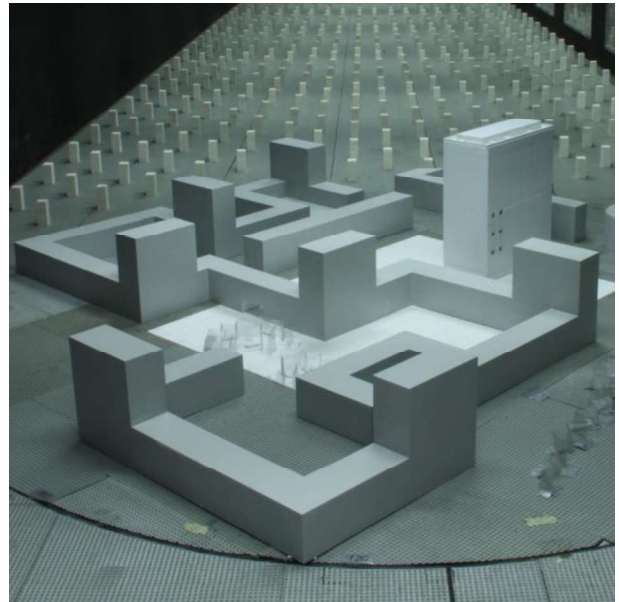


Hofmann Höfe



Hofmann Höfe, München

Windkanalstudie

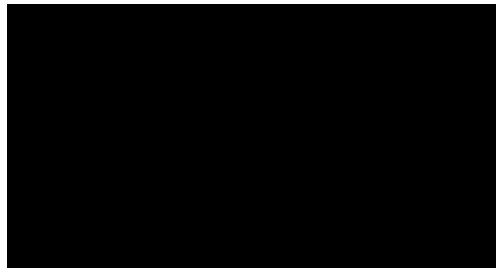
Windkomfort auf Freiflächen

Oktober 2016

Dieser Untersuchungsbericht umfasst 53 Seiten.
Er wurde angefertigt durch die
GfA Gesellschaft für Aerophysik mbH

In der vorliegenden Version 05 wurden für die Ab-
bildungen auf Seite 10 und Seite 26 Quellennach-
weise ergänzt.

München, den 28. Oktober 2016



GfA Gesellschaft für Aerophysik mbH
Aidenbachstraße 52
D 81379 München

Tel.: +49 - (0)89 - 723 30 81
Fax.: +49 - (0)89 - 723 30 82
email: info@gfa.de
Int.: <http://www.gfa.de>

INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	WINDSTATISTIK	6
2.1	Windstatistik an nahe gelegener Messstation.....	6
2.2	Orientierung der Gebäude zur Windrichtung	10
3	VERSUCHSTECHNIK.....	11
3.1	Simulation des Windfeldes	11
3.1.1	Atmosphärische Grenzschichtströmung	11
3.1.2	Beschreibung des Windkanals	12
3.1.3	Die simulierte Grenzschicht.....	13
3.1.4	Modellierung des Gebäudekomplexes und der näheren Umgebung	15
3.1.5	Untersuchungsvarianten zur Gegenüberstellung des Fußgängerkomforts.....	18
3.2	Messverfahren	21
3.2.1	Messung von Strömungsgeschwindigkeiten	21
3.2.2	Quantifizierung des Windkomforts	21
4	WINDKOMFORT AUF FREIFLÄCHEN	23
4.1	Allgemeines.....	23
4.2	Bewertungskriterien	24
4.3	Ergebnisse aus den Geschwindigkeitsmessungen im Fußgängerbereich	25
4.4	Bewertung des Windkomforts für den Planzustand	42
4.5	Ergebnisse für Untersuchungsvarianten	44
4.6	Bewertung des Windkomforts für die untersuchten Varianten	51
5	LITERATUR	53

1 Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Windkanaluntersuchungen ist die von Rapp + Rapp erstellte Masterplanung der Hofmann Höfe in München, Bebauungsplannummer 1930d. Der Gebäudekomplex weist sieben 13-geschossige Hochhäuser und mehrere Innenhöfe auf und befindet sich neben dem 22-geschossigen Hochhaus an der Baierbrunner Straße, für das aktuell eine Umnutzung zu einer Wohnanlage mit öffentlichen Zugangsbereichen geplant wird. Auf dem Grundstück sind drei Kindertagesstätten mit großflächigen Außenbereichen vorgesehen.

Es war eine Windkanaluntersuchung zur Überprüfung der Windkomfortverhältnisse auf den Freiflächen durchzuführen, da aufgrund der Höhe der sieben Hochhäuser und der Nähe zum Hochhaus an der Baierbrunner Straße eine Komfortbeeinträchtigung durch Windböen nicht ohne weiteres auszuschließen war. Besonderes Augenmerk wurde auf die Außenbereiche der drei Kindertagesstätten, auf die beiden Durchgänge Torbogen Nord/Süd und Torbogen Ost/West, auf die Gebäudeeingangsbereiche sowie auf die ausgewiesenen Plätze gelegt.

Dazu wurde ein Modell des projektierten Gebäudekomplexes im Maßstab 1:200 eingesetzt. Unter Berücksichtigung der örtlichen Bebauungsverhältnisse in der weiteren und näheren Umgebung wurden im Grenzschichtwindkanal der TU München Strömungsverhältnisse eingestellt, welche hinsichtlich der Vertikalprofile von Windgeschwindigkeit und Turbulenz maßstäblich die realen Windverhältnisse am Standort nachbilden; ein entsprechender Nachweis der Ähnlichkeit wurde erbracht.

Für zwölf Windrichtungen wurde das bodennahe Strömungsfeld auf dem gesamten Gelände der Liegenschaften 1930c und 1930d detailliert vermessen. Unter Berücksichtigung der Windstatistik für den Standort wurde eine Einteilung der umliegenden Freiflächen in Windkomfortklassen vorgenommen und daraus Nutzungsempfehlungen abgeleitet. In Kapitel 4 sind die erzielbaren Windkomfortklassen grafisch dargestellt und dabei die in den Außenbereichen des Gebäudekomplexes besonders dem Wind ausgesetzten aber auch die windgeschützten Bereiche aufgezeigt. Eine als inakzeptabel definierte Schwelle der zu erwartenden Böengeschwindigkeiten wurde an keiner der untersuchten Stellen erreicht oder überschritten.

Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass eine Notwendigkeit zu treffender Festsetzungen von Schutzmaßnahmen an keiner Stelle des Bebauungsplans besteht. In weiten Bereichen mit zuerst etwas eingeschränktem Windkomfort konnte die Situation bei einem sensiblen Aufenthalt (wie z.B. private Freiflächen und Freiflächen der Kindertagesstätten) durch Heckenpflanzungen weiter verbessert werden. Für die Innenhofbereiche, in denen die gewünschte Aufenthaltsqualität noch nicht erreicht ist, sollten vergleichbare Maßnahmen vorgeschlagen werden, die im Rahmen der weiter voranschreitenden und konkreteren Planungen für besonders sensible Aufenthaltsbereiche (z.B. Kleinkinderspielflächen und Flächen zum dauernden, ruhenden Aufenthalt) vielversprechend sind. Entsprechende Schutzmaßnahmen, wie lokale Überdachungen oder Markisen, wurden in Abschnitt 4.6 diskutiert und sollten durch den Bebauungsplan zugelassen werden.

Im Einzelnen haben die Windgeschwindigkeitsuntersuchungen gezeigt, dass über weite Bereiche eher ruhige Windverhältnisse zu erwarten sind und die gewünschten bzw. typischen Nutzungen möglich sind. Auf dem gesamten Neubaugelände werden die Anforderungen für Zugangsbereiche erfüllt, dabei bestehen keinerlei Nutzungseinschränkungen. In weiten Bereichen, insbesondere in den Innenhöfen sind noch deutlich ruhigere Windkomfortverhältnisse vorzufinden.

Im Torbogen Ost/West tritt eine beschleunigte Ausgleichsströmung mit erhöhten bodennahen Windgeschwindigkeiten auf. Es werden jedoch auch hier die Anforderungen für Durchgangsbereiche eingehalten. Weiterführende Vergleichsuntersuchungen unter einer genaueren Modellierung des Siemenswäldchens (alter, hoch gewachsener Baumbestand) lassen eine zusätzliche Beruhigung dieses Torbogens erwarten. Im untersuchten Planzustand wurde eine Torbogenbreite von 15m zugrunde gelegt. Eine Verbreiterung auf 20m, 25m oder 30m führt zu einer geringfügigen Erhöhung der Böengeschwindigkeiten im Durchgangsbereich, jedoch ohne Einfluss auf die vorherrschende Windkomfortstufe. Da im gesamten Durchgangsbereich des Torbogens die beschleunigte Ausgleichsströmung auftritt, kann bezogen auf das nähere und weitere Umfeld des Durchgangs mit einer schmäleren Torbogenbreite ein höherer Windkomfort erzielt werden.

Im Umfeld des Torbogens Nord/Süd ist ein deutlich höherer Komfort auch bei einem kürzeren Stehenbleiben zu erwarten. Die Lage des Torbogens Nord/Süd (zentral oder an der östlichen Gebäudewand) bleibt dabei untergeordnet.

Die Kita-Außenbereiche an der Baierbrunner Straße (Freispielfläche 1) können als sehr windgeschützt bezeichnet werden. Die beiden anderen Außenbereiche der Kindertagesstätte an der Hofmannstraße (Freispielfläche 3) und der Kindertagesstätte an der Siemensallee (Freispielfläche 2) weisen im untersuchten Planzustand einen z.T. eingeschränkten Windkomfort auf. Hier konnte bei Untersuchung von Optimierungsvarianten durch eine geeignete Bepflanzung entlang der äußeren Platzgrenze (z.B. eine zwei Meter hohe, dichte Hecke) eine ausreichende Beruhigung erzielt werden, so dass eine uneingeschränkte Nutzung möglich ist.

Vor den Erdgeschosswohnungen sind sowohl bei den fünf-geschossigen als auch bei den 13-geschossigen Gebäuden Zonen für Privatgärten mit einer Tiefe von vier Meter geplant. Im untersuchten Planzustand wurden hier im Nahbereich der Hochpunkte z.T. erhöhte Böengeschwindigkeiten gemessen, die einerseits aus einer beschleunigten Kantenumströmung und andererseits aus einer abwärts gerichteten Strömung an den Fassaden der Hochpunkte resultiert. Auch hier wurden Vergleichsuntersuchungen mit einer zwei Meter hohen, dichten Hecke entlang der Gartengrenze durchgeführt.

An dem zum Siemenswäldchen hin gerichteten Außenbereich für Privatgärten zeigte sich eine Komforterhöhung um eine Stufe. Im Innenhof WA3 bewirkt die zwei Meter hohe, dichte Hecke aufgrund der abwärts gerichteten Strömungsverhältnisse im Nahbereich des hier gelagerten Hochpunktes keine Komforterhöhung im Aufenthaltsbereich der Einzelgärten. Im Innenhof WA2 kann mit einer zwei Meter hohen, dichten Hecke in Teilbereichen eine Komforterhöhung erzielt werden. Im Zentrum des Innenhofes führt die vom südöstlichen Hochpunkt in den Fußgängerbereich gerichtete Abwärtsströmung zu unveränderten Komfortbedingungen. Dieser Bereich würde sich für einen noch fest zu legenden Durchgang vom Innenhof zum Nachbargrundstück eignen.

Größere Flächen mit eingeschränktem Windkomfort sind an der Liegenschaftsgrenze zu 1930c im näheren Umfeld des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße zu erwarten. Aufgrund des geringen Abstandes des grenznahen Gebäuderiegels und des 22-geschossigen Hochhauses treten Interferenzeffekte mit stark variierenden Druckverhältnissen auf. Die dabei mit hohen bodennahen Windgeschwindigkeiten einhergehenden Ausgleichsströmungen sind insbesondere bei den vorherrschenden Starkwindwindlagen aus südwestlichen bis westlichen Windrichtungen stark ausgeprägt. Einen nicht unwesentlichen Anteil an diesen Störeffekten dürfte dabei auch die Anordnung des grenznahen Gebäuderiegels ausüben. Die Lage der beiden nächstgelegenen 13-geschossigen Hochhäuser kann zudem eine Kanalisierung der Windströmung auf genau diesen Riegel bewirken.

Bei einer Anpassung des Städtebaus z.B. durch Verschiebung der Hochpunkte ist zu erwarten, dass sich die beschriebenen Effekte nur räumlich auf andere Bereiche verlagern, ohne dass dabei zwingend eine Reduzierung der Windgeschwindigkeiten zu erwarten ist.

Abschließend ist noch anzumerken, dass Loggien und Balkone sowie Staffelgeschosse im Rahmen dieser Windkomfortuntersuchungen nicht überprüft wurden. Gravierende Einschränkungen sind hier insbesondere bei den fünfgeschossigen Gebäudebereichen ohnehin nicht zu erwarten.

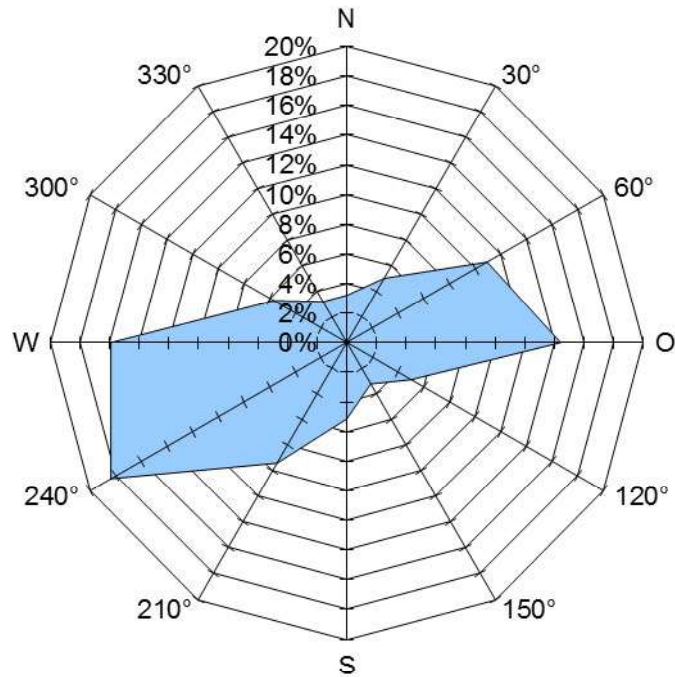


Abb. 2.1: Langjähriges Mittel der relativen prozentualen Häufigkeit der Windrichtungen am Standort der Hofmann Höfe in der Höhe von 77 m über Grund

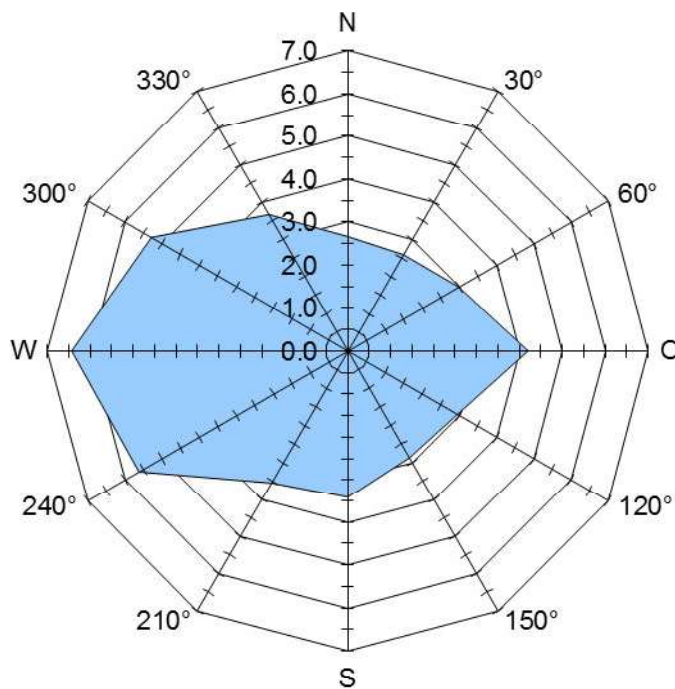
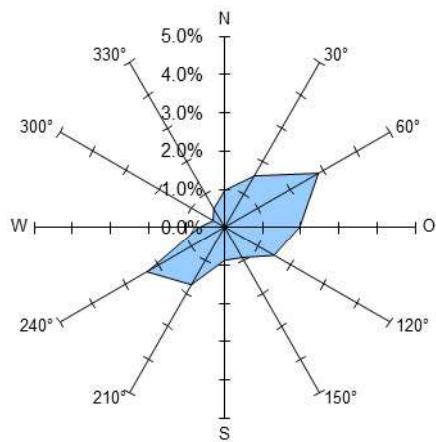
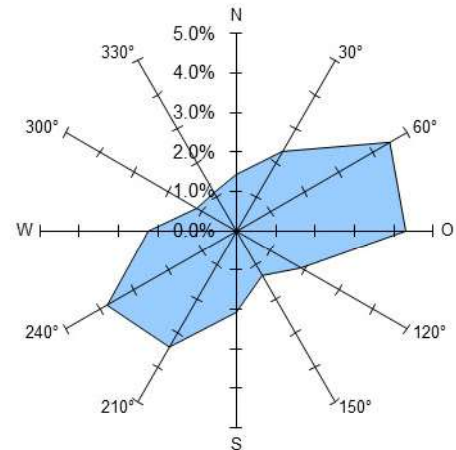


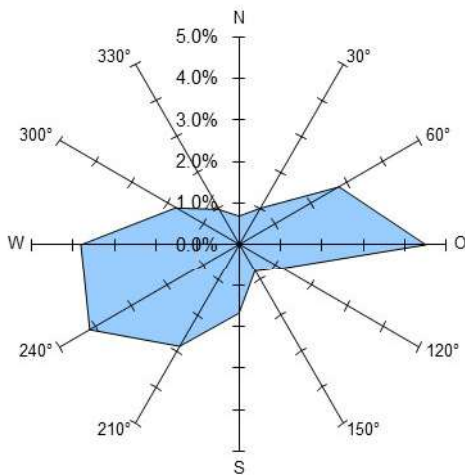
Abb.2.2: Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten in m/s in Abhängigkeit von der Windrichtung am Standort der Hofmann Höfe in der Höhe 77 m über Grund



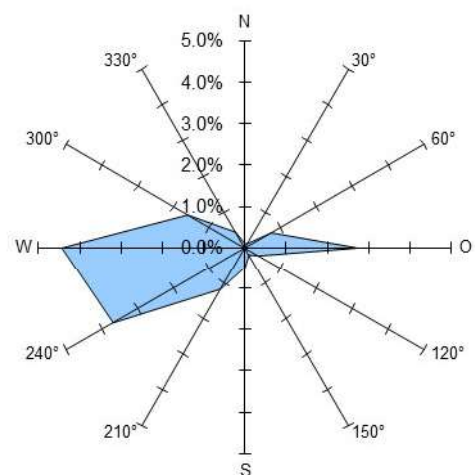
a) Stärke 1 - leiser Zug (0.3-1.8 m/s)



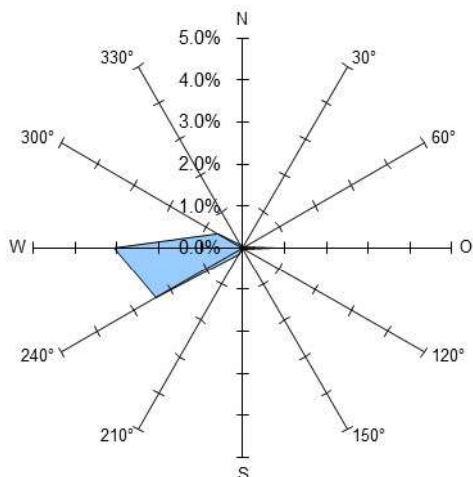
b) Stärke 2 - leichter Wind (1.8-3.6 m/s)



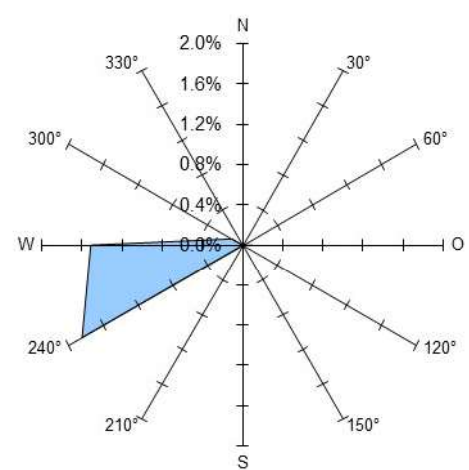
c) Stärke 3 - schwacher Wind (3.6-5.6 m/s)



d) Stärke 4 - mäßiger Wind (5.6-7.9 m/s)



e) Stärke 5 - frischer Wind (7.9-10.4 m/s)



f) ≥Stärke 6 - starker Wind (≥10.4 m/s)

Abb. 2.3: Windrichtungsverteilung für verschiedene Windstärken nach Beaufort angepasst an den Standort der Hofmann Höfe und die Höhe 77 m über Grund.

Die relative Häufigkeit von Stundenmittelwerten gibt an, wie oft eine bestimmte Windgeschwindigkeit im langjährigen Mittel zu erwarten ist. In der Abb. 2.4 ist die Häufigkeitsverteilung über das gesamte Jahr für den Standort in einer Höhe von 77 m angegeben.

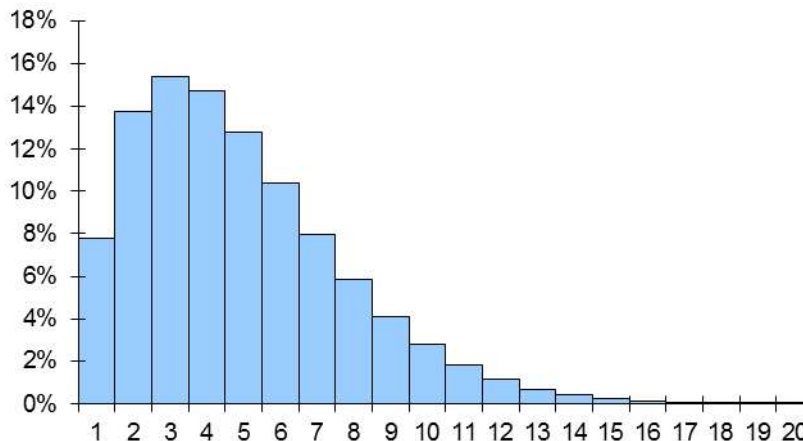


Abb.2.4: Relative Häufigkeitsverteilung auftretender Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit für das ganze Jahr am Gebäudestandort in einer Höhe von 77 m.

Die Summenhäufigkeit lässt eine Aussage zu, wie häufig mit der Überschreitung eines bestimmten Schwellenwertes der stunden gemittelten Windgeschwindigkeit zu rechnen ist. In der Abb. 2.5 ist die Summenhäufigkeit über dem Stundenmittelwert für das ganze Jahr aufgetragen. Abzulesen ist, dass in 77 m Höhe über dem Standort im Jahresdurchschnitt zu 0.5% der Zeit eine stündlich gemittelte Windgeschwindigkeit von 14 m/s überschritten wird und dass zu 95,4 % der Zeit mittlere Windgeschwindigkeiten unter 10 m/s zu erwarten sind.

Über die Häufigkeit, mit welcher kurze Windböen (z. B. 5s-Böen) bestimmte Geschwindigkeiten überschreiten macht diese Kurve keine Aussage, sie gilt ausschließlich für die stündlichen Mittelwerte.

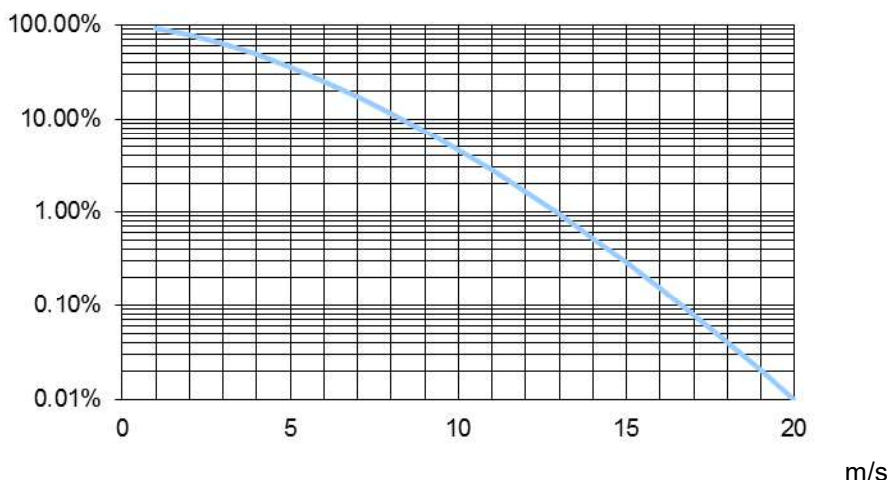


Abb.2.5: Überschreitenshäufigkeit der Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit am Gebäudestandort in einer Höhe von 77 m. Ablesebeispiel: Eine mittlere Windgeschwindigkeit von 10 m/s wird zu etwa 4,6% der Zeit überschritten und zu 95,4% der Zeit nicht erreicht.

2.2 Orientierung der Gebäude zur Windrichtung

In Abb. 2.6 ist eine Windrichtungsskala mit einer 360°-Einteilung zur Erläuterung der Windrichtungen über einen Lageplan projiziert.

