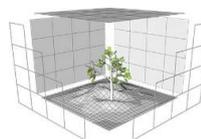


Neubau Gymnasium Langenhagen

Stadtklimatische Untersuchung im Stadtgebiet Langenhagen

Analyse des Standortes „Bplan 114 – An der Neuen
Bult“ zum Neubau eines Gymnasiums



BPI

Burghardt und Partner, Ingenieure

Auftraggeber:

Stadt Langenhagen
Marktplatz 1
30853 Langenhagen

Ansprechpartner:

Abt. 61 Stadtplanung und Geoinformation
Frau Kerstin Widowsky
Tel. +49 511 7307-9429
E-Mail: kerstin.widowsky@langenhagen.de



Abt. 67 Stadtgrün und Friedhöfe
Herr Oliver Kuhn
Tel. +49 511 7307-9476
E-Mail: oliver.kuhn@langenhagen.de

Auftragnehmer:

Burghardt und Partner, Ingenieure

Am Sonnenhang 4
34128 Kassel

Ansprechpartner:

Dr. René Burghardt
Tel. +49 561 76678963
E-Mail: info@lp-kassel.de



BPI
Burghardt und Partner, Ingenieure

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	2
2. AUFGABENSTELLUNG	4
3. KLIMATISCHE GRUNDLAGEN	5
STÄDTISCHES WINDFELD & REGIONALE ANSTRÖMUNG	5
AUTOCHTHONE WETTERLAGE	5
KALTLUFT	6
FLURWIND	8
4. METHODISCHE GRUNDLAGEN	10
WINDFELDBERECHNUNGEN	10
OFFENHEIT / FLURWINDPOTENTIAL	11
<i>Solare Exposition</i>	12
5. MATERIAL UND SIMULATIONSPARAMETER	14
DATENGRUNDLAGE	14
SOFTWAREUMGEBUNG	14
SIMULATIONSPARAMETER	15
6. ANALYSE UNTERSUCHUNGSGEBIET UND PLANUNGSSITUATION	16
WINDFELDSTATISTIK	16
STANDORT BPLAN 114 – „AN DER NEUEN BULT“	18
7. ERGEBNISSE	19
WINDFELDSIMULATION	19
TOPOGRAPHISCH INDUZIERTER KALTLUFTTRANSPORT	22
FLURWINDPOTENTIAL	24
<i>Bestandssituation</i>	24
<i>Planungsfall Standort „Bplan 114“</i>	25
SOLARE EXPOSITION	26
8. ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG	28
ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG UND PLANUNGSEMPFEHLUNG	28
9. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	30
10. LITERATURVERZEICHNIS	31
11. ANHANG	32

1. Einleitung

Die voranschreitende globale Klimaerwärmung trifft lokal auf unterschiedliche geografische und siedlungsspezifische Gegebenheiten.

In städtischen Gebieten und in Bezug auf die menschliche Gesundheit ist die zunehmende Hitzebelastung einer der bedeutendsten Effekte des Klimawandels. Die zunehmende Anzahl von Sommertage ($\geq 25^\circ\text{C}$) sowie die ebenfalls steigende Anzahl der Tropennächte ($\geq 20^\circ\text{C}$) zeigen bereits heute, in mittel großen Städten deutliche Auswirkungen. Durch Akkumulierung kommt es in der Folge zur verstärkten Ausprägung von städtischen Wärmeinseln, die wiederum zu einer verstärkten thermischen und bioklimatischen Belastung für den Menschen führen.

Neben neuen Maßnahmen (z.B. Gebäudebegrünung oder Schattenplätze) zur Reduzierung der Hitzebelastung und zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität, spielt außerdem die Vermeidung von Eingriffen, die die Problematik der Hitzebelastung unterstützen würden, eine wichtige Rolle. Kritisch für den städtischen Bereich ist insbesondere die Zerschneidung von Luftleit- und/ oder Durchlüftungsbahnen durch bspw. bauliche Maßnahmen, die zu einer Verschlechterung der Belüftungssituation führen und so das Überwärmungsrisiko begünstigen. Auch können wichtige und sehr sensible Flurwindssysteme, welche den nächtlichen Transport von Kaltluft in die überwärmten städtischen Gebiete fördern, schon durch geringfügige Änderungen in der städtischen Bebauungsstruktur beeinträchtigt oder aufgelöst werden. Dementsprechend kommt der Berücksichtigung der potentiellen Belüftungsveränderung durch städtische Nachverdichtung ein hoher Stellenwert zu.

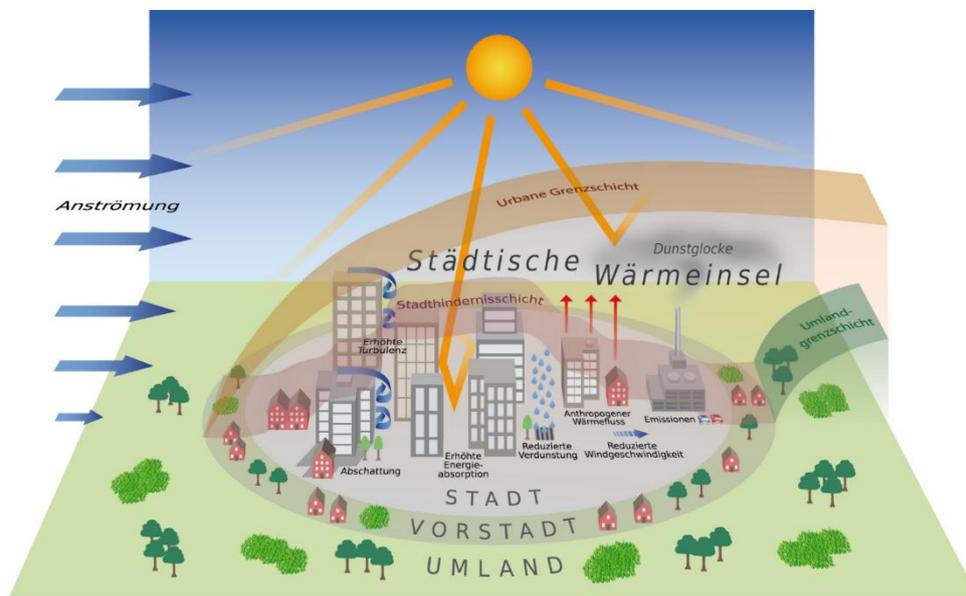


Abbildung 1: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren (DWD, 2017)

Um in den urbanen Gebieten dieser fortschreitenden klimatischen Entwicklung stadtplanerisch nachhaltig zu begegnen tragen Stadtplanungsämter oder vergleichbare Institutionen die Verantwortung für eine stadtklimatisch vorrausschauende Entwicklung. In Abhängigkeit der Planungsebene (vgl. Abbildung 2) sind unterschiedliche klimatische Fragestellungen von

Relevanz. Dennoch besteht zwischen dem Mesoklima bis zum Mikroklima eine sich gegenseitig bedingenden Wechselwirkung, die bei städtebaulichen und landschaftsplanerischen Planungen berücksichtigt werden müssen.

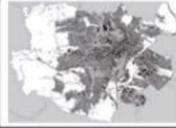
administrativer Bezug	Planungsebene	klimatische Einordnung	klimatische Fragestellung	Auflösung
 Region	Regionalplan > M 1: 100.000	Mesoklima	regionale Luftaustauschprozesse und Klimafunktionen	Rastergröße 100 m
 Stadt	Flächennutzungsplan > M 1: 10.000	Mesoklima	Wärmeineleffekt, Belüftungsstrukturen (Rauhigkeiten)	Rastergröße 25 - 50 m
 Ortsteil	Bebauungsplan M 1: 5.000	Lokalklima	Übergang von Klimatop- zu Mikroklimaanalyse	Rastergröße 10 m
 Block	Bebauungsplan M 1: 1.000	Mikroklima	Mikroklimatische Untersuchungen, thermischer Komfort	Rastergröße 2 - 5 m
 Gebäude	Bauplan/ Objekt M 1: 200	Mikroklima/ Gebäudeklima	Strahlungs- und Gebäudeumströmungen	Rastergröße > 0 - 2 m



Abbildung 2: Unterschiedliche Planungsebenen mit entsprechender klimatischer Einordnung.

Die Ausprägung bzw. die Intensität des Auftretens von klimatischen Effekten hängt stark von der Art und der baulichen Nutzung, der Stadtstruktur sowie standort- und lokalklimatischer Besonderheiten ab, so dass die Bewertung von städtebauliche Maßnahmen und deren Effekt auf das Stadtklima immer entsprechend ihrer klimatischen Einordnung erfolgen muss.

2. Aufgabenstellung

Im Rahmen der Planungsmaßnahme zum Neubau eines Gymnasiums im Stadtgebiet von Langenhagen ist ein potenzieller Standort auf seine grundlegende klimatische Verträglichkeit zu prüfen. Um zu den meso- bis mikroklimatischen Auswirkungen des angezeigten Bauvorhabens qualitative Aussagen treffen zu können, ist eine tiefergehende klimatische Untersuchung notwendig.

Das potentielle Baugebiet befindet sich südwestlich der Pferderennbahn(vgl. Abbildung 3) und wird im Folgenden als

- Bplan 114 (siehe Abbildung 3; rote Umrandung)
(südlich durch die Straße „An der Neuen Bult“ und westlich durch „Theodor-Heuss-Straße“ begrenzt)

bezeichnet. Der weiträumigere Untersuchungsraum wird in Abbildung 3 mit einem weißen Rahmen kenntlich gemacht.

In der Klimafunktionskarte der Stadt Langenhagen aus dem Jahr 2009 ist das Areal entsprechend seiner damaligen Flächennutzung erfasst und bewertet, jedoch nicht im Kontext des vorliegenden Planungsfalls.

Da für den Standort noch kein detaillierter Bebauungsentwurf vorliegt, werden in Absprache mit dem zuständigen Planungsamt Rahmenparameter definiert, aus denen sich das mögliche Erscheinungsbild der zukünftigen Bebauung ableiten lässt. Auf diese Weise kann der klimatische Einfluss der Bauvorhaben flächenhaft GIS-basiert modelliert werden. Entsprechend der Exposition sowie der flächigen Bewertung des Planungsgebietes in der vorliegenden stadtklimatischen Analyse aus dem Jahr 2009, wird besonders auf den Aspekt der Belüftung eingegangen. So wird die Planungsmaßnahme auf ihre möglichen Barrierewirkung hinsichtlich der Durchlüftung und des Kaltlufttransport in angrenzende aber auch entfernter liegende Siedlungsflächen geprüft. Die abschließende Bewertung fasst die untersuchten klimatischen Parameter in einen planungsrelevanten Kontext zusammen, um so qualifizierte Aussagen für die Stadtplanung / Stadtentwicklung treffen zu können.



Abbildung 3: Untersuchungsraum & Standort Bplan 114 (Luftbild: Esri)

3. Klimatische Grundlagen

Städtisches Windfeld & regionale Anströmung

Primär wird die Hauptwindrichtung über einem Stadtgebiet durch die regionalen Strömungssysteme bestimmt. Hinzu kommen lokale Charakteristika wie beispielsweise die Topographie, die Exposition, die Temperatur, die Rauigkeit etc., welche sich als Einflussfaktoren auf die lokale Windrichtung und Windgeschwindigkeit auswirken. Letztendlich übt die Stadt selber einen starken Einfluss auf das Windfeld aus, da sie eine wesentlich höhere Oberflächenrauigkeit aufweist als der ländliche Raum. Diese erhöhte Rauigkeit erzeugt im Windprofil über der Stadt eine Verzögerung auf vertikaler und horizontaler Ebene (vgl. Abbildung 4). Die Rauheit einer Oberfläche oder eines Objekts beschreibt die Intensität der Geschwindigkeitsreduktion auf Grundlage der Zunahme von Turbulenzen und Reibungseffekten. Folglich benötigen Windfelder über verdichteten städtischen Gebieten eine höhere vertikale Ausdehnung um wieder die regionaltypische Ausgangssituation zu erreichen.

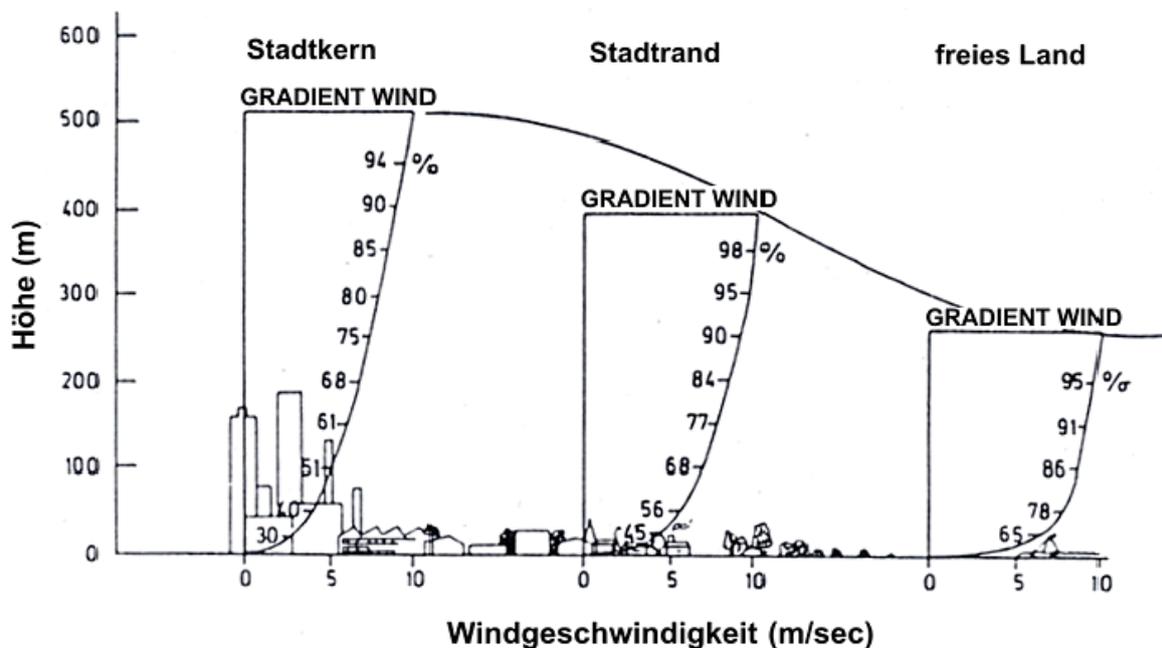


Abbildung 4: Darstellung eines logarithmischen Windprofils in Abhängigkeit der Rauigkeit des Untergrundes (nach Oke, 2006)

Autochthone Wetterlage

Die Änderungen der Lufttemperatur an einem Ort werden grundsätzlich durch die lokalen Wärmehaushaltsverhältnisse sowie durch die Advektion (horizontale Zufuhr) von Wärme im Zusammenhang mit Windrichtung und -geschwindigkeit, sowie durch die turbulente Vermischung in der Atmosphäre bestimmt. Je nach Überwiegen des einen oder des anderen Einflusses bezeichnet man das Wetter oder die Witterung an einem Ort als eigenbürtig (autochthon), wenn die lokalen Wärmehaushaltsbedingungen bestimmend für den Verlauf der Lufttemperatur und anderer meteorologischer Größen sind. Fremdbürtige (allochthone) Verhältnisse herrschen dagegen, wenn der aktuelle Zustand der Atmosphäre vor allem durch die Advektion bestimmt wird (Hupfer & Kuttler, 2005).

