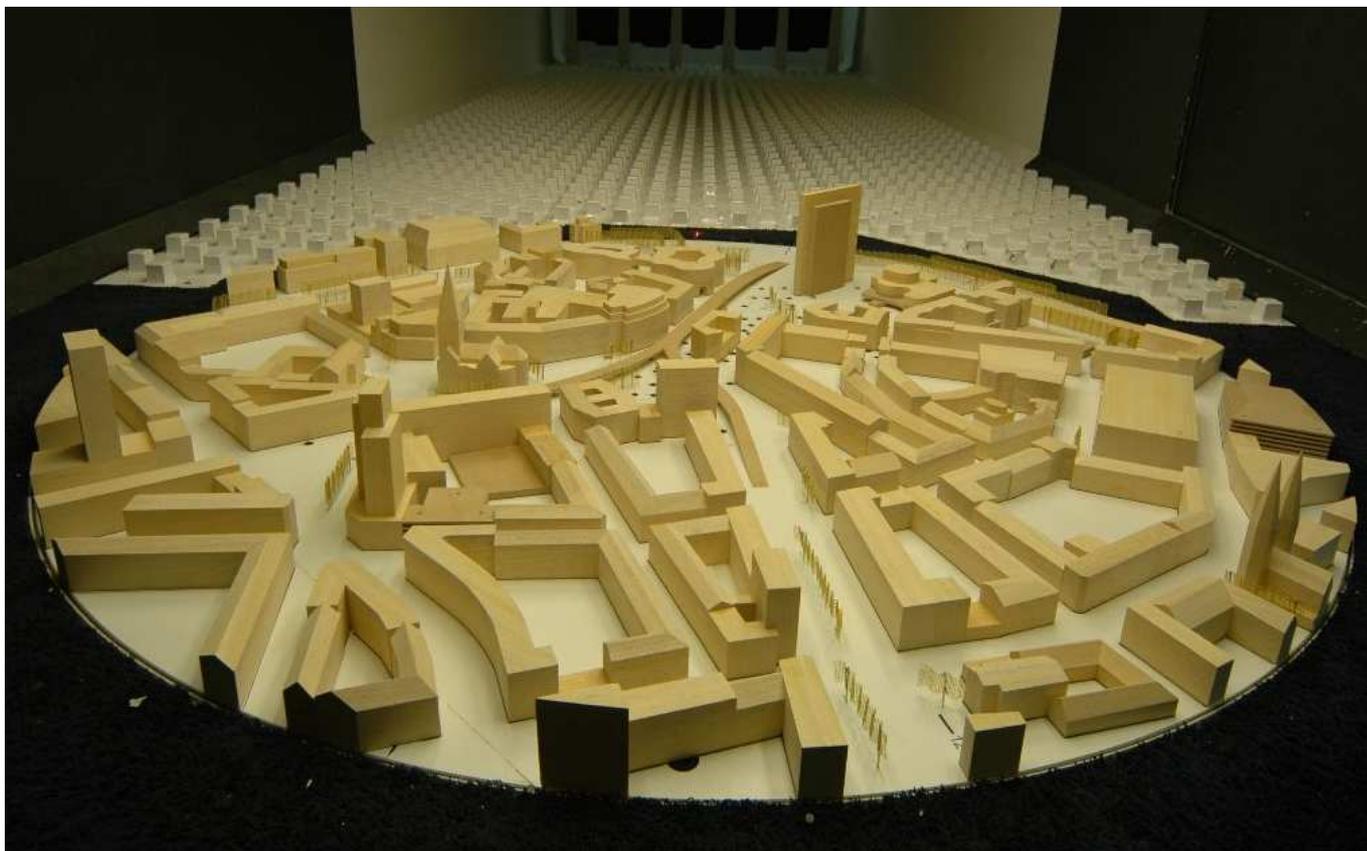
Peutz-Windkanal

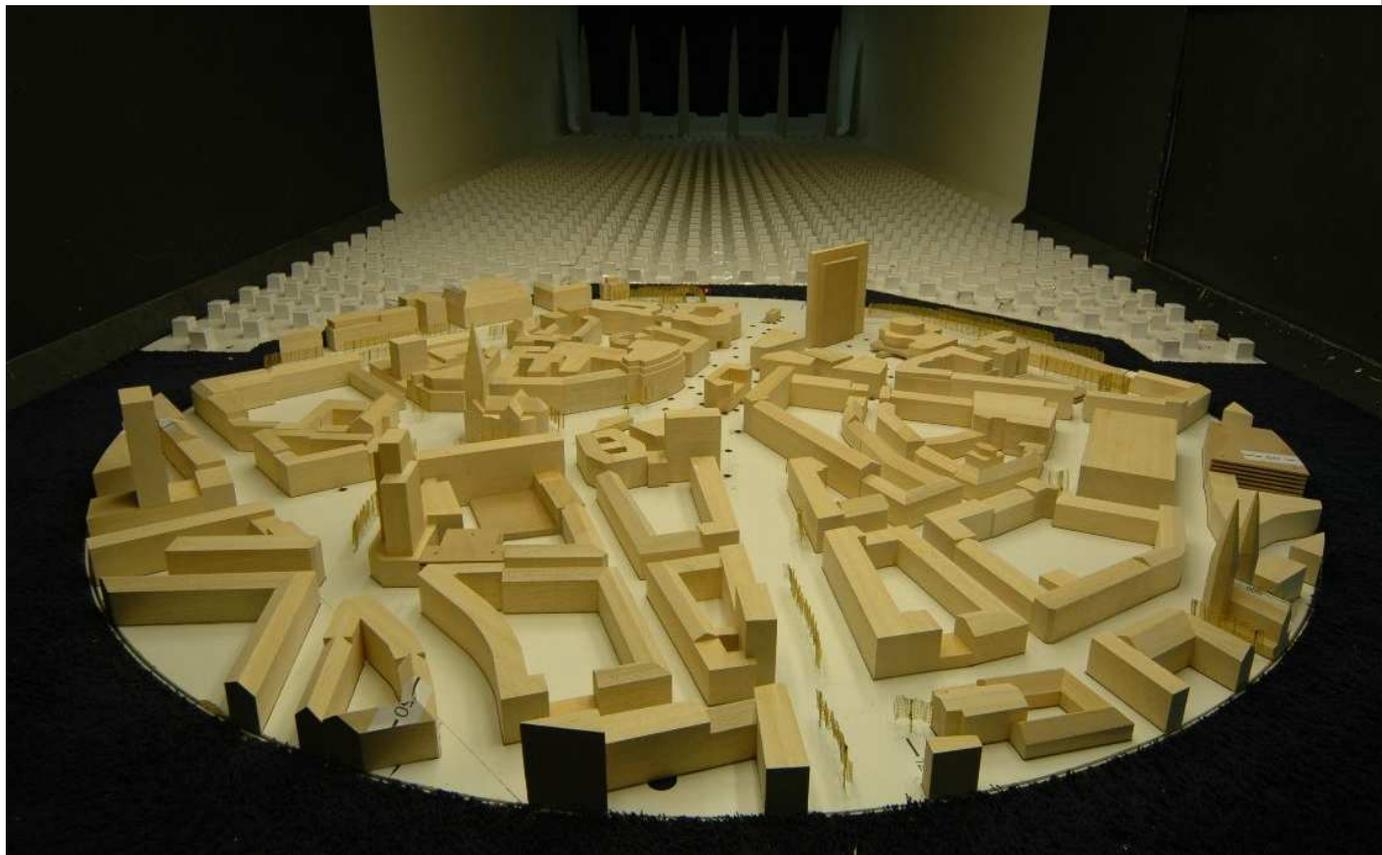


Windprofile im Windkanal



Luftbild: Google Earth Pro





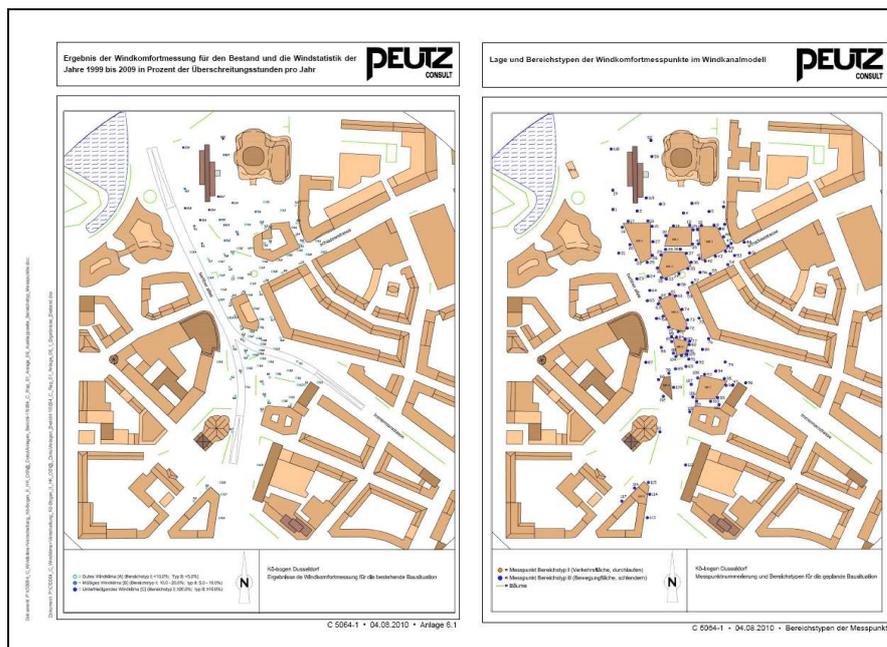
Die Beurteilung des **Windkomforts** hängt vom jeweiligen Bereichstyp (I bis III) ab, welcher jedem Messpunkt entsprechend der geplanten Nutzung zugeordnet ist. Flächen mit einer Außengastronomie gehören somit dem Bereichstyp III – [Verweilen] an. Hiermit sind die höchsten Anforderungen an den Windkomfort 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:

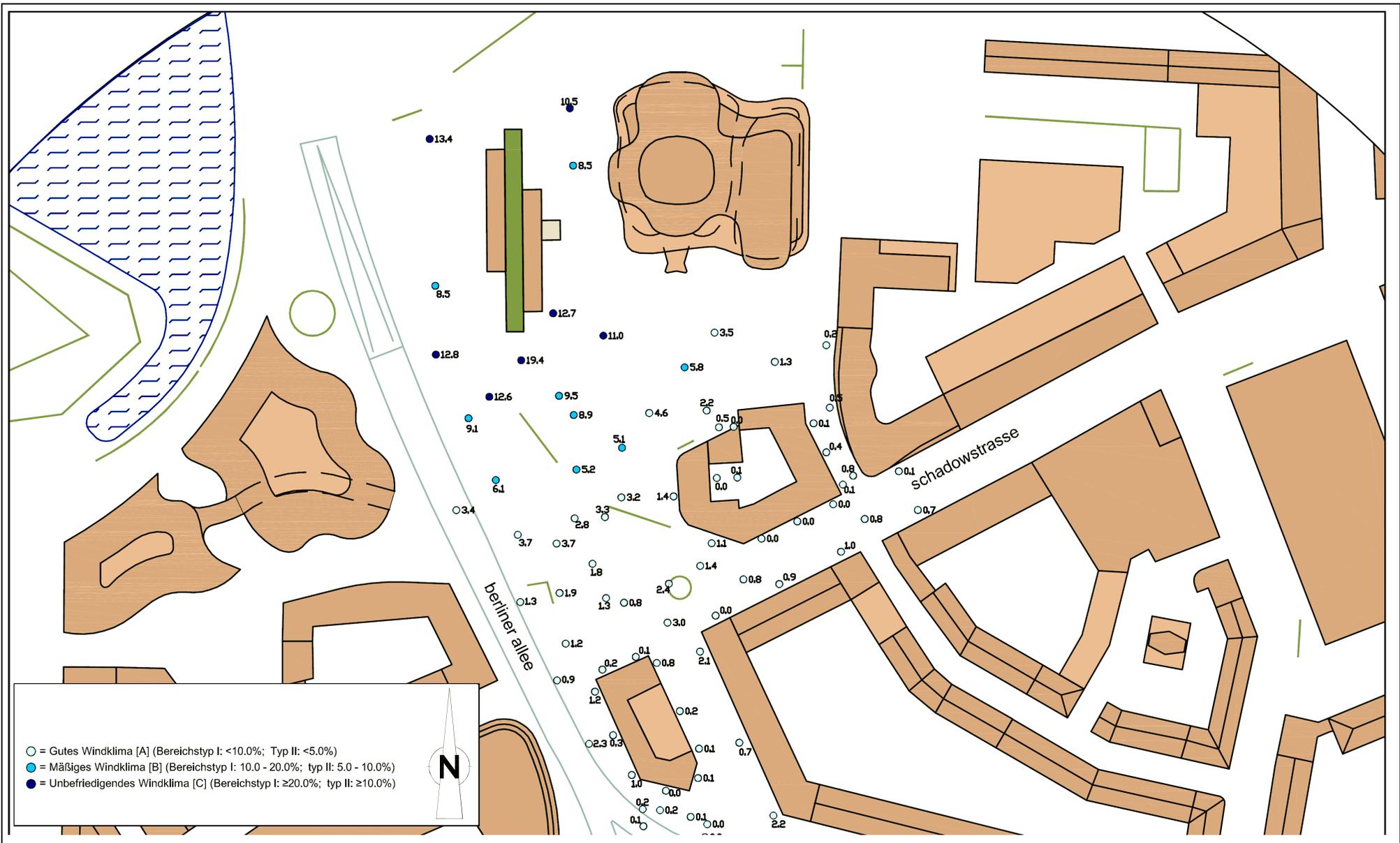
- = Gutes Windklima [A] (Bereichstyp I: <10,0%; Typ II: <5,0%; Typ III: <2,5%)
- = Mäßiges Windklima [B] (Bereichstyp I: 10,0-20,0%; Typ II: 5,0-10,0%; Typ III: 2,5-5,0%)
- = Unbefriedigendes Windklima [C] (Bereichstyp I: >20,0%; Typ II: >10,0%; Typ III: >5%)