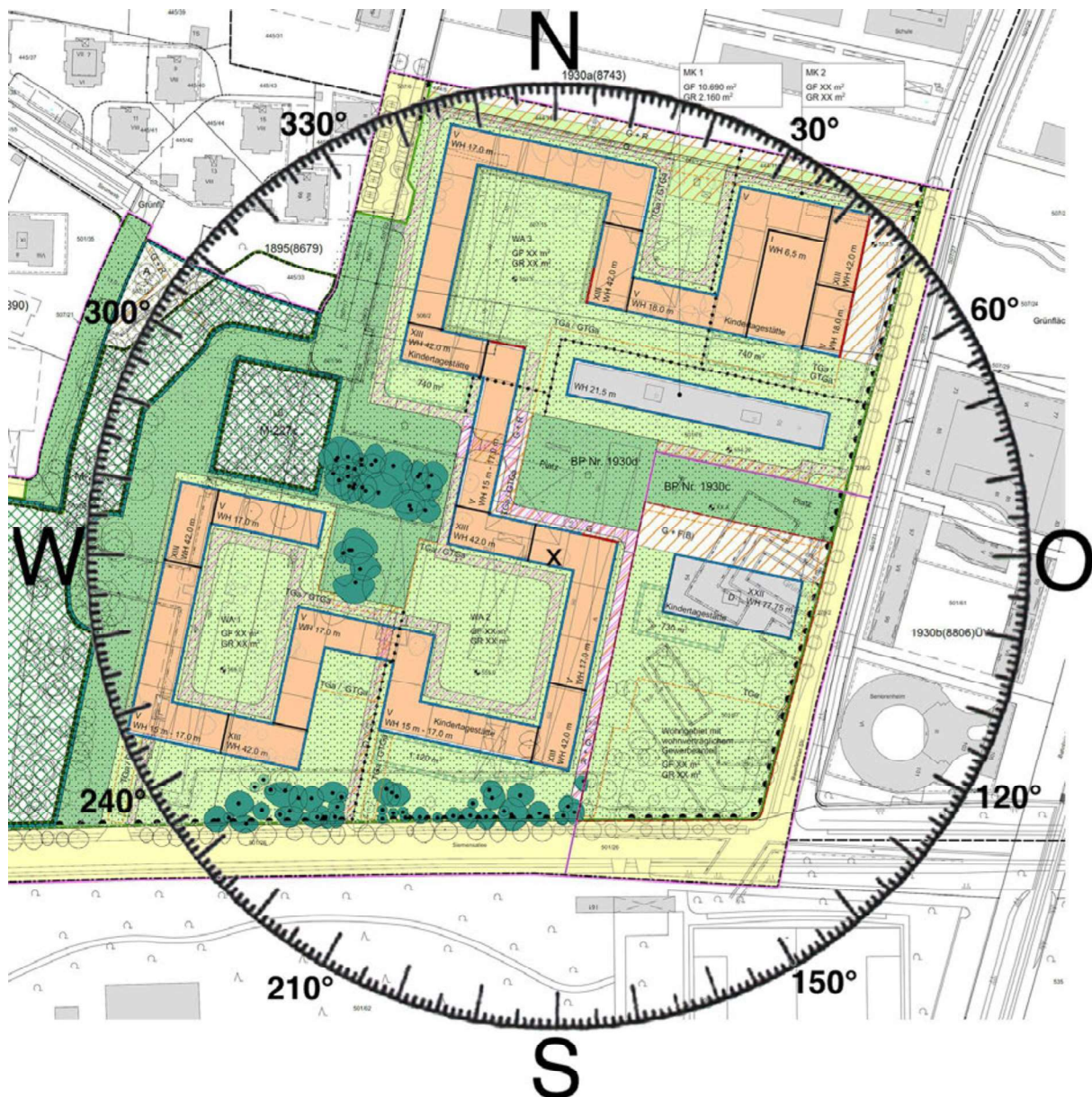


Abb.2.6: Lageplan der Hofmann Höfe mit Windrichtungsskala
(Quelle: Vorentwurf Bebauungspläne mit Grünordnung Nrn. 1930c/d der Landeshauptstadt München Stand 09.05.2016 © rapp +rapp Garten- und Landschaftsarchitekten)

3 Versuchstechnik

3.1 Simulation des Windfeldes

3.1.1 Atmosphärische Grenzschichtströmung

Das in der Natur vorherrschende Windströmungsfeld wird durch die Bodenbeschaffenheit, d.h. durch die Rauigkeit sowie die topografischen Verhältnisse der Oberfläche beeinflusst. Maßgebend sind hier Bebauungsdichte, Höhe und Form der Gebäude. Hieraus resultiert eine Geschwindigkeitsverteilung über der Höhe, bei der mit zunehmendem Abstand vom Boden eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit verbunden ist. In Abhängigkeit der Oberflächenrauigkeit wird auch die Turbulenz der Windströmung, d.h. die lokalen Schwankungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit ausgebildet.

Von der Oberflächenrauigkeit unbeeinflusste Windverhältnisse stellen sich über einer städtischen Bebauung in einer Höhe von mehreren hundert Metern ein. Für den untersuchten Stadtteil Obersendling in München wird hier eine Höhe von ca. 500 m zugrunde gelegt. Innerhalb dieser Höhe bildet sich eine Grenzschichtströmung aus, die für die durchzuführenden Versuche bis zu einer Höhe von ca. 200 m mit einer hinreichenden Genauigkeit nachzubilden ist.

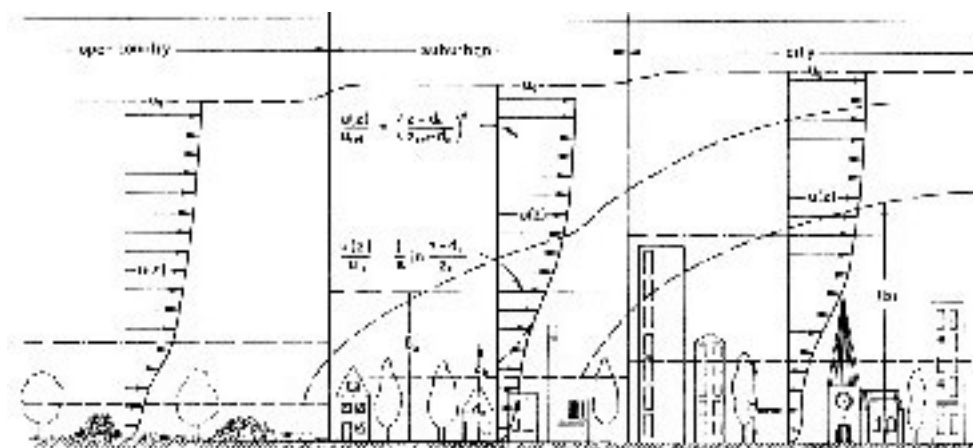


Abb. 3.1 Städtisches Windprofil für neutrale Grenzschichtströmung nach [Plate 1993]

Für das Höhenprofil der Windgeschwindigkeit, das durch ein Potenzgesetz bzw. ein logarithmisches Gesetz beschrieben werden kann, werden typische Verteilungen (vgl. Abb. 3.1) aus der Literatur herangezogen. Diese Profile gelten für die neutral geschichtete Atmosphäre, welche im Windkanalversuch mit guter Genauigkeit nachgebildet werden kann. Bei der Simulation der Anströmbedingungen ist vor allem die maßstäblich korrekte Einhaltung der Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit und der Turbulenzstruktur einzuhalten.

3.1.2 Beschreibung des Windkanals

Die Höhenabhängigkeit der Windgeschwindigkeit und die sich in der Natur bei einem solchen Windprofil einstellende Turbulenzstruktur werden durch eine von [Counihan 1973] beschriebene Methode in einem Grenzschicht-Windkanal maßstäblich verkleinert nachgebildet.

Für die Untersuchungen wurde ein Modellmaßstab von 1:200 mit dem Ziel einer möglichst hohen Auflösung gewählt. Durch Einbau der Gebäude- und Umgebungsmodelle darf eine Versperrung der frei durchströmten Querschnittsfläche von 5% nicht überschritten werden. Die Einhaltung der Ähnlichkeitsbedingung (eine von der Re-Zahl unabhängige Gebäudeumströmung) soll schon bei kleinen Strömungsgeschwindigkeiten erreicht werden können.

Die Modellversuche werden im Grenzschichtwindkanal des Lehrstuhls für Aerodynamik und Strömungsmechanik der Technischen Universität München durchgeführt. Der Aufbau des Windkanals ist in Abb. 3.2 schematisch dargestellt.

Es handelt sich hier um einen Windkanal der Bauart 'Eiffel' mit geschlossener Messstrecke. Die Abmessungen der Testsektion betragen $L \times B \times H = 6,0\text{m} \times 2,7\text{m} \times 1,8\text{m}$. Zur Einstellung verschiedener Anströmrichtungen wird das Gebäudemodell einschließlich seiner näheren Umgebung auf einer motorgesteuerten, stufenlos verstellbaren Drehplatte aufgebaut. Zur Erzeugung einer der natürlichen Windströmung entsprechenden Turbulenzstruktur sind Wirbelgeneratoren und eine Barriere nahe dem Einlauf angeordnet. Die nachfolgenden Rauigkeitselemente am Boden, bestehend aus im wechselnden Rhythmus aufgebauten Blöcken, dienen zur Stabilisierung der turbulenten Grenzschichtströmung und zur Einstellung des in Gl. 3.1 bzw. Gl. 3.2 beschriebenen Geschwindigkeitsprofils. Durch Reibungsverluste an den Windkanalwänden ergibt sich ein Energieverlust in Strömungsrichtung. Durch eine geneigte und höhenverstellbare Decke wird vermieden, dass sich in Strömungsrichtung ein in der Natur nicht vorhandener Druckgradient ausbildet. Die erforderlichen Strömungsgeschwindigkeiten werden durch ein stufenlos regelbares Axialgebläse eingestellt.

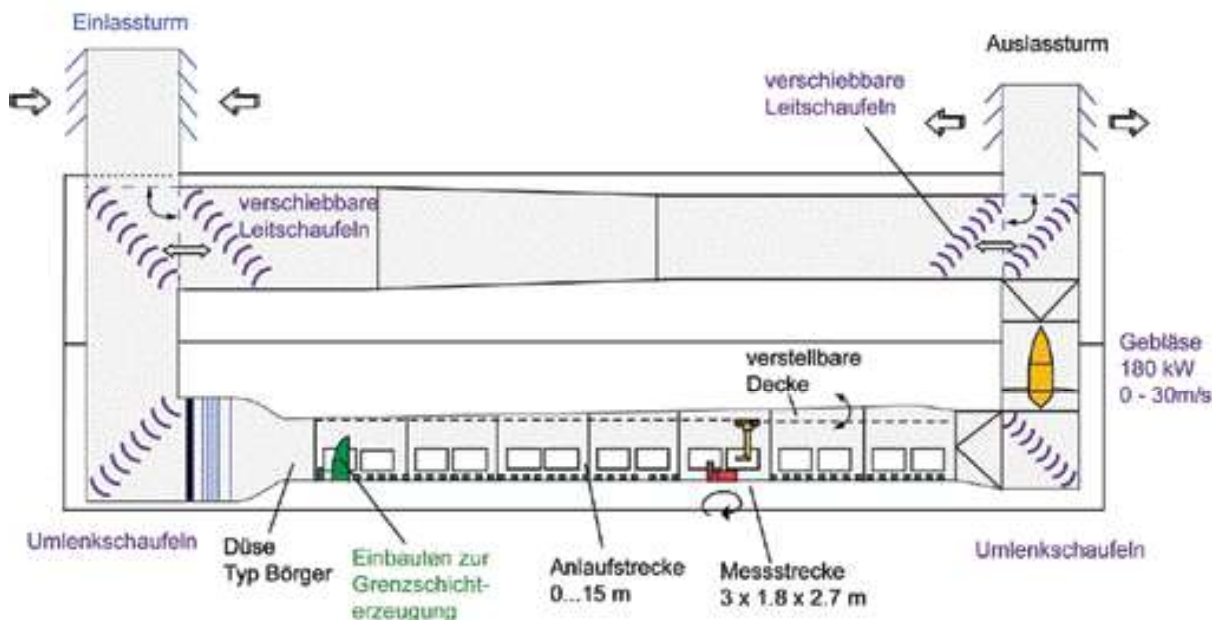


Abb. 3.2: Schematische Ansicht des Grenzschichtwindkanals

3.1.3 Die simulierte Grenzschicht

Da das Umfeld des geplanten Standortes insbesondere in Richtung der Hauptwindlagen unterschiedlich dicht bebaut ist, wird bei der Simulation des Windprofils für den Untersuchungsbereich ein mittlerer Profilexponent $\alpha = 0,24$ angenommen. Anhand dieses Profilexponenten kann mit dem Potenzgesetz der Form

$$\frac{u(z)}{u_{bez}} = \left(\frac{z - d_o}{z_{bez} - d_o} \right)^\alpha \quad (3.1)$$

ausgehend von einer Bezugshöhe z_{bez} , bei der die Bezugsgeschwindigkeit u_{bez} bekannt ist, für eine Höhe $z > d_o$ über dem Boden die örtliche Windgeschwindigkeit $u(z)$ berechnet werden. Als Verdrängungsschichtdicke d_o kann näherungsweise das 0,5- bis 0,7-fache der durchschnittlichen Höhe der Umgebungsbebauung angenommen werden.

Im unteren Bereich der atmosphärischen Grenzschicht in einer Höhe zwischen 10m und 100m gilt ebenso das logarithmische Gesetz der Form

$$\frac{u(z)}{u_*} = \frac{1}{k} \ln \frac{z - d_o}{z_o} \quad (3.2)$$

mit

u_*	Schubspannungsgeschwindigkeit
κ	Kármánsche Konstante ($\kappa = 0,4$)
d_o	Verdrängungsschichtdicke
z_o	Rauhigkeitshöhe

Zur Überprüfung der Ähnlichkeit der Anströmung wurde das Geschwindigkeits- und Turbulenzprofil der Modellgrenzschicht sowie das Leistungsspektrum der Turbulenz mit Hilfe einer Dreidraht-Hitzdrahtsonde ermittelt und mit Naturmessungen [ESDU 1991] verglichen.

Das Profil der mittleren Geschwindigkeit wurde durch den Potenzansatz nach Gl. 3.1 approximiert. Eine der natürlichen Windsituation ähnliche Modellströmung wird im Windkanalversuch bei einer maßstabsgetreuen Nachbildung von d_o sowie bei Übereinstimmung des Profilexponenten α erreicht.

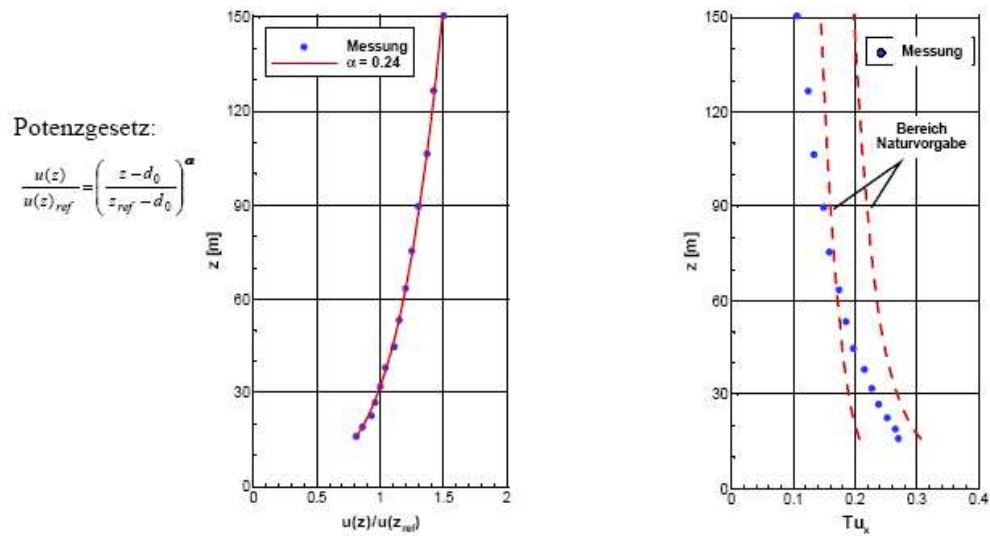
Das Profil mit den approximierten Werten $\alpha = 0,24$ und $d_o = 4,4\text{m}$ ergibt sich bei einer städtischen Bebauung mit Gebäudehöhen in der Größenordnung von 10 bis 18 m.

Die Turbulenzintensität, als ein Maß für die Böigkeit des Windes, wird definiert zu Standardabweichungen der Geschwindigkeitsschwankungen bezogen auf die mittlere lokale Windgeschwindigkeit

$$Tu = \frac{\sqrt{\overline{u'^2}}}{\bar{u}} \quad (3.3)$$

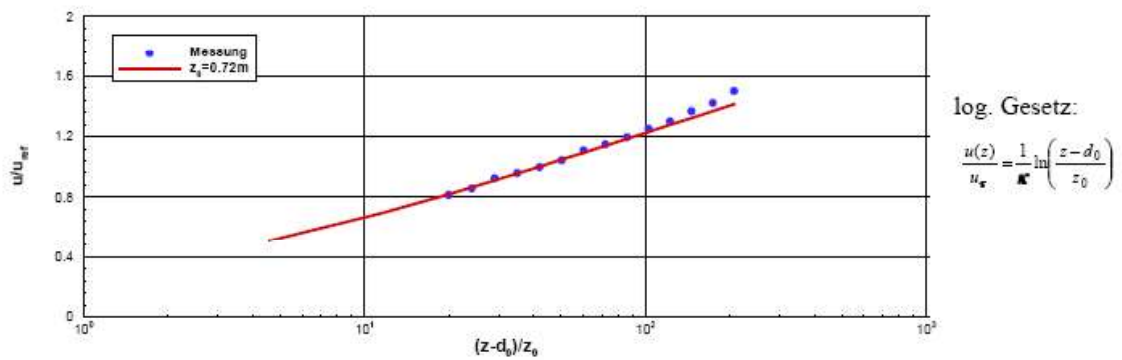
mit $\overline{u'^2}$ als Varianz der Geschwindigkeitsschwankungen und \bar{u} als Mittelwert der lokalen Windgeschwindigkeit.

Die Daten der simulierten Grenzschicht finden sich in Abb. 3.3. Der zeitliche Verlauf der in der Messstrecke des Windkanals gemessenen Windgeschwindigkeit wurde einer Frequenzanalyse unterzogen. Das Ergebnis ist in normierter Form als Turbulenzspektrum in 30m Höhe zum Vergleich mit den aus den Naturmessungen verfügbaren Vergleichsdaten aufgetragen.

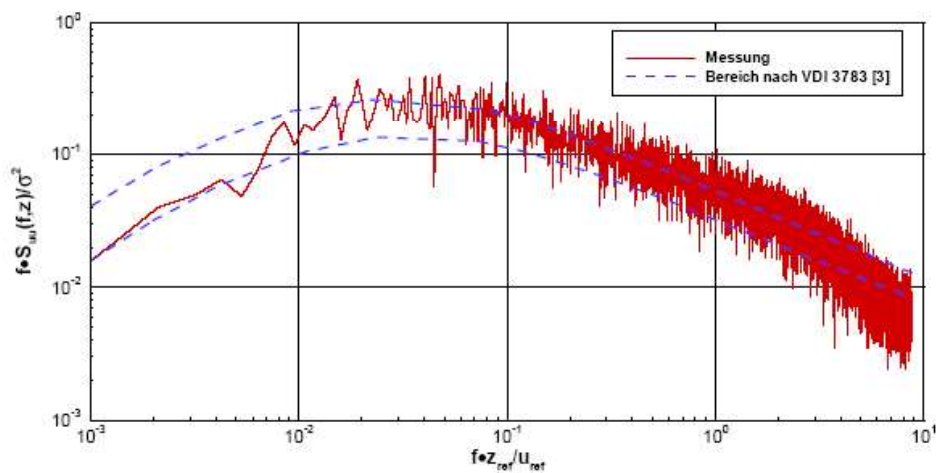


a) Zeitgemittelttes Geschwindigkeitsprofil nach dem Potenzgesetz

b) Profil der Turbulenzintensität



c) Zeitgemittelttes Geschwindigkeitsprofil nach dem logarithmischen Gesetz



d) Turbulenzspektrum in 30m Höhe

Abb. 3.3: Daten der simulierten Grenzschicht

3.1.4 Modellierung des Gebäudekomplexes und der näheren Umgebung

Da die Windströmung durch die Umgebungsbebauung des zu untersuchenden Gebäudekomplexes stark beeinflusst wird (vgl. Abb. 3.1), sind neben dem zu betrachteten Neubau die umgebenden Gebäude maßstabsgetreu nachzubilden. Hierbei wird es im vorliegenden Fall als ausreichend angesehen, den Umgebungsbereich bis in eine Entfernung von ca. 250m zu modellieren. Mit zunehmender Entfernung zum Zentrum des zu untersuchenden Gebäudekomplexes ist ein geringerer Detaillierungsgrad der Gebäude angemessen.

Für die Nachbildung des Neubaukomplexes wurden von PATRZIA Deutschland GmbH Ausschnitte der Masterplanung mit Stand 18.3.2016 sowie ein Vorentwurf Bebauungspläne mit Grünordnung Nrn. 1930c/d der Landeshauptstadt München mit Stand 9.5.2016 zur Verfügung gestellt. Die unterschiedlichen Höhen der einzelnen Gebäude der Hofmann Höfe konnten diesen Bebauungsplänen entnommen werden. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde bei den fünfgeschossigen Gebäudebereichen das im Masterplan angedeutete zurückgesetzte oberste Geschoss jeweils als Vollgeschoss modelliert.

Für die Anordnung der Umgebungsgebäude wurden von den Meili Peter Architekten ein Vorabzug des Hochhauses an der Baierbrunner Straße mit Stand 23.5.2016 und ein Lageplan im Maßstab 1:1000 der Landeshauptstadt München mit Stand März 2016 zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden weitere detaillierte Luftbildaufnahmen aus „Google Satellit“ verwendet.

Nahe dem Zentrum der Drehplatte wird das Modell des zu untersuchenden Gebäudekomplexes installiert. Dabei werden zunächst die Neubauten der Hofmann Höfe und in einer anschließenden Versuchsreihe das Hochhaus an der Baierbrunnerstraße ins Zentrum gerückt. Die angrenzenden Gebäude wurden jeweils auf der Drehplatte gemäß Lageplan zugeordnet und fixiert. Die Abb. 3.4 zeigt das Modell mit Blickrichtung in die Anlaufstrecke des Windkanals für den projektierten Planzustand mit dem Strömungsgeschwindigkeitsmodell im Zentrum. Abb. 3.5 ist eine Detailansicht des Gebäudekomplexes auf der Drehplatte zu entnehmen.

Abb. 3.6 und 3.7 zeigen eine Detailansicht der Hofmann Höfe mit den unterschiedlichen Anordnungen auf der Drehplatte zu entnehmen.

Im Torbogen Nord/Süd sind gemäß Masterplan und Vorentwurf Bebauungspläne zwei alternative Durchgangssituationen mit einer Mindestbreite von 6m und einer Höhe über zwei Geschosse (EG und 1.OG) in Planung, eine zentral und eine an der östlichen Gebäudewand. Im Modell wurden beide Durchgänge als Varianten (vgl. Abb.3.6) nachgebildet.

