

DIPLOMARBEIT

Thermischer Komfort als Designaspekt im öffentlichen Raum

Die Integration von thermischem Komfort in den architektonischen Entwurfs-
prozess am Beispiel des Wiener Volkertmarkts

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung
des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

Univ.Ass.in Dipl.-Ing. Dr.in techn. Zeynep Aksöz Balzar
E259-02 Forschungsbereich Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau
Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Jonny Stein Bsc.
01009568

Wien am 20.03.2023

Abstrakt

In der vorliegenden Arbeit wird die Integration von thermischen Komfort in den architektonischen Designprozess untersucht. Anhand von Simulationen über Plug-ins der LadybugTools Familie, soll über Parameter wie Lufttemperatur, mittlere Oberflächentemperatur und Windgeschwindigkeit ein Verständnis für die natürliche Umgebung innerhalb der urbanen Stadtstruktur geschaffen werden.

Im Kern wird die Wechselwirkungen zwischen gebauter und natürlicher Umgebung herausgearbeitet. Wie bildet sich unser städtisches Mikroklima? Wo entwickelt es sich hin und welche Strategien stehen uns Planern zur Verfügung, um auf zukünftige Schwierigkeiten zu reagieren? Mittelpunkt meiner Arbeit ist eine Auseinandersetzung mit dem Phänomen der Urban Heat Islands. Innerhalb urbaner Stadtlandschaften gibt es erhebliche Unterschiede in der thermalen Ausprägung. Am Beispiel des Volkertplatzes, Mittelpunkt des im zweiten Wiener Gemeindebezirks lokalisierten Volkertviertels, werden Strategien entwickelt, um einer zukünftigen Überhitzung entgegenzuwirken. Mit Hilfe von Simulationen zu thermischem Komfort und natürlicher Luftzirkulation sollen konkrete Maßnahmen erarbeitet werden, um das Areal sowohl im großräumlichen, als auch im kleinräumlichen Kontext in das städtische Mikroklima zu integrieren. Gegliedert in eine Markt- und eine Platzfläche, sieht die Umgestaltung des Ortes auch eine Aktivierung über die Integration neuer Nutzungen vor. Durch den Entwurf einer vertikalen Parkstruktur, über der bestehenden Marktfläche, wird die Eingliederung zusätzlicher Nutzungsformen untersucht. Neben der Planung eines Kinderspielplatzes sollen Sportangebote und Erholungsflächen der direkten Nachbarschaft Anreize zur Nutzung bieten. Abschließend wird an Hand von Simulationen untersucht, wie weit die geplanten Eingriffe Auswirkungen auf das lokale Mikroklima haben.

Abstract

This thesis examines the integration of thermal comfort into the architectural design process. Through simulations, using plug-ins from the LadybugTools family, an understanding of the natural environment within the urban city structure is created - including parameters such as air temperature, average surface temperature or wind speed.

Interactions between the built and natural environment play a crucial part in this thesis: How is our urban microclimate formed? Where is it heading to and what strategies are available to respond to future difficulties? The focus of my work is an examination of the phenomenon of urban heat islands. Also within urban landscapes there is a significant difference in thermal characteristics. Using the example of Volkertplatz, the center of the Volkertviertel in the second district of Vienna, strategies are being developed to counteract future overheating. With the help of simulations of thermal comfort and natural air circulation, concrete measures are developed in order to integrate the examined area into the urban microclimate - on a large- and a small-scale. Divided into a market area and a square, the redesign and activation of Volkertmarkt provides new usage.

The design of a vertical recreational structure, like a children's playground, sports facilities etc., provides new forms of usage in addition to the existing market area. Finally, simulations are used to examine how far the planned interventions will affect the local microclimate.

Abstrakt D /ENG

Inhaltsverzeichnis

1.Motivation

2.Situationsanalyse

- 2.1 Der Volkertmarkt in der Geschichte
- 2.2 Zwischen Gentrifizierung und Neubaugebieten
- 2.3 Mittelpunkt des Volkertviertels
- 2.4 Exkurs „Supergrätzl“

3. Thermischer Komfort als Designaspekt

- 3.1 Small Scale - die Physiologie des Menschen
- 3.2 Big Scale - Das Mikroklima Stadt
- 3.3 Klimaveränderung in Wien
- 3.4 Urban Heat Islands
 - 3.4.1 Einflussfaktoren
 - 3.4.2 Auswirkungen
 - 3.4.3 Strategien
- 3.5 Computergestützte Simulation im Designprozess
 - 3.5.1 Methodik
- 3.6 Referenzen

4. Analysen und Entwurf

- 4.1 Simulationen Oberflächen
 - 4.1.1 Analyse und Zwischenfazit
- 4.2 Analysen Volkertmarkt
 - 4.2.1 Aktuelle Situation
 - 4.2.2 Klimaanalysen
 - 4.2.3 Simulation Thermischer Komfort
 - 4.2.4 Simulation Luftzirkulation
 - 4.2.5 Schlussfolgerung
- 4.3 Konzept
- 4.4 Ausarbeitung
- 4.5 Vergleichende Simulation

5.Fazit und Ausblick

6.Verzeichnisse

1. Motivation

„In architecture, we always design a climate“ (Phillip Rahm in Roesler, 2018, S.107)

Motivation

Nicht nur meine Liebe zur Kulinarik, sondern auch meine Begeisterung für gelebten Stadtraum, seine Menschen und ihre Geschichten, machen Märkte zu einem Sehnsuchtsort jeder Städtereise. Marktplätze stehen als Orte der Kommunikation und des Austausches, sinnbildlich für das gesellschaftliche Leben einer Stadt. Sie schaffen einen öffentlichen Raum frei von Wertung und schlagen eine Brücke zwischen allen Teilen einer Gesellschaft. Als Ort meines Interesses befindet sich der Volkertmarkt im multikulturellen zweiten Wiener Gemeindebezirk, der Leopoldstadt. Geprägt durch hohen Leerstand und Fehlplanung, steht der Platz im Zentrum des dicht bebauten Volkertviertels, als einzige Freifläche weit hinter seinen Potenzialen. Die Notwendigkeit von gut geplanten, öffentlichen Räumen wurde in Zeiten von globalen Krisen immer prägnanter: als Flucht vor engen Wohnverhältnissen, wie etwa während der Corona-Pandemie oder als kühlende Oase innerhalb von sich fortschreitend erwärmendem Stadtraum, erfahren öffentliche Freiräume eine wachsende Aufmerksamkeit. Ein Verständnis der natürlichen Prozesse und Wechselwirkungen zu bebauter Umgebung ist unumgänglich in nachhaltiger Planung. Über den Einsatz von neuen Technologien, wie computergestützten Simulationen, erhalten wir Planer die Möglichkeit, früh im Entwurfsprozess Ideen zu prüfen und Auswirkungen auf das thermische Wohlbefinden im öffentlichen Raum zu evaluieren. Über die Simulation von thermischen Komfort und natürlicher Luftzirkulation möchte ich somit dem Volkertmarkt zu neuem Leben verhelfen und einen nachhaltigen Grünraum innerhalb der dicht besiedelten Leopoldstadt entwerfen.

Volkertmarkt
Abbildung 1/1
eigene Darstellung



2. Situationsanalyse

- 2.1 Der Volkertmarkt in der Geschichte
- 2.2 Zwischen Gentrifizierung und Neubauarealen
- 2.3 Mittelpunkt des Volkertviertels
- 2.4 Exkurs Supergrätzl

**Volkertmarkt**Abbildung 2.1/1
(Anonym, o.J.)

2. Situationsanalyse

2.1 Der Volkertmarkt in der Geschichte

Seine Namensgebung verdankt das Volkertviertel und somit auch der Volkertmarkt dem Grafen Volkra, der im 18ten Jahrhundert Ländereien um das heutige Viertel besaß und das Gebiet zur Jagd nutzte. (Klusacek, 1978, S.272)

Später wurden aus der heutige Marktfläche weitläufige Gemüse- und Kräutergärten. 1878 illegal errichtet, wurden die Marktstände Jahre später bewilligt und der Markt konnte, wie in Abbildung 2.1/1 zu sehen, bis 1920 auf seine heutige Größe anwachsen. Der Volkertmarkt stand seit jeher in Konkurrenz zum nah gelegenen Karmeliter- und Vorgartenmarkt, wodurch die Marktfläche der sinkenden Nachfrage nicht mehr gerecht wurde.

(vgl. Gibs, 1997, S.268)

Ein Blick auf die Bezirkszeitungen der letzten Jahrzehnte zeigt, dass der Volkertmarkt und seine StandbesitzerInnen seit langem ums Überleben kämpfen. So titelt die Bezirkszeitung im April 1992 „der Volkertmarkt darf nicht sterben“, als die geplante Reduktion der Marktfläche, um ein Drittel angekündigt wurde (vgl. Wagner, 1992, S.4).

Ausbleibende Kund:innen und strenge Marktvorschriften werden als Gründe für die Schließung der Stände genannt.

„Das ist jetzt ein totes Eck hier“
(Schrenk, 2017, S.14)

2.2 Zwischen Gentrifizierung und Neubaugebieten

Neben dem Vorgarten- und Karmelitermarkt stellt der Volkertmarkt eine der drei Marktflächen des zweiten Wiener Gemeindebezirks dar. Zwischen Augarten und Donaukanal versteht sich der Karmelitermarkt als Mittelpunkt des Karmeliterviertels. Die wachsende Gentrifizierung und die Nähe zum ersten Bezirk haben den Karmelitermarkt zu einem belebten Anziehungspunkt für TouristInnen und AnrainerInnen gemacht. Die 6000 m² Fläche werten das umliegende Viertel mit ausgewählter Gastronomie auf und der Markt setzt seinen Fokus auf biologische Produkte aus der Region (vgl. Lichtenegger, 2020, S 1-3). Richtung Süden steht der Volkertmarkt in starker Konkurrenz zu dem gut etablierten Karmelitermarkt, während Richtung

Norden sich die Neubaugebiete des ehemaligen Nord- und Nordwestbahnhof als zukünftige Einzugsgebiete anbieten.

Wie in Abbildung 2.2/1 zu sehen ist, bilden das Entwicklungsgebiet „Freie Mitte Nordbahnhof“ und das Areal „Grüne Mitte Nordwestbahnhof“ einen Keil, dessen südliche Ausläufer an das Volkertviertel angrenzen. Geprägt von gemischter Nutzungsstruktur birgt das Gebiet Potenzial für temporäre Märkte als auch für den täglichen Gastronomiebetrieb. Laut dem 2008 publizierten „Leitbild Nordwestbahnhof“ bietet das Neubaugebiet Wohnfläche für zusätzlich 11.800 neue BewohnerInnen (vgl. Puschner et. al., 2008, S.44), während das Areal um den ehemaligen Nordbahnhof 4.000 neuen Wohnungen bereitstellen wird (vgl. StudioVlay, 2015, S.9).



Leitbild Nordbahnhof
 Abbildung 2.2 / 1
 (StudioVlay, 2015, S.44)



2.3 Mittelpunkt des Viertels

Das Volkertviertel, mit seiner Fläche von über 0,22 km² zeichnet sich durch eine klare Struktur aus. Eingegrenzt von den hochfrequentierten Straßenzügen der Nordbahnstraße im Osten, der Heinestraße im Süden, am Tabor im Norden und der Taborstraße im Westen, bildet das Viertel eine Insel, umgeben von dichtem Verkehr. Das geografische Zentrum des Bezirks bildet der Volkertmarkt. Mit vier Kindergärten und zwei Volksschulen weist das „Grätzl“ eine hohe Dichte an pädagogischen Einrichtungen für den jungen Teil der Bevölkerung aus. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass bis auf einen, dem Jugendzentrum am Volkertplatz zugeordneten, Basketballplatz keine Freiflächen, oder Spiel- und Sportplätze geboten werden.

Wie in Abbildung 2.3/1 ersichtlich, ist die Nutzung nächstgelegener Spielplätze im Augarten oder Prater für Kindergartengruppen mit einem Laufweg von mindestens 800 bis 1.200m und der Überquerung hochfrequentierter Kreuzungen verbunden, wodurch sich beide Freiflächen für die Nutzung unattraktiv zeigen.



Volkertviertel Fußwege

Abbildung 2.3 / 1
eigene Darstellung

2.4 Exkurs Supergrätzl

Der Ursprung des „Supergrätzls“, mit dem Ziel einer nachhaltigen Stadtentwicklung und Verminderung der Belastung durch Kohlenstoffdioxid findet sich im Konzept der Superblocks aus Barcelona. In unterschiedlichen europäischen Städten angewandt, schafft der Zusammenschluss von Blockrandbebauungen eine Beruhigung des städtischen Verkehrs und eine Begrünung und Stärkung des öffentlichen Straßenraums (vgl. Frey et. al., 2020, S.11).

Der dichten urbanen Struktur angepasst, versteht sich das Modell als Lösungsvorschlag gegen Klimawandel und innerstädtisches Verkehrsaufkommen (Frey et. al., 2020, S.12).

Im Jahre 2020 durch eine von der damaligen Bezirksvorsteherin Uschi Lichtenegger in Auftrag gegebene Studie, entstand das Projekt „Supergrätzl Volkertviertel“ (vgl. Die Grünen, 2022).

In der vorangegangenen Studie schreibt Uschi Lichtenegger zu Beginn:

„Das Volkertviertel mit seiner hohen Bebauungsdichte, der überdurchschnittlichen Hitzebelastung und den vielen Schulen ist prädestiniert für neue Konzepte, um im öffentlichen Raum Verkehrssicherheit und Lebensqualität zu erhöhen“

Wie auf Abbildung 2.4/2 zu sehen, wurde über ein sogenanntes Straßenlabor Nachbarschaft und Interessierte eingeladen, Gestaltungsvorschläge einzubringen. In anschaulichen Simulationen, wie dem Straßenröntgen, wurden Potenziale offenbart und Ideen gesammelt. (vgl. Vonach, 2020)



Superblock Barcelona

Abbildung 2.4/ 1
(Lago, 2021)



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3. Thermischer Komfort als Designaspekt

- 3.1 Small Scale - die Physiologie des Menschen
- 3.2 Big Scale - Das Mikroklima Stadt
- 3.3 Klimaveränderung in Wien
- 3.4 Urban Heat Islands
 - 3.4.1 Einflussfaktoren
 - 3.4.2 Auswirkungen
 - 3.4.3 Strategien
- 3.5 Computergestützte Simulation im Designprozess
 - 3.5.1 Methodik
- 3.6 Referenzen

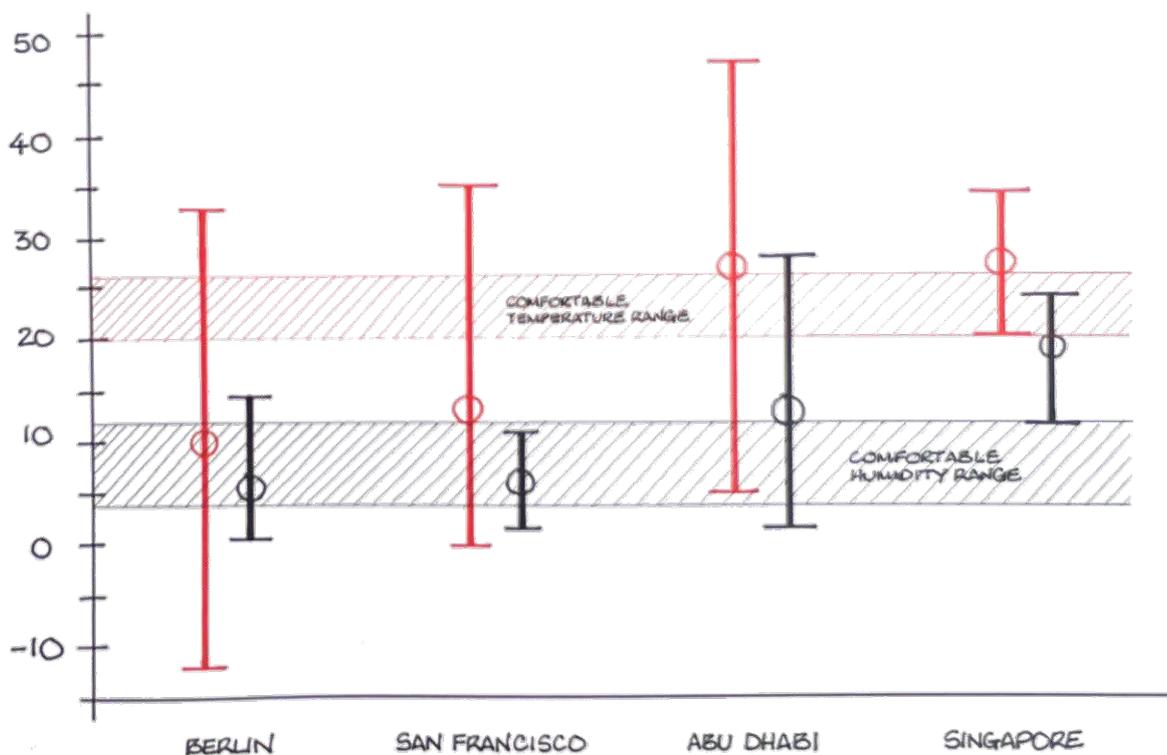
3.1 Small Scale - die Physiologie des Menschen

Der Metabolismus eines Menschen beschreibt den thermodynamischen Prozess der Energiefreisetzung und Absorption, welcher den Kern des menschlichen Körpers konstant bei ca. 37 Grad Celsius hält. Angepasst an das Bedürfnis des thermischen Wohlbefindens, welches sich durch die Einflussfaktoren Luftfeuchtigkeit und Temperatur bildet, erschaffen wir Menschen unsere gebaute Umwelt.

Abbildung 3.1/1 verdeutlicht in welchen Bereichen der menschliche Körper ein angenehmes thermisches Empfinden erfährt. So schafft eine Lufttemperatur von 20-26 C° und eine Luftfeuchtigkeit von ca 4-12 g/Kg, was in etwa eine relativen Luftfeuchtigkeit von 20-60% entspricht, eine Balance aus interner Wärmeerzeugung und externer Wärmeabgabe.

Abhängig von der Intensität der körperlichen Aktivität erhöht bzw. senkt sich der Stoffwechsel und damit die Produktion von Körperwärme. Je höher die Aktivität umso mehr Wärme muss an die Umgebung abgegeben werden. Diesen Prozess nennt man Thermoregulation. Der mögliche Abtransport überschüssiger Wärme ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Auf höhere Umgebungstemperaturen, welche die Wärmeabgabe des Körper an die Umgebung verlangsamen, reagiert der Körper mit Schwitzen. Die Evaporation des Schweißes kühlt die Haut und verbessert somit den Wärmeaustausch. Als Reaktion auf niedrige Temperaturen erzeugen Muskelkontraktionen zusätzliche Wärme.

(vgl. Cody, 2017, S.84)

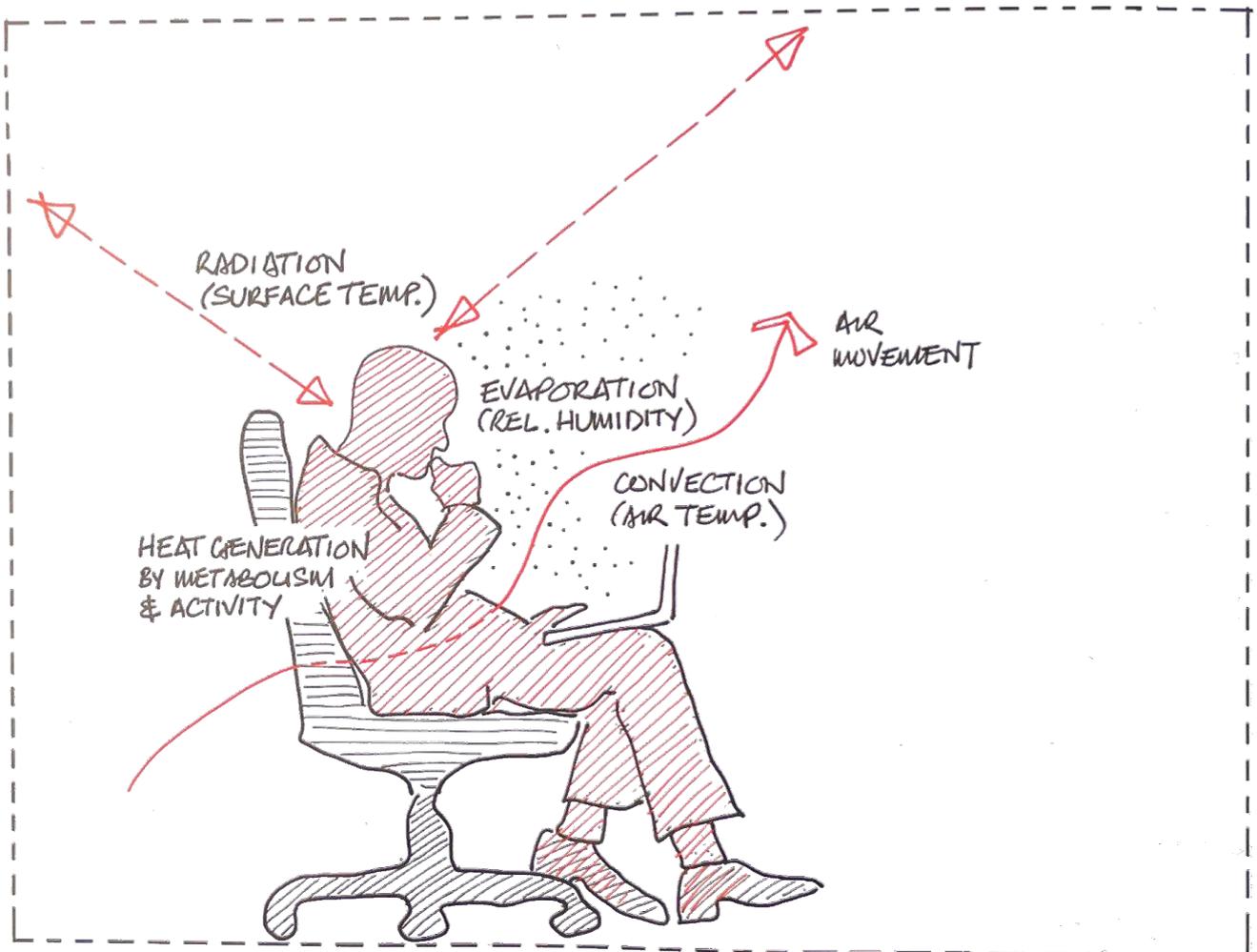


Komfortzone
 Abbildung 3.1/ 1
 (Cody, 2017, S.81)

Wie in Abbildung 3.1/2 ersichtlich, dienen die drei Arten der Wärmeübertragung: Strahlung, Konvektion und Leitung, sowie der Prozess der Evaporationskühlung dem Körper als Ausgleich. Dazu ergibt sich die Abhängigkeit von den Einflussgrößen Lufttemperatur, Strahlungstemperatur der Umgebung und Luftfeuchtigkeit. Weitere wichtige Faktoren für thermischen Komfort sind

zudem direkte Sonneneinstrahlung, asymmetrische Strahlung, Luftzirkulation und direkter Oberflächenkontakt (vgl. Cody, 2017, S.88-89). Hohe Luftfeuchtigkeiten, wie sie beispielsweise in Teilen der tropischen Klimazone auftreten hemmen die Fähigkeit des Körpers durch evaporative Kühlung Hitze abzuführen (vgl. Cody, 2017, S.74).

„The continual process of matching heat production in the body core (depend on activity) and heat loss from the body (depend on ambient conditions) in order to maintain constant core body temperature forms the basic understanding of thermal comfort“ (Cody, 2017, S.88)



Wärmeaustausch
Abbildung 3.1/2
(Cody, 2017, S.88)

3.2 Big Scale - Das Mikroklima Stadt

In der gemäßigten Klimazone lokalisiert, charakterisieren ausgeprägte Jahreszeiten und kontinentales Klima das Leben in Wien. Hohe Temperaturschwankungen zwischen den warmen Sommer- und kalten Wintermonaten sowie zwischen Tag und Nacht bedingen eine hohe Anpassungsfähigkeit von Mensch und Gebäude (vgl. Cody, 2017, S.75).

Wichtig für die Produktion und den Transport von kühlen Luftmassen, Biodiversität und die Sicherung der Luftqualität sind Grünräume essenzieller Baustein für das Mikroklima des urbanen Raums. Das Wiener Grünraumsystem, wie in Abbildung 3.2/1 zu sehen, lässt sich in 3 Bereiche kategorisieren:

Der großräumliche Grüngürtel am Stadtrand, die Grünflächen wie Parks, Gärten und Erholungsflächen und das Freiraumnetz, welches eine verbindende Funktion innerhalb der städtischen Grünflächen übernimmt. Offene Wasserflächen haben vorwiegend kleinklimatischen Einfluss.

Die Kombination dieser groß- und kleinräumlichen Flächen und die Verbindung zwischen ihnen ist Motor und Regulator für das städtische Klima Wiens. Der signifikanteste Unterschied zwischen ländlichem und städtischem Gebiet liegt im Grünraumanteil. Vegetation kreiert somit unser Klima.

(vgl. MA 22, 2015, S.28-29)



Freiraumnetz Wien
Abbildung 3.2/1
(MA 18, 2015, S.3)

Der latente Wärmestrom, ausgelöst durch den Prozess der Evapotranspiration von unversiegelten Böden, offener Wasserflächen und innerhalb der Pflanzen, ist der ausschlaggebende Faktor hinsichtlich der Beschaffenheit des jeweiligen Mikroklimas. (vgl. Shahmohamadi et.al., 2011, S.4)

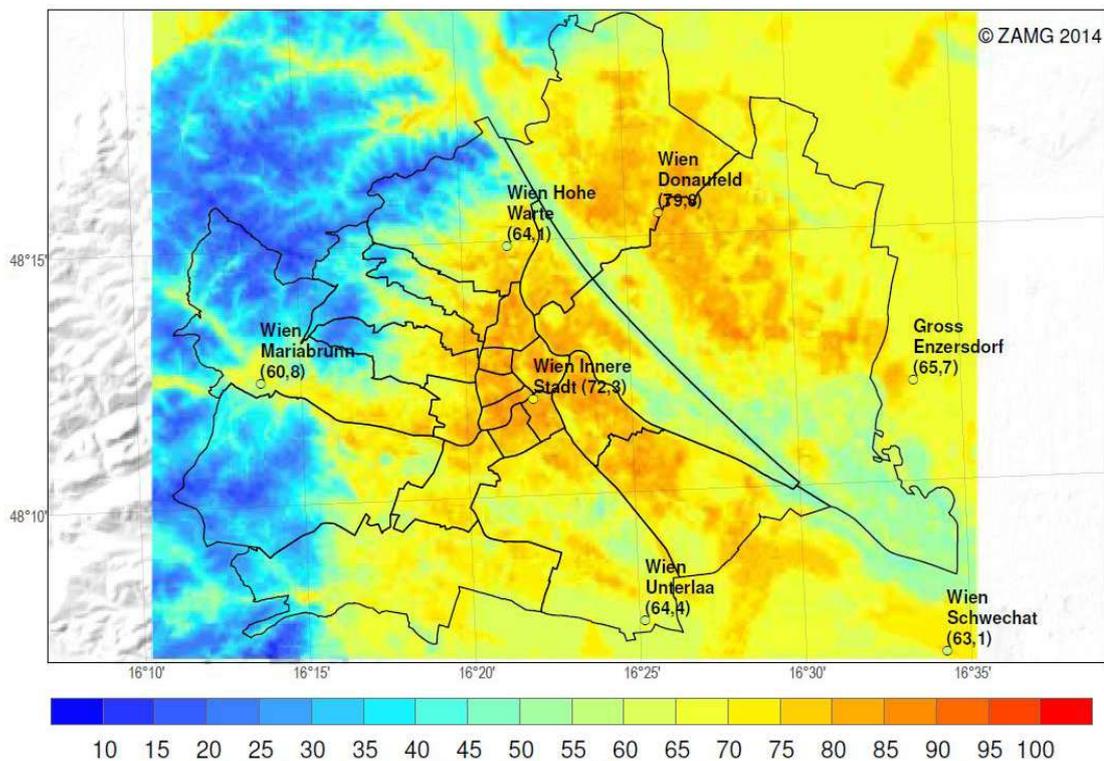
Der Anteil an versiegeltem Boden und der dadurch verbundene schnelle Abfluss von Niederschlagswasser, welches dem Prozess der Evaporation entzogen wird, mindert das Kühlpotenzial innerhalb dicht verbauter, urbaner Struktur. Durchschnittlich 5-10 % niedrigere Albedowerte¹ von urbanen, gegenüber ländlichen Oberflächen führen zusätzlich zu einer hohen Absorption und somit zur Erhitzung der städtischen Bau-massen. Die Wärmeabgabe von Materialien mit hohen Albedowerten erfolgt in der Nacht zudem weitaus schneller als im urbanen Gebiet. Die städtische Geometrie verhindert letztendlich den

Abtransport gespeicherter Wärme (vgl. Shahmohamadi et.al., 2011, S.4-5).

3.3 Klimaveränderung in Wien

Städtische Ballungsräume werden 2050 mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung ausmachen. Das Bevölkerungswachstum Wiens auf über 2 Millionen Einwohner im Jahre 2030 wird zu einer stetigen Verdichtung des städtischen Raums führen. Durch die Klimaerwärmung begleitet und verstärkt ist die Einbuße an freien durchlässigen Flächen eine der Hauptursachen der städtischen Überhitzung. Betrachtet man die Jahre 1960-1990, welche mit durchschnittlich 9,6 Hitzetagen zu Buche schlagen, im Vergleich zu den Jahren 1990 bis 2010, mit bereits 15,2 Hitzetagen pro Jahr, macht sich ein signifikanter Anstieg bemerkbar. (vgl. MA 22, 2015, S.6)

1. Albedo: Maß für Rückstrahlvermögen



Mittlere Anzahl Sommertage 1980-2010

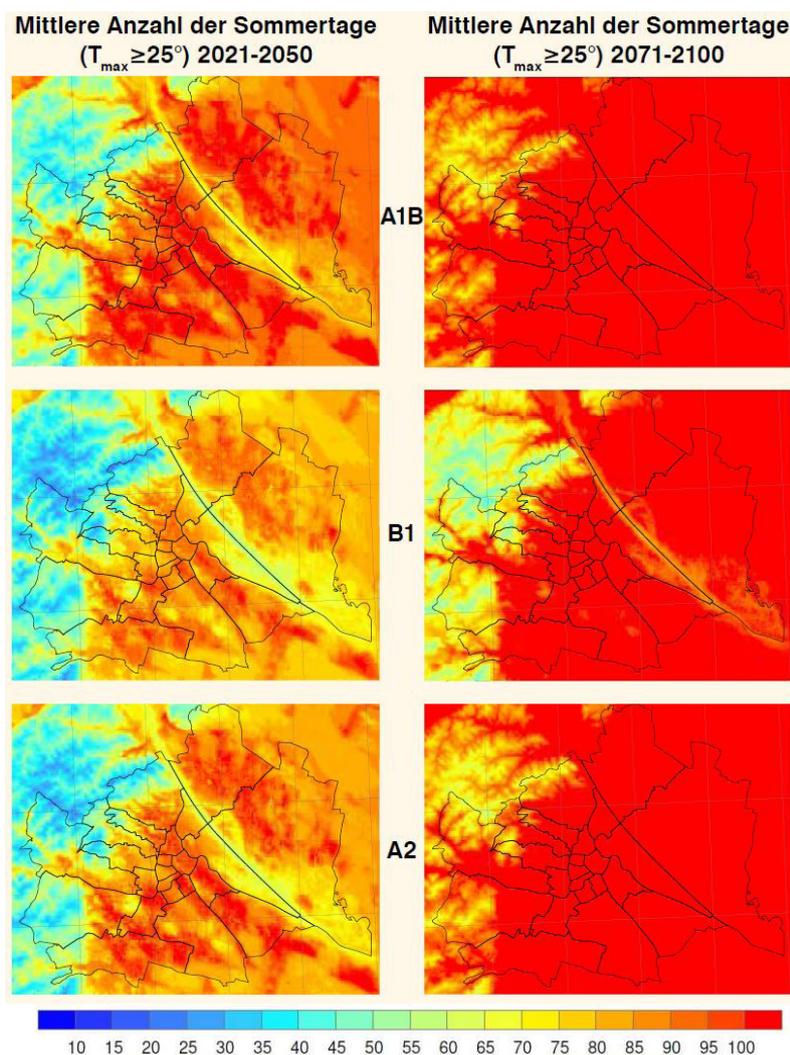
Abbildung 3.3/ 1
(MA 22, 2015, S.13)

3. Thermischer Komfort

Wie in Abbildung 3.3/1 ersichtlich, betrug die mittlere Anzahl an Sommertagen, d.h. Tage eines Jahres mit Temperaturen über 25 Grad Celcius, im Zeitraum von 1980 bis 2010 durchschnittlich zwischen 75 und 85 im innerstädtischen Bereich Wiens. Mögliche bevorstehende Szenarien, abhängig vom Bevölkerungswachstum, den Treibhausgasemissionen oder wirtschaftlichem Wachstum simulierend, skizzieren Modellrechnungen einen starken Anstieg der mittleren Sommertage. So erwartet das städtische Klima, wie in Abbildung 3.3/2 beschrieben, mit einem potenziellen Anstieg von 25 Sommertagen bis 2050 und einem zusätzlichen Anstieg von bis zu 50 Sommertagen bis 2100 etwa eine Verdopplung der Sommertage

in den nächsten 75 Jahren (vgl. MA 22, 2015, S.12).