Das thermische Regime der bodennahen Luftschicht wird entscheidend durch die Größe der Strahlungsbilanz gesteuert. Das zeigt sich insbesondere während autochthoner Wetterlagen, wenn beispielsweise windschwache Sommertage, die durch Wolkenarmut gekennzeichnet sind, zu hohen Ein- und Ausstrahlungswerten führen. In Mitteleuropa weisen etwa 20 % der Tage und 30 % der Nächte die Charakteristika derartigen Strahlungswetters auf (Wilmer, 1976).

Die größten Temperaturdifferenzen zwischen Stadt und Umland lassen sich besonders gut während autochthoner Wetterlagen beobachten. Um ein ausschließliches "Schönwetterphänomen" handelt es sich hierbei jedoch nicht. Nach Hupfer & Kuttler (2005) zeigen Untersuchungen in mitteleuropäischen Städten, dass städtische Überwärmungen mit unterschiedlichen Intensitäten an bis zu 80 % der Jahresstunden auftreten können.

Kaltluft

Kaltluftabflüsse sind kalte Luftmassen, die bei windschwachen und austauscharmen Wetterlagen aufgrund ihrer Schwere von höher gelegenem Gelände in tiefer liegendes Gelände abfließen. Sie bilden sich in der Regel nachts an unbewaldeten und un bebauten Hängen, bspw. auf Weide- und Ackerland, aus. Aber auch Wälder auf stark geneigten Flächen können eine sehr hohe Kaltluftproduktion aufweisen (vgl. LANUV NRW, Klimaatlas Nordrhein-Westfalen).

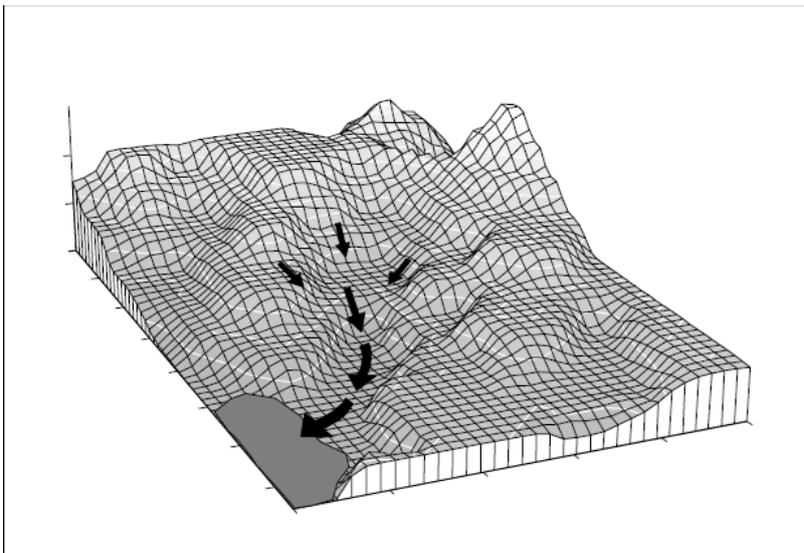


Abbildung 5 Topografisch bedingtes Kaltluft-Abflussregime (Zenger, 1998)

Besonders für urbane Räume in Kessel- oder Hanglagen ist die Kaltluftentstehung und deren Transport für die thermische Regulierung des Stadtklimas und der Luftreinhaltung von großer Bedeutung. Die Nützlichkeit der Kaltluft für den städtischen Bereich wird vom Verband Deutscher Ingenieure (VDI) in der Richtlinie 3787 Blatt 5 unterstrichen. Darin wird festgehalten,

dass die Aspekte der Kaltluftentstehung und Kaltluftabflüsse in der Regional- und Stadtplanung berücksichtigt werden sollen.

Die Entstehung der Kaltluft beginnt während des Sonnenuntergangs bedingt durch die fehlende solare Einstrahlung, sowie der gleichzeitigen thermischen Ausstrahlung der oberen Bodenschichten, und dauert bis in die frühen Morgenstunden. In Abhängigkeit von Gefälle, Dauer und Einzugsgebiet kann die Kaltluftschicht bis zu einer Mächtigkeit von 30 m anwachsen. Durch die erhöhte Dichte der erkalteten Luft (im Gegensatz zu wärmerer Luft) verhält sie sich ähnlich einer Flüssigkeit und strömt in Abhängigkeit vom Gefälle in tiefere Regionen (siehe *Abbildung 5*). Eine signifikante Strömungsdynamik entwickelt sich ab ca. 1.5° bis 2°

Gefälle, und wird in ihrer Intensität von der Rauigkeit der überströmten Bodenschichten beeinflusst.

Die Wirkungsintensität der entstehenden Kaltluft hängt von verschiedenen Einflussparametern ab, die in Abhängigkeit von ihrer Intensität auch negative Auswirkungen (z.B. städtische Bebauung) aufweisen können (nach Zenger, 1998).

Tabelle 1 Kaltluftentstehungsraten in Abhängigkeit der Art des Untergrundes (Zenger, 1998)

	Ackerfläche $m^3/m^2/h$	Wiesenfläche $m^3/m^2/h$	Waldfläche $m^3/m^2/h$	Siedlungsfläche $m^3/m^2/h$
King (1973)	-	12	-	-
GeoNet (2011)	10 – 15	20	15	1
GROSS (1987 u. 1989)	11	11	13 (43)	-
GEONet (2002)	10 – 20		5 – 40	

Die gezeigte Tabelle 1 beschreibt die Kaltluftentstehung in Abhängigkeit von Boden zu Volumen auf Fläche und Zeit. Trotz der variierenden Angaben zu den einzelnen Produktionsraten kann zusammenfassend abgeleitet werden, dass die natürlichen unversiegelten Untergründe für die Kaltluftentstehung entscheidend sind. Zudem kann eine geringe Bodenrauheit (keine bodennahen Hindernisse wie z.B. Mauern, dichte Büsche, etc.) zu einem besseren Abflussverhalten am Hang führen, wodurch der Einflussbereich steigt. Im Durchschnitt wird den Acker- und Wiesenflächen das höchste Kaltluftentstehungspotential zugeordnet.

Während nächtliche Kaltluft bei stärkerem Gefälle und günstiger Lage, durch die natürlichen topographischen Gegebenheiten zur Reduzierung der städtischen Wärmebelastung beiträgt und so teils weit in den Siedlungsraum eindringen kann, bedarf es bei topographisch anspruchslosen Gegebenheiten andere Bedingungen. Umso flacher das kaltluftproduzierende Gelände und dessen Umgebung ausgeprägt ist, desto stärker ist die Ausbreitung der produzierten Kaltluft räumlich begrenzt. Liegen jedoch autochthone Wetterbedingungen vor, kann produzierte Kaltluft, durch die natürliche Temperaturdifferenz zwischen überwärmter Bebauung und kühleren Vegetationsflächen induziert in Bewegung geraten.

Flurwind

Für die Belüftung urbaner Räume sind lokale Windsysteme von großer Bedeutung, vor allem wenn die Belüftung bedingt durch regionalen Wind sehr schwach ist. Dies tritt besonders bei Strahlungswetterlagen auf, welche durch stark reduzierten Windgeschwindigkeiten geprägt sind.

Zu diesen lokalen Windsystemen zählt auch der Flurwind. Flurwinde sind thermisch induzierte Ausgleichsströmungen. Der für die Strömung notwendige Luftdruckgradient zwischen Stadt und Umland beruht auf den Unterschieden der Energiebilanz, die bei windschwachen Strahlungswetterlagen besonders deutlich hervortreten (vgl. Hupfer & Kuttler, 2005).

Während die warme Luft über der Stadt aufsteigt und damit einen Tiefdruck im Stadtraum erzeugt, wird die Druckdifferenz durch Nachströmen von Luft aus dem Umland (Hochdruck) ausgeglichen (siehe Abbildung 6).

Die Strömung erfolgt meist schubweise. In der bodennahen Schicht ist der Flurwind vorwiegend in den Abendstunden und in der Nacht zu beobachten (vgl. Hupfer & Kuttler, 2005).

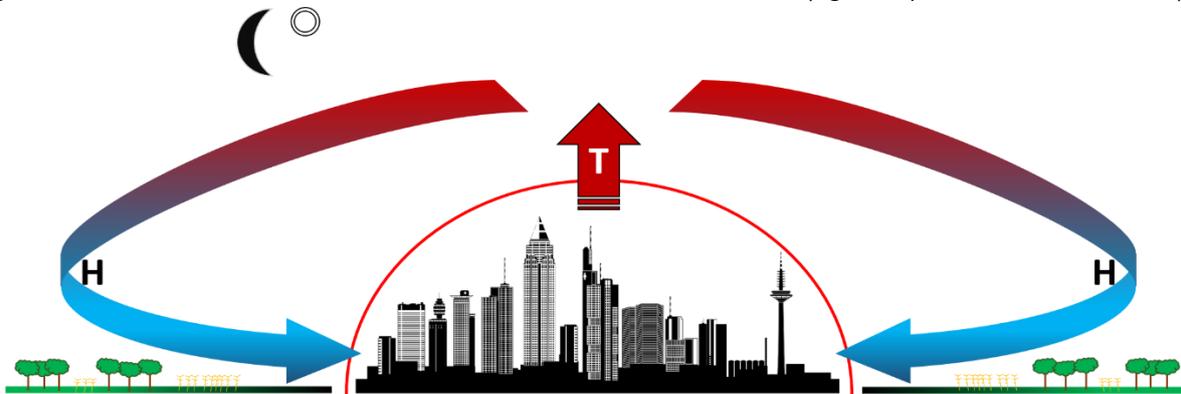


Abbildung 6 Schematische Darstellung des Flurwindsystems (Burghardt, 2017)

Flurwinde benötigen keine besonderen topografischen Bedingungen, sondern nur die Druckdifferenz, was sie allerdings auch sehr viel fragiler gestaltet. Dieser physikalische Umstand bietet für topographisch schwach geprägte Städte insbesondere während der steigenden Überwärmung in den Sommermonaten einen natürlichen Mechanismus zur Unterstützung der nächtlichen Abkühlung und so auch zur Reduzierung der nächtlichen thermischen Belastung für den Menschen. Der Flurwind ist stets stadteinwärts gerichtet, und zeichnet sich durch eine bodennahe wenige Meter mächtige Schicht, meist intermittierend auftretender Luftbewegung mit geringer Geschwindigkeit aus, welche im Idealfall radial in die Stadt eindringt. Untersuchungen von Barlag (1997) konnten am Beispiel der Stadt Bochum (siehe Abbildung 7) diesen Effekt sichtbar machen. Die nächtlichen Windfeldmessungen zeigten für die Stadt eine deutliche Ausprägung mehrerer Flurwinde, welche aus unterschiedlichen geographischen Richtungen vom Umland in Richtung des Siedlungsraum strömten (siehe Abbildung 7). Insbesondere unter dem Aspekt der klimaangepassten nachhaltigen Stadtentwicklung kann das Flurwindsystem durchaus planungsrelevant sein, wenn es z.B. durch den Transport von kalter Umlandluft dazu beiträgt, die klimatisch-lufthygienische Situation in den Innenstädten durch Abkühlung und Erhöhung der Luftqualität zu verbessern. Ist dies der Fall spricht man von klimaaktiven Flächen. Hinsichtlich einer nachhaltigen Stadtentwicklung gilt es generell diese Bereiche zu sichern, weiterzuentwickeln und integrativ mit neuen Stadtentwicklungspläne zu verknüpfen.

Auch innerstädtische Grünflächen, die nachts in Sommermonaten eine hohe Temperaturdifferenz zu ihrer benachbarten Bebauung aufweisen, können physikalisch betrachtet, das Phänomen der druckinduzierten kleinräumigen Ausgleichsströmung hervorrufen. In ihrer Sensitivität und Geschwindigkeit kommen sie allerdings sehr schnell durch Barrieren o. Ä. zum Erliegen. (Reuter & Kapp, 2012).

Die Planungsrelevanz und Effizienz des Flurwindsystems ist abhängig vom Vernetzungsgrad der innerstädtischen Grün- und Freiflächen mit dem Offenland (Umland). Je ausgeprägter (räumlich und vernetzt) sowie offener (z.B. Wiese, Rasen und Parkflächen) die Verbindungsflächen zwischen Umland und städtischen Raum sind, desto kräftiger und stabiler kann sich der Flurwind etablieren, und zur Abkühlung und Belüftung des Stadtraums beitragen.



Abbildung 7 Windrichtungsverteilung von Flurwinden in Bochum von 1987 bis 1988 (Barlag, 1997)

4. Methodische Grundlagen

Windfeldberechnungen

Um die Interaktionen der vielen unterschiedlichen Faktoren realitätsnah zu simulieren, werden Windfeldsimulationen primär mit numerischen Strömungsmechanik-Modellen (CFD Computer Fluid Dynamics) durchgeführt (vgl. Abbildung 8).

Durch die Verwendung einer international evaluierten Softwareerweiterung ist es möglich das Windfeld direkt innerhalb des Geoinformationssystems zu berechnen. Bei der Berechnung des Windfeldes wird eine räumliche Auflösung von 1 m zugrunde gelegt. Da das berechnete Windfeld den 3-dimensionalen Raum abdeckt, können unterschiedlichste Informationen zum Windfeld zu jeder beliebigen Höhe abgefragt werden. Dies ist insbesondere dann von größerem Interesse, wenn zu überprüfen ist, inwieweit vertikale und horizontale Veränderungen (z.B. durch neue Gebäudestrukturen) im Windfeld auftreten.