Dabei sind die nachfolgend beschriebenen Varianten gegenüberstellend zu bewerten:

Variante m: Durchgang mittig

Variante o: Durchgang an der östlichen Gebäudewand

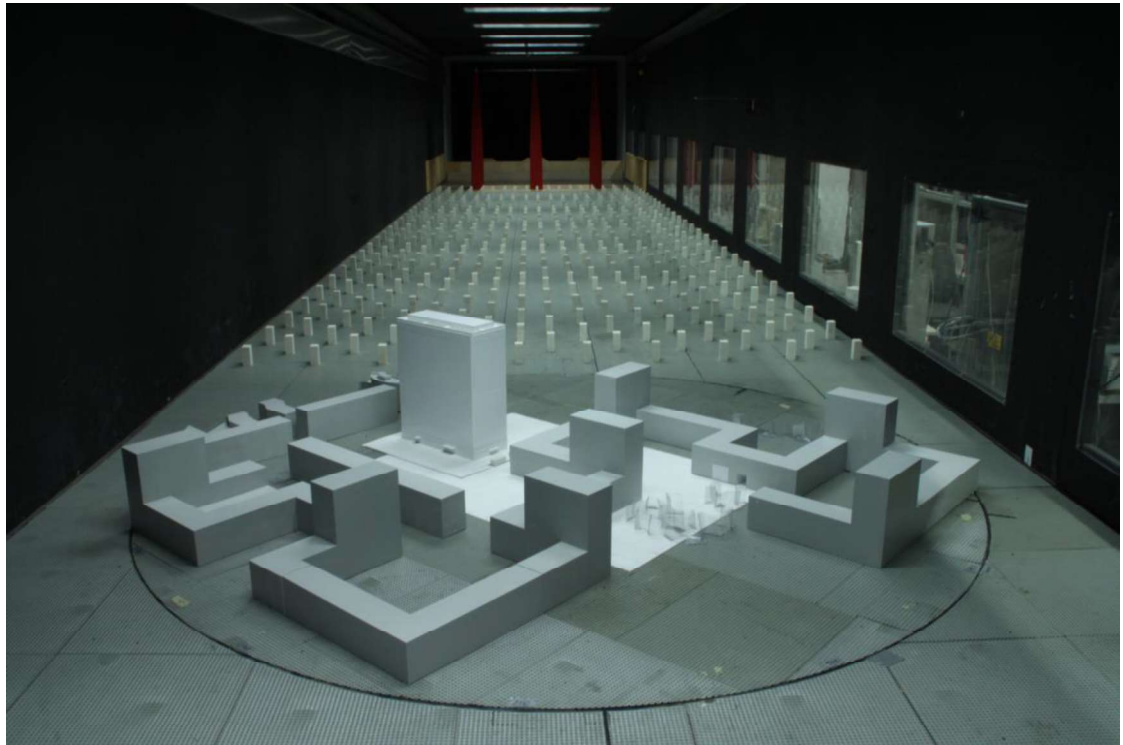


Abb. 3.4: Modell der Hofmann Höfe mit Blick in die Windkanal-Anlaufstrecke

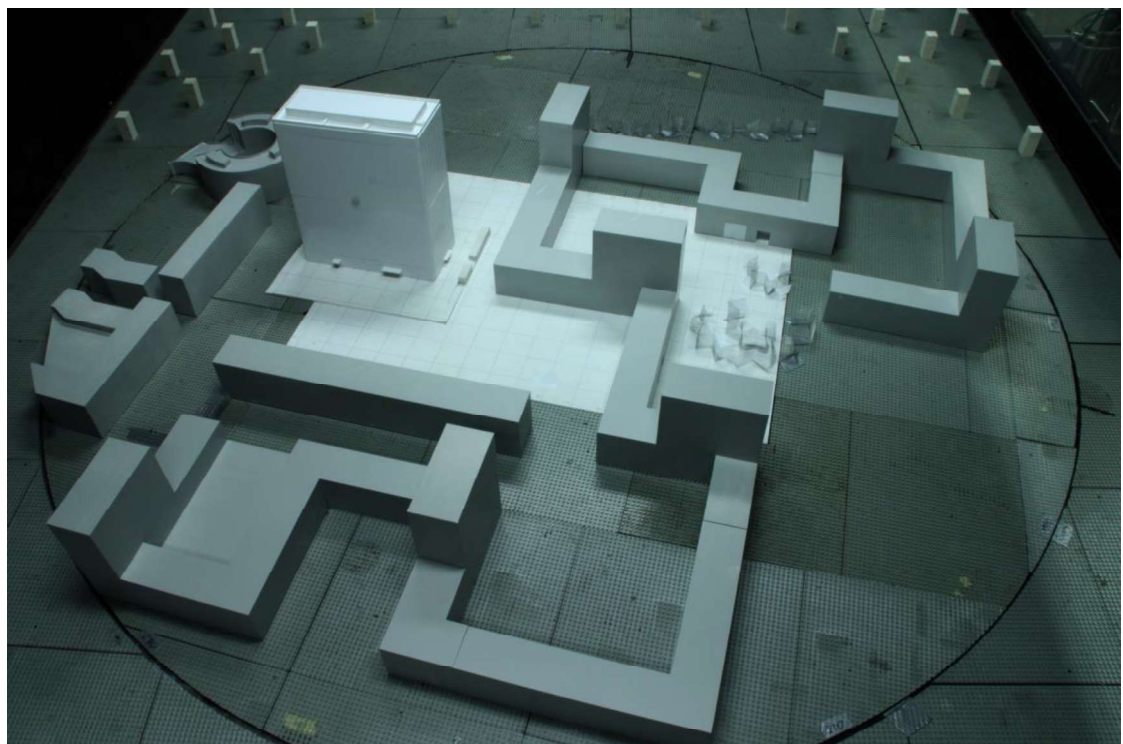


Abb. 3.5: Detailansicht des Gebäudekomplexes mit Umgebungsbebauung auf der Drehplatte

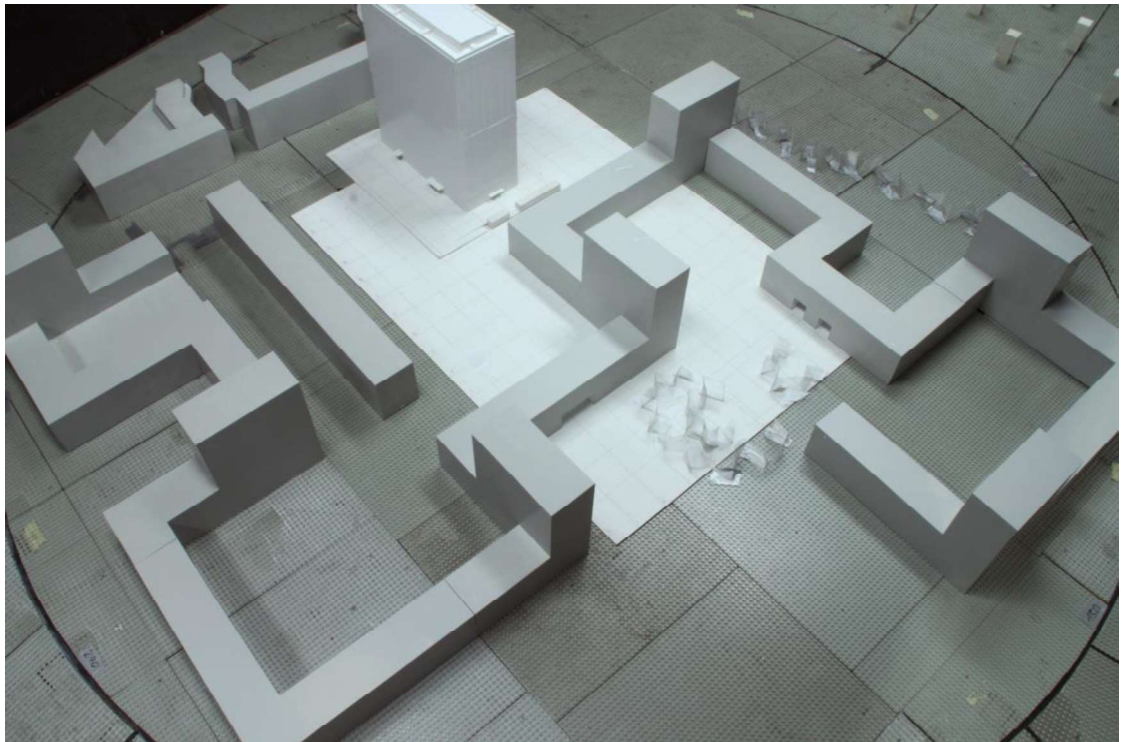


Abb. 3.6: Detailansicht des Gebäudekomplexes von Nordwesten aus

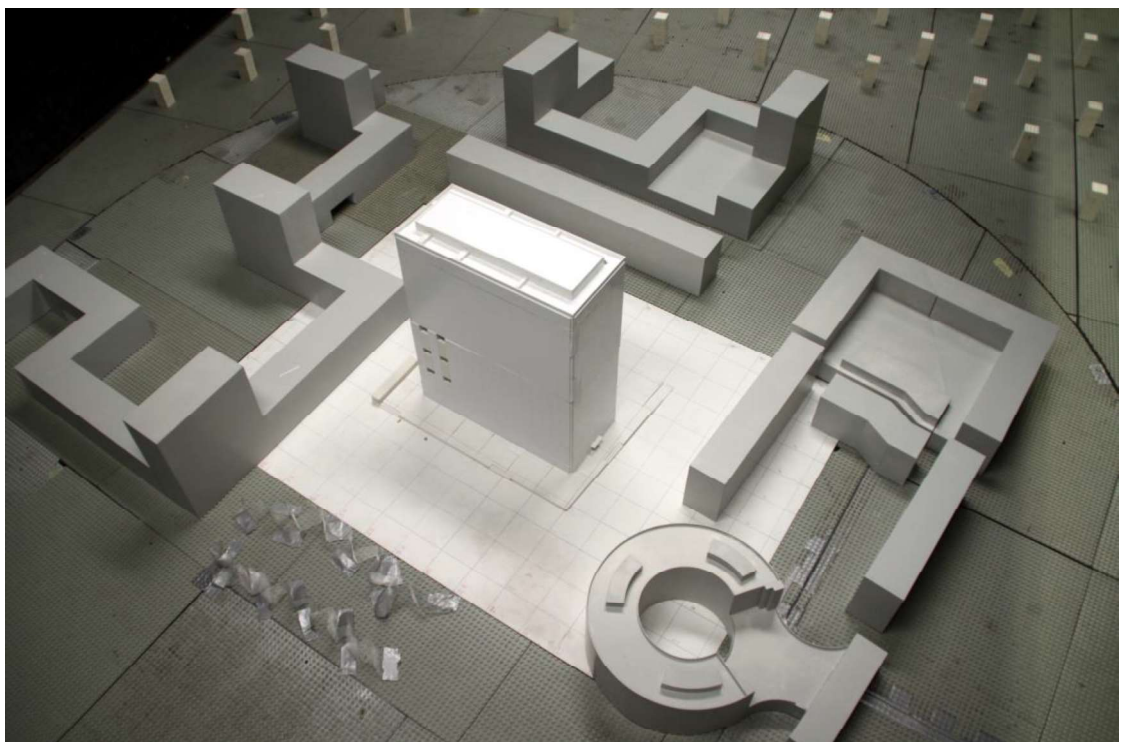


Abb. 3.7: Detailansicht des Gebäudekomplexes von Süden aus

3.1.5 Untersuchungsvarianten zur Gegenüberstellung des Fußgängerkomforts

In Absprache mit dem Auftraggeber sollten in einer zweiten Versuchsserie Varianten gegenüber dem Planstand des Vorentwurfes vom 9.5.2016 untersucht werden, um die Schutzwirkung von Bepflanzungen und alternative Durchgangsabmessungen im Torbogen Ost-West hinsichtlich des Windkomforts bewerten zu können. Anhand des Vorentwurfes mit Stand 13.7.2016 wurden folgende Untersuchungsvarianten definiert:

An der westlichen Grundstücksgrenze befindet sich ein alter, hochgewachsener Baumbestand (Höhe 20m bis 22m), der in jedem Fall erhalten werden soll. Es darf zugrunde gelegt werden, dass diese auch sehr dicht gewachsenen Bäume bei den am Standort vorherrschenden Starkwindlagen aus West bis Südwest einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Komfortverhältnisse in den angrenzenden Freiflächen des Neubaugeländes ausüben werden. Da es als sichergestellt gilt, dass dieser Baumbestand erhalten wird, wurde ein alternativer Planzustand des Vorentwurfes unter Berücksichtigung dieses Baumbestandes als Variante V0 untersucht.

Der Torbogen des Durchgangs Ost/West wurde beim Planzustand mit einer Breite von 15m und einer Höhe von zwei Geschossen festgelegt. Als Varianten sollte eine Breite von 20m, 25m und 30m nachgebildet werden.

Freiflächen, die als etwas dem Wind ausgesetzt bewertet wurden, wie z.B. die Freispielflächen von Kindertagesstätte 2 (Kita an der Siemensallee) und Kindertagesstätte 3 (Kita an der Hofmannstraße) oder Zonen für Einzelgärten im Nahbereich der Hochpunkte sollten mit einer in der Höhe begrenzten und möglichst dichten Hecke beruhigt werden. Als obere Grenze der Heckenhöhe wurden 2m vereinbart.

Folgende Varianten wurden modelliert:

- Variante V0 Planzustand des Vorentwurfes mit nachgebildeten dichten Baumbestand an der Westgrenze des Grundstücks (vgl. Abb. 3.8)
- Variante V1 Torbogen Ost/West verbreitert auf 20m (vgl. Abb. 3.9a)
- Variante V2 Torbogen Ost/West Durchgangsbreite 25m (vgl. Abb. 3.9b)
- Variante V3 Torbogen Ost/West Durchgangsbreite 30m (vgl. Abb. 3.9c)
- Variante V4 2m hohe, dichte Hecke zur äußeren Begrenzung der Freispielfläche 3 der Kindertagesstätte an der Hofmannstraße Kita 3 (vgl. Abb. 3.10a)
- Variante V5 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur äußeren Fassade des westlichen Hochpunktes als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10b)
- Variante V6 2m hohe, dichte Hecke zur äußeren Begrenzung der Freispielfläche 2 der Kindertagesstätte an der Siemensallee Kita 2 (vgl. Abb. 3.10c)
- Variante V7 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur Innenhoffassade WA2 als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10d)
- Variante V8 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur Innenhoffassade WA3 als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10e)

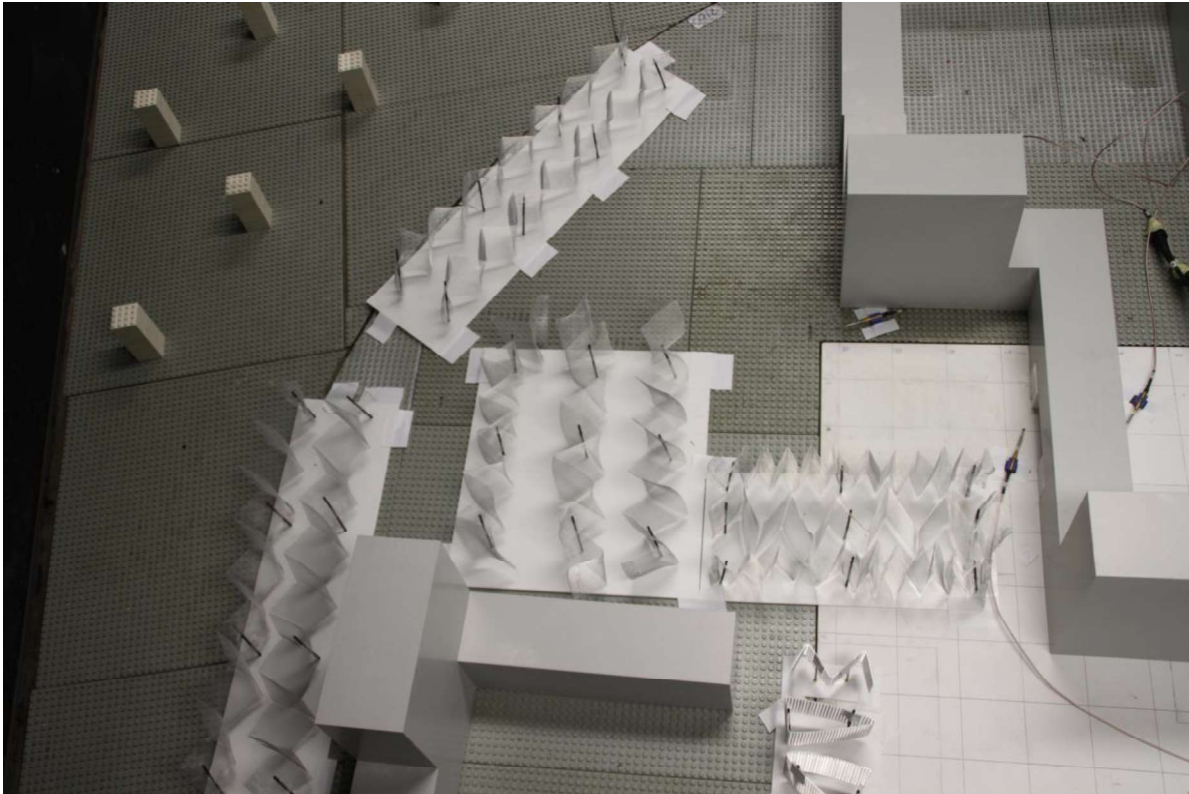


Abb. 3.8: Variante V0 – Planzustand des Vorentwurfes ergänzt um 20m bis 22m hohen Bäumen entlang der Westgrenze des Grundstücks, Breite des Torbogens Ost/West = 15m



a) Variante V1: Torbogen Ost/West 20m breit

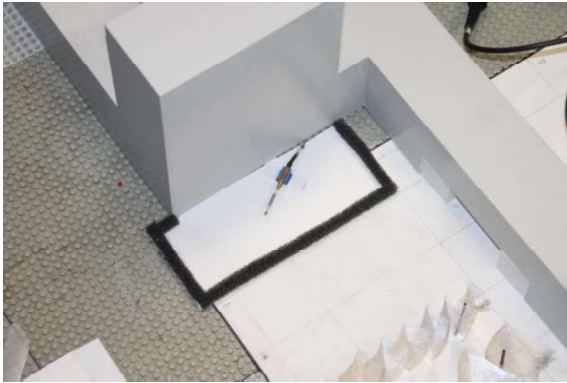


b) Variante V2: Torbogen Ost/West 25m breit

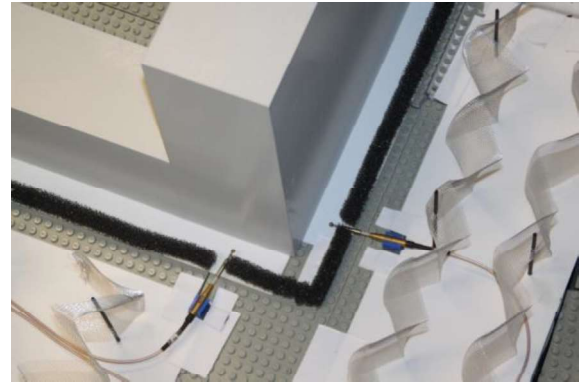


c) Variante V3: Torbogen Ost/West 30m breit

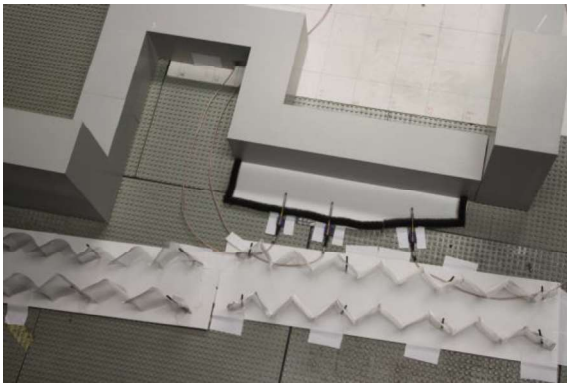
Abb. 3.9: Untersuchungsvarianten des Torbogens Ost/West mit veränderten Durchgangsbreiten



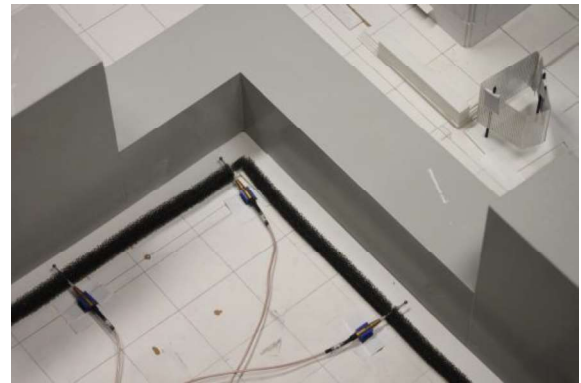
a) Variante V4: Freispielfläche Kita 3



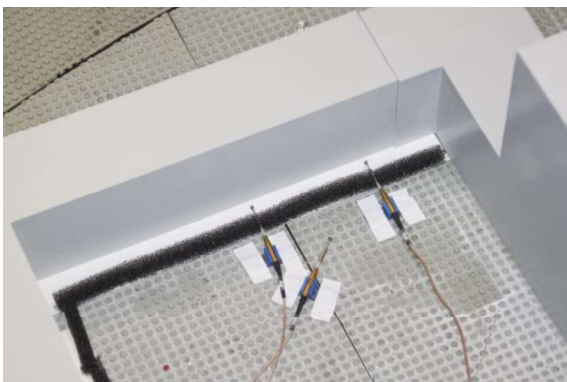
b) Variante V5: Einzelgärten am westlichen Hochpunkt



c) Variante V6: Freispielfläche Kita 2



d) Variante V7: Einzelgärten im Innenhof WA2



e) Variante V8: Einzelgärten im Innenhof WA3

Abb. 3.10: 2m hohe, dichte Hecke als Begrenzung von Freispielflächen der Kindertagesstätten sowie als Begrenzung von Einzelgärten

3.2 Messverfahren

3.2.1 Messung von Strömungsgeschwindigkeiten

Im Einflussbereich von größeren Gebäuden sind stets sehr turbulente Strömungsverhältnisse zu erwarten. Hieraus resultieren starke Geschwindigkeitsschwankungen und häufige Strömungsrichtungsänderungen. Daher werden zeitlich hoch auflösende, richtungsunabhängige Geschwindigkeitssonden eingesetzt.

3.2.1.1 Thermische Anemometrie

Auf der Basis der Konstant-Temperatur-Anemometrie werden Kugelsonden auf eine konstant zu haltende Temperatur von ca. 60°C beheizt. Bei Umströmung der Sonde tritt eine Abkühlung an der Oberfläche auf, die mit Hilfe eines thermischen Anemometers kompensiert wird. Der Sondenkopf weist einen Durchmesser von 2 mm auf. Beheizt wird hierbei nur ein sehr dünner Film an der Oberfläche, woraus sehr geringe Ansprechzeiten bei Geschwindigkeitsänderungen resultieren. Durch die Form der Sonde ist eine hinreichend genaue Richtungsunabhängigkeit gegeben.

Die Abhängigkeit des erforderlichen Heizstromes von der Strömungsgeschwindigkeit wird in einem Kalibrierverfahren vor den Messungen ermittelt. Die bei der Kalibrierung herrschende Umgebungstemperatur ist maßgebend für die Ermittlung der Geschwindigkeitswerte. Bei Abweichungen gegenüber dieser Temperatur bei den Versuchen wird eine entsprechende Temperaturkorrektur durchgeführt.

Die Ausgangsspannung des Anemometers und die Umgebungstemperatur werden für die einzelnen Messpunkte über eine Datenerfassung aufgezeichnet. Die Umrechnung in Geschwindigkeitswerte erfolgt anhand der erfassten Kalibrierkurven. Die Aufzeichnungsrate wird an die Anforderungen für eine statistische Signalanalyse angepasst.

3.2.1.2 Auswertung zeitlicher Geschwindigkeitsverläufe

Die höhenabhängige, zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit \bar{u} in der ungestörten Anströmung wird als arithmetischer Mittelwert der Momentangeschwindigkeiten u für einen Messzeitraum von 100 s erfasst. Die Intensität der Windgeschwindigkeitsschwankungen (Böigkeit) wird durch den Effektivwert (Standardabweichung) des zeitlichen Geschwindigkeitsverlaufes beschrieben

$$\sigma = \sqrt{u'^2} \quad \text{mit} \quad (3.4)$$

$$u' = u - \bar{u} \quad (3.5)$$

Die Turbulenzintensität Tu an einem Punkt errechnet sich aus dem Quotienten zwischen der Standardabweichung und der örtlichen mittleren Windgeschwindigkeit

$$Tu = \frac{\sigma}{\bar{u}} \quad (3.6)$$

Für die Bewertung des Windkomforts wird die effektive Windgeschwindigkeit \hat{u} , oder auch Böenwindgeschwindigkeit genannt, in einer Höhe von 1.6 m definiert zu

$$\hat{u} = \bar{u} + 3 \cdot \sigma \quad (3.7)$$

3.2.2 Quantifizierung des Windkomforts

Für eine flächenhafte Darstellung des Bodenwindfeldes, d.h. für eine Lokalisierung der Punkte mit besonders hohen oder niedrigen Geschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich von Fußgängern wird ein Geschwindigkeitsmessverfahren mit einem feinmaschigen Messgitter angewendet. Dabei werden je Messpunkt zwölf Windrichtungen in 30° Schritten untersucht.

Zwischen den Geschwindigkeitsmesswerten, die für die verschiedenen Windrichtungen aufgenommen werden und den Aussagen über den lokalen Windkomfort liegt ein Rechenweg, der die langjährige Windstatistik einer repräsentativen Messstation und die Übertragung dieser Daten auf die lokalen Verhältnisse zu berücksichtigen hat.

Mit diesem Verfahren wird die Böengeschwindigkeit \hat{u} an den jeweiligen Orten gemessen und ins Verhältnis gesetzt zu einer zeitlich gemittelten Windgeschwindigkeit in einer Bezugshöhe an einem Bezugsort (z.B. in Dachhöhe eines Hochhauses). Für jeden Punkt wird anschließend unter Verwendung der für die Messstation verfügbaren statistischen Daten die Häufigkeit bestimmt, mit der eine bestimmte Böenwindgeschwindigkeit erreicht wird.

Dabei wird die Häufigkeit des Auftretens von Stunden (tagsüber) bestimmt, in denen die Windrichtung φ herrscht und gleichzeitig die lokale Böenwindgeschwindigkeit einen Grenzwert \hat{u}_{grenz} überschreitet.

Die Häufigkeit, mit der dieser Grenzwert an dem betrachteten Punkt insgesamt überschritten wird, ergibt sich aus der Summation über alle Windrichtungen:

$$p(\hat{u}_{lokal} \geq \hat{u}_{grenz}) = \sum_{\varphi} p(\hat{u}_{lokal} \geq \hat{u}_{grenz})_{\varphi} \quad (3.8)$$

Die für diese Berechnung nötige Überschreitenshäufigkeit eines bestimmten Mittelwertes \bar{u}_{grenz} der Windgeschwindigkeit in Dachhöhe folgt einer Weibull-Verteilung, deren windrichtungsabhängige Parameter A und k dem Deutschen Windatlas entnommen und an die Verhältnisse am Standort angepasst werden können:

$$p(\bar{u}_{77m} \geq \bar{u}_{grenz}) = e^{-\left(\frac{\bar{u}_{grenz}}{A}\right)^k} \quad (3.9)$$

Erfasst werden die Böenwindgeschwindigkeiten in einer Höhe von etwa 1,6m über dem Boden mit Hilfe der in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen thermischen Anemometrie.

4 Windkomfort auf Freiflächen

4.1 Allgemeines

Die windklimatischen Verhältnisse im Nahbereich hoher Gebäude unterliegen einer Vielzahl von Einflussfaktoren. Während sich in der Regel auf den windabgewandten Seiten der Gebäude durch Leewirkung eine Windabschwächung einstellt, treten an den Kanten und an den windzugewandten Seiten häufig Geschwindigkeitserhöhungen auf. Im Luvbereich von Gebäuden werden die auftreffenden Luftmassen in einer beschleunigten Bewegung um und über das Gebäude transportiert. Ein beträchtlicher Teil wird dabei auch nach unten abgelenkt und der bodennahen Strömung überlagert. Dies führt gerade bei sehr hohen Gebäuden häufig zu merkbaren Geschwindigkeitserhöhungen in Fußgängerbereichen gegenüber der ungestörten Anströmung und u.U. zu Belästigungen oder auch Gefährdungen von Passanten.