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

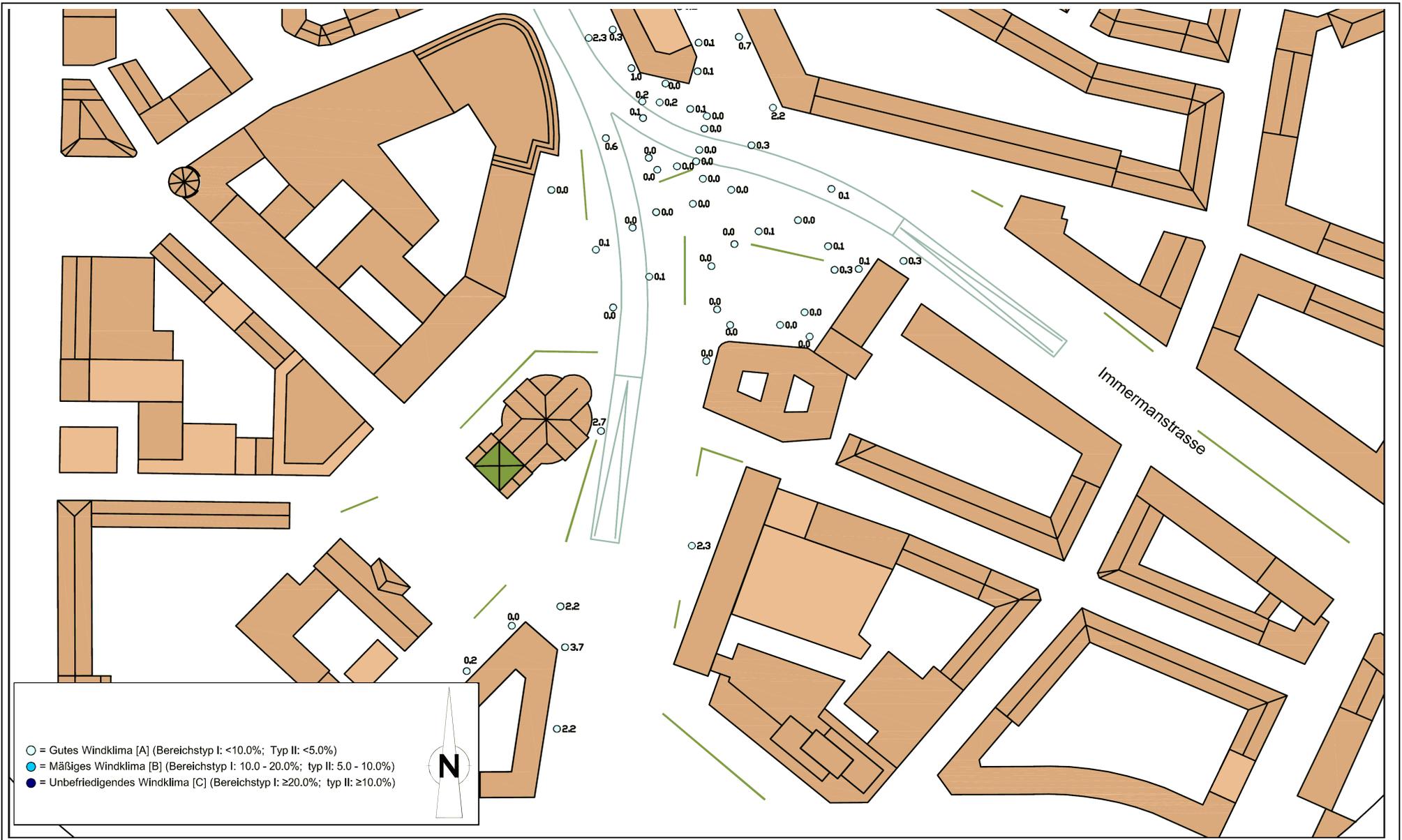
Hinweis: Zur Erleichterung der Zuordnung der Ergebnisse der Windkomfortmessungen befindet sich die Anlage 4 am Ende des Berichtes zusätzlich als Ausklappseite. Es liegen dann die Ergebnisse und Messpunktzuordnungen direkt nebeneinander.



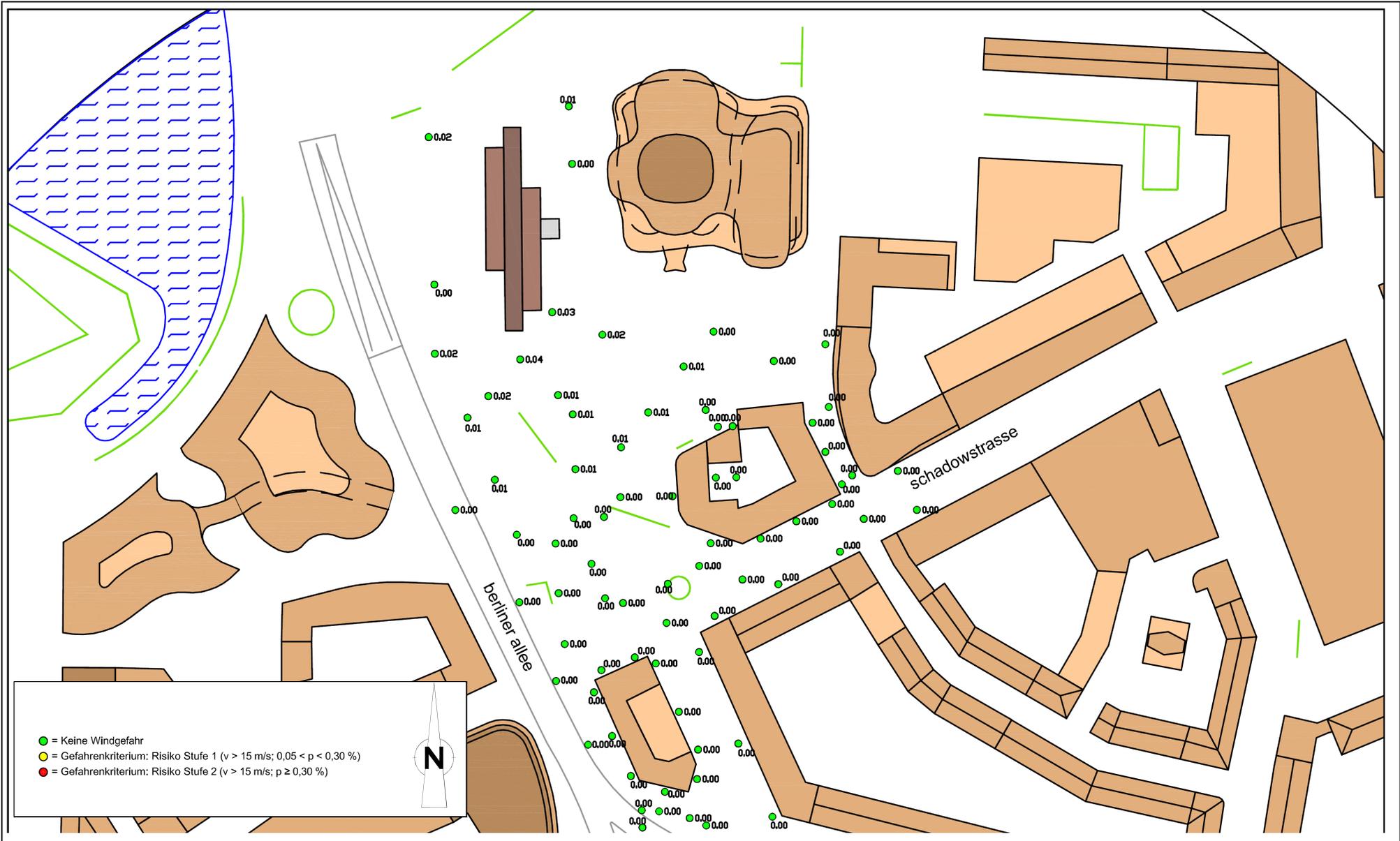
Ergebnis der Windkomfortmessung für den Bestand und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr (Blatt 1)