Simulationen über das dynamische Stadtklimamodell MUKLIMO_3 unterstützen die These, dass umfassende Maßnahmen notwendig sind, um eine signifikante Reduzierung der stadträumlichen Überhitzung zu gewährleisten. Kleinräumlichen Maßnahmen wie eine Steigerung des Grünanteils um 20%, eine Reduzierung des Anteils an bebauter Fläche um 10% und eine Flächenentsiegelung um weitere 10% werden gute Erfolgschancen beigemessen (vgl. MA 22, 2015, S.12).



Studie Sommertage
 Abbildung 3.3/ 2
 (MA 22, 2015, S.13)

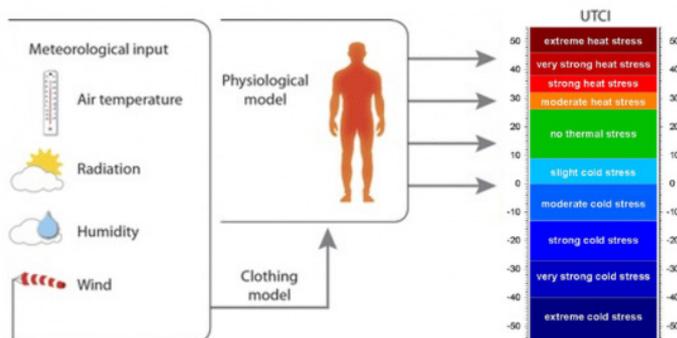
3.4 Urban Heat Islands

Urban Heat Islands, sogenannte städtische Hitzeinseln, beschreiben ein Phänomen, welches auf den Unterschied der Bebauungsdichte zwischen Land- und Stadtraum zurückzuführen ist. Der Anteil an grüner und blauer Infrastruktur und der daraus resultierende Versiegelungsgrad sind grundlegende Parameter, welche zu Temperaturunterschieden von bis zu 12 Grad Celsius führen können. Durch die Verbauung durchlässiger Böden wird ein Großteil der auftretenden Strahlung absorbiert, anstatt über Verdunstungsprozesse wie Transpiration und Evaporation zur Kühlung des Raums beizutragen. Dieser Prozess wird durch Eigenschaften wie einen hohen Wärmeabsportionsgrad und das schnelle Ableiten von Niederschlägen über wasserundurchlässige Flächen verstärkt. Die Geometrie des Stadtraums trägt durch eine erhöhte Oberfläche und Störung der natürlichen Luftzirkulation dazu bei (vgl. MA 22, 2015, S.7).

UtcI und Pet

Die Bewertung des Thermischen Komforts wird meist über die gängigen Indizes PET¹ und UTCI² definiert. PET beschreibt die Lufttemperatur welche in einem typischen Innenraum nötig ist, um die Balance des menschlichen Energiehaushalts zu gewährleisten. Basierend auf gängigen Bewertungsverfahren wie dem PET wurde mit dem UTCI eine internationale Standarteinheit geschaffen, welche Parameter wie Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur miteinbezieht (vgl. Matzarakis et. al., 2014, S.3-4). Berücksichtigt werden zudem das physische Modell der Objektperson und der Bekleidungsstatus. Die Bewertung des Thermischen Komforts, wie in Abbildung 3.4/1 beschrieben, erfolgt über eine 10 Stufige Skala (vgl. Ziemann, 2022).

1. PET: Physiologically Equivalent Temperature
2. UTCI: Universal Thermal Climate Index



UTCI
 Abbildung 3.4/1
 (Pappenberger et.al., 2014, S.3)

3.4.1 Einflussfaktoren

Hauptursache für die Bildung städtischer Hitzeinseln liegt, wie in Abbildung 3.4.1/2 beschrieben, in der stetigen Verdichtung der vorhandenen Freiflächen. Die Verdichtung geht einher mit der Versiegelung freier Flächen durch Baumaterialien, welche einen hohen Absorptionsgrad, definiert durch die Albedo, aufweisen. Gleichzeitig sinkt der Anteil von Grünflächen, welche durch Evapotranspiration und die, damit einhergehende, Verdunstungskühlung regulierend wirken. Die Gebäudegeometrie und eine durch Verdichtung niedriger Himmelsichtfaktor behindern zusätzlich die Abkühlung aufgeheizter Flächen durch natürliche Luftzirkulation (vgl. MA 22, 2015, S.7-8).

Es lassen sich zudem folgende Einflussfaktoren für das Auftreten von urbanen Hitzeinseln benennen: Wolkenbedeckungsgrad, Anthropogene Wärmeemission, Atmosphärische Ge-

genstrahlung, Bowen-Verhältnis¹, Einwohnerzahl (vgl. Kuttler, 2011, S.7). Das Potenzial im Kühlprozess durch natürliche Vegetation liegt nach Kuttler neben evaporativen Prozessen größtenteils in der Verschattung (vgl. Kuttler, 2011, S.7).

Diese Arbeit befasst sich mit den für Planungsaufgaben im öffentlichen Straßenraum relevanten Faktoren Windgeschwindigkeit und -richtung, dem Einfluss von Oberflächengestaltung und dem Potenzial von Grünraum bezüglich der Problematik der Urban Heat Islands. Dem Einfluss von Oberflächengestaltung hinsichtlich Thermalen Komforts liegt die Kenngröße Albedo zugrunde. In der Optimierung des Kühlprozesses durch Grünraum werfe ich zudem einen Blick auf die Relevanz von Biodiversität.

1. Bowen-Verhältniss: Verhältniss fühlbarer Wärme zu latenter Wärme

Albedo

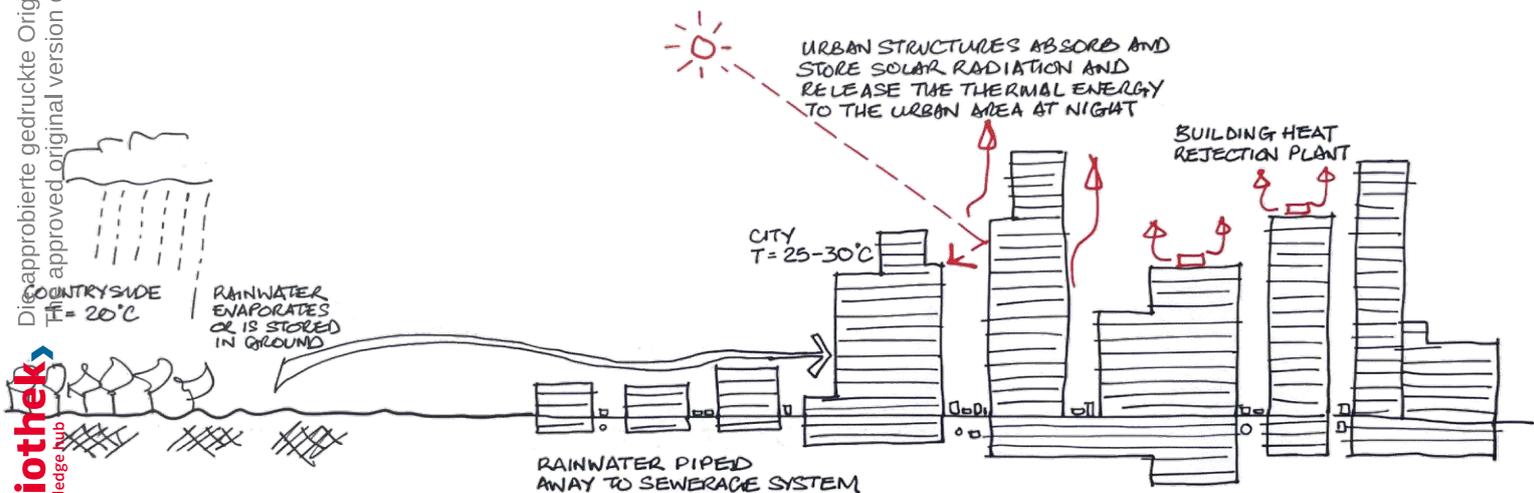
Die Albedo beschreibt, in einem Kontinuum von 0 bis 1, das Reflexionsvermögen eines Stoffes. Ein Stoff mit einer potenziellen Albedo von 0 würde somit die gesamte Lichtmenge aufnehmen und ein Stoff mit einer potenziellen Albedo von 1 die gesamte Lichtmenge reflektieren. Ein Hoher Absorptionsgrad hat zur Folge, dass sich der jeweilige Stoff aufgrund der absorbierten Energie erhitzt und die gewonnene Wärme an seine Umgebung abgibt. Stoffe mit einer dunklen Oberfläche, wie etwa Asphalt, weisen generell eine höheren Absorptionsgrad als Stoffe mit einer hellen Oberfläche auf (vgl. MA 22, 2015, S.108).

In Abbildung 3.4.1/1 sind exemplarisch im städtischen Raum gängige Baustoffe bzw. Oberflächen im Zusammenhang mit ihrer jeweiligen Albedo aufgelistet:

Oberfläche	Albedo
Asphalt	0,05–0,20
Beton	0,10–0,35
Ziegel/Dachziegel	0,20–0,40
Kalkmörtel	0,27
Wellblech	0,10–0,16
Weißer Anstrich	0,50–0,90
Schwarzer Anstrich	0,02–0,15
Trockener, heller Sandboden	0,25–0,45
Getreidefeld	0,10–0,25
Wiese	0,15–0,25
Wasserfläche	0,03–0,10
Nadelwald	0,10–0,15
Altschneedecke	0,40–0,70

Albedo

Abbildung 3.4.1/1
(Baumgartner, 2020, S.7)



Urban Heat Islands

Abbildung 3.4.1/ 2
(Cody, 2017, S.82)

Himmelsichtfaktor

Der Himmelsichtfaktor oder auch Sky View Factor beschreibt durch ein Winkelmaß die Einengung des Blickes, durch die bebaute Umgebung, auf den Horizont. Durch eine Zahl von 0 bis 1, wobei ein Faktor von 0 eine vollständige Verbauung des Horizonts und 1 einen Blick auf den gesamten Horizont beschreibt, wird neben dem Verhältnis von Breite, Fläche und Höhe der verbauten Umgebung auch ein potenzieller Strahleneingang zur Tageszeit und eine potenzielle Abstrahlung zur Nacht beschrieben. Der Urban Heat Island Effekt steht somit in direkter Verbindung zu einem niedrigen Himmelsichtfaktor (vgl. MA 22, 2015, S.108).

Windgeschwindigkeit und -Richtung

Neben Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und mittlerer Strahlungstemperatur ist die Windgeschwindigkeit eine der wichtigsten Einflussgrößen für Thermischen Komfort und somit auch für das Entstehen urbaner Hitzeinseln. Die Windgeschwindigkeit ist ein direkter Faktor für den Abtransport von Oberflächenhitze. Zudem ist der positive Effekt der bewussten Luftzirkulation, im dicht bebautem Stadtgebiet, durch sogenannte Windkorridore festzustellen (vgl. Shooshtarian et. al. , 2019, S.1).

Transpiration

Pflanzen erzeugen eine Zerstreuung der auftretenden Lichtmenge. Neben Reflexion und Transmission wird ein Teil des Lichtes und die damit auftretende Wärme absorbiert und löst innerhalb der Blattstruktur den Vorgang der Transpiration aus. In diesem Prozess wird gespeichertes Wasser zu Wasserdampf umgewandelt, wodurch eine Wärmeverlust und somit eine Kühlung des lokalen Mikroklimas entsteht (vgl. MA 22, 2015, S.108).

Evapotranspiration

Evapotranspiration beschreibt die Kombination aus Verdunstungsvorgängen über Böden und Wasserflächen und die Verdunstungsvorgänge innerhalb der pflanzlichen Struktur. Abhängig von Faktoren wie Pflanzmasse, Luftfeuchtigkeit, Substrataufbau, Luftzirkulation und Sonneneinstrahlung haben evapotranspirative Prozesse einen großen Einfluss auf das Mikroklima urbaner Strukturen (vgl. Hunter Block et. al., 2012, S.9).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Malaga Campus
Abbildung 3.4.1/3
(ecosystemaurbano, o.J.)



Alte Donau Wien
Abbildung 3.4.1/4
(Dijaspora online, 2018)

Grüne, Blaue und Graue Infrastruktur

Grüne und blaue Infrastrukturen nutzen die Potenziale natürlicher Gegebenheiten und stellen somit eine nachhaltige Maßnahme bei der Beseitigung von Urban Heat Island und Heat Stress dar, welche ohne großen Investitionsaufwand auskommt. Als grüne Infrastruktur wird jede Form von Grünraum verstanden. Blaue Infrastruktur beinhaltet offene Wasserflächen wie Brunnen, Teiche oder Flüsse. Analog zur grünen Infrastruktur nutzt blaue Infrastruktur den durch Transpiration und Evaporation entstehenden Kühleffekt (vgl. MA 22, 2015, S.108).

Graue Infrastrukturen sind hingegen mit hohem finanziellen und technischen Aufwand verbunden und weisen somit nicht nur in Fragen von Aufwand und Instandhaltung, sondern auch in Bewertung ihrer Nachhaltigkeit ein Defizit gegenüber grüner bzw. blauer Infrastruktur auf (vgl. MA 22, 2015, S.108).

Biodiversität

Einflussfaktoren wie Größe, Durchlässigkeit, Art und Menge von bedeckendem Pflanzmaterial und Wasseranteil stehen in enger Korrelation mit dem Kühlpotenzial einer Grünfläche. Im urbanen Gebiet, welches einer fortschreitenden Verdichtung und einem Mangel an innerstädtischen Freiräumen ausgesetzt ist, stellt sich unweigerlich die Frage der Effizienz. Welche Möglichkeiten der Optimierung stehen Planern somit zur Verfügung? Eine Antwort liegt in der Biodiversität und Struktur von Grünflächen. Dichte und Struktur des Blattwerks, Anordnung und Anzahl gepflanzter Bäume und ihre jeweilige Fähigkeit zur Transpiration und somit zur Kühlung des Straßenraums müssen zur Bewertung herangezogen werden. Neben der Dichte der Vegetation und dem mehrschichtigen Aufbau der Vegetationsstruktur lässt sich feststellen, dass ein Anstieg der Biodiversität, gemessen am Shannon-Wiener Diversity Index¹, direkt mit einem Anstieg des Kühlpotenzials eines Grünraums in Verbindung steht. Die Biodiversität steht in engem Zusammenhang mit der Fähigkeit einer Vegetationsstruktur Biomasse aufzubauen. Höhere Biodiversität bedeutet somit eine größere Gesamtoberfläche und somit einen höheren Transpirationsgrad und Kühleffekt (vgl. Wang et. al., 2021, S.8-9).

1. Shannon-Wiener Diversity Index: Mathematische Größe zur Beschreibung der Biodiversität

3.4.2 Auswirkungen

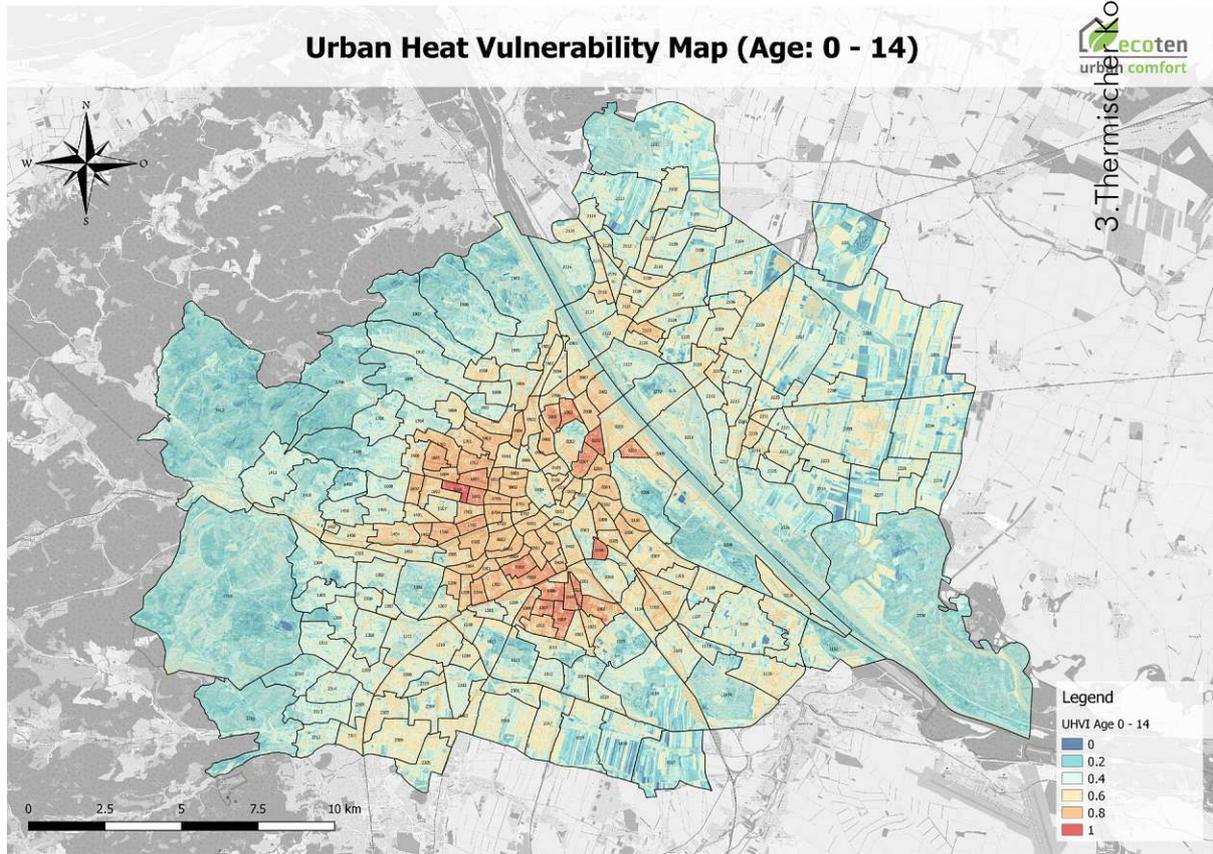
Durch die Kombination aus Klimawandel und dem rasanten Wachstum urbaner Gebiete angetrieben, entsteht der sogenannte Urban Heat Island Effekt. Die Adaption städtischer Strukturen hinsichtlich einer gesundheitsfördernden Umgebung rücken immer mehr in den Fokus planerischer Aktivität. Steigende Verdichtung und der Verlust von Frei- bzw. Grünflächen innerhalb der Städte führen zu steigenden Temperaturen. Während höhere Temperaturen Stressreaktionen im menschlichen Körper hervorrufen und für eine Zunahme der Erkrankungs- und Mortalitätsraten verantwortlich sind, wird der Prozess der Klimaerwärmung begleitet durch steigenden Energieverbrauch ausgelöst durch anthropogene Wärmeemissionen. Betrachtet man Städte wie Teheran, fällt auf, dass der durch anthropogene Emissionen, v.a. der Einsatz von Klimaanlagen in den Sommermonaten, ausgelöster Temperaturanstieg gleichwertig bis höher ist als der durch Sonneneinstrahlung. Angetrieben durch fotochemische Reaktionen, welche durch hohe Temperaturen begünstigt und verstärkt werden, erhöht sich die Bildung von Smog (vgl. Shahmohamadi et.al., 2011, S.2-5).

Die Auswirkungen hoher Temperaturen auf den menschlichen Körper und somit die Belastung für die Gesundheit wird in Urban Heat Stress gemessen. Heat Stress wird durch den Wärmeaustausch zwischen menschlichem Körper und der Luft bzw. der direkten Umgebung ausgelöst. Wird die Fähigkeit des Körpers zu Schwitzen und somit die überschüssige Wärme abzutransportieren, aufgrund von hoher Luftfeuchtigkeit

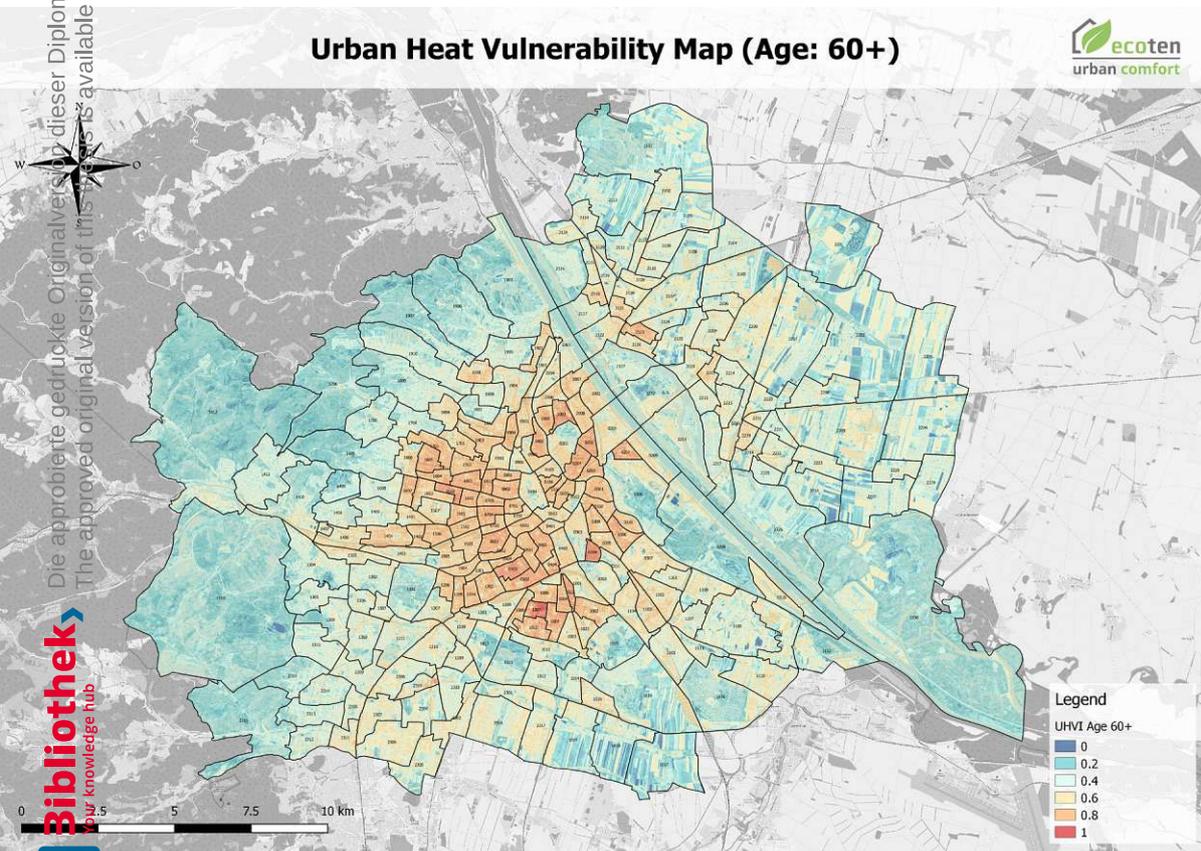
oder fehlendem Wind gestört, erhöht sich der physiologische Stress (vgl. Shahmohamadi et.al., 2011, S.5).

Neben den direkten Auswirkungen von Hitze, wie Hitzschläge oder Dehydration, haben steigende Temperaturen auch indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit. So verschlimmern sich die Auswirkungen von Asthma oder Allergien, mentaler Stress erhöht sich, Atemwegs- und Kreislauferkrankungen werden verstärkt und Infektionskrankheiten stellen eine höhere Belastung für den menschlichen Körper dar. Kleinkinder, Senioren und Menschen mit chronischen Krankheiten, wie auch Menschen, deren Arbeitsplatz sich hauptsächlich im Freien befindet oder ohne Zugang zu Klimaanlagen geprägt ist, sind als Risikogruppen einzustufen. Sinkende Luftqualität, ausgelöst durch steigende Emissionen, betreffen alle im urbanen Raum lebenden bzw. arbeitenden Menschen (vgl. Shahmohamadi et.al., 2011, S.5-7).

Mit der Urban Heat Vulnerability Map, stellt die Magistratsabteilung 20 eine Übersichtskarte vor, welche, ausgehend vom Urban Heat Vulnerability Index, die Anfälligkeit der einzelnen Stadtgebiete für Urban Heat Stress beurteilt. Der UHVI vereint Faktoren wie Demografie und die Kapazität eines Gebiets steigende Temperaturen zu kompensieren (vgl. Ecoten, 2019, S.17).



UHVM Alter 0-14
Abbildung 3.4.2/1
(Ecoten, 2019, S.21)



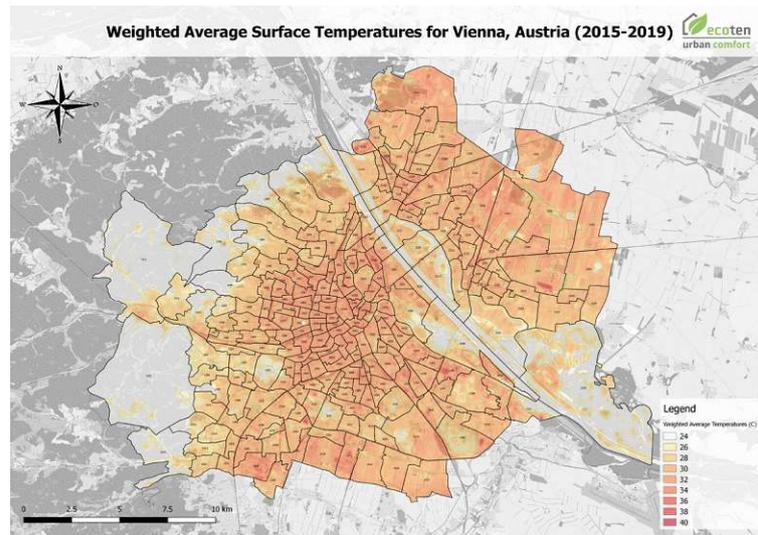
UHVM Alter 60+
Abbildung 3.4.2/2
(Ecoten, 2019, S.22)

Urban Heat Vulnerability - Ein Viertel überhitzt!

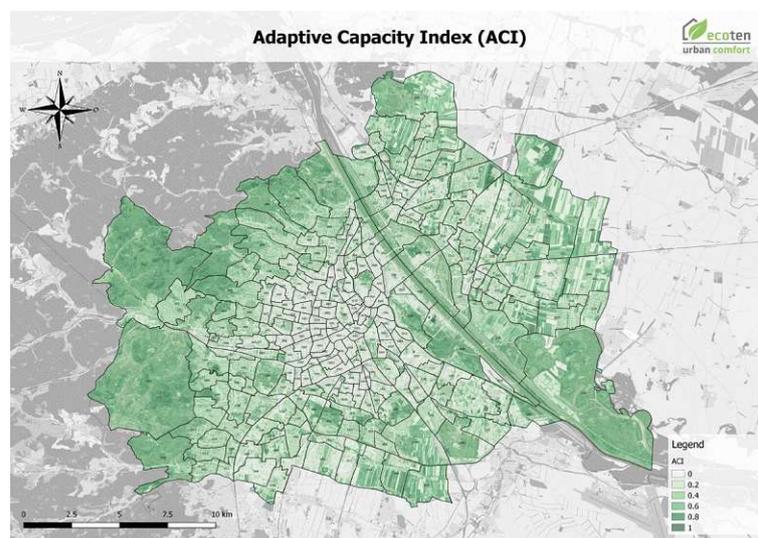
Die Faktoren Belastung, Empfindlichkeit und Anpassungsfähigkeit betrachtend, werden im Wiener Heat Vulnerability Assessment die Stadt und ihre jeweiligen Unterbezirke auf ihre Anfälligkeit auf urbane Überhitzung analysiert. Durch Satellitendaten wie Sentinel A oder Landsat 8 aufgenommen, werden die Informationen über Stadtkarten visualisiert und mögliche Hotspots evaluiert. Die so visualisierten Karten beinhalten Informationen wie die mittlere Oberflächentemperaturen, verschiedene Indizes hinsichtlich Grünraumanteil, Wasser, demografische Struktur und die jeweilige Anpassungsfähigkeit eines Stadtteils. In 227 Unterbezirke gliedert sich die Stadt in mehr oder weniger für Hitzestress anfällige Gebiete. Das in dieser Arbeit betrachtete Gebiet des Wiener Volkertviertels offenbart eine hohe Anfälligkeit für urbane Hitze. Betrachtet man die von Hitze besonders betroffenen Altersgruppe der Kinder unter 14 Jahren, besitzt der Stadtteil mit der Kennziffer 0202, mit einem UHVI¹ von 0.912649, den zweithöchsten Wert im gesamten Stadtbereich. In der Altersgruppe der über 60-Jährigen ist das Volkertviertel der Unterbezirk mit dem vierthöchsten UHVI. (vgl. Ecoten, 2019, S.11-18)

Betrachtet man die Abbildungen 3.4.2/3 bis 3.4.2/11 fällt auf, dass genannte Werte auf eine Kombination aus geringer grüner Infrastruktur, einer hohen Dichte von Risikogruppen und einer geringen Anpassungsfähigkeit auf urbane Hitzewellen zurückzuführen ist. Abbildung 3.4.2/12 vereint alle Ebenen.