Die folgende Skala nach Beaufort zeigt die Windwirkungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Wind mit Geschwindigkeiten unter 1m/s wird demnach noch nicht wahrgenommen, Geschwindigkeiten von über 3m/s können im Freien die Behaglichkeit z.B. beim Sitzen bereits beeinträchtigen.

Windstärke (Beaufort)	Bezeichnung Windstärke	Äußerung der Windstärke	Geschwindigkeit
0	Windstille	Rauch steigt senkrecht empor Wind nicht bemerkbar	0-0.2 m/s
1	leiser Zug	Rauch steigt fast senkrecht empor, behaglich beim Sitzen	0.3-1.5 m/s
2	leichter Wind	im Gesicht eben spürbar	1.6-3.3 m/s
3	schwacher Wind	bewegt Baumblätter und Fahnen Haare bewegen sich, Kleidung flattert	3.4-5.4 m/s
4	mäßiger Wind	bewegt kleine Zweige, streckt Fahnen Staub und loses Papier wird aufgewirbelt	5.5-7.9 m/s
5	frischer Wind	bewegt größere Zweige, Windkraft auf Körper wird fühlbar, behaglich beim schnellen Gehen, unbehaglich beim Schaufensterbummel	8.0-10.7 m/s
6	starker Wind	als Sausen hörbar, Schirme nur mit Schwierigkeiten nutzbar, Geradeausgehen erschwert	10.8-13.8 m/s
7	steifer Wind	bewegt schwache Stämme, beim Gehen wird Unsicherheit empfunden	13.19-17.1 m/s
8	stürmischer Wind	bewegt Bäume, Vorwärtskommen erschwert, Gleichgewicht in Böen schwer zu halten	17.2-20.7 m/s
9	Sturm	verrückt leichte Gegenstände (Dachziegel), Menschen werden durch Böen umgeworfen	20.8-24.4
10	voller Sturm	wirft Bäume um	24.5-28.4
11	schwerer Sturm	zerstörende Wirkungen schwerer Art	28.5-32.6
12	Orkan	verwüstende Wirkungen	> 32.7

Abhängig von der Ausgesetztheit der von Passanten genutzten ebenerdigen Freiflächen bieten sich unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten an. Uneingeschränkter Windkomfort ist z.B. dann erwünscht, wenn auf der betrachteten Fläche sich Erholung suchende nicht nur kurzzeitig niederlassen können sollen oder z.B. Ruhebänke oder Spielplätze eingerichtet werden soll. In diesem Zusammenhang sind die Zugänge zu den Gebäuden und die Außenflächen der Kindertagesstätten wesentlich

Da bei den in München herrschenden Windverhältnissen nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden kann, dass zeitweilig Komforteinbußen auf den genannten Flächen und somit möglicherweise Nutzungseinschränkungen auftreten werden, sollten im Rahmen einer Windkomfortuntersuchung die zu erwartenden Verhältnisse aufgezeigt werden.

4.2 Bewertungskriterien

In der einschlägigen Literatur werden verschiedene Bewertungskriterien für den Windkomfort im Fußgängerbereich angegeben. Grundlage ist eine quantitative Erfassung des Bodenwindfeldes insbesondere für die Windrichtungen, bei denen Starkwindlagen sehr häufig auftreten. Ferner liegt diesen Bewertungen zugrunde, dass die Empfindung des Menschen für Wind einerseits von der zeitlich gemittelten Geschwindigkeit beeinflusst wird und andererseits aber auch von der Häufigkeit des Auftretens kurzzeitiger Böen.

Je nach Häufigkeit, mit der bestimmte spürbare Bodenwindgeschwindigkeitsspitzen auftreten, ergeben sich verschiedene Klassen des Windkomforts, die in folgender Tabelle dargestellt sind (nach [Davenport, 1972] und [Beranek, 1978]). Bei den hier angegebenen Schwellenwerten für die periodisch wiederkehrende Böengeschwindigkeit ist die Auftretenswahrscheinlichkeit 'höchstens eine Stunde tagsüber' zugrunde gelegt. Analoge Grenzwerte ergeben sich für die Auftretenswahrscheinlichkeit 'höchstens eine Stunde pro Woche' bzw. 'höchstens eine Stunde pro Monat'. Mit der Definition 'tagsüber' ist die typische Nutzungszeit der Freiflächen zwischen 6 Uhr morgens und 6 Uhr abends charakterisiert.

Windkomfort Klasse	Tätigkeit	Nutzung	Böenschwelle
A	Schnelles Gehen	Bürgersteige, Verkehrsflächen in Industriegebieten	< 11 m/s
B	Stetes Spaziergehen	Parks, Eingänge, Durchgangsbereiche	< 8.5 m/s
C	Bummeln, kurzes Stehen- und Sitzenbleiben	Parks, Einkaufspassagen, Wartebereiche	< 6.5 m/s
D	Ruhen, langes Stehen- und Sitzenbleiben	Parks, Ruhebänke, Spielplätze, Straßencafés	< 5 m/s

Tab.4.1: Windkomfortstufen und Nutzung von Freiflächen

Korrespondierend zu diesen Aussagen kann auch eine Bewertung an Hand von Verteilungsfunktionen gemäß einer von [Beranek, 1978] vorgeschlagenen Auftragung erfolgen, die in Abb. 4.1 dargestellt ist. Die den vorherigen Angaben entsprechende Häufigkeit, mit der Böen einer bestimmten Geschwindigkeitsschwelle auftreten, ist 8.33%. Das bedeutet, während einer Stunde tagsüber treten kurze, z.B. 5 Sekunden andauernde Böen auf, bei denen dieser Schwellenwert überschritten wird.

Zwischen den Werten der Windgeschwindigkeit, die für die verschiedenen Windrichtungen zu messen sind und den Aussagen über den lokalen Windkomfort liegt ein Rechenweg, der die langjährige Windstatistik einer nahe gelegenen Messstation und die Übertragung dieser Daten auf den Standort zu berücksichtigen hat.

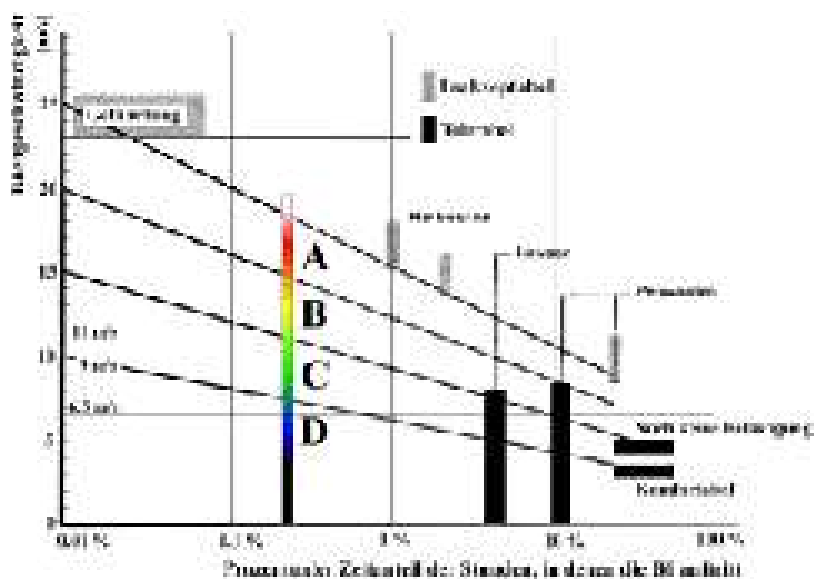


Abb. 4.1: Einteilung der Windkomfortstufen nach [Beranek, 1978]

4.3 Ergebnisse aus den Geschwindigkeitsmessungen im Fußgängerbereich

Für 12 Windrichtungen sind im bodennahen Fußgängerbereich mit eingesetzten Miniatursonden Messungen der Spitzenwindgeschwindigkeiten ausgeführt worden. Dabei wurde der Windkomfort an 190 Messpunkten auf dem gesamten Bebauungsgelände 1930c/d und vereinzelt auf den angrenzenden Straßen untersucht.

In Abb. 4.2 ist in dem bereit gestellten Bebauungsplan die Position der Messpunkte im ebenen Fußgängerbereich dargestellt. Eine Bezeichnung der untersuchten Messpunkte ergibt sich aus dem orthogonalen Gitternetz, das dem Lageplan hinterlegt ist. Die Messungen wurden an den Gitternetzpunkten wie z.B. M45 ausgeführt. Messpunkte, die zwischen den angegebenen Gitternetzpunkten, z.B. zwischen M45 und N45 liegen, werden im Weiteren mit mn45 bezeichnet. Das Gitternetz gilt für beide Liegenschaften, eine Differenzierung der Ergebnisse wird nicht getroffen, da die Wechselwirkungen der einzelnen gebäudenahen Strömungsfelder das Gesamtbild maßgeblich beeinflussen und somit für das Verständnis der strömungstechnischen Vorgänge hilfreich sind.

Die Abb. 4.3 bis Abb. 4.17 zeigen hierfür eine windrichtungsabhängige Auftragung der lokal zu erwartenden Böenwindgeschwindigkeiten. Diese sind zu Vergleichszwecken bezogen auf die ungestörte Anströmgeschwindigkeit in 77 m Höhe über Grund (Windgeschwindigkeit u_H in Gebäudehöhe bzw. Brüstungshöhe des Hochhauses an der Baierbrunner Straße - höchstes Gebäude auf dem Gelände).

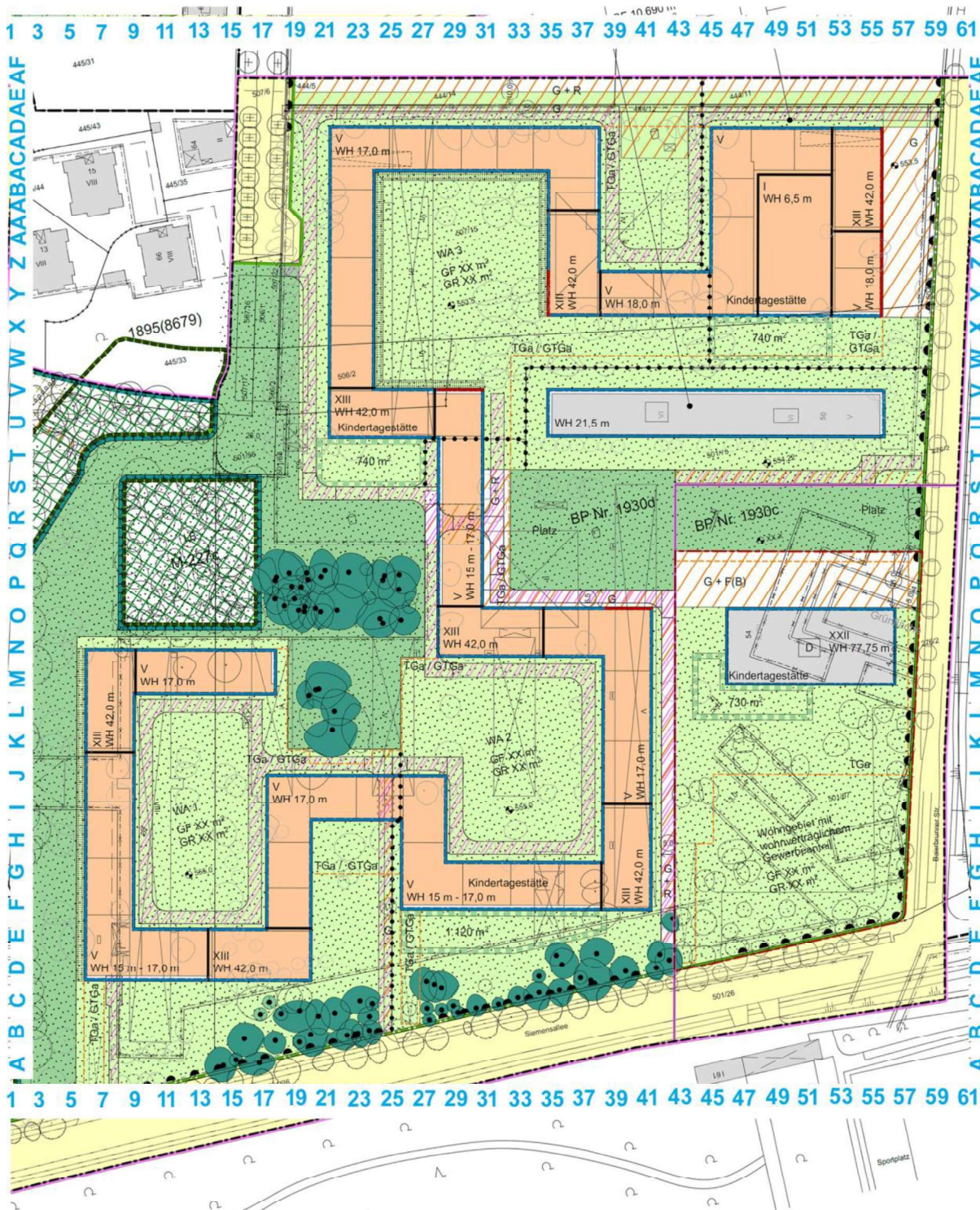


Abb. 4.2: Messstellengitter für Geschwindigkeitsmessungen im Fußgängerbereich (Quelle: Vorentwurf Bebauungspläne mit Grünordnung Nrn. 1930c/d der Landeshauptstadt München Stand 09.05.2016 © rapp +rapp Garten- und Landschaftsarchitekten)