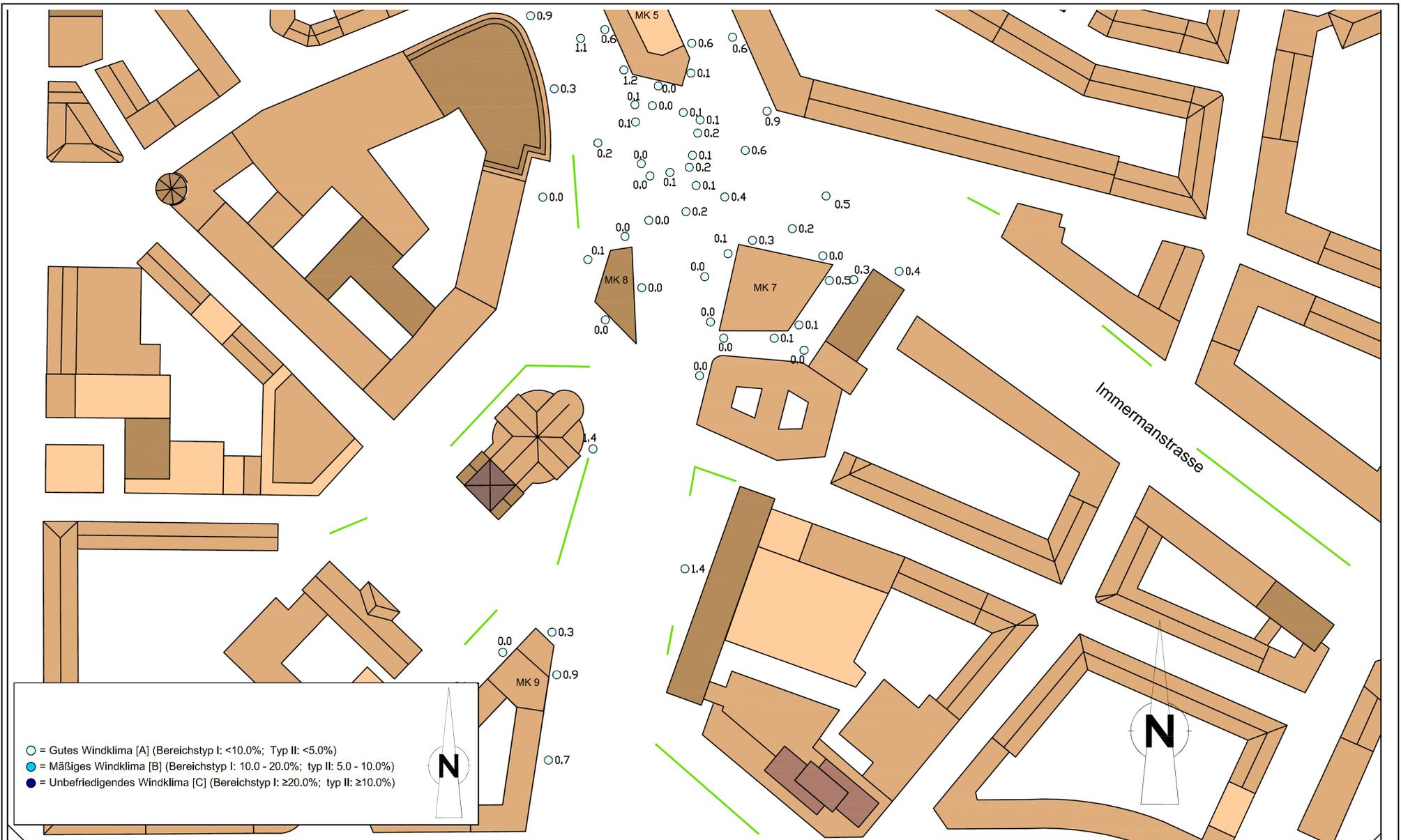
Ergebnis der Windkomfortmessung für den Bestand und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Überschreitungsstunden pro Jahr (Blatt 2)