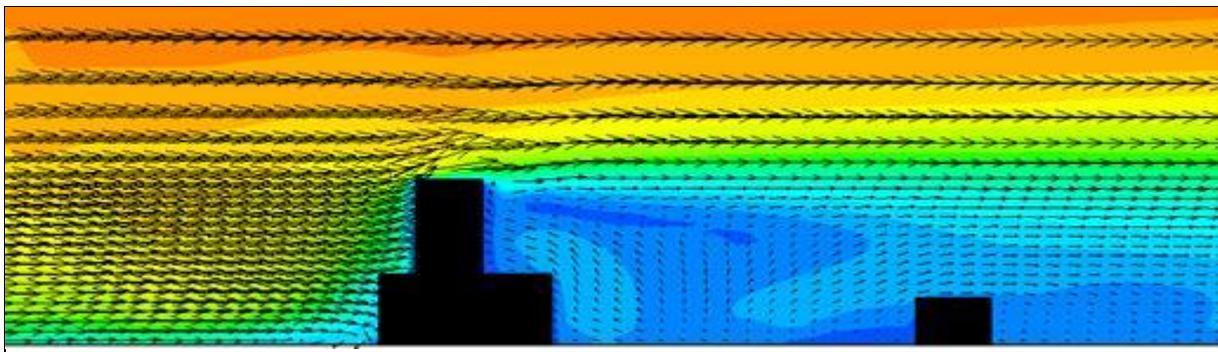


Abbildung 8: Darstellung eines numerischen Windfeldmodells „Windstation“ von Antonio Gameiro Lopes.

Für die Berechnung des hochauflösten Windfeldes kommt eine numerische Softwarelösung zum Einsatz, bei welcher es sich um eine direkt GIS Implementierung handelt. Sie bietet die Möglichkeit komplexe 3D-Windfeldberechnungen mit hoher Auflösung durchzuführen. Die Software verarbeitet eine Vielzahl räumlicher Daten, um komplexe Luftbewegungen im 3-dimensionalen Raum zu simulieren. So ist es möglich die Windbewegungen über dem zugrundeliegenden Gelände, der Vegetation und den Gebäuden darzustellen. Es wird ein „Fluid-Dynamik-Algorithmus“ verwendet, welcher als Kernelement für die Bereitstellung von hochgenauen Luftanalysen zum Einsatz kommt. Die Softwareumsetzung basiert auf dem „RC-GIS“-Berechnungsprogramms, welches an der Kyushu University (Japan) entwickelt und getestet wurde.

Innerhalb des Geoinformationssystems kann die Simulationssoftware numerische Analysen turbulenter Strömungen über komplexer Topographie im urbanen und ruralen Raum durchführen. Als Eingangsparameter werden eine gitterartige Beschreibung der Geländehöhe, Rauheit sowie Windbeobachtungsdaten oder ein alternatives Grenzschichtprofil, welches in einer Datei vorliegt verwendet. Das Windfeld wird in einem 3D-Raster berechnet und ermöglicht die Nachbearbeitung der Ergebnisse sowie den Export von Daten in ein GIS-konformes Austauschformat.

Offenheit / Flurwindpotential

Zur Berechnung der Flurwind- / Belüftungspotentiale von Städten kann auf das mesoklimatisch validierte Prinzip der Frontal Area Analyse (Unger, 2009; Burghardt, 2015) zurückgegriffen werden (siehe Abbildung 9). Durch die Erfassung unterschiedlicher Rauigkeitsparameter (Z_0 = Rauigkeitslängen; Z_d = Nullpunktverschiebung; Ph_{var} = Bebauungsporosität) sowie deren abschließende Verschneidung können Luftleitbahnen sowie Durchlüftungspotentiale dargestellt und dezidierte Aussagen zum Flurwindpotential getroffen werden.

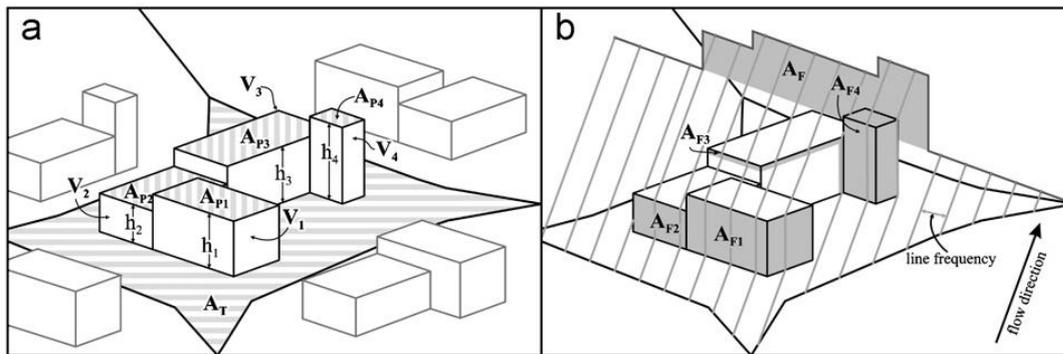


Abbildung 9 Darstellung der Frontal Area Variablen (Unger, 2009)

Die Herleitung der drei oben genannten Rauigkeitsparameter erfolgt durch Ermittlung unterschiedlicher morphologischer Parameter, wobei die Rauigkeitsparameter „ Z_0 “, „ Z_d “ und „ Ph_{var} “ in kausaler Abhängigkeit zu den morphologischen Parametern stehen.

Die städtische Porosität / Bebauungsporosität beschreibt den Zustand des offenen 3-dimensionalen Raums im Verhältnis zum bebauten Volumen. Für die Berechnung der Porosität ist die vorherrschende Windrichtung nicht von Relevanz, da hierbei der 3-dimensionale Raum und die in ihm enthaltenen Baumassen untersucht werden.

Ergänzend zu den dynamischen Faktoren Z_0 und Z_d , welche eine direkte Aussage über die Rauigkeit bzw. den Reibungsverlust treffen, zeigt die städtische Porosität / Bebauungsporosität (Ph_{var}) das Potential einer möglichen Durchlüftung an. Damit ist Ph_{var} alleinstehend von größerer planerischer Relevanz als die einzelnen Rauigkeitsparameter Z_0 und Z_d . Die Einteilung der städtischen Porosität geschieht im Wertemaßstab von 0 bis 1, wobei 1 die höchste Porosität und 0 die niedrigste Porosität des 3-dimensionalen Raums darstellt. Umso höher der Wert, desto geringer ist der Windwiderstand des jeweiligen 3-dimensionalen Patches.

Über die städtische Porosität können klare Planungshinweise abgeleitet werden. Durch die Erfassung mehrerer Patches mit einer hohen Porosität können Durchlüftungspotentiale definiert werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Untersuchungsraum ausschließlich auf seine Bebauungsporosität untersucht, da sich dieser Parameter besonders gut zur Abbildung von Flurwindpotentialen und Belüftungsdefiziten eignet.

Solare Exposition

Die solare Einstrahlung ist eine der wichtigsten thermischen Komponenten, da über sie bestimmt wird wieviel Energie auf ein Objekt / Fläche einwirkt und dieses erwärmt.

Als Globalstrahlung wird der aufsummierte Energiefluss (Watt/m^2) aus direkter Einstrahlung, diffuser Einstrahlung und reflektierender Einstrahlung verstanden (siehe Abbildung 10). Direkte Strahlung ist der Teil der Globalstrahlung, welcher ungehindert, auf direktem Wege auf die Erdoberfläche trifft. Bei der diffusen Strahlung handelt es sich um den Anteil, welcher durch Bestandteile in der Atmosphäre gestreut wird (z.B. Wolken, Staub). Während die direkte Strahlung richtungsgebunden ist, erreicht die diffuse Strahlung die Erdoberfläche von allen Himmelsrichtungen. Der größte Bestandteil der Gesamtstrahlung ist im Allgemeinen die direkte Strahlung, gefolgt von der diffusen Strahlung und reflektierenden Strahlung. Für die Berechnung der Globalstrahlung innerhalb des Geoinformationssystem wird ausschließlich auf die direkte und diffuse Strahlung zurückgegriffen. Da in der Regel nur ein kleiner Teil der Globalstrahlung der reflektierenden Strahlung zugeordnet wird, ist dessen Berücksichtigung für das Untersuchungsgebiet nicht notwendig. Die reflektierende Strahlung gewinnt dann an Bedeutung, wenn Situationen mit stark reflektierenden Bedingungen (z.B. Schnee oder stark spiegelnde Glasfassaden) das Untersuchungsgebiet dominieren.

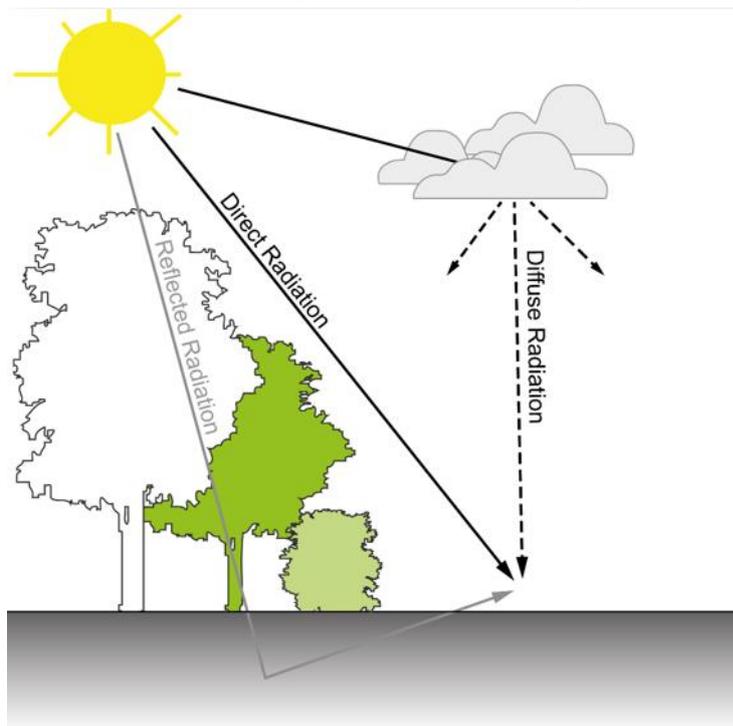


Abbildung 10 Zusammensetzung der Globalstrahlung (angepasst nach Esri)

verändert sich dieses Verhältnis in den Wintermonaten zum Vorteil der diffusen Sonneneinstrahlung.

Über die solare Exposition von Oberflächen und / oder Gebäudeelementen (z.B. Fassaden) wird unter anderem die Anzahl der direkten Sonnenstunden berechnet. In Anbetracht der Tatsache, dass 60 % (im Jahresmittel für die Bundesrepublik Deutschland) der einfallenden Globalstrahlung auf die direkte solare Einstrahlung zurückzuführen sind, kann die Anzahl der direkten Sonnenstunden als wichtige Entscheidungshilfe zur Positionierung und Ausrichtung von Flächen und Gebäuden im Außenbereich dienen. Während im Sommer, bedingt durch den hohen Sonnenstand, die direkte Sonneneinstrahlung überwiegt,

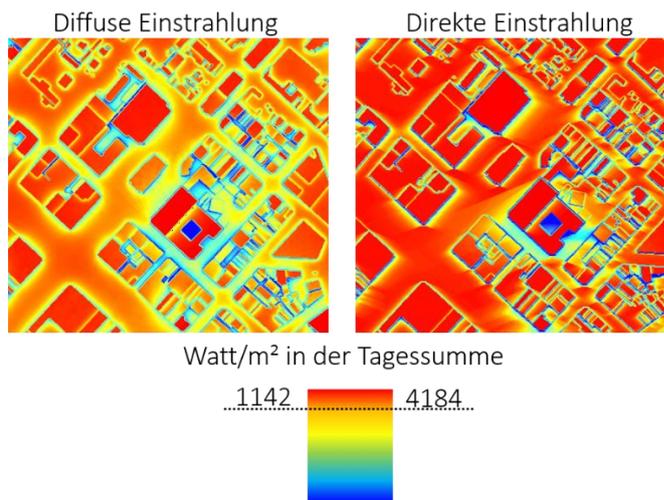


Abbildung 11 Vergleich der Bestrahlungsstärke (W/m^2) bei diffuser und direkte Einstrahlung im Sommer (21.06.)

Bei der Berechnung der Anzahl der direkten Sonnenstunden werden neben der Topographie auch die bestehende und geplante Bebauung sowie vorhandene höhere Vegetationsstrukturen (z.B. Bäume) berücksichtigt. Insbesondere ist auch die geographische Position sowie die Höhe über NN von Bedeutung, da diese Faktoren substantiell für die korrekte Abbildung des Sonnenstandes sind.

5. Material und Simulationsparameter

Datengrundlage

Die für die Bearbeitung benötigten Daten und Berichte wurden durch die Stadt Langenhagen zur Bearbeitung kostenfrei zur Verfügung gestellt, oder sind online frei verfügbar (siehe Tabelle 2). Als frei verfügbarer Datensatz wurde das europaweite digitale Höhenmodell der Europäischen Umwelt Agentur (EEA) genutzt. Es dient zur räumlichen Erweiterung des Untersuchungsraums und besitzt eine Auflösung von 25 m.

Tabelle 2: Aufstellung der für die Analysen genutzten Datengrundlagen.

Datensatz	Art / Auflösung / Genauigkeit	Quelle
Gebäudedaten Bestand	LOD 1	Stadt Langenhagen
Digitales Geländemodell	DGM5	Stadt Langenhagen
Digitales Geländemodell	EU DEM 25 m	EEA (European Environment Agency)
Baumkataster	Punktdaten	Stadt Langenhagen
Biotopdaten	Polygone / Linien / Punkte	Stadt Langenhagen
Klima und Luft	Karten und Bericht	Stadt Langenhagen
Analyse der klima- und immissionsökologischen Funktionen in der Stadt Langenhagen	Bericht und Karten	Stadt Langenhagen
Schulgebäude Standort Bplan 114 „An der Neuen Bult“	Multipatch	Stadt Langenhagen; Digitalisierung nach Vorlage
Messdaten der Wettermessstation Hannover Flughafen (St.-Nr. 10338)	Messreihe (10 jähriges Mittel)	Deutscher Wetterdienst (DWD)
Messdaten der Wettermessstation Hannover Stadt (Bez. HRSW)	Messreihe (10 jähriges Mittel)	Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN)

Softwareumgebung

Das Geoinformationssystem ArcGIS wird zur Modellierung des Untersuchungsraums genutzt. Alle Analysedaten werden innerhalb des eingesetzten GIS zusammengeführt. Als zentrale Schnittstelle können so über das GIS alle für die mikroklimatische Analyse eingesetzten Softwareinstanzen mit einheitlichen und gleichbleibenden Datensätzen versorgt und für den Post-Process wieder zurückgeführt werden. Ergänzend werden einzelne mikroklimatisch relevante Analyseschritte direkt innerhalb der GIS Umgebung durchgeführt. Dazu zählen u.a. die Berechnung der Bebauungsporosität, die Windfeldberechnungen sowie die Grundlängenberechnungen zur solaren Exposition der Gebäude und Freiflächen.