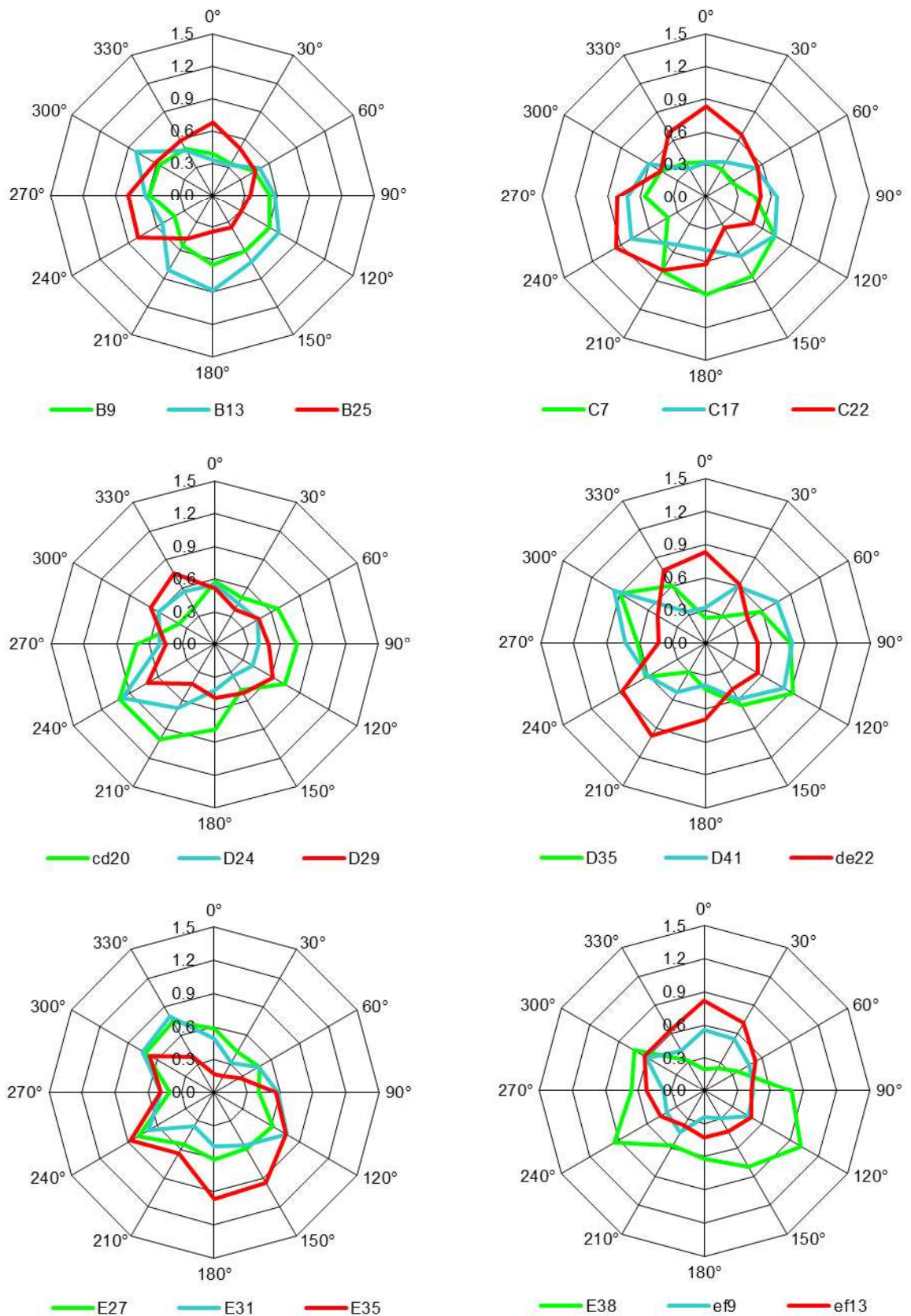


Abb. 4.3: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

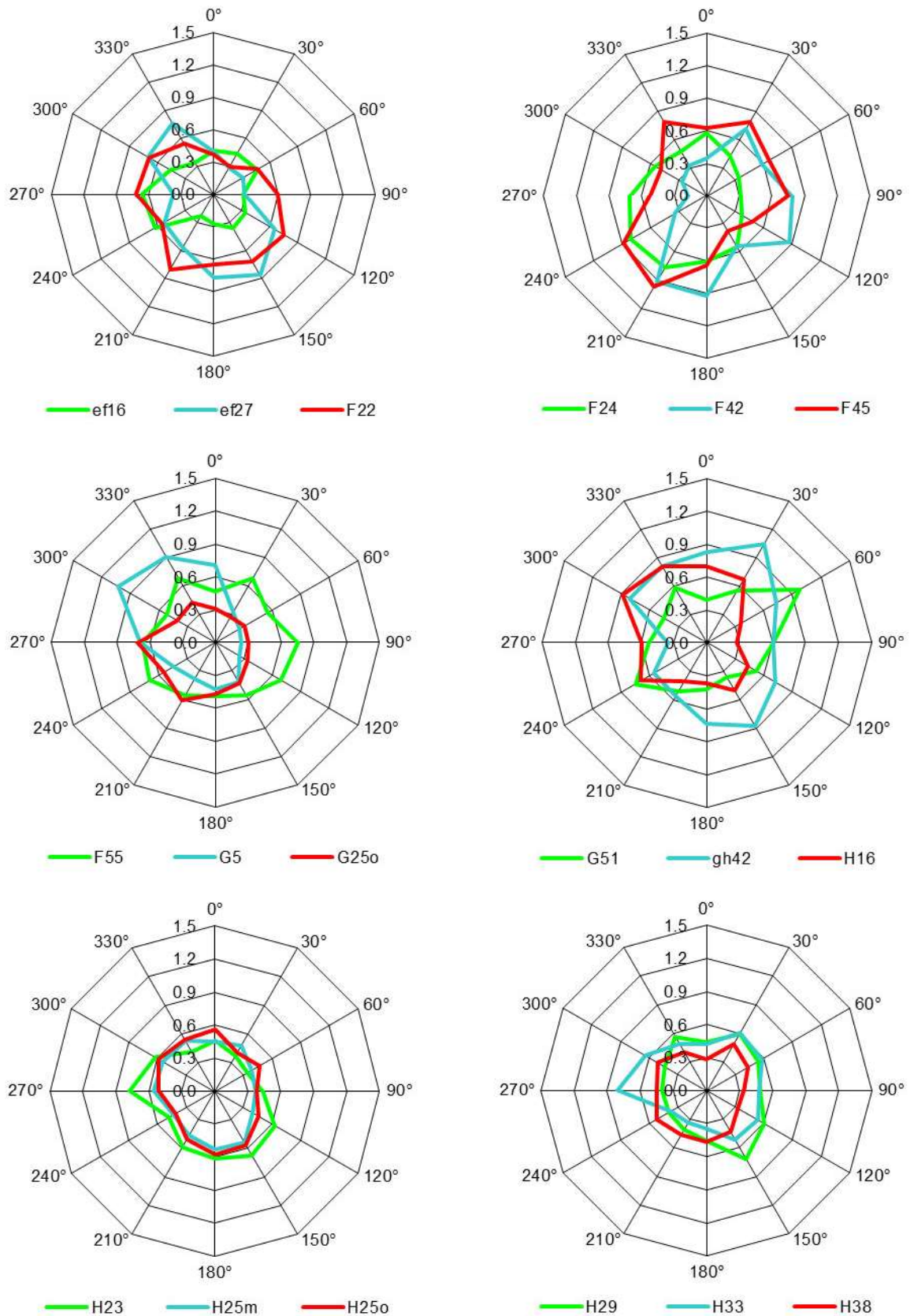


Abb. 4.4: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

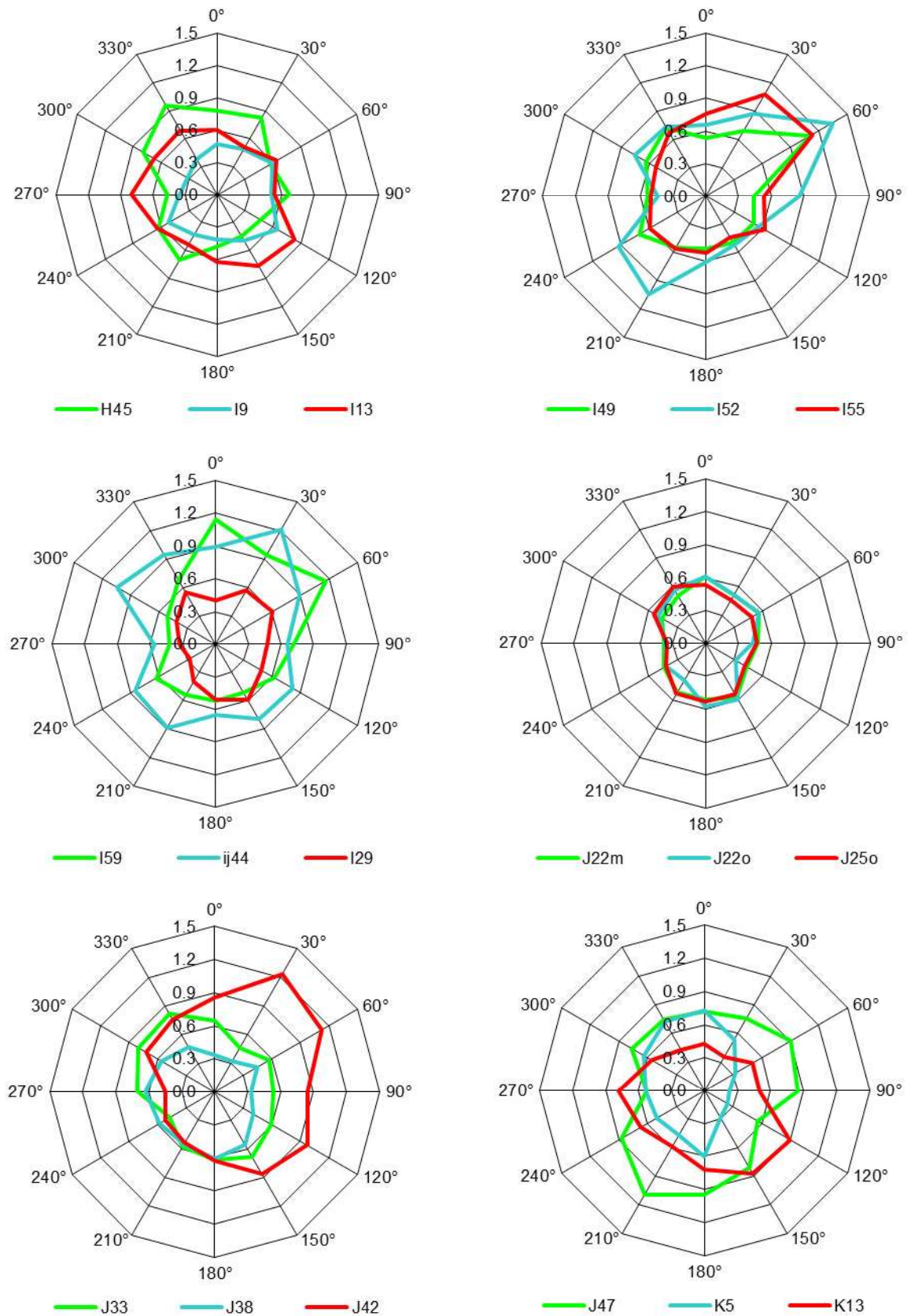


Abb. 4.5: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

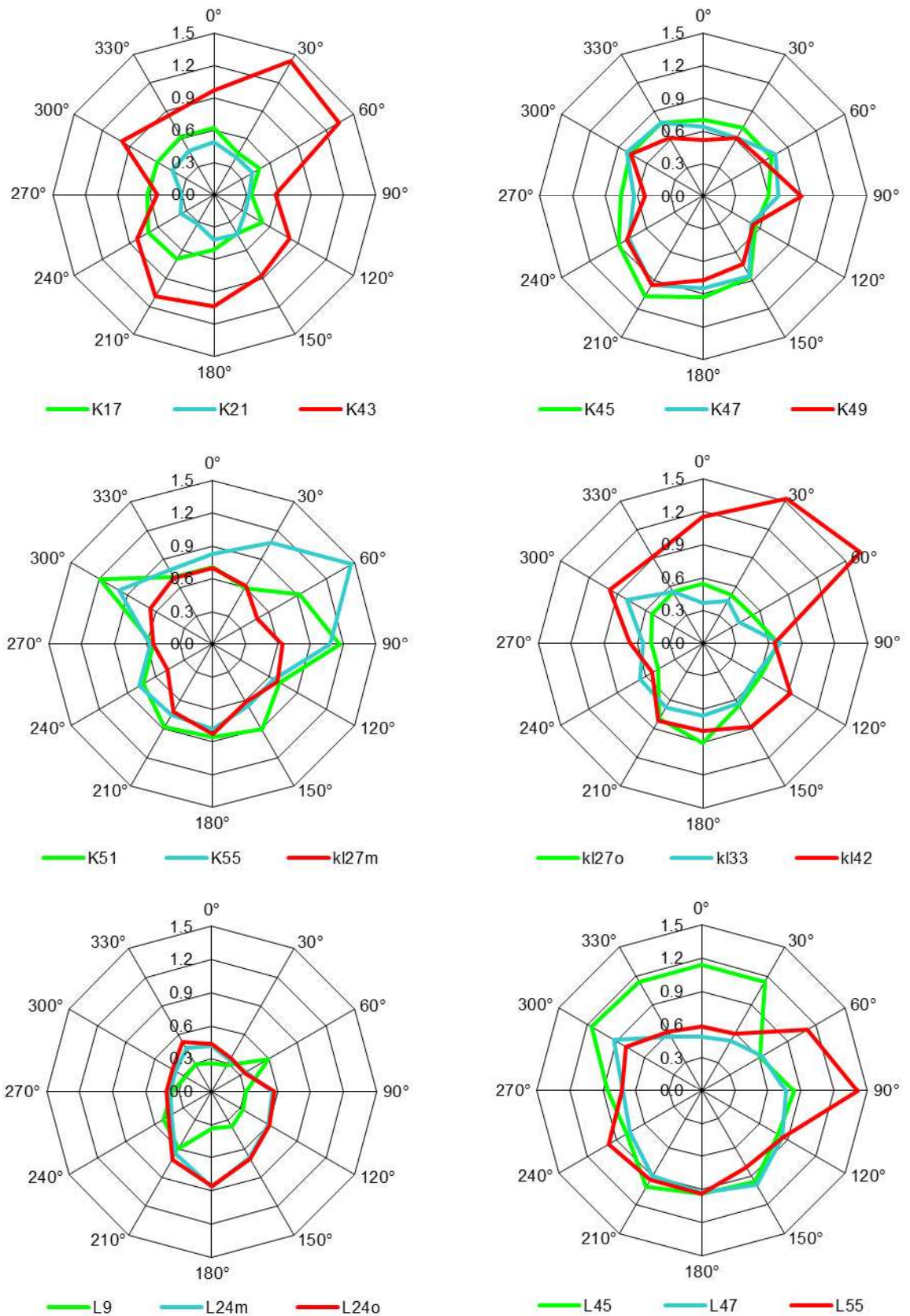


Abb. 4.6: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

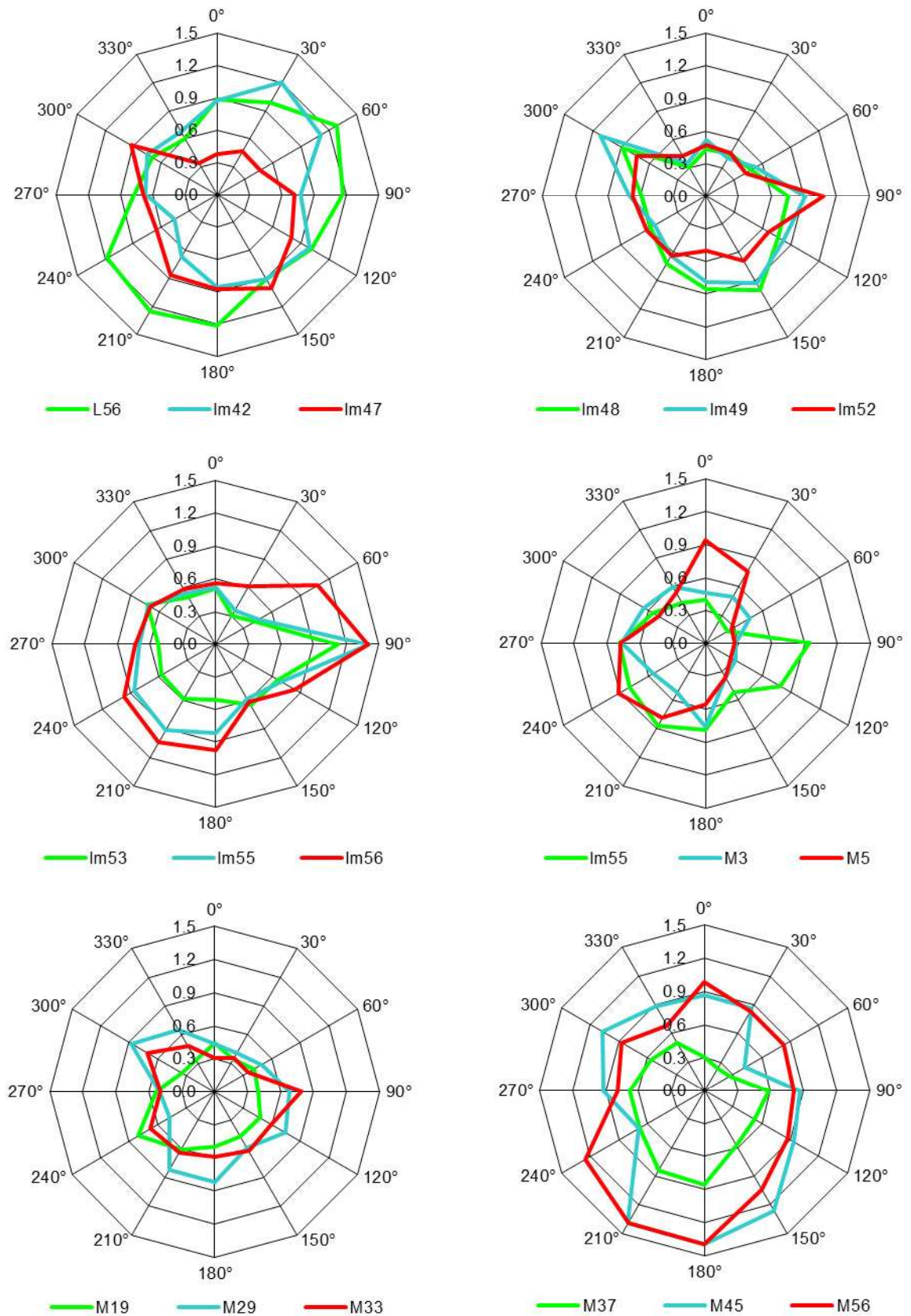


Abb. 4.7: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

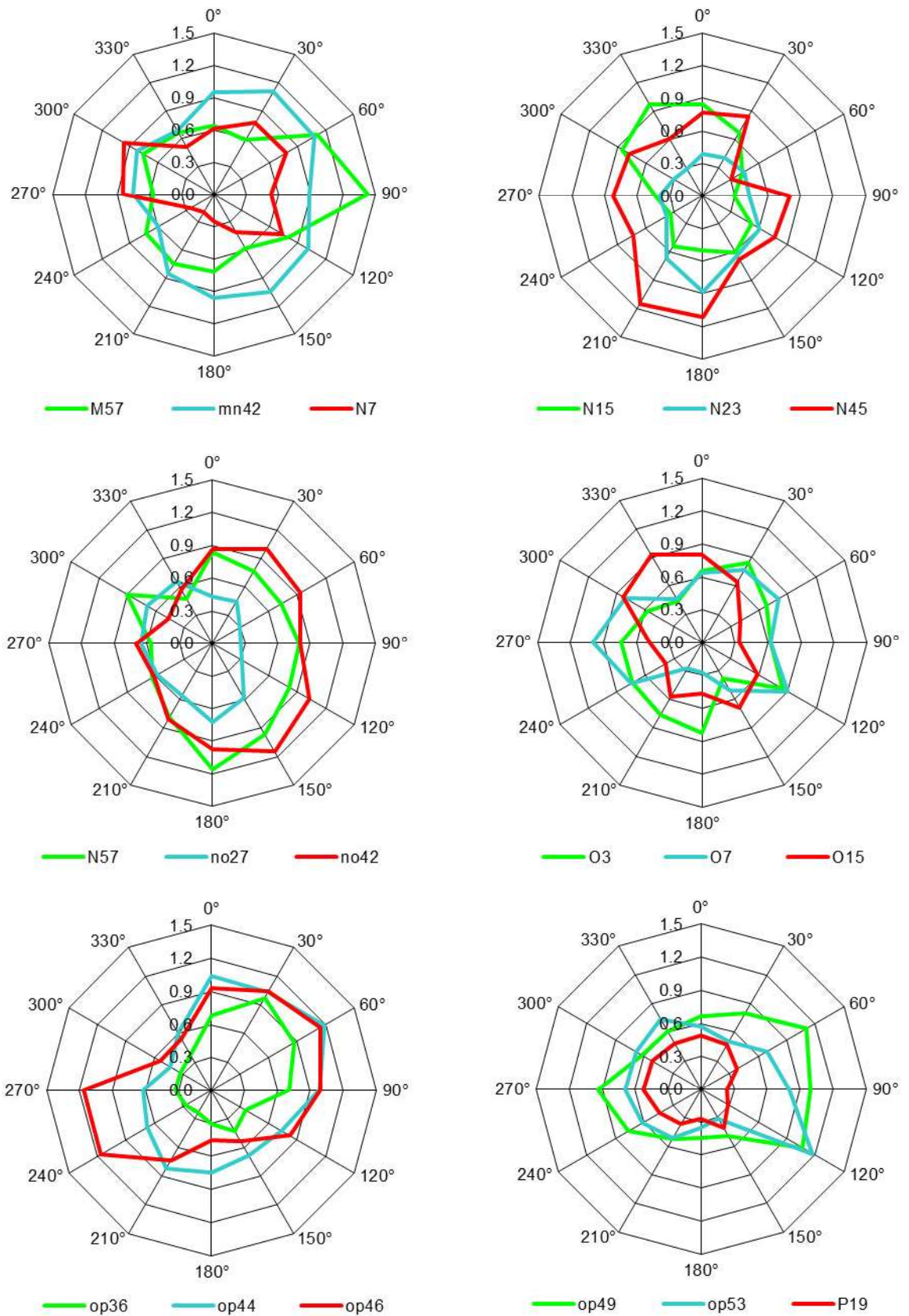


Abb. 4.8: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

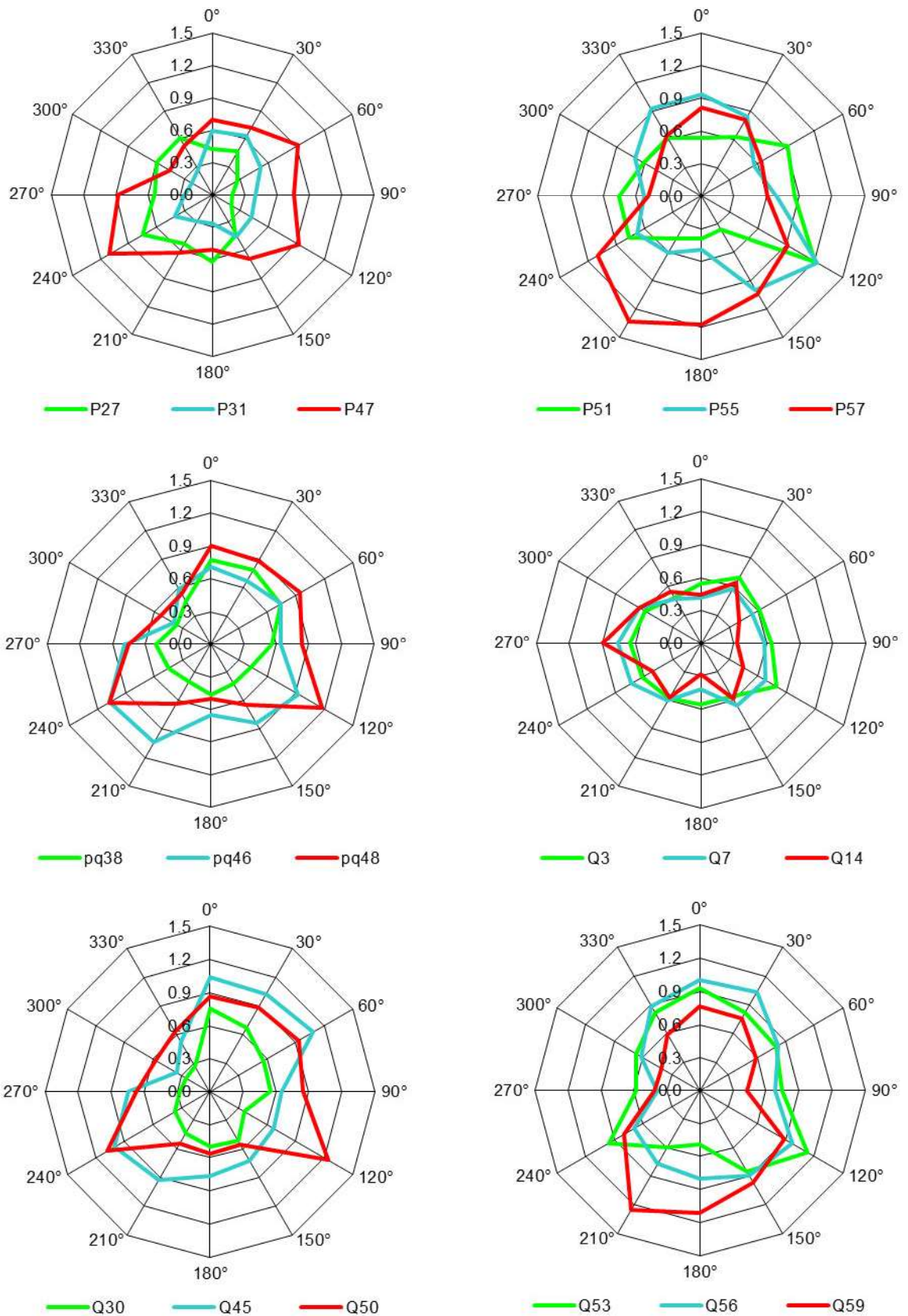


Abb. 4.9: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

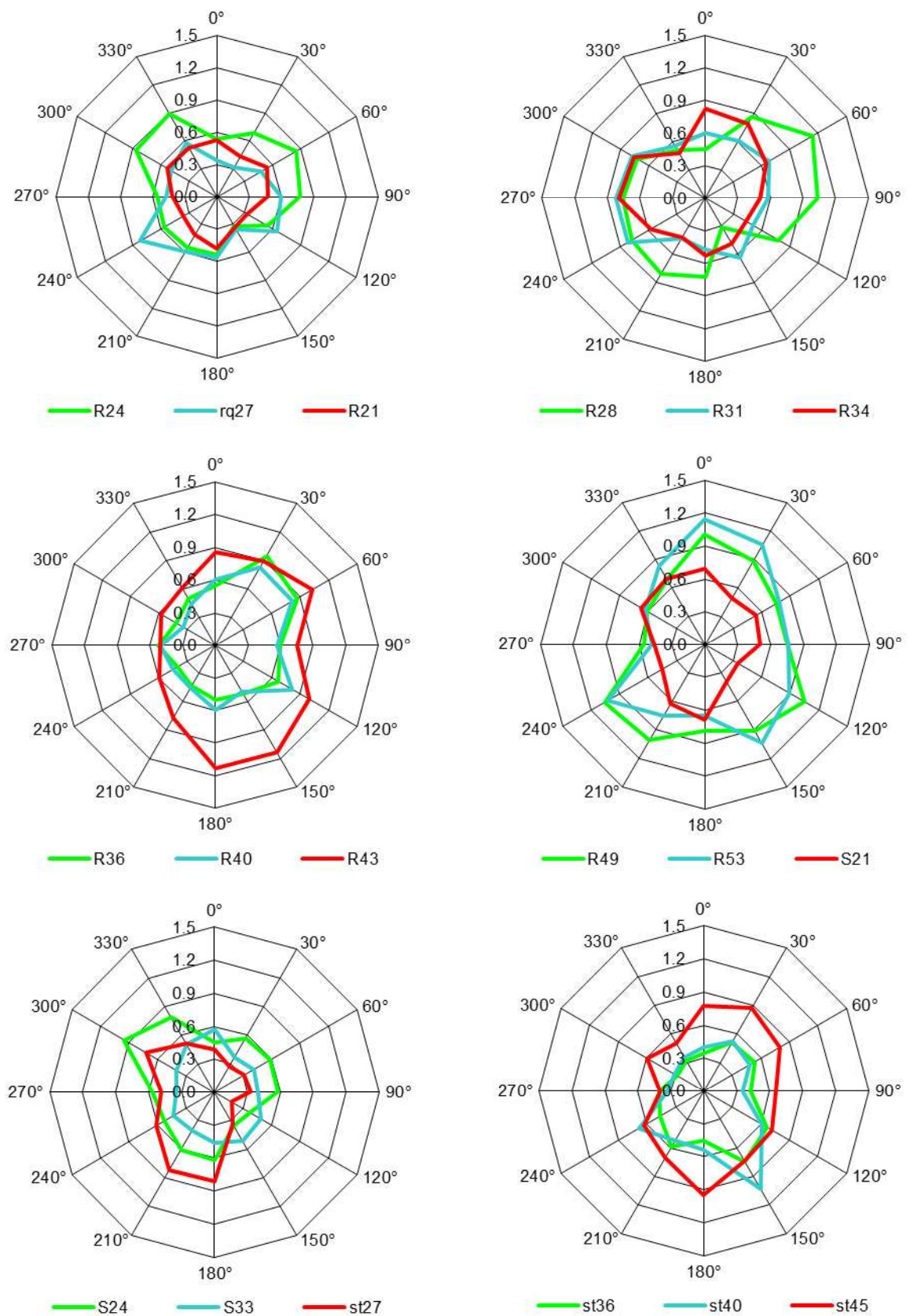


Abb. 4.10: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

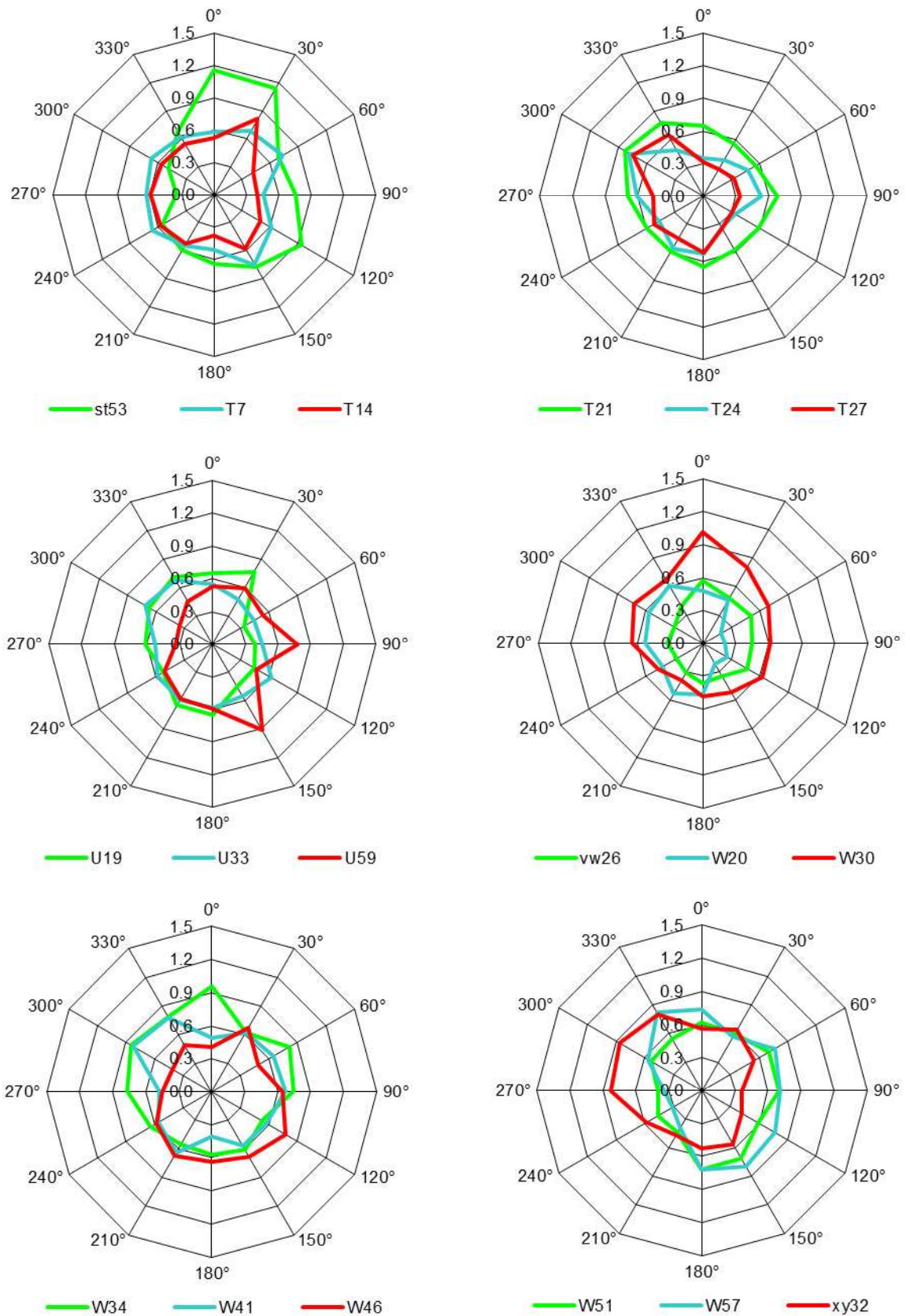


Abb. 4.11: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

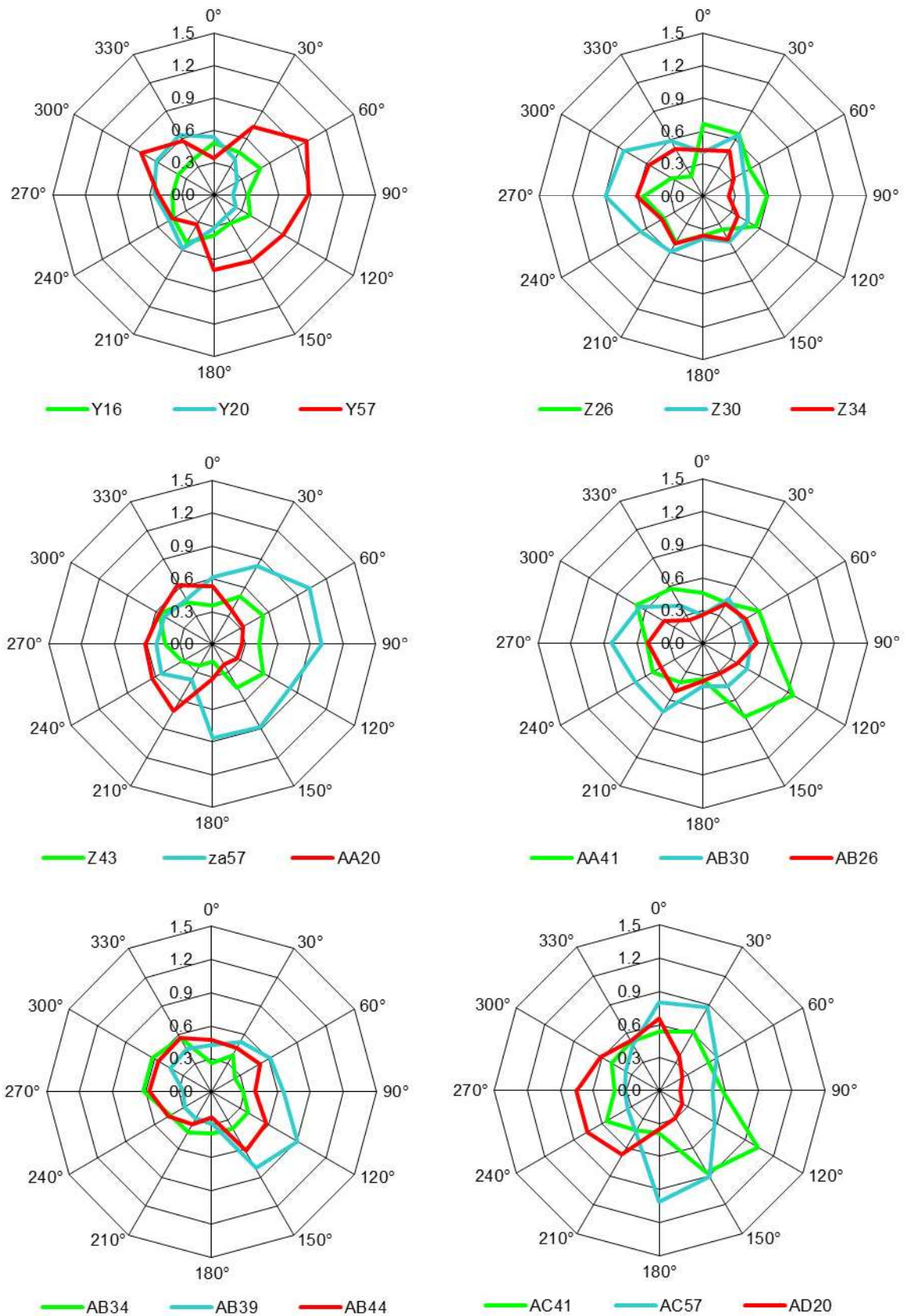


Abb. 4.12: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

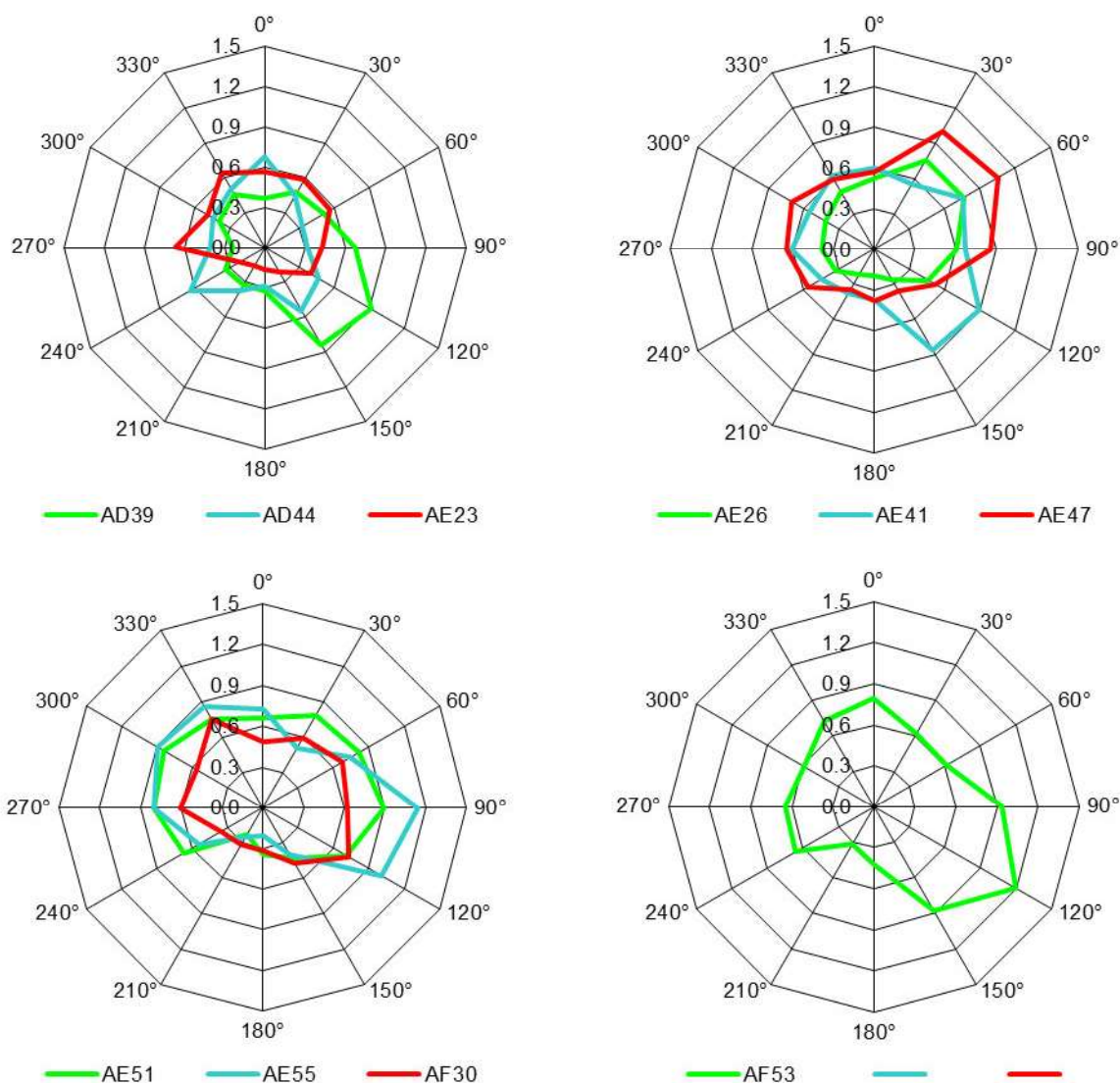


Abb. 4.13: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77 m Höhe gemessen für den Planzustand der Hofmann Höfe

Aus diesen Daten wurden unter Berücksichtigung der Windstatistik Kennwerte für die einzelnen Messpunkte berechnet. In den nachfolgenden Abbildungen 4.14 bis 4.17 sind die Böenwindgeschwindigkeiten dargestellt, welche im langjährigen Durchschnitt eine Stunde tagsüber erreicht werden (vgl. Tab 4.1). Werte unter 5m/s gelten als sehr komfortabel, Werte über 11m/s als inakzeptabel.

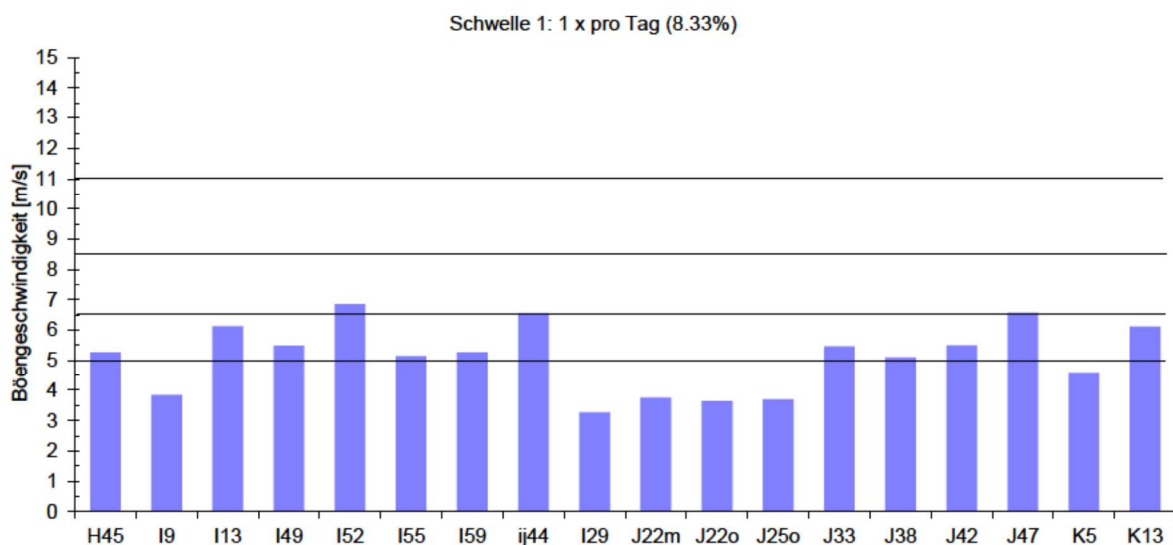
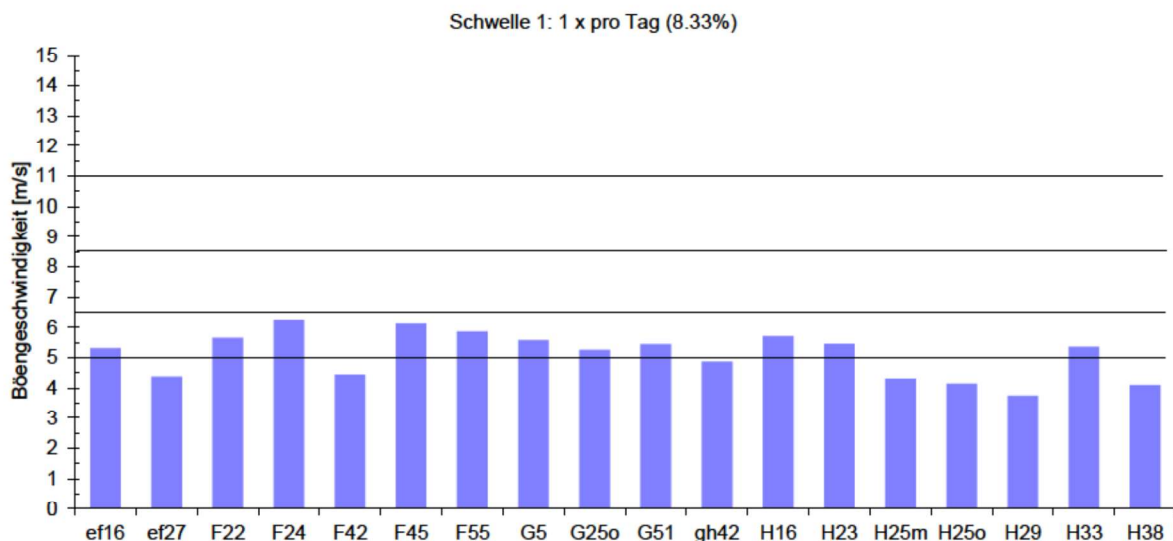
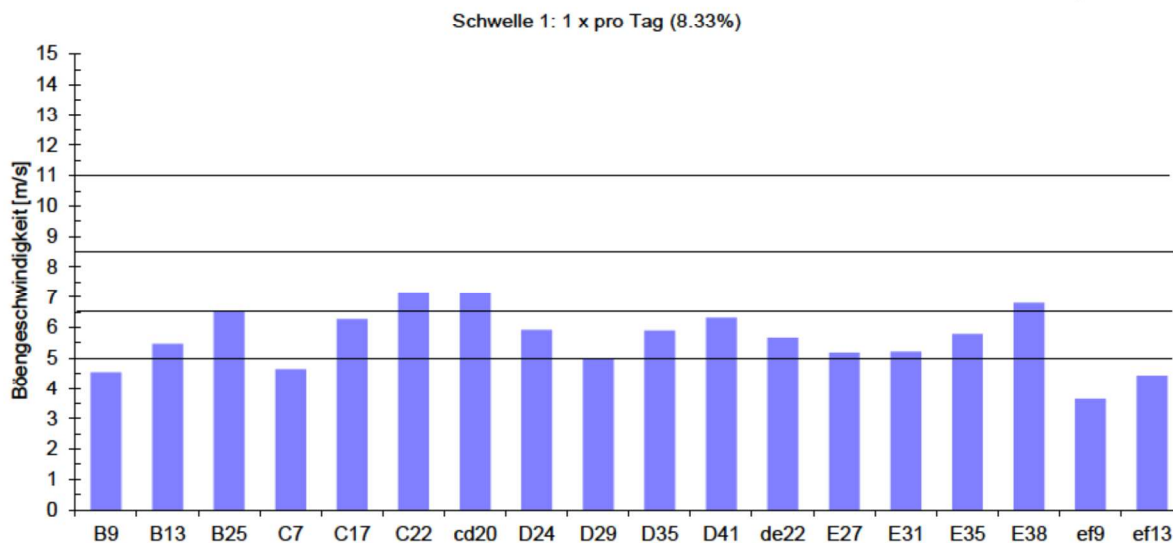


Abb. 4.14: Böengeschwindigkeit für den Planzustand der Hofmann Höfe und des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße, deren kurzzeitige Überschreitung im langjährigen Mittel etwa innerhalb einer Stunde pro Tag zu erwarten ist.

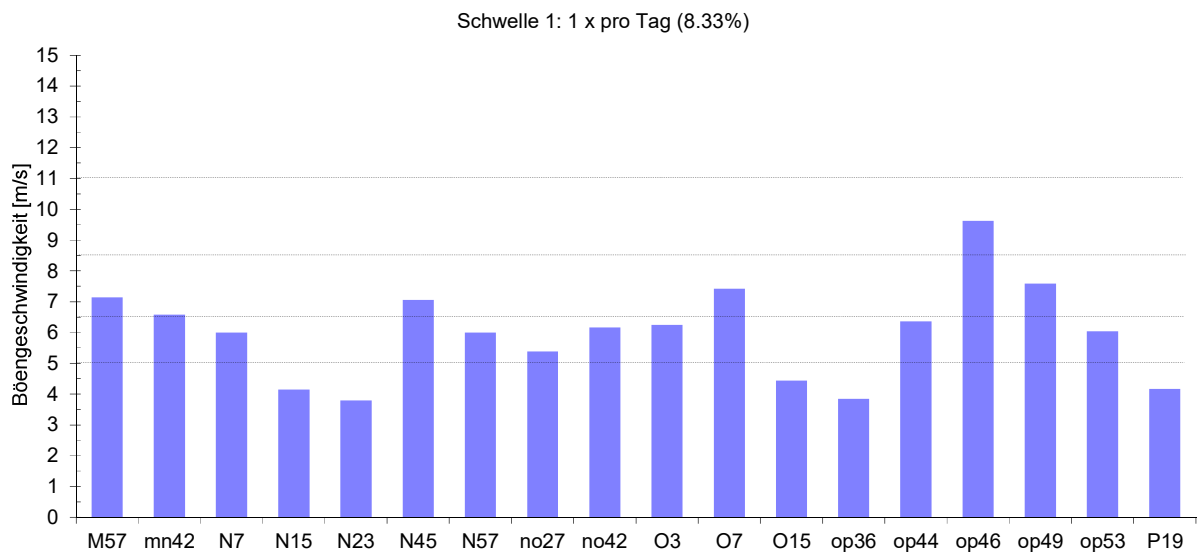
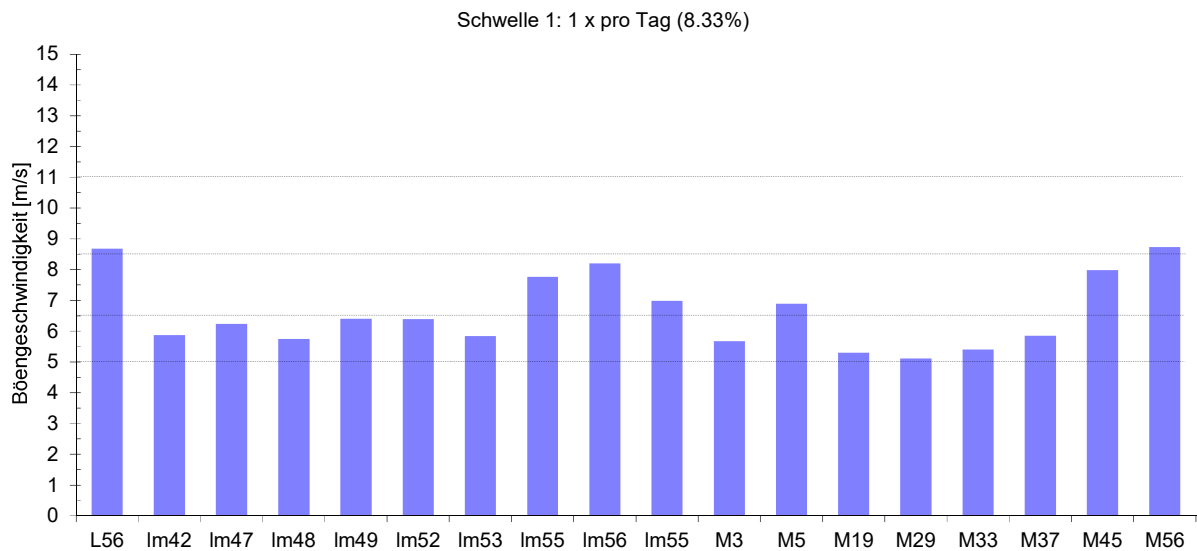
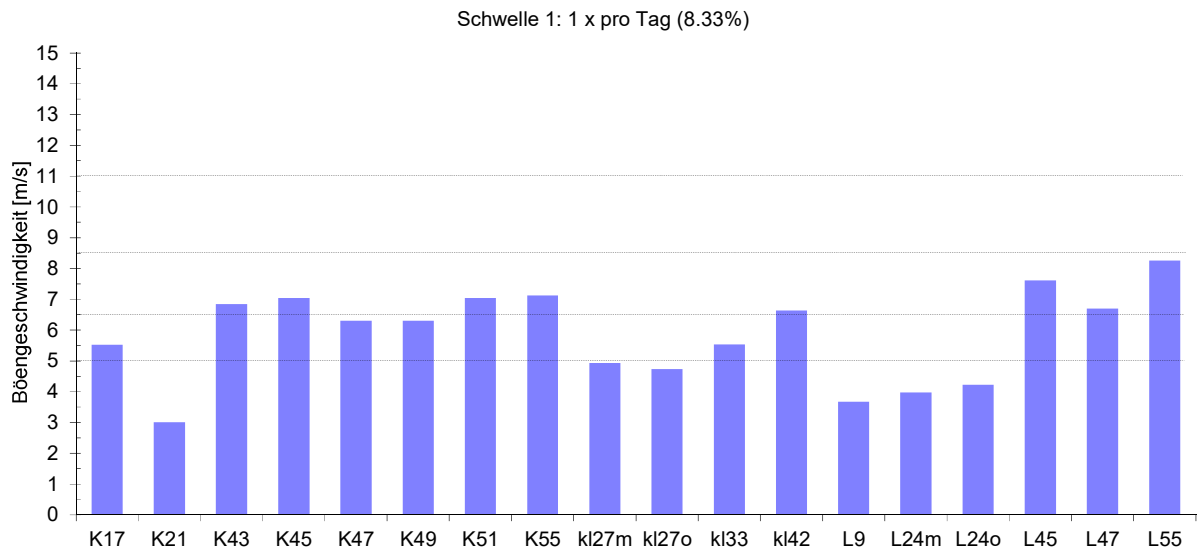
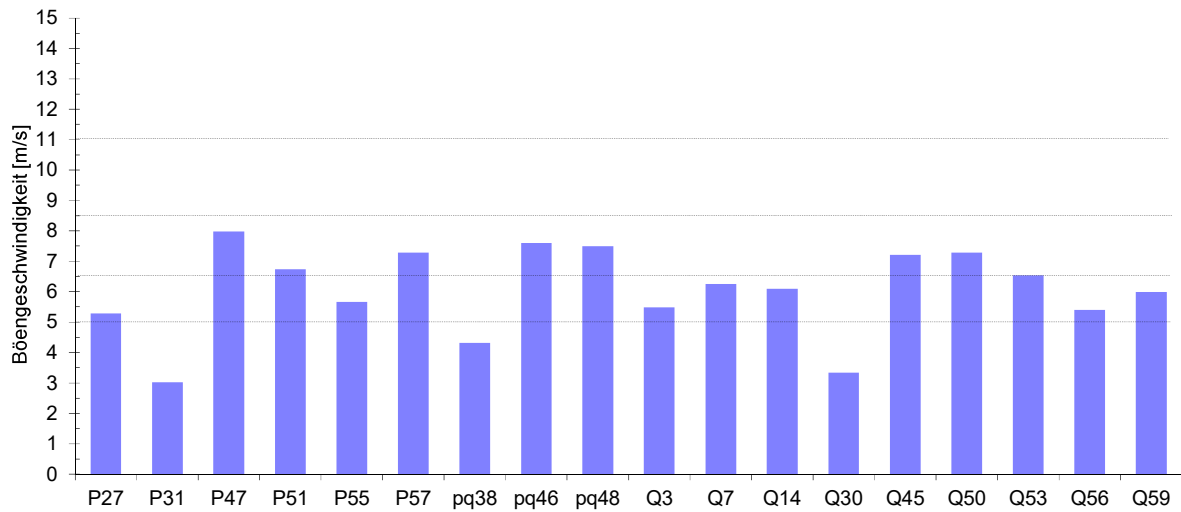