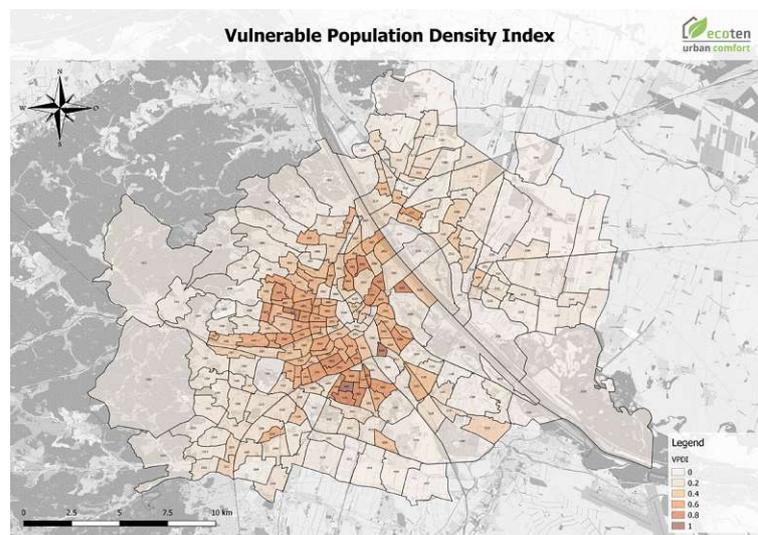
1. UHVI: Urban Heat Vulnerability Index



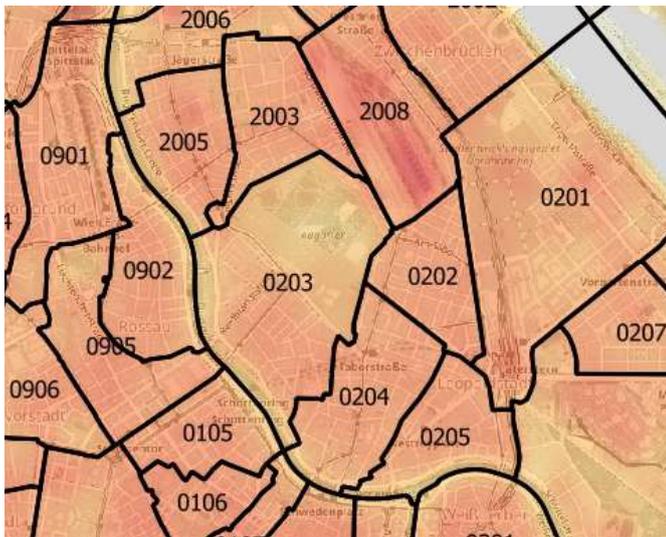
Oberflächentemperatur
Abbildung 3.4.2/3
(Ecoten, 2019, S.14)



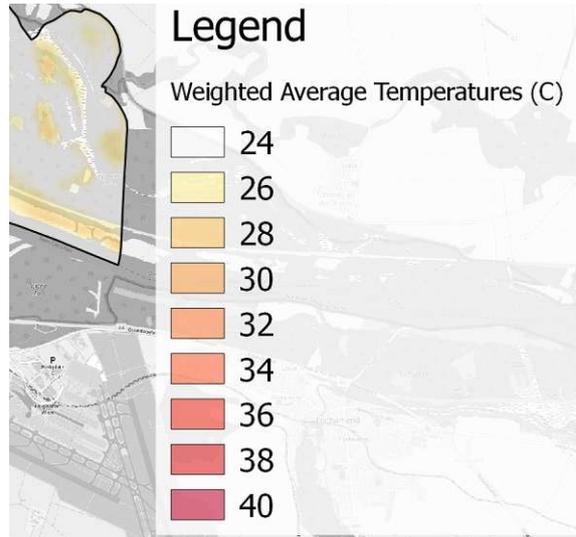
Adaptivität durch Grünraum
Abbildung 3.4.2/6
(Ecoten, 2019, S.20)



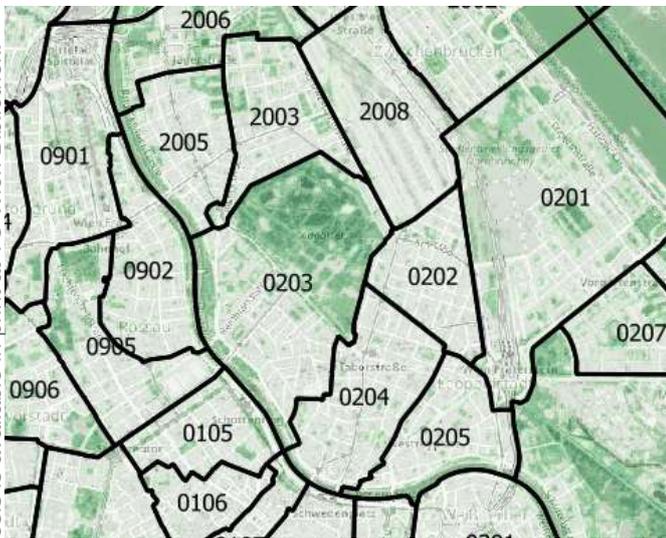
Dichte Risikogruppen
Abbildung 3.4.2/9
(Ecoten, 2019, S.17)



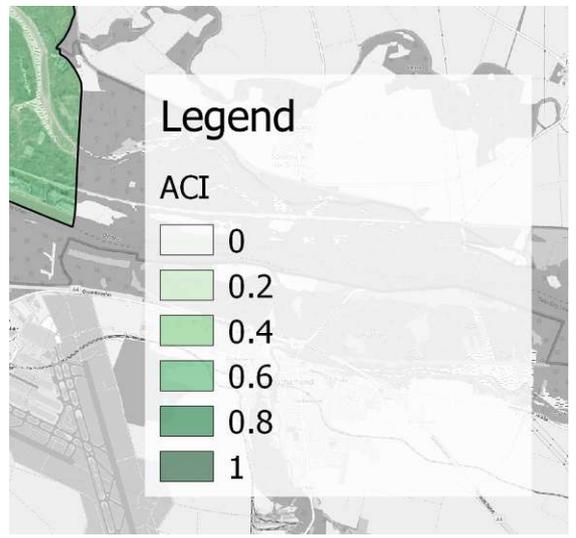
Oberflächentemperatur
 Abbildung 3.4.2/4
 (Ecoten, 2019, S.14)



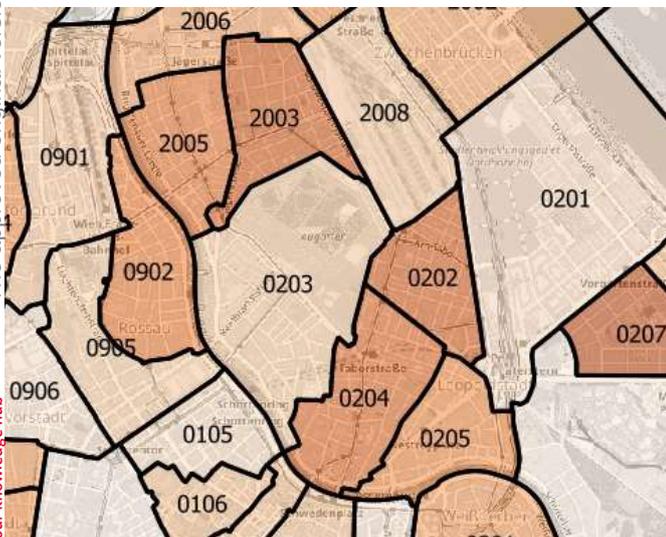
Oberflächentemperatur
 Abbildung 3.4.2/5
 (Ecoten, 2019, S.14)



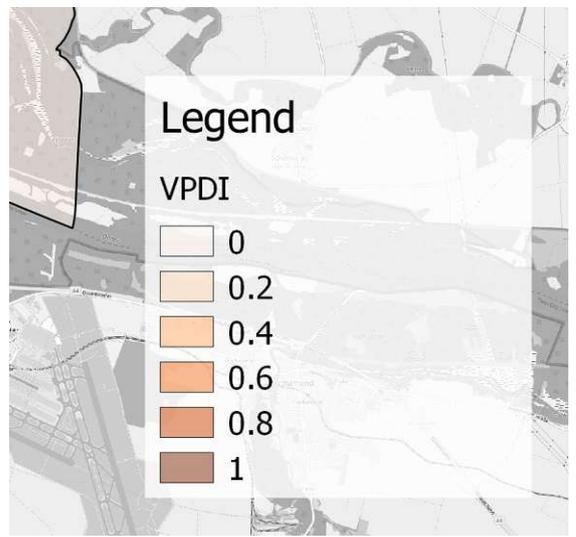
Adaptivität durch Grünraum
 Abbildung 3.4.2/7
 (Ecoten, 2019, S.20)



Adaptivität durch Grünraum
 Abbildung 3.4.2/8
 (Ecoten, 2019, S.20)



Dichte Risikogruppen
 Abbildung 3.4.2/10
 (Ecoten, 2019, S.17)



Dichte Risikogruppen
 Abbildung 3.4.2/11
 (Ecoten, 2019, S.17)

Thermischer Komfort und Oberflächentemperaturen auf Spielplätzen

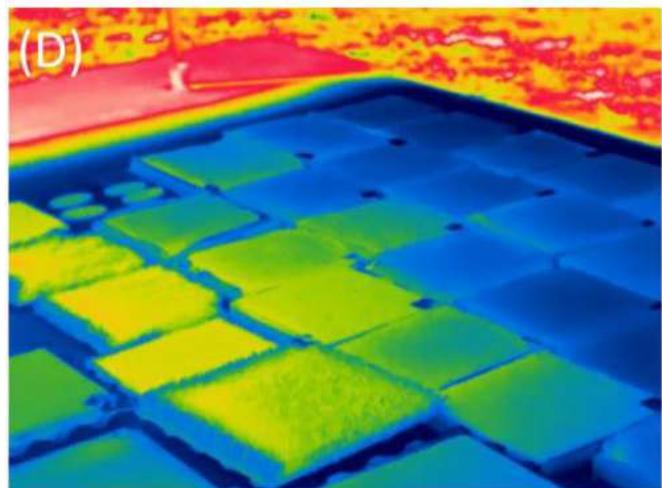
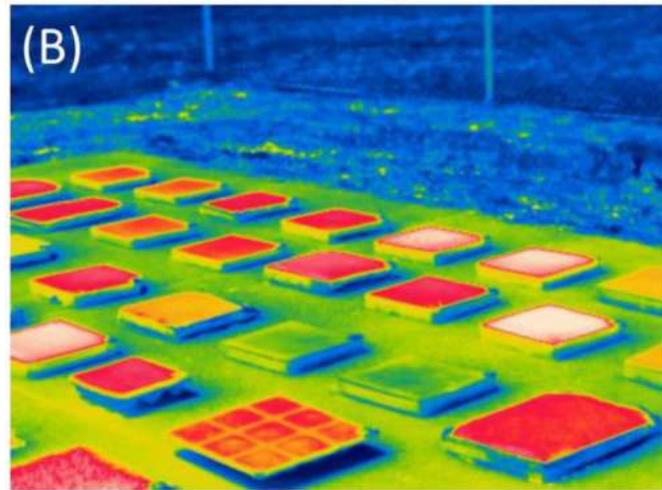
Unter freiem Himmel zu spielen ist für die Entwicklung von Kindern von zentraler Bedeutung. Outdooraktivitäten fördern nicht nur die Ausdauer, sondern auch die Feinmotorik. Durch die fortschreitende Urbanisierung sinkt die Zeit, welche Kinder außerhalb geschlossener Räume verbringen. So verbringen Kinder heute nur noch halb so viel Zeit im Freien wie ihre Elterngeneration. Die steigende Integration beider Erziehungsberechtigter in den Arbeitsmarkt, führt zudem zu weniger Zeit, welche junge Familien potenziell auf dem Spielplatz verbringen können. Die Sicherstellung einer möglichen Benutzung von Spielplätzen in heißen Sommermonaten zu allen Tageszeiten, ohne Kleinkinder dem Risiko von Schäden durch Überhitzung auszusetzen, ist somit von großer Bedeutung in der Gestaltung von Spielplätzen. Ein Faktor, welchem neben den vielen Regularien und Sicherheitsvorschriften bezüglich der Gestaltung von Kinderspielplätzen in der Vergangenheit wenig Beachtung geschenkt wurde, ist der des Thermischen Komforts und der Gefahr von Verbrennungen durch starke Überhitzung von Oberflächen unter direkter Sonneneinstrahlung. Sogenannte Umweltrisiken sind, neben mechanischen Risiken, die Hauptursache für Verletzungen auf Kinderspielplätzen. Die dünnere Haut der Kinder und die fehlende Erfahrung zum Selbstschutz tragen dazu bei (vgl. Pfautsch et. al., 2022, S. 1-2).

Studien haben belegt, dass der Einsatz von dunklen, synthetischen Bodenbelägen zu höheren Oberflächentemperaturen und somit zu häufigeren Verletzungen führen als natürliche Material wie Torf oder Gras. Der Durchwässerungsgrad und somit die Fähigkeit des

Wärmeausgleichs durch evapotranspirative Prozesse der Oberfläche hat zudem Einfluss auf die Oberflächentemperatur. Verschattete Oberflächen weisen eine erheblich niedrigere Oberflächentemperatur auf und lassen kein Verletzungsrisiko erkennen. Bemerkenswert ist, dass unter Verschattung die Farbe bzw. die Helligkeit des Untergrundes keinen Einfluss auf die Temperatur der Oberfläche hat (vgl. Pfautsch et. al., 2022, S.7-8).

Wie in Abbildung 3.4.1/7 ersichtlich, steht die Helligkeit einer Oberfläche, unter direkter Sonneneinstrahlung, in direkter Verbindung zu ihrer potenziellen Oberflächentemperatur. Dunkle Töne heizen sich schneller auf und erreichen höhere Temperaturen als hellere Töne (vgl. Pfautsch et. al., 2022, S.9).

Die Notwendigkeit von Verschattung auf Spielplätzen steht somit außer Frage. Jedoch ist anzumerken, dass nicht alle Baumarten auf die gleiche Weise UV-Schutz bieten. Die Ergebnisse unterstreichen die Wichtigkeit einer umfassenden Verschattung in Kombination von hellen, natürlichen Materialien, um im Bereich von Spielplätzen Verbrennungen, über den direkten Kontakt von Oberflächen oder durch auftretende UV-Strahlung, vorzubeugen. Die Kombination von Verschattung und hellen Oberflächen schafft somit eine potenzielle Senkung der Oberflächentemperaturen von bis zu 45 C° (vgl. Pfautsch et. al., 2022, S.11).



Oberflächentemperaturen
Abbildung 3.4.2/13
(Pfausch, 2022, S.4)

3.4.3 Strategien

Im UHI-STRAT Wien stellt die Wiener Umweltschutzabteilung - die Magistratsabteilung 22- einen Strategie und Maßnahmenplan zur Eindämmung urbaner Hitzeinseln vor. Die strategischen Maßnahmen gliedern sich wie folgt:

Erhaltung der städtischen Luftzirkulation und Vernetzung der Freiräume

Geprägt durch Nordwest- und Südostwinde, gliedert sich der städtische Raum Wiens in Kaltluft produzierende Freiräume, welche untereinander durch sogenannte Ventilationsbahnen verbunden sind und an stadtnahe Freiflächen, wie das Marchfeld oder den Wiener Wald angebunden sind. In der Verbindung jener Freiräume und der Freihaltung der Luftkorridore steht die planerische Aufgabe in der Bekämpfung städtischer Überhitzung und Sicherstellung der Luftqualität (vgl. MA 22, 2015, S.28).

Anpassung der Stadtstruktur

Die Bebauungsdichte und Oberflächenbeschaffenheit sind stadtstrukturell die ausschlaggebenden Faktoren hinsichtlich thermischer Beschaffenheit eines Stadtteils. Je dichter die Stadt umso größer die Gebäudegeometrie und somit die Absorption einfallender Strahlung und Mehrfachreflexion. Die Ausrichtung und der Querschnitt der Straßen sowie die Gebäudeausrichtung und eine Verbesserung der Bebauungsstruktur sind für eine Steigerung des Thermalen Wohlbefindens im Straßenraum zu beachten. (vgl. MA 22, 2015, S.32)

Aufhellen von Gebäuden und Oberflächenmaterialien sowie Entsiegelung

Verkehrs- und verbaute Flächen tragen mit einem Anteil von 30% der Wiener Gesamtfläche entscheidend zum städtischen Mikroklima bei. Die meist niedrige Albedo genannter Flächen steht charakteristisch für eine niedrige Reflexions- und damit hohe Absorptionsrate. Je heller eine Fläche umso niedriger ihre Absorptionsrate und somit ihre Eigenschaft Wärme aus auftretender Strahlung zu speichern und in nächtlichen Kühlperioden abzugeben. Im UHI-Strat Wien wird somit eine "Kombination von helleren Farben, rauen Oberflächen und porösen Materialien bei der Auswahl an Belägen" vorgeschlagen (vgl. MA 22, 2015, S.36).

Sicherung und Erweiterung von Grün- und Freiräumen

Ziele der „Sicherung und Erweiterung der Grün- und Freiräume“ sind neben einer Steigerung von Kühleffekten, durch Grünräume, innerhalb der Stadt auch deren Vernetzung zu Kaltluft produzierenden Forst und Waldgebieten außerhalb der Stadtgrenzen. Die Steigerung der Biodiversität innerhalb der innerstädtischen Parkanlagen und der Schutz bzw. die Planung neuer Grünanlagen sind genannte Strategien (vgl. MA 22, 2015, S.38).

Erhaltung und Ausweitung des Baumbestands

Durch ihre Fähigkeit Straßenraum durch Verschattung und evaporative Kühlung komfortabler zu gestalten, sieht das Strategie- und Maßnahmenpaket der Stadt Wien eine Sicherung und Ausweitung des bestehenden Baumbestandes und die bewusste Auswahl von bzw. Anpassung durch geeignete Baumarten vor. Das öffentliche Straßennetz beinhaltet über 87.000 Bäume, wobei die dominierenden Arten Ahorn, Linde und Rosskastanie sind. (vgl. MA 22, 2015, S.42)

Konkrete Maßnahmen

Mit konkreten Maßnahmen, welche die „Erhöhung des Grünanteils in Straßen und Freiräumen“, die „Begrünung und Kühlung von Gebäuden“, „Erhöhung des Wasseranteils in der Stadt“ und die „Beschattung von Freiräumen und Wegen“ umfassen, stellt die Stadt Wien einen detaillierten Maßnahmenkatalog vor. Eine gesteigerte Attraktivität des Straßenraums und eine Verbesserung des städtischen Mikroklimas sind Ziel des genannten Katalogs. Die Förderung von Trinkbrunnen, die Gestaltung von freien Wasserflächen oder die Akzeptanz von Spontangrün im urbanen Raum sind unter anderem Teil der konkreten Maßnahmen. (vgl. MA 22, 2015, S.42)

Maßnahmen dieser Arbeit:

Aufbauend auf den erarbeiteten Erkenntnissen, fokussiert sich der in Kapitel 4 folgende Entwurf auf unten beschriebene Strategien:

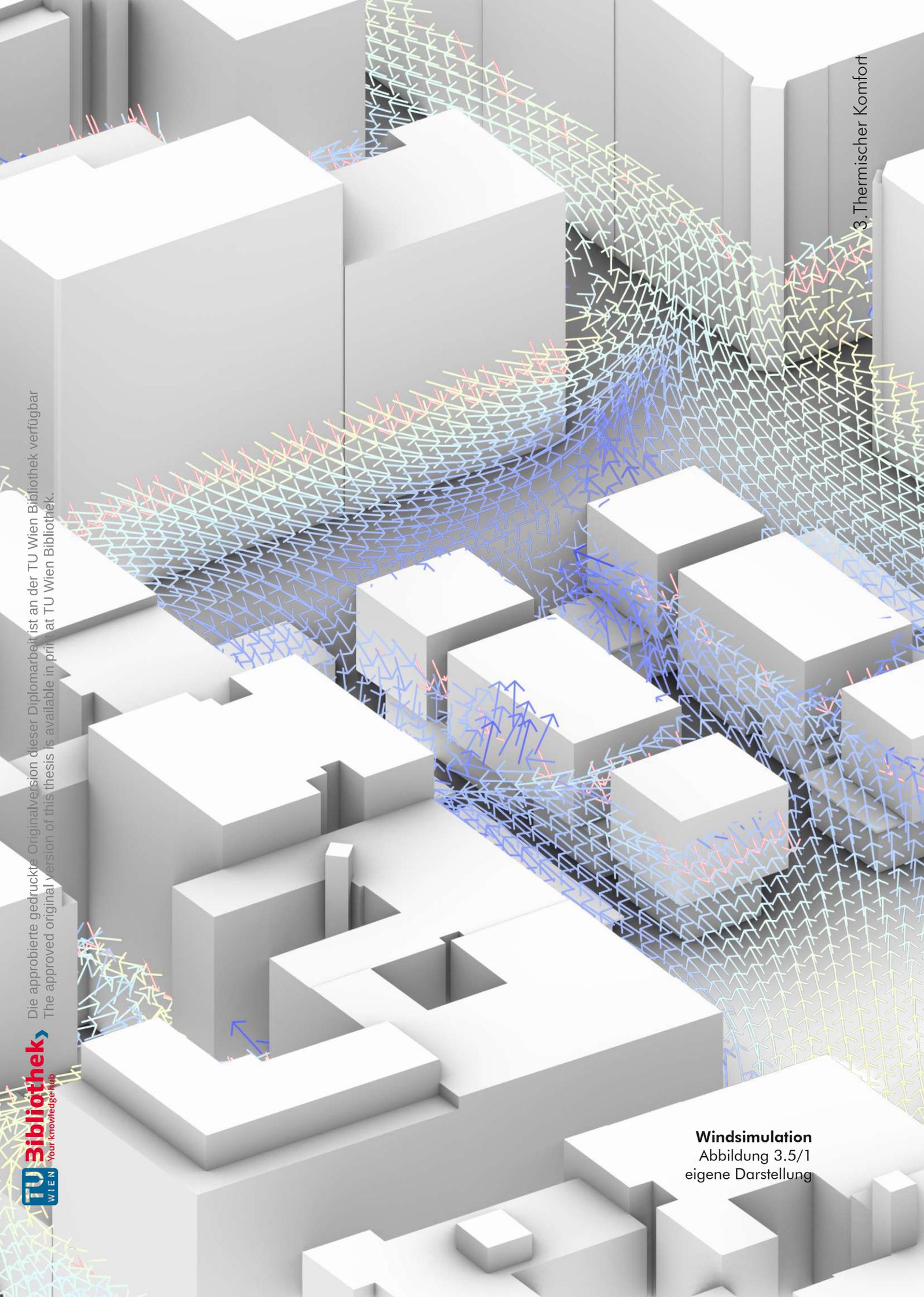
1. Luftzirkulation gewährleisten / optimal nutzen
2. Evaporation durch offene Wasserflächen / Zerstäuber / Brunnen
3. Transpiration durch Grünraum
4. Oberflächengestaltung
5. Verschattung
6. Biodiversität
7. Luftfilterung

3.5 Computergestützte Simulationen im Designprozess

„We live in an era where data is abundant, yet very little of this data is used to effectively inform the early design of buildings... early geometries are rarely compared for energy use, daylighting, shading or airflow potential, since there are many other issues for architects to consider“ (Anderson, 2014, S.1)

Aufgrund von Klimaveränderungen und rasant steigenden Bevölkerungszahlen urbaner Gebiete, rücken computergestützte Simulationen und die Einbeziehung von Big Data in den Design-Prozess, in das planerische Interesse. Die Integration natürlicher Systeme und die Vernetzung mit Gebäuden und deren Nutzern fördert Faktoren wie Nachhaltigkeit, Wohlbefinden der Nutzer und Biodiversität. Faktoren wie direkte Sonneneinstrahlung, optimale Blickbeziehungen oder Verbindung zur Natur lassen sich somit über parametrische Modelle in den Entwurfsprozess integrieren. Die jüngste Entwicklung digitaler Simulationenmethoden erlaubt unter anderem die Evaluierung unterschiedlicher Faktoren wie Wind oder Sonneneinstrahlung und deren Einfluss auf Thermischen Komfort, Luftverschmutzung oder menschliche Gesundheit in öffentlichen Freiräumen. (vgl. Naboni, 2019, S. 55-59)

Die Simulation urbanen Mikroklimas und die Möglichkeit Ergebnisse davon in den frühen Designprozess einzubinden, sorgte für ein breites Angebot an Simulationssoftware. Bekannte Programme, welche dem Nutzer Parameter wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Oberflächentemperatur oder Luftzirkulation visualisieren, sind unter anderen ENVI-met, ANSYS, Autodesk CFD, CitySim Pro, Rayman, Honeybee, Ladybug oder Eddy3D (vgl. Albdour et. al., 2019, S.1-9).



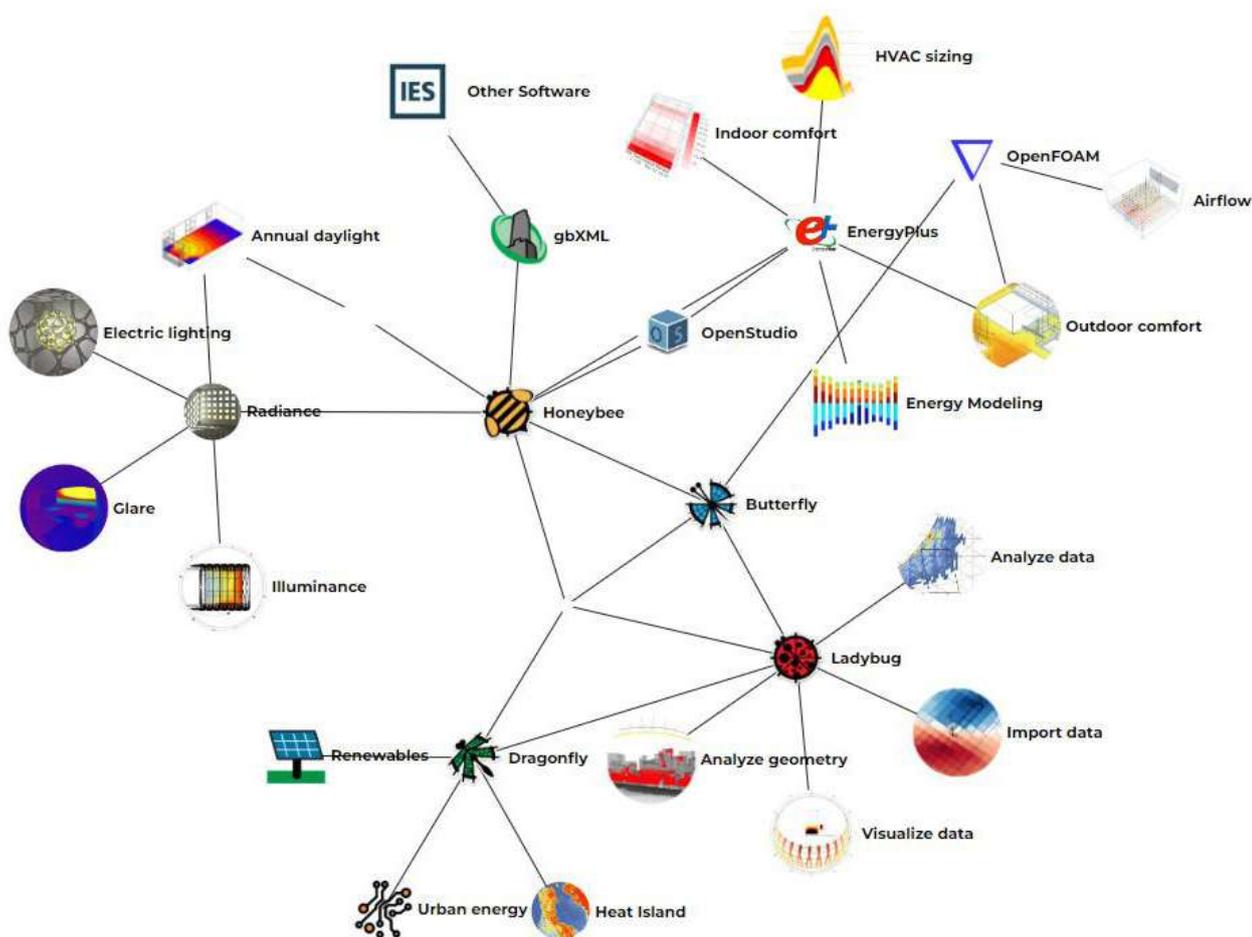
Windsimulation
Abbildung 3.5/1
eigene Darstellung

3.5.1 Methodik

Diese Arbeit nutzt die Plugins Ladybug, Butterfly und Honeybee und zeigt auf, wie über Simulationen gewonnene Informationen in das Design von öffentlichen Freiräumen, innerhalb dicht bebauter Stadtstruktur, integriert werden können.

Im Findungsprozess der passende Software wurden zu Beginn der Arbeit folgende Parameter gesetzt: Bedienbarkeit, Genauigkeit, Kostenfreie Nutzung. Des Weiteren war die Simulation von Lufttemperatur, Windverhältnissen und Oberflächentemperatur notwendig für eine potenzielle Nutzung.

Eine hohe Kompatibilität, die einfache Verknüpfung mit der Modellierungssoftware Rhinoceros3D, hohe Genauigkeit der Ergebnisse und die kostenfreie Verfügbarkeit waren schließlich Hauptkriterien für die Nutzung der Plug-in-Familie LadybugTools. Die gesamte Bandbreite der Plug-in Familie ist in Abbildung 3.5.1/1 visualisiert.



Ladybug Tools
 Abbildung 3.5.1/1
 (ladybugtools, o.J.)

LadyBugTools

Ladybug:

Das Plugin Ladybug der Ladybug Tools Familie dient zur Visualisierung von Klimadaten. Wetterdaten werden über EnergyPlus¹ Wetter Daten importiert und dienen als Basis für interaktive Klimanalysen. So können detaillierte klimatische Informationen eines Ortes in unterschiedlichen Grafiken visualisiert werden. Über Tabellen, Sun-Chart-Diagramme oder Heat Maps erhalten Nutzer:innen somit die Möglichkeit, früh im Designprozess einen Überblick über Schatten- und Sonnenverläufe, Blickbeziehungen oder Sonnenstunden und Intensität zu erlangen. (vgl. Ladybugtools, o.J.)

In dieser Arbeit wurde die Ladybug Version 1.4.0 verwendet um Sonnen- und Schattenstudien zu erstellen und Wetterdaten zu visualisieren.

Honeybee:

Honeybee, unterteilt in Honeybee-Radiance und Honeybee-Energy, ermöglicht komplexe thermodynamische Visualisierungen und kommt in mittleren und späten Phasen des Designprozesses zum Einsatz. Auf Basis von EnergyPlus und Openstudio² können somit Innenräume hinsichtlich Energieeffizienz, Tagesslichtausbeute oder thermalen Komforts geprüft werden. Unter Einbezug von solarer Strahlung und Materialität kann zudem innen- und außenräumlicher Thermischer Komfort visualisiert werden. (vgl. Ladybugtools, o.J.)

Mit der Version 1.5.0 wurden in dieser Arbeit die Auswirkung verschiedener Oberflächenmaterialien und Verschattung auf den außenräumlichen Komfort, die mittlere Strahlungstemperatur und Luftfeuchtigkeit ermittelt und visualisiert.

Butterfly:

Mit Openfoam, einer freizugänglichen und unter höchsten Standards entwickelten CFD-Software³ für Strömungssimulation, als Basis, ermöglicht Butterfly Simulationen zu natürlicher Luftzirkulation. Die Implementierung komplexer Turbulenzmodelle und die einfache Verknüpfung dreidimensionaler Baukörpermodelle mit OpenFoam machen Butterfly zu einem weit verbreiteten Plugin für Luftströmungssimulationen. Die Anwendungsgebiete von Butterfly reichen von großflächigen Windsimulationen im urbanen Kontext bis hin zu Luftzirkulationen im Innenräumen und bilden eine Grundlage bei der Evaluierung von Thermischen Komfort. (vgl. Ladybugtools, o.J.)

In Kapitel 4 folgende Visualisierungen hinsichtlich außenräumlicher Luftzirkulationen basieren auf der Version 1.4.0.