Simulationsparameter

Die nachfolgende Tabelle listet alle durchgeführten Berechnungen auf, und verweist auf die verwendeten Parameter sowie die finale räumliche Auflösung des Analyseergebnisses. Alle Berechnungen wurden auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Daten durchgeführt.

Ausgenommen der Untersuchung zur solaren Exposition, werden alle Analysen und Simulationen für den gesamten Untersuchungsraum (siehe Abbildung 3 in Kapitel Aufgabenstellung) durchgeführt. Dadurch ist es möglich, insbesondere bei Fragestellungen zu dynamischen Aspekten (z.B. Durchlüftung, Flurwinde, etc.) auch Aus- und Wechselwirkungen von Baumaßnahmen auf das weitere Umfeld zu erfassen.

Tabelle 3 Simulationsparameter der durchgeführten Berechnungen

SIMULATION / ANALYSE	PARAMETER	RÄUMLICHE AUFLÖSUNG
Windfeldsimulation		
Windrichtung aus 270° (West)	2 m/s auf 1.5 m über Grund	1 m
Windrichtung aus 225° (Südwest)	2 m/s auf 1.5 m über Grund	1 m
Topographisch induzierter Kaltlufttransport		
Analyse der Hangneigung und des Hanggefälles	Topographie	1 m
Flurwindpotential		
Bebauungsporosität (richtungsunabhängig)	Bebauung (Bestand und Planung)	1 m
Solare Exposition		
Solare Exposition (Anzahl der direkten Sonnenstunden) der Fassaden- und Schulhofelemente	Tagesgang für den 21.12. (Solstitium - Winter) 20.03. / 23.09 (Äquinoktium) 21.06. (Solstitium - Sommer)	1 m

6. Analyse Untersuchungsgebiet und Planungssituation

Windfeldstatistik

Als repräsentative Messstation zur Beschreibung der Windverhältnisse im Untersuchungsraum Langenhagen wird die Station des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Nr. „10338“ am Flughafen Hannover – Langenhagen sowie die meteorologische Messstation des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsens (LÜN) „HRSW DENI054“ im Stadtgebiet Hannover genutzt. Bei den Stationen handelt es sich um die dem Untersuchungsraum

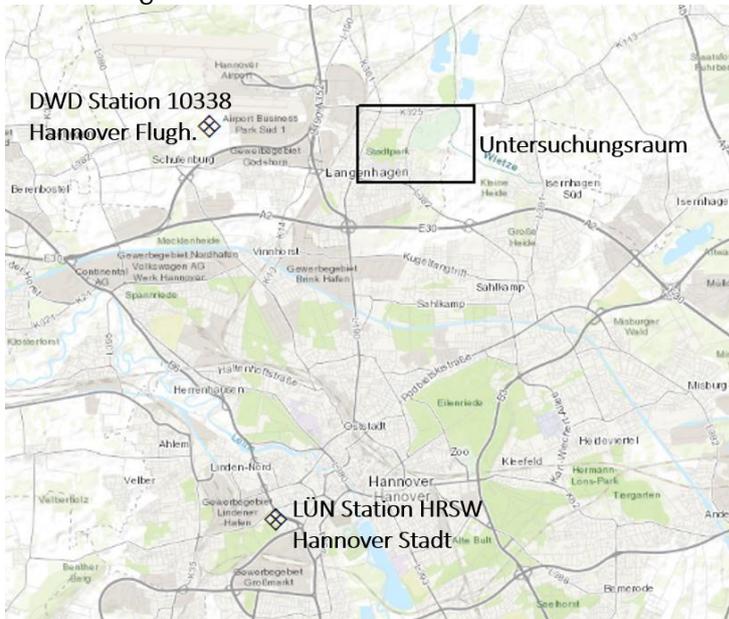


Abbildung 12 Lage der Windmessstationen "10338" und "HRSW" (Hintergrundkarte: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp)

nächstliegenden Windmessstationen (siehe Abbildung 12).

Für die Messstation des DWD ist im Jahrgang die westliche Anströmung dominant, und wird durch Anströmungsvarianten Westsüdwest und Westnordwest ergänzt. In der Summe werden so im Jahr 33 Tage mit Westnordwest, 58 Tage mit West und 50 Tage mit Westsüdwest Anströmung erreicht. An ca. 33 Tagen sind östliche Winde vorherrschend. Südliche Winde an 22 Tagen im Jahr vor (vgl. Abbildung 13).

Es zeigt sich auch eine Abnahme der Windhäufigkeit während der vornehmlich warmen Sommermonate. In den Monaten Mai bis Oktober sinkt die Windwahrscheinlichkeit auf unter 7 %, im Juni sogar auf 3 % (siehe Abbildung 13) Durch die verminderte Wahrscheinlichkeit auf eine Windgeschwindigkeit von mindestens 5.5 m/s (Beaufort Skala Klasse 4), verschlechtert sich das Durchlüftungspotential der städtischen Gebiete. So kann es insbesondere in den Sommermonaten zu einem vermehrten Auftreten autochthoner Wetterlagen kommen.

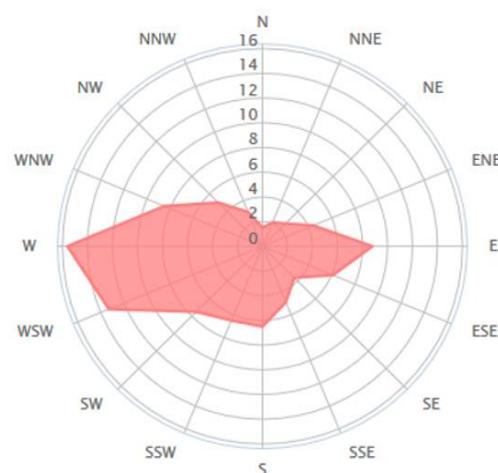


Abbildung 13 Windstatistik im Jahrgang (DWD Station 10338, Flughafen)

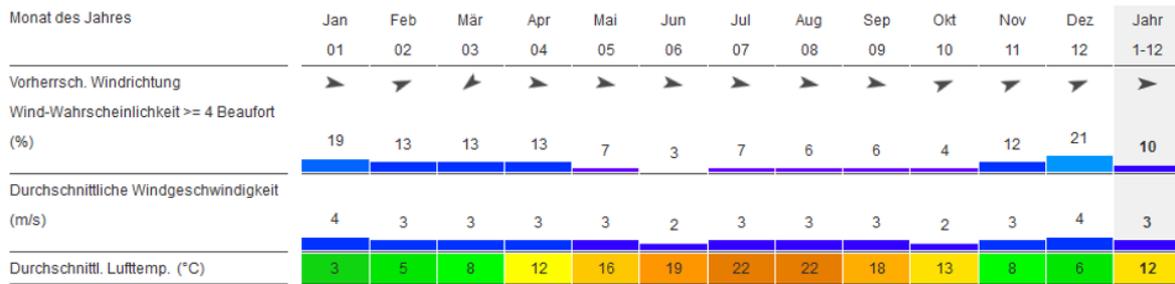


Abbildung 14 Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit u. Windrichtung im Jahresmittel (DWD Station 10338, Flughafen)

Für die zweite, ebenfalls als Referenz für Langenhagen herangezogene Messstation (Station „HRSW“ LÜN), werden Messdaten zur Verteilung der Windrichtung der letzten 10 Jahre (2005 – 2016) genutzt. Die Station befindet sich im direkten städtischen Umfeld der Stadt Hannover (westlich des Stadtkerns). Im Mittel ist der städtische Raum (um die Messstation) durch eine südliche und südwestliche Anströmungskomponente geprägt. Während der wärmeren und austauschärmeren Sommermonate ist die Windrichtung aus Südwest für den Standort prägend (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 Windrichtung im 10-Jahresmittel (Station Hannover Bez. HRSW, LÜN)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
	195	194	213	181	205	248	231	213	204	175	193	202	204
	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤	➤

Bedingt durch die räumliche Nähe der Messstationen sowie ihrer geographischen Lage, ist eine stärkere südwestliche Anströmungskomponente für den Untersuchungsraum naheliegender. Demensprechend werden für den Untersuchungsraum die Hauptwindrichtungen West (entsprechend Abbildung 14) sowie Südwest (gemittelt aus Abbildung 14 und Tabelle 4) abgeleitet.

Standort Bplan 114 – „An der Neuen Bult“

Der Standort Bplan 114 umfasst ein Areal von ca. 4,5 Hektar, welches im Süden von der Straße „An der Neuen Bult“, im Westen von der „Theodor-Heuss-Straße“, im Norden von einer der Pferderennbahn zugehörigen Parkplatzfläche und im Osten von einer Wasserfläche begrenzt wird.

Das Schulgebäude hat eine Höhe von 15 m und besitzt eine Grundfläche von 7.770 m² (exklusiv den innenliegenden Pausenhof). Die nordwestlich gelegene Sporthalle hat eine Grundfläche von 3.850 m² bei einer Höhe von 10 m. Die schulischen Freiflächen (Pausenhof und Sportflächen füllen den südlichen und westlichen Freiraum zwischen den Schulgebäuden. Hierbei wird für Sportfläche eine Mindestgröße von 7.360 m² angenommen. Der außenliegende Pausenhof hat eine Fläche von 5.940 m², der innenliegende eine Fläche von 2.380 m². Die in Anspruch genommene Gesamtfläche beläuft sich auf 27.300 m² (2,73 ha). Auf der innenliegenden Pausenhoffläche ist der Besatz mit einem Baum vorgesehen. Hierfür wird von einem ca. 16 m hochgewachsen Laubbaum ausgegangen.

Die Positionierung und Flächeninanspruchnahme der Gebäude bzw. Planungsflächen ist für den Standort Bplan 114 seitens der Stadt Langenhagen vorgegeben.

Der Standort ist topographisch gleichmäßig flach ausgeprägt und damit in seinem Erscheinungsbild ähnlich dem weiträumigeren Untersuchungsraum. Größere Erhebungen und/oder Gefälle sind nicht vorhanden. Im mikroskaligen Bereich gibt es eine Wasserfläche mit umschließender Böschungskante (östlich angrenzend an den Pausenhof und die Sportflächen; siehe Abbildung 15). Die Böschungskante ist im östlichen Uferbereich gestreckter und flacher profiliert, als auf der westlichen Uferseite. Der restliche Uferbereich ist durch eine kurze und steilere Uferkante geprägt.

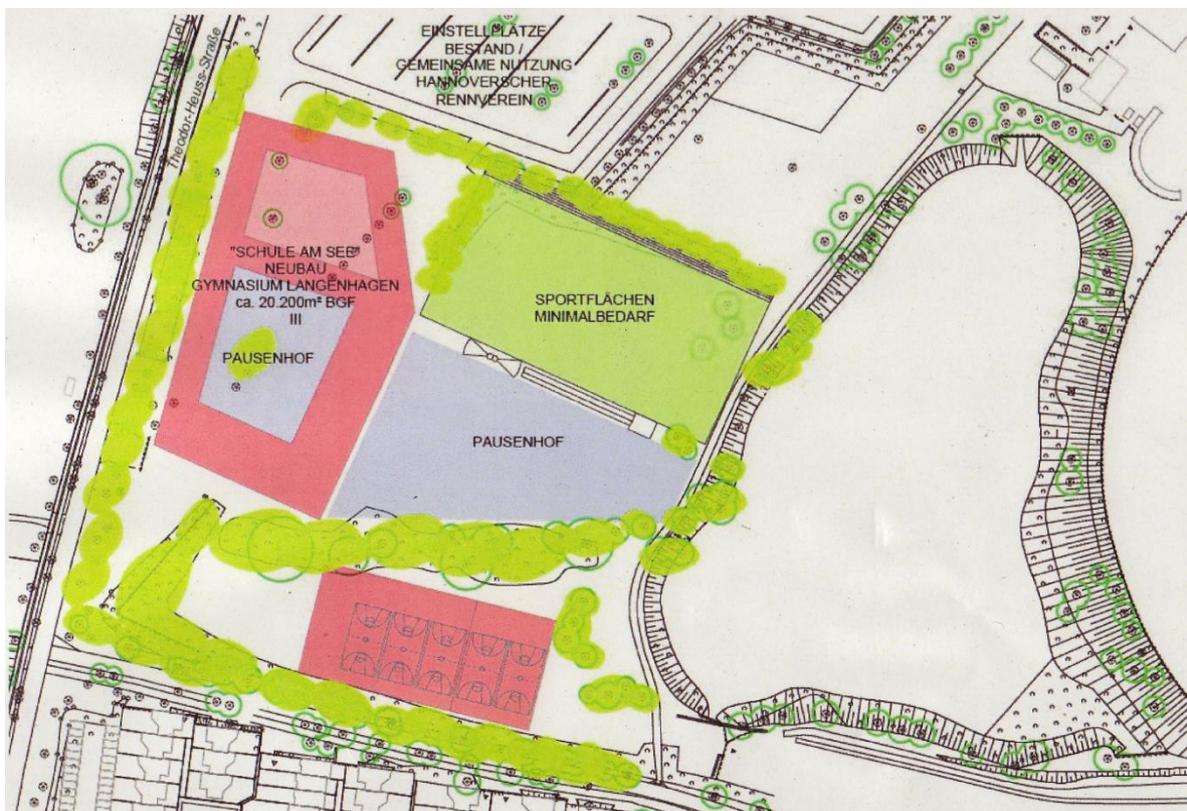


Abbildung 15 Planungsentwurf Neubau Gymnasium Langenhagen am Standort „Bplan 114“ (Stadt Langenhagen)

7. Ergebnisse

Windfeldsimulation

Bei der lokaltypischen Anströmung aus westlicher Richtung (270°) ist die Beeinflussung der Durchlüftung im kleinräumigen Kontext geringfügig. Auf dem Pausenhof ist die Ausprägung eines Windschattens nahe des Schulgebäudes erkennbar. Ca. 1/3 der Schulhofflächen werde so direkt durch die Bebauung beeinflusst (vgl. Abbildung 16 & Abbildung 17).