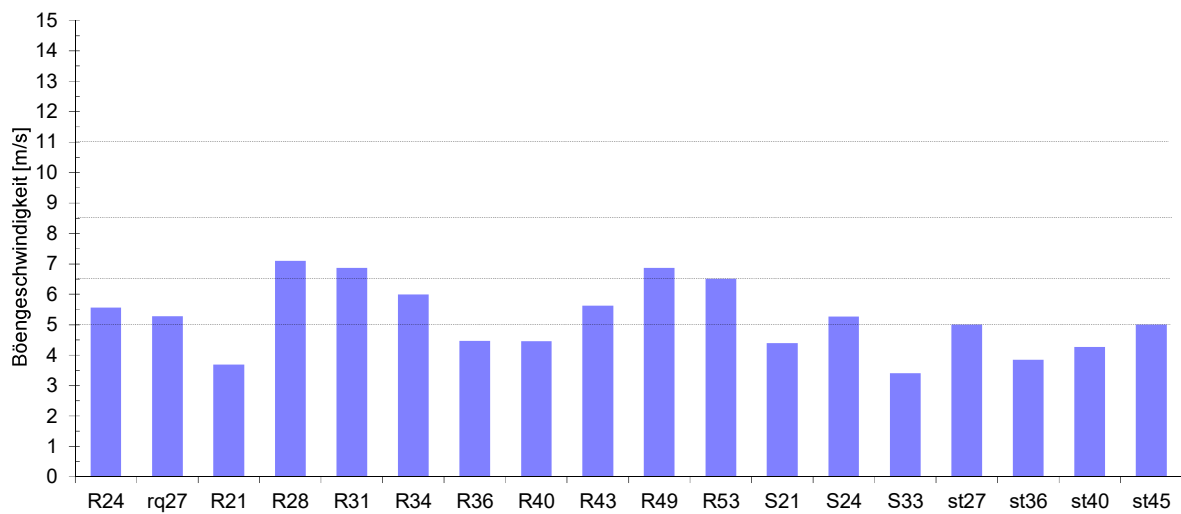


Abb. 4.15: Böengeschwindigkeit für den Planzustand der Hofmann Höfe und des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße, deren kurzzeitige Überschreitung im langjährigen Mittel etwa innerhalb einer Stunde pro Tag zu erwarten ist.

Schwelle 1: 1 x pro Tag (8.33%)



Schwelle 1: 1 x pro Tag (8.33%)



Schwelle 1: 1 x pro Tag (8.33%)

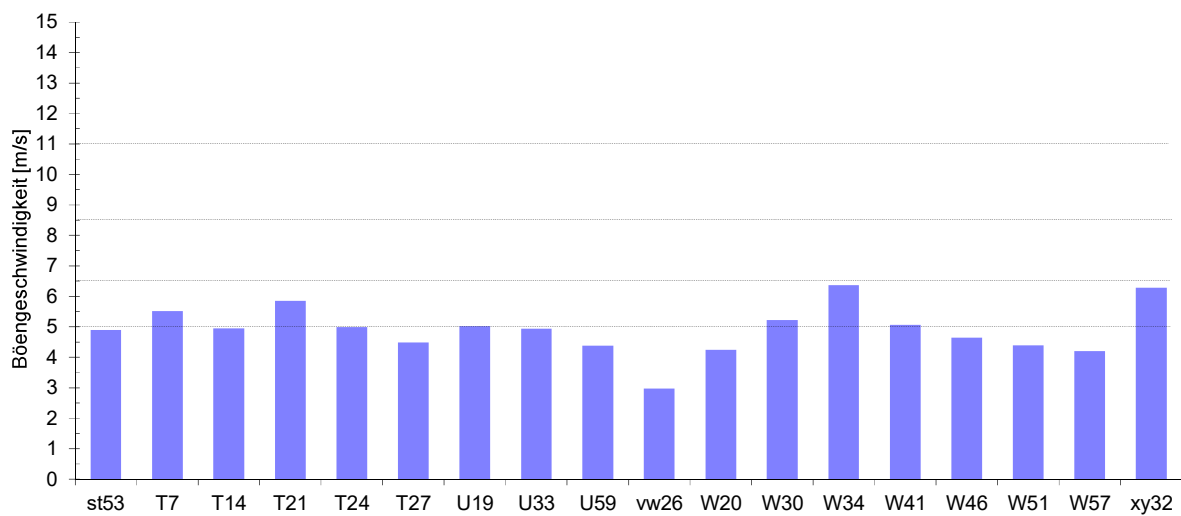


Abb. 4.16: Böengeschwindigkeit für den Planzustand der Hofmann Höfe und des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße, deren kurzzeitige Überschreitung im langjährigen Mittel etwa innerhalb einer Stunde pro Tag zu erwarten ist.

4.4 Bewertung des Windkomforts für den Planzustand

Entsprechend Abb. 4.1 bzw. Tab. 4.1 lässt sich aus den vorgenannten Kennwerten eine Einordnung der untersuchten Bereiche in Windkomfortklassen durchführen, woraus eine typische Nutzung abgeleitet werden kann. Bei Überschreiten der Böenschwelle von 8,5m/s erfolgt eine Zuordnung in Komfortklasse A (rote Bereiche), bei Überschreiten der Schwelle von 6,5m/s in Komfortklasse B (gelb) und bei Überschreiten der Schwelle von 5m/s in Komfortklasse C (grün).

Abb. 4.18 zeigt im Fußgängerbereich die Komfortverhältnisse für den projektierten Planstand des Vorentwurfes der Hofmann Höfe und des benachbarten ISARIA-Towers auf. Dabei werden die dem Wind mehr ausgesetzten (rot) aber auch die wind geschützten Bereiche (blau) deutlich.

Die als inakzeptabel definierte Schwelle der zu erwartenden Böengeschwindigkeiten wurde an **keiner** der untersuchten Stellen überschritten. Diese Bereiche wären in den Grafiken grau hinterlegt. Hier wurde demzufolge auch eine Überschreitung der Gefährdungsgrenze (23m/s entspricht Schwelle einmal pro Jahr) nicht festgestellt.

Besonderes Augenmerk ist auf die Außenbereiche der drei Kindertagesstätten (Kita an der Siemensallee, Kita an der Hofmannstraße und Kita an der Baierbrunner Straße neben dem Supermarkt), auf die beiden Durchgänge Torbogen Nord/Süd und Torbogen Ost/West, auf die Zugangsbereiche zu den Gebäuden sowie auf die ausgewiesenen Plätze zu legen.