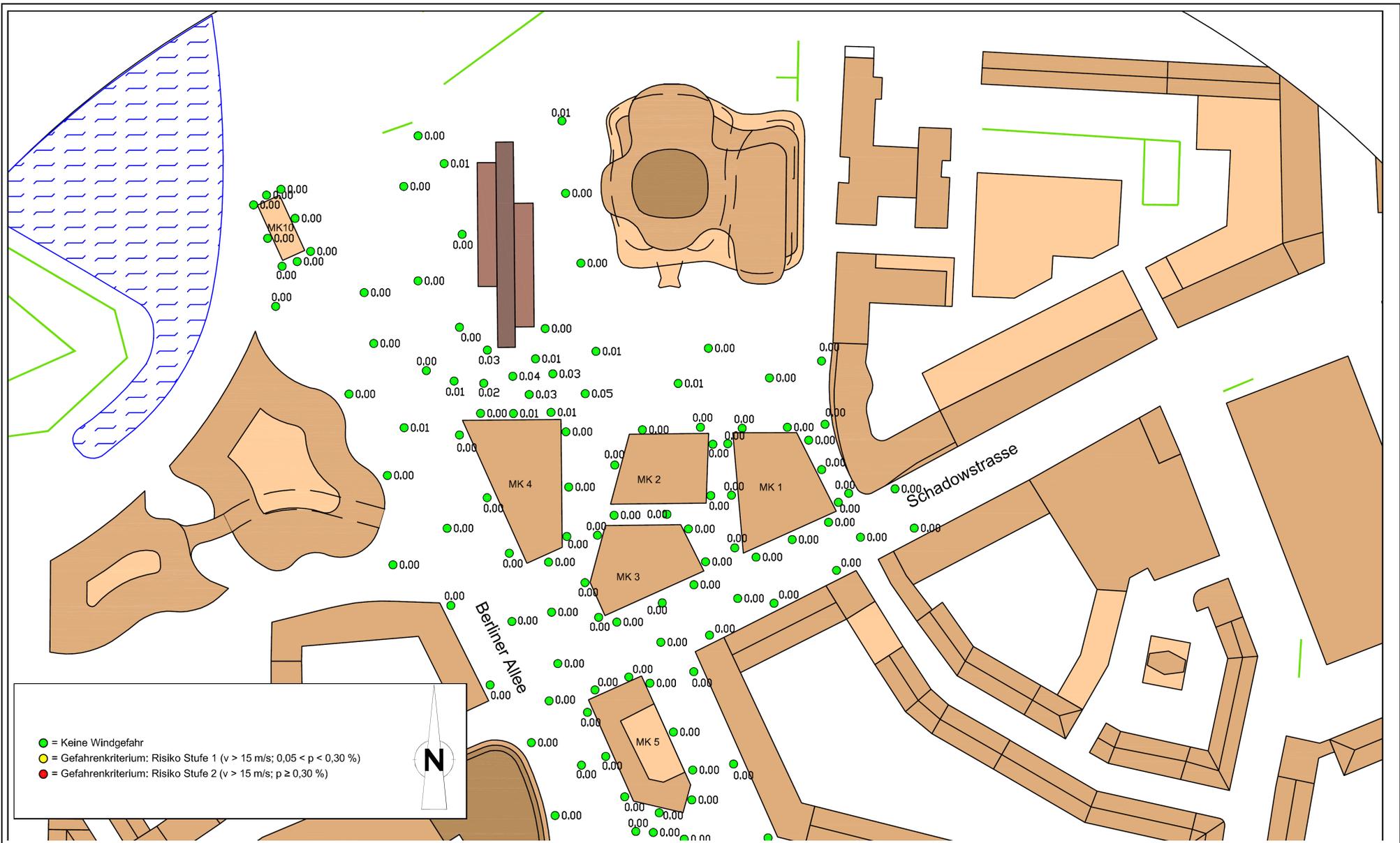
Ergebnis der Messungen zur Windgefahr für den Bestand und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Stunden mit Windgefahr (Windgeschwindigkeiten > 15m/s) pro Jahr (Blatt 1)



