

„Dreispietz Nord“

Öffentliche Planaufgabe

vom 29. April 2024 – 28. Mai 2024

Orientierende Informationen: Klima

Inhalt

- Mikroklimaanalyse vom 02.11.2022

Auskunft:

Marc Février, 061 267 42 32, marc.fevrier@bs.ch

Internet-Version vom 19.04.2024

Christoph Merian Stiftung

St. Alban-Vorstadt 5
Postfach
4002 Basel

Genossenschaft Migros Basel

Ruchfeldstrasse 15
Postfach 3643
4002 Basel

Mikroklimaanalyse Dreispitz Nord Basel

Schlussbericht

02. November 2022

Impressum

Mikroklimaanalyse Dreispitz Nord Basel

Auftraggeber: Christoph Merian Stiftung, Genossenschaft Migros Basel
Projektverantwortliche: Martin Weis (CMS), Ignaz Walde (Migros)
Projektkoordination: Céline Fahrer (Topik Partner AG)

Auftragnehmerin: GEO Partner AG, Basel
Projektleitung: Dr. Andreas Wicki
Fachbearbeitung: Dr. Andreas Wicki
Qualitätssicherung: Regula Winzeler

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Ausgangslage und Projektziel	4
1.2	Hitzewellen und Klimawandel	6
1.3	Stadtklima.....	7
2	Grundlagen Klimaanalyse Basel-Stadt	9
2.1	Tagsituation	9
2.2	Nachtsituation	10
2.3	Kaltluftströme	11
3	Methode, Daten und Varianten.....	12
3.1	Vorgehen	12
3.2	Mikroklimasimulation	12
3.2.1	Modell ENVI-met	12
3.2.2	Randbedingungen Mikroklimamodell.....	15
3.3	Kaltluftabflussimulation	16
3.3.1	Modell KLAM_21	16
3.4	Auswertung	17
4	Resultate	18
4.1	Hitzestress Tag.....	18
4.2	Beschattungsanalyse	21
4.3	Wind	23
4.4	Auskühlung Nacht	25
4.5	Kaltluftabflussmodellierung	28
5	Schlussfolgerungen.....	32
5.1	Hitzestress am Tag.....	32
5.2	Auskühlung in der Nacht und Kaltluftströme	33
5.3	Windströmungen	34
Anhang	35
A.1	Zitierte Grundlagen	35
A.2	Details zu den Modellen	36
A.2.1	Mikroklimamodell ENVI-met	36
A.2.2	Kaltluftabflussmodell KLAM_21	36
A.3	Ansichten und Pläne.....	37
A.4	Eigenschaften verwendeter Materialien und Bäume.....	40
A.5	Kaltluftabflussimulation Gesamtgebiet	41

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Projektziel

Die Christoph Merian Stiftung als Eigentümerin und die Genossenschaft Migros Basel als Baurechtsnehmerin planen eine Entwicklung des Areals Dreispitz Nord in Basel. Auf dem Areal befinden sich heute der MParc Dreispitz, der Obi und eine grosse Parkplatzfläche. Neu sollen auch Wohnungen und Grünräume (u.a. Park mit Bäumen) realisiert werden (siehe Pläne in Anhang A.3).

Entwicklung Areal Dreispitz Nord

Im April 2022 wurden der Bericht zur Ämterkonsultation, der Entwurf des städtebaulichen Vertrags, die Nutzungspläne sowie ein Bericht zur Nachhaltigkeit allen zuständigen Ämtern zur Stellungnahme zugesandt. Die Ämter fordern in Ergänzung zu den bereits verfassten Berichten eine Mikroklimaanalyse für das Entwicklungsareal. Im Sinne des von der Regierung Basel-Stadt 2021 genehmigten Stadtklimakonzepts soll bei aktuellen Arealentwicklungen die Siedlungsentwicklung klimaangepasst berücksichtigt werden.

Ergänzung Bericht zur Ämterkonsultation

Die Firma GEO Partner AG wurde beauftragt, diese Mikroklimaanalyse durchzuführen.

Beauftragung

Hauptziel des Projektes ist es, die geplanten Bauten insbesondere hinsichtlich der Öffnungen und Ausrichtungen der Gebäude mikroklimatisch zu beurteilen. Zudem soll ermittelt werden, welche Teile des Quartiers bezüglich nächtlicher Kaltluftproduktion trotz der geplanten Grünflächen benachteiligt sein werden und welche Teile des Quartiers ausreichend gekühlt werden.

Ziele

Im Detail werden Erkenntnisse zu den folgenden Teilbereichen erwartet:

Erwartete Erkenntnisse

- Lufttemperatur in der Nacht (städtische Wärmeinsel)
- Physiologisch äquivalente Temperatur (PET) am Tag (Hitzestress)
- Windzirkulation (dreidimensionales Windfeld)
- Schattenwurf
- Kaltluft (Volumenstrom, Kaltluftmächtigkeit)



Abbildung 1: Transformation des Areals Dreispitz Nord. Visualisierung (Quelle: Herzog & de Meuron, 2020).

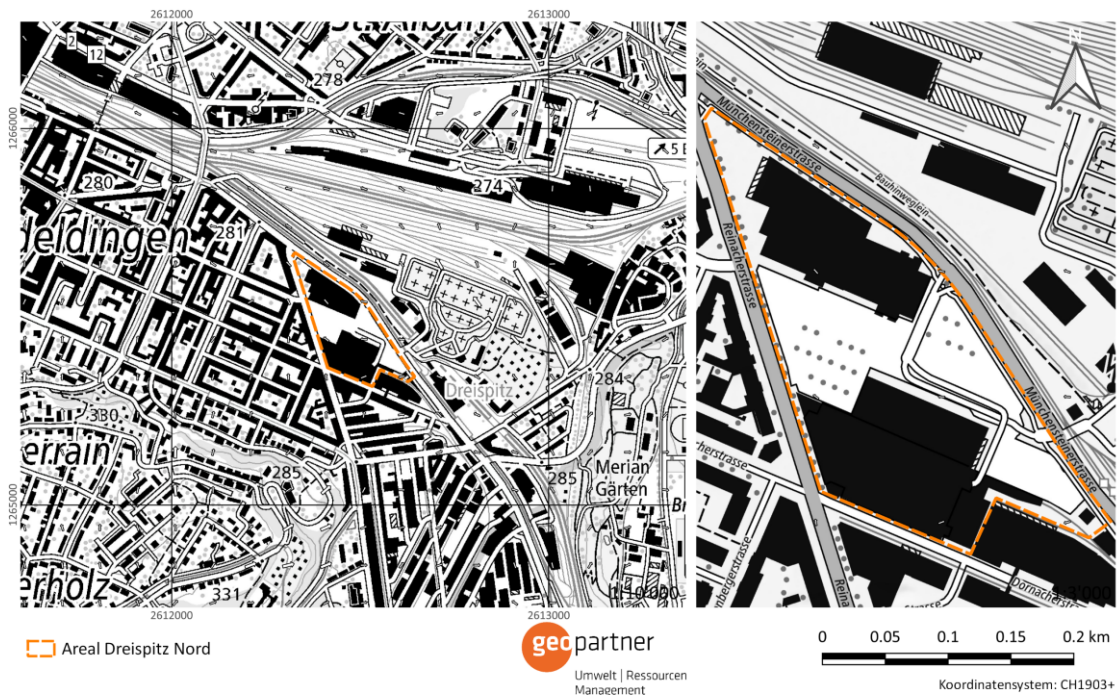


Abbildung 2: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets (Areal Dreispitz Nord, Basel).

1.2 Hitzewellen und Klimawandel

Bereits heute zeigen sich die Auswirkungen des globalen Klimawandels mit einer markanten Häufung von Hitzewellen in den letzten 20 Jahren. In den Jahren 2003, 2015, 2018, 2019 und 2022 erlebten wir in der Schweiz Hitzeperioden, wie sie noch Mitte des 20. Jahrhunderts sehr unwahrscheinlich waren [1]. Extremsommer werden zur Norm und langanhaltende Hitzeperioden zu einem Ereignis, welches mehrmals jährlich erwartet werden kann [2]. Bis 2060 wird mit einer Verdopplung der Anzahl an Hitzetagen (Maximaltemperatur über 30 °C) im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010 gerechnet (von 10.5 auf 23.8 im Mittel pro Jahr, Abbildung 3). Dies gilt jedoch nur, wenn die technische und politische Entwicklung bis Mitte des 21. Jahrhunderts zu einem schrittweisen Rückgang der Treibhausgasemissionen führt (RCP4.5-Szenario) und diese sich stabilisieren [3]. Andernfalls würde die Anzahl erwarteter Hitzetage noch höher liegen.

Markante Häufung von Hitzewellen

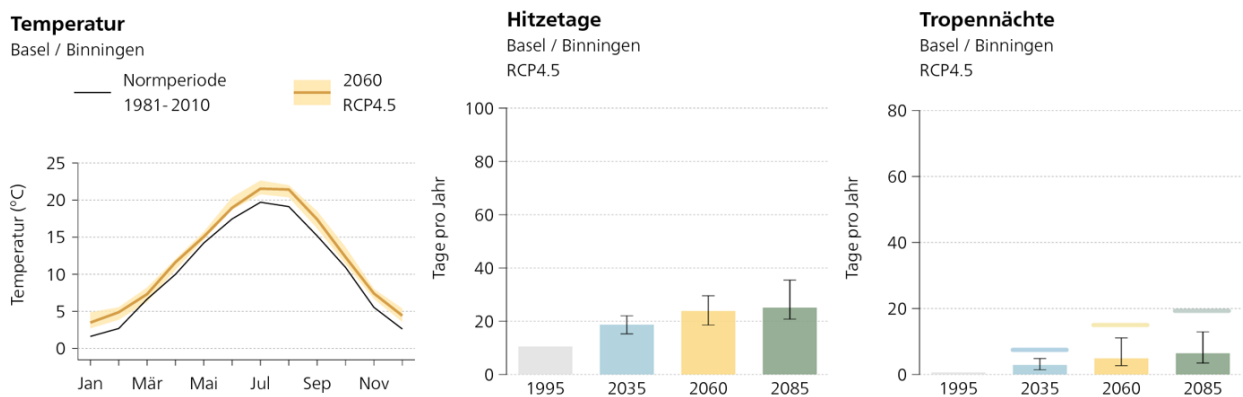


Abbildung 3: Jahresgang der Temperatur für das Jahr 2060 (links), Anzahl Hitzetage (Mitte) und Anzahl Tropennächte (rechts, inkl. Balken mit zugerechnetem Wärmeinseleffekt) für das RCP4.5-Szenario mit jeweiligem Variationsbereich der Modelle [4].

Abbildung 4 zeigt den Vergleich der Temperatur-Jahresverläufe in Basel und Lugano mit denjenigen des RCP4.5-Szenarios. Es wird deutlich ersichtlich, dass unter diesem eher optimistischen Szenario (siehe Abschnitt oben) schon 2060 ein Klima erreicht wird, welches sich mit demjenigen in Lugano zwischen 1981-2010 vergleichen lässt.

Klima bis 2060 eher mit Lugano vergleichbar

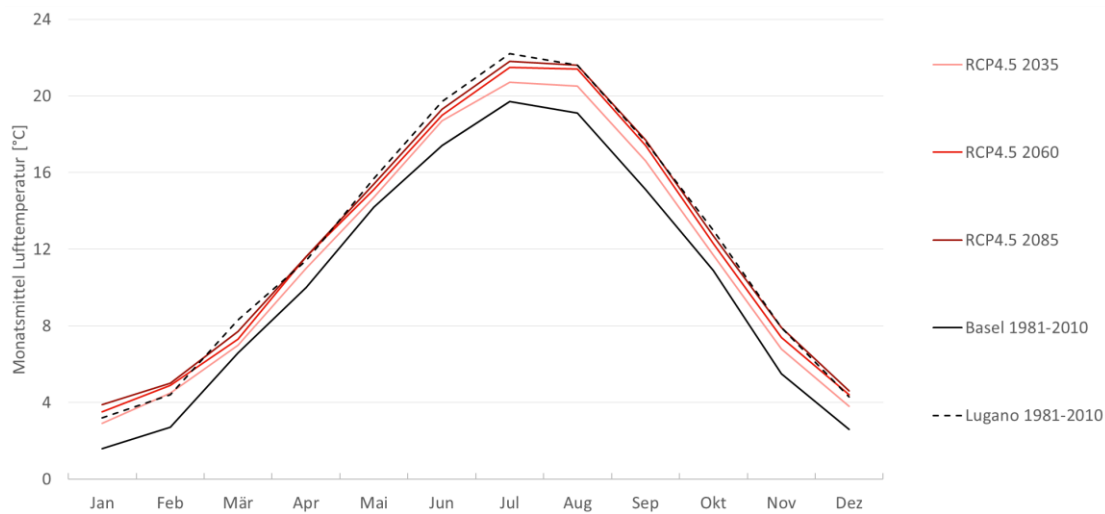


Abbildung 4: Vergleich der Temperaturverläufe von Basel und Lugano (schwarz) innerhalb des Referenzzeitraums 1981-2010 und prognostizierte Temperaturverläufe für das RCP4.5-Szenario für Basel (Rottöne).

1.3 Stadtklima

Besonders im urbanen Raum, welcher nach WHO-Prognosen bis 2050 von ungefähr 85% der Schweizer Bevölkerung bewohnt sein wird, können Hitzewellen zur Last werden. Aufgrund der dichten Bebauungsstruktur, der starken Versiegelung und fehlender Grünflächen ist die Stadt nachts stets einige Grad wärmer als ihr rurales Umland. Besonders deutlich prägt sich dies in den frühen Abendstunden und während sommerlichen Wärmephasen aus.

Städtische Wärmeinsel, hohe Lufttemperaturen nachts

Die Gründe dafür liegen in der Energiebilanz an der Oberfläche. Während auf dem Land ein Grossteil der Energie für die Verdunstung aufgewendet wird, wird im städtischen Raum viel Energie in der Bausubstanz gespeichert. Nachts, wenn der solare Strahlungsantrieb für die Erwärmung fehlt, kühlt die bodennahe Luftschicht aus. Diese Abkühlung wird durch die gespeicherte Energie aus der Bausubstanz im Stadtgefüge abgeschwächt. Zudem absorbieren und emittieren die Fassadenelemente in einer Strassenschlucht Wärmestrahlung, was diesen Effekt verstärkt.

Gründe für städtische Wärmeinsel

Tagsüber erleben die Bewohnenden während Hitzewellen starken Hitzestress, besonders wenn sie sich an warmen, besonnten und windschwachen Orten aufhalten. Diese Faktoren sind relevant für das thermische Wohlbefinden eines Individuums und lassen sich mittels Hitzeindizes berechnen. Als einer der Standards hat sich die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET, von engl. *physiological equivalent temperature*) etabliert [5]. Die PET entspricht vereinfacht dem empfundenen Hitzestress.

Hitzestress tagsüber

Der Index PET beinhaltet die Strahlungstemperatur (lang und kurzwellige Strahlungsflüsse, resp. Solar- und Wärmestrahlung), Lufttemperatur, Luftfeuchte, Wind, Bekleidung und Aktivität (Abbildung 5). Die Einheit der PET ist °C und beschreibt die Temperatur, welche in einem Innenraum ohne direkte Sonneneinstrahlung und Wind sowie einer Luftfeuchtigkeit von 50% herrschen müsste, um den gleichen Hitzestress zu erzeugen wie aktuell von einer Person im Freien empfunden. Eine PET von 45 °C bedeutet somit, dass man als Individuum mit Standardbekleidung bei leichter Bewegung im Freien den gleichen Hitzestress empfindet wie sitzend in einem Raum mit 45 °C Lufttemperatur.

Erklärung PET (empfundener Hitzestress):

Temperatur, welche in einem Innenraum ohne direkte Sonneneinstrahlung und Wind sowie einer Luftfeuchtigkeit von 50% herrschen müsste, um den gleichen Hitzestress zu erzeugen wie aktuell von einer Person im Freien empfunden.

In der Nacht nimmt die Bedeutung der Lufttemperatur für das thermische Wohlbefinden zu, insbesondere aufgrund der fehlenden solaren Einstrahlung.

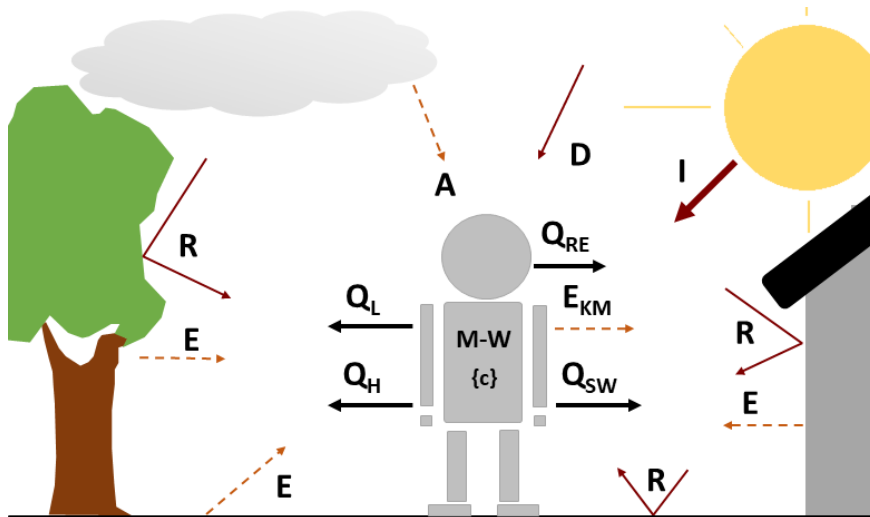
Nacht Lufttemperatur entscheidend

Die PET (Tag) und die Lufttemperatur (Nacht) wurden auch im Rahmen der Klimaanalyse Kanton Basel-Stadt (KABS) als Einheiten für das thermische Wohlbefinden in der Stadt Basel ausgewertet. Kapitel 2 des vorliegenden Berichts fasst die dabei gewonnenen Erkenntnisse aus den Grundlagendaten zusammen.