Durch die Lage der Schulgebäude auf der Fläche des „BPlan 114“ ist das Gelände von großen Freiflächen im Osten, Norden und Westen umgeben. In Kombination mit der „geringen“ Gebäudehöhe (Schulgebäude = 15 m, Sporthalle = 10 m) sind auch im weiträumigeren Einzugsbereich keine planungsrelevanten Veränderungen der Belüftungssituation / des Windfeldes erkennbar (vgl. Abbildung 16 & Abbildung 17).

Ebenso sind auch bei einer Anströmung aus südwestlicher Richtung (225°) nur typische kleinräumige Veränderungen erkennbar. So bedeckt der Windschatten des Schulgebäudes einen Teil des nördlich anschließenden Parkplatzes der Pferderennbahn. Die Ausprägung dieses Windschattens beträgt ca. 40 m bis 50 m

Im Bereich der geplanten Sporthalle sind die Auswirkung im Vergleich zur Bestandssituation sehr gering (vgl. Abbildung 18 & Abbildung 19). Bereits im Bestandsfall ist der Bereich der Sporthalle stark durch teils dichte und hohe Vegetation, die in west-ost Richtung verläuft geprägt. Dadurch entsteht in diesem Bereich bei südwestlicher Anströmung ein größerer Windschatten als bei Wind aus westlicher Richtung. Zusätzlich ist die geplante Sporthalle am Standort „Bplan 114“ mit einer Höhe von 10 m geringfügig höher als Teile des dortigen Baumbestandes. Als Folge wird nur ein geringer Teil des nördlich an die Sporthalle anschließenden Pausenhofes durch den entstehenden Windschatten beeinflusst.

Für beide Anströmungsvarianten (West und Südwest) kann bei den zugrunde gelegten Rahmenparametern von keiner signifikanten Beeinflussung des Windfelds in östlicher und nord-östlicher Richtung ausgegangen werden.

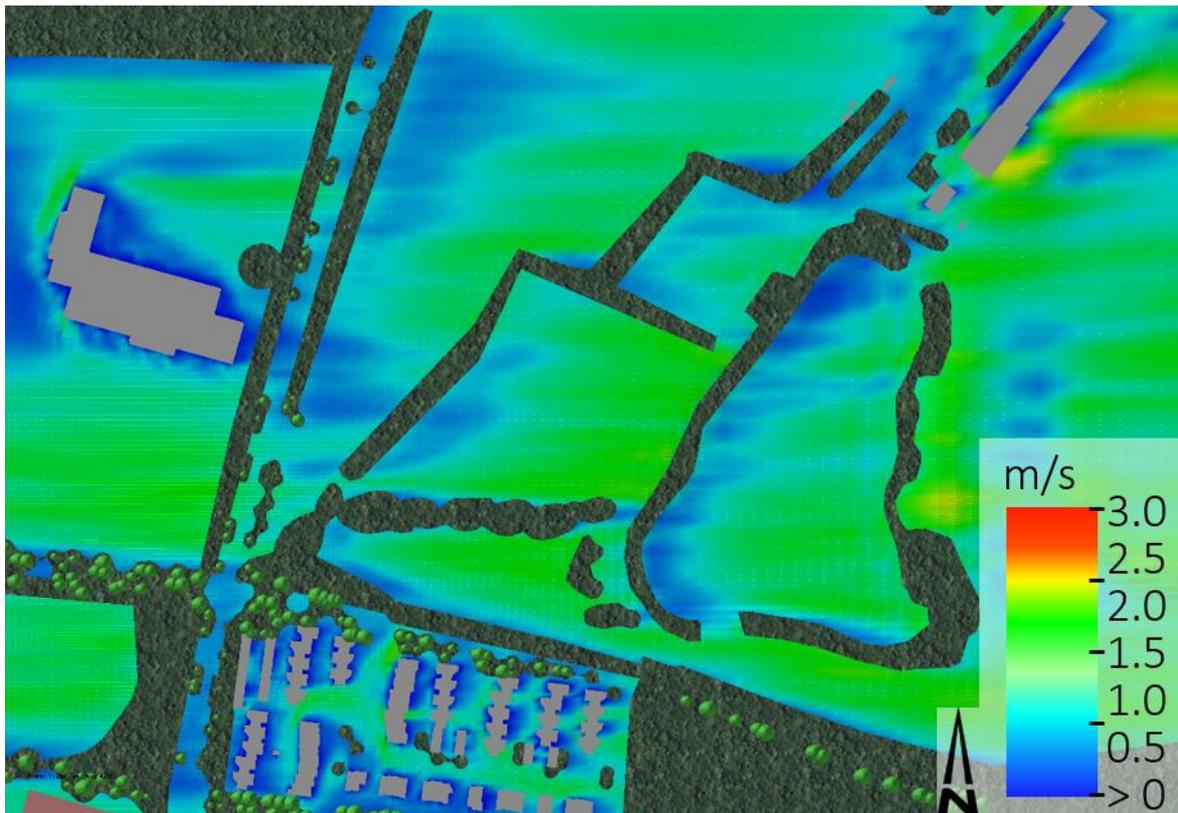


Abbildung 16 Bestandssituation Windrichtung 270° (West); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund

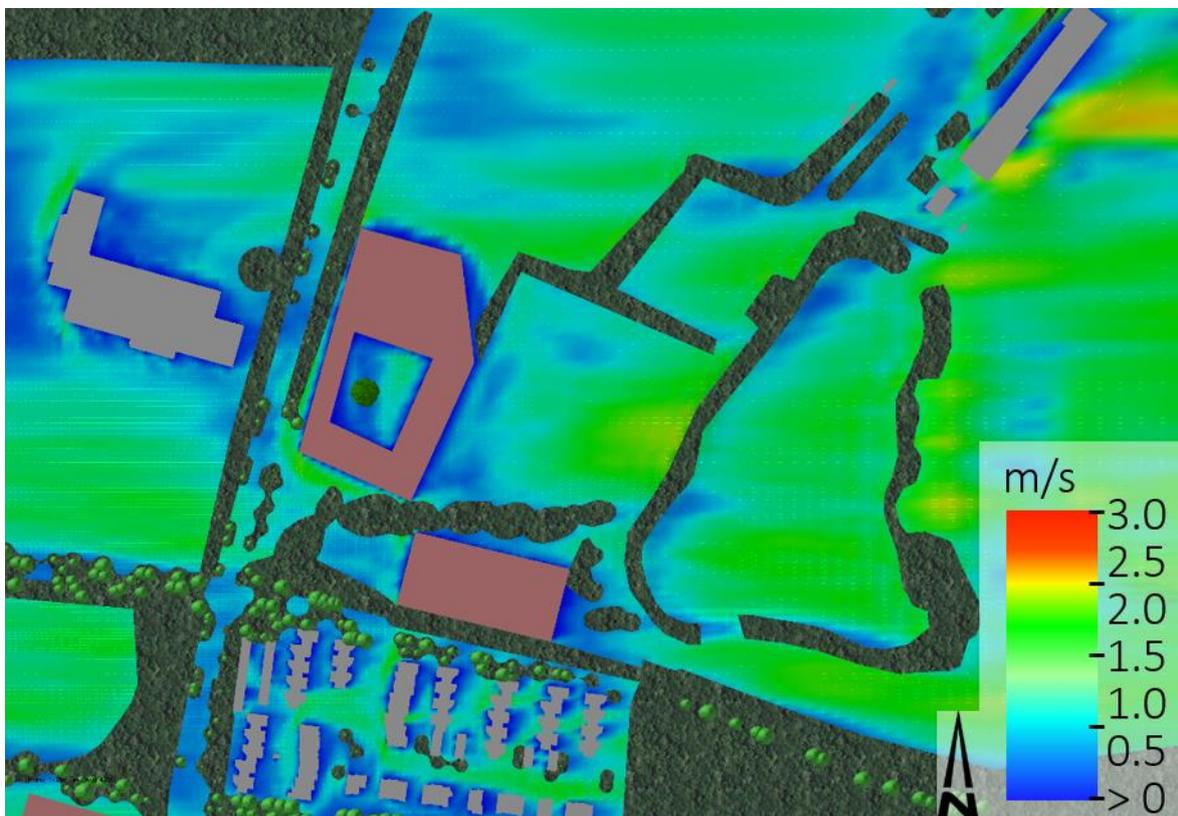


Abbildung 17 Planungsvariante Windrichtung 270° (West); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund

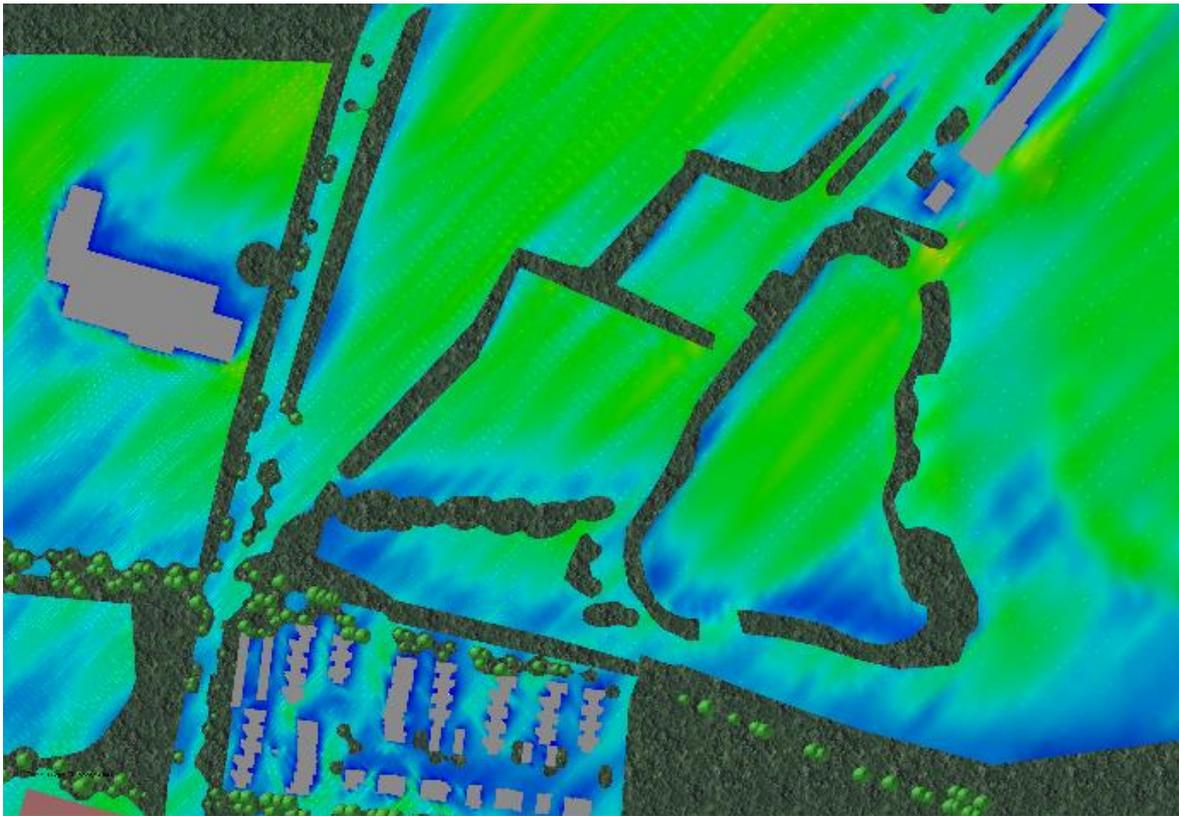


Abbildung 18 Bestandssituation Windrichtung 225° (Südwest); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund

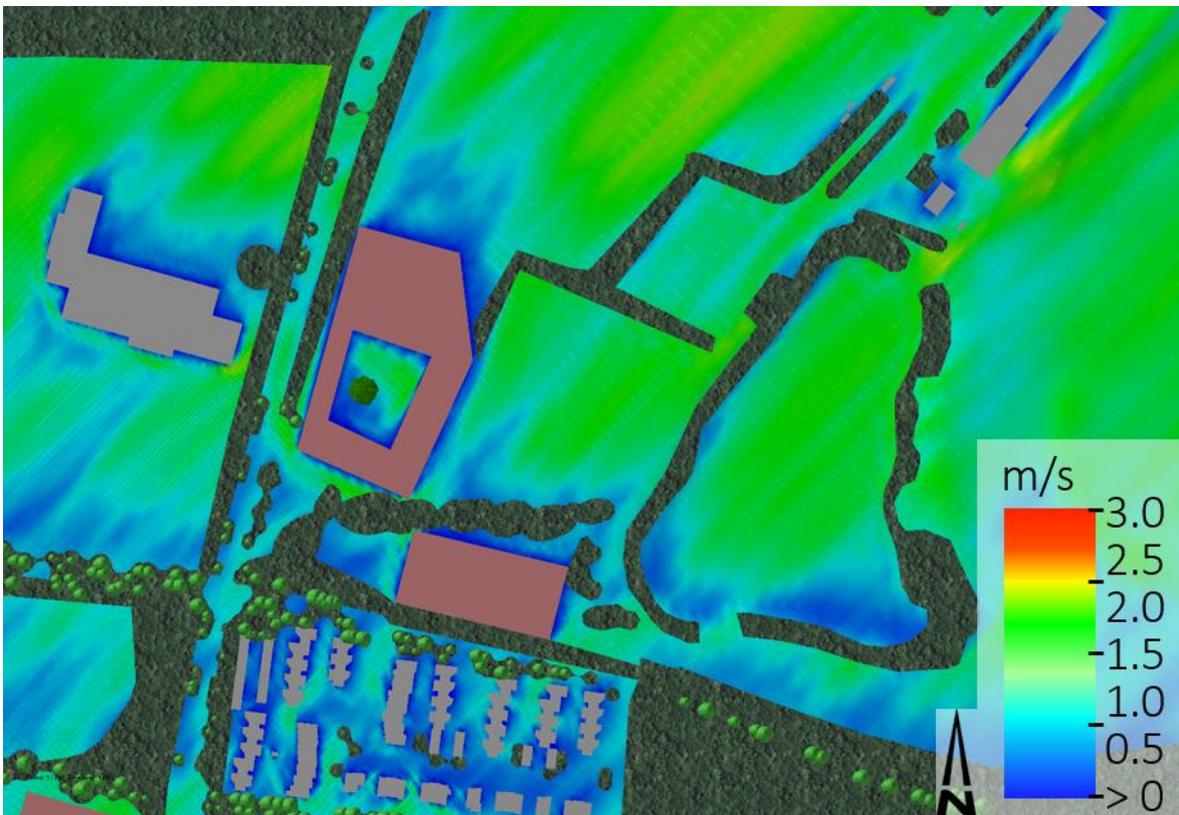


Abbildung 19 Planungsvariante Windrichtung 225° (Südwest); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund

Topographisch induzierter Kaltlufttransport

Im Untersuchungsraum sind Vegetationsflächen von ausreichender Größe vorhanden um nachts ein teils hohes Kaltluftpotential aufzubauen (vgl. GEO-NET, 2009). Topographisch ist der Untersuchungsraum unscheinbar geprägt. Die höchste Erhebung befindet sich mit 79 m über NN im östlichen Bereich des Untersuchungsraums (Abbildung 20). Hierbei handelt es sich um einen kleinen baumbestandenen Hügel („Wietzeblick“) mit einem Durchmesser von ca. 200 m. Das topographische Minimum beträgt 49 m über NN und ist verteilt an mehreren Orten im Untersuchungsraum zu finden (Abbildung 20).