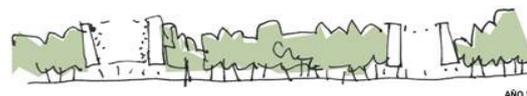
1. EnergyPlus: Simulationssoftware für Gebäudeenergie
2. Openstudio: Supportsoftware für EnergyPlus
3. CFD-Software: „computational fluid dynamic software“

3.6 Referenzen

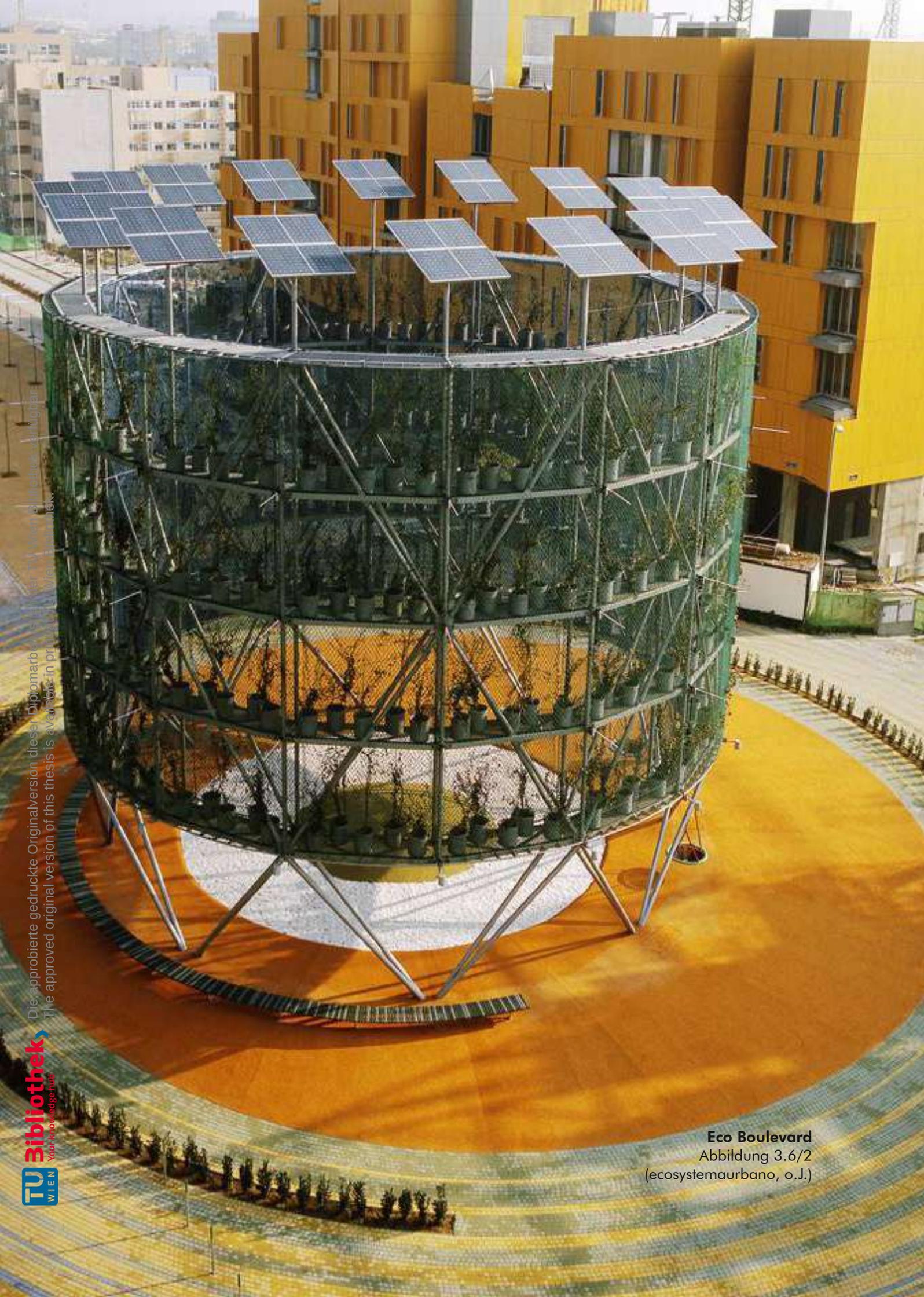
Ecoboulevard - Ecosystema urbano

Als Antwort auf den, vom Stadtrat Madrids ausgerufenen Wettbewerb zur Gestaltung des Eco Boulevard in Vallecas entwickelte das Architekturbüro Ecosystema Urbano eine Abfolge von 3 vertikal begrünten Türmen mit darunter liegenden Aufenthaltsflächen. Neben dem sozialen Aspekt der Aktivierung des Straßenraums, wurde auch das Ziel verfolgt, die wüste Stadtlandschaft des Madrider Vororts klimatisch zu konditionieren (vgl. wikiparquitectura, o.J.). Ein eigenes Mikroklima schaffend, erfüllt das Projekt unterschiedliche Aspekte der Nachhaltigkeit. Neben der Verwendung überwiegend recycelter Materialien und dem sozialen Aspekt der Aktivierung wird das Projekt durch sein einzigartiges Konzept zur Klimatisierung des Straßenraums charakterisiert. So ordnet Ecosystema urbano, wie in Abbildung 3.6/2 zu sehen, vertikale Pflanzelemente und schafft damit ein passives System der Klimatisierung über evapotranspirative Kühlung der untergebrachten Vegetation. (vgl. ecosystemaurbano, o.J.)

Mit der Aussicht auf eine Dauer von 15 bis zu 20 Jahren, welche benötigt wird um einen Baumbestand zu generieren, welcher ausreichend klimatisiert, imitiert das Projekt die Vegetationsdichte und klimatischen Prozesse eines natürlichen Waldes. Durch den Verdunstungsprozess der vertikalen Pflanzelemente sinken die Luftmassen herab und kühlen den darunterliegenden Raum um bis zu 10 Grad Celsius ab. Sie dienen als Provisorium und wurden so entworfen dass sie ohne Abfall wieder abgebaut werden können. Wie in Abbildung 3.6/1 beschrieben, bilden die Grüntürme anschließend eine Lichtung in der dicht bewachsenen Umgebung. (vgl. wikiparquitectura, o.J.)



Konzept Ecoboulevard
Abbildung 3.6/1
(ecosystemaurbano, o.J.)



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist nur für Wienbibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print only at Wienbibliothek.

Jadeecopark - Phillip Rahm

“Architecture always creates an artificial climate, such as those in Tahiti and Ethiopia; something like an endless summer that disregards the natural outdoor season. In this sense, we can say that architecture creates an Eden-like climate” (Phillip Rahm in Roesler, 2018, S.107)

Der Jade Eco Park ist lokalisiert in Taichung, einer der bevölkerungsreichsten Städte an der Westküste Taiwans. Klimatisch ist das Stadtgebiet durch sehr milde Winter, mit Temperaturen zwischen 16° und 22 C° und heiße Sommer, mit hoher Luftfeuchtigkeit, charakterisiert. Die Architekten Phillip Rahm und Catherine Mosbach verfolgten mit ihrem Konzept das Ziel ein facettenreiches Mikroklima zu schaffen, welches die umliegende dichte Stadtstruktur abkühlt und zur Verbesserung der Luftqualität beiträgt. Aufgebaut auf 3 Ebenen, welche die Faktoren Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftverschmutzung zum Thema haben, bildet sich ein vielschichtiges Zusammenspiel unterschiedlicher mikroklimatischer Situationen. (vgl. Roesler, 2018, S.112).

Für die Umsetzung des Konzept wurden, in Zusammenarbeit mit Transolar Energietechnik, CFD-Analysen entwickelt, welche die örtlichen Windverhältnisse simulierten. Eintrittspunkte und Windgeschwindigkeiten zu den unterschiedlichen Jahreszeiten ermittelt. Es ergab sich ein System räumlicher Situationen mit unterschiedlichen klimatischen Eigenschaften, welche ausschlaggebend für weitere Interventionen waren.

An kühleren Orten wurden zusätzlich Bäume mit dichten Kronen gepflanzt, um den Kühleffekt zu verstärken. Die gleiche Strategie verfolgten Phillip Rahm und Catherine Mosbach auch hinsichtlich der Luftverschmutzung. So wurden an weniger stark betroffenen Orten des Parks Bäume mit guten Luftfilternden Eigenschaften gepflanzt. Des Weiteren dienen akustisch wirksame Wände gegen Straßenlärm. Analysen des meist feuchten Winds wurden in das Design über abwechselnd feuchtere und trockenere Situationen integriert (vgl. Roesler, 2018, S.113).

Mit über 230 künstlichen Installationen modelliert der Park somit eine Vielfalt an thermischen Momenten. So nutzten die Architekten den Effekt der Evaporationskühlung und platzierten an strategisch wichtigen Punkten Objekte, welche durch die Zerstäubung von Wasser zu Wasserdampf einen zusätzlichen Kühleffekt erzeugen. Abgekühlte Luftmassen werden durch den Park in die dicht verbauten Stadtgebiete getragen.

Die Kombination aus aktiven und passiven Methoden zur Modellierung der mikroklimatischen Situationen und der Einsatz computergestützter Analysen in der frühen Entwurfsphase sieht Phillip Rahm als ausschlaggebenden Faktor zur Realisierung des Projektes an (vgl. Roesler, 2018, S.119).



Jade Eco Park
Abbildung 3.6/3
(Bucknell, 2018)

3. Thermischer Komfort

MFO-Park - Burckhardt and Partner

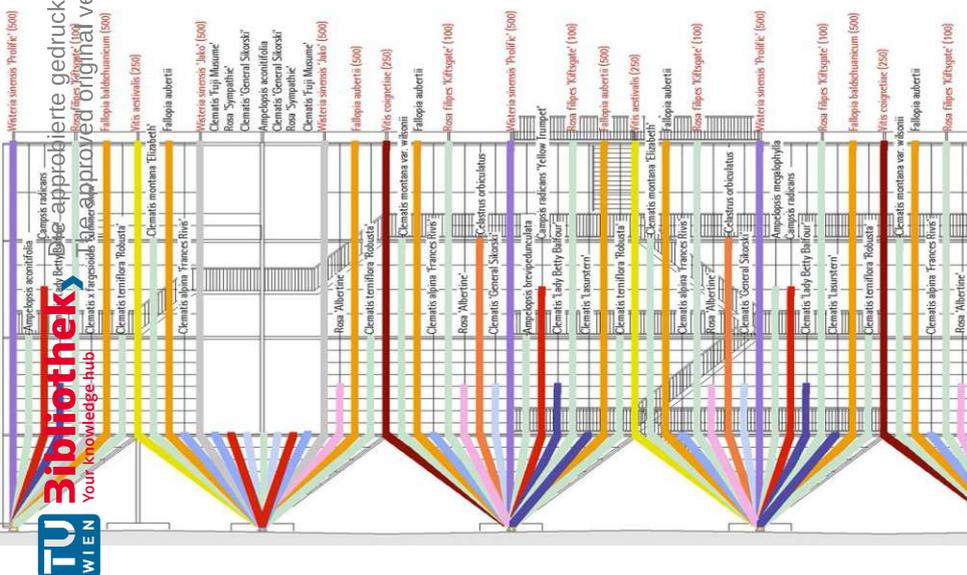
Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Projekten, dem Ecoboulevard und dem Jade Eco Park, war die Modellierung des Mikroklimas beim MFO-Park laut der verantwortlichen Architekten kein entscheidender Entwurfsaspekt (vgl. Hagen, 2011, S.177). Trotzdem schafft der vertikal geprägte Freiraum, gemeinschaftlich entworfen von Burckhardt und Partner und Radershall Architekten, ein ganz eigenes Mikroklima innerhalb des dicht bebauten Stadtraums Zürich Nord. Namentlich angelehnt an die einstige „Maschinen Fabrik Oerlikon“ übernimmt der MFO-Park auch die ehemalige Gebäudegeometrie. Innerhalb des vollständig offenen Volumens bieten sich Räume unterschiedlicher Qualitäten. Der MFO-Park versteht sich als Freiraum, sowohl für individuelle, als auch kollektive Aktivitäten (vgl. Hagen, 2011, S.174-178).

Das einzige raumbildende Element innerhalb der offenen Stahlstruktur bilden die vertikal rankenden Kletterpflanzen. Ob direkt in der Bodenfläche des Platzes oder in Pflanztrögen innerhalb der Struktur verpflanzt, erstrecken sich die Kletterpflanzen über mehrere Geschosse bis zu einer Höhe von 17 Metern.

Wie in Abbildung 3.6/4 zu sehen, ist die Vegetation des Parks geprägt durch eine hohe Biodiversität. Winterharte Kletterpflanzen, wie Clematis maximowicziana oder Aristolochia durior, offenbaren sich dem Besucher in einer Abfolge aus unterschiedlichen Düften, Farbtönen und Texturen. Die Vegetation passt sich fließend dem Verlauf der Jahreszeiten an. So entsteht ein Spiel unterschiedlichster Farben und Lichtsituationen. Der dichte Bewuchs der Fassadenflächen öffnet sich in den Herbstmonaten und schafft einen lichtdurchfluteten Inneraum.

Der Park gliedert sich um ein zentrales Atrium, welcher ganzjährig für Besucher geöffnet ist. Das zentrale Atrium wird ummantelt von einer doppelschichtigen Fassade, räumlich geprägt durch die vertikale Vegetation und einer Abfolge aus kleinen, ruhigen, zum Atrium hinorientierten Terrassen.

Geprägt durch die hohe Biodiversität der 1200 Kletterpflanzen entsteht ein eigenes Mikroklima innerhalb der dicht verbauten umliegenden Stadtlandschaft. (vgl. urbannext, 2018)



Vegetationskonzept MFO
 Abbildung 3.6/4
 (urbannext, 2018)



Die approbierte Gestaltung dieser Arbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved official version of this thesis is available at TU Wien Bibliothek.

TU **bibliothek**
your knowledge hub

Straßenperspektive MFO
Abbildung 3.6/5
(urbannext, 2018)

4. Analysen und Entwurf

- 4.1 Simulationen Oberflächen
 - 4.1.1 Analyse und Zwischenfazit
- 4.2 Analysen Volkertmarkt
 - 4.2.1 Aktuelle Situation
 - 4.2.2 Klimaanalysen
 - 4.2.3 Simulation Thermischer Komfort
 - 4.2.4 Simulation Luftzirkulation
 - 4.2.5 Schlussfolgerung
- 4.3 Konzept
- 4.4 Ausarbeitung Entwurf
- 4.5 Vergleichende Simulation

4.1 Simulationen Oberflächen

In den folgenden Visualisierungen wurden anhand der Materialien Beton, Asphalt, Bitumen, Holz, niedriges Gras und hohes Gras über Simulationen mit Honeybee-Energy die in Kapitel 3 aufgestellten Thesen geprüft und die Simulationsmethoden als potenzieller Bestandteil des kommenden Designprozesses evaluiert.

Untersucht wurden die Ergebnisse der unterschiedlichen Bodenaufbauten hinsichtlich Thermischen Komforts, gemessen in UTCI und die Oberflächentemperatur oben genannter Materialien. In den Simulationen diente eine Fläche mit den Außenmaßen von 10 m x 10 m als Testfeld. Als Aufbauhöhe wurde eine Materialstärke von 25 cm gewählt. Die Simulationen für thermischen Komfort wurden für folgende Situationen ausgeführt:

1. Testfeld unter vollständiger Sonneneinstrahlung für 1. August zu einer Tageszeit zwischen 13 Uhr und 14 Uhr
2. Testfeld im teilweise verschatteten Zustand für 1. August zu einer Tageszeit zwischen 13 Uhr und 14 Uhr
3. Testfeld unter vollständiger Sonneneinstrahlung für 3. Oktober einer Tageszeit zwischen 13 Uhr und 14 Uhr

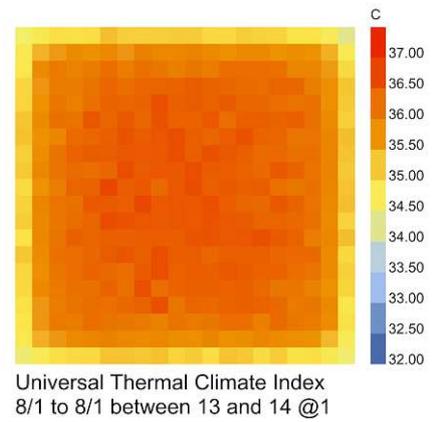
Für die Messung der Oberflächentemperatur wurde folgenden Parameter definiert:

Testfeld unter vollständiger Sonneneinstrahlung für 1. August zu einer Tageszeit zwischen 13 Uhr und 14 Uhr

Bitumen

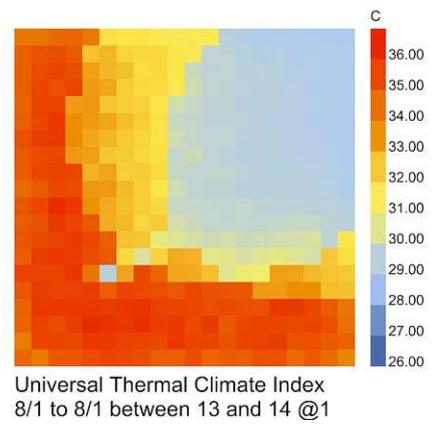
UTCI Sommer unverschattet

Abbildung 4.1/1
eigene Darstellung



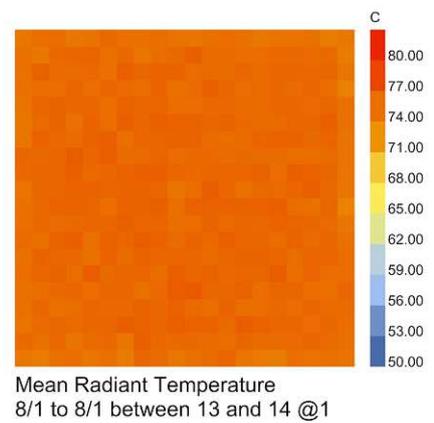
UTCI Sommer verschattet

Abbildung 4.1/2
eigene Darstellung



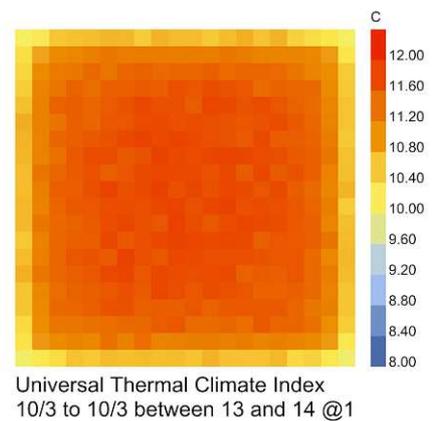
Oberflächentemperatur

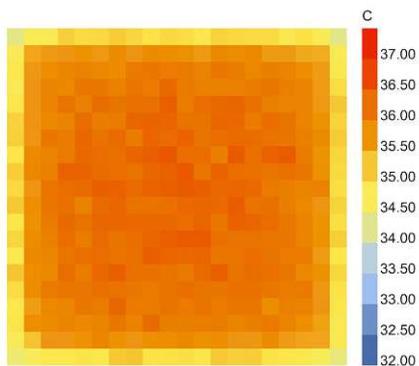
Abbildung 4.1/3
eigene Darstellung



UTCI Herbst unverschattet

Abbildung 4.1/4
eigene Darstellung

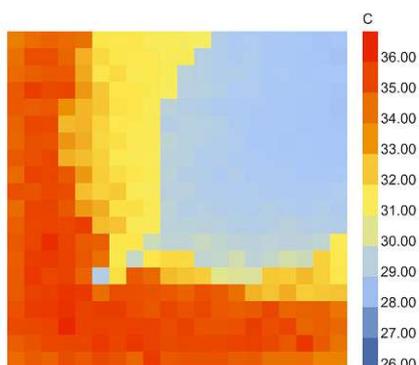




Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer unverschattet

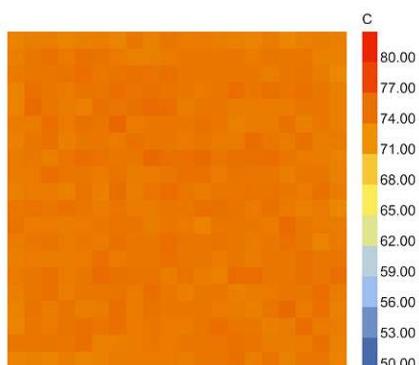
Abbildung 4.1/5
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer verschattet

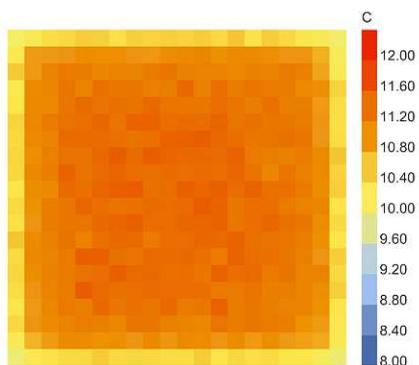
Abbildung 4.1/6
eigene Darstellung



Mean Radiant Temperature
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Oberflächentemperatur

Abbildung 4.1/7
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
10/3 to 10/3 between 13 and 14 @1

UTCI Herbst unverschattet

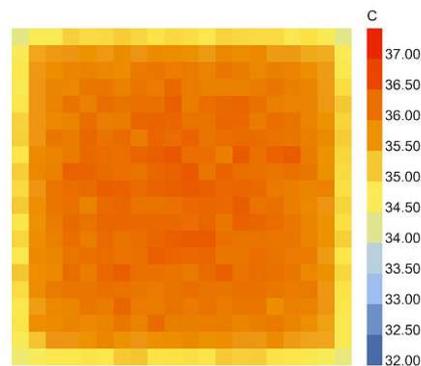
Abbildung 4.1/8
eigene Darstellung

Lehmboden feucht

Beton

UTCI Sommer unverschattet

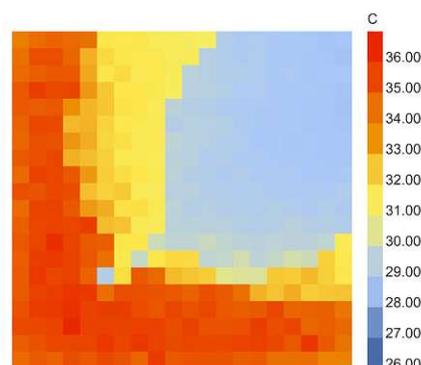
Abbildung 4.1/9
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer verschattet

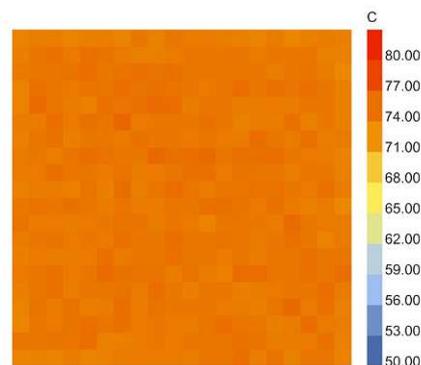
Abbildung 4.1/10
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Oberflächentemperatur

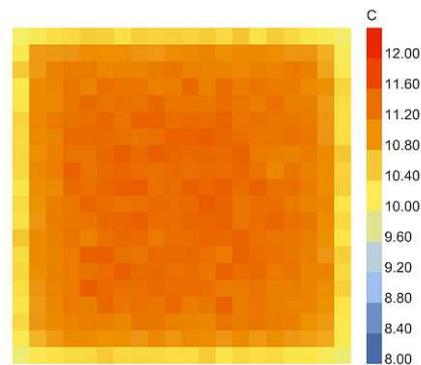
Abbildung 4.1/11
eigene Darstellung



Mean Radiant Temperature
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

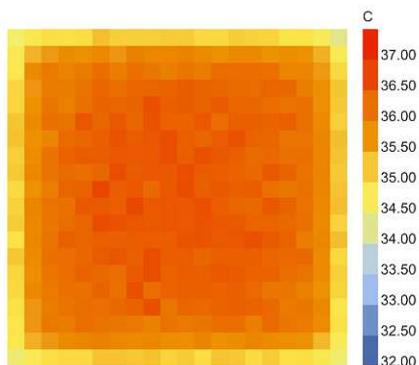
UTCI Herbst unverschattet

Abbildung 4.1/12
eigene Darstellung



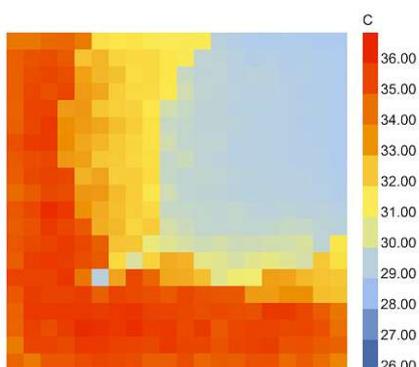
Universal Thermal Climate Index
10/3 to 10/3 between 13 and 14 @1

Holz dunkel



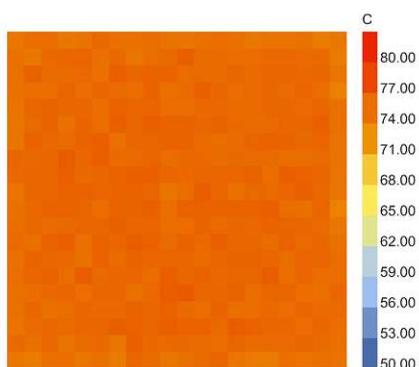
Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer unverschattet
Abbildung 4.1/13



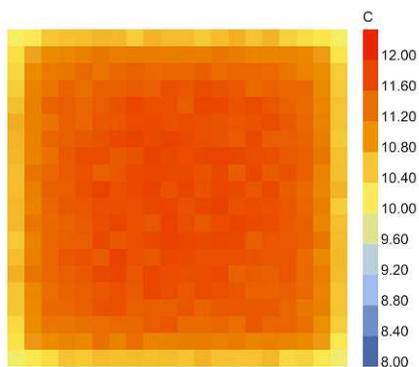
Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer verschattet
Abbildung 4.1/14
eigene Darstellung



Mean Radiant Temperature
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Oberflächentemperatur
Abbildung 4.1/15
eigene Darstellung

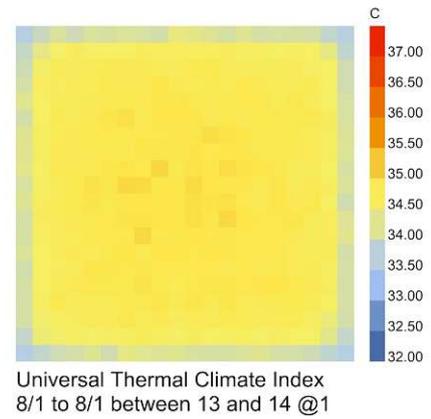


Universal Thermal Climate Index
10/3 to 10/3 between 13 and 14 @1

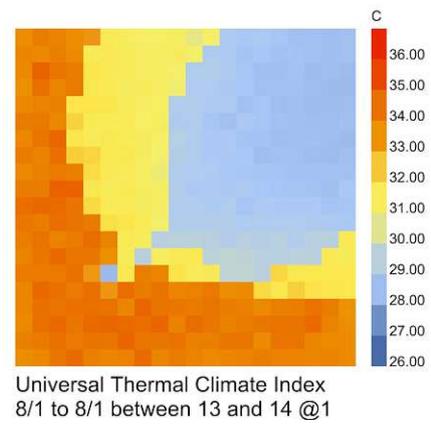
UTCI Herbst unverschattet
Abbildung 4.1/16
eigene Darstellung

Gras niedrig

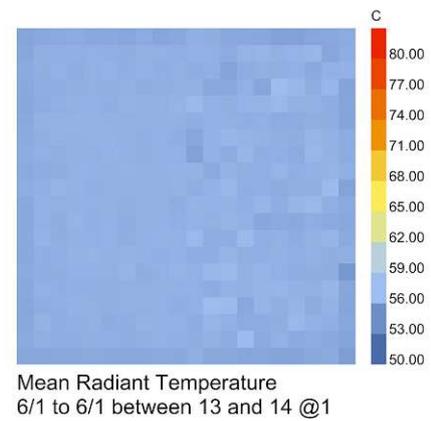
UTCI Sommer unverschattet
Abbildung 4.1/17



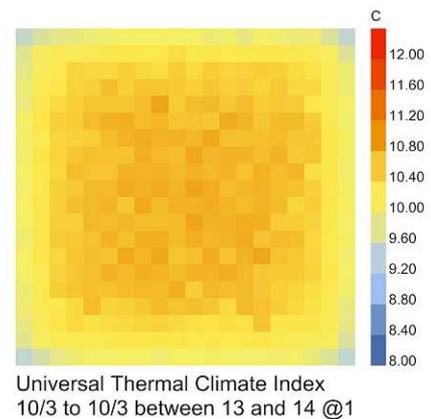
UTCI Sommer verschattet
Abbildung 4.1/18
eigene Darstellung



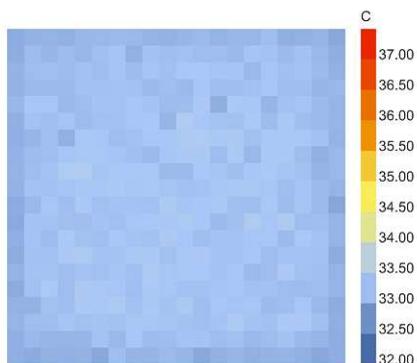
Oberflächentemperatur
Abbildung 4.1/19
eigene Darstellung



UTCI Herbst unverschattet
Abbildung 4.1/20
eigene Darstellung



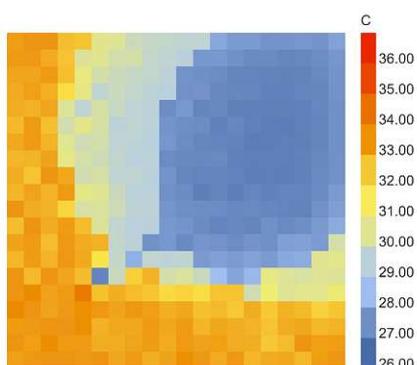
Gras hoch



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer unverschattet

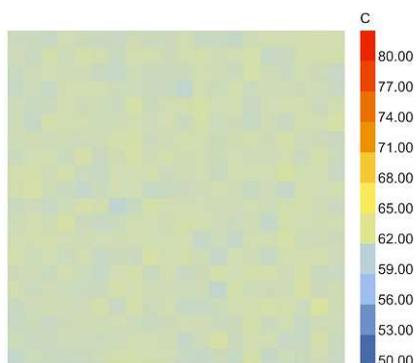
Abbildung 4.1/21
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

UTCI Sommer verschattet

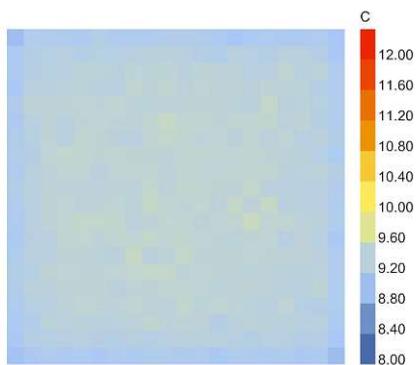
Abbildung 4.1/22
eigene Darstellung



Mean Radiant Temperature
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Oberflächentemperatur

Abbildung 4.1/23
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
10/3 to 10/3 between 13 and 14 @1

UTCI Herbst unverschattet

Abbildung 4.1/24
eigene Darstellung

4.1.1 Zwischenfazit

Gegenstand der Untersuchung waren die Annahmen, dass Bodenaufbauten mit hohen Albedo-Werten, also mit niedrigen Wärmeabsporationseigenschaften, zu niedrigeren Werten hinsichtlich Thermischen Komforts und Oberflächentemperatur führen. Des Weiteren wurde untersucht, ob der Farbton des Materials Rückschlüsse auf die Ergebnisse zulässt. Es bestand die Annahme, dass Materialien mit dunklen Oberflächen mehr Wärme absorbieren und somit höhere Oberflächentemperaturen und damit höhere UTCI-Werte liefern.

Betrachtet man die Simulationen, fällt auf, dass unter direkter Sonneneinstrahlung die Materialien Bitumen und dunkles Holz die höchsten UTCI-Werte aufweisen. Den niedrigsten Wert besitzt das Testfeld mit hohem Gras und feuchtem Substrat. Die Differenz zwischen Bitumen und hohem Gras unter direkter Einstrahlung beträgt ca 4 Grad C°. Auch im verschatteten Zustand weisen die porösen Materialien mit Vegetationsanteil niedrigere Werte auf. Mit einer Differenz von ca 1 Grad C° sind die Temperaturunterschiede jedoch geringer.

Auch im Bereich der Oberflächentemperatur ist zu erkennen, dass Faktoren wie eine höhere Dichte und ein dunkler Farbton zu höheren Werten führen. Die Simulationen verdeutlichen zudem, dass signifikante Unterschiede der UTCI-Werte auch zu kälteren Jahreszeiten hervorgerufen werden. So weisen die dunklen Materialien Bitumen und Holz abermals eine Differenz von 4 Grad C° zu durchlässigen Grassböden auf. Die Ergebnisse zu feuchten Lehmböden weisen ähnlich wie Bitumen, Beton und Holz hohe UTCI und Oberflächentemperaturwerte auf. Dies ist vermutlich auf niedrige Albedowerte zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Simulation bestätigen die zuvor aufgestellten Annahmen zur Abhängigkeit zwischen Farbton, Porosität und Albedowerten hinsichtlich Oberflächentemperaturen und UTCI und lassen die Integration von Simulationen über das Honeybee Plugin für weitere Designaufgaben zu.

4.2 Analysen Volkertmarkt

4.2.1 Aktuelle Situation

Der Markt

Durch die Verkleinerung des Marktbereiches und die Errichtung des Jugendzentrums auf der Ostseite des Volkertplatzes, entstand eine klare Trennung zwischen dem Markt- und der Platzfläche. Durchzogen von einer Zufahrtsstraße für Lieferverkehr und einer vertikalen Pflanzstruktur wird sowohl die direkte Durchwegung, als auch der Blickbezug zwischen beiden Bereichen gestört.