Zusammenfassung KABS in Kapitel 2

Tabelle 1: Einordnung der PET-Werte nach Empfinden und physiologischer Belastung.

Ab 29 °C	Warm	Mässige Wärmebelastung
Ab 35 °C	Heiss	Starke Wärmebelastung
Ab 41 °C	Sehr heiss	Extreme Wärmebelastung



Legende:

- I direkte Sonneneinstrahlung
- D diffuse Sonneneinstrahlung
- R reflektierte Sonneneinstrahlung
- A Wärmestrahlung Atmosphäre
- E Wärmestrahlung Oberfläche
- EKM Wärmestrahlung Mensch
- M-W Wärmeproduktion durch Energie-stoffwechsel
- {c} Kleidung des Menschen

QH, QSW, QL und QRE entsprechen den menschlichen Wärmeverlustgrößen, beispielsweise durch Schwitzen oder Atmen.

Abbildung 5: Einflussfaktoren auf die thermische Behaglichkeit eines Individuums (nach dwd.de).

2 Grundlagen Klimaanalyse Basel-Stadt

Gemäss Stadtklimakonzept Basel-Stadt [8] ist das Areal Dreispitz Nord als Fokusgebiet (Tag und Nacht) mit hohem Handlungsbedarf klassifiziert. Dies bedeutet, dass die Situation am Tag und in der Nacht verbessert werden muss.

Fokusgebiet mit hohem Handlungsbedarf

2.1 Tagsituation

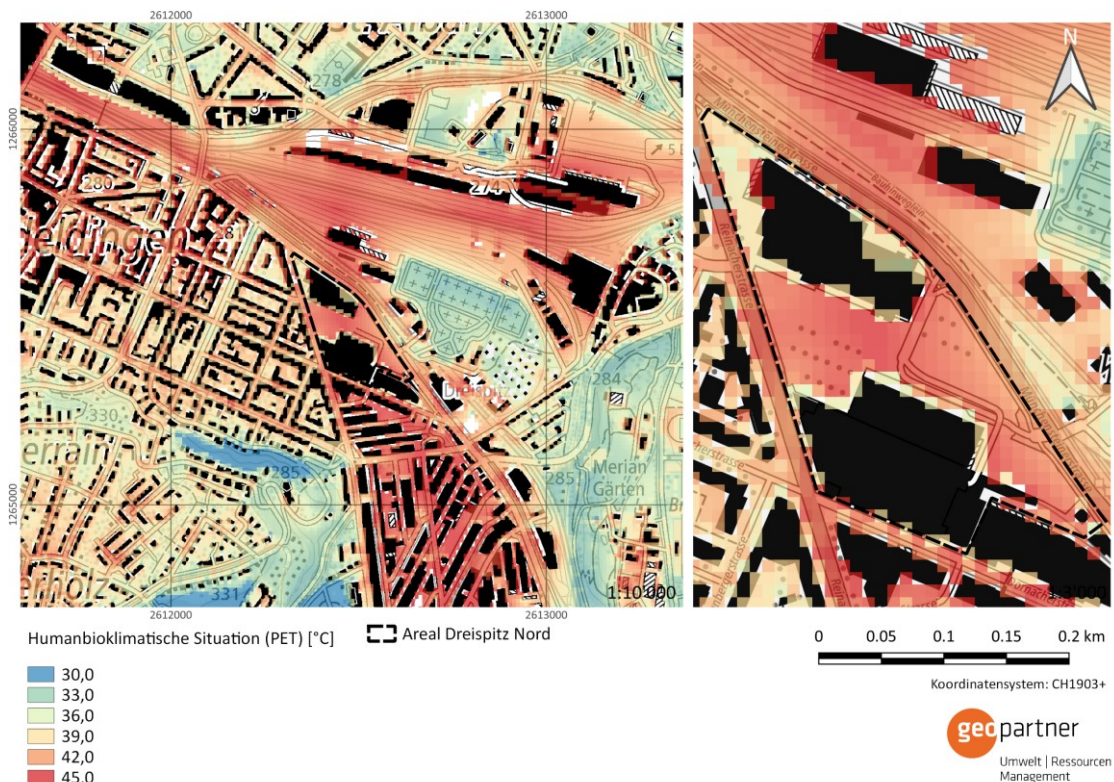


Abbildung 6: Humanbioklimatische Belastung (Hitzestress) tagsüber als PET (Quelle: Geodaten Basel-Stadt).

Die räumliche Verteilung der thermischen Belastung aus der KABS in Abbildung 6 zeigt, dass im Ist-Zustand am Tag besonders die stark versiegelten und schlecht beschatteten Flächen hohe PET-Werte und damit erhöhten Hitzestress aufweisen (Gleisbereich, versiegelte Plätze, vegetationslose Strassen). Gebiete mit einem geringen Anteil versiegelter Flächen und einem grossen Baumbestand weisen geringeren Hitzestress auf (Wolfgottesacker, Merian Gärten).

Hitzestress Tag

Das Areal ist im Ist-Zustand fast vollständig versiegelt und zu einem grossen Teil von Gebäuden bedeckt. Grünflächen finden sich auf der Parzelle keine. Lediglich einzelne Bäume zwischen den Parkplätzen schaffen Schattenflächen, wobei diese bei der groben Auflösung nicht ersichtlich sind. Dank der guten Durchlüftung ist der Hitzestress nicht noch extremer. Grundsätzlich kann die Ausgangslage aber als ungünstig klassifiziert werden.

Starker Hitzestress Areal Dreispitz Nord

2.2 Nachtsituation

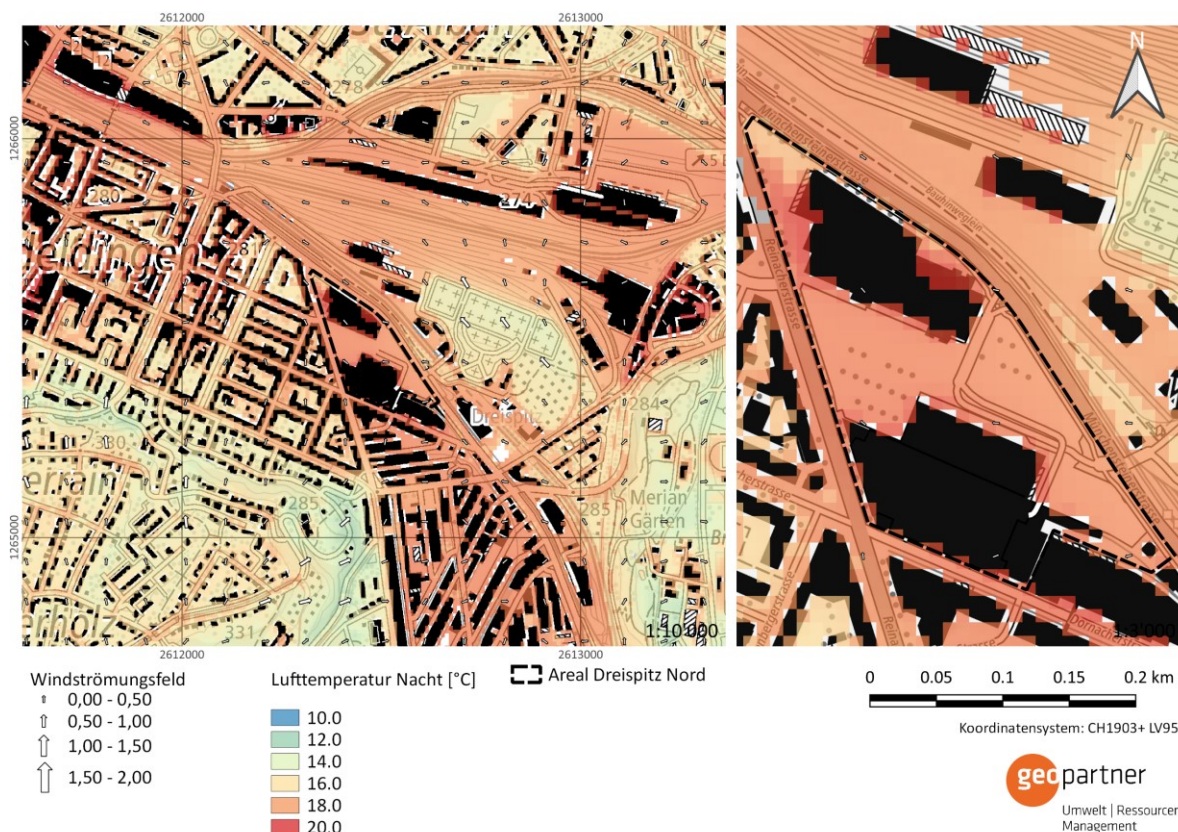


Abbildung 7: Lufttemperatur nachts in °C (Quelle: Geodaten Basel-Stadt).

Dichte und stark versiegelte Bereiche bleiben nach Sonnenuntergang oft noch lange warm (z.B. gesamtes Dreispitz-Areal). Im Gegensatz dazu kühlen städtische Parkanlagen oder stark durchgrünte Quartiere (z.B. Bruderholz) rasch ab und können sogar Kaltluft erzeugen, welche die nähere Umgebung leicht abkühlt. Das Mosaik aus wärmeren und kühleren Flächen bildet gemeinsam die sogenannte Wärmeinsel einer Stadt, welche sich nachts - bezogen auf die Lufttemperatur - deutlich von ihrem Umland abhebt.

Der hohe Versiegelungsgrad führt dazu, dass die Bodenoberfläche tagsüber viel Energie speichern kann. Da die Fläche offen ist, kann diese Energie abends gut abgegeben werden. Die Flächen bleiben aber bis frühmorgens überwärmt, da die Energiespeicherung am Tag sehr hoch ist. In Gebäudenähe, wo die angrenzenden Fassaden zusätzlich der Abkühlung entgegenwirken, ist die Lufttemperatur leicht höher. Die Ausgangslage ist somit auch nachts ungünstig, wobei im aktuellen Zustand niemand davon betroffen ist.

Wärmeinsel Basel Nacht

Areal Dreispitz Nord auch nachts warm

2.3 Kaltluftströme

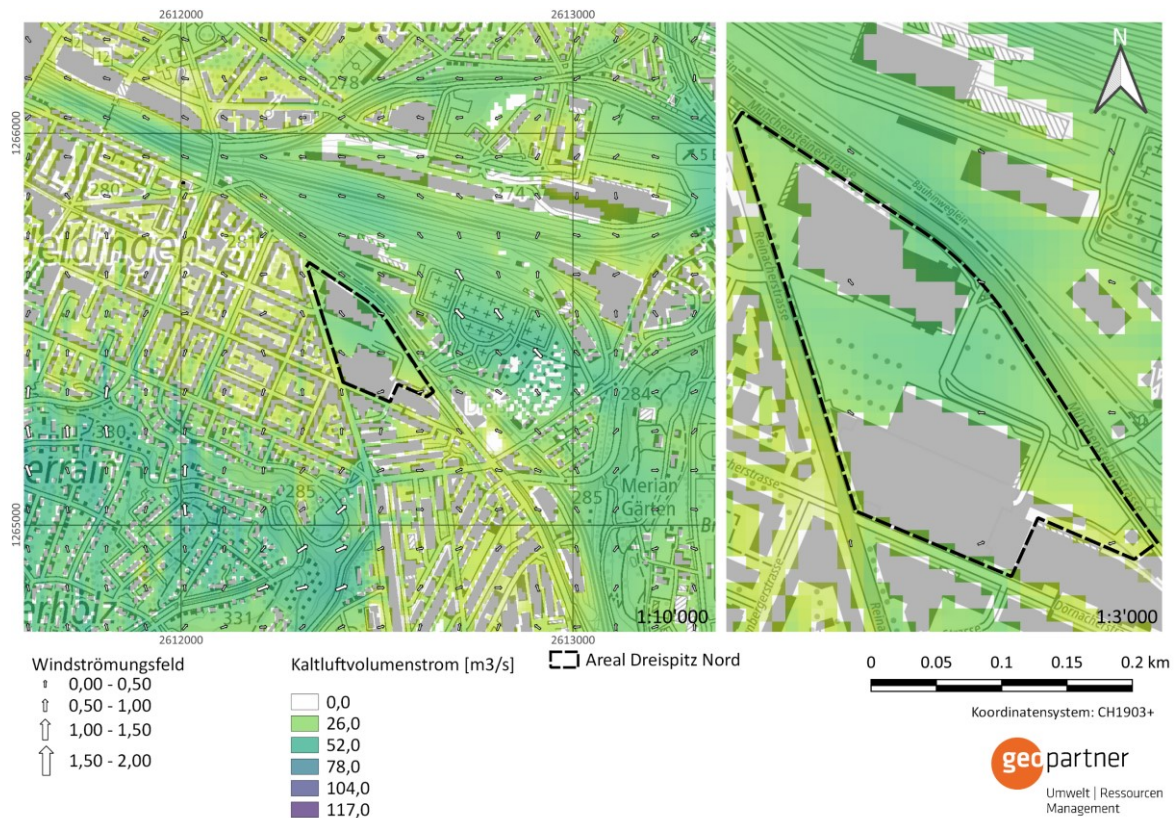


Abbildung 8: Kaltluftvolumenstrom (Kaltluftsäule, welche pro Zeitschritt einen Querschnitt von 10 m passiert) in m^3/s (Quelle: Geodaten Basel-Stadt).

Entlang dem Geländeeinschnitt der Birs kann sich nachts Kaltluft ausbreiten. Über die Trainingsfelder bei St. Jakob und die angrenzenden Parkanlagen Merian Gärten und Grün 80 kann sich diese Kaltluft gut ausbreiten. Zudem wird der Kaltluftstrom durch selbst produzierte Kaltluft dieser Grünflächen weiter unterstützt. Über die relativ niedrige Bebauung am Walkeweg, die angrenzenden Freizeitgärten und den Friedhof Wolfgottesacker kann sich diese Kaltluft wiederum gut Richtung Bahngleise und Bahnhof SBB ausbreiten. In der Klimaanalyse Kanton Basel-Stadt (KABS) ist auch ein leichter Einfluss dieser Kaltluftströmung via Münchensteinerstrasse Richtung Dreispitz Nord ersichtlich.

Kaltluftstrom Birs

Eine weitere mögliche Kaltluftquelle ist das Quartier Bruderholz mit seinen bewaldeten und als Gärten genutzten Hängen. Die Kaltluftproduktionsrate ist zwar weitaus geringer als im Einzugsgebiet der Birs, aufgrund der Nähe zum Untersuchungsgebiet kann durchaus auch aus dieser Richtung leichter Kaltluftabfluss stattfinden. Die höher aufgelöste Kaltluftabflussberechnung wird diesbezüglich weitere Erkenntnisse liefern (Kapitel 4.5).

Kaltluftstrom Bruderholz

3 Methode, Daten und Varianten

3.1 Vorgehen

Um die mikroklimatische Situation im neuen Bebauungszustand zu beurteilen, sind numerische Simulationen notwendig. Der geplante Zustand soll für typische meteorologische Situationen simuliert und mit der Simulation für den Ist-Zustand verglichen werden.

Vorgehen Simulation

Für die Analysen wurden Geodaten des Kantons Basel-Stadt, Daten der amtlichen Vermessung, extrahierte Daten aus dem Oberflächenmodell des Kantons Basel-Stadt sowie Vektorpläne des Bebauungsplans von Herzog & de Meuron (Stand 02.09.2020) verwendet. Die Umgebungsgestaltung leitet sich ebenfalls aus diesen Plänen ab (siehe Anhang A.3).

Ausgangsdaten

3.2 Mikroklimasimulation

3.2.1 Modell ENVI-met

Für die Mikroklimasimulationen wurde das Modell ENVI-met verwendet (Anhang A.2.1). ENVI-met hat sich in vielen Stadtklimastudien für kleinräumige Analysen bewährt. Es ist gut dafür geeignet, Varianten und Veränderungen zu simulieren. Gerechnet wird jeweils mit 24 Stunden Modelllaufzeit und Start um 5 Uhr für den 27. Juli. Der Tag ist dabei für die Sonneneinstrahlung relevant.

Modell ENVI-met

Der Perimeter der Modellierungen beinhaltet das gesamte Areal Dreispitz Nord inklusive umliegende Strassenzüge (Abbildung 9). Insgesamt umfasst der Perimeter 650 m x 400 m.

Perimeter

Die Grösse der Gitterzellen - und damit die Auflösung des Modells - wurde auf 2 m horizontal und vertikal gesetzt (vgl. Abbildung 10). Bei der vorliegenden Umgebung ergibt dies 325 x 200 Gitterzellen (horizontal). Vertikal ist das Modell aus 28 Zellen aufgebaut, wobei ab einer Höhe von 25 m die Zellgrösse zunimmt. Die unterste Zelle wurde in 5 Unterzellen aufgeteilt, um bodennahe Austauschprozesse besser erfassen zu können.

Modellauflösung ENVI-met

Die Oberflächenbeschaffenheit entstammt den Daten der amtlichen Vermessung. Die Gebäudehöhen der bestehenden Gebäude wurden aus dem Oberflächenmodell des Kantons Basel-Stadt abgeleitet. Im Soll-Zustand stammen die Informationen über Oberflächenbeschaffenheit, Gebäudehöhe und Gebäudegrundriss aus den Plänen von Herzog & de Meuron. Abbildung 10 zeigt den Ist-Zustand und den Soll-Zustand im Modell mit separaten Ebenen für die oberirdischen Objekte (Vegetation 2D/3D und Gebäude, links) und die Oberflächenbeschaffenheit (rechts). In Abbildung 11 ist das Modell zudem als 3D-Ansicht des Soll-Zustands gezeigt.