Auf der gesamten Liegenschaft 1930d werden die Anforderungen für Zugangsbereiche (Windkomfortstufe B – gelb) erfüllt. In weiten Bereichen, insbesondere in den Innenhöfen sind noch deutlich ruhigere Windkomfortverhältnisse vorzufinden, hier werden die Windkomfortstufe C und D erreicht.

Im Torbogen Ost/West tritt eine beschleunigte Ausgleichsströmung mit erhöhten bodennahen Windgeschwindigkeiten auf, die Mindestanforderungen für Durchgangsbereiche werden jedoch eingehalten. Ein kürzeres oder auch längeres Stehenbleiben wird hier nicht als angenehm empfunden werden. Im Torbogen Nord/Süd sind bei den vorherrschenden Hauptwindlagen keine Winddruck bedingten Ausgleichsströmungen zu erwarten. Hier ist ein hohes Maß an Komfort auch bei einem kürzeren Stehenbleiben gegeben. Die Lage des Torbogens Nord/Süd (zentral oder an der östlichen Gebäudewand) bleibt dabei untergeordnet.

Die Kita-Außenbereiche an der Baierbrunner Straße können als sehr windgeschützt bezeichnet werden. Die beiden anderen Außenbereiche der Kita an der Hofmannstraße und der Kita an der Siemensallee weisen einen z.T. eingeschränkten Windkomfort in den mit Windkomfortklasse C (grün) dargestellten Bereichen auf. Hier könnte durch eine geeignete Bepflanzung entlang der äußeren Platzgrenze, z.B. eine zwei Meter hohe dichte Hecke, eine ausreichende Beruhigung erzielt werden. Die Ursachen für diese Einschränkungen sind in den An- und Umströmbedingungen der umliegenden 13-geschossigen Hochhäuser, vorrangig durch eine beschleunigte Kantenumströmung bei den am Standort vorherrschenden Starkwindlagen aus Südwest bis West begründet.

Größere Flächen mit eingeschränktem Windkomfort sind an der Liegenschaftsgrenze zu 1930c im näheren Umfeld des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße (ISARIA-Tower) zu erwarten. Aufgrund des geringen Abstandes des grenznahen Gebäuderiegels und des 22 geschossigen Hochhauses treten Interferenzeffekte mit stark variierenden Druckverhältnissen auf. Die dabei mit hohen bodennahen Windgeschwindigkeiten einhergehenden Ausgleichsströmungen sind insbesondere bei den vorherrschenden Starkwindwindlagen aus südwestlichen bis westlichen Windrichtungen stark ausgeprägt. Einen nicht unwesentlichen Anteil an diesen Störeffekten dürfte dabei auch die Anordnung des grenznahen Gebäuderiegels ausüben, da hier ein sogenannter Riegeleffekt nicht ausgeschlossen werden kann. Dieser Effekt tritt bei einer Anströmung eines riegelartigen Baukörpers unter 45° zur Gebäudelängsachse auf und verursacht im Leebereich des Riegels in unmittelbarer Fassadennähe deutliche Geschwindigkeitserhöhungen. Die Lage der beiden nächstgelegenen 13-geschossigen Hochhäuser kann zudem eine Kanalisierung der Windströmung auf genau diesen Riegel bewirken. Wie bereits aber oben schon erwähnt, werden die Anforderungen für Zugangsbereiche erfüllt.

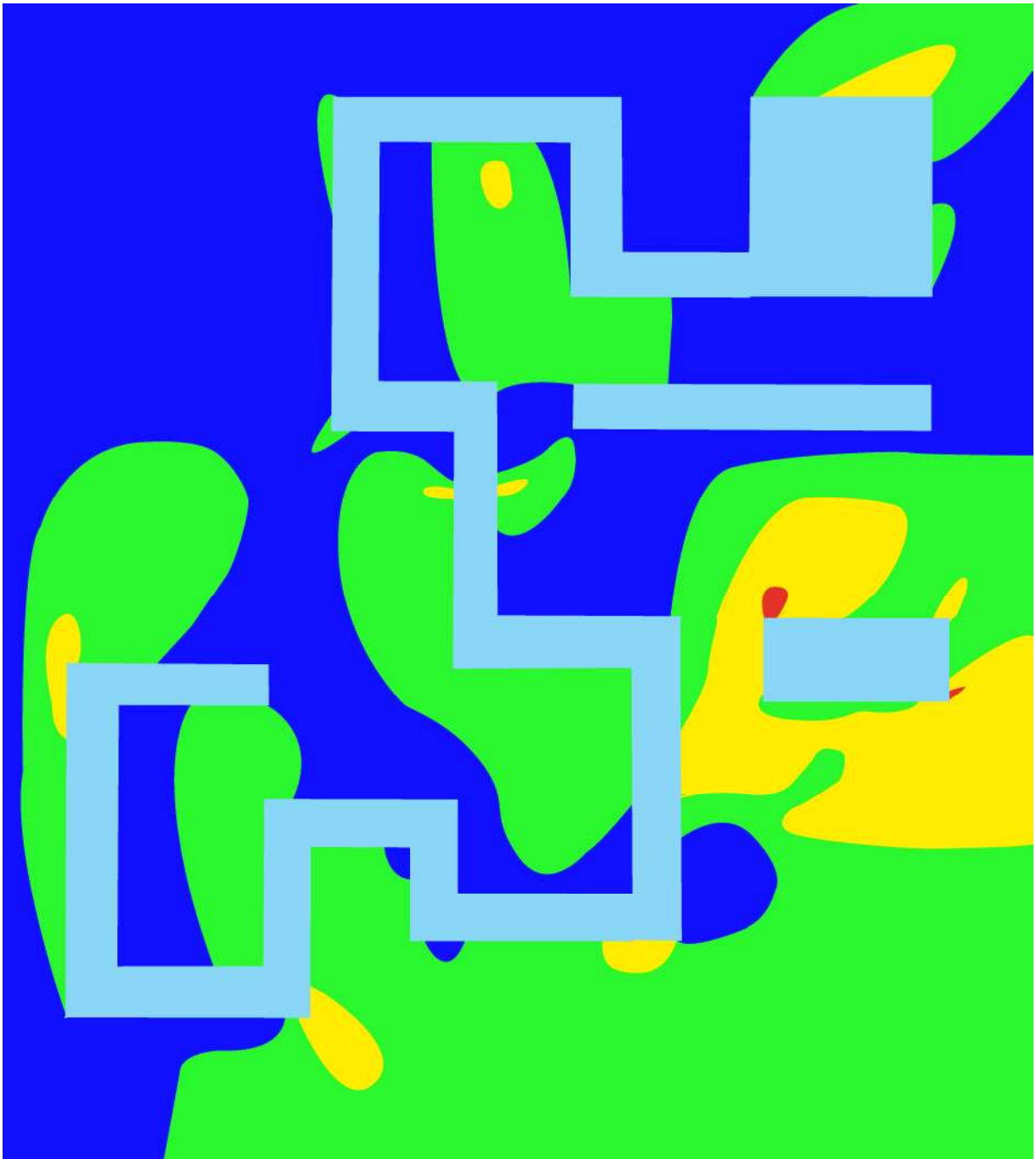


Abb. 4.18: Windkomfortklassen auf den Freiflächen der Liegenschaften 1930c/d für die geplanten Vorentwürfe der Hofmann Höfe und des benachbarten Hochhauses an der Baierbrunner Straße
(Klasse A: rot – schnelles gehen, Klasse B: gelb – stetes Gehen, Klasse C: grün – Bum-meln, kurzes Stehen- und Sitzenbleiben und Klasse D: blau – Ruhen, langes Stehen und Sitzenbleiben, inakzeptabel: grau)

4.5 Ergebnisse für Untersuchungsvarianten

Zur Bewertung der vorrangig bei Südwest- und Westwindlagen zu untersuchenden Strömungsverhältnisse werden die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen wiederum grafisch dargestellt.

Die Position der Messpunkte sowie deren Bezeichnungen sind Abb. 4.2 zu entnehmen. An insgesamt 26 ausgewählten Messpunkten wurden die Verhältnisse vergleichend untersucht.

Die Messergebnisse für die Untersuchungen im ursprünglichen Ausgangszustand werden exemplarisch mit aufgeführt. Die Untersuchungsvarianten werden nach den Vorgaben in Abschnitt 3.1.5 beginnend bei V0 bis V8 anhand von Modellfotoaufnahmen dokumentiert. Dabei bedeutet:

- Variante V0 Planzustand des Vorentwurfes mit nachgebildeten dichten Baumbestand an der Westgrenze des Grundstücks (vgl. Abb. 3.8)
- Variante V1 Torbogen Ost/West verbreitert auf 20m (vgl. Abb. 3.9a)
- Variante V2 Torbogen Ost/West Durchgangsbreite 25m (vgl. Abb. 3.9b)
- Variante V3 Torbogen Ost/West Durchgangsbreite 30m (vgl. Abb. 3.9c)
- Variante V4 2m hohe, dichte Hecke zur äußeren Begrenzung der Freispielfläche 3 der Kindertagesstätte an der Hofmannstraße Kita 3 (vgl. Abb. 3.10a)
- Variante V5 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur äußeren Fassade des westlichen Hochpunktes als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10b)
- Variante V6 2m hohe, dichte Hecke zur äußeren Begrenzung der Freispielfläche 2 der Kindertagesstätte an der Siemensallee Kita 2 (vgl. Abb. 3.10c)
- Variante V7 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur Innenhoffassade WA2 als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10d)
- Variante V8 2m hohe, dichte Hecke im Abstand von 4m zur Innenhoffassade WA3 als Begrenzung der Einzelgärten (vgl. Abb. 3.10e)

An die in Abb.4.2 bezeichneten Messstellennummern werden die fortlaufenden Untersuchungsvarianten (z.B. R31V1) angehängt.

Die Abb. 4.19 bis Abb. 4.23 zeigen die Geschwindigkeitsmessergebnisse im Vergleich zu dem ursprünglichen Planzustand des Vorentwurfes ohne zusätzliche Windschutzmaßnahmen (vgl. Abschnitt 4.3). Die windrichtungsabhängige Auftragung der lokal zu erwartenden Böenwindgeschwindigkeiten ist auf die ungestörte Anströmgeschwindigkeit in 77 m Höhe (Windgeschwindigkeit u_H in Gebäudehöhe bzw. Brüstungshöhe des Hochhauses an der Baierbrunner Straße - höchstes Gebäude auf dem Gelände) bezogen.

Aus diesen Daten werden unter Berücksichtigung der Windstatistik Kennwerte für die einzelnen Messpunkte zur Beurteilung von Grenzwertüberschreitungen berechnet. In Abb. 4.24 und Abb. 4.25 sind die Böengeschwindigkeiten dargestellt, welche im langjährigen Durchschnitt eine Stunde tagsüber erreicht werden (vgl. Tab 4.1). Werte unter 5m/s gelten als sehr komfortabel, Werte über 11m/s als inakzeptabel. Die farblich zuordenbaren Windkomfortklassen nach Abschnitt 4.2 finden sich in den Balkendarstellungen der Messpunkte wieder.

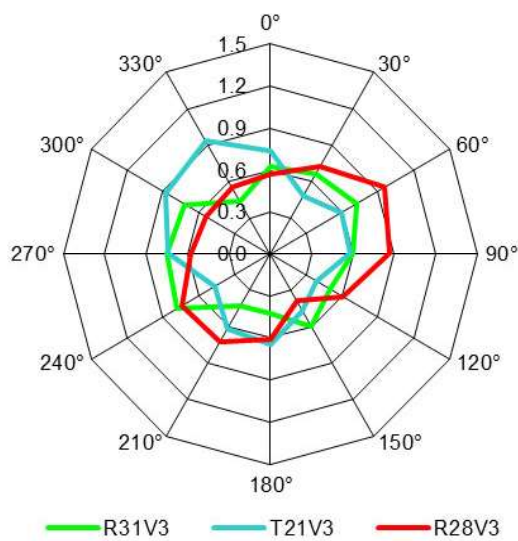
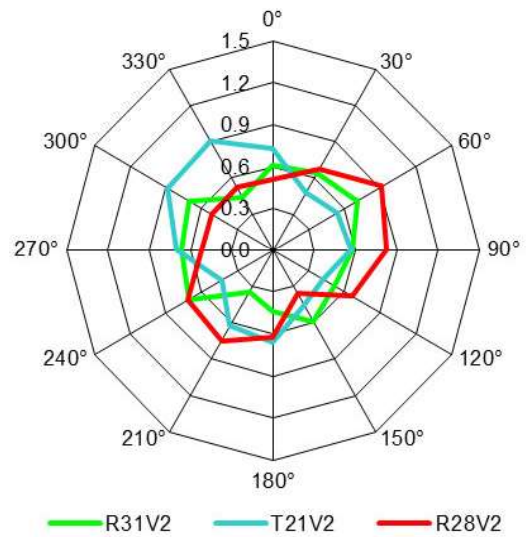
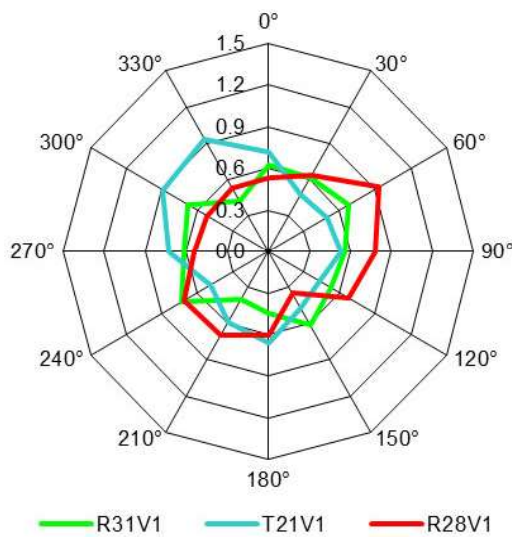
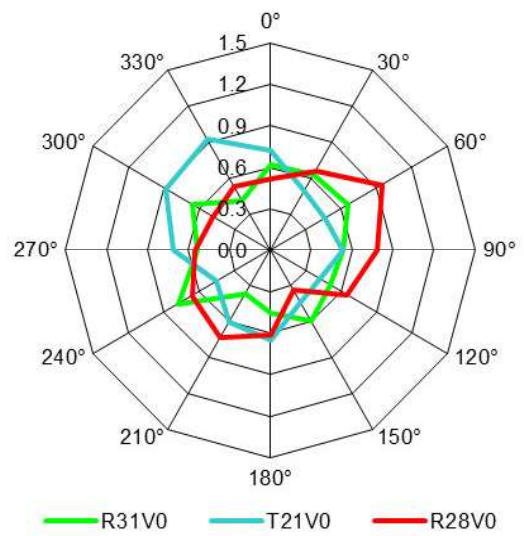
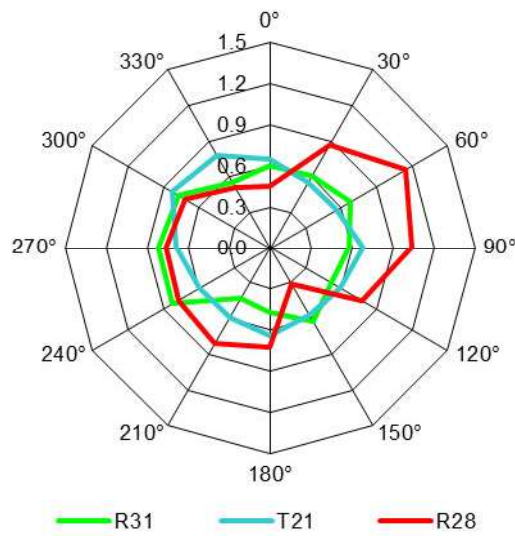


Abb. 4.19: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77m Höhe gemessen an den Messstellennummern R31, T21 und R28 für die Varianten V0, V1, V2 und V3 verglichen mit den Ergebnissen an den gleichen Messstellen der Ausgangssituation nach Abschnitt 4.3

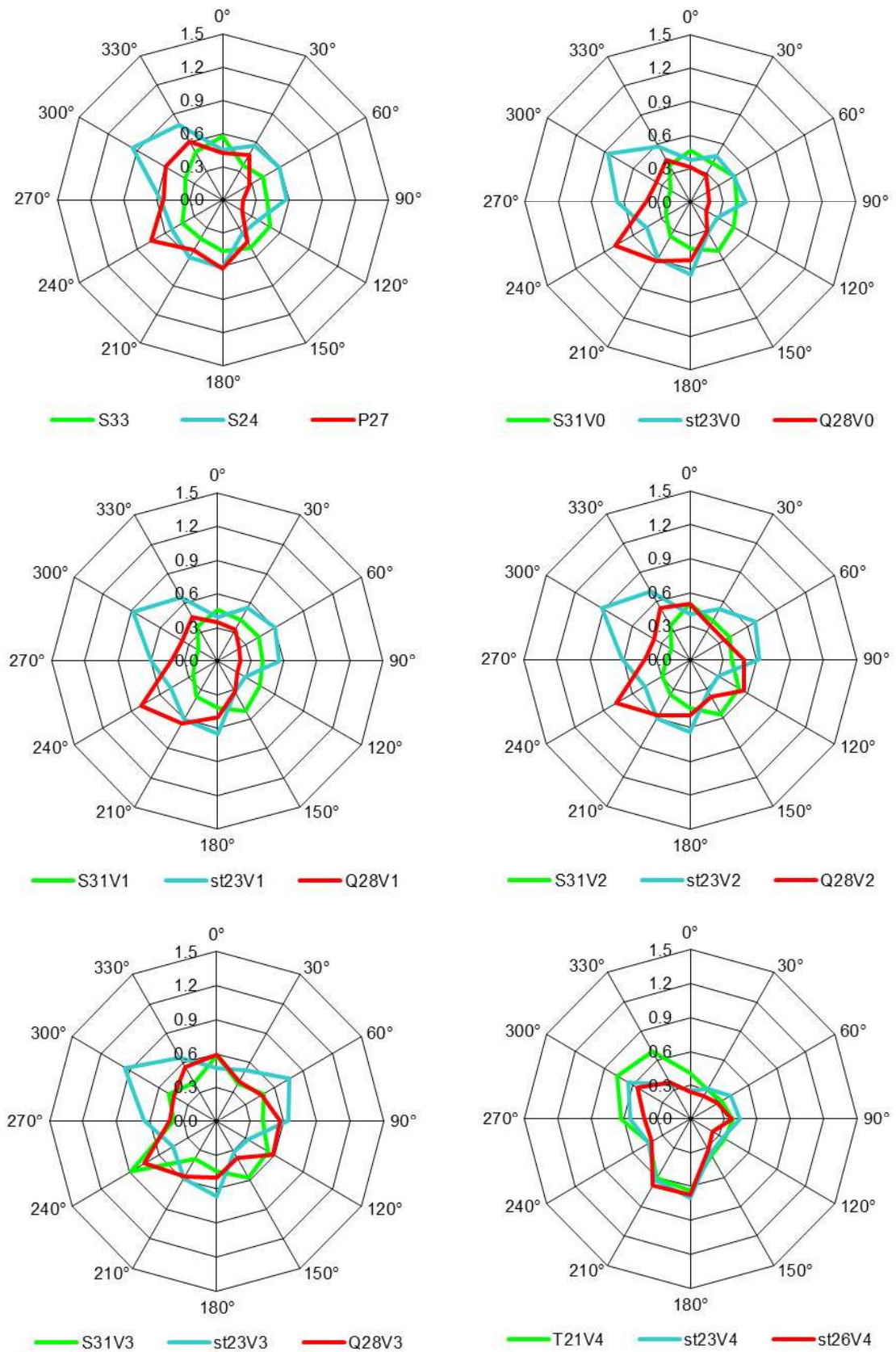


Abb. 4.20: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77m Höhe gemessen an den Messstellenummern S31, st23, Q28 und T21 für die Varianten V0, V1, V2, V3 und V4 verglichen mit den Ergebnissen an gleichen oder nahe gelegenen Messstellen der Ausgangssituation nach Abschnitt 4.3

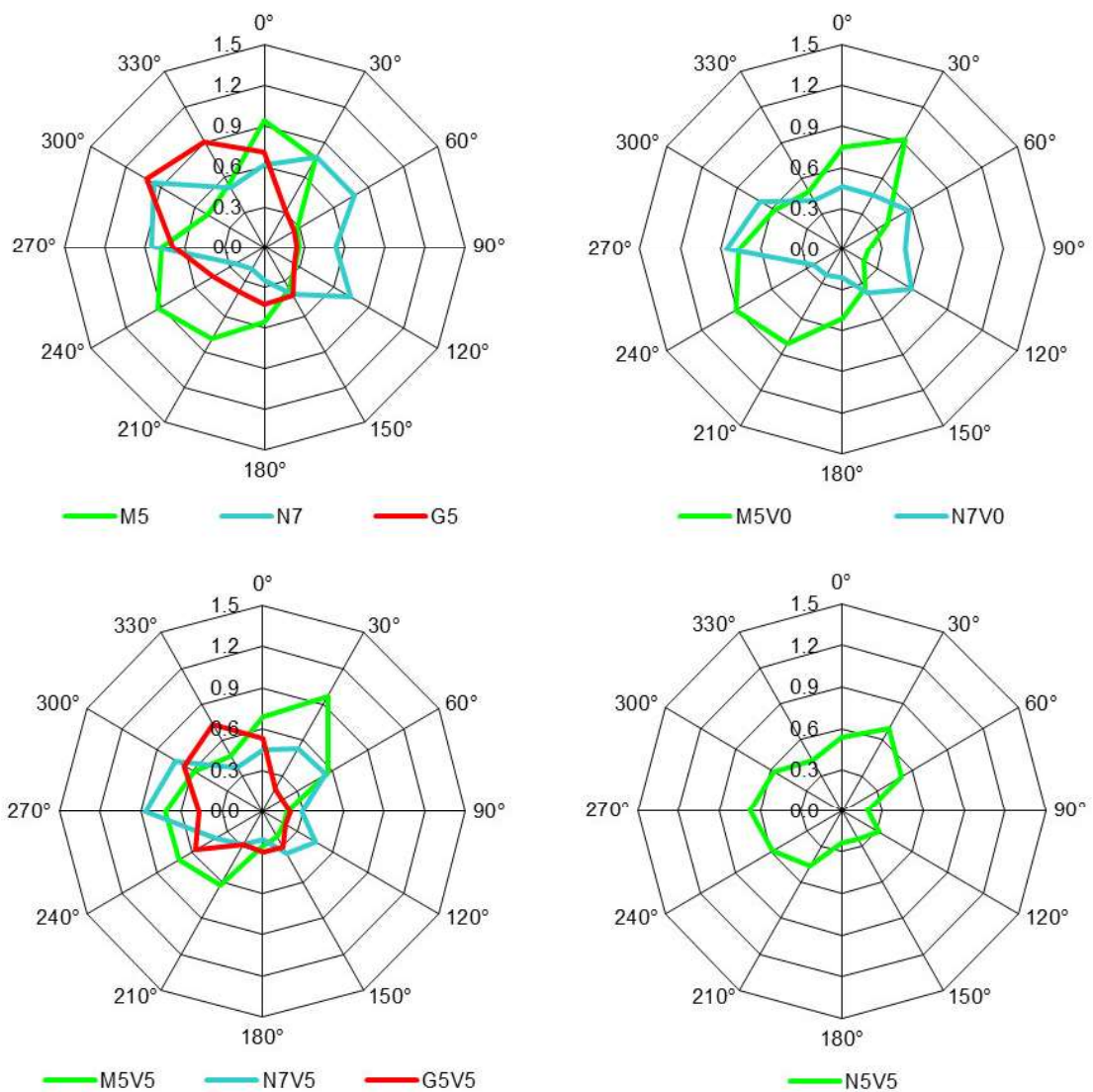


Abb. 4.21: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77m Höhe gemessen an den Messstellennummern. M5, N7, G5 und N5 für die Varianten V0 und V5 verglichen mit den Ergebnissen an den gleichen Messstellen der Ausgangssituation nach Abschnitt 4.3