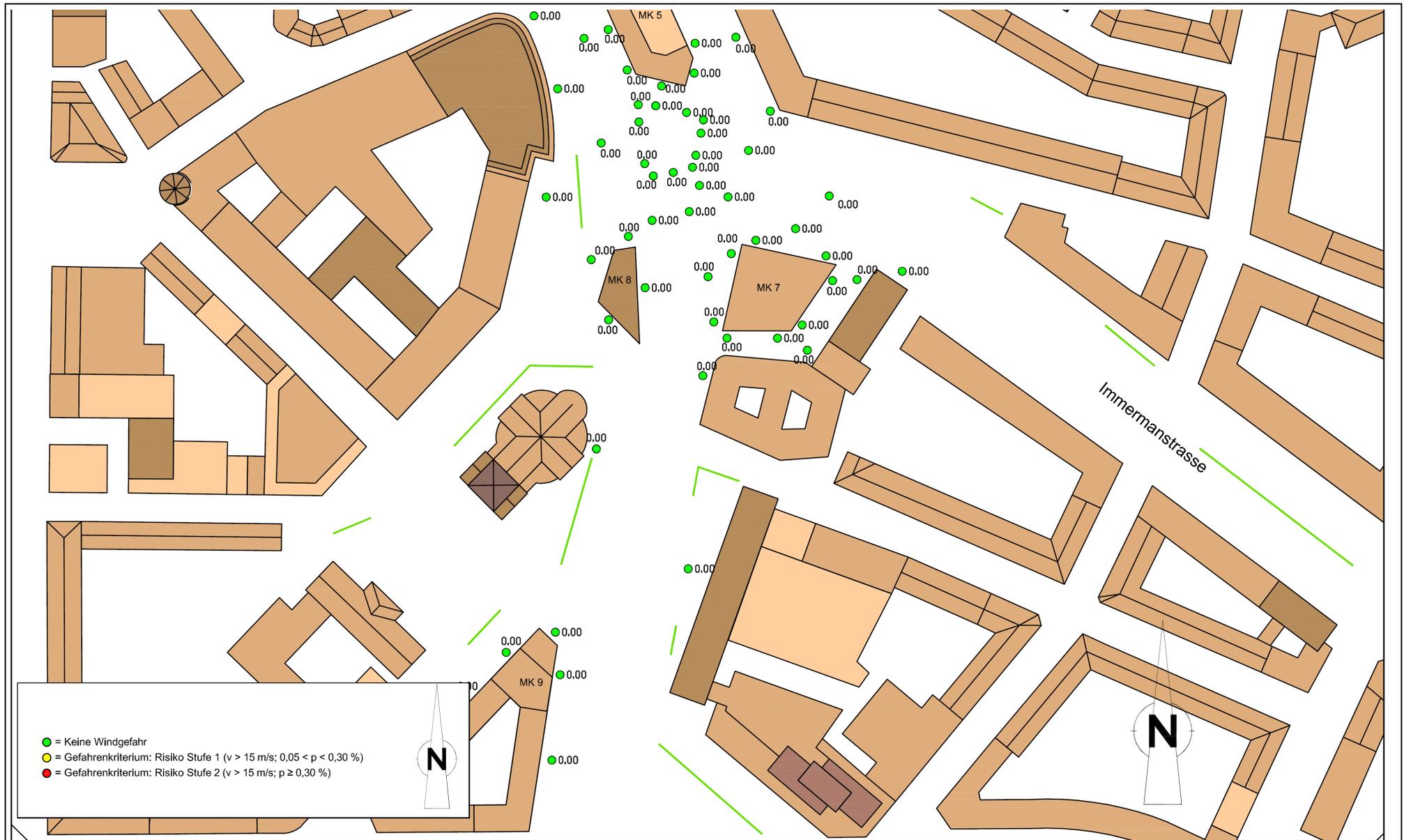
Ergebnis der Windkomfortmessung für die Planung und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Überschreitungstunden pro Jahr (Blatt 2)



Ergebnis der Messungen zur Windgefahr für die Planung und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Stunden mit Windgefahr (Windgeschwindigkeiten > 15m/s) pro Jahr (Blatt 1)



Ergebnis der Messungen zur Windgefahr für die Planung und die Windstatistik der Jahre 1999 bis 2009 in Prozent der Stunden mit Windgefahr (Windgeschwindigkeiten > 15m/s) pro Jahr (Blatt 2)



Messpunkt Nr.	Windkomfort			Windgefahr		
	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand
1		10,9	-1,9		0,00	-0,02
2		20,1	0,7		0,04	0,00
3	11,0	9,6	-1,4		0,01	-0,01
4	5,8	3,0	-2,8		0,01	0,00
5		0,9	-0,4		0,00	0,00
6		0,3	0,1		0,00	0,00
7		0,3	-0,2		0,00	0,00
8		0,5	0,4		0,00	0,00
9	---	0,3	---	---	0,00	---
10	---	0,0	---	---	0,00	---
11		0,4	0,4		0,00	0,00
12		0,0	-0,5		0,00	0,00
13		0,0	-2,2		0,00	0,00
14		0,4	-4,2		0,00	-0,01
15	8,9	0,1	-8,8		0,00	-0,01
16	9,5	10,4	0,9		0,01	0,00
17	12,6	3,3	-9,3		0,00	-0,02
18	9,1	0,3	-8,8		0,00	-0,01
19		8,1	-0,4		0,00	0,00
20	6,1	0,3	-5,8		0,00	-0,01
21		1,0	-2,4		0,00	0,00
22		1,4	-2,3		0,00	0,00
23		1,1	-0,2		0,00	0,00
24		0,2	-1,7		0,00	0,00
25		0,0	-3,7		0,00	0,00
26		0,6	-2,2		0,00	0,00
27	5,2	0,8	-4,4		0,00	-0,01
28		0,1	-3,1		0,00	0,00
29		1,7	-1,6		0,00	0,00
30	5,1	3,0	-2,1		0,00	-0,01
31		0,2	-1,6		0,00	0,00
32		0,6	-0,7		0,00	0,00
33		0,3	-0,5		0,00	0,00
34		0,0	-2,4		0,00	0,00
35		1,1	-0,3		0,00	0,00
36		0,0	-1,1		0,00	0,00
37	---	0,0	---	---	0,00	---
38		0,2	-1,2		0,00	0,00
39		0,0	0,0		0,00	0,00
40		0,3	0,2		0,00	0,00
41	---	0,8	---	---	0,00	---
42		0,3	0,3		0,00	0,00
43		0,2	0,2		0,00	0,00
44		0,2	0,2		0,00	0,00
45		0,1	0,0		0,00	0,00
46		0,2	-0,2		0,00	0,00
47		0,4	-0,4		0,00	0,00
48		0,1	0,0		0,00	0,00
49		1,7	-1,8		0,00	0,00
50		6,4	-2,1		0,00	0,00
51		0,1	-0,6		0,00	0,00
52	10,5	8,6	-1,9		0,01	0,00
53		0,1	-0,7		0,00	0,00
54		0,1	-0,9		0,00	0,00
55		0,3	-0,6		0,00	0,00
56		0,8	0,0		0,00	0,00
57		0,2	0,2		0,00	0,00
58		1,9	-1,1		0,00	0,00
59		2,0	-0,1		0,00	0,00
60		0,3	-0,5		0,00	0,00