Topographie und Bebauung
im Untersuchungsraum



Abbildung 20 Darstellung der vorherrschenden Topographie (über NN) im Untersuchungsraum

Während die topographischen Neigung (Gefälle) großflächig $< 0.5^\circ$ ist, lässt sich für die Hangrichtung keine stringente Ausrichtung feststellen (Abbildung 21). Diese topographischen Charakteristika führen dazu, dass im Untersuchungsraum kein topographisch induzierter Kaltlufttransport entstehen kann. Trotzdem sind die innerstädtischen Park- und Freiflächen mit den Flächen des Offenlandes räumlich verbunden (wenige Hindernisse; geringe Oberflächenrauigkeit). Diese Vernetzung wird maßgeblich durch die südwestlich ausgerichtete Pferderennbahn sowie die großen offenen (halbversiegelten) Parkplatzflächen unterstützt.

Hangneigung und Hangrichtung
im Untersuchungsraum

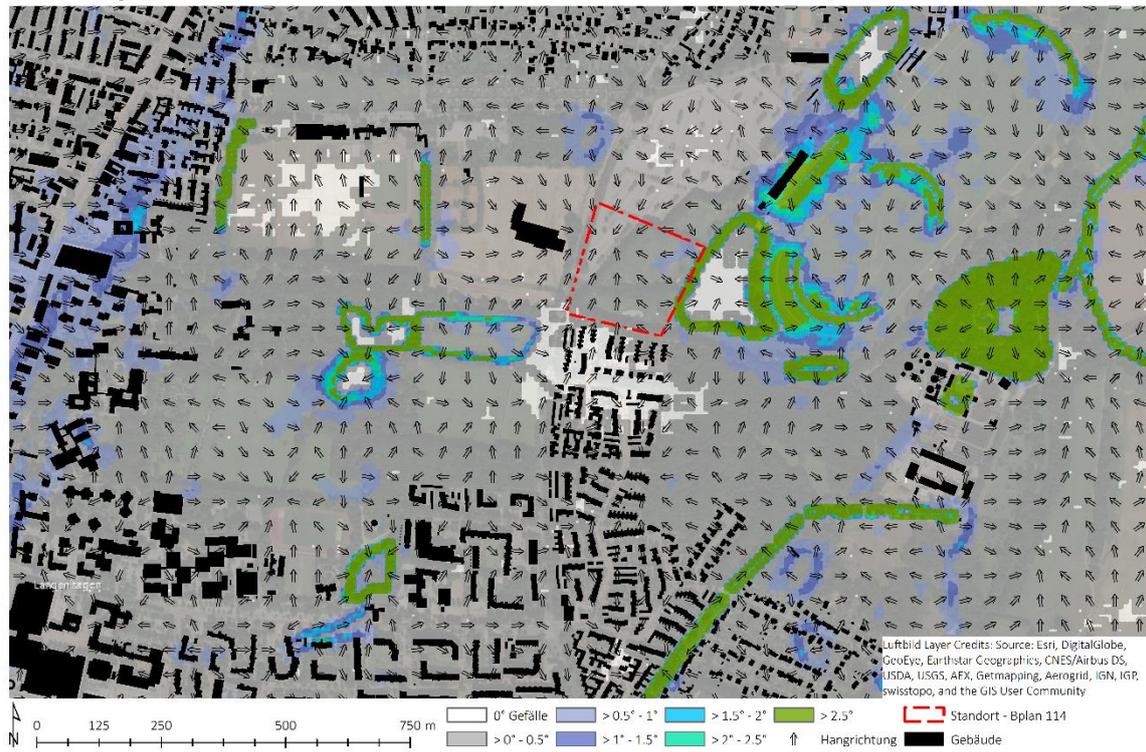


Abbildung 21 Darstellung der Hangneigung und dem Hanggefälle im Untersuchungsraum

Flurwindpotential

Bestandssituation

Neben einer dichten Bebauung, welche die größte Beeinträchtigung für die Etablierung des Flurwindes bedeuten, stellen jedoch auch dichte Wald- und Baumbestände Hindernisse für das Flurwindssystem dar. Da die Überwärmung dieser Vegetationsflächen gegenüber bebauter Gebiete wesentlich geringer ist, kann auch in Wäldern nachts Kaltluft produziert werden (jedoch geringer als auf Freiflächen). Zusätzlich handelt es sich bei Flächen mit Baumbestand um „poröse“ Elemente, welche durch den dichteren Kronen- und den offeneren Stammraum geprägt sind.

In der Analyse der Bestandssituation (siehe Abbildung 22) zeigt sich eine sehr gute Vernetzung der der stadtnahen Freiflächen mit denen des Umlandes^①. Die mit ^② gekennzeichneten Bereiche stellen „Engstellen“ (bezogen auf das Flurwindpotential) dar. Ihre Porosität (Offenheit) ermöglicht jedoch die Nutzung als Vernetzungselement mit eingeschränktem Potential.

Die städtischen (bebauten) Anschluss- / Übergangsbereiche zu den Freiflächen finden sich in den Bereichen ^③. Es zeigt sich hierbei, dass diese Bereiche ^③ (trotz der teilweisen funktionalen Einschränkung durch Bereiche ^②) mit den Freiflächen des Umlandes vernetzt sind, wodurch der dargestellte Untersuchungsraum eine hohe stadtklimatische Wertigkeit (klimaaktive Flächen) aufweist.

Die vorhanden sehr dichten Baumbestandsflächen der Bereiche ^④ stellen für das Flurwindpotential aufgrund der relativ geringen Porosität bedeutende Hindernisse dar, wodurch die Nutzung dieser Gebiete als potentielle Flurwindflächen nicht möglich ist.

Offenheit & Flurwindpotential
im Untersuchungsgebiet (Bestand)



Abbildung 22 Offenheit (städtische Porosität) und Flurwindpotential im Untersuchungsraum (Bestandssituation)

Planungsfall Standort „Bplan 114“

Die Bebauung der Freiflächen am Standort „Bplan 114“ schließt einen wichtigen Durchlass für das Flurwindsystem zwischen dem südlich angrenzenden Siedlungsbereich und dem bestehenden Hallenbad westlich der Theodor-Heuss-Straße.

Der Planungsfall Schulneubau auf dem Gelände des „Bplan 114 An der Neuen Bult“ beeinflusst das Flurwindpotential für den Untersuchungsraum in unterschiedlichen Bereichen maßgeblich. Während die nördlichen Bereiche (①) keine Beeinflussung erfahren, entsteht auf Höhe des Schulgebäudes und der Sporthalle ein sogenannter „Riegel“. Dieser bewirkt eine Trennung der wichtigen Freiflächen-Verbindungsachse (Nordost <-> Südwest) zwischen dem Umland und den städtischen Bereichen. Insbesondere im nördlichen und westlichen Bereich (②) bleiben jedoch Flächen mit einem eingeschränkten Flurwindpotential erhalten.

Der Verlust der Freiflächenkonnektivität hat eine klimatisch relevante Reduzierung des Flurwindpotentials im Untersuchungsraum zur Folge. Obwohl die Freiflächen (③) westlich der Theodor-Heuss-Straße (Stadtpark Langenhagen) durch die nächtliche Kaltluftproduktion weiterhin zu einer kleinräumigen Reduzierung der thermischen Belastungssituation während warmer, austauscharmer Perioden beitragen, sind die Bedingungen für ein stabiles Flurwindsystem nicht mehr gegeben. Dies kann zu einer stark verminderten thermischen Ausgleichwirkung durch nächtliche Kaltluft, insbesondere für die südlichen und südwestlichen Siedlungsräume führen.

Die vorhanden sehr dichten Baumbestandsflächen der Bereiche (④) stellen für das Flurwindpotential aufgrund der relativ geringen Porosität bedeutende Hindernisse dar, wodurch die Nutzung dieser Gebiete als potentielle Flurwindflächen nicht möglich ist.



Abbildung 23 Offenheit (städtische Porosität) und Flurwindpotential im Untersuchungsraum (Standort „BPlan 114“)

Solare Exposition

Die Schulfreiflächen (Pausenhöfe & Sportplatz) am Standort „Bplan 114“ werden insbesondere in der Winterzeit durch vorhandene Baumstrukturen beeinflusst, wodurch die Anzahl der direkten Sonnenstunden auf ca. 1/3 der außenliegenden Schulhoffläche auf 1 bis 0 reduziert ist. Die innenliegenden Schulhoffreiflächen sind zu fast 100 % verschattet. Nur auf 5 m² der Fläche gibt es im Winter 1 Sonnenstunde. Im weiteren Jahresgang gleicht sich diese extreme Situation langsam aus, sodass außenliegende Freiflächen (Pausenhof und Sportflächen) im Frühling und Herbst durchschnittlich 9,6 Sonnenstunden und im Sommer 13,4 Sonnenstunden aufweisen. Beim innenliegenden Schulhof beträgt der Durchschnitt 2,5 Sonnenstunden im Frühling / Herbst und 6 Sonnenstunden im Sommer (vgl. Tabelle 5 & Tabelle 6).

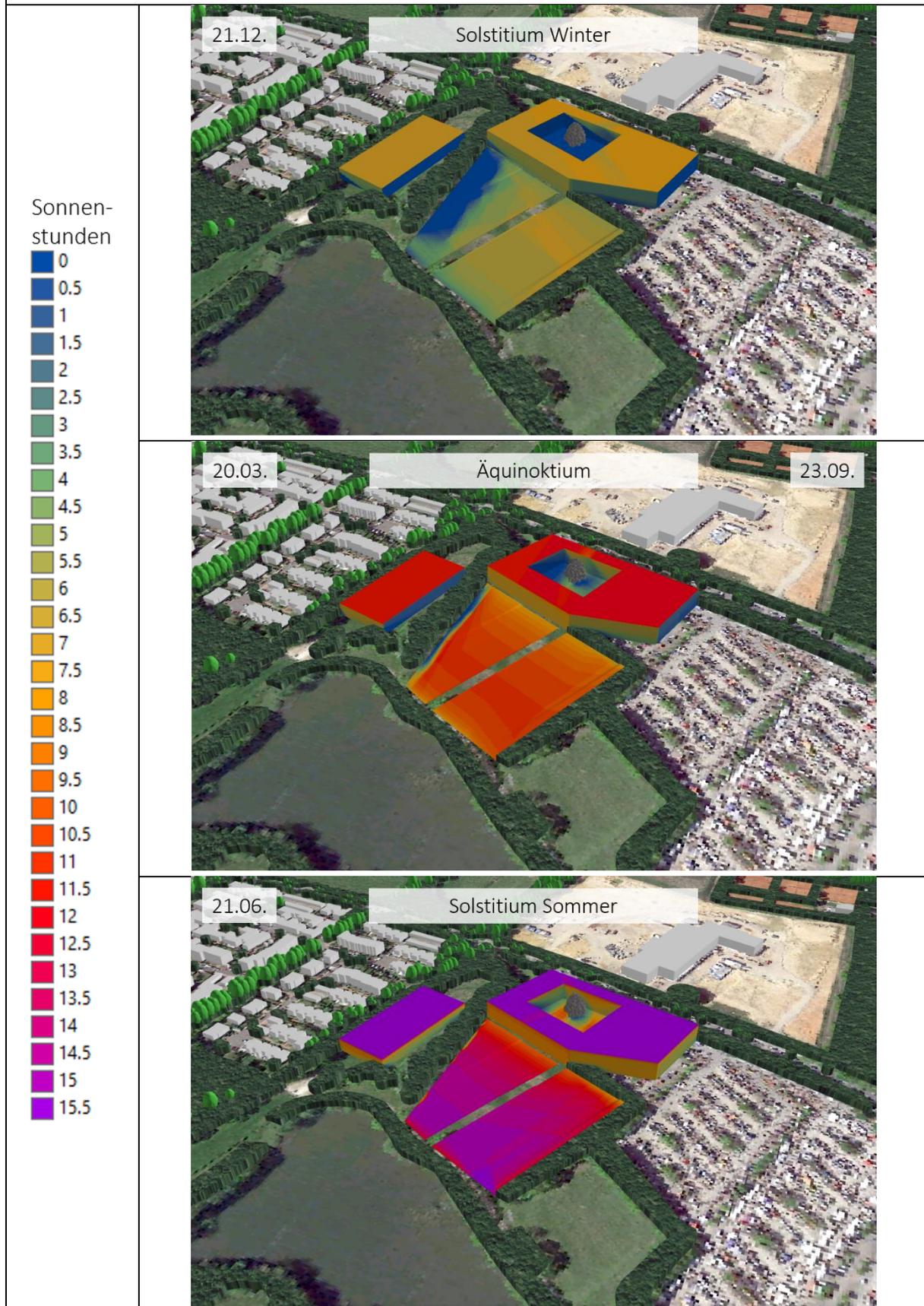
Tabelle 5 Vergleich Anzahl direkter Sonnenstunden Standort "Bplan 114"

Jahreszeit	Fläche	Standort „Bplan 114“		
		Min	Mittel	Max
Winter	Schulhof (innen)	0	0,01	1
	Schulhof (außen)	0	3	6,5
	Sportflächen	3	6	7
Frühling /Herbst	Schulhof (innen)	0	2,5	6,5
	Schulhof (außen)	0	9,1	11,5
	Sportflächen	6	10	11
Sommer	Schulhof (innen)	0	6	10
	Schulhof (außen)	5	13,2	15
	Sportflächen	4,5	13,5	15,5

Betrachtet man die Anzahl der direkten Sonnenstunden unter dem Aspekt der Aufenthaltsqualität im Außenbereich kann es insbesondere während der Sommermonate von Vorteil sein, wenn sich sonnige und schattige Bereiche abwechseln, und so die thermische Belastung geringgehalten werden kann. Betrachtet man unter diesem Aspekt die Sportfreiflächen, zeigt der Standort eine sehr hohe und homogen verteilte Anzahl von direkten Sonnenstunden gerade während der Sommermonate. Wird berücksichtigt, dass diese Fläche für die Ausübung des Schulsportes genutzt wird, kann dies zu einer zusätzlichen körperlichen Belastung führen. Ein ähnliches Bild zeigt sich im Sommer auch auf den Pausenhofflächen. Zusätzlich wird auch ein Großteil des Pausenhofs im Winter durch die dichte südlich verlaufende Vegetationslinie verschattet, wodurch es zur Ausprägung von Bereichen mit erhöhtem Kältestress kommen kann.