Auf dem heutigen Marktbereich gliedern sich die gemauerten Marktstände rund um einen zentralen Platz, welcher für temporäre Events genutzt wird. Programmatisch dominieren Gastronomiebetriebe die Marktfläche. Mit dem „Café Nelke“, der „Fischinsel“ und mehreren Fast-Food-Ständen beherbergen die westlichen Ausläufer der Marktstruktur ausschließlich gastronomische Einrichtungen. In Richtung des heutigen Platzes, rund um das Jugendzentrum, dünnt das Angebot aus, wobei festzustellen ist, dass mehrere Stände als Lager genutzt werden oder sich im Leerstand befinden. Das Leerstandsphänomen zieht sich in der Erdgeschosszone rund um die gesamte Platzfläche.



Volkertplatz
Abbildung 4.2.1/1
eigene Darstellung



Volkertmarkt
Abbildung 4.2.1/2
eigene Darstellung



Café Nelke
Abbildung 4.2.1/3
eigene Darstellung

Der Platz

Angrenzend an das Jugendzentrum „Alte Trafik“ erstreckt sich weitläufig der, räumlich von der Markfläche getrennte, Platz. Lange, gerade Bänke bieten temporäre Sitzgelegenheiten auf der vollflächig asphaltierten Platzfläche. Die drei noch nicht vollständig ausgewachsenen Baumreihen spenden dem Platz in den warmen Sommermonaten nur wenig Schatten. Die beiden Spielgeräte, eine Wippe aus Edelstahl und eine bewegliche Plattform, stehen exponiert in der Mitte des Platzes. Unzureichende Verschattung wie auch die Auswahl dunkler synthetischer Bodenbeläge im Bereich der Spielgeräte mindern die Attraktivität des kleinen Spielplatzes. Gerade in den wärmeren Monaten von Juni bis September ist der Platz im mittleren Tagesverlauf wenig frequentiert. Erst zu früher Abendstunde, wenn die direkte Sonneneinstrahlung abnimmt, füllt sich der Ort mit Menschen. Gegen die hohen Temperaturen ist auch der Luftbestäuber mit der Aufschrift „Cooles Wien“ nur ein Tropfen auf den heißen Stein. Wohl durch seine direkte Nähe zum Jugendzentrum ist der angrenzende Basketballplatz der am stärksten frequentierte Ort des Platzes. Wie auch im westseitigen Marktbereich besteht angrenzend an den ostseitigen Platz ein Leerstandsproblem. Ein erheblicher Teil der Erdgeschosszone steht leer oder bleibt, wenn genutzt, ohne direkten Bezug zum Platzgefüge.



Spielplatz Volkerplatz
Abbildung 4.2.1/4
eigene Darstellung



Luftbestäuber
Abbildung 4.2.1/5
eigene Darstellung

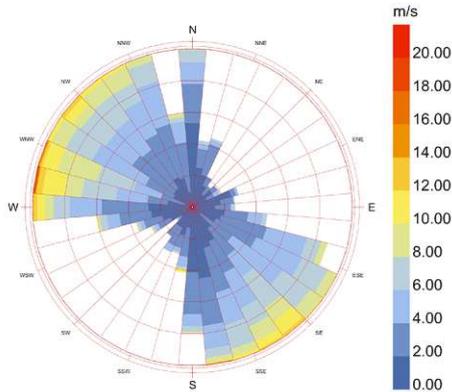


Jugendzentrum „Alte Trafik“
Abbildung 4.2.1/6
eigene Darstellung

4.2.2 Klimaanalysen:

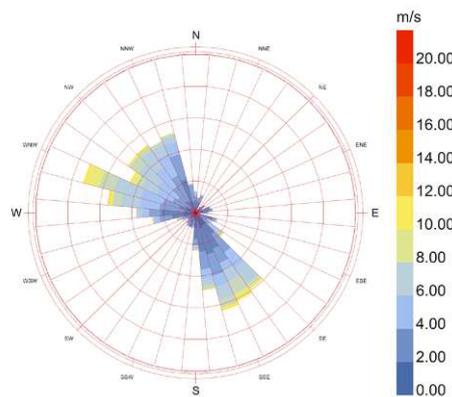
Über das Plugin Ladybug wurden die folgenden Klimaanalysen zu natürlicher

Luftzirkulation, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit erarbeitet.



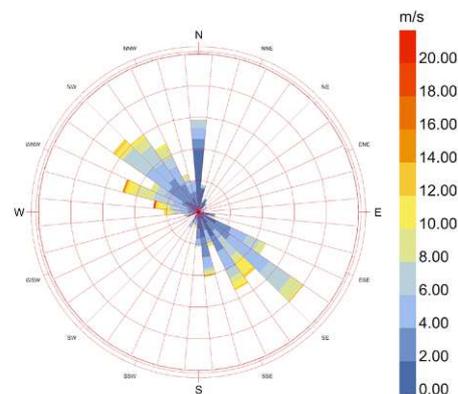
Wind Speed (m/s)
 city: VIENNA_SCHWECHAT
 country: AUT
 time-zone: 1.0
 source: IWEC Data
 period: 1/1 to 12/31 between 0 and 23 @1
 Calm for 0.67% of the time = 59 hours.
 Each closed polyline shows frequency of 0.9% = 50 hours.

Wind Ganzjährig
 Abbildung 4.2.2/1
 eigene Darstellung



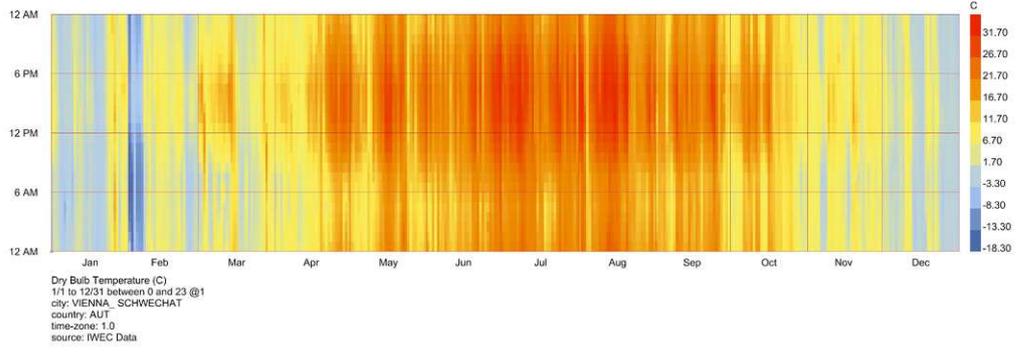
Wind Speed (m/s)
 city: VIENNA_SCHWECHAT
 country: AUT
 time-zone: 1.0
 source: IWEC Data
 period: 6/21 to 9/24 between 0 and 23 @1
 Calm for 0.09% of the time = 2 hours.
 Each closed polyline shows frequency of 2.2% = 50 hours.

Wind Sommer
 Abbildung 4.2.2/2
 eigene Darstellung



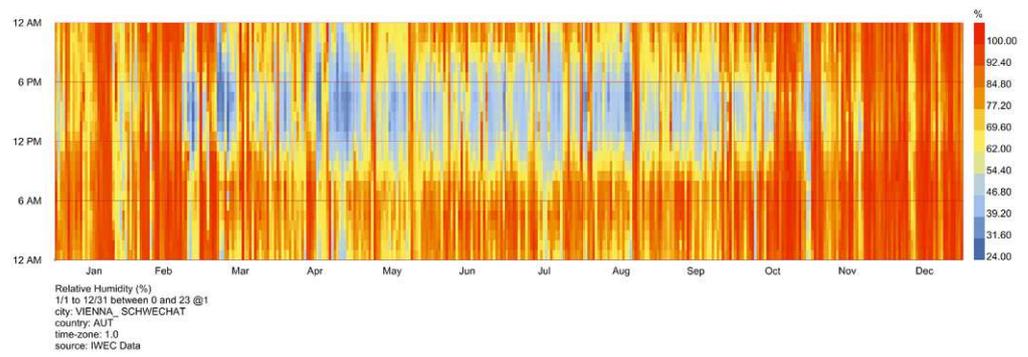
Wind Speed (m/s)
 city: VIENNA_SCHWECHAT
 country: AUT
 time-zone: 1.0
 source: IWEC Data
 period: 12/21 to 3/21 between 0 and 23 @1
 Calm for 1.83% of the time = 40 hours.
 Each closed polyline shows frequency of 2.3% = 50 hours.

Wind Winter
 Abbildung 4.2.2/3
 eigene Darstellung



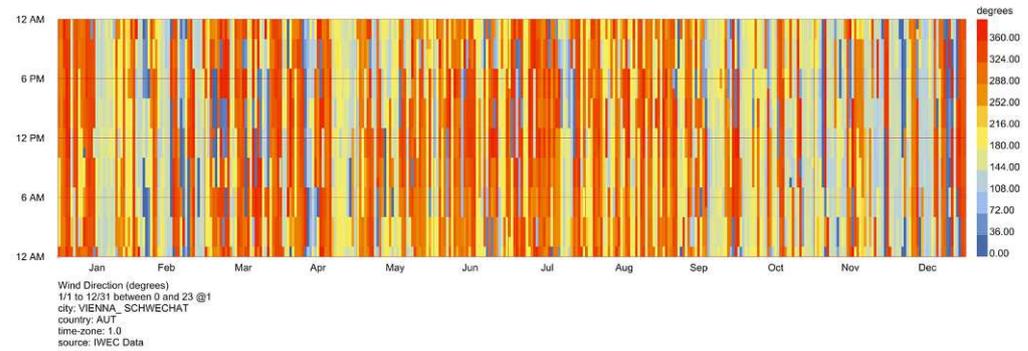
Lufttemperatur

Abbildung 4.2.2/4
eigene Darstellung



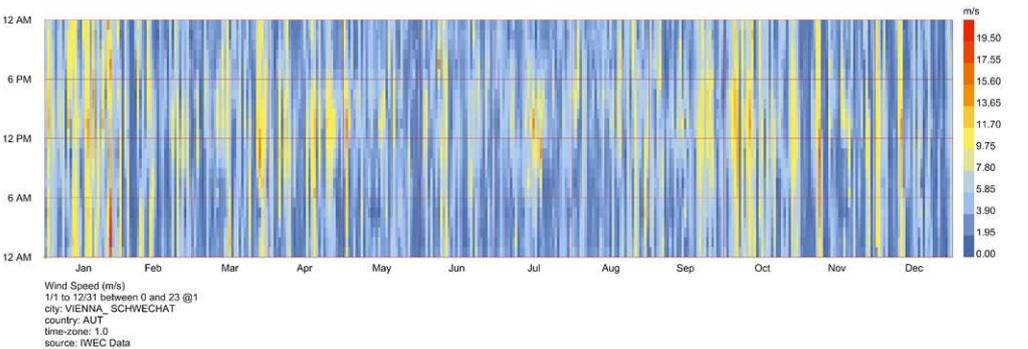
Luftfeuchtigkeit

Abbildung 4.2.2/5
eigene Darstellung



Windrichtung

Abbildung 4.2.2/6
eigene Darstellung



Windgeschwindigkeit

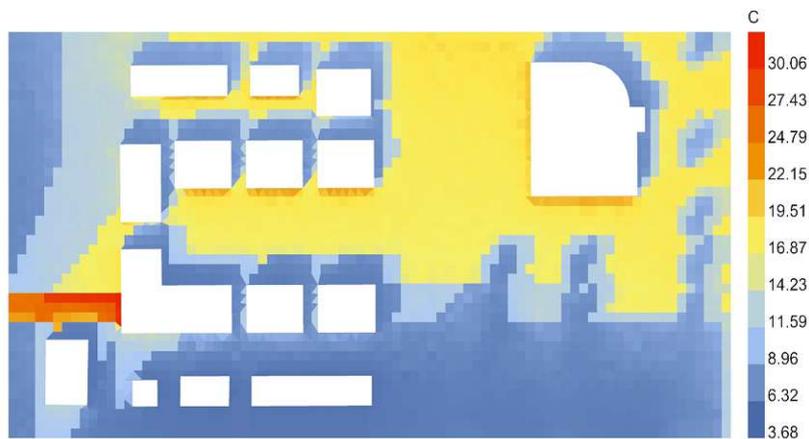
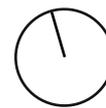
Abbildung 4.2.2/7
eigene Darstellung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



4.2.3 Simulation Thermischer Komfort Volkertplatz

Die folgenden Grafiken beschreiben die mikroklimatischen Gegebenheiten des Volkertplatzes hinsichtlich Thermischen Komforts, gemessen in UTCI, und natürlicher Luftzirkulation. Die Simulationen zu thermischen Komfort wurden für die Jahrestage des 10. März, 20. Juni, 24. September und 21. Dezember ausgeführt. Des Weiteren wurden Simulationen für den 1. August und 6. Februar als Teil der jeweils heißesten und kältesten Woche des Jahres ausgeführt. Betrachtungszeitraum war für alle oben genannten Daten zwischen 13:00 Uhr und 14:00 Uhr. Als Oberflächenmaterial wurde, korrespondierend zur aktuellen Beschaffenheit, Asphalt mit einer Materialstärke von 25cm gewählt.

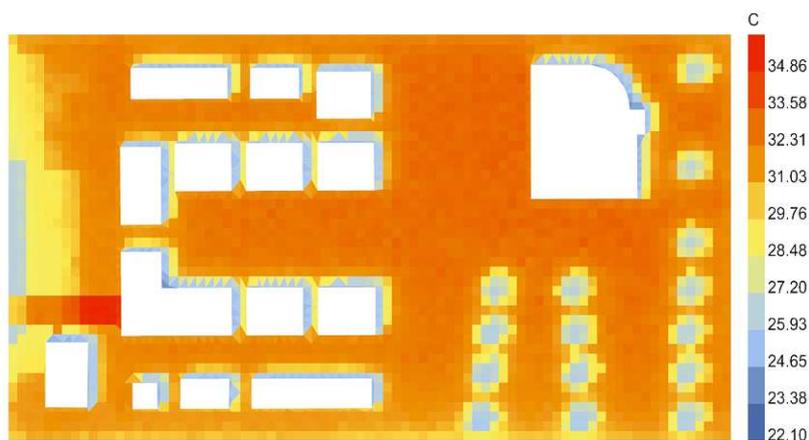


Universal Thermal Climate Index
3/10 to 3/10 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort

10.März

Abbildung 4.2.3/1
eigene Darstellung

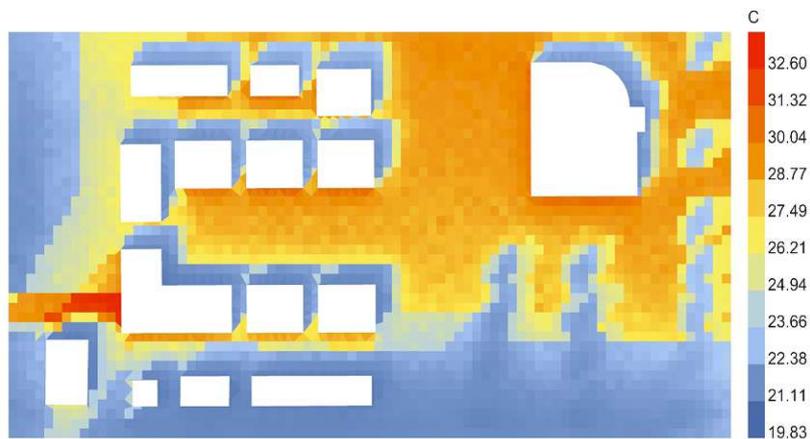
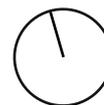


Universal Thermal Climate Index
6/20 to 6/20 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort

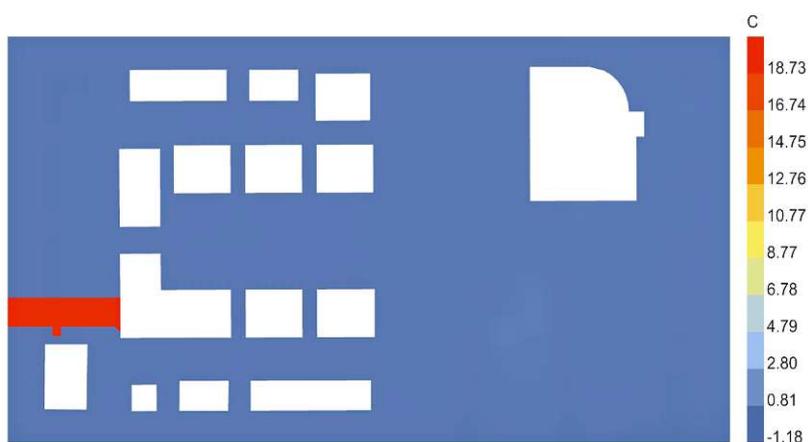
20.Juni

Abbildung 4.2.3/2
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
9/24 to 9/24 between 13 and 14 @1

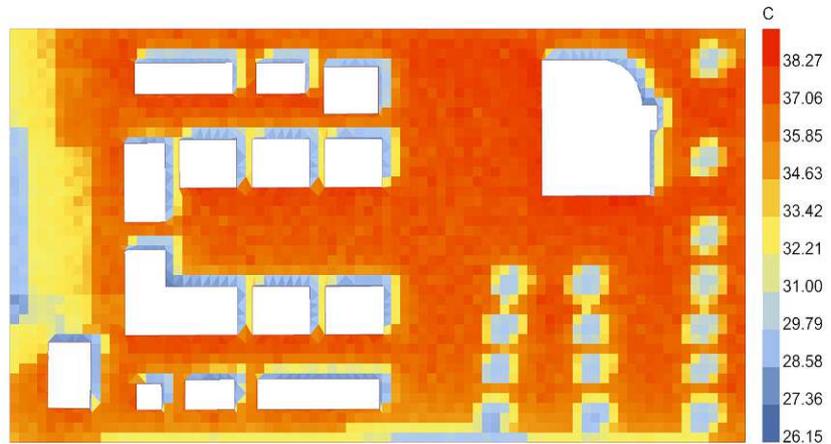
Thermischer Komfort
24. September
Abbildung 4.2.3/3
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
12/21 to 12/21 between 13 and 14 @1

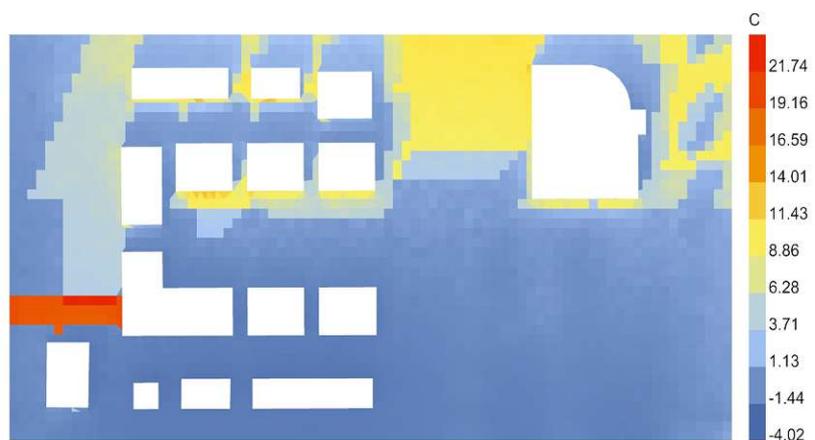
Thermischer Komfort
21. Dezember
Abbildung 4.2.3/4
eigene Darstellung

Thermischer Komfort
1. August
Abbildung 4.2.3/5
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Thermischer Kc
6. Februar
Abbildung 4.2.3/6
eigene Darstellung

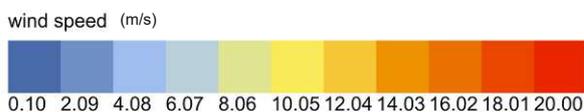
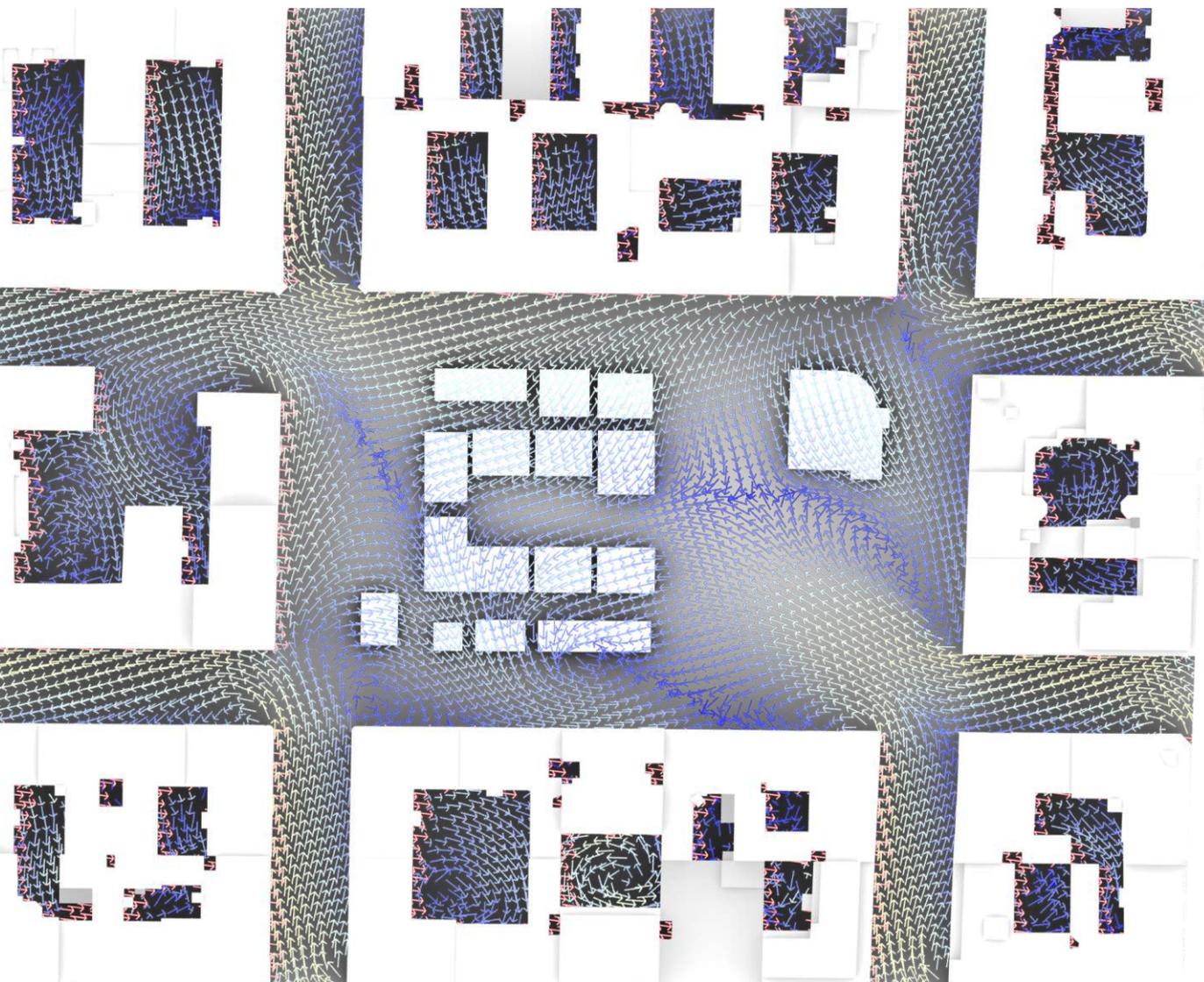


Universal Thermal Climate Index
2/6 to 2/6 between 13 and 14 @1

4.2.4. Simulation Luftzirkulation

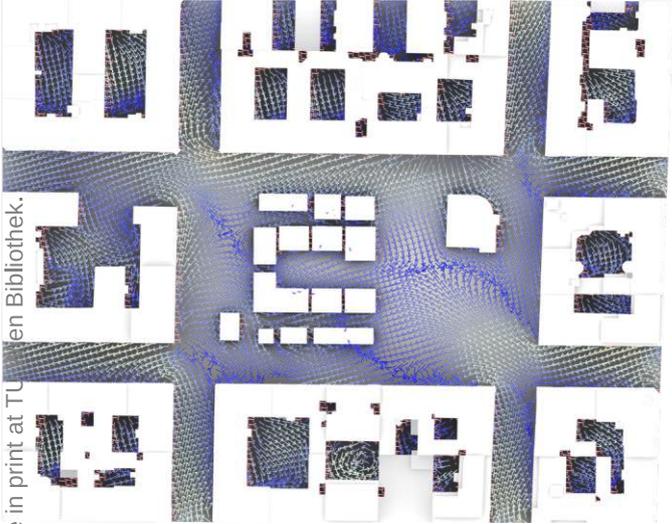
Nachfolgende Windsimulationen wurden für die Hauptwindrichtungen Nordwest und Südost ausgeführt. Nordwest entspricht der Gradzahl 315°. Südost der Gradzahl 135°. Abgeleitet aus den vorangegangenen Klimaanalysen wurde

als mittlere Windgeschwindigkeit 10m/s gewählt. Für die jeweiligen Hauptwindrichtungen wurden Simulationen für die Höhenstufen von 2m, 5m, 10m und 15 m durchgeführt.

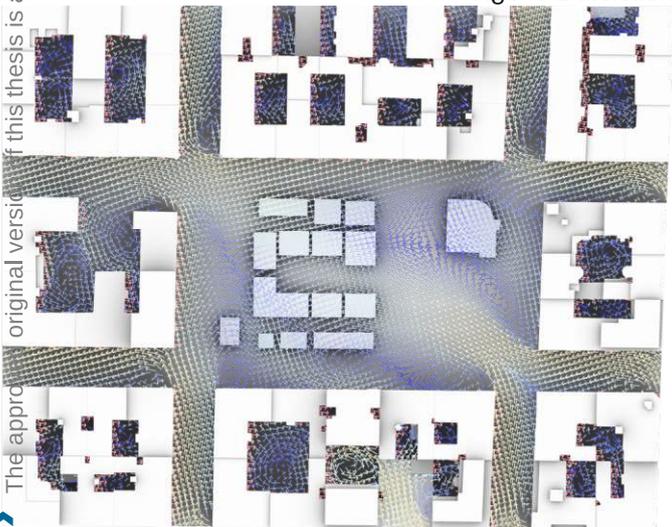


Windanalyse Südost 5m
Abbildung 4.2.4/1
eigene Darstellung

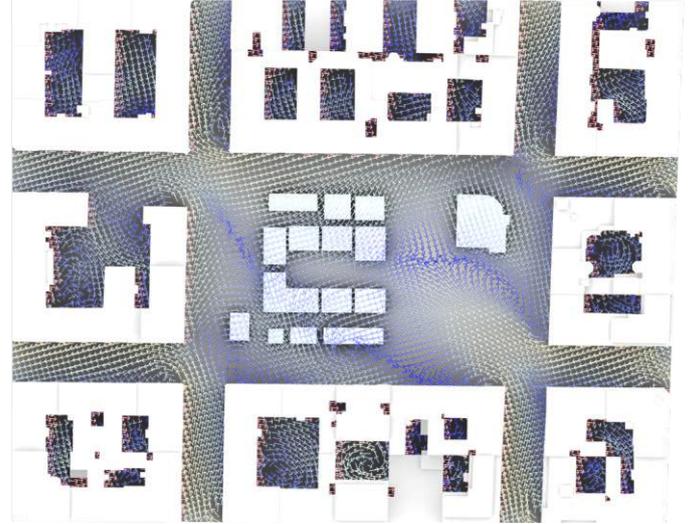
Windgeschwindigkeit
Abbildung 4.2.4/11
eigene Darstellung



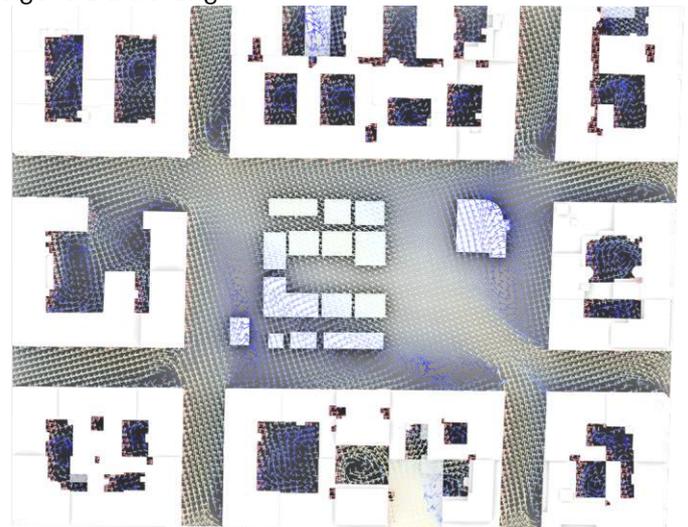
Windanalyse Südost 2m
Abbildung 4.2.4/2
eigene Darstellung



Windanalyse Südost 10m
Abbildung 4.2.4/4
eigene Darstellung

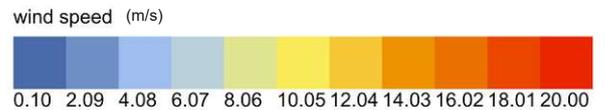


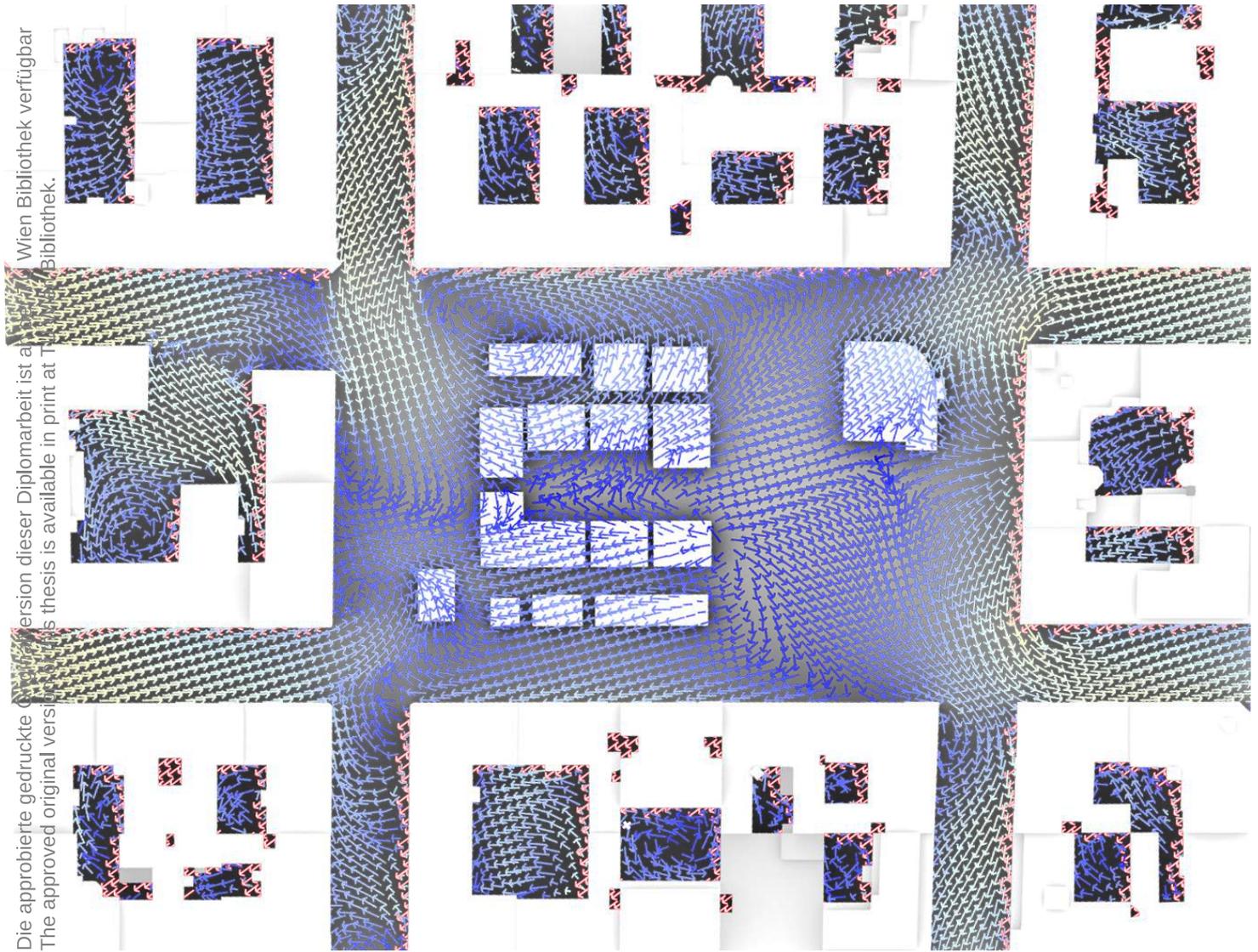
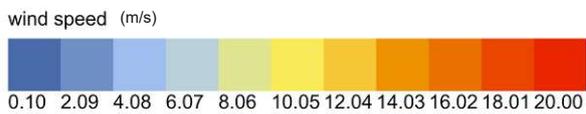
Windanalyse Südost 5m
Abbildung 4.2.4/3
eigene Darstellung