Oberflächen und 3D-Strukturen

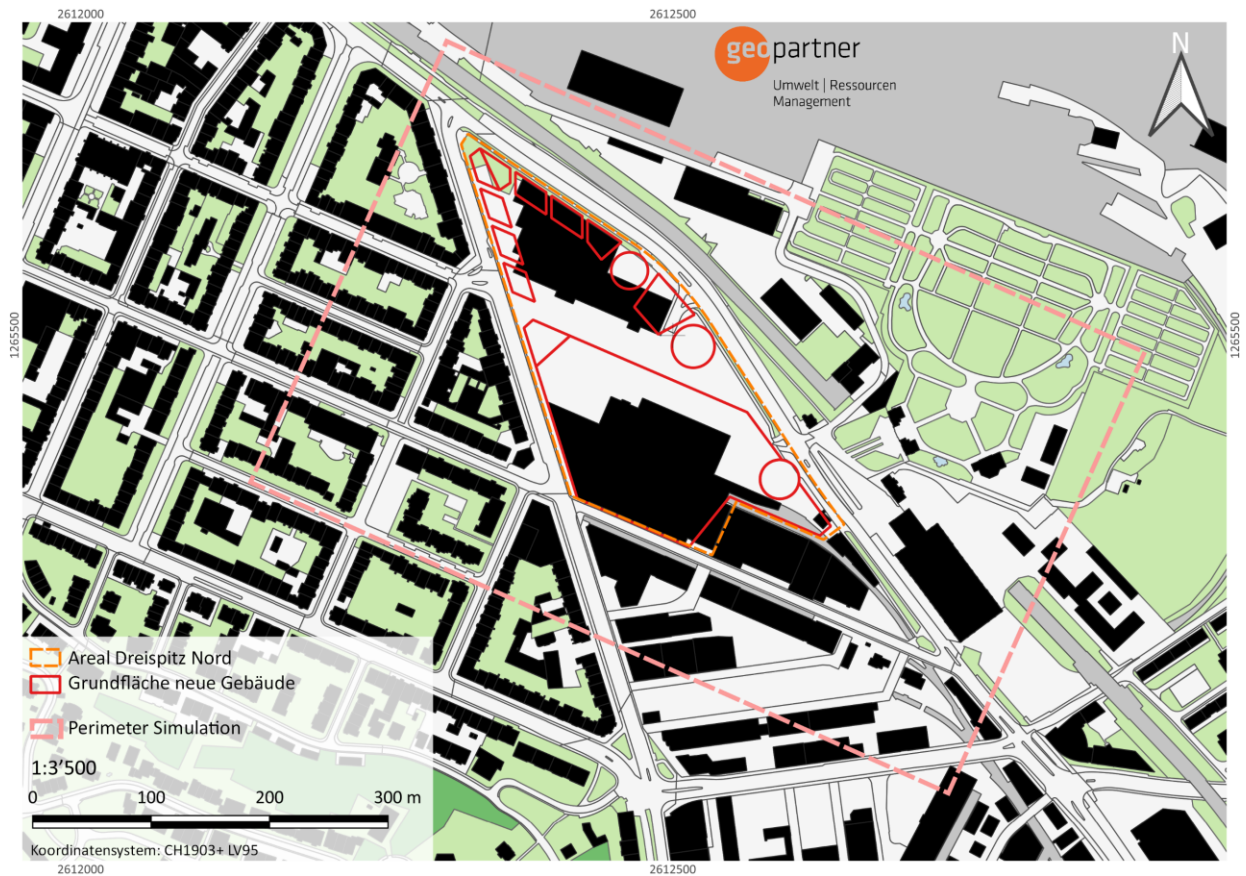


Abbildung 9: Übersicht über das Untersuchungsgebiet im Ist-Zustand (Quelle: Amtliche Vermessung Basel-Stadt) mit dem Modellperimeter als rosa Rechteck und dem Areal Dreispitz Nord als oranges Polygon. Die Grundfläche der neu geplanten Gebäude ist rot eingezeichnet. Bei den Gebäuden in der nordwestlichen Spitze des Parameters handelt es sich dabei um die Wohngebäude. Die runden Gebäude sind die Hochhäuser. Das Trapez zwischen den beiden Hochhäusern ist das Parkhaus. Auf dem Dach des grossen Gebäudes im südlichen Bereich über dem Altbau der Migros (Baufeld E) befindet sich die Schule mit dazugehörigem Garten.

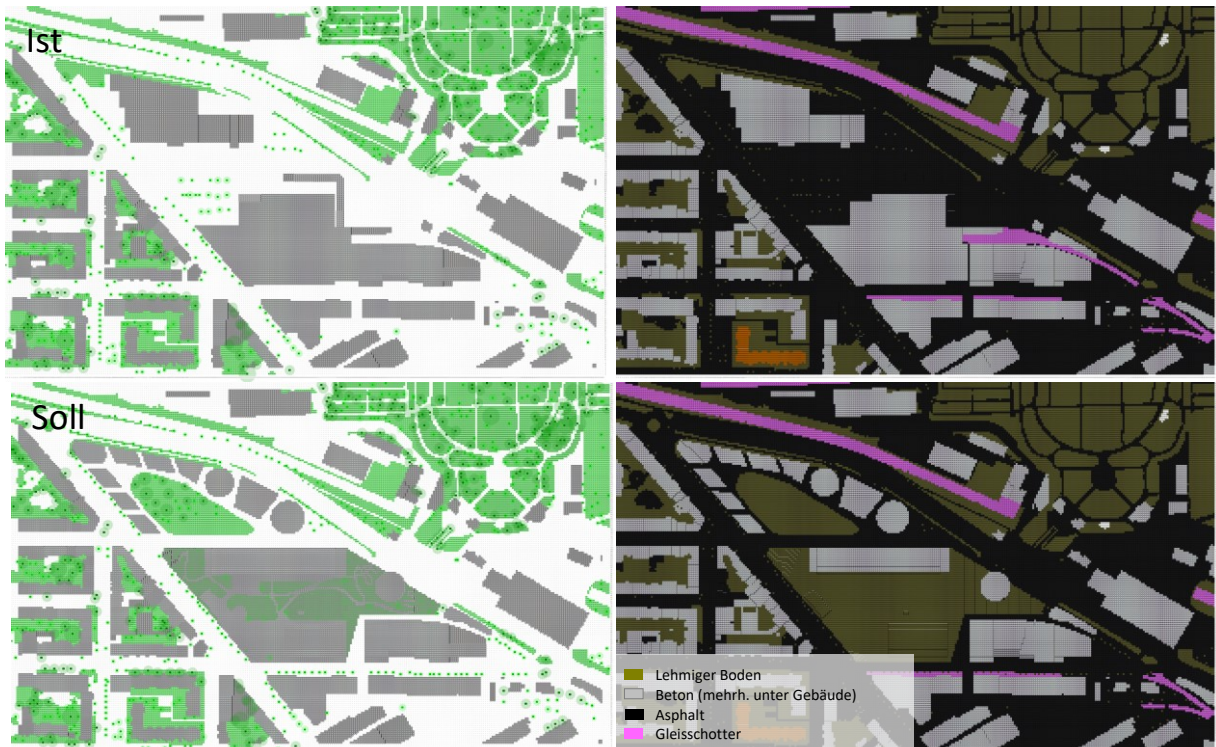


Abbildung 10: Umsetzung der Modellumgebungen im Programm ENVI-met mit Gebäuden (hellgrau = auskragend) und Vegetation links sowie den Oberflächen rechts (oben: Ist-Zustand, unten: Soll-Zustand).

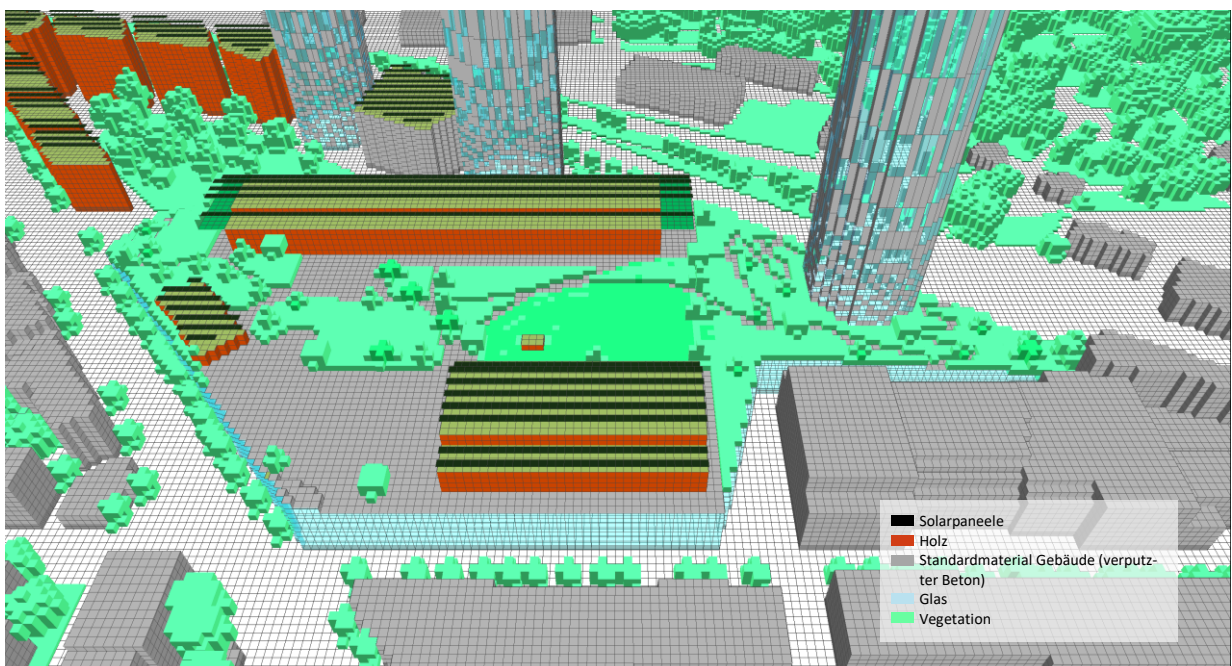


Abbildung 11: 3D-Ansicht der Modellumgebung mit Blick Richtung Norden.

3.2.2 Randbedingungen Mikroklimamodell

Das Mikroklimamodell zeigt die Veränderung des Stadtklimas aufgrund der Setzung von Gebäuden und der Ausgestaltung von Grünräumen, basierend auf vordefinierten Randbedingungen wie z.B. Lufttemperatur und Windfeld. Für die Lufttemperatur wird ein typischer Sommertag, wie er in Zukunft mehrmals jährlich erwartet werden kann, angenommen. Dies ist zugleich auch der Bezug zum Klimawandel, denn die Simulation repräsentiert eine Situation, welche im zukünftigen Klima eine wesentlich höhere Eintretenswahrscheinlichkeit hat als im Jahr 2022. Für das Modell ist vor allem der Zeitpunkt im Jahr entscheidend, da dadurch der Sonnenstand und somit die Einstrahlungsbedingungen definiert werden.

Modelltag

Die Minimal- und Maximaltemperaturen liegen für die Randbedingungen der Modellläufe zwischen 19.6 und 31.6 °C und resultieren aus nahegelegenen Messungen der Station Basel/Binningen. Für die Luftfeuchte wurde ein Standardverlauf gewählt (35-65 % im Tagesgang). Das Windfeld basiert ebenfalls auf Messungen der Station Basel/Binningen. Die Daten wurden jedoch für die Nachtsituation an die ortsspezifischen Gegebenheiten angepasst und mit den Daten der KABS (in [7], S. 7-8, *Übersichtsrechnung*; Abbildung 12) sowie der eigens durchgeführten Kaltluftabflusssimulation (Kapitel 4.5) abgeglichen.

**Temperatur, Luftfeuchte und
Wind**

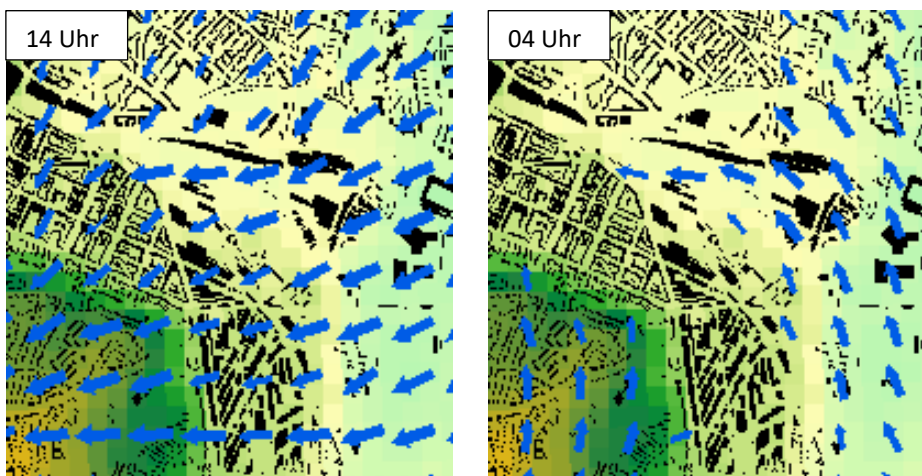


Abbildung 12: Windfeld aus der Klimaanalyse Basel-Stadt um 14 Uhr (links) und um 4 Uhr (rechts). Daten berechnet von GEO-NET [7], zur Verfügung gestellt vom Lufthygieneamt beider Basel.

3.3 Kaltluftabflusssimulation

3.3.1 Modell KLAM_21

Für die Simulation von Kaltluftentstehung und Kaltluftabfluss wurde das Modell KLAM_21 verwendet (Anhang A.2.2). Mit KLAM lässt sich die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet simulieren. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jede Landnutzungs-kategorie wiederum entspricht einer vorgegebenen Kälteproduktionsrate und einem aerodynamischen Widerstand. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, das Fliesen und die Ansammlung der Kaltluft. Der Start der Simulation liegt kurz nach Sonnenuntergang. Der maximale Simulationszeitraum (8 h) entspricht dabei dem Zeitpunkt der maximalen Auskühlung und kann mit dem KABS-Zustand von 4 Uhr morgens verglichen werden [6].

Modell KLAM_21

Der Perimeter der Modellierungen umfasst im Kerngebiet neben dem Areal Dreispitz Nord die weitere Umgebung vom Bruderholz im Südwesten über das östliche Gundeldingerquartier zum Wolfgottesacker und den angrenzenden Gleisfeldern im Norden bis zum Freilager im Südosten. Das Kerngebiet erstreckt sich somit über 1'000 m x 920 m. Zudem wurde der Einfluss der Umgebung auf das Kerngebiet berücksichtigt (von ausserhalb herangeführte Kaltluft). Dieses Einflussgebiet umfasst 10.9 km x 10.6 km und deckt den südlichen Teil der Stadt Basel, das gesamte Birstal und einen Grossteil der Gemeinden Muttenz und Pratteln sowie das Gempenplateau ab (vgl. Abbildung 13).

Perimeter

In KLAM_21 wird üblicherweise mit einer gröberen Auflösung, dafür einer grösseren Modellumgebung gerechnet. Im vorliegenden Fall wurde die Auflösung auf sehr hohe 4 m im Kerngebiet gesetzt. KLAM_21 bietet die Möglichkeit eines sogenannten «Nestings». Dabei wird die Auflösung ausserhalb des Kerngebiets um den Faktor 5 reduziert. Nur dank diesem Nesting ist es überhaupt möglich, das gesamte Einzugs- und Einwirkgebiet zu berücksichtigen und gleichzeitig im Kerngebiet die Bebauung von Einzelgebäuden aufzulösen. Die Bebauung wird dabei als dem Gelände überprägte Objekthöhe, welcher die Landnutzung «versiegelt» zugewiesen wird, berücksichtigt.

**Modellauflösung KLAM_21,
Nesting**

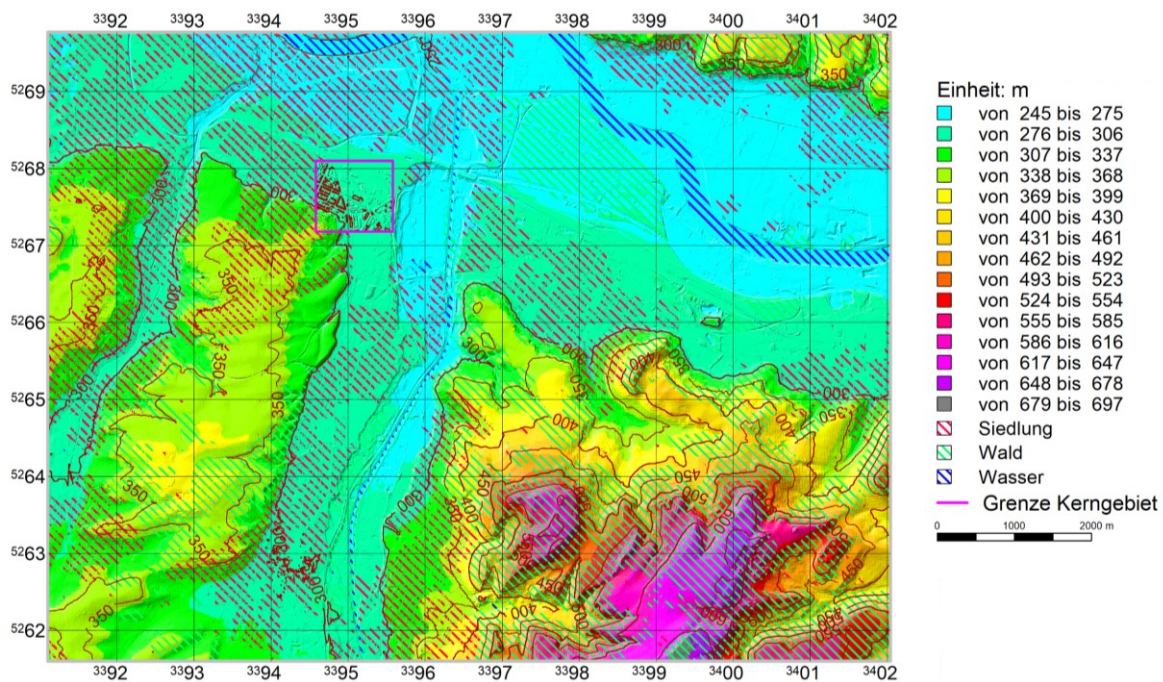


Abbildung 13: Topographie des Einflussgebiets im Kaltluftabflussmodell KLAM_21 mit dem Kerngebiet als rosa Rechteck.

3.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgt in Form von zweidimensionalen Karten in 2 m Höhe. Ausgewertet wurden PET (physiologisch äquivalente Temperatur, entspricht empfundenem Hitzestress), Lufttemperatur, Beschattung und Wind für die Mikroklimasimulation sowie Kaltluflhöhe und Kaltluftvolumenstrom/-geschwindigkeit für die Kaltluftsimulation. Die Auswertung erfolgte - analog der KABS - für die Zeitpunkte frühmorgens um 4 Uhr (Lufttemperatur, Kaltluflhöhe, Kaltluftvolumenstrom) und nachmittags um 14 Uhr (PET und Wind). Um 14 Uhr ist zwar noch nicht die Tageshöchsttemperatur erreicht, in Kombination mit dem Sonnenstand wird dann jedoch üblicherweise starker Hitzestress verspürt. Der Nachtzustand wurde um 4 Uhr ermittelt, um die Vergleichbarkeit mit der KABS sicherzustellen.

Darstellung der Resultate

Die Modelle liefern kein perfektes Abbild der Wirklichkeit, sondern können diese nur angenähert darstellen. Die absoluten Werte können daher von empirischen Messungen abweichen und sind von den Randbedingungen abhängig. Bei der Interpretation der Resultate sollte das Augenmerk daher auf die entstehenden Muster und Tendenzen gelegt werden. Das Modell soll die Richtung anzeigen, in die sich das Mikroklima bei entsprechenden Veränderungen entwickelt.

Simulierte Wirklichkeit

4 Resultate

4.1 Hitzestress Tag

Im Ist-Zustand entsteht, wie bereits in der KABS ersichtlich, auf dem Areal und dem derzeitigen Parkplatz extremer Hitzestress (Abbildung 14 oben). Auf den offenen Asphaltflächen steigt der empfundene Hitzestress auf ca. 45 °C. In windschwachen Bereichen und/oder an südlichen Fassaden werden gar noch höhere Werte simuliert. Höchstwerte treten über Gleisschotter auf, insbesondere in windschwachen Bereichen. Die kleinen Bäume zwischen den Parkplätzen schaffen punktuell eine leichte Reduktion des Hitzestress, die Wärmebelastung bleibt trotzdem durchgehend hoch auf dem Parkplatz. Der angenehmste Bereich auf dem Areal ist derzeit der Eingangsbereich der Migros, welcher dank Auskragung überdacht und durch die hohe Werbetafel zusätzlich beschattet ist.

Situation Ist-Zustand

Der Vergleich zum Soll-Zustand zeigt, dass sich eine völlig neue Ausgangslage ergibt (Abbildung 14 Mitte). Zwar entsteht auf den offenen Bereichen im Zentrum noch immer starker Hitzestress, dieser ist aber verglichen mit der gleichen Stelle im Ist-Zustand geringer. Zudem beschattet das Gebäude Baufeld E mit dem Schulhaus auf dem Dach die grossflächig versiegelten Bereiche sehr gut. Im Modell entsteht vor der Einstellhalle zwischen den nördlichen beiden Türmen aufgrund von Ausrichtung und Materialität (verputzter Beton im Modell) der grösste Hitzestress. Da die Einstellhalle wohl durchströmbar sein wird (kann im Modell nicht so nachgebaut werden), dürfte dies in Realität weniger extrem ausfallen. Trotzdem sind die Bereiche östlich der Grünfläche bei den nördlichen Türmen nachmittags bezüglich Hitzestress am kritischsten. Die Parkanlage kann örtlich für gute Entlastung und angenehme Bedingungen während heissen Sommertagen sorgen. Die Grünfläche wurde im Modell mit normaler Wasserverfügbarkeit gerechnet (nicht bewässert).

Hitzestress Soll-Zustand

Die Differenzbetrachtung zwischen Ist- und Soll-Zustand in Abbildung 14 unten zeigt, dass im Soll-Zustand viele Flächen thermisch angenehmer sein werden und sich die Situation somit stark verbessert. Der Vergleich ist jedoch schwierig, da die meisten Flächen entweder im Ist- oder im Soll-Zustand mit Gebäuden bedeckt sind. Stärkerer Hitzestress entsteht nur vor dem mittleren Hochhaus und vor dem südlichen Wohnhaus beim Aufgang Ecke Reinacherstrasse / Melchior Berri-Promenade.

Differenzbetrachtung

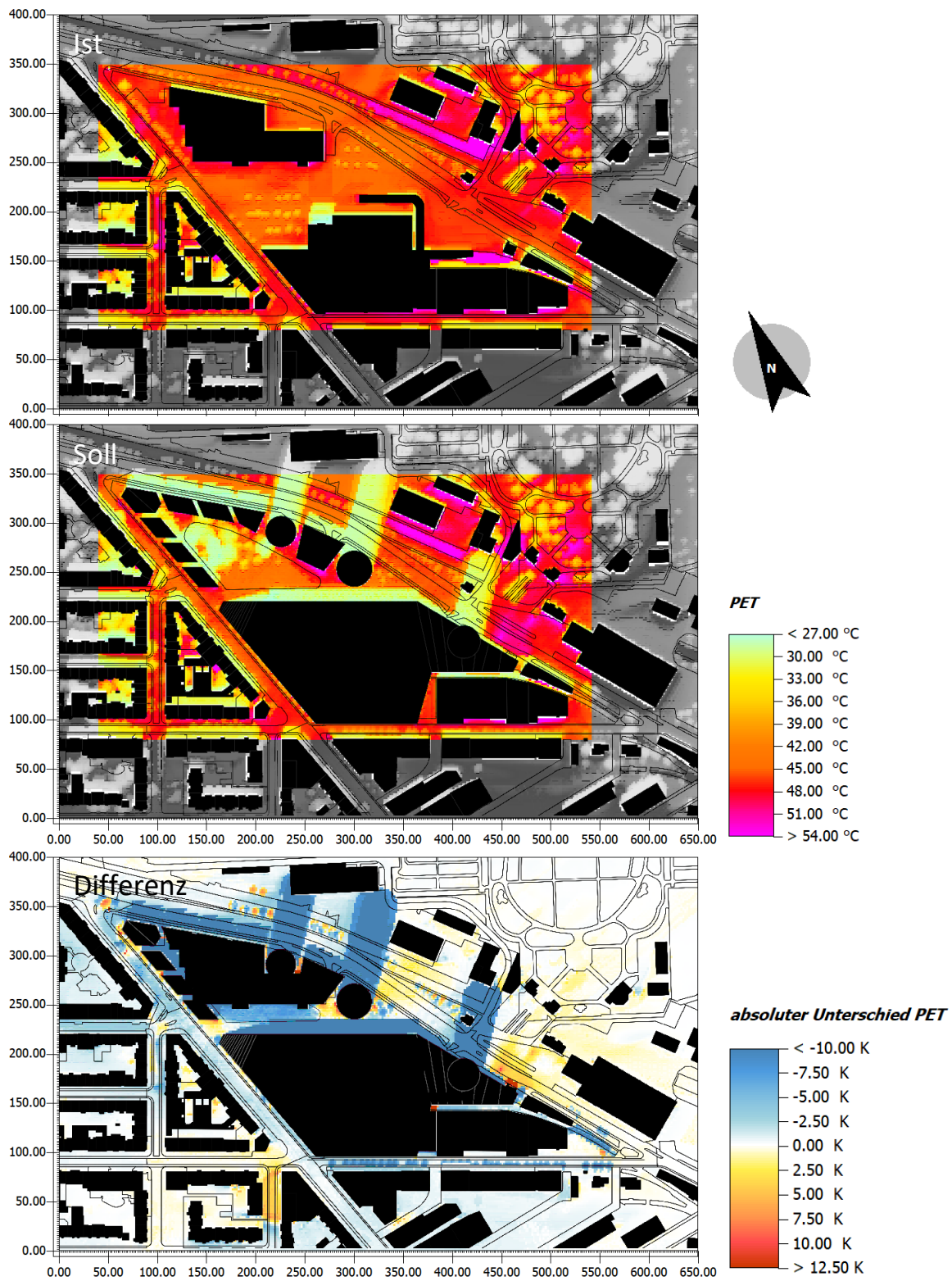


Abbildung 14: PET-Verteilung innerhalb der Modellumgebung um 14 Uhr (Ist, Soll und Differenz).

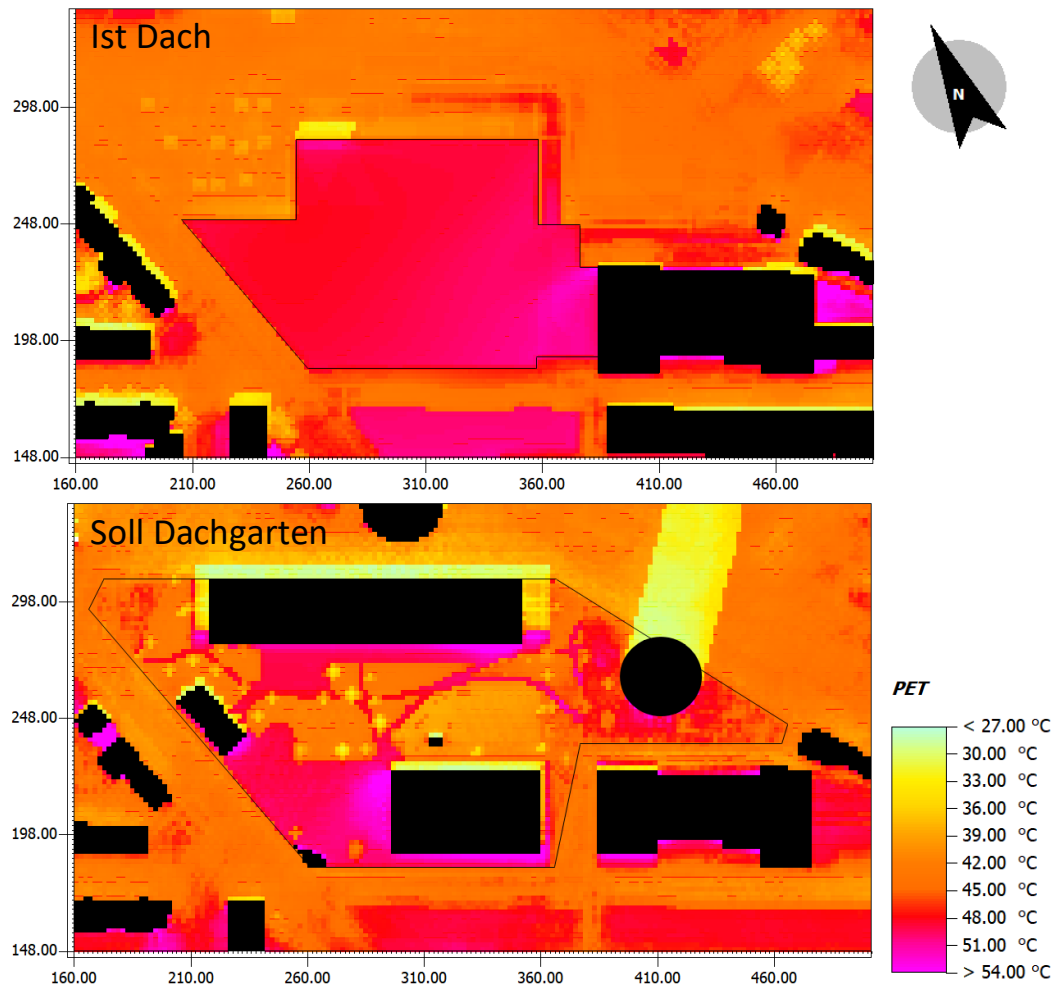


Abbildung 15: Hitzestress als PET auf dem Dach im Ist-Zustand (oben) und auf dem Dachgarten im Soll-Zustand (Schule, unten) um 14 Uhr.

Der Hitzestress auf dem Dach kann dank intensiver Begrünung deutlich verringert werden im Vergleich zum Ist-Zustand (Abbildung 15). Da die Bäume erwartungsgemäss eher kleingewachsen sein werden, können sie den Hitzestress nur punktuell reduzieren. Auch auf den intensiv begrünten Flächen kann es sonnenexponiert sehr heiss sein. Die nicht begrünten Flächen sind unter solchen Bedingungen nicht als Aufenthaltsflächen geeignet. Dies betrifft insbesondere die Bereiche westlich der Turnhalle wegen dem Windschatten. Besonders auch der geplante Kunstrasen kann sich sehr stark aufheizen. Auch die Fassadenflächen der Schule strahlen intensiv wärme ab.

Dach thermisch kritisch

4.2 Beschattungsanalyse

Die Beschattung fällt erwartungsgemäss im Soll-Zustand deutlich grosszügiger aus als im Ist-Zustand (Abbildung 16). Einzig der Durchgang zwischen dem südlichsten Wohnhaus und dem Aufgang Güterstrasse wird fast ganztags besonnt. Der südliche Teil der Grünfläche wird ebenfalls wenig beschattet, wodurch trotz Rasenbewuchs nachmittags starker Hitzestress entstehen kann.

Starke Beschattung des Arealis im Soll-Zustand

Das Hauptproblem bezüglich der Beschattung wird in der 3D-Ansicht in Abbildung 17 ersichtlich. Das Dach des Gebäudes Baufeld E (Schule) wird praktisch ganztags nicht beschattet. Die Bäume sind zu klein, um während mehreren Stunden am Tag Verschattung zu bieten.

Dach praktisch ganztags besonnt

Da die Sonne in den hiesigen Breitengraden nicht senkrecht steht, wandert der Schatten der einzelnen Bäume im Tagesgang. Da kein geschlossenes Kronendach entsteht, sind die meisten Flächen nur kurz beschattet. Dies führt dazu, dass ein Grossteil der Dachflächen am Tag weniger als 1.5 h beschattet wird und dadurch in Abbildung 17 gelb dargestellt sind. Die Sonnenkollektoren werden bei der Analyse zum Gebäude zugehörig gezählt.

Einzelbäume ergeben nur kurz Beschattung

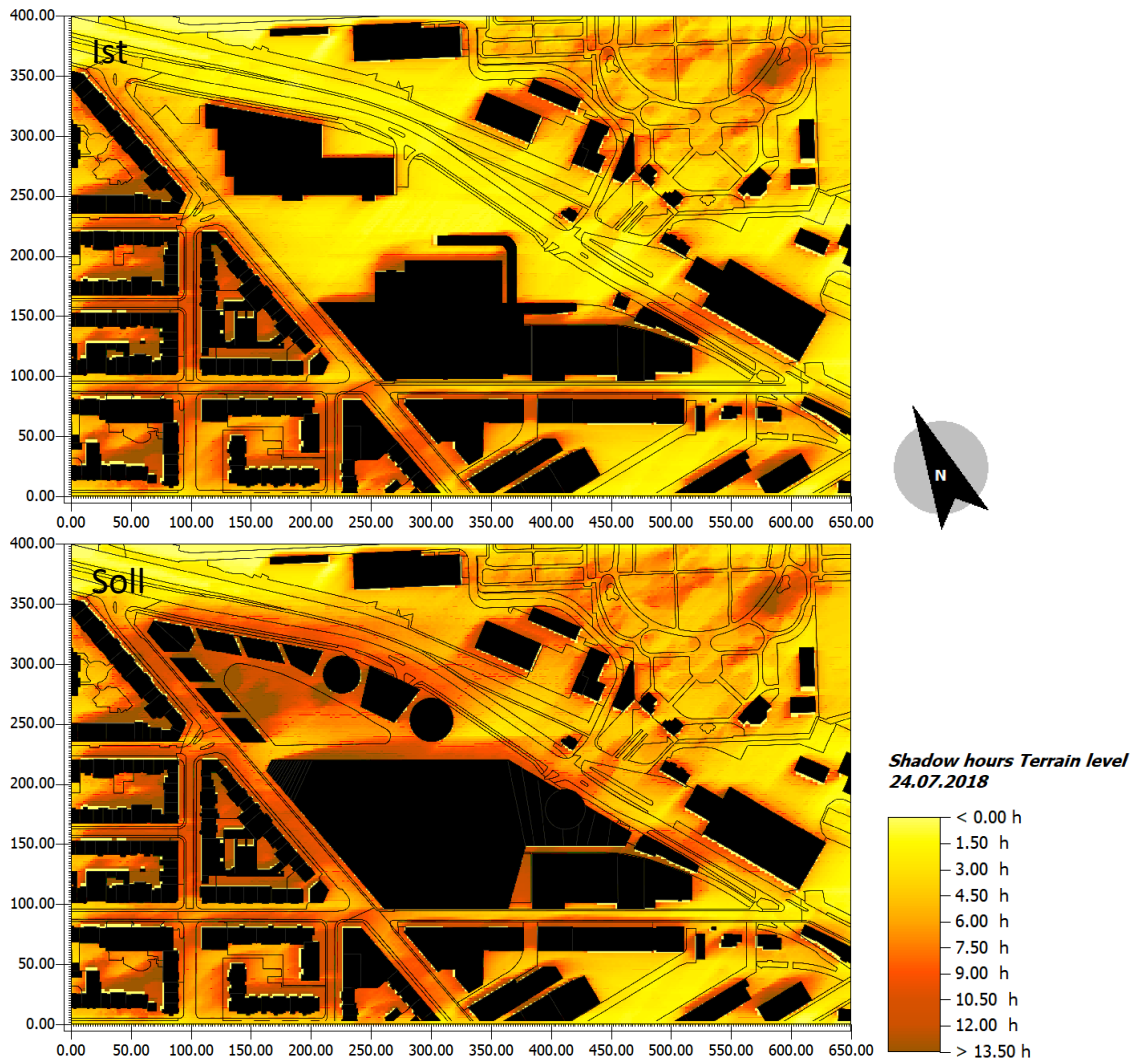


Abbildung 16: Verteilung der Schattenstunden innerhalb der Modellumgebung für den 24. Juli (Ist und Soll).

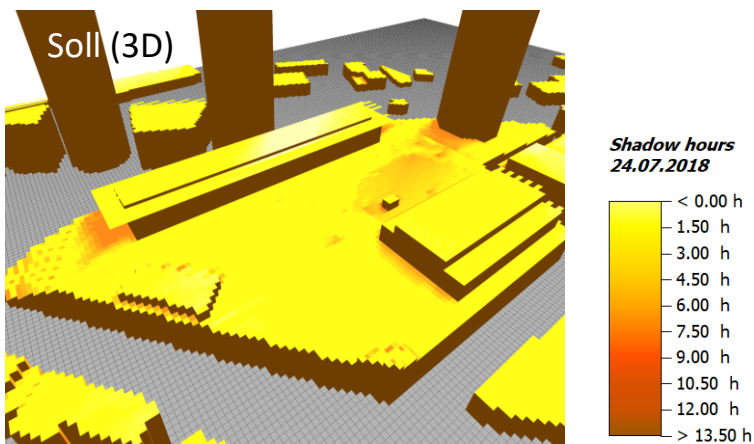


Abbildung 17: 3D-Ansicht der Verschattung von Dach- und Fassadenflächen im Modell (Soll).

4.3 Wind

Die Windzirkulation ist ein wichtiger Parameter für die Berechnung der PET und damit auch für den empfundenen Hitzestress (siehe Kapitel 1.3). Ausserdem fördert eine gute Durchströmung auch die nächtliche Auskühlung.

Wind als wichtiger Parameter für das Stadtklima

Die Winddaten stammen von Messungen der Messtation in Basel/Binningen für einen vergleichbaren, typischen Sommertag. Die Windgeschwindigkeiten sind dabei eher tief, besonders nachts. Während sehr heissen Tagen ist dies typisch, weshalb auch der Hitzestress stark ansteigt. Dies gilt besonders dann, wenn die Windgeschwindigkeit gegen null geht.

Hitzestress steigt exponentiell an unter sehr windschwachen Bedingungen

Die Durchströmung am Tag funktioniert unter der simulierten Windrichtung Ost auch im Soll-Zustand noch gut. Die windabgewandten Bereiche um die nördlichen beiden Hochhäuser und um die Tiefgarage sind jedoch praktisch vom Windfeld abgeschirmt, was auch die sehr hohen PET-Werte erklärt.

Tiefe Windgeschwindigkeiten vor nördlichen Türmen

Zwischen dem Gebäude Baufeld E und dem mittleren Hochhaus entsteht ein Jet-Effekt, welcher vor allem bei stärkerem Wind problematisch werden kann. In der vorliegenden Simulation führt er vor allem dazu, dass die thermische Situation nördlich dem Gebäude Baufeld E sehr angenehm ist. Die dahinterliegende Grünfläche wird zudem gut belüftet, was auch die niedrigen PET-Werte erklärt.

Jet-Effekt

Auf dem Dachgarten (Schule) findet gute Durchlüftung statt. Das südliche Hochhaus hat eine leicht abschirmende Wirkung, dank seiner runden Form kann es jedoch gut umströmt werden. Westlich der Turnhalle, welche tagsüber auch stark sonnenexponiert ist, entsteht ein sehr windschwacher Bereich.

Dachgarten allgemein gut durchlüftet

Nachts wurde eine Anströmung entlang der Münchensteiner- bzw. der Reinacherstrasse simuliert. Für die vorgesehene Anordnung der Gebäude ist dies eine sehr ungünstige Anströmungsrichtung. Dementsprechend gering fällt die Durchlüftung gemäss Modell aus. Trotzdem scheint noch eine mässige Zirkulation zwischen den Wohnhäusern stattzufinden, da der Wind nicht vollständig versiegt.

Nachts weniger gut durchlüftet

Gemäss Simulationsresultaten scheint am Tag die Windgeschwindigkeit in den westlich angrenzenden Strassenzügen des Gundeldingerquartiers, insbesondere in der Güterstrasse, leicht abzunehmen.

Windgeschwindigkeit Güterstrasse abnehmend

Für die nächtliche Windzirkulation ist auch die Kaltluftabflusssimulation in Kapitel 4.5 zu beachten, welche die nächtlichen Kaltluftflüsse in diesem Teil der Stadt separat aufzeigt.

Kaltluftabflusssimulation beachten

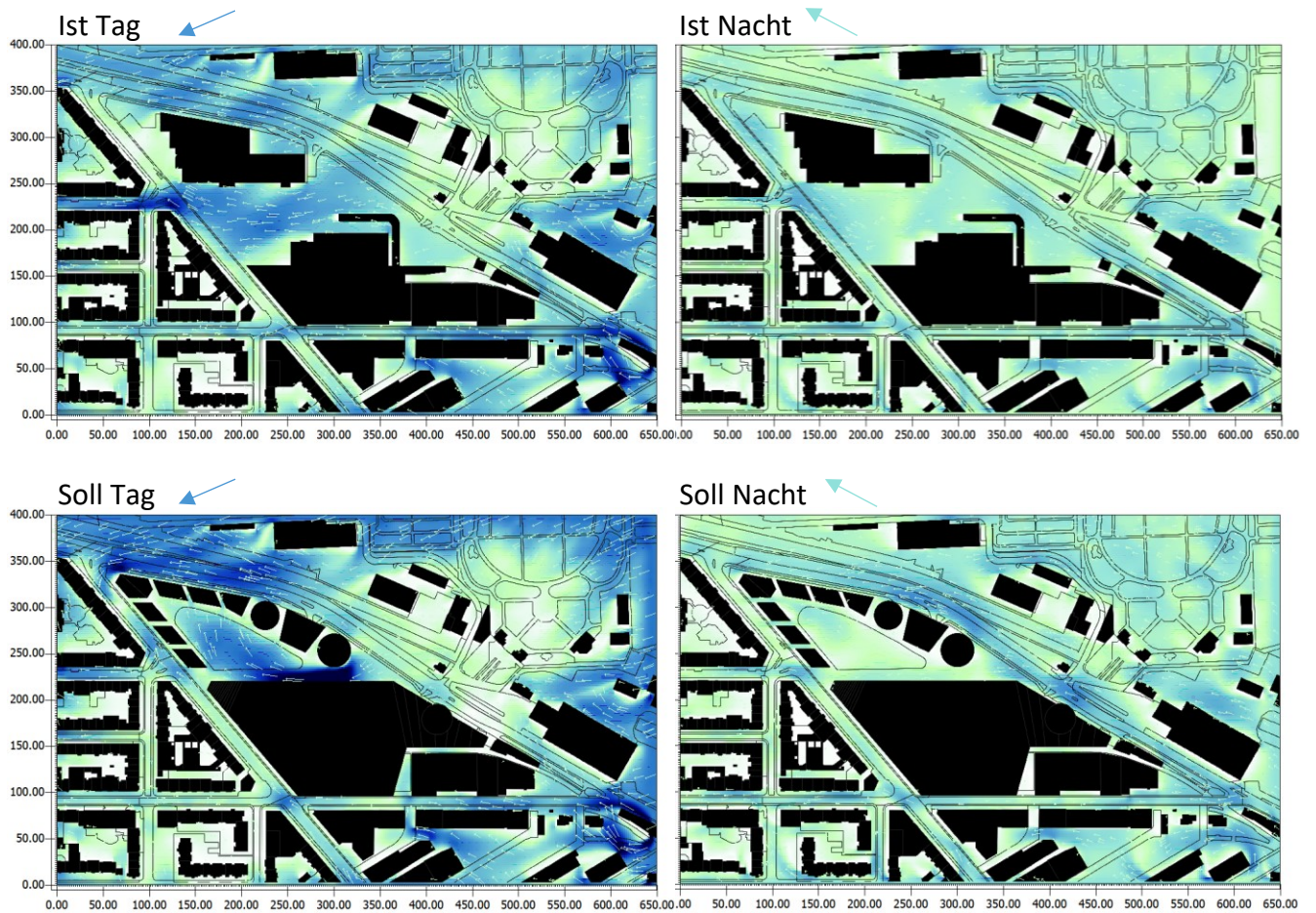


Abbildung 18: Windfeld am Tag (links) und in der Nacht (rechts) auf Bodenniveau im Ist-Zustand (oben) und im Soll-Zustand (unten).

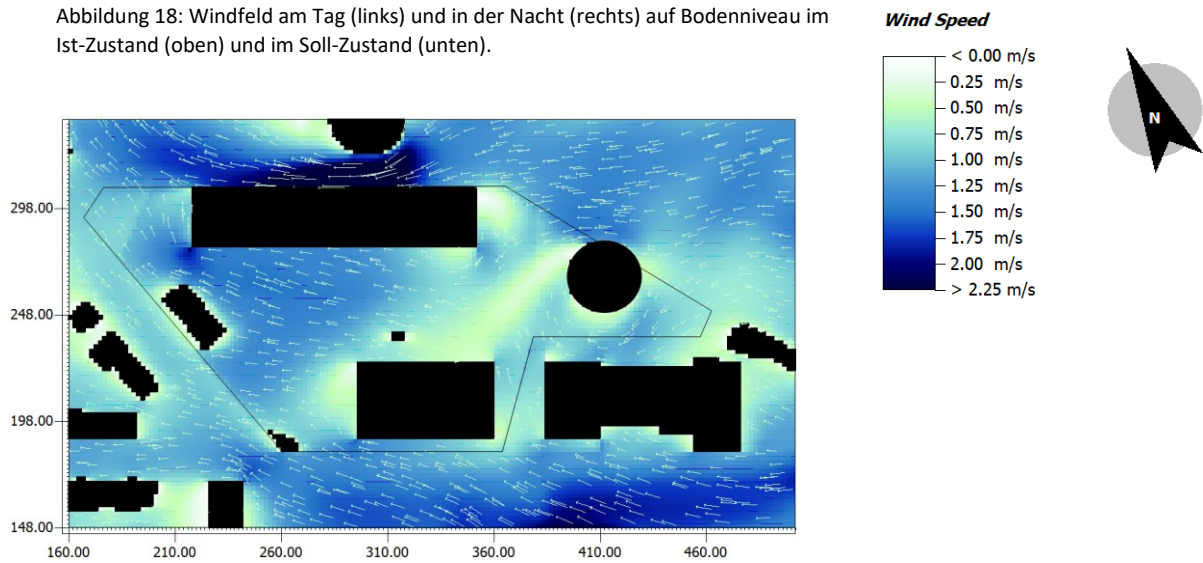


Abbildung 19: Windgeschwindigkeit am Tag im Soll-Zustand auf dem Dachgarten (Schule).

4.4 Auskühlung Nacht

Die Auskühlung in der Nacht ist massgeblich davon abhängig, wie die ankommende solare Energie am Tag an der Oberfläche verarbeitet wird und wie effektiv sie nach Sonnenuntergang wieder abgegeben werden kann. Stark versiegelte Bereiche mit grosser Fassadenfläche pro Grundfläche bleiben daher nachts wärmer als offene und unversiegelte Freiflächen, welche die Energie am Tag mehrheitlich für die Verdunstung aufwenden können.

Oberfläche steuert die Auskühlung

Höchste Lufttemperaturwerte treten demnach entlang der Münchensteinerstrasse und auf dem östlichen Teil des Parkplatzes auf (Abbildung 20). Auf dem Parkplatz können die Bereiche, welche tagsüber im Gebäudeschatten des Migros-Gebäudes liegen, besser auskühlen. Die Unterschiede sind jedoch nicht sehr markant.

Hohe Werte bei stark versiegelten Flächen an Gebäuden

Mit der neuen Bebauungsstruktur ist die thermische Situation in der Nacht deutlich verbessert. Die Grünfläche im Park mit Bäumen speichert weniger Energie im Vergleich zur Parkplatzfläche im Ist-Zustand, was nachts die Auskühlung deutlich verbessert. Dank dieser Grünfläche ist die Parzelle weniger auf herangeführte Kaltluft angewiesen, als dies im Ist-Zustand für ein effektives Auskühlen notwendig wäre. Die hofartige Struktur im nördlichen Teil des Areals, welche auch kritisch bezüglich nächtlicher Auskühlung sein könnte, lässt dank den vielen kleinen Lücken etwas Durchströmung zu. Ausserdem ist der Hof auf der Südseite offen. Allerdings schränkt das Gebäude Baufeld E mit dem Schulhaus auf dem Dach die Windströmung über das Dach ein.

Deutlich besser dank Park und Material

Ein weiterer Vorteil der Wohngebäude ist das gewählte Material. Die Holzfasade kann nachts gut auskühlen, einerseits aufgrund der geringeren Wärmekapazität (geringe Energiespeicherung) und andererseits aufgrund der tiefen Wärmeleitfähigkeit (oberflächliche Erwärmung des Materials), was einen geringen Wärmeeindringkoeffizienten ergibt.

Geringer Wärmeeindringkoeffizient führt zu guter Auskühlung nachts

Allgemein wird deutlich, dass im Soll-Zustand die nächtliche Auskühlung in und um das Areal herum verbessert wird. Einzig die nordwestliche Ecke auf dem Areal kühlt im Soll-Zustand weniger gut aus. Das liegt daran, dass direkt angrenzend ans Areal ein breiter Kreisel entsteht und Grünfläche verloren geht. Ausserhalb des Areals wird nordöstlich eine geringere Auskühlung simuliert. Dies könnte an der verschlechterten Durchlüftung aufgrund der grösseren Gebäudemasse liegen, welche bei der gerechneten Anströmung im Windfeld steht. Ausserdem ist denkbar, dass die in der neu viel grösseren Gebäudemasse gespeicherte Energie auch einen Einfluss auf die nähere Umgebung hat. Auf dem Areal wirken die Entsigelungsmassnahmen und die grössere Grünziffer dem entgegen. Ausserhalb des Areals, wo in der Simulation im Vergleich zum Ist-Zustand keine Veränderung stattfindet, fehlt diese Kompensation, wodurch die Lufttemperatur steigt. Ob dies ein Einfluss der Hochhäuser oder allgemein der grösseren Flächenbelegung mit Gebäuden ist, müssten weitere Tests zeigen.

Differenzbetrachtung

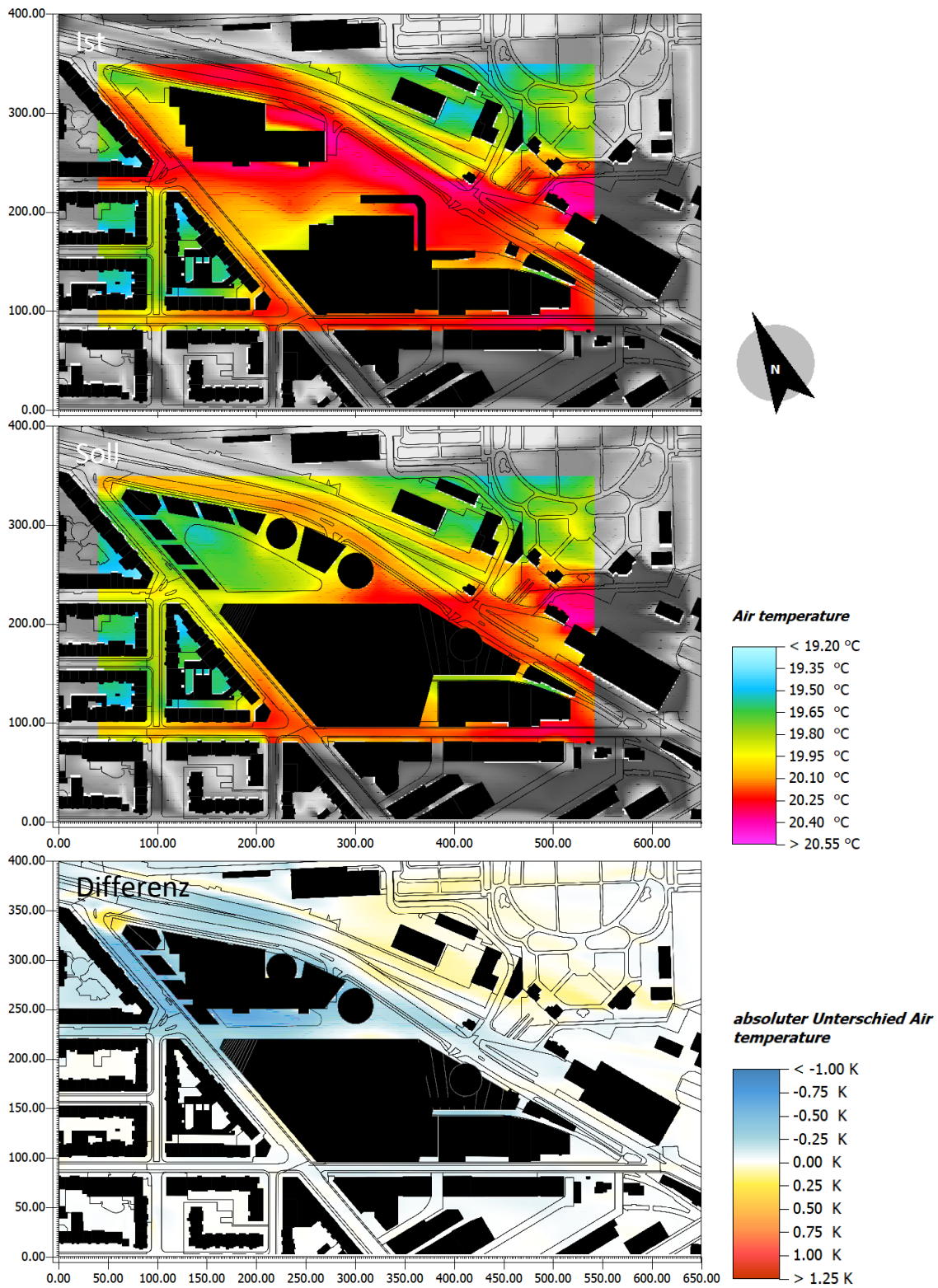


Abbildung 20: Lufttemperatur-Verteilung innerhalb der Modellumgebung um 4 Uhr im (Ist, Soll und Differenz).

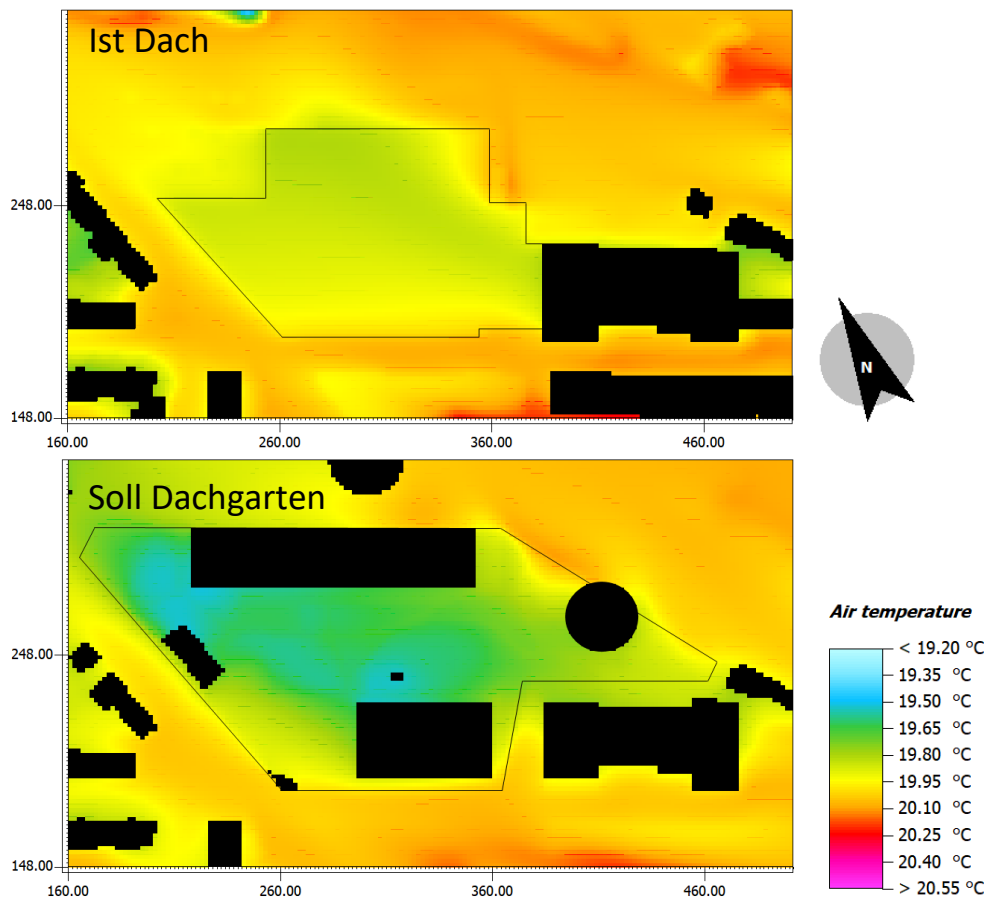


Abbildung 21: Lufttemperatur-Verteilung auf dem Dach im Ist-Zustand (oben) und auf dem Dachgarten im Soll-Zustand (Schule, unten) um 4 Uhr.

Dachflächen kühlen abends generell rasch aus, da sie wenig Energie speichern und diese aufgrund der geringen Horizont einschränkung nahezu ungehindert abgeben können. Der Dachgarten (Schule) kühlt dank intensiver Begrünung nachts besonders gut aus. Trotz grösserer Gebäudemasse ist die Auskühlung besser als im Ist-Zustand (Abbildung 21), da der Dachgarten tagsüber auch Energie für die Verdunstung aufwenden kann und in den Holzfassaden der Schule wenig Energie gespeichert wird.

Auskühlung Dachgarten

Ob diese starke Auskühlung auch einen Einfluss auf die nähere Umgebung hat, ist nicht abschliessend klar. Die Effekte im Abstrombereich mischen sich mit der allgemein verbesserten Abkühlung auf der Parzelle. Bodennah beim Aufgang Ecke Reinacherstrasse / Melchior Berri-Promenade scheint jedoch in Abbildung 20 ein leichter Einfluss simuliert zu werden und auch die Güterstrasse ist deutlich kühler, verglichen mit dem Ist-Zustand.

Einfluss Umgebung

4.5 Kaltluftabflussmodellierung

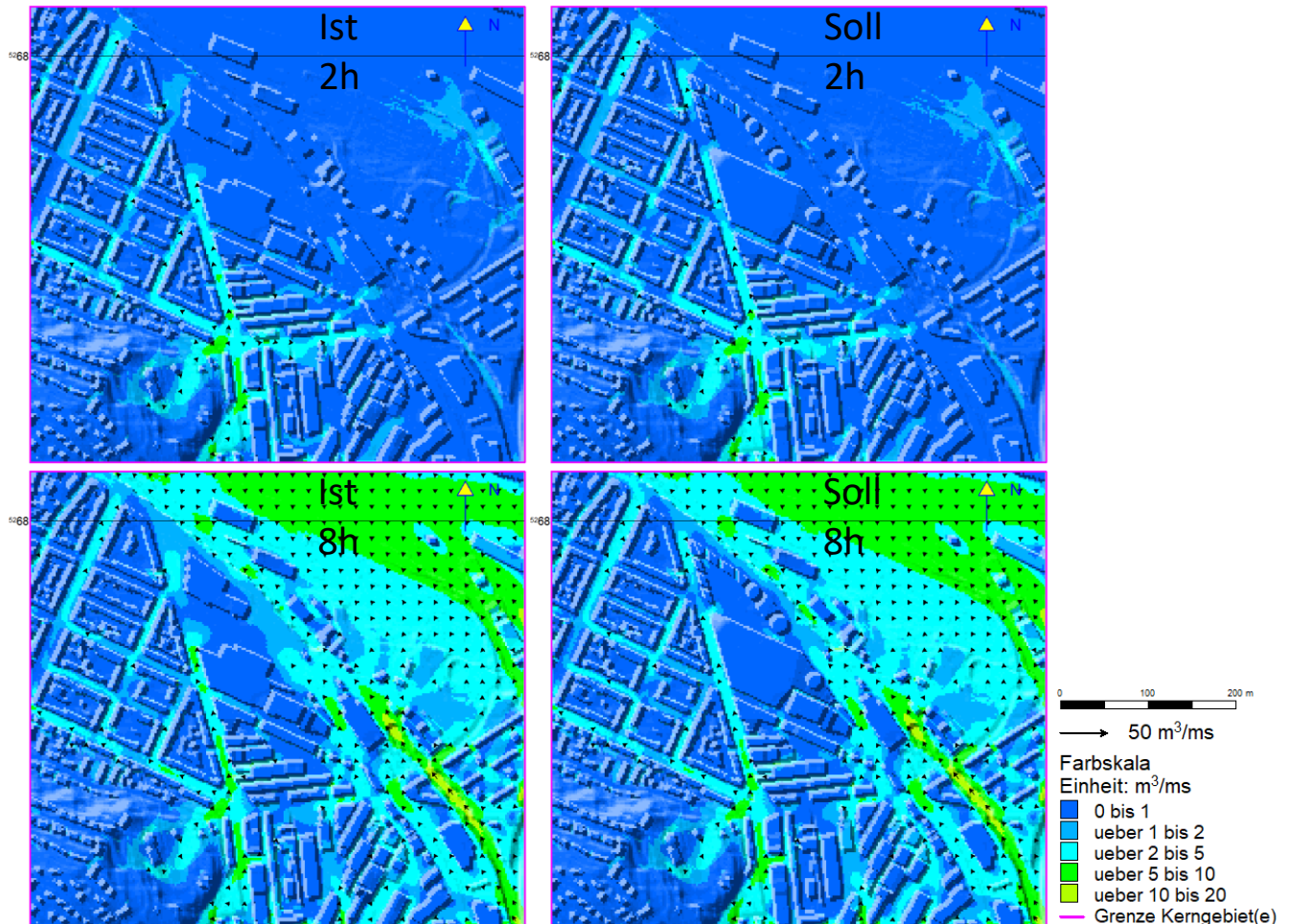


Abbildung 22: Kaltluftvolumenstrom 2 und 8 h nach Sonnenuntergang für das Kerngebiet im Ist-Zustand (links) und mit dem zukünftigen Bebauungszustand (rechts).

Der Kaltluftvolumenstrom beschreibt, wie viel Kubikmeter Kaltluft, welche nach Sonnenuntergang produziert wird, pro Sekunde und pro Meter (Querschnitt) eine Gitterzelle durchströmt. Die Pfeile in Abbildung 22 zeigen dabei die Richtung und Stärke der Strömung. Der Kaltluftvolumenstrom hilft zu verstehen, welche Gebiete wie gut mit nächtlicher Kaltluft versorgt werden und wo sich wichtige Kaltluftschneisen befinden. Ersichtlich ist dies z.B. entlang den Gleisen im nördlichen Teil des Kerngebietes (Ansicht Gesamtgebiet im Anhang A.5).

Kaltluftvolumenstrom zeigt Versorgung mit Kaltluft

Um die Ansammlung von Kaltluft, z.B. innerhalb einer Grünfläche, oder permanentes Abfließen von Kaltluft, z.B. an einem Waldrand, darzustellen, dient die Kaltluflhöhe mit überlagertem bodennahem Strömungsfeld in Abbildung 23.

Kaltluflhöhe und bodennahes Strömungsfeld

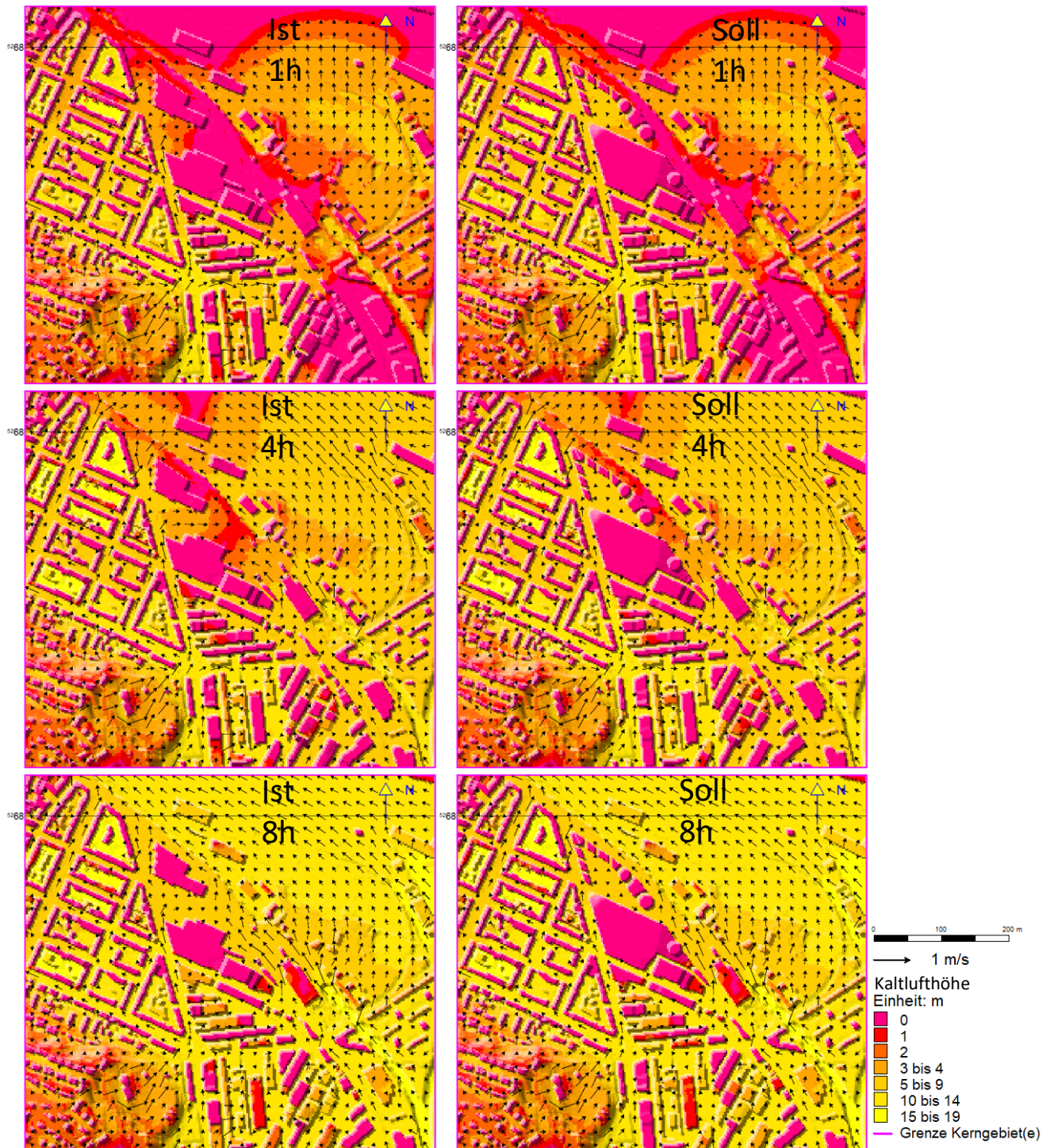


Abbildung 23: Kaltlufthöhe und bodennahes Windfeld 1, 4 und 8 h nach Sonnenuntergang für das Kerngebiet im Ist-Zustand (links) und im Soll-Zustand (rechts).

Abbildung 22 zeigt, dass im Ist-Zustand, besonders in den frühen Abendstunden, eher ein Einfluss von Kaltluft aus dem Bruderholz über die Reinacherstrasse simuliert wird. Dieser Strom ist jedoch relativ schwach und reicht gerade bis an die Parzellengrenze. Durch die neu geplante Bebauung wird dieser Zu-
strom erschwert, und die später simulierte schwache Durchströmung, ersicht-
lich in Abbildung 23, kann nicht mehr stattfinden.

**In frühen Abendstunden leichter
Kaltluftfluss aus Bruderholz**

Im späteren Verlauf des Abends könnte der Einfluss entlang der Münchensteinerstrasse, und somit von dem grossflächigen Kaltluftabfluss entlang der Birs, welcher Richtung Bahnhof SBB ausfächert, zunehmen (siehe auch Kapitel 2.3 und Anhang A.5). Im Ist-Zustand wird dies nicht so deutlich und eher gegen die frühen Morgenstunden simuliert. Hier hält sich jedoch der Einfluss von beiden Seiten etwa die Waage. Im Soll-Zustand gelangt kaum mehr Frischluft von der Münchensteinerstrasse zum Zentrum des Areal.

**Einfluss Münchensteinerstrasse
später**

Abbildung 23 zeigt, weshalb die verringerte Versorgung von aussen herange-
führter Kaltluft für das Gebiet kaum ein Problem darstellen dürfte. Aufgrund
der grossen Grünfläche wird nachts auf dem Areal selbst Kaltluft erzeugt. Diese
Kaltluft fliesst nur leicht ab und sammelt sich somit im Hof. Im Zustand 8 h nach
Sonnenuntergang, was in etwa 4 Uhr morgens entspricht, wird sogar ein leicht-
tes Abfliessen der gebildeten Kaltluft Richtung Münchensteinerstrasse simuliert.

**Areal versorgt sich selbst mit Kalt-
luft**

Im Modell wurde dem Dachgarten keine zusätzliche Kaltluftproduktion zuge-
wiesen. Die Schwierigkeit ist dabei, die korrekte Klasse für die Kaltluftprodukti-
onsrate zu finden. Die Klassen beziehen sich auf natürliche Flächen oder Parkan-
lagen, welche wohl eine grössere Kaltluftproduktionsrate aufweisen. Ausser
Frage steht, dass der Dachgarten selbst gut auskühlt (siehe voriges Kapitel 4.4).
Sein Einfluss auf die Umgebung wurde im Kaltluftabflussmodell nicht berück-
sichtigt, er könnte aber durchaus für eine leicht bessere Auskühlung auch in der
näheren Umgebung sorgen.

**Im Modell keine Kaltluftprodukt-
ion Dachgarten berücksichtigt**

Die Differenzkarten der Kaltluflhöhe in Abbildung 24 zeigen ebenfalls die bes-
sere Kaltluftversorgung im Soll-Zustand. Dabei muss beachtet werden, dass ein
Grossteil der Vergleichsfläche innerhalb des Areals bisher oder nachher Ge-
bäude sind/sein werden.

**Deutliche Differenz der Kaltluft-
höhe**

Beim Bau von grossen Gebäudevolumen stellt sich immer auch die Frage, wie
das grossräumige Windsystem beeinflusst wird. Im vorliegenden Fall wird so-
wohl in der KABS wie auch in der hier durchgeführten Kaltluftabflusssimulation
ein Abzweigen der grossräumigen Strömung aus dem Birstal simuliert. Diese
Strömung reicht knapp bis vor den Bahnhof SBB, wobei der Bahndamm zur Nau-
enstrasse bereits nicht mehr überströmt wird. An der derzeit vorherrschenden
Konstellation ändert sich durch die Überbauung nicht viel, da ein Grossteil des
Kaltluftstroms über den Walkeweg und den Wolfgottesacker verläuft. Einige
Pfeile in Abbildung 24 sind zwar rot, was bedeutet, dass die Windgeschwindig-
keit abnimmt. Aber es gibt daneben auch Windpfeile in blau, was auf eine Zu-
nahme hindeutet. Allgemein gleichen sich die Zu- und Abnahmen ungefähr aus.
Somit reagiert die Kaltluftströmung zwar auf die neue Bebauung, ein markant
negativer Einfluss kann jedoch nicht festgestellt werden.

**Kein Einfluss auf grossräumige
Kaltluftströmungen**

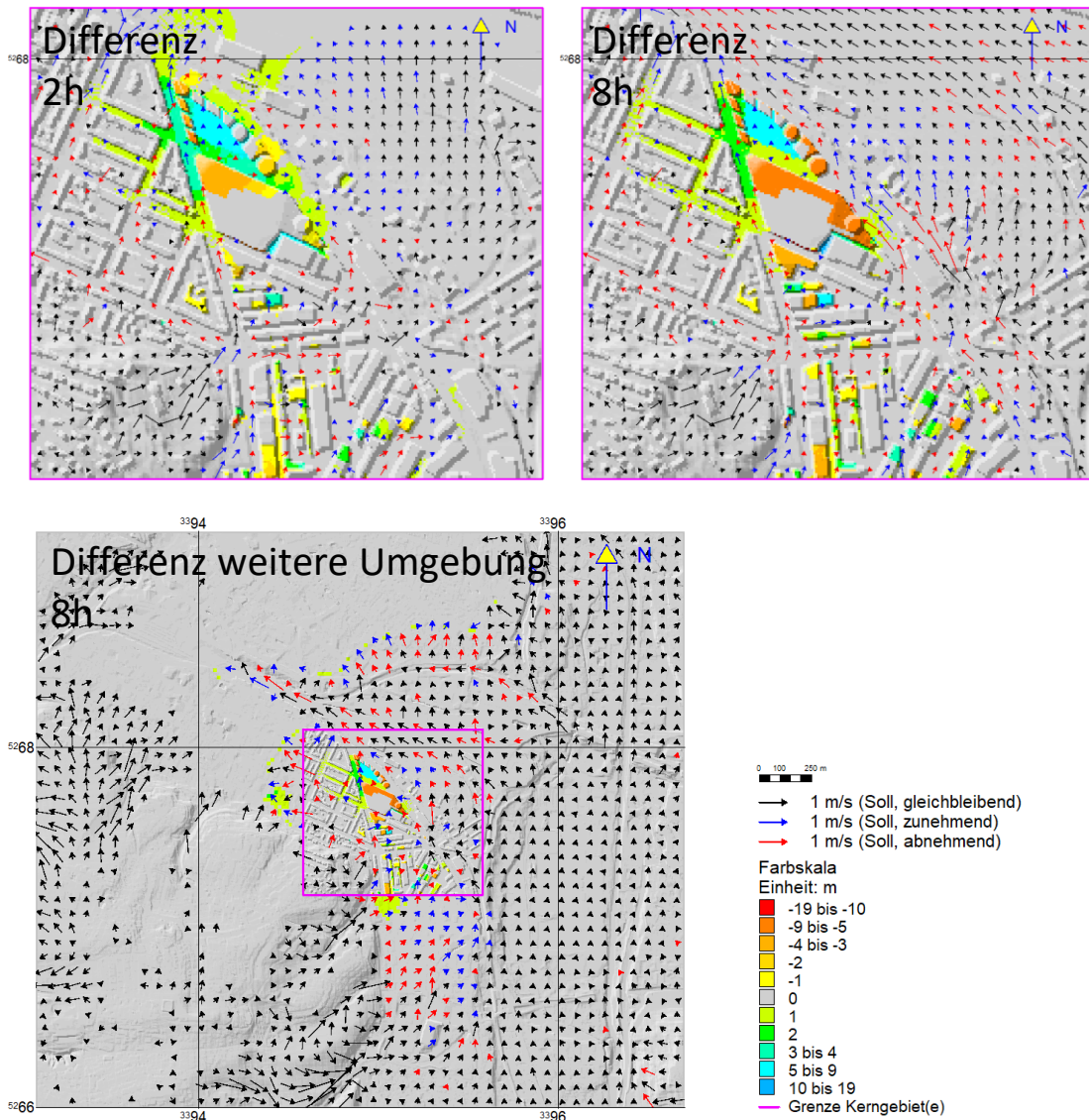


Abbildung 24: Differenz der Kaltluflhöhe 2 h (links) und 8 h (rechts) nach Sonnenuntergang im Kerngebiet (oben) und im gesamten Einflussgebiet (unten, nur 8h). Die Pfeile zeigen die Windrichtung und -stärke im Soll-Zustand, wobei die Farbe anzeigt, ob die Strömung im Vergleich zum Ist-Zustand zunimmt (blau), abnimmt (rot) oder gleich bleibt (schwarz).

5 Schlussfolgerungen

5.1 Hitzestress am Tag

Der Hitzestress am Tag wird mit der neuen Bebauungssituation auf dem Areal deutlich abnehmen. Innerhalb des Areals gibt es einige thermische Entlastungsflächen, wie z.B. die Parkanlage mit Bäumen sowie die schattigen Bereiche nördlich dem Baufeld E oder zwischen den Gebäuden. Einige thermisch unangenehme Bereiche entstehen vor den beiden nördlichen Hochhäuser mit der dazwischen liegenden Einstellhalle.

Erkenntnis: geringerer Hitzestress am Tag dank neuer Bebauung und Umgebung

Die Grünfläche könnte im Bereich der beiden nördlichen Hochhäuser und der Einstellhalle bis zu den Gebäuden erweitert werden. Erschliessungsflächen könnten als Chaussierung anstelle von Asphalt realisiert werden. Die Baumgruppen könnten im östlichen Teil des Parks bis zur südöstlichen Spitze hingezogen werden, um den Fassadenbereich der Gebäude zu beschatten. Im Bereich der Einstellhalle könnte die Grünfläche direkt in eine Fassadenbegrünung übergehen.

Optimierungsvorschlag

Am Tag ist die thermische Situation im nordwestlichen Teil der Grünfläche sehr angenehm. Auf den unbeschatteten Flächen, wie man es in Realität an heissen Sommertagen auch beobachten kann, entsteht trotz Rasenfläche erheblicher Hitzestress. Effektiv reduzieren lässt sich der Hitzestress in diesem Teil der Parkanlage vor allem durch Beschattung. Auch eine Bewässerung des Rasens oder das Sicherstellen der Wasserverfügbarkeit durch ein geeignetes Retentionskonzept (Regenwassermanagement/«Schwammstadt») hilft dem Hitzestress entgegenzuwirken. Erwartungsgemäss wird die Rasenfläche in diesem Bereich des Areals ohnehin regelmässig bewässert werden, da sie ganztags besonnt ist und im Sommer viel Wasser verdunsten wird. Die gute Durchströmung in diesem Bereich verstärkt die Verdunstung zudem.

Erkenntnis: Hitzestress im Park

Zusätzliche Bäume im südlichen Teil der Grünanlage können den Hitzestress dank Beschattung reduzieren. Ein geeignetes Konzept zur Speicherung von Regenwasser und/oder eine ausreichende Bewässerung fördert zudem die Verdunstungskühlung und sorgt dafür, dass die Grünfläche nicht verdorrt.

Optimierungsvorschlag

Beim südwestlichen Eingang zum Areal, gegenüberliegend dem Aufgang Ecke Reinacherstrasse / Melchior Berri-Promenade, entsteht tagsüber ebenfalls starker Hitzestress.

Erkenntnis: Hitzestress Eingang Südwest

Der Fassadenbereich des südlichsten Wohngebäudes könnte begrünt werden und die bodennahen Bereiche könnten entsiegelt und/oder mit einem Baum verschattet werden (falls von den Zufahrtswegen her möglich). Der Zugangsbe- reich könnte ggf. stärker beschattet werden.

Optimierungsvorschlag

Die grössten Probleme bezüglich Hitzestress an einem heissen Sommertag können auf dem Dach des Baufelds E (Dachgarten, Schule) entstehen. Die Bäume können dort keine Grössen erreichen, welche eine durchgehende Beschattung ermöglichen. Dachflächen sind in einer Stadt die exponiertesten Oberflächen

Erkenntnisse: starker Hitzestress auf dem Dach

und erhalten ganztags deutlich am meisten Sonnenlicht. Die Begrünung hilft dem entgegenzuwirken, im aktuellen Zustand fehlt es aber an Beschattung. Die Sportanlagen sind ganztags besonnt und werden sich an heissen Sommertagen sehr stark aufheizen, wobei Sportaktivitäten eher in den Morgen- und Abendstunden stattfinden.

Wenn ein geschlossenes Kronendach auf einem Grossteil der Flächen realisiert werden könnte, wäre die Situation beim Schulhaus deutlich besser. Dies ist aber wohl nicht realistisch und aufgrund der limitierenden Auflastflächen auch nicht flächendeckend machbar. Daher raten wir mit mobilen Sonnensegeln, welche z.B. zwischen den Gebäudeteilen aufgespannt werden können, oder (pflanzenbewachsenen) Pergolen für Schatten zu sorgen. Die westliche Fassade vor der Turnhalle sollte verschattet werden, z.B. mit Markisen. Der Spielbereich im Süden sollte ebenfalls verschattet werden können. Bei der Wahl des Bodenmaterials könnte auf ein thermisch träges und helles Material gesetzt werden, welches sich weniger stark aufheizt. Bei der Ausgestaltung des Dachgartens sollte zwingend auf die Wahl und Schichtdicke des Substrats geachtet und ein geeignetes Bewässerungskonzept umgesetzt werden.

Optimierungsvorschlag

5.2 Auskühlung in der Nacht und Kaltluftströme

In der Nacht kühlt das gesamte neu bebaute Areal gut ab. Die Materialien wurden hierfür gut gewählt, und es gibt eine ausgewogene Verteilung von versiegelten, unversiegelten und mit Gebäuden bedeckten Flächen. Im Modell kühlt einzig der östliche Bereich des Areals Richtung Münchensteinerstrasse weniger gut aus.

Erkenntnis: Gute Auskühlung nachts

Die Auskühlung könnte zusätzlich verbessert werden, wenn vermehrt versiegelte Fläche in unversiegelte Fläche umgestaltet würde. Besonders im gebäudenahen Bereich wäre dies von grossem Nutzen. Beim östlichen Zugang zum Areal könnten, in Abstimmung mit den für die Rettung notwendigen Oberflächenbefestigungen, versickerungsfähige und begrünte Flächen eingeplant werden. Dies würde auch die Vernetzung der Grünflächen zum Wolfgottesacker begünstigen.

Optimierungsvorschlag

Die Kaltluftversorgung mit von aussen herangeführter Kaltluft wird im neu bebauten Zustand zwar weniger gut funktionieren. Auf dem Areal selbst wird jedoch dank der grossen Parkanlage selbst Kaltluft erzeugt. Dadurch kann der fehlenden Versorgung von aussen entgegengewirkt und die Situation im Vergleich zum Ist-Zustand sogar verbessert werden.

Erkenntnis: Kaltluftproduktion

Durch den Bau der Hochhäuser wird die Gebäudemasse vertikal verteilt. Diese kann sich in der Höhe tagsüber aufwärmen und die Energie abends auch wieder abgeben. Aufgrund der geringen Horizont einschränkung und dem stetigen Luftstrom in der Höhe geschieht dies rasch und effektiv. Die Auswirkungen einzelner Hochhausbauten auf die Auskühlung im bodennahen Bereich sind tendenziell gering, sofern die Hochhäuser nicht flächendeckend erstellt werden. Entscheidend ist, wie die freigewordene Fläche am Boden genutzt wird. Im

Erkenntnis: Einzelne Hochhäuser nicht zwingend schlecht für das Stadtklima, wenn die freierwerdende Fläche gut genutzt wird

vorliegenden Fall entsteht eine grosse Grünanlage, was in den bodennahen Bereichen für eine bessere Auskühlung sorgt.

5.3 Windströmungen

Die Windströmung wird in den oberen Stockwerken durch die hohen Gebäude beeinflusst. Die runde Form der Hochhäuser gewährleistet jedoch eine gute Umströmung, sodass die Beeinflussung gering ausfällt. Diese runde Form führt zudem dazu, dass Fallwinde kaum ein grosses Problem darstellen dürften. Dank der aerodynamischen Form kann die Luft sehr gut um die Türme strömen und wird weniger nach unten abgelenkt. Ein leichtes Defizit bezüglich der Durchströmung kann ausserhalb des Areals in der Güterstrasse festgestellt werden. Zwischen dem mittleren Turm und dem Gebäude Baufeld E kann ein Bereich mit starkem Zug (Jet-Effekt) entstehen. Da die Windrichtung Ost in diesem Gebiet häufig vorkommt, könnte dies auch öfters der Fall sein.

Erkenntnis: Windströmung allgemein

Um den ungewünschten Windzug zu reduzieren, könnten bodennahe Strömungshindernisse, z.B. mittels Hecken oder Bäumen, geschaffen werden. Die Erkenntnisse sind besonders auch für die Nutzung und Ausgestaltung in diesem Bereich entscheidend, sodass z.B. bei der Wahl der Jalousien darauf geachtet werden sollte.

Optimierungsvorschlag

Weitere Verbesserungsmassnahmen und Optimierungsvorschläge können dem Stadtklimakonzept Basel-Stadt [8] oder der Publikation Hitze in Städten des BAFU [9] entnommen werden. Die Wirksamkeit von Massnahmen ist jedoch meist vom Standort abhängig und kann daher variieren.

Weitere Massnahmen

Anhang

A.1 Zitierte Grundlagen

- [1] Bundesamt für Umwelt (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020-2025.
- [2] Meehl, G. A. and Tebaldi, C. (2004): More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305(5686):994-997.
- [3] Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M., et al. (2013): *Climate change 2013. The physical science basis. Working Group I contribution to the 5th assessment report of the intergovernmental panel on climate change-abstract for decision-makers.* World Meteorological Organization.
- [4] National Centre for Climate Services (2020): CH2018-Webatlas.
<https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/materialien-und-daten/daten/ch2018-webatlas.html>
- [5] Höppe, P. (1999): The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2):71-75.
- [6] Sievers, U. (2005): Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des DWD 227. Inkl. CD mit PC-Testversion.
- [7] GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2018): Endbericht Stadtklimaanalyse Kanton Basel-Stadt.
- [8] Kanton Basel-Stadt (2021): Stadtklimakonzept zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung im Kanton Basel-Stadt.
- [9] Bundesamt für Umwelt BAFU (2018): Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung.

A.2 Details zu den Modellen

A.2.1 Mikroklimamodell ENVI-met

ENVI-met ist ein mikrometeorologisches Modell des Mainzer Professors Michael Bruse (www.envi-met.com). Das Modell simuliert das Mikroklima in einer urbanen Umgebung und berechnet das Zusammenspiel und die Effekte von Atmosphäre, Vegetation, Untergrund, Gebäudearchitektur und Materialien. Das Modell wurde vor über 20 Jahren entwickelt und seither stetig optimiert. Tausende Anwendungen sowie hunderte Publikationen und Städte, welche mit dem Modell arbeiten, zeugen von der Qualität und Robustheit der Modellergebnisse. ENVI-met ist somit das meistvalidierte Mikroklimamodell, welches verfügbar ist.

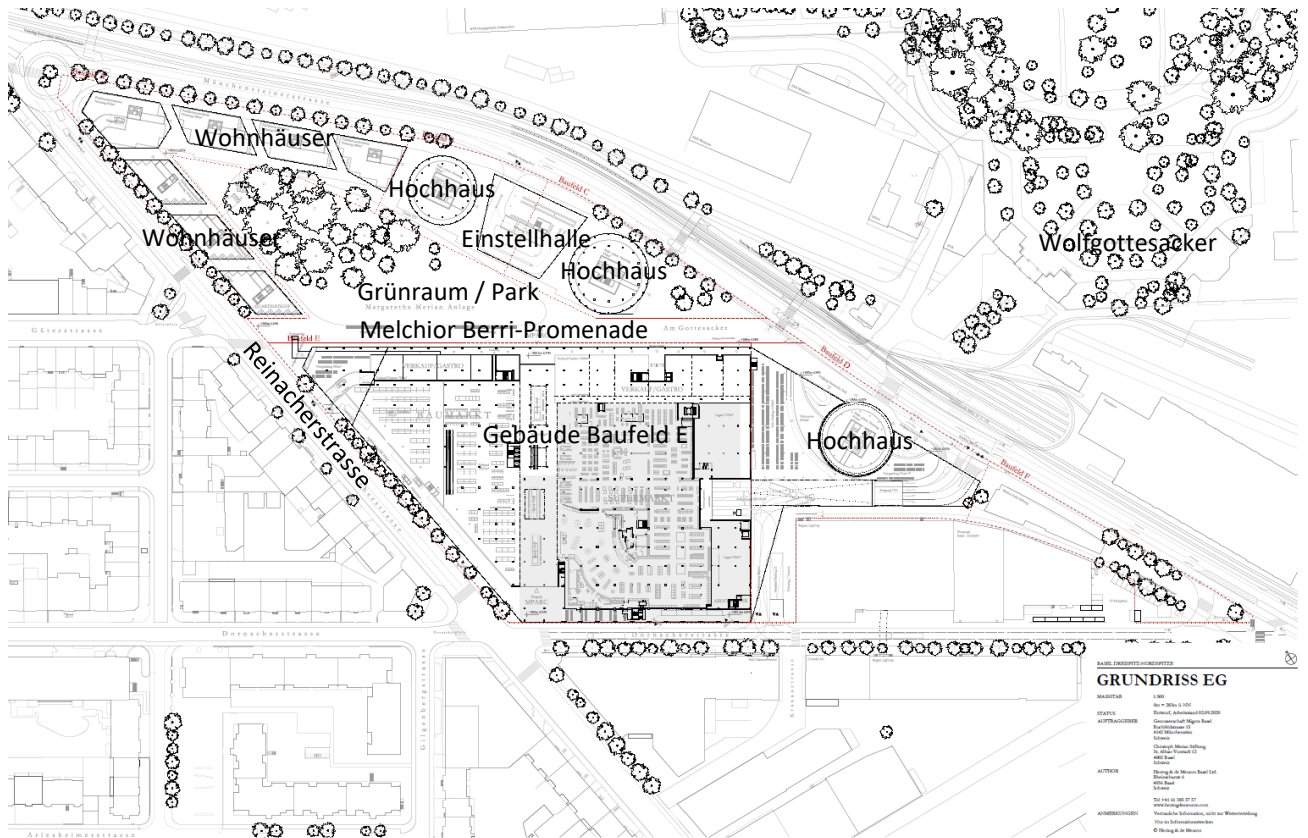
ENVI-met berücksichtigt die Platzierung und Stellung von Gebäuden in einer bestimmten geographischen Umgebung und damit deren Interaktion mit der einkommenden Sonnenstrahlung unter Berücksichtigung der meteorologischen Randbedingungen. Dabei werden auch Gebäudephysik und Wärmeströme im Boden sowie deren Einfluss auf die Lufttemperatur berücksichtigt. Zusätzlich werden unterschiedliche Baum- und Grünflächenarten unterschieden, welche ihrerseits wiederum einen unterschiedlichen Einfluss auf das Mikroklima und die Modelloutputs haben.

Die Orientierung und Dimensionierung der Gebäude beeinflusst ebenfalls das bodennahe Windfeld im Modell. Das Modell löst mit einem Zeitschritt von 2 Sekunden thermodynamische Gleichungen für jede Gitterzelle und nutzt die Inputs der umliegenden Zellen für den jeweils nächsten Rechenschritt, was entsprechend rechenaufwendig ist. Es werden bei dem Modell - anders als bei Gebäudemodellen wie üblicherweise in der Bauphysik verwendet - die für das Mikroklima elementaren Grundgleichungen der Energiebilanz respektiert und aufgelöst, wodurch eine möglichst realitätsgetreue Abbildung des Mikroklimas in allen Sphären erzeugt wird.

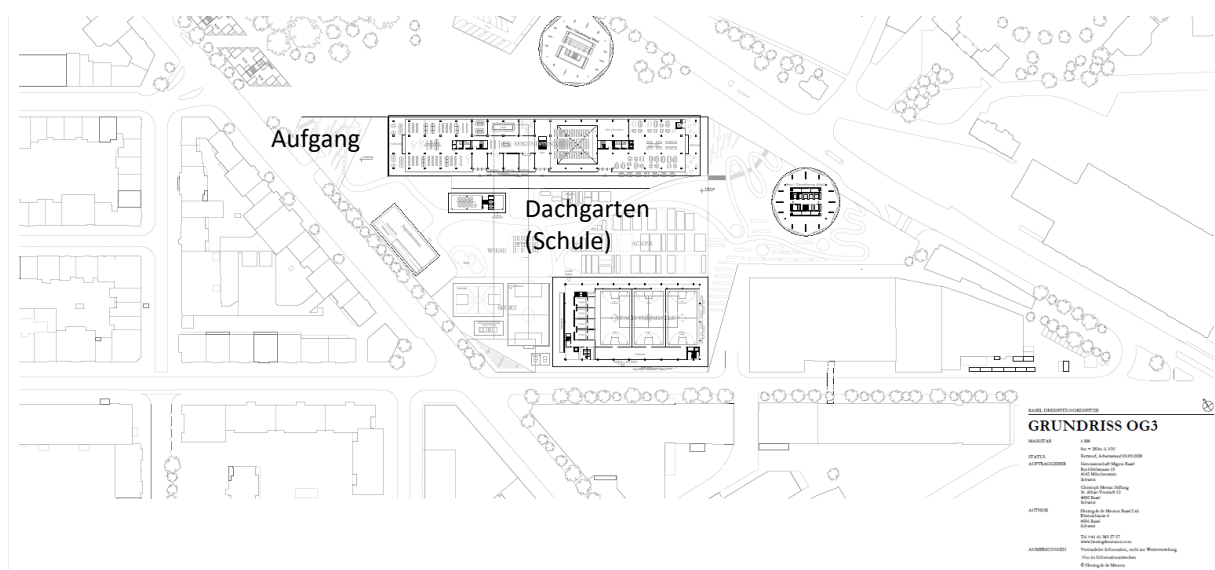
A.2.2 Kaltluftabflussmodell KLAM_21

KLAM_21 ist ein vom Deutschen Wetterdienst entwickeltes zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in orographisch gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt. Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsclassen wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine "Rauigkeit" als Maß für den aerodynamischen Widerstand. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, Fließen und die Ansammlung der Kaltluft. Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu beliebig wählbaren Zeitpunkten können danach Resultatkarten erzeugt werden. Der maximale Simulationszeitraum (8 h oder 240 min) entspricht dabei dem Zeitpunkt der maximalen Auskühlung und kann mit dem KABS-Zustand von 4 Uhr morgens verglichen werden [6].

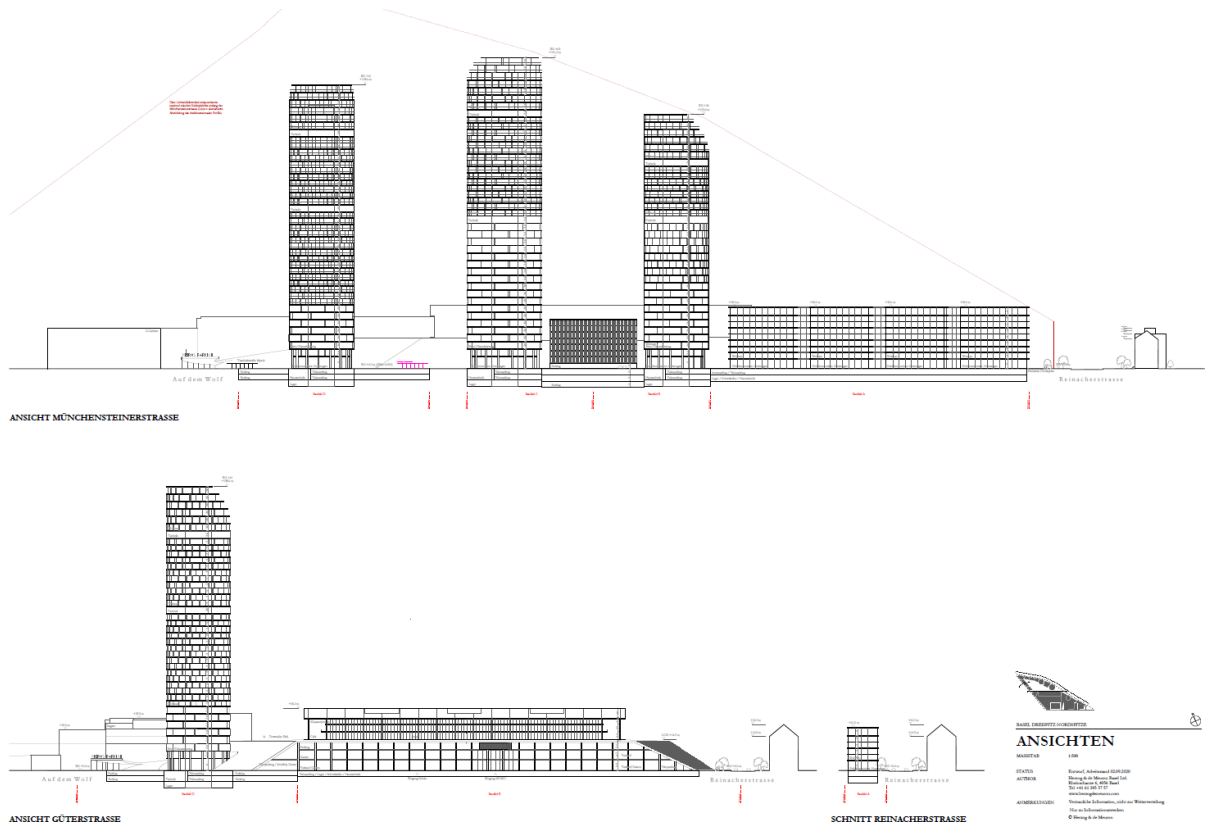
A.3 Ansichten und Pläne



Grundriss EG inkl. Baumstandorte, welche für die Simulation entsprechend umgesetzt wurden. Quelle: Herzog & de Meuron. Stand: 02.09.2020.



Grundriss 3. OG / EG Schule und Dachgarten. Quelle: Herzog & de Meuron. Stand: 02.09.2020.



Schnitte und Ansichten gesamtes Areal. Quelle: Herzog & de Meuron. Stand: 02.09.2020.






Umgebungsgestaltung Dachgarten. Quelle: Herzog & de Meuron. Stand: 05.07.2022.

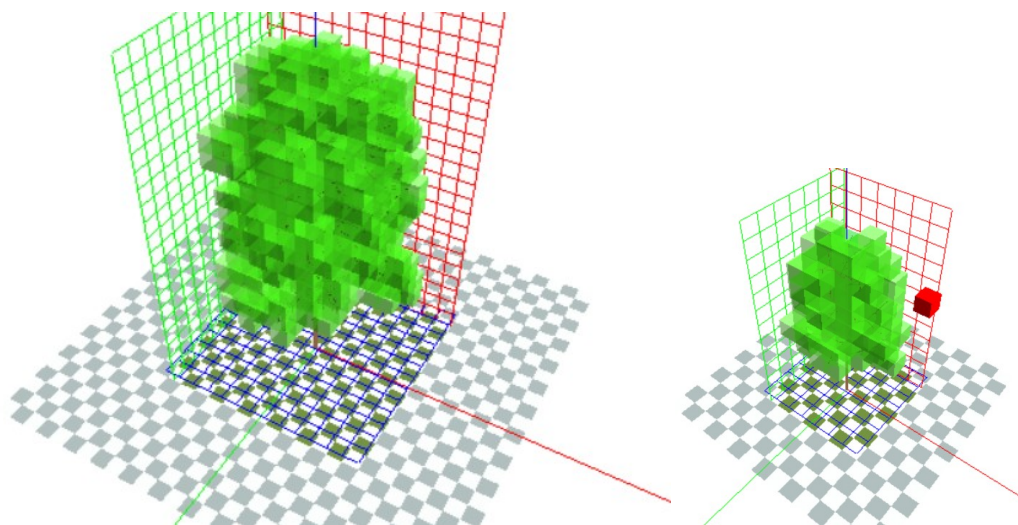


Ansicht Dachgarten, welche als Grundlage für die Baumsetzungen diente. Quelle: Herzog & de Meuron. Stand: 05.07.2022.

A.4 Eigenschaften verwendeter Materialien und Bäume

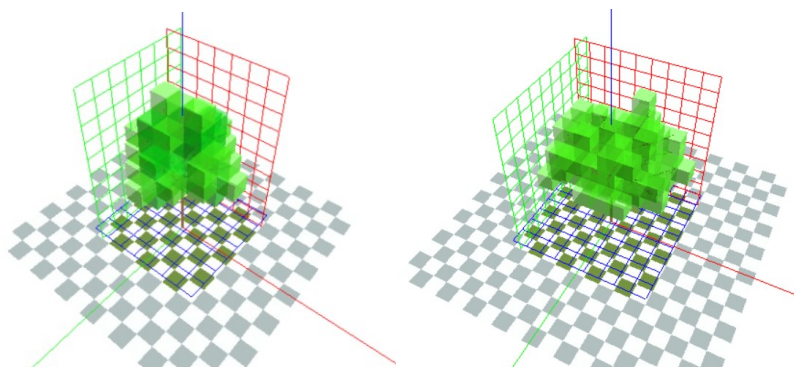
Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
Database-ID:	[X100WO]	Database-ID:	[0100PL]	Database-ID:	[0100CO]
Name:	Wood	Name:	Default Plaster	Name:	Default Concrete
Color:		Color:		Color:	
Default Thickness	0.15000	Default Thickness	0.01000	Default Thickness	0.01000
Absorption	0.70000	Absorption	0.50000	Absorption	0.50000
Transmission	0.00000	Transmission	0.00000	Transmission	0.00000
Reflection	0.30000	Reflection	0.50000	Reflection	0.50000
Emissivity	0.90000	Emissivity	0.90000	Emissivity	0.90000
Specific Heat	1610.00000	Specific Heat	850.00000	Specific Heat	850.00000
Thermal Conductivity	0.17000	Thermal Conductivity	0.60000	Thermal Conductivity	1.60000
Density	737.00000	Density	1500.00000	Density	2220.00000
Extra ID	0	Extra ID	0	Extra ID	0

Verwendete Materialien für Wandaufbau: Für die Holzbauweise wurde Holz als äusseres Fassadenelement verwendet (links), als Standard für z.B. die Bestandsgebäude wurde ein Aufbau aus Mauerputz und Beton (Standardeinstellungen) eingesetzt. Die genannten Baumarten stehen allein für die in der Simulation verwendeten Baumsilhouetten/Kronenform.



Purpurerle (im Park)

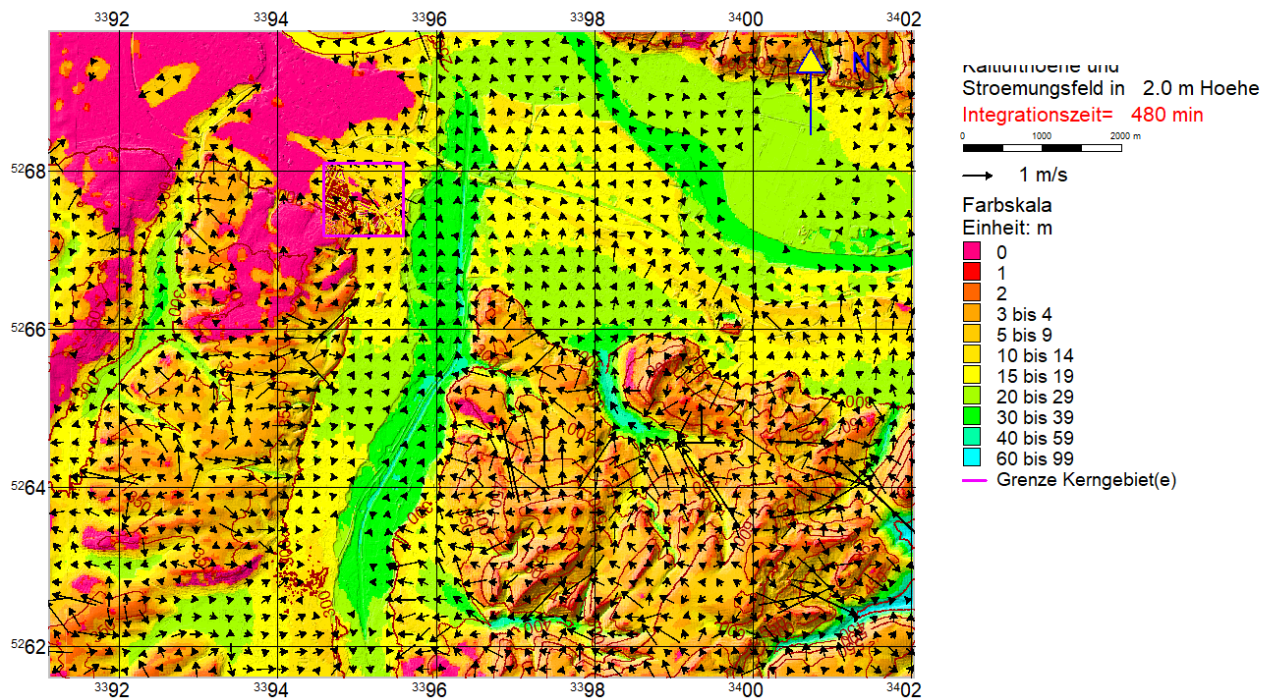
Stieleiche (im Park, entlang der Strasse)



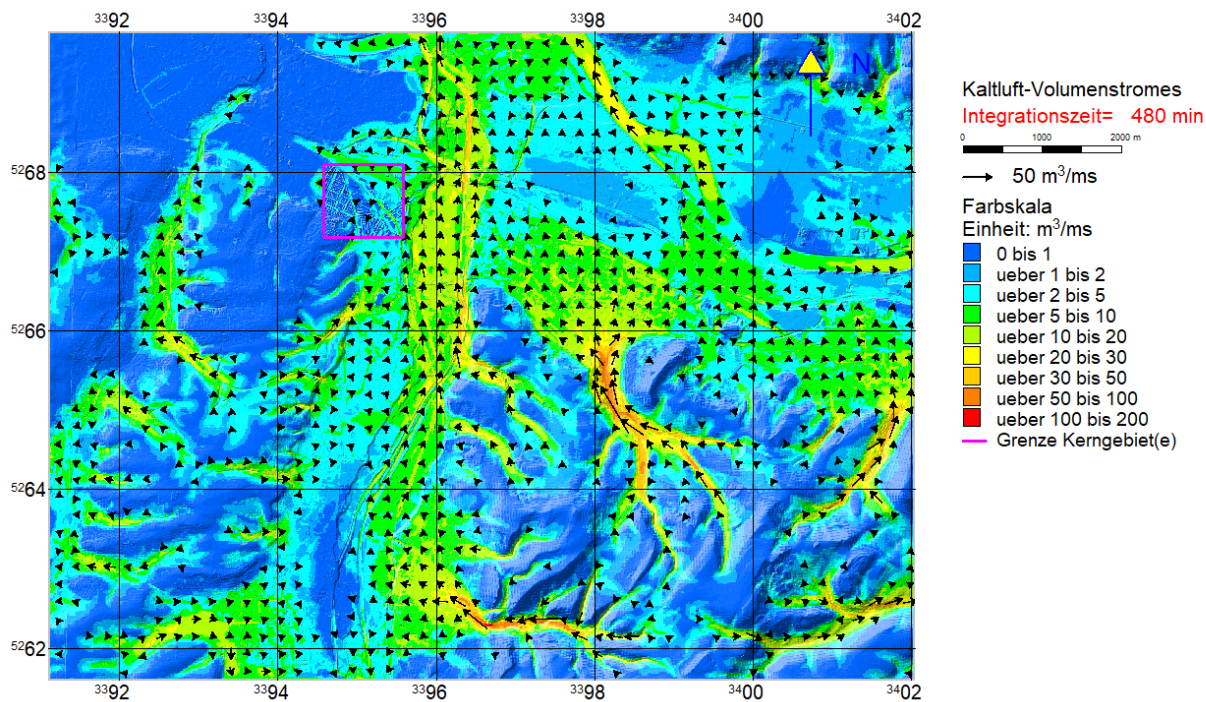
Roskastanie (auf dem Dach)

Apfelbaum (auf dem Dach)

A.5 Kaltluftabflusssimulation Gesamtgebiet



Simulation Kaltluflthöhe im gesamten Einflussgebiet, 8 h nach Sonnenuntergang.



Simulation Kaltluftvolumenstrom im gesamten Einflussgebiet, 8 h nach Sonnenuntergang.