Tabelle 6 Anzahl direkter Sonnenstunden auf Oberflächen am Standort "Bplan 114" im Jahresgang

Anzahl direkter Sonnenstunden am Standort Bplan 114 (Blick aus Nordost)



8. Zusammenfassung und Bewertung

Abschließende Bewertung und Planungsempfehlung

Für die während des Tages regionaltypische Windrichtung aus West und Südwest kann bei den zugrunde gelegten simulierten Rahmenparametern von keiner signifikanten Beeinflussung des standortnahen Windfeldes in östlicher und nordöstlicher Richtung ausgegangen werden.

Durch die geplante Baumaßnahme werden insgesamt 11.620 m² bebaut. Durch die Versiegelung von Vegetationsflächen sinkt die nächtliche Kaltluftproduktion. Von der Gesamtfläche sind in der Bestandssituation jedoch nur 5.620 m² durch Vegetation geprägt. Bei den verbleibenden 6.000 m² handelt es sich um halbversiegelte Parkplatzflächen der anliegenden Pferderennbahn, welche ein generell vermindertes Kaltluftpotential aufweisen.

Obwohl im Untersuchungsraum kein topographisch induzierten Kaltlufttransport möglich ist, muss dennoch von einer generellen Verminderung des Kaltluftvolumenstroms ausgegangen werden, da die Planungsvariante eine zerschneidende Wirkung auf die bestehende Grünflächenvernetzung, und damit auf zusammenhängende Kaltluftproduktionsstätten hat.

Insbesondere das Flurwindpotential, welches während der warmen und austauschärmeren Sommermonate für die nächtliche Abkühlung und Belüftung der Stadt von großer Bedeutung ist wird im Planungsfall „Bplan 114“ sehr stark beeinflusst, und stellt die größte klimatisch negative Beeinflussung des kleinräumigen aber auch des weiträumigeren Untersuchungsraums dar. Dies kann bis zu einem funktionalen Verlust der klimaaktiven Flächen im Untersuchungsraum führen. Zur Förderung und Erhalt des Flurwindpotentials ist die Sicherung bestehender und die Schaffung neuer Freiflächen von hoher Bedeutung. Hierbei kann eine parkähnliche Freiflächengestaltung mit lichtem Baumbestand eine höhere klimaaktive Wirkung entfalten als eine Fläche mit einem dichten Baumbestand. Des Weiteren können die negativen Auswirkungen durch die Bebauung am Standort „Bplan 114“, durch die Erhöhung der Offenheit im direkten Umfeld der Gebäude reduziert werden. Hierzu zählt ein größerer Abstand der Schulgebäude zu einander, sowie die Vermeidung von Barrierewirkung durch dichte Vegetation oder die weitere Versiegelung der angrenzenden Parkplatzflächen.

Über die Betrachtung der solaren Exposition (Anzahl der direkten Sonnenstunden) lassen sich grundlegende Einschätzungen zur Aufenthaltsqualitäten im Außenbereich treffen. Die Freiflächen weisen für die Frühjahr- / Herbstsituation und für den Sommer ein homogenes Verteilungsbild bei der Anzahl der direkten Sonnenstunden auf. Während die Sportflächen gerade in den Sommermonaten die höchste solare Exposition ausweisen, sind die Schulhofflächen im Winter weitläufig verschattet. Dies kann dazu führen, dass während der Nutzung der Sportflächen im Sommer, die thermische und körperliche Belastung für die Schülerinnen und Schüler steigt. Im Winter kann die zusätzliche Verschattung der Schulhofflächen zur Ausprägung von unangenehmen „Cold Spots“ (Flächen mit erhöhtem Kältestress) führen, welche dadurch gemieden werden. Die nutzbare Schulhoffläche wird dadurch reduziert. In dieser Analyse wurden die kompletten Tagessonnenstunden betrachtet. Um eine differenziertere Betrachtung der Aufenthaltsqualität im mikroklimatischen Bereich hinsichtlich der tatsächlichen täglichen Nutzung (z.B. von 8:00 Uhr bis 16:00 Uhr) durchzuführen sind weitere Untersuchungen (z.B. Berechnung des thermischen Komforts) notwendig.

Im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung und in Anbetracht, dass die Anzahl der heißen Sommertage und Tropennächte auch zukünftig steigen werden, ist der Standort „Bplan 114 An der Neuen Bult“ aus klimatischer Sicht nicht nachhaltig und im derzeitigen Planungsentwurf nicht zu empfehlen.

Es gilt den bereits vorhandenen und gut funktionierenden Vegetationskorridor (vgl. GEO-Net, 2009) in seiner klimatischen Ausgleichsfunktion zu schützen und zu fördern. Bei der vorliegenden Planungsvariante ist dies durch die zerschneidende Wirkung auf die bestehende Grünflächenvernetzung nicht gewährleistet. Wird an der Bebauung auf der Fläche des „Bplan 114“ festgehalten, so ist eine Neuausrichtung / -platzierung der Schulgebäude sowie eine angepasste Freiflächengestaltung notwendig. Mit der Schaffung und Offenhaltung verbleibender Freiflächenverbindungen, muss versucht werden den Einfluss des Gymnasiums Neubaus auf das Flurwindpotential so weit wie möglich zu reduzieren.

9. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren (DWD, 2017)	2
Abbildung 2: Unterschiedliche Planungsebenen mit entsprechender klimatischer Einordnung.	3
Abbildung 3: Untersuchungsraum & Standort Bplan 114 (Luftbild: Esri)	4
Abbildung 4: Darstellung eines logarithmischen Windprofils in Abhängigkeit der Rauigkeit des Untergrundes (nach Oke, 2006)	5
Abbildung 5 Topografisch bedingtes Kaltluft-Abflussregime (Zenger, 1998)	6
Abbildung 6 Schematische Darstellung des Flurwindsystems (Burghardt, 2017)	8
Abbildung 7 Windrichtungsverteilung von Flurwinden in Bochum von 1987 bis 1988 (Barlag, 1997)	9
Abbildung 8: Darstellung eines numerischen Windfeldmodells „Windstation“ von Antonio Gameiro Lopes.....	10
Abbildung 9 Darstellung der Frontal Area Variablen (Unger, 2009)	11
Abbildung 10 Zusammensetzung der Globalstrahlung (angepasst nach Esri)	12
Abbildung 11 Vergleich der Bestrahlungsstärke (W/m ²) bei diffuser und direkte Einstrahlung im Sommer (21.06.)	13
Abbildung 12 Lage der Windmessstationen "10338" und "HRSW" (Hintergrundkarte: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp).....	16
Abbildung 13 Windstatistik im Jahresgang (DWD Station 10338, Flughafen)	16
Abbildung 14 Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit u. Windrichtung im Jahresmittel (DWD Station 10338, Flughafen).....	17
Abbildung 15 Planungsentwurf Neubau Gymnasium Langenhagen am Standort „Bplan 114“ (Stadt Langenhagen).....	18
Abbildung 16 Bestandssituation Windrichtung 270° (West); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund	20
Abbildung 17 Planungsvariante Windrichtung 270° (West); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund.....	20
Abbildung 18 Bestandssituation Windrichtung 225° (Südwest); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund.....	21
Abbildung 19 Planungsvariante Windrichtung 225° (Südwest); Schnitt auf 1.5 m ü. Grund	21
Abbildung 20 Darstellung der vorherrschenden Topographie (über NN) im Untersuchungsraum	22
Abbildung 21 Darstellung der Hangneigung und dem Hanggefälle im Untersuchungsraum	23
Abbildung 22 Offenheit (städtische Porosität) und Flurwindpotential im Untersuchungsraum (Bestandssituation).....	24
Abbildung 23 Offenheit (städtische Porosität) und Flurwindpotential im Untersuchungsraum (Standort „BPlan 114“)	25
Tabelle 1 Kaltluftentstehungsraten in Abhängigkeit der Art des Untergrundes (Zenger, 1998)	7
Tabelle 2: Aufstellung der für die Analysen genutzten Datengrundlagen.....	14
Tabelle 3 Simulationsparameter der durchgeführten Berechnungen.....	15
Tabelle 4 Windrichtung im 10-Jahresmittel (Station Hannover Bez. HRSW, LÜN)	17
Tabelle 5 Vergleich Anzahl direkter Sonnenstunden Standort "Bplan 114"	26
Tabelle 6 Anzahl direkter Sonnenstunden auf Oberflächen am Standort "Bplan 114" im Jahresgang	27

10. Literaturverzeichnis

Barlag, A.-B. (1997). Möglichkeiten der Einflussnahme auf das Stadtklima. In: VDI Berichte Nr. 1330, 127-146

Burghardt, R. (2015) Development of an ArcGIS extension to model urban climate factors. University Press. Kassel

Hupfer, P. & Kuttler, W. (2005). Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. Wiesbaden

LANUV NRW, Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

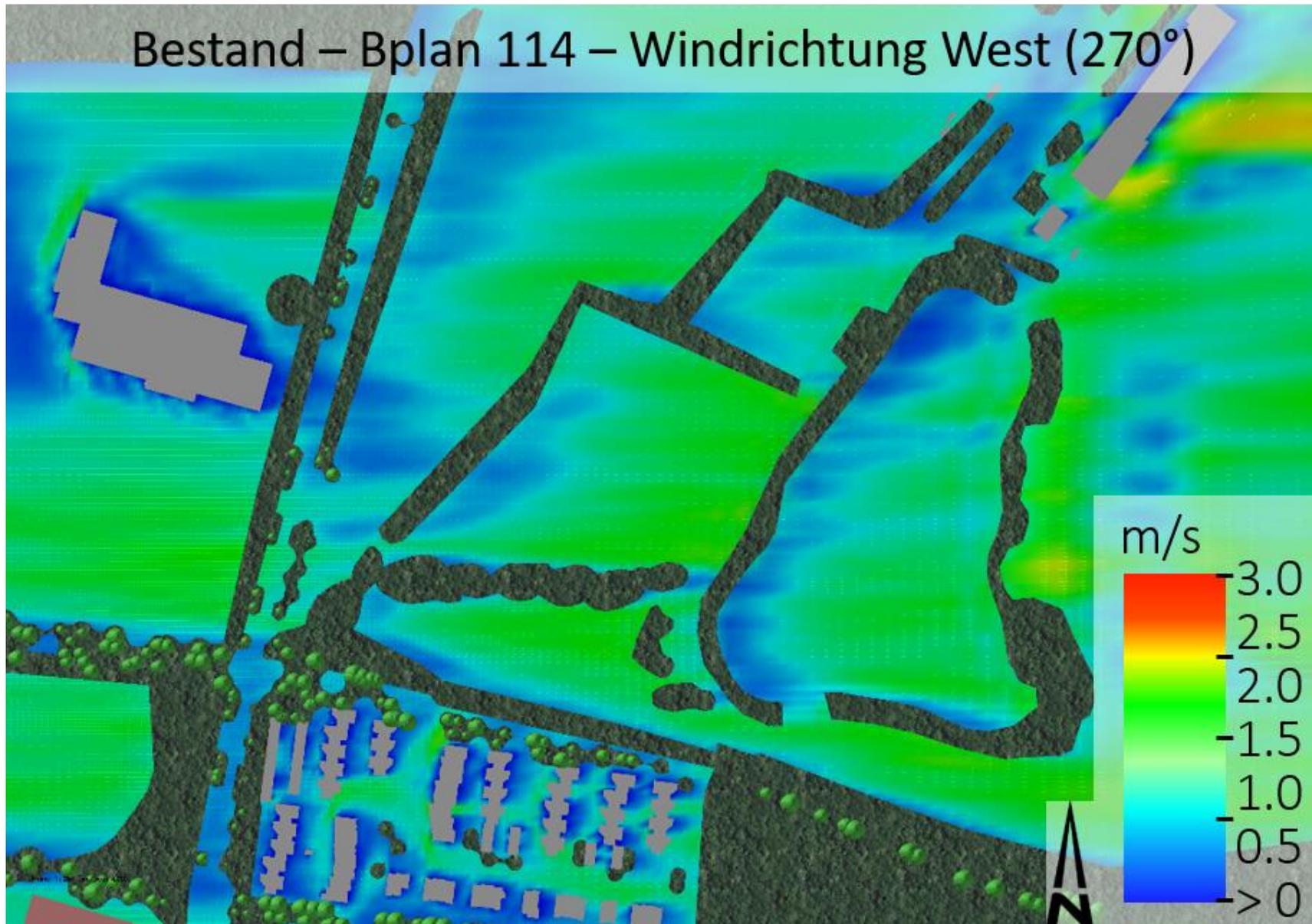
Reuter, U. & Kapp, R. (2012). Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg

Unger, J. Gál, T. (2009). Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. Building and Environment 44, 198-206

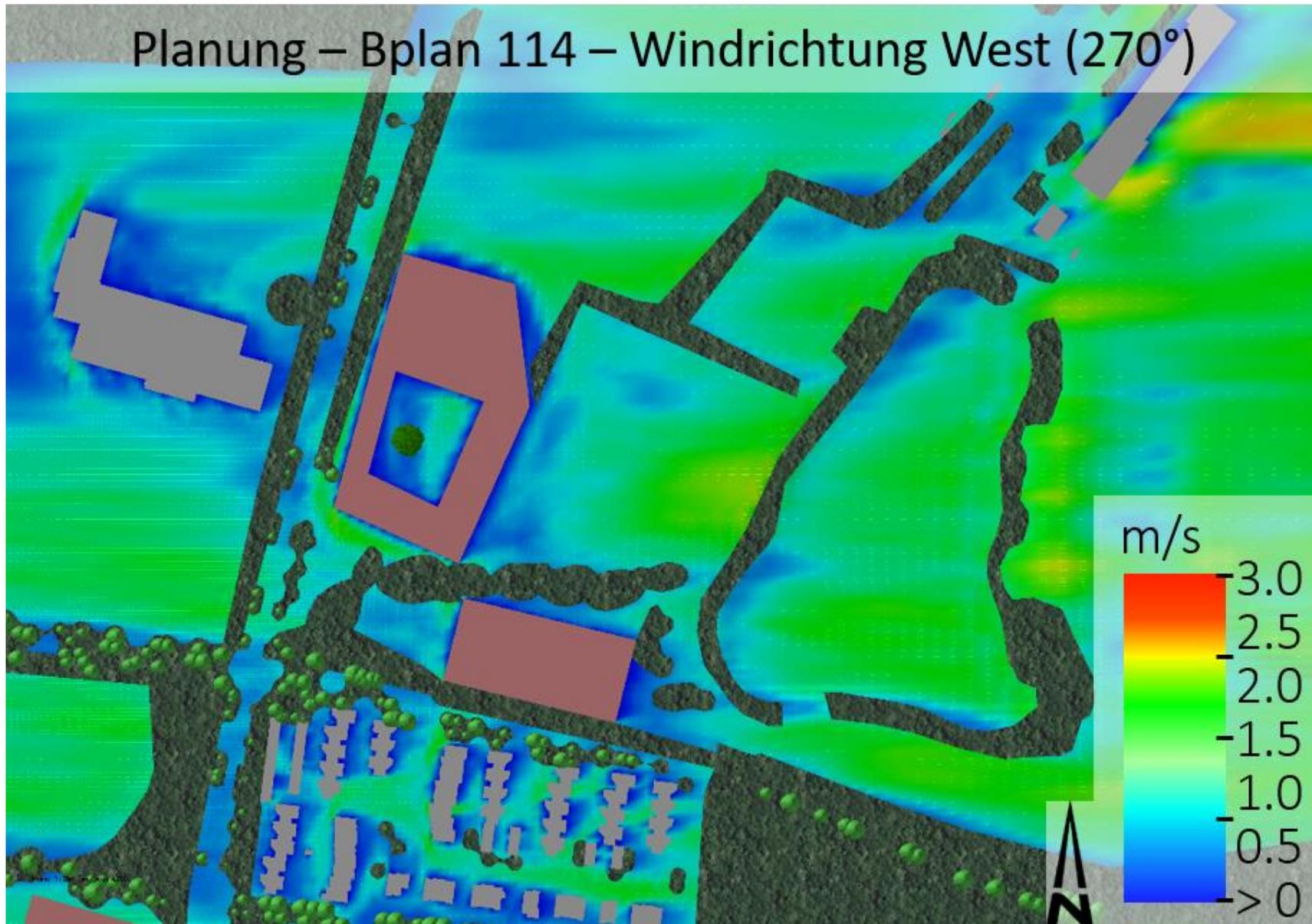
Wilmers, F. (1976). Die Anwendung von Wittertypen bei klimaökologischen Untersuchungen. Wetter und Leben 28, 224-235

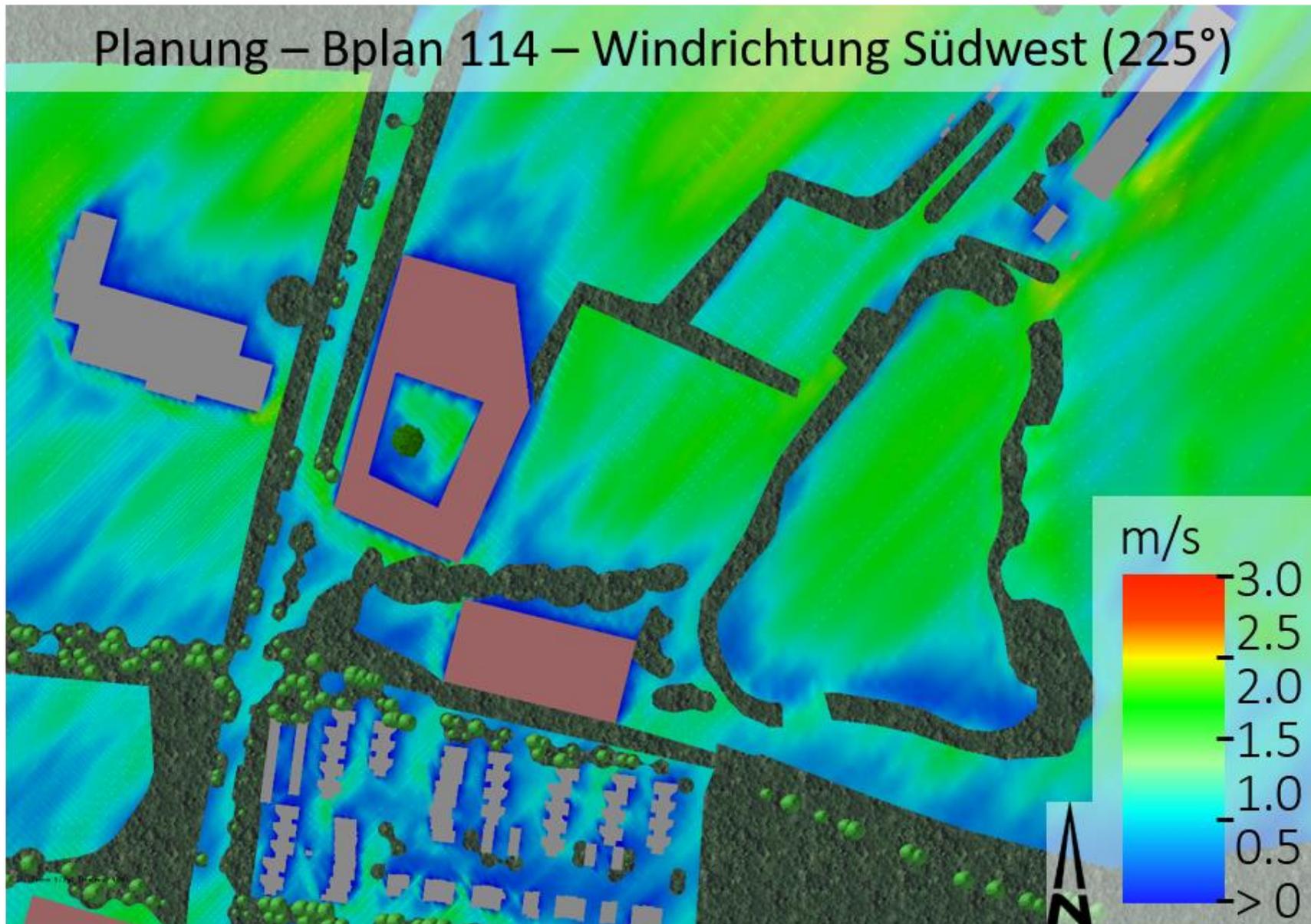
Zenger, A. (1998). Analyse und Bewertung von Kaltluftabflüssen. Nocturnal Drainage Flow Model NDFM

11. Anhang





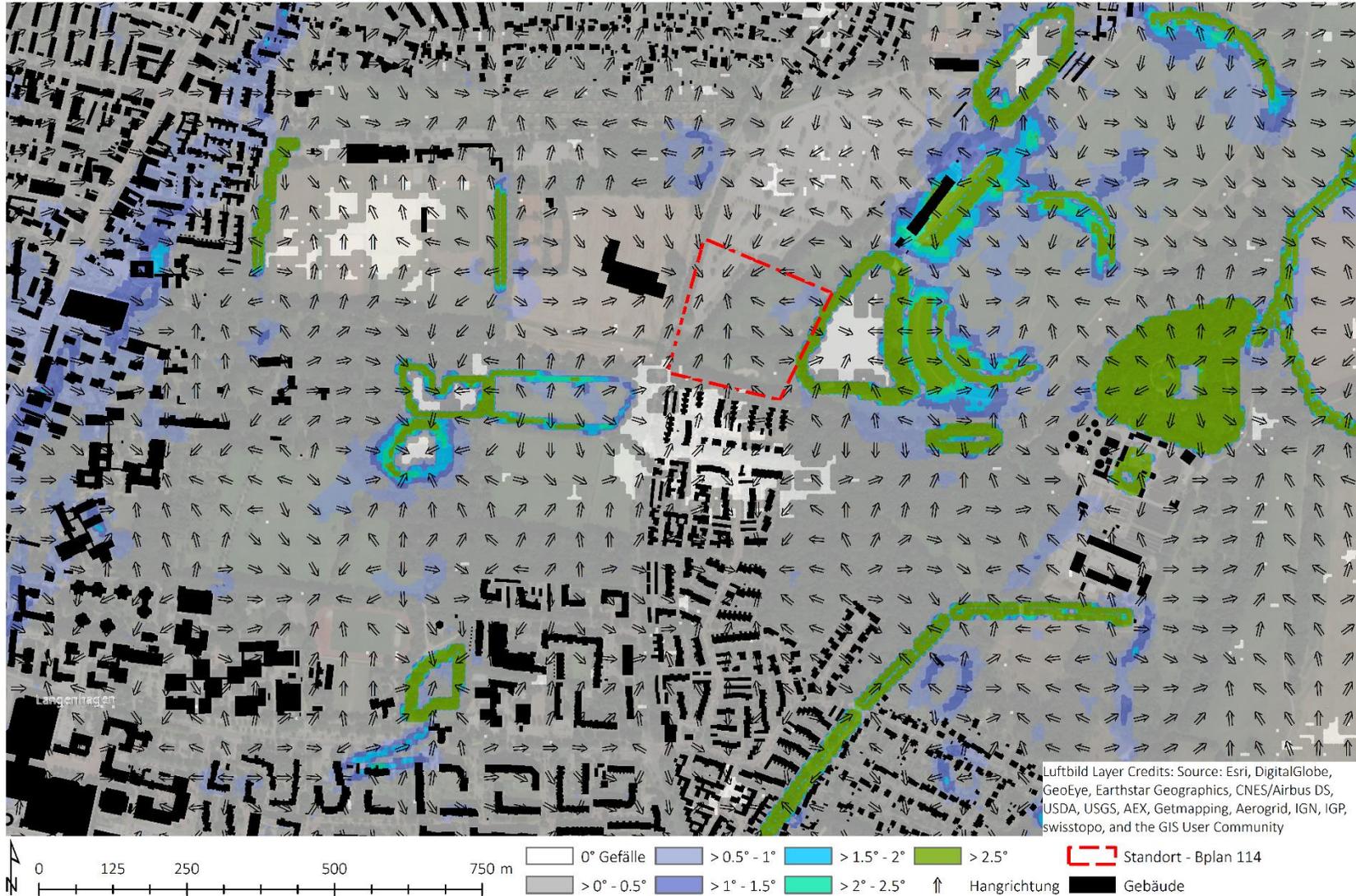




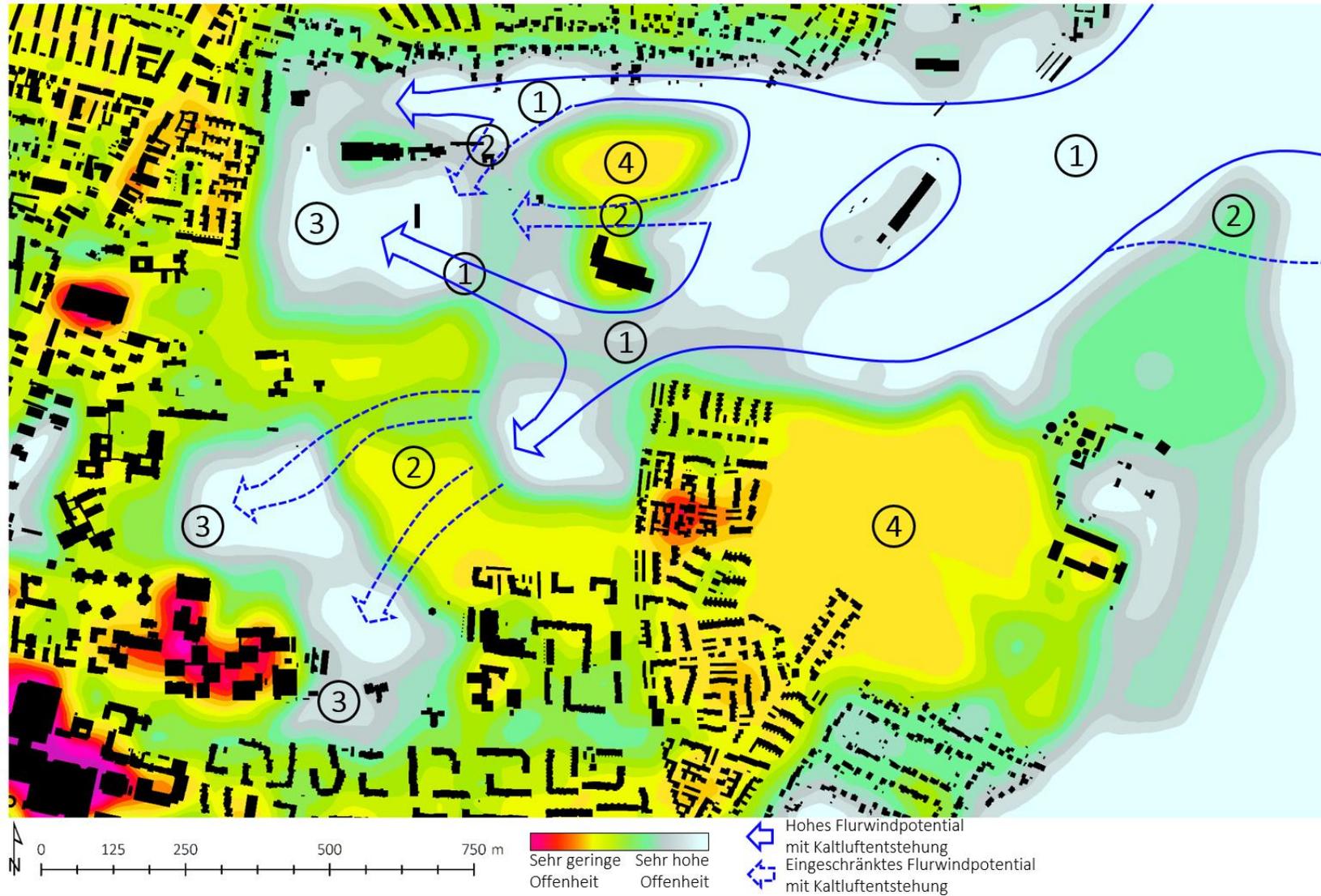
Topographie und Bebauung
im Untersuchungsraum



Hangneigung und Hangrichtung
im Untersuchungsraum



Offenheit & Flurwindpotential
im Untersuchungsgebiet (Bestand)



Offenheit & Flurwindpotential
im Untersuchungsgebiet (Standort Bplan 114)