Windanalyse Südost 15m
Abbildung 4.2.4/5
eigene Darstellung

Windgeschwindigkeit
Abbildung 4.2.4/11
eigene Darstellung



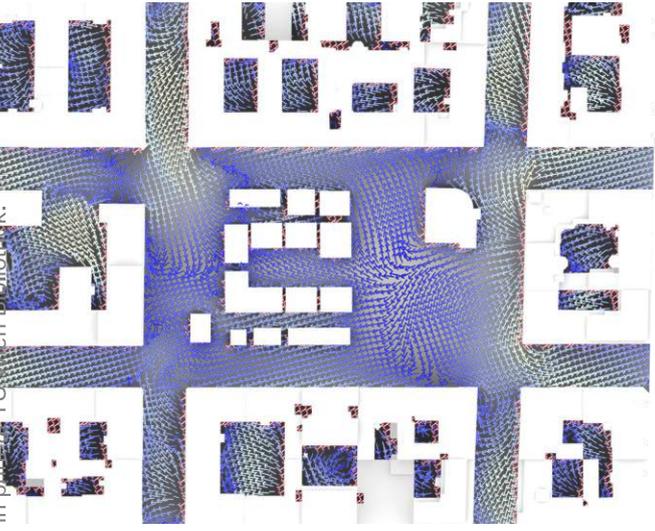
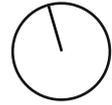


Windanalyse Nordwest

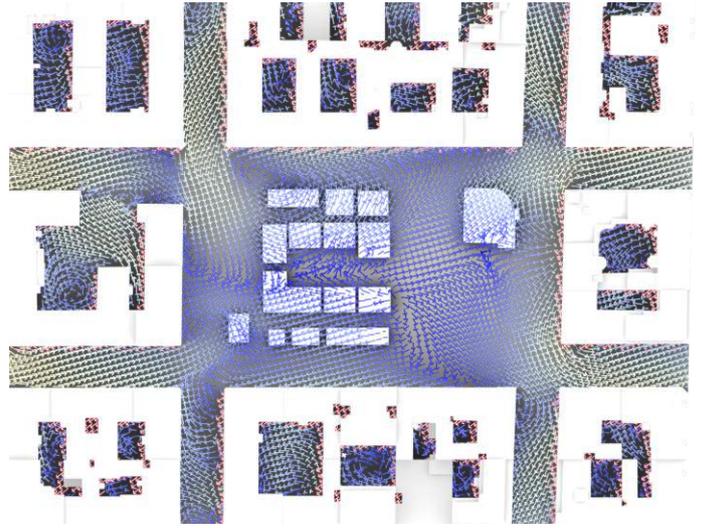
Abbildung 4.2.4/6
eigene Darstellung

Windgeschwindigkeit

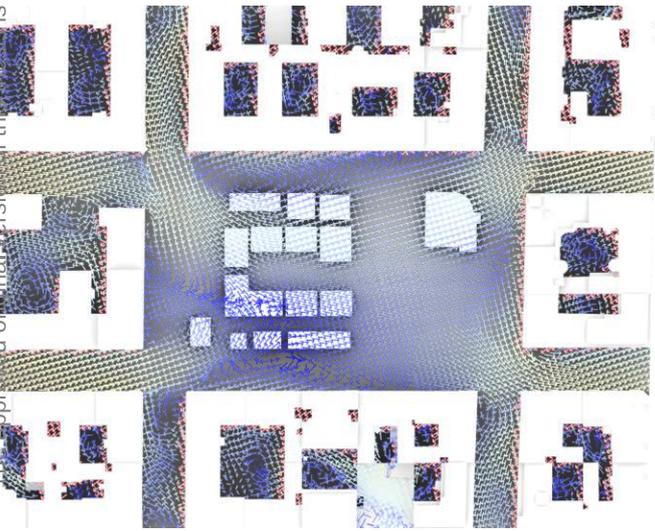
Abbildung 4.2.4/11
eigene Darstellung



Windanalyse Nordwest 2m
Abbildung 4.2.4/7
eigene Darstellung



Windanalyse Nordwest 5m
Abbildung 4.2.4/8
eigene Darstellung

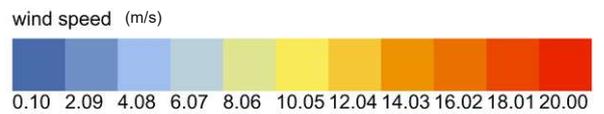


Windanalyse Nordwest 10m
Abbildung 4.2.4/9
eigene Darstellung



Windanalyse Nordwest 15m
Abbildung 4.2.4/10
eigene Darstellung

Windgeschwindigkeit
Abbildung 4.2.4/11
eigene Darstellung



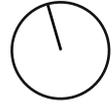
4.2.5. Schlussfolgerung

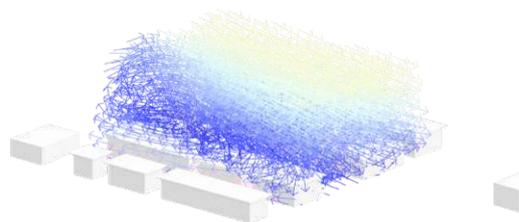
Über die Simulationen zu Thermischem Komfort und natürlicher Luftzirkulation lässt sich das Areal des Volkertplatzes, wie in Abbildung 4.2.5/1 zu sehen, in unterschiedliche Situationen und Bereiche gliedern.

Die blau schraffierten Bereiche definieren sich als Haupteintrittspunkte für die Nordwest- bzw. Südostwinde. Durch die engen Straßenschluchten konzentriert, treten die Luftmassen über die Eckpunkte des Platzes ein, bevor sie sich über die angrenzenden Flächen verteilen und verlangsamen. Diese sogenannten Windinlets ermöglichen eintretende Luftmassen vor ihrer Verteilung zu manipulieren. Eine Strategie wäre durch intensive Verschattung und mehrschichtigen Grünraum einen Kühlpunkt zu kreieren. Angrenzend an die Inlets bilden sich freie Platzbereiche. In Abbildung 4.2.5/1 gelb schraffiert, sind diese Bereiche direkt dem Markt zugeordnet und für temporäre Veranstaltungen freizuhalten. Aufgrund ihrer baulichen Umgebung, von natürlicher Luftzirkulation abgeschottet, kommen dem zentralen Hof innerhalb der Marktstruktur und dem Bereich zwischen Markt und Jugendzentrum eine Sonderrolle zu. An warmen Sommertagen sind diese Bereiche besonders von Überhitzung betroffen. Für diese, in Abbildung 4.2.5/1 rot schraffierten, Bereiche müssen Strategien entwickelt werden, welche unabhängig von natürlicher Luftzirkulation für eine Verbesserung des thermischen Wohlbefindens sorgen. Für den zentralen Marktplatz wurde die mögliche Entwicklung einer vertikalen Grünstruktur bedacht und in folgenden Simulationen analysiert.

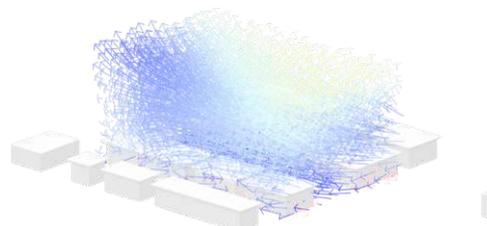


Volkertplatz Bereiche
Abbildung 4.2.5/1
eigene Darstellung

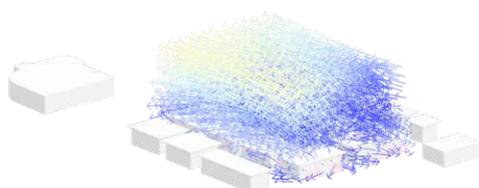




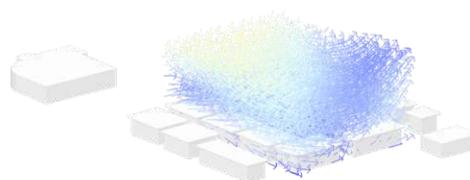
Windanalyse Südost
Abbildung 4.2.5/2
eigene Darstellung



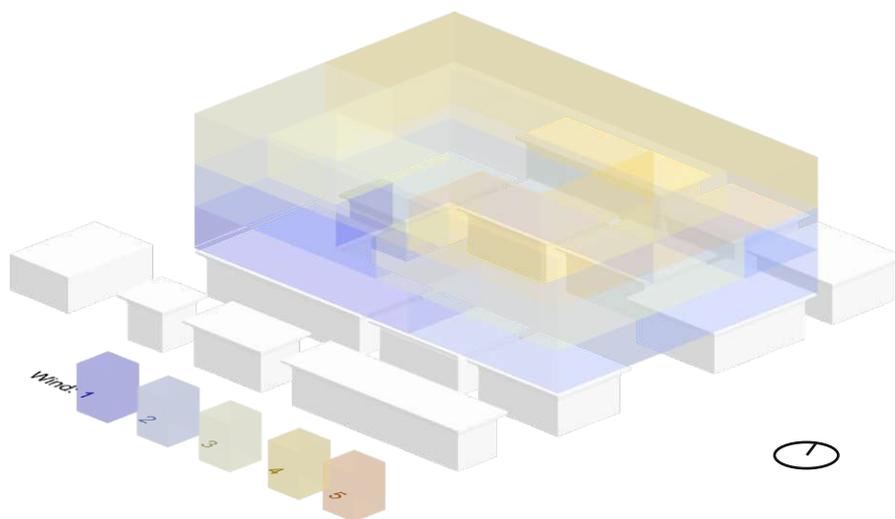
Windanalyse Südost
Abbildung 4.2.5/3
eigene Darstellung



Windanalyse Nordwest
Abbildung 4.2.5/4
eigene Darstellung



Windanalyse Nordwest
Abbildung 4.2.5/5
eigene Darstellung



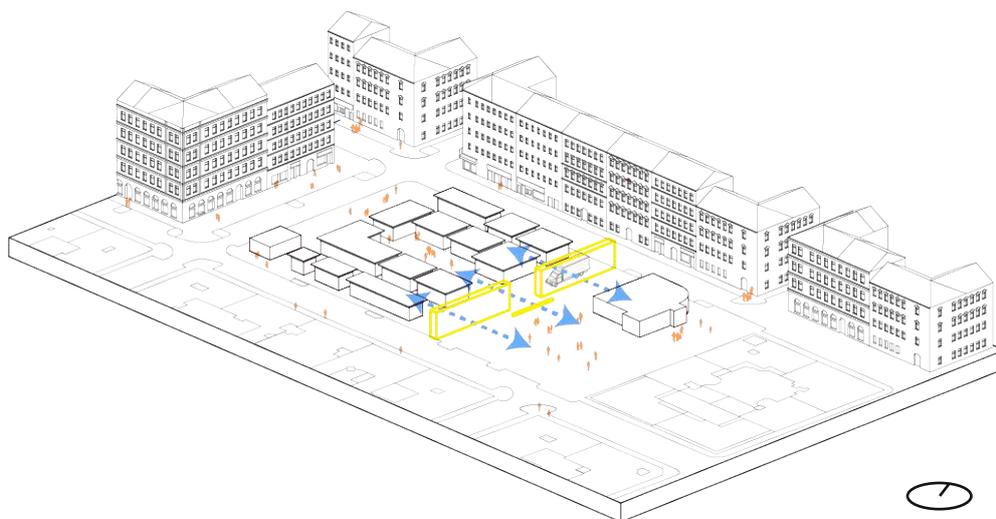
Windanalyse Gliederung
Abbildung 4.2.5/6
eigene Darstellung

Vertikale Erweiterung

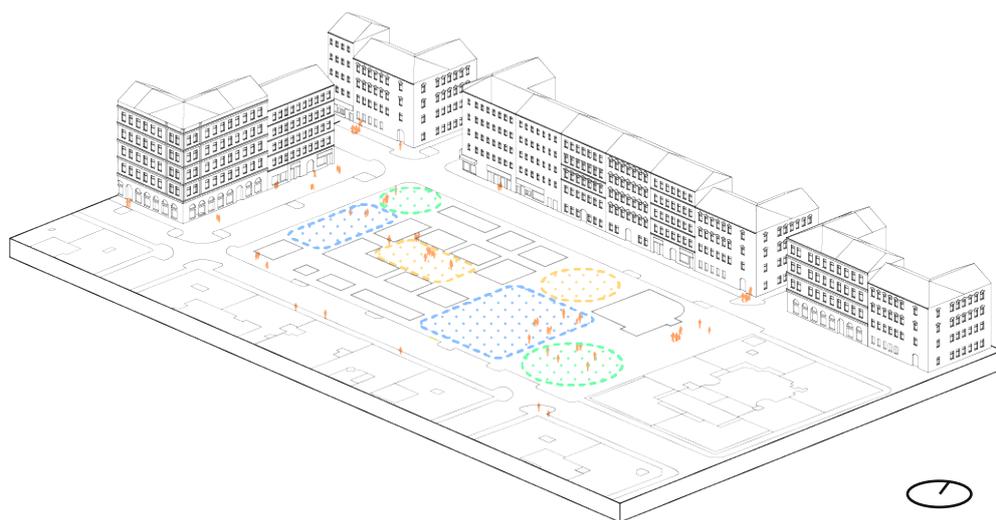
Die Erweiterung der Marktstruktur durch einen vertikalen Grünraum verfolgte die Idee, die darunterliegende Marktfläche einerseits durch intensive Begrünung zu temperieren und andererseits durch Integration unterschiedlicher Nutzungen innerhalb des vertikalen Parks zu aktivieren. Wie in den Abbildungen 4.2.5/2 bis 4.2.5/5 zu entnehmen, wurde die natürliche Luftzirkulation der beiden Hauptwindrichtungen über dem inneren Ring des Markts simuliert.

Die Windanalysen dienten als Basis um den Raum über der zentralen Marktfläche zu gliedern. Wie in Abbildung 4.2.5/6 zu sehen, entstehen somit Bereiche, welche nach einer Skala von eins bis fünf die Intensität der natürlichen Luftzirkulation abbilden. Abhängig von den Windverhältnissen, wurden mögliche Nutzungen der Nutzungsbereiche Kinderspielplatz, Sport und Erholung in die Struktur integriert. Während der Kinderspielplatz und die Aufenthaltsbereiche mit geringer körperlicher Aktivität vorwiegend in Bereichen mit geringen Windgeschwindigkeiten unterzubringen sind, bestand die Idee, Nutzungen mit hoher körperlicher Aktivität, wie dem Basketballfeld, in Bereiche mit hoher Luftzirkulation zu integrieren.

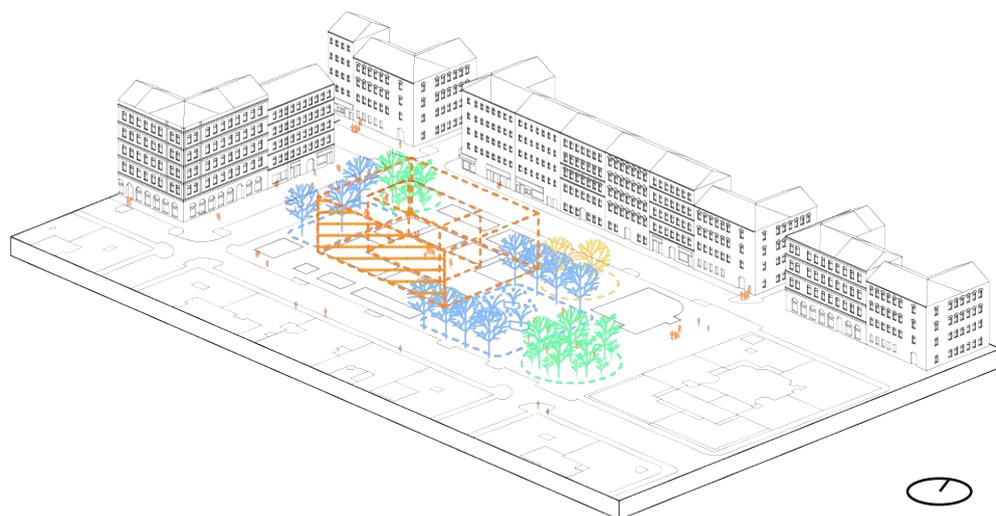
4.3 Konzept



Konzept Verbindung
Abbildung 4.3/1
eigene Darstellung



Konzept Bereiche
Abbildung 4.3/2
eigene Darstellung



Konzept Klimatisierung
Abbildung 4.3/3
eigene Darstellung

Verbinden!

Durch die Verkleinerung der Marktfläche und den Neubau des Jugendzentrums auf der Westseite des Platzes, entstand eine klare Trennung der beiden Bereiche. Diese Trennung wurde durch die Errichtung zweier, ca. 5 Meter hoher und blickdichter vertikaler Pflanzstrukturen verstärkt. Eine auf der Mittelachse des Platzes liegende Zufahrtsstraße für Lieferverkehr macht die Teilung in eine westliche Marktfläche und einen östlichen Platz noch spürbarer.

Bereiche schaffen!

Auf Basis der vorangegangenen Analysen zu Thermischen Komfort und Luftzirkulation im Areal des Volkertplatzes wurden Bereiche unterschiedlicher Qualitäten und Voraussetzungen definiert. Die grün schraffierten Bereiche im Nordwesten sowie Südosten des Platzes definieren sich in ihrer Funktion als Windinlets. Sie haben die Aufgabe zur Luftfilterung und Klimatisierung der anschließenden Platzflächen beizutragen. Blau schraffiert, gliedern sich die freien

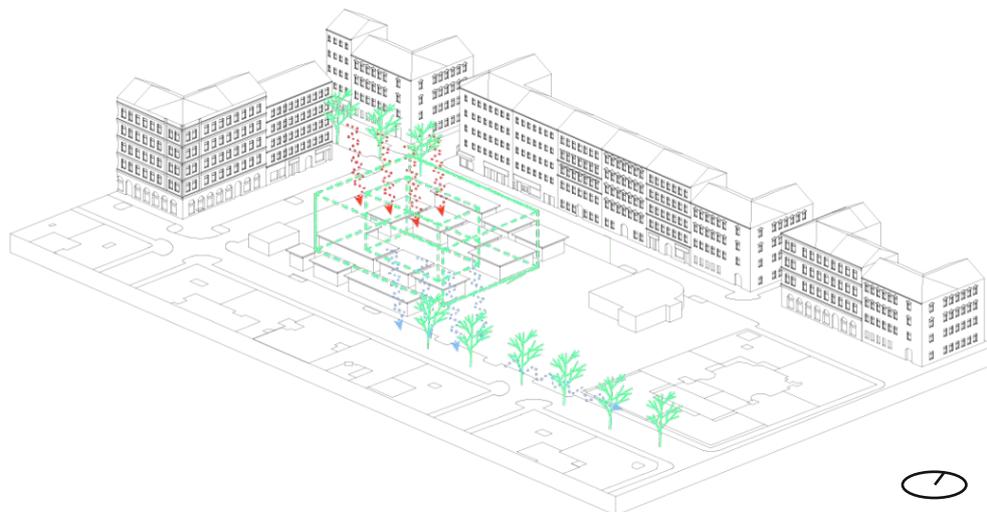
Klimatisieren!

In Fragen der Klimatisierung wurden für die oben genannten Bereiche unterschiedliche Strategien erarbeitet. Für die grün markierten Inlets sieht der folgende Entwurf eine intensive, mehrschichtige Begrünung und Entsiegelung der Oberfläche vor. Damit wird einerseits ein Filter gegen feinkörnige Luftverschmutzung geschaffen, andererseits entstehen kühle Luftmassen, welche auf die angrenzenden Freiflächen getragen werden. Die freizuhaltenden Platz-

Der folgende Entwurf betont die Wichtigkeit in der Verbindung beider Platzflächen. Der direkte Blickbezug zu Jugendzentrum und Platz schafft Aktivierung und stellt eine Beziehung zwischen Besuchern des Platzes sowie den Jugendlichen der „Alten Trafik“, sowie dem Markt her. Eine direkte Verbindung eröffnet die Möglichkeit von temporären Veranstaltungen, welche nun die gesamte Fläche des Volkertplatzes nutzen können.

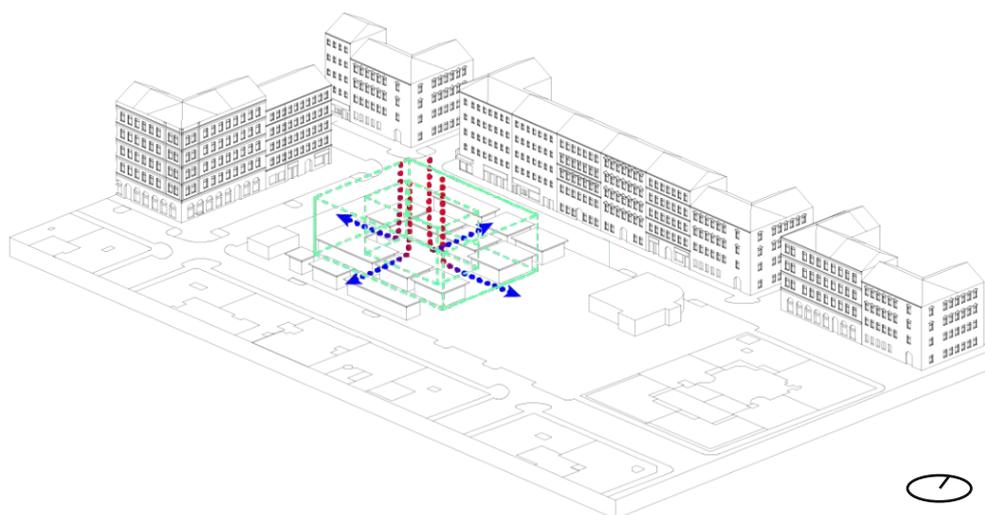
Platzflächen direkt an die Windinlets. Für temporäre Events müssen jene Bereiche frei bespielbar bleiben. Eine Sonderrolle nehmen die Bereiche zwischen Jugendzentrum und Markt bzw. der zentrale Hof innerhalb des Marktes ein. Die Bauliche Umgebung schränkt die Möglichkeiten der Klimatisierung erheblich ein. Zudem ist der Hof als Mittelpunkt des Marktes von zentraler Bedeutung.

flächen werden mit offenen Wasserspielen temperiert und bieten somit abseits von temporären Events einen attraktiven Freiraum für Kinder. Der zentrale Hof wird durch eine vertikale Parkanlage verschattet. Im Bereich des gelb eingefärbten Kleinkinderspielplatz wirken durchlässige Oberflächen und gezielte Verschattung gegen sommerliche Überhitzung.



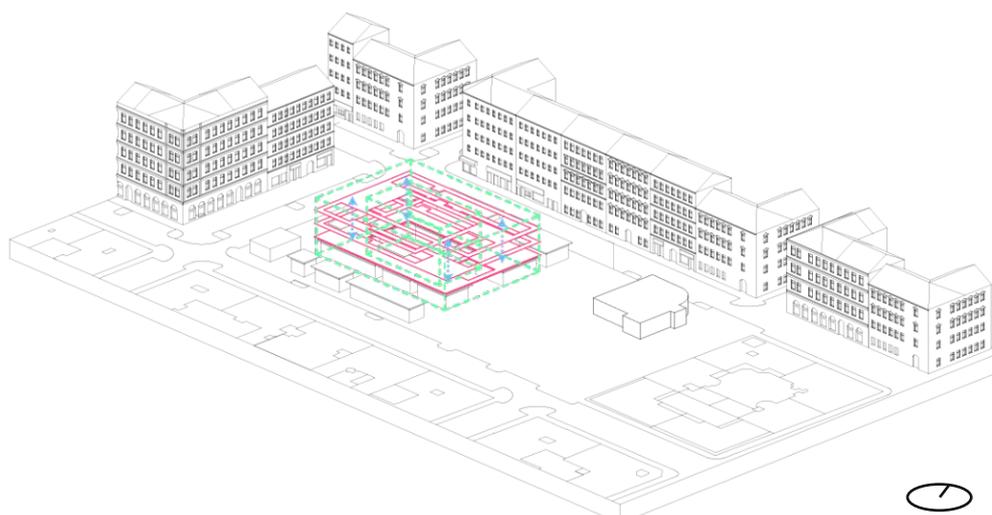
Konzept Mikroklima Stadt

Abbildung 4.3/4
eigene Darstellung



Konzept Mikroklima Platz

Abbildung 4.3/5
eigene Darstellung



Konzept Aktivierung

Abbildung 4.3/6
eigene Darstellung

Großräumlich klimatisieren!

Die vertikale Parkanlage dient nicht nur zur Verschattung der darunter liegenden Marktfläche, sondern gliedert sich auch in das Wiener Grünraumsystem ein. So schafft die intensive Begrünung eine Grüninsel innerhalb der stark versiegelten Stadtlandschaft des Volkertviertels. Über Luftbahnen zwischen Prater und Augarten transportierte Luftmassen werden durch die mehrschichtige vertikale Begrünung gefiltert und abgekühlt. Der Transport kühler Luftmassen setzt eine

Kleinräumlich klimatisieren!

Angelehnt an die vertikale Struktur eines Waldes klimatisiert der vertikale Park die darunterliegende Marktfläche auf mehrfache Weise. Während die vertikale Bepflanzung im Sommer einen Großteil der auftretenden Strahlung absorbiert, erhöht sich der Anteil einfallender Strahlung in den Übergangsmonaten. Über den Prozess der Evaporation abgekühlte Luftmassen sinken in den warmen Sommermonaten herab und verteilen sich über die Freiräume zwischen den

Aktivieren!

Innerhalb der vertikalen Parkanlage bietet sich die Möglichkeit unterschiedliche Nutzungen unterzubringen. Hochrankende Kletterpflanzen dienen als raumbildende Elemente und schaffen eine attraktive Abfolge aus geschlossenen, privaten Rückzugsräumen und offenen, lichtdurchfluteten Freiräumen. Die Nutzungen innerhalb der Struktur gliedert sich in 3 Bereiche. Das erste und zweite Obergeschoss der Nordseite beherbergt einen Kinderspielplatz.

eine Fortführung von Grünraum in angrenzenden Straßenräumen voraus. Das Konzept bietet somit auch einen Mehrwert im großräumlichen Maßstab des städtischen Mikroklimas.

Ständen über den gesamten Marktbereich.

Geschützt vor direkter Sonne verbinden vertikale Kletterelemente und Rutschen die beiden Ebenen. Die Südseite bietet Platz für Sportmöglichkeiten wie Calisthenics, Yoga und einen Basketballplatz. Orte der Erholung lockern die Gesamtstruktur auf und bilden Rückzugsmöglichkeiten zum Verweilen und kommunizieren. Höhepunkt ist die Rooftop-Terrasse mit Blick auf den Markt.

4.4 Ausarbeitung

Der folgende Entwurf soll den Volkertplatz neu bespielen und aktivieren. Die Klimatisierung des Platzes über Grüne und blaue Infrastruktur schafft eine grüne Oase innerhalb des dicht bebauten Viertels. Die Umstrukturierung des Platzes schafft Mehrwert für unterschiedliche Nutzergruppen und lädt Anrainer wie Besucher gleichermaßen zum verweilen ein. Über kleinräumliche Interventionen wie eine Bühne in der Nähe des Jugendzentrums, Schachtische oder dem Kleinkinderspiel-

platz entsteht eine Vielfalt an Situation für alle Altersgruppen. Die vertikale Parkanlage über dem Inneren Ring des Marktes aktiviert und klimatisiert die darunterliegenden Stände. Eine Fachwerkfassade aus Stahl trägt die Lasten seitlich der Marktstände in den Untergrund und ermöglicht stützenfreie Räume innerhalb der Grünstruktur. Nachbarschaftlich organisiert steht die offene Parkstruktur, innerhalb gewählter Öffnungszeiten, allen Besuchern offen.



Gesamtperspektive
Abbildung 4.4/1
eigene Darstellung

Tragwerk

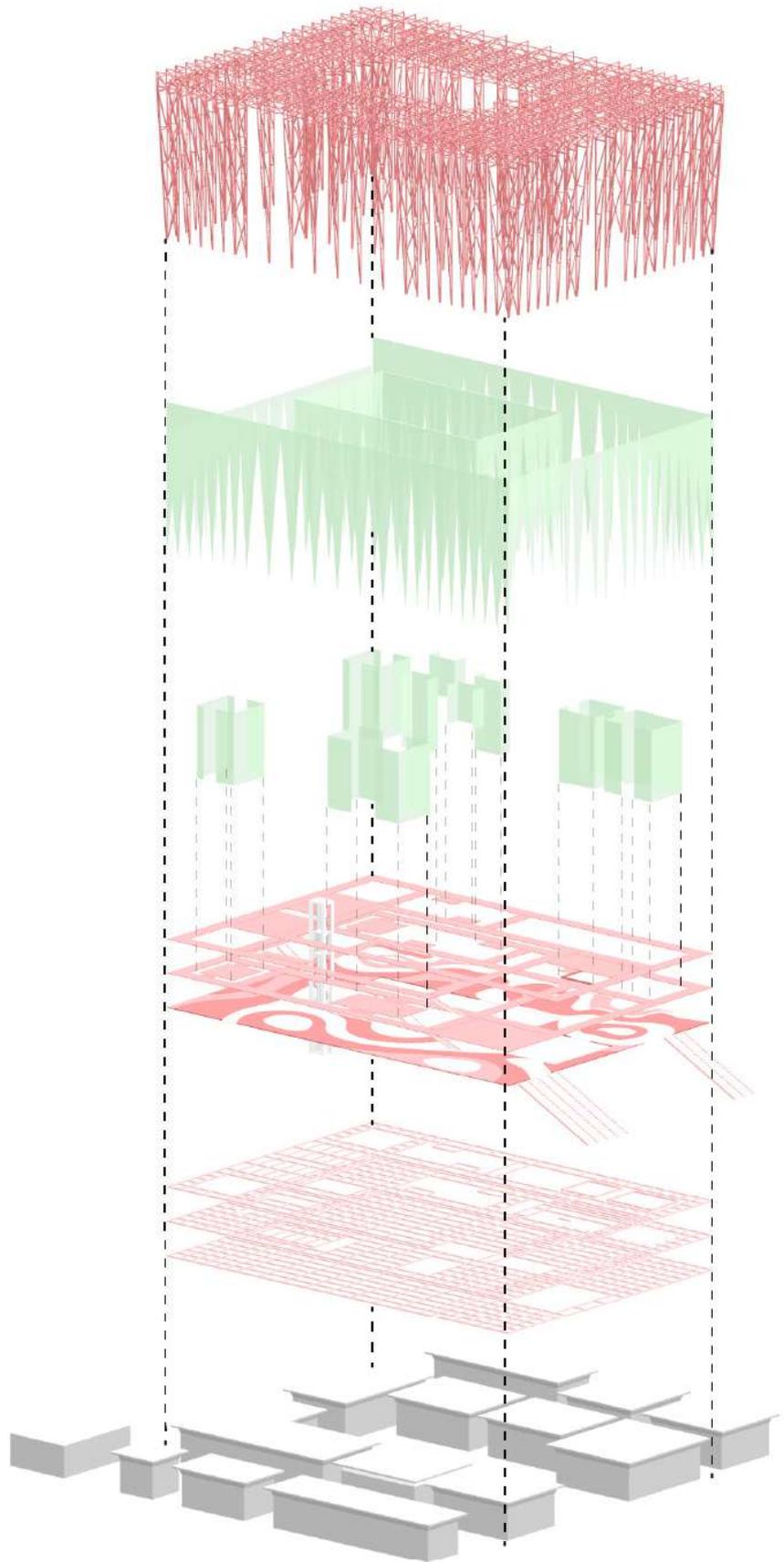
Grünfassade

Raumbildende
Grünelemente

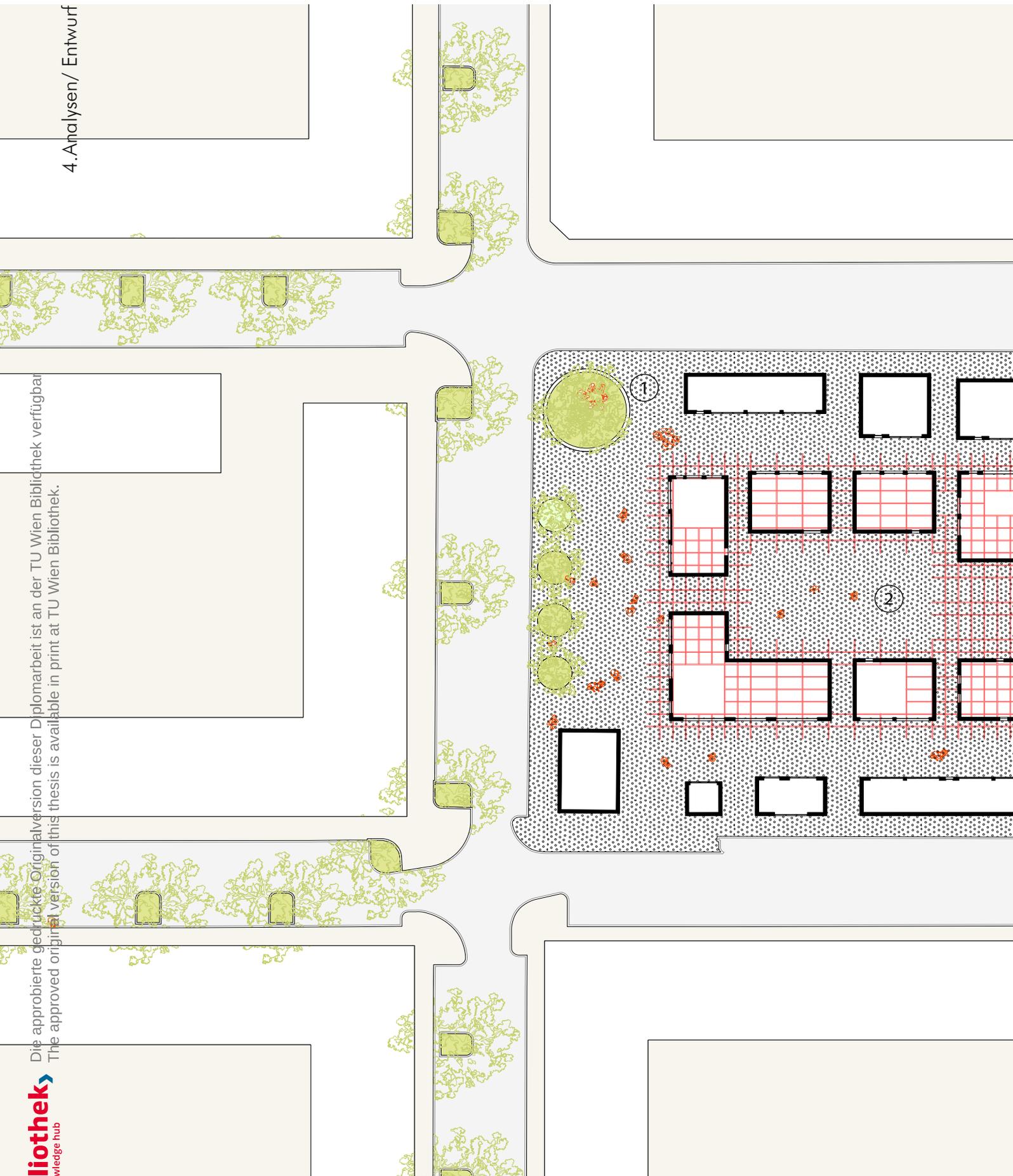
Bodenelemente

Tragstruktur

Marktstände



Axonometrie Vertikaler Park
Abbildung 4.4/2
eigene Darstellung

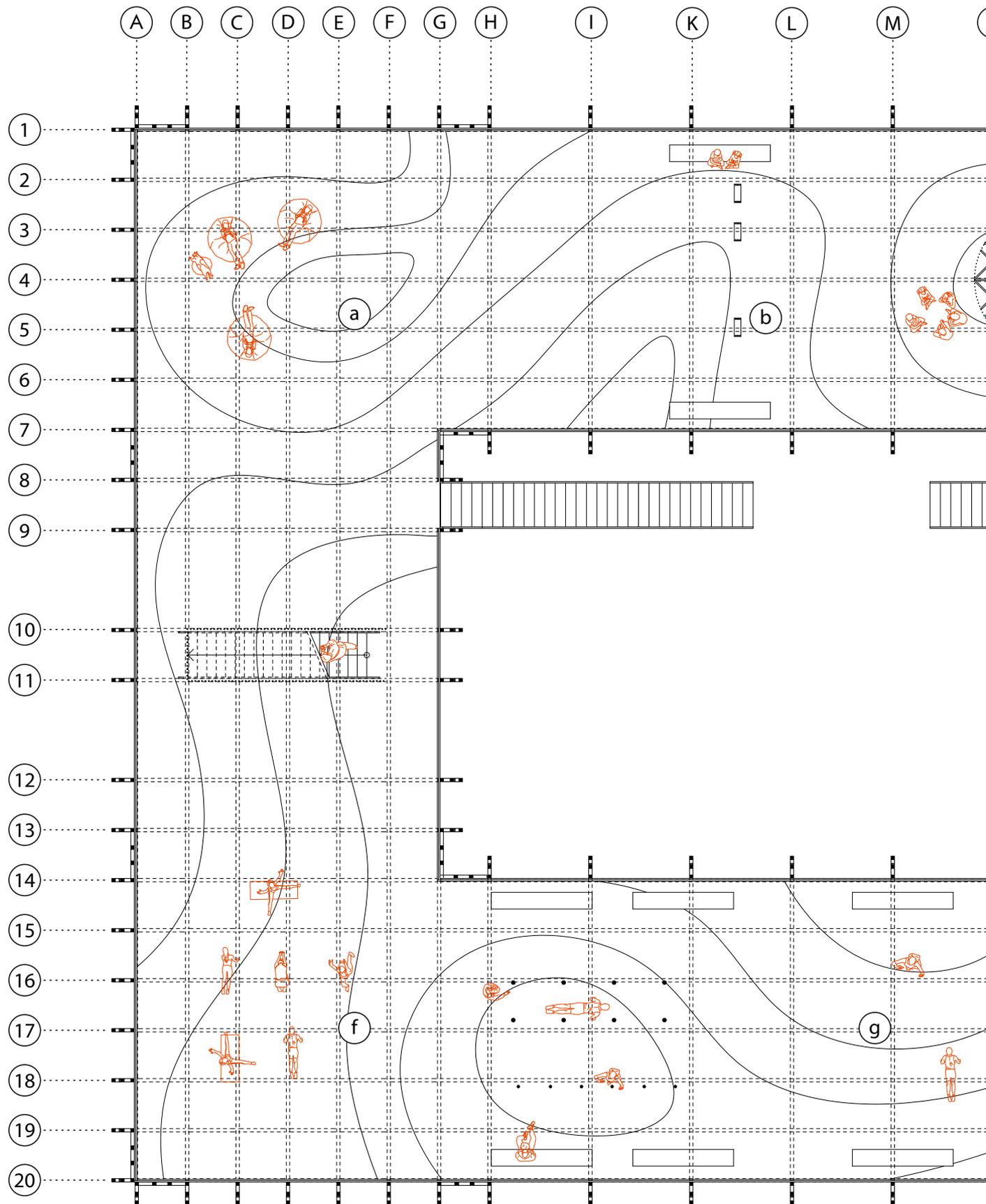


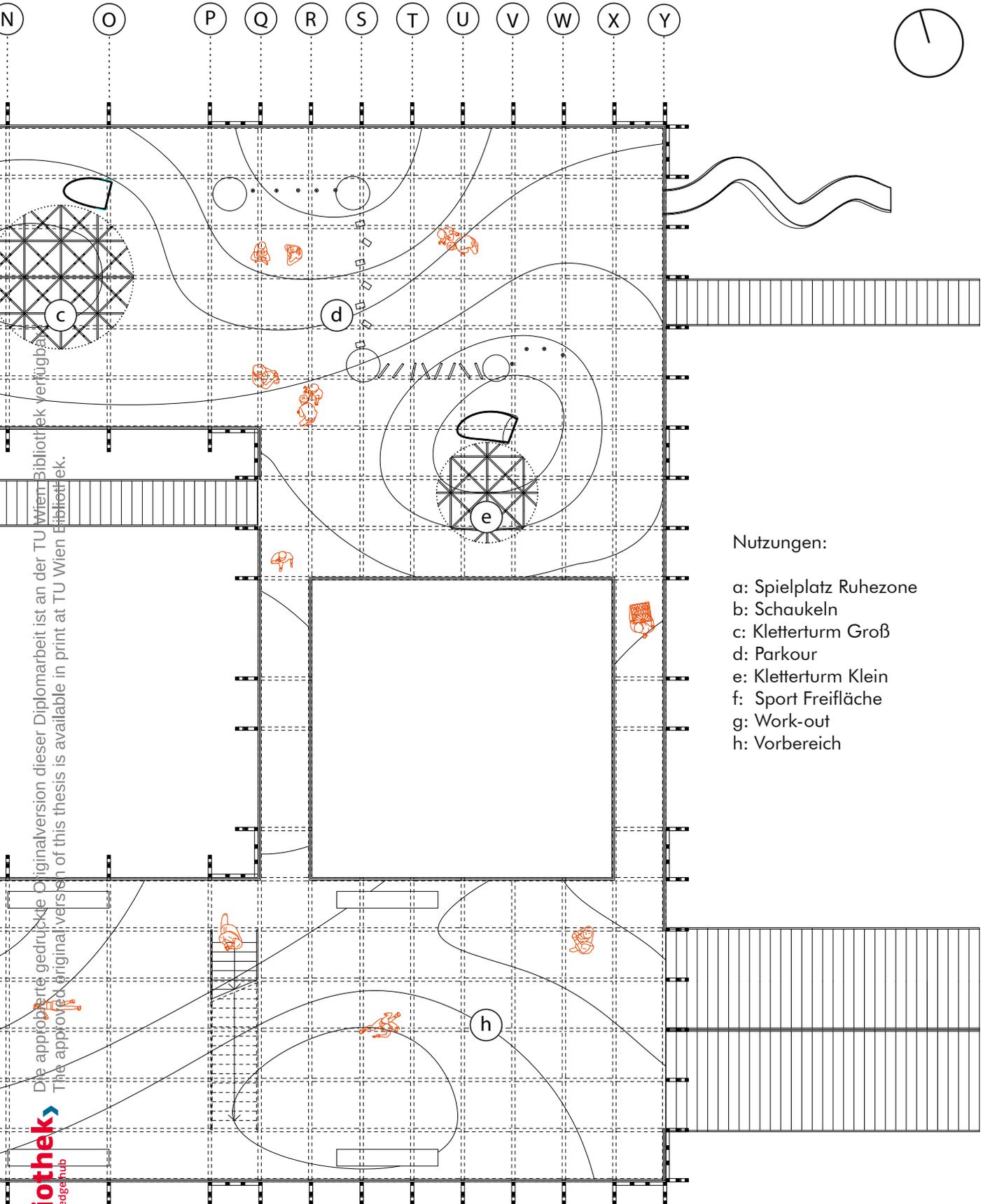
10m 50m



1. Inlet Nordwest
2. Zentraler Hof
3. Kleinkinderspielplatz
4. Wasserspiel Brunnen
5. Wasserspiel Clouds
6. Wasserspiel Jump
7. Wasserspiel Strahl
8. Bühne
9. Schach
10. Inlet Südost

Platzgestaltung
Abbildung 4.4/3
eigene Darstellung





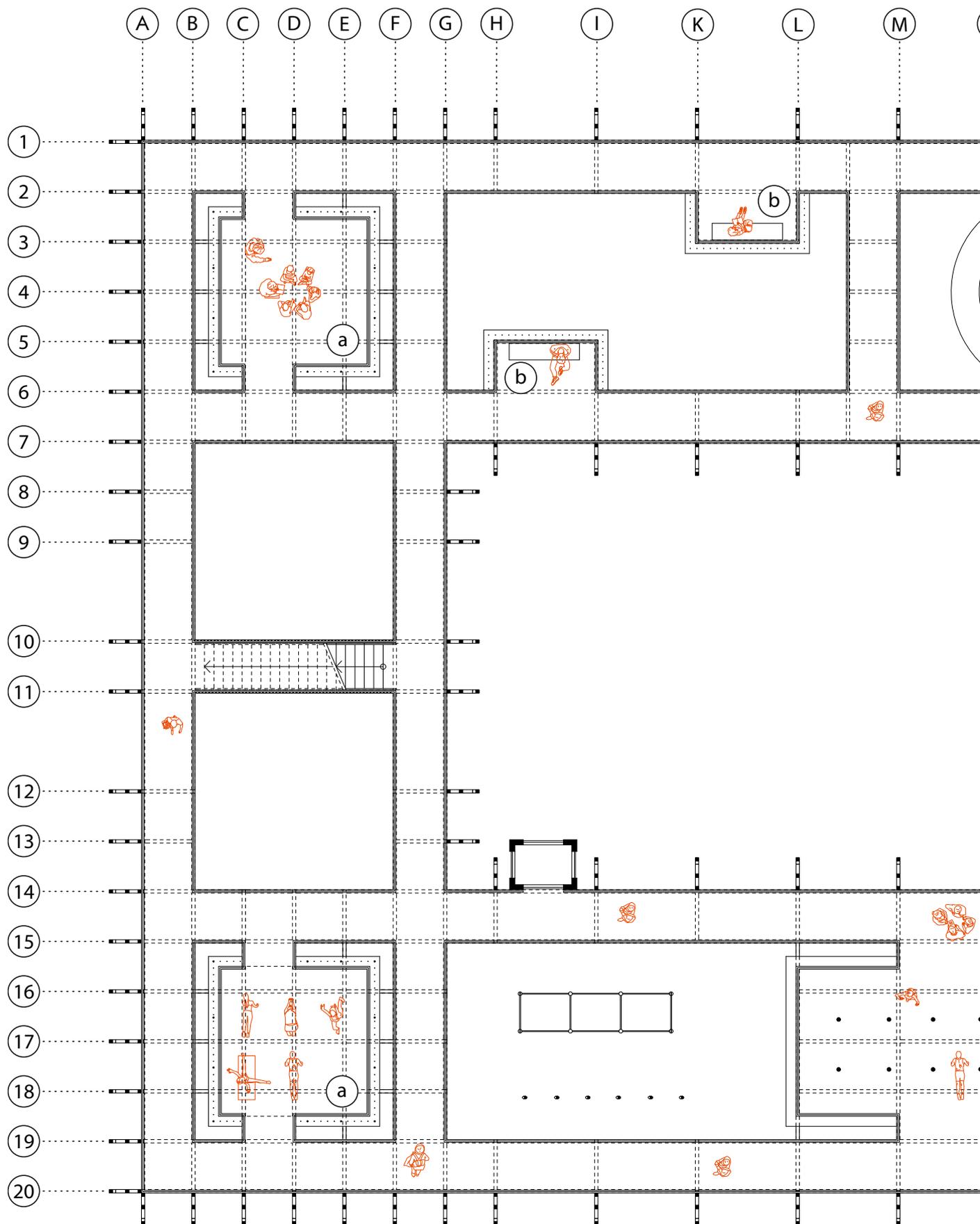
Nutzungen:

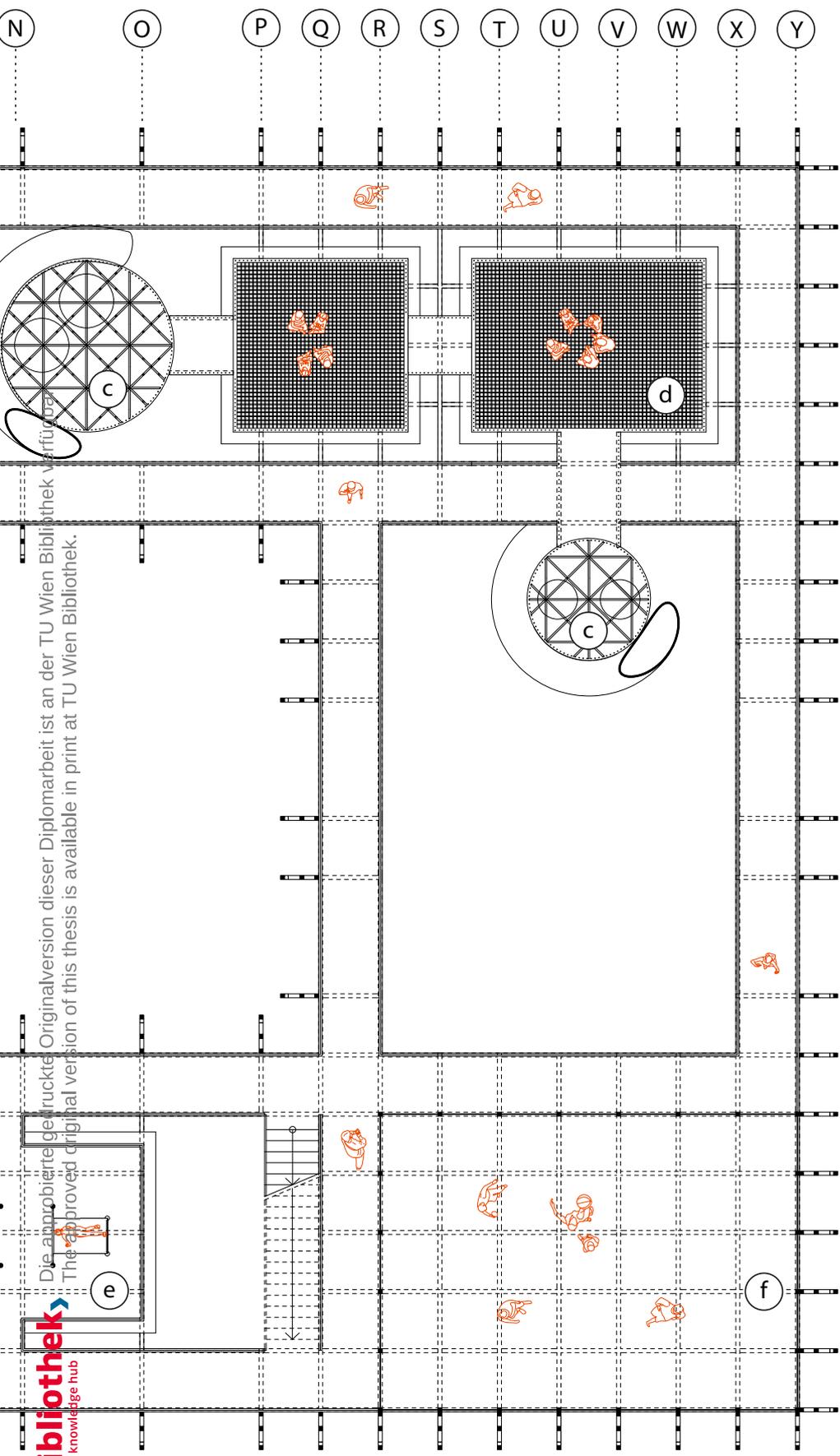
- a: Spielplatz Ruhezone
- b: Schaukeln
- c: Kletterturm Groß
- d: Parkour
- e: Kletterturm Klein
- f: Sport Freifläche
- g: Work-out
- h: Vorbereich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

5m 10m

Grundriss 1.OG
 Abbildung 4.4/4
 eigene Darstellung



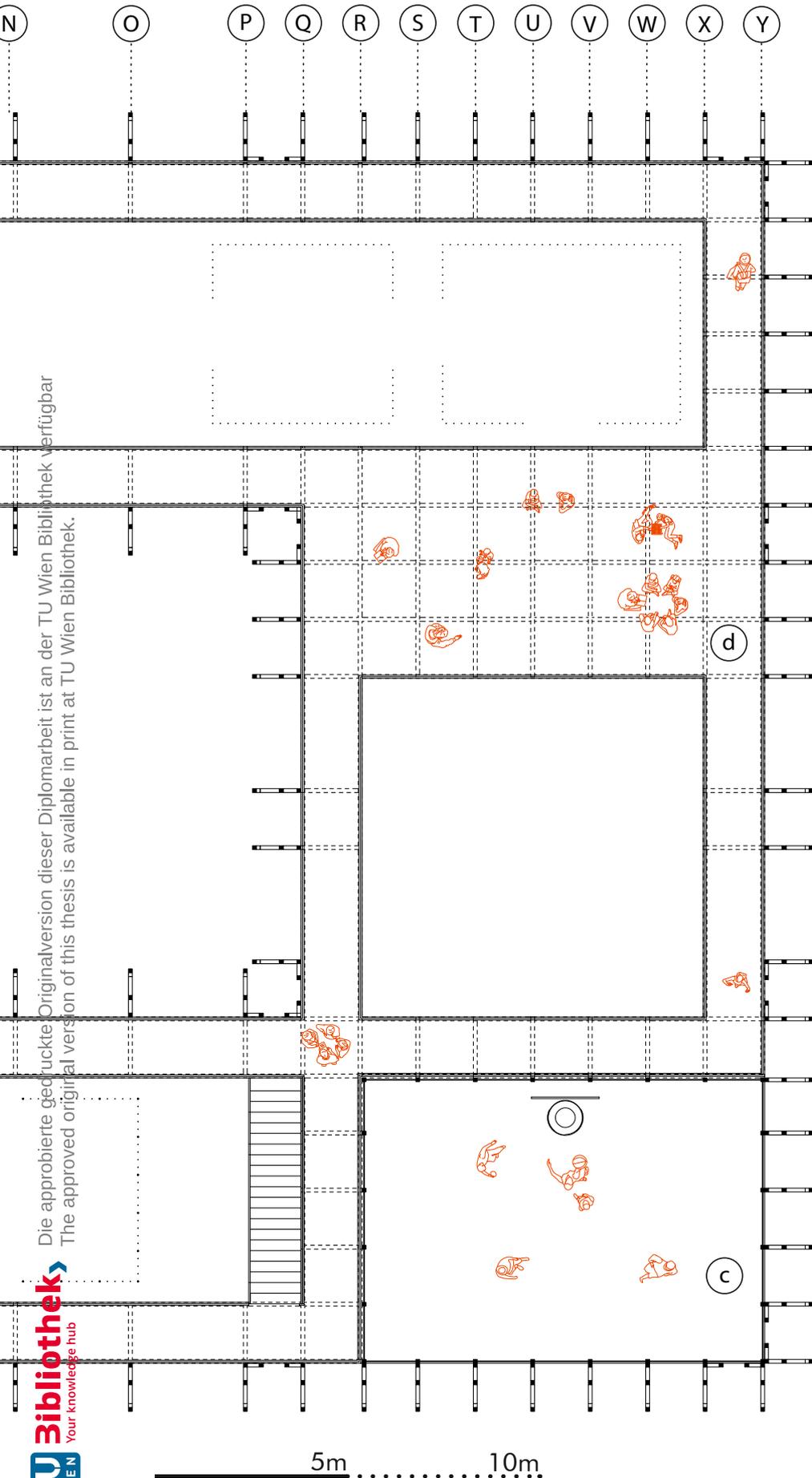


- Nutzungen:
- a: Ruheräume / Yoga
 - b: Privatbereiche
 - c: Klettertürme
 - d: Netz / Trampolin
 - e: Work-Out
 - f: Basketball

5m 10m

Grundriss 2.OG
Abbildung 4.4/5
eigene Darstellung



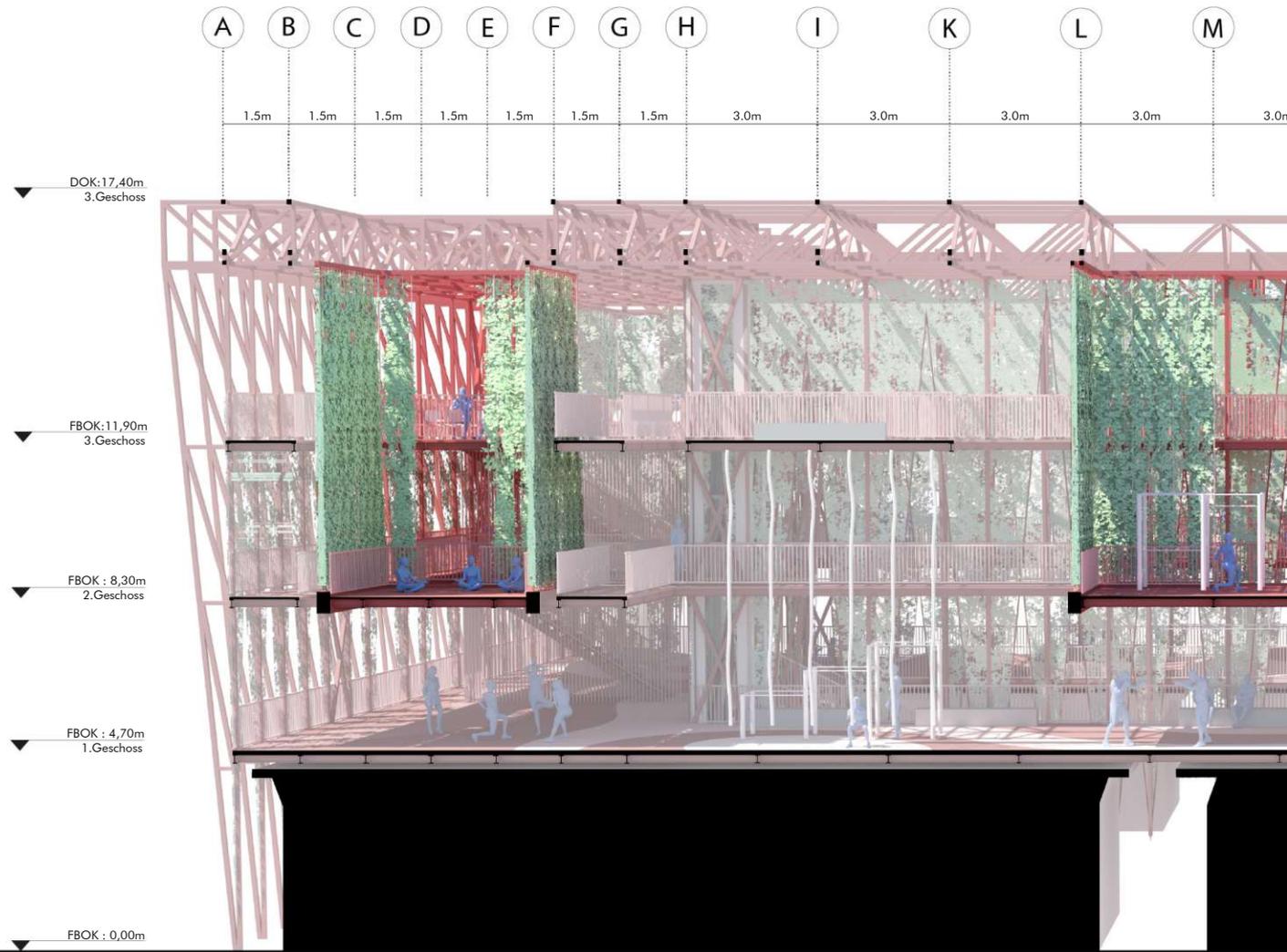


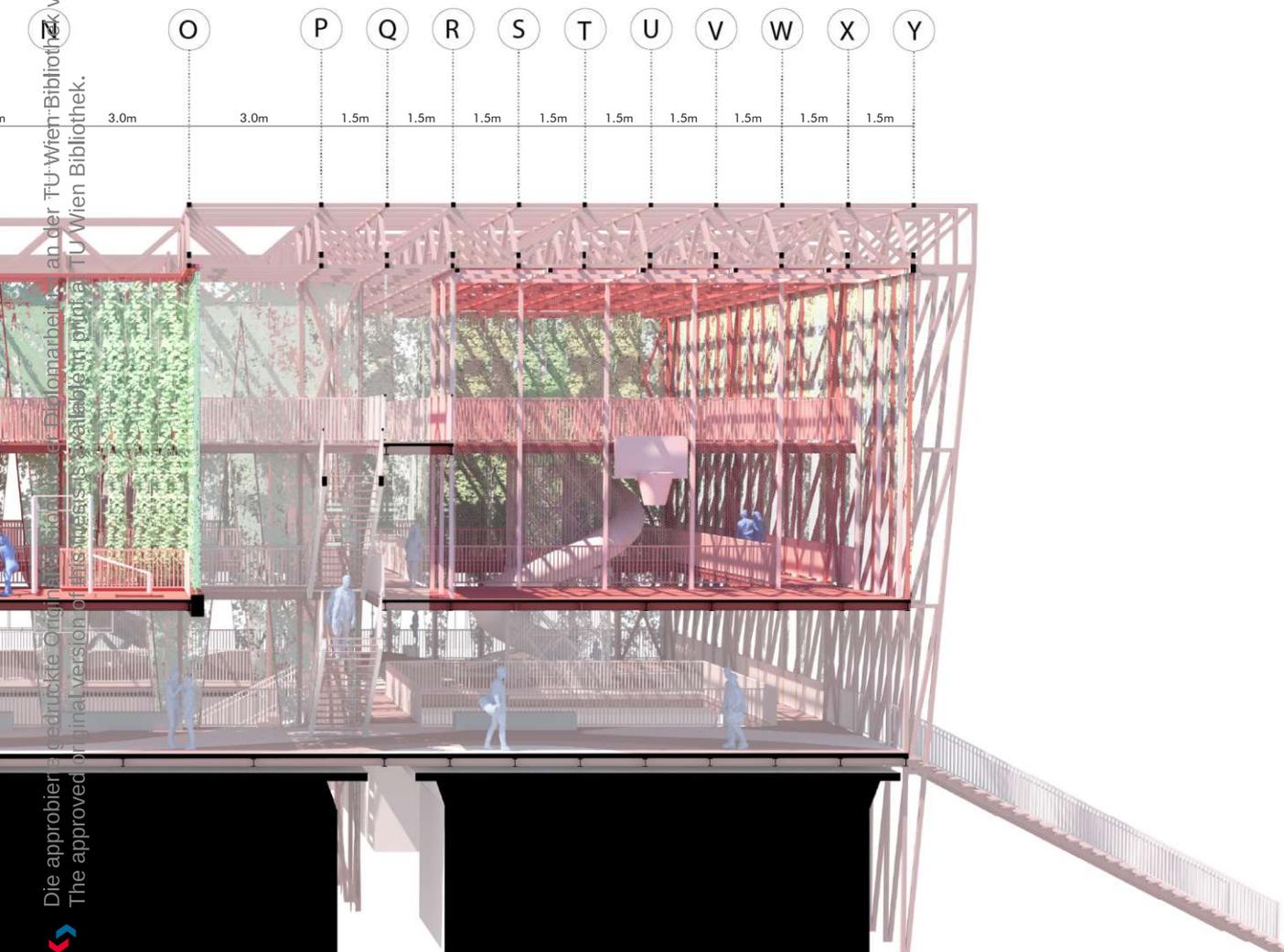
Nutzungen:

- a: Roof Top Terrasse
- b: Privatbereiche
- c: Basketball
- d: Freiraum Terrasse

Grundriss 3.OG
Abbildung 4.4/6
eigene Darstellung

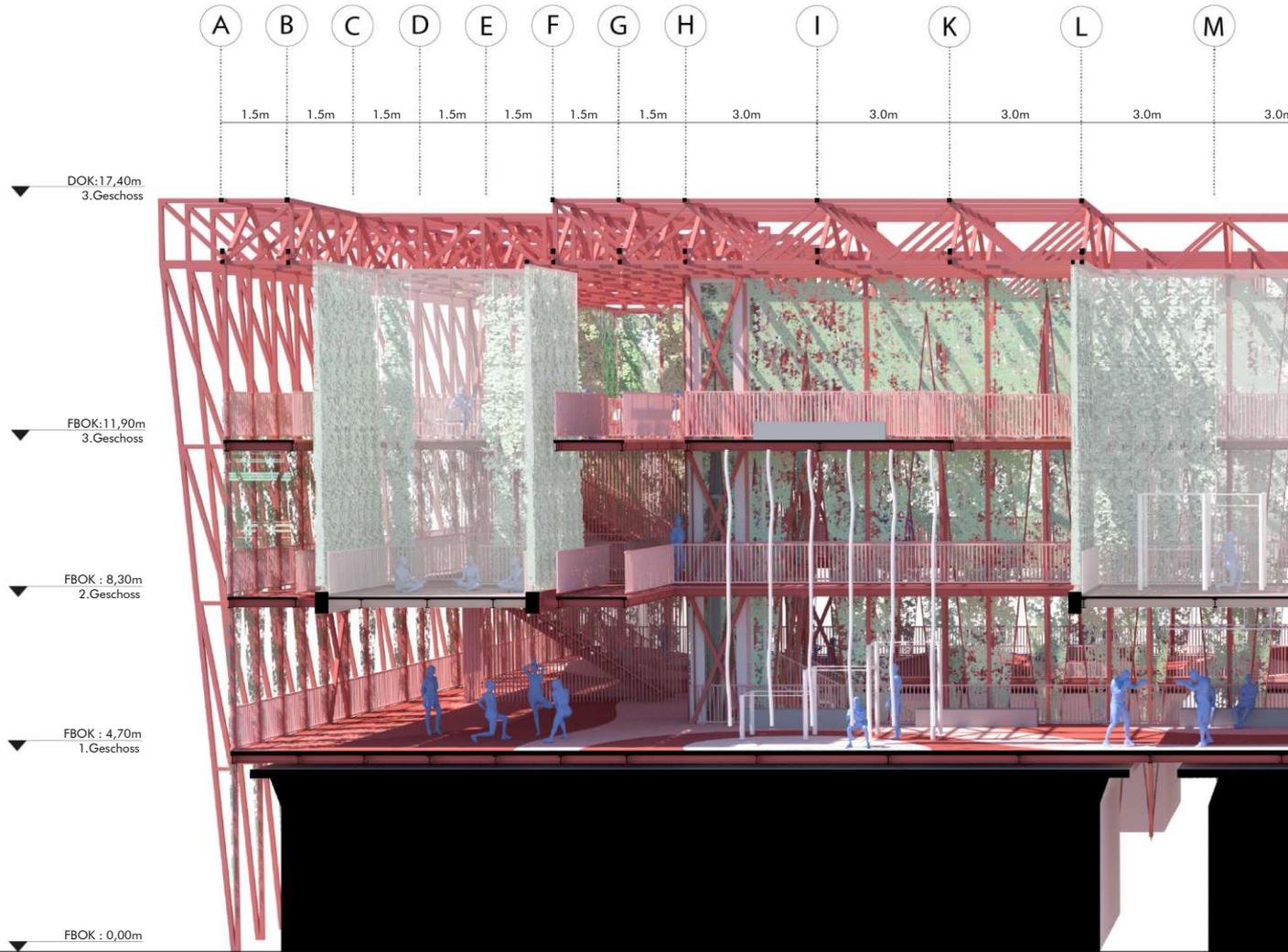
5m 10m

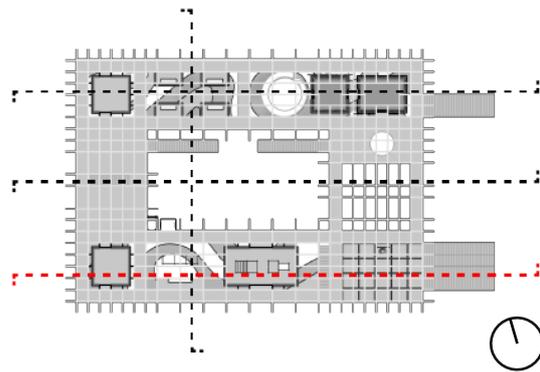
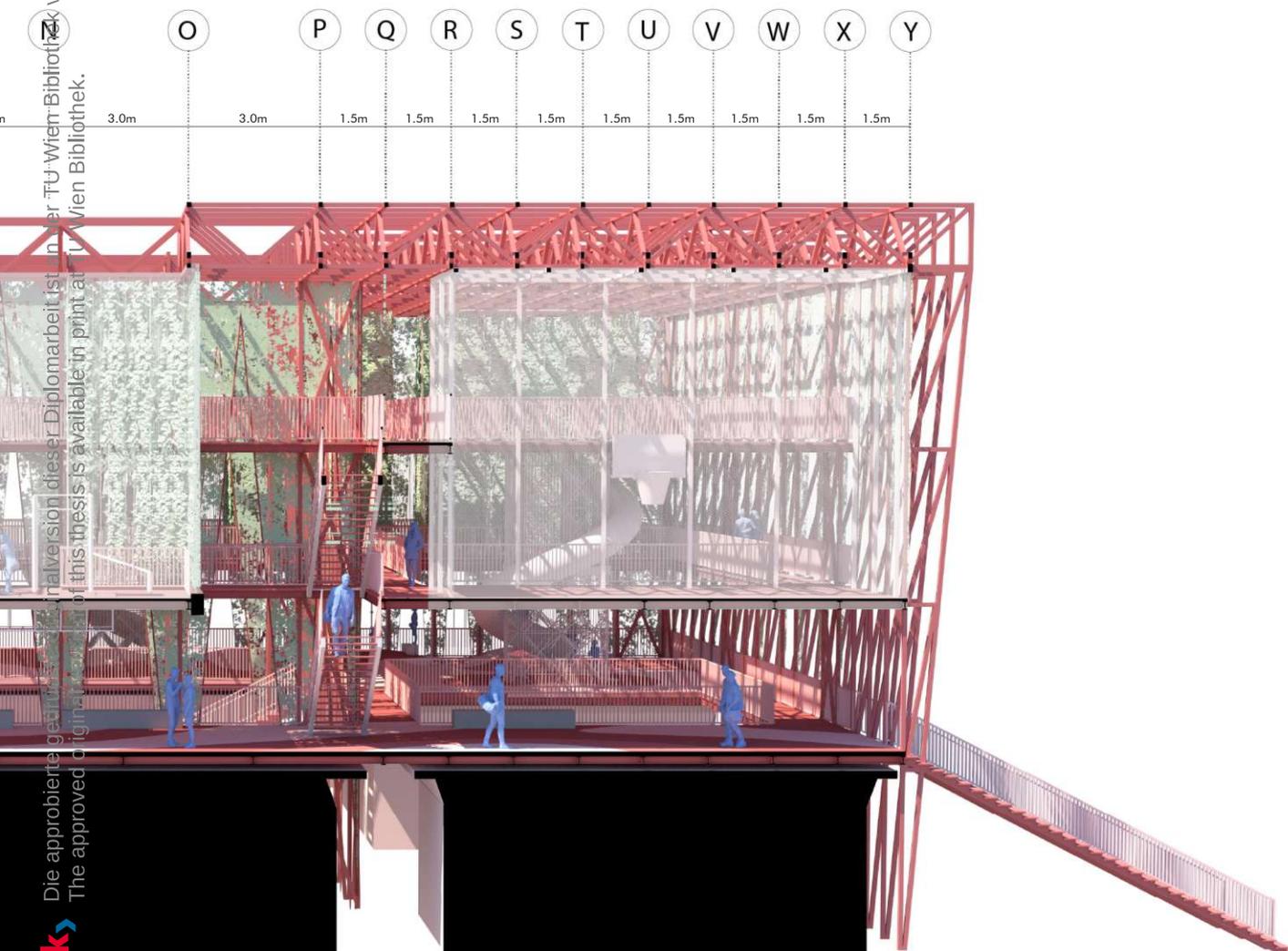




Schnitt A-A Funktionen
Abbildung 4.4/7
eigene Darstellung

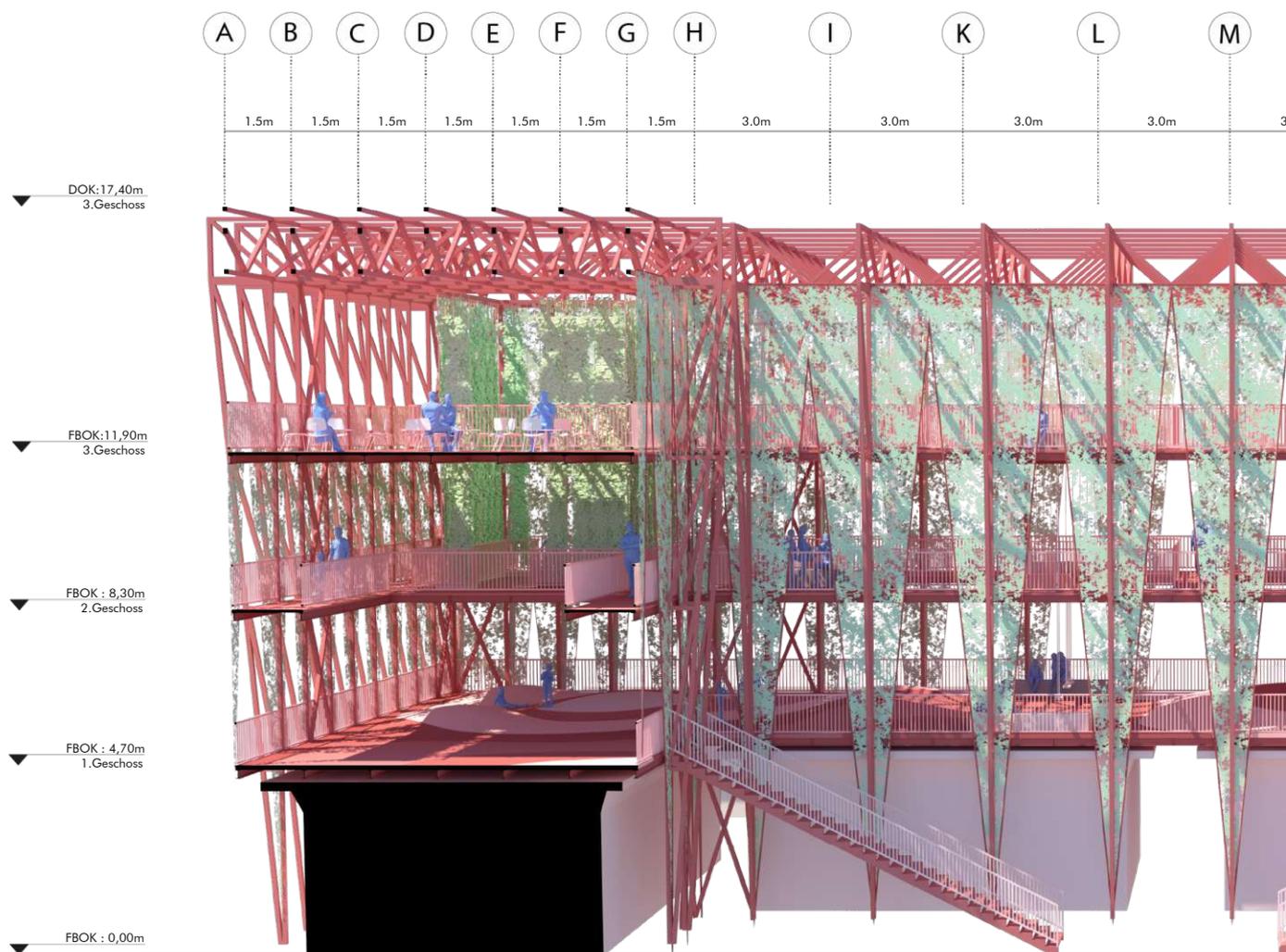
5m 10m

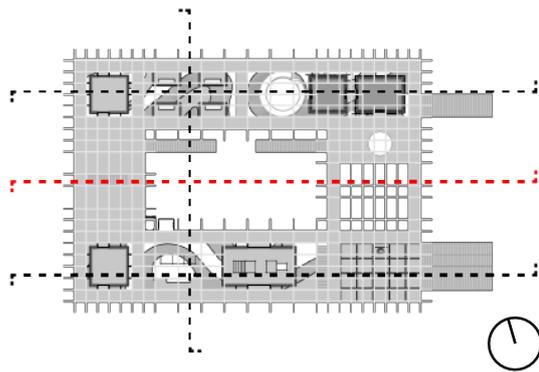
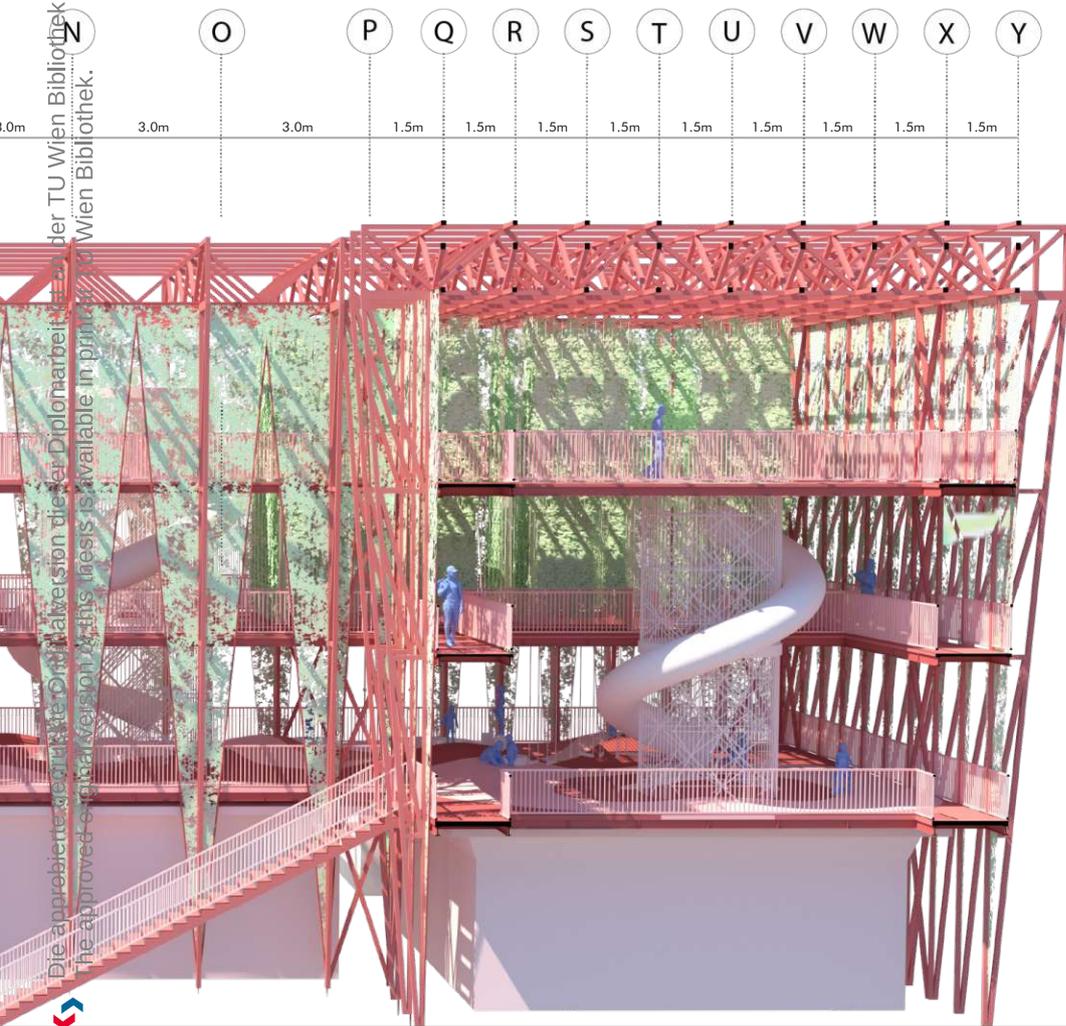




Schnitt A-A Freiraum
Abbildung 4.4/8
eigene Darstellung

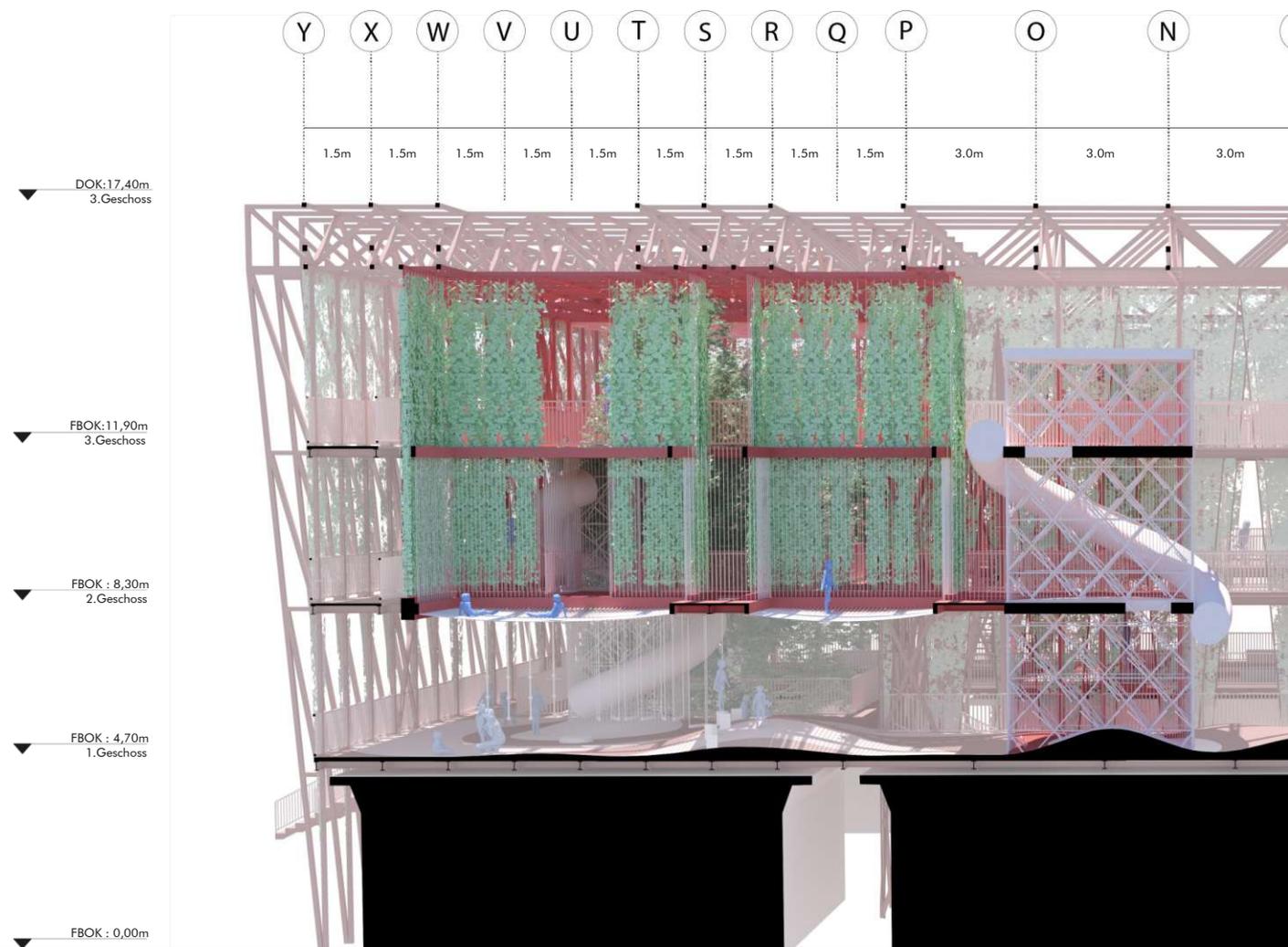
5m 10m

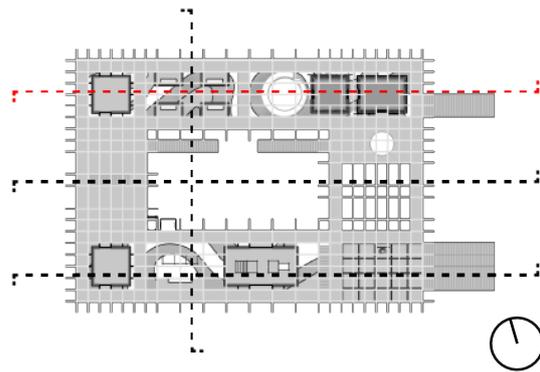
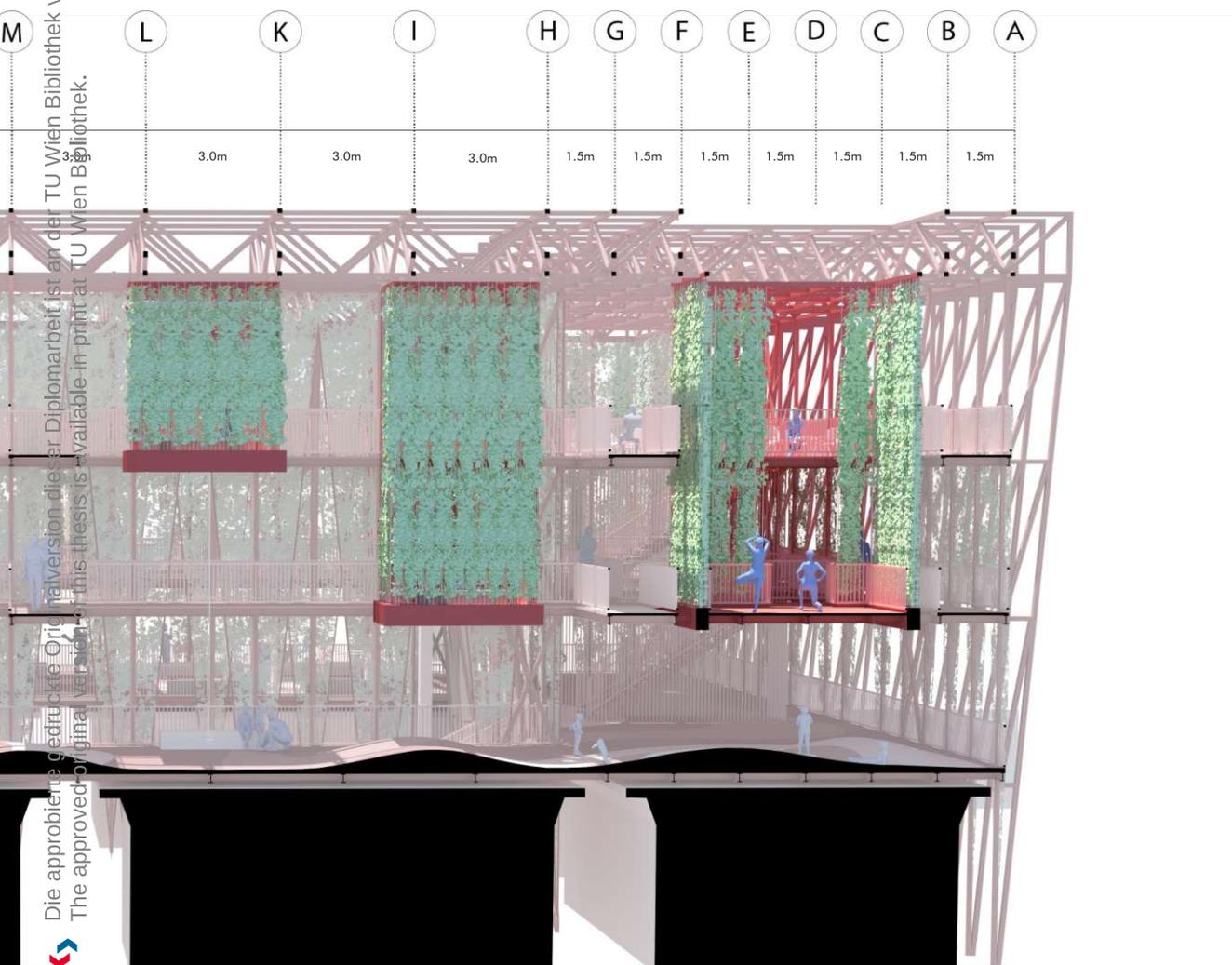




Schnitt B-B
Abbildung 4.4/9
eigene Darstellung

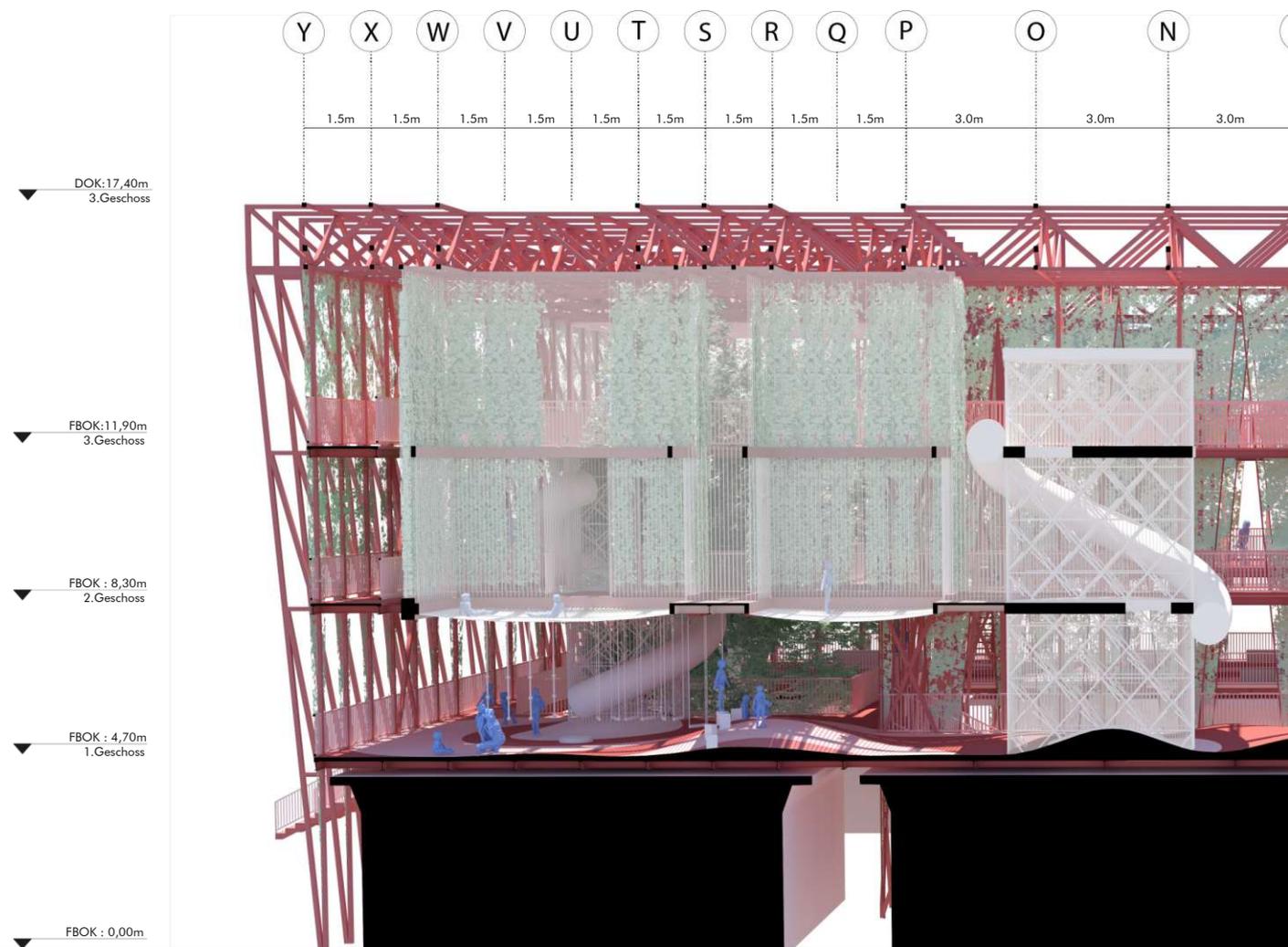
5m 10m

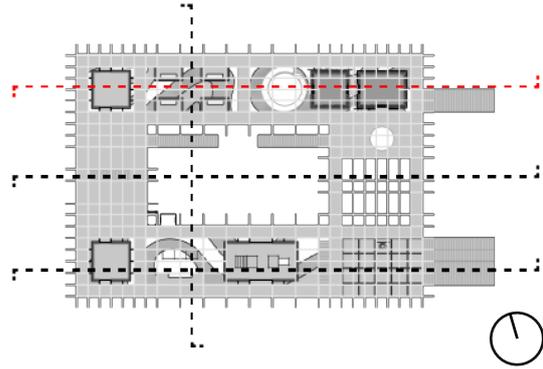
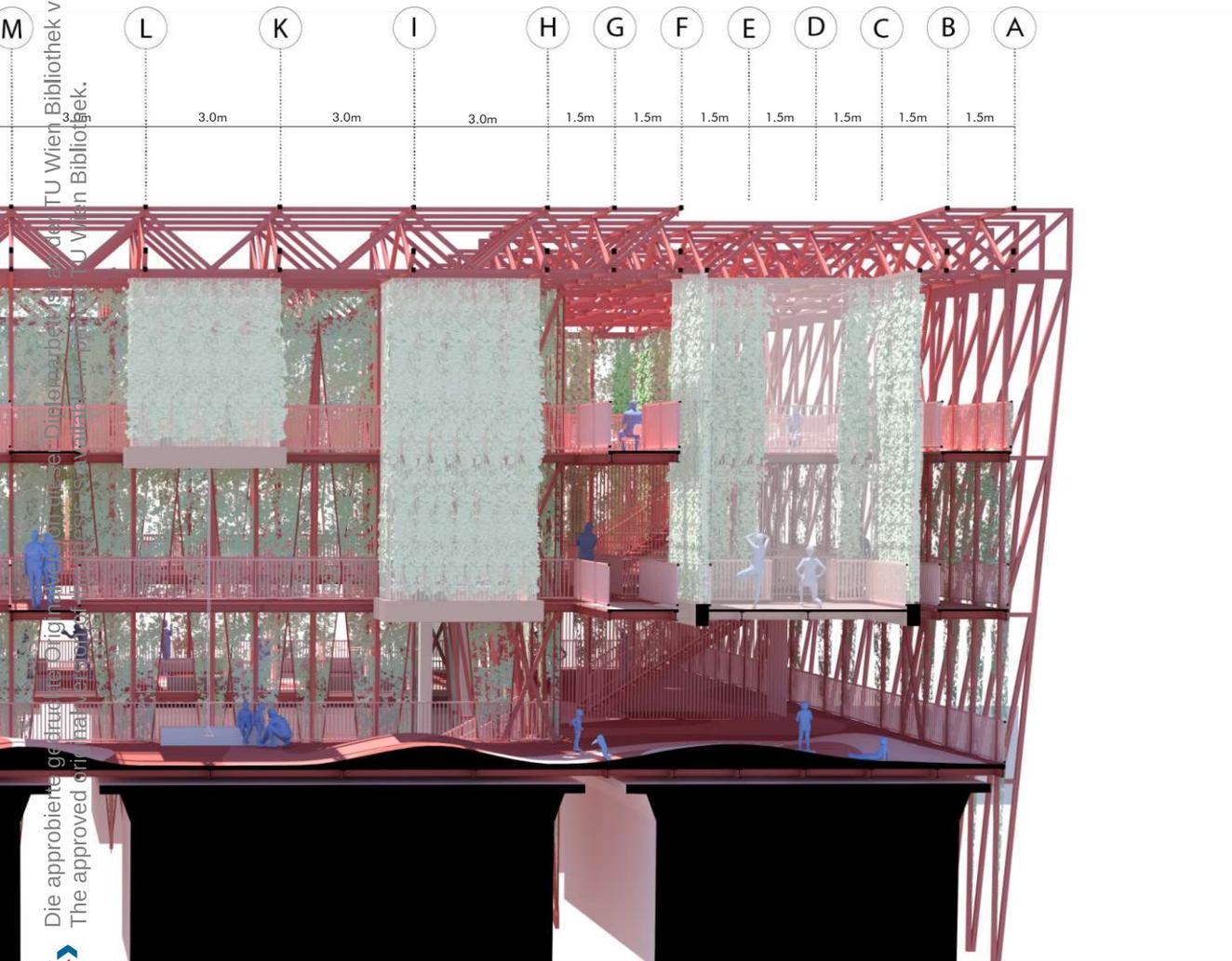




Schnitt C-C Funktionen
Abbildung 4.4/10
eigene Darstellung