Messpunkt Nr.	Windkomfort			Windgefahr		
	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand
61		0,1	0,0		0,00	0,00
62		0,0	-0,2		0,00	0,00
63		0,8	-0,4		0,00	0,00
64		0,4	-0,8		0,00	0,00
65		0,2	-0,7		0,00	0,00
66		0,1	0,0		0,00	0,00
67		1,1	-1,2		0,00	0,00
68		0,6	0,3		0,00	0,00
69		0,2	0,2		0,00	0,00
70		1,2	0,2		0,00	0,00
71		0,0	0,0		0,00	0,00
72		0,1	0,0		0,00	0,00
73		0,6	0,5		0,00	0,00
74		0,0	-0,2		0,00	0,00
75		0,6	-0,1		0,00	0,00
76		0,9	-1,3		0,00	0,00
77		0,1	0,1		0,00	0,00
78		0,0	0,0		0,00	0,00
79		0,5	0,4		0,00	0,00
80		0,6	0,3		0,00	0,00
81		0,1	0,1		0,00	0,00
82		0,2	0,2		0,00	0,00
83		0,1	0,0		0,00	0,00
84		0,0	-0,2		0,00	0,00
85		0,1	0,0		0,00	0,00
86		0,2	-0,4		0,00	0,00
87		0,0	0,0		0,00	0,00
88		0,0	0,0		0,00	0,00
89		0,0	0,0		0,00	0,00
90		0,1	0,1		0,00	0,00
91		0,1	0,1		0,00	0,00
92		0,4	0,4		0,00	0,00
93		0,3	0,2		0,00	0,00
94		0,2	0,2		0,00	0,00
95		0,0	-0,1		0,00	0,00
96		0,4	0,1		0,00	0,00
97		0,3	0,2		0,00	0,00
98		0,5	0,2		0,00	0,00
99		0,1	-0,1		0,00	0,00
100		0,0	0,0		0,00	0,00
101		0,1	0,1		0,00	0,00
102		0,0	0,0		0,00	0,00
103		0,1	0,1		0,00	0,00
104		0,0	0,0		0,00	0,00
105		0,0	0,0		0,00	0,00
106		0,0	0,0		0,00	0,00
107		0,0	0,0		0,00	0,00
108		0,1	0,1		0,00	0,00
109		0,0	-0,1		0,00	0,00
110		0,0	0,0		0,00	0,00
111		1,4	-1,3		0,00	0,00
112		1,4	-0,9		0,00	0,00
113		0,7	-1,5		0,00	0,00
114		0,9	-2,8		0,00	0,00
115		0,3	-1,9		0,00	0,00
116		0,0	0,0		0,00	0,00
117		0,1	-0,1		0,00	0,00
118	13,4	9,9	-3,5		0,00	-0,02
119	12,7	9,3	-3,4		0,00	-0,03
120		0,2	0,2		0,00	0,00

Messpunkt Nr.	Windkomfort			Windgefahr		
	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand	Bestand	Planfall	Differenz Planfall zu Bestand
121	---	13,1	---	---	0,05	---
122	---	13,2	---	---	0,03	---
123	---	12,2	---	---	0,01	---
124	---	17,4	---	---	0,03	---
125	---	12,5	---	---	0,01	---
126	---	19,0	---	---	0,03	---
127	---	3,8	---	---	0,00	---
128	---	9,2	---	---	0,00	---
129	---	17,2	---	---	0,02	---
130	---	13,2	---	---	0,01	---
131	---	0,2	---	---	0,00	---
132	---	3,7	---	---	0,00	---
133	---	7,4	---	---	0,01	---
134	---	2,3	---	---	0,00	---
135	---	0,8	---	---	0,00	---
136	---	0,7	---	---	0,00	---
137	---	0,0	---	---	0,00	---
138	---	0,9	---	---	0,00	---
139	---	0,3	---	---	0,00	---
140	---	5,1	---	---	0,00	---
141	---	5,8	---	---	0,00	---
142	---	4,8	---	---	0,00	---
143	---	12,7	---	---	0,01	---
144	---	8,3	---	---	0,00	---
145	---	0,0	---	---	0,00	---
146	---	0,0	---	---	0,00	---
147	---	0,0	---	---	0,00	---
148	---	0,0	---	---	0,00	---
149	---	0,0	---	---	0,00	---
150	---	0,2	---	---	0,00	---
151	---	0,3	---	---	0,00	---
152	---	0,7	---	---	0,00	---