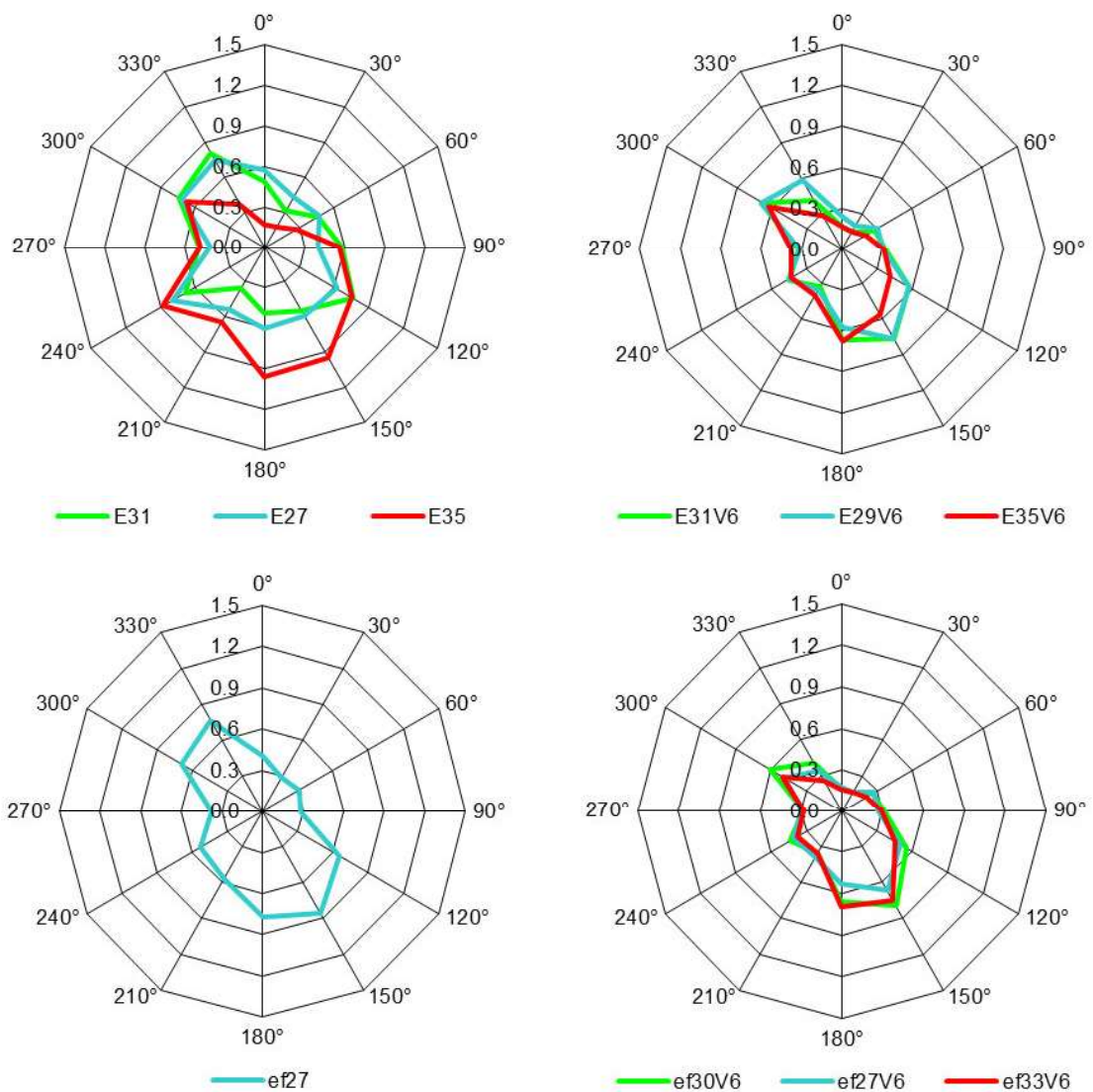


Abb. 4.22: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77m Höhe gemessen an den Messstellennummern. E31, E27, E35, ef30, ef27 und ef33 für die Varianten V0 und V6 verglichen mit den Ergebnissen an gleichen oder nahe gelegenen Messstellen der Ausgangssituation nach Abschnitt 4.3

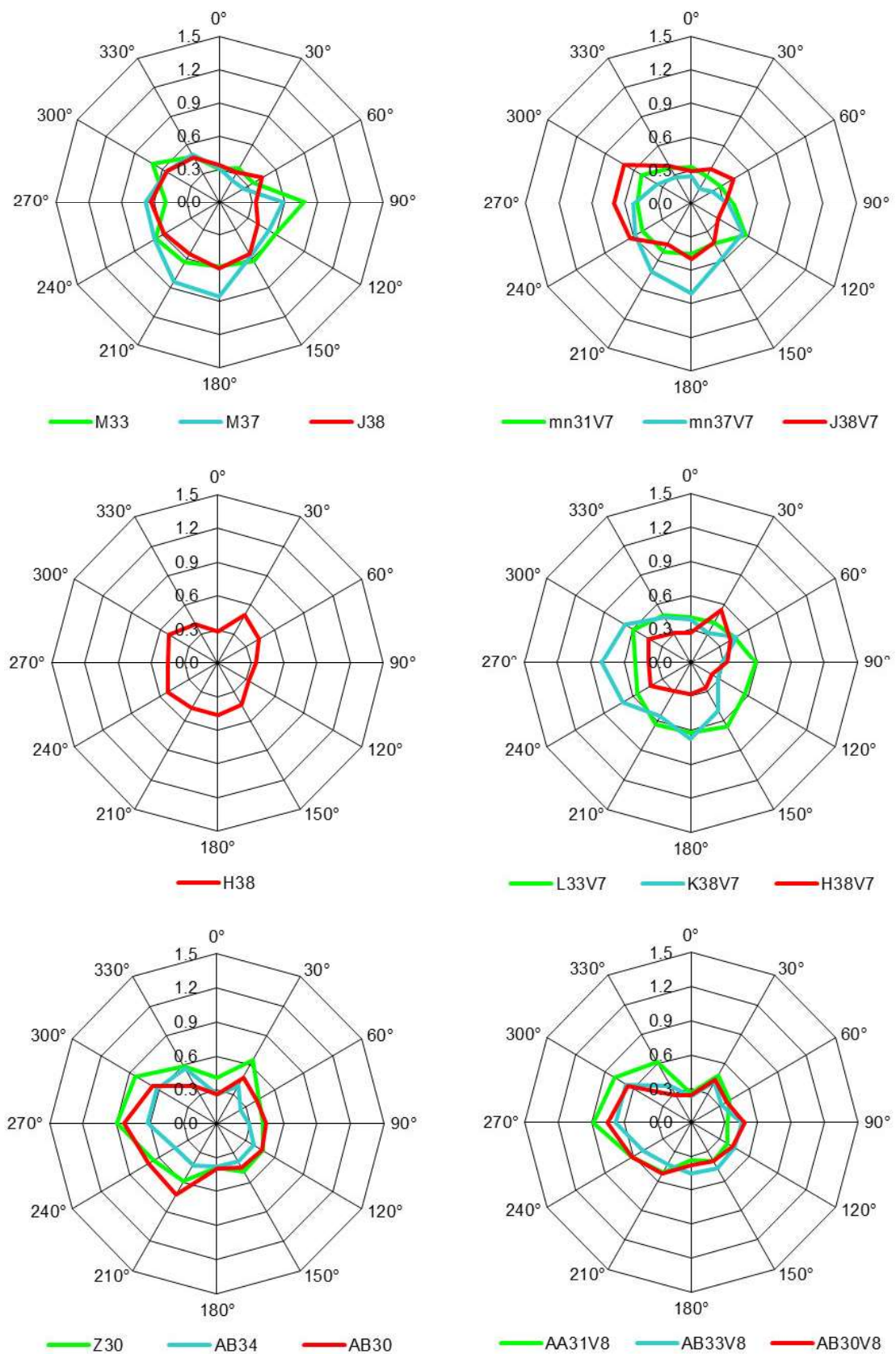


Abb. 4.23: Windrichtungsabhängige Böenwindgeschwindigkeit im bodennahen Bereich bezogen auf die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit in 77m Höhe gemessen an den Messstellenummern. M33, M37, J38, L33, K38, H38, AA31, AB31 und AB30 für die Varianten V7 und V8 verglichen mit den Ergebnissen an gleichen oder nahe gelegenen Messstellen der Ausgangssituation nach Abschnitt 4.3

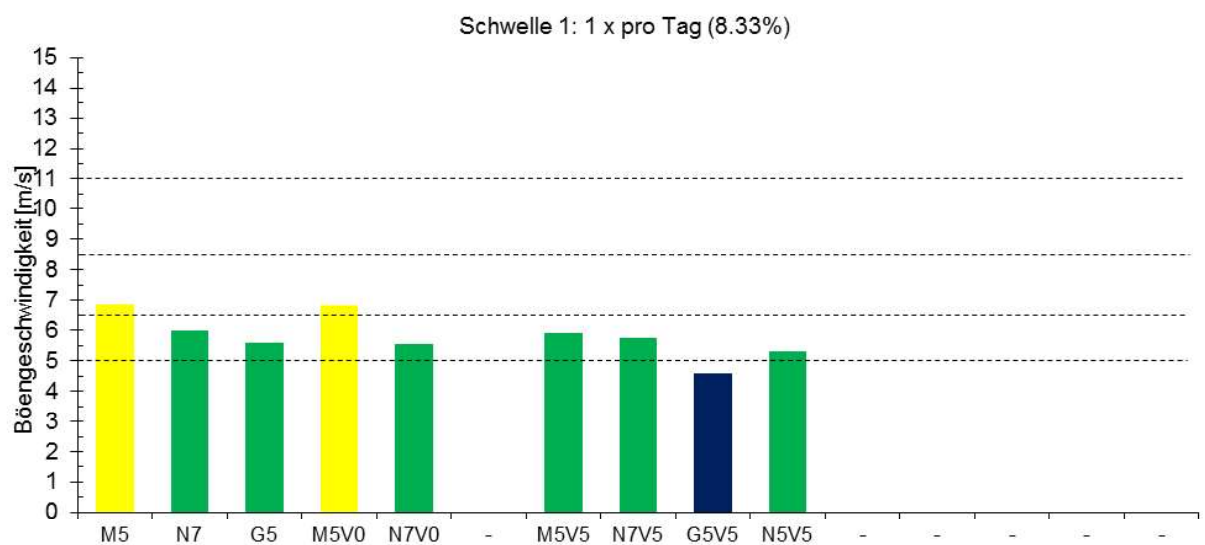
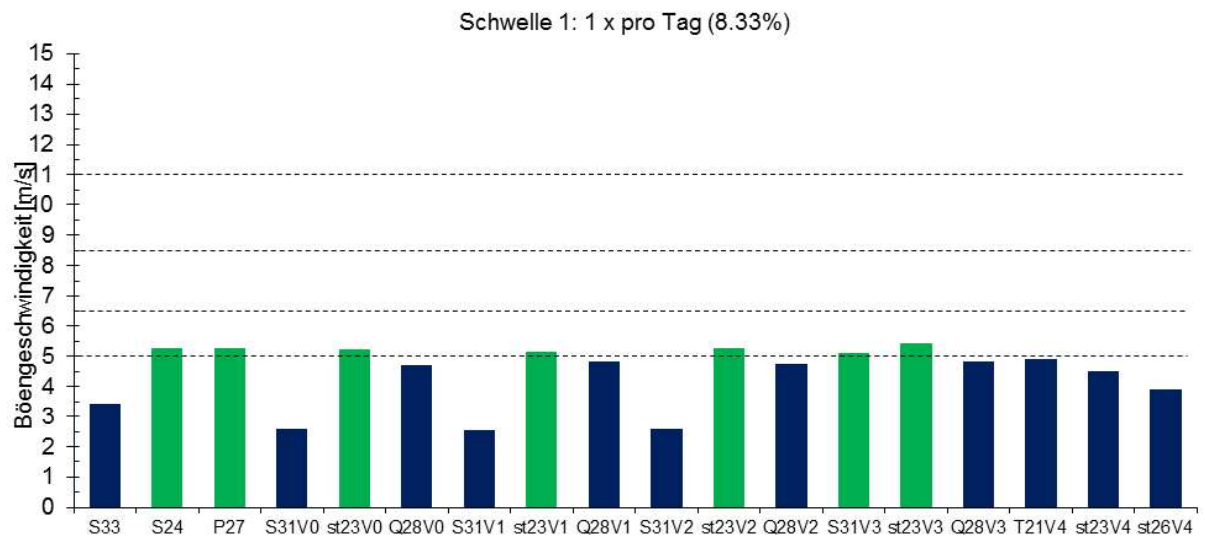
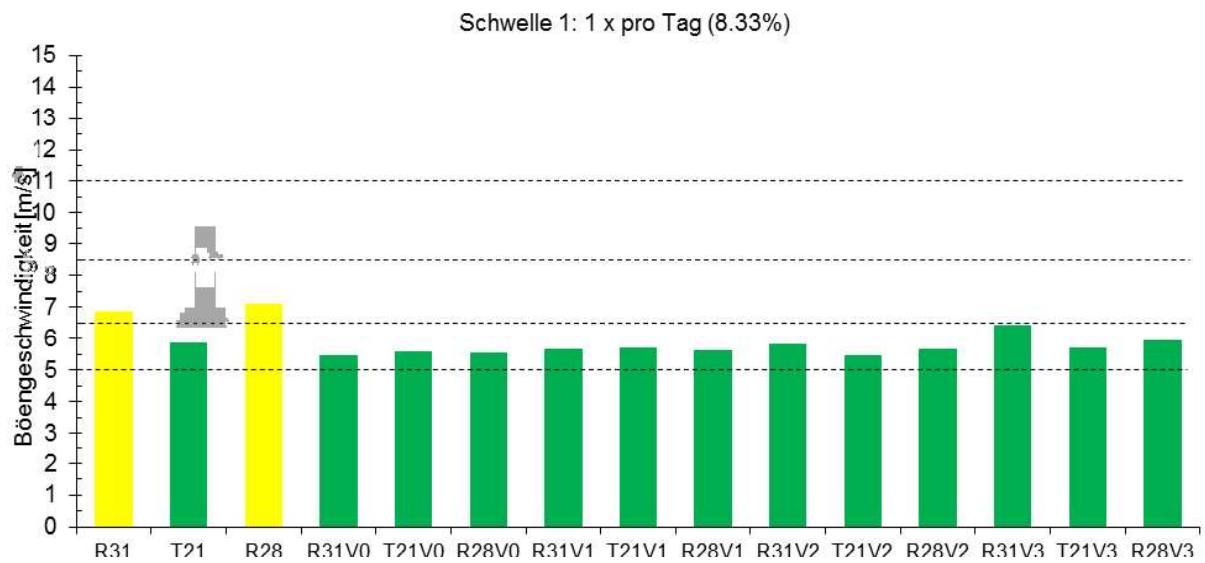


Abb. 4.24: Böengeschwindigkeit an ausgewählten Messpunkten im Ausgangszustand und für die Varianten V0, V1, V2, V3 und V4, deren kurzzeitige Überschreitung im langjährigen Mittel etwa innerhalb einer Stunde pro Tag zu erwarten ist. (Klasse A: rot, Klasse B: gelb, Klasse C: grün, Klasse D: blau)

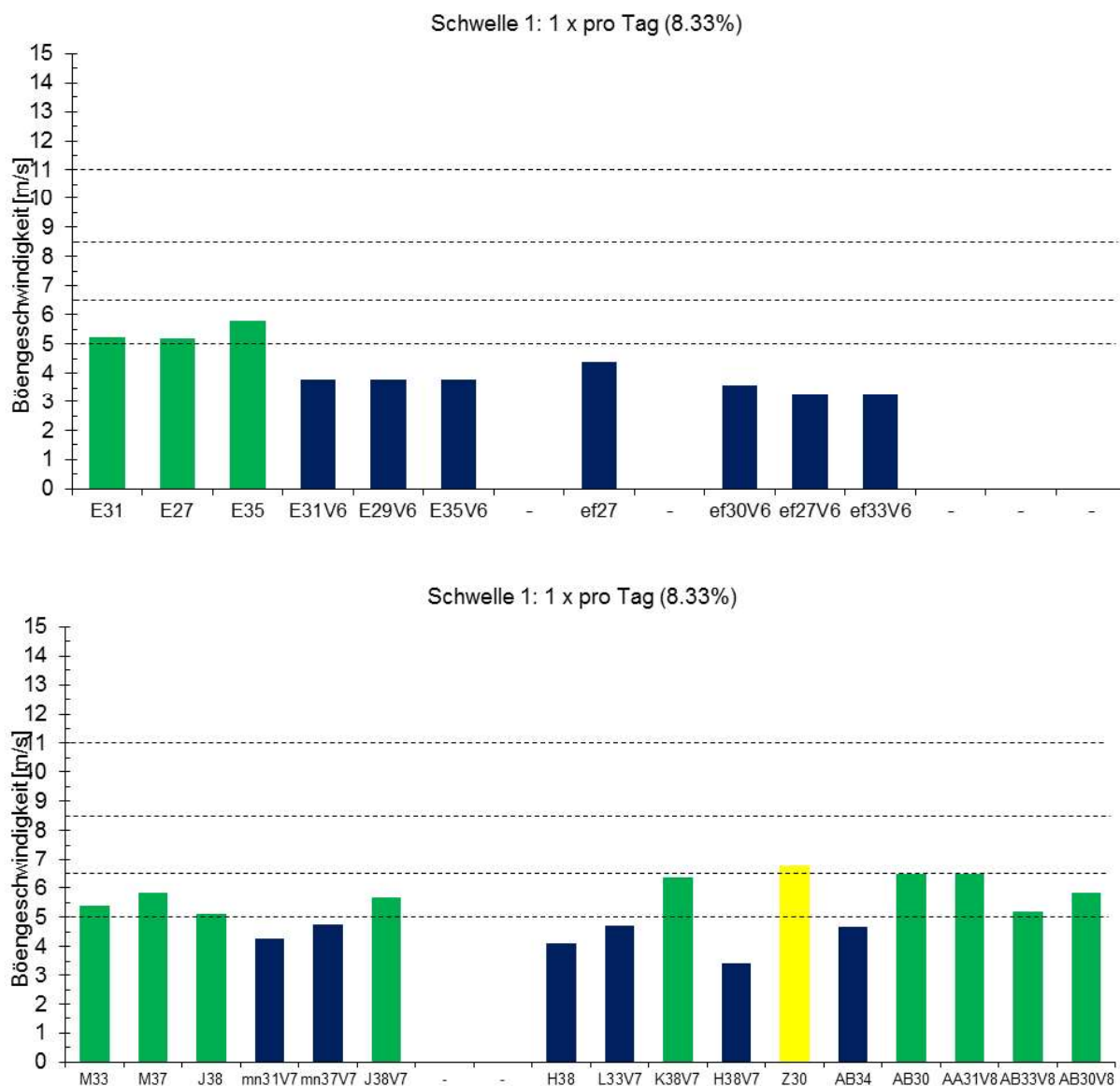


Abb. 4.25: Böengeschwindigkeit an ausgewählten Messpunkten im Ausgangszustand und für die Varianten V6, V7 und V8, deren kurzzeitige Überschreitung im langjährigen Mittel etwa innerhalb einer Stunde pro Tag zu erwarten ist. (Klasse A: rot – schnelles gehen, Klasse B: gelb – stetes Gehen, Klasse C: grün – Bummeln, kurzes Stehen- und Sitzenbleiben und Klasse D: blau – Ruhen, langes Stehen und Sitzenbleiben, inakzeptabel:grau)

4.6 Bewertung des Windkomforts für die untersuchten Varianten

Die ergänzenden Windgeschwindigkeitsuntersuchungen im Fußgängerbereich auf den Freiflächen der Hofmann Höfe haben gezeigt, dass die bei dem bisherigen Planzustand des Vorentwurfes vorgefundenen Windkomforteinbußen in sensiblen Bereichen z.T. deutlich reduziert werden können. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag auf Einzelgärten im Nahbereich der Hochpunkte und auf den Freispielflächen von zwei Kindertagesstätten.

Zur Erzielung der angestrebten Nutzungsmöglichkeiten wurden die nach Prüfung des Planzustandes ausgesprochenen Empfehlungen aufgegriffen und Schutzmaßnahmen in Form von 2m hohen, dichten Hecken entwickelt, die zur Einhausung dieser sensiblen Bereiche dienen sollen. Zusätzlich wurde bei allen Varianten der hochgewachsene Baumbestand mit einer Höhe von 20m bis 22m an der Westgrenze des Grundstücks modelliert.

Unter Berücksichtigung dieses dicht gewachsenen Baumbestandes wird die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit im Durchgangsbereich des Torbogens Ost/West insbesondere bei Westwind erheblich reduziert. Daraus resultiert eine Erhöhung des Windkomforts um eine Klasse von Windkomfortstufe B auf Windkomfortstufe C. Durch eine Verbreiterung des Torbogens von ursprünglich 15m auf 20m, 25m und 30m wird die Strömung geringfügig angetrieben. Bei allen untersuchten Durchgangsbreiten wurde an den gleichen Messpositionen im Zentrum des Durchgangs (R31 und R28) die Grenze der Komfortstufe C (kurzes Stehen- und Sitzenbleiben) nicht überschritten. An Messpositionen, die außerhalb des Durchgangsbereiches liegen, wurden stets sehr ruhige Verhältnisse beobachtet, hier wurde die Windkomfortstufe D (Ruhens, langes Stehen- und Sitzenbleiben) ermittelt. Durch die oben genannte Verbreiterung des Durchgangs bis auf 30m, wird auch eine breitere Zone durchströmt, innerhalb derer die niedrigere Komfortstufe C vorzufinden ist. Aus diesen Gründen kann die Empfehlung ausgesprochen werden, die Durchgangsbreite auf 15m zu begrenzen.

Auf der Freispielfläche 3 der Kindertagesstätte 3 an der Hofmannstraße wurde im Planzustand des Vorentwurfes sowohl die Komfortstufe D als auch die Komfortstufe C ermittelt. Diese Ergebnisse wurden auch erzielt unter Berücksichtigung der Variante V0 (hoch gewachsener Baumbestand an der Westgrenze des Grundstücks). Durch Einhausung der 740m² großen Freispielfläche 3 mit einer 2m hohen, dichten Hecke wurde an allen untersuchten Messpositionen die Windkomfortstufe D vorgefunden. Unter diesen Bedingungen ist die geplante Nutzung ohne Windkomforteinbußen möglich.

Die als Variante V5 bezeichnete 2m hohe, dichte Hecke zur Einhausung der Einzelgärten am westlichen Hochpunkt und entlang der Westfassade bewirkte eine Komforterhöhung um eine Stufe. An der Messposition M5 am westlichen Hochpunkt verbessert sich der Komfort von Stufe B auf Stufe C und entlang der Fassade von Stufe C auf Stufe D. Entlang der angrenzenden Nordfassade bewirkt die Variante V5 infolge der parallelen Ausrichtung zu den Starkwindlagen aus West keine Veränderung. Hier ist weiterhin Komfortstufe C zu erwarten.

Auf der Freispielfläche 2 der Kindertagesstätte 2 an der Siemensallee wurde im Planzustand des Vorentwurfes über weite Bereiche die Komfortstufe C ermittelt. Durch Einhausung der 1120m² großen Freispielfläche 2 mit einer 2m hohen, dichten Hecke wurde an allen untersuchten Messpositionen die Windkomfortstufe D vorgefunden. Demzufolge ist die geplante Nutzung uneingeschränkt möglich.

Im Innenhof WA2 bewirkt die 2m hohe, dichte Hecke (Variante V7) z.T. eine Komfortverbesserung von Stufe C auf Stufe D; an den beiden Messpositionen J38 und K38 ist jedoch weiterhin die Komfortstufe C als Folge der am südöstlichen Hochpunkt entstehenden, in den Fußgängerbereich gerichteten Abwärtsströmung gegeben. Dieser Bereich würde sich für einen noch fest zu legenden Durchgang vom Innenhof zum Nachbargrundstück eignen. Als Einzelgarten ist die Zone zwischen J38 und K38 ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen nicht zu empfehlen.

Die Variante V8 im Innenhof WA3 (2m hohe dichte Hecke im Abstand von 4m zur Fassade) hat aufgrund der Strömungsverhältnisse im Nahbereich des hier gelagerten Hochpunktes keine Komforterhöhung im Aufenthaltsbereich der Einzelgärten zur Folge. Auch hier ist die Windkomfortstufe C zu erwarten.

In den Innenhofbereichen, in denen derzeit die gewünschte Aufenthaltsqualität noch nicht erreicht ist, können im Rahmen der weiter voranschreitenden und konkreteren Planungen lokale Einzelmaßnahmen sowohl für private als auch für öffentliche Freiflächen empfohlen werden. Im vorliegenden Fall kann hier nach Lage im Innenhof unterschieden werden: Im unmittelbaren Nahbereich der nach West oder Nordwest ausgerichteten Fassaden können Überdachungen oder Markisen eine hinreichende Beruhigung bewirken. Im Zentrum eines Innenhofes würden wir eher eine Einhausung, insbesondere in Form einer dichten Bepflanzung, vorschlagen. Diese sollte mindestens zweiseitig die sensiblen Aufenthaltsbereiche umschließen. Bei der Ausrichtung und bei der Dimensionierung ist auf die jeweilige Innenhofströmung bei den vorherrschenden Starkwindlagen zu achten.

Es sollte auch geprüft werden, ob im Rahmen der weiteren Planungen sensible Nutzungen für z.B. Ruhe- oder Kleinkinderspielplätze nicht direkt in den ohnehin schon sehr weit reichenden Zonen mit sehr hoher Aufenthaltsqualität (Komfortklasse D) angesiedelt werden können.

5 Literatur

- [1] Christoffer, J und Ulbricht-Eissing M.: Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 147: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main 1989
- [2] Counihan, J.: Simulation of an adiabatic urban boundary layer in a wind tunnel. Atmospheric Environment, Vol.7, 673-689, Pergamon, 1973
- [3] Davenport, A.G.: An approach to human comfort criteria for environmental windconditions, CIBA/WMO Colloquium Teaching the Teachers, Swedish National Building Research Institute, Stockholm 1972
- [4] Deutscher Wetterdienst: Deutscher Windatlas, 2.Auflage Version 5, Potsdam 2010
- [5] European Wind Atlas, published for the Commission of the European Communities by Risø National Laboratory, Roskilde Denmark, 1989
- [6] ESDU Engineering sciences data, Wind Engineering: Vol. 1a+1b: Wind speeds and turbulence, ESDU International plc, London, 1991
- [7] Gandemer J. et Guyot A.: Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, La Documentation Française, Paris, 1976
- [8] Gandemer J. et Guyot A.: La protection contre le vent, CSTB Paris, 1981Plate, E.J.: Urban Climates and Urban Climatic Modelling: An Introduction, edited in Wind Climate in Cities, Nato ASI Series E: Applied Sciences - Vol. 277,23-39, 1993
- [9] Lang, H. und Istel, W.: Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern, IRB Verlag, Stuttgart, 1995
- [10] Van Koten, H. and Beranek, W.J.: Criteria for wind speeds around buildings (values and applications). Proceedings of the 3rd Colloquium on Industrial Aerodynamics, Aachen, June 14-16,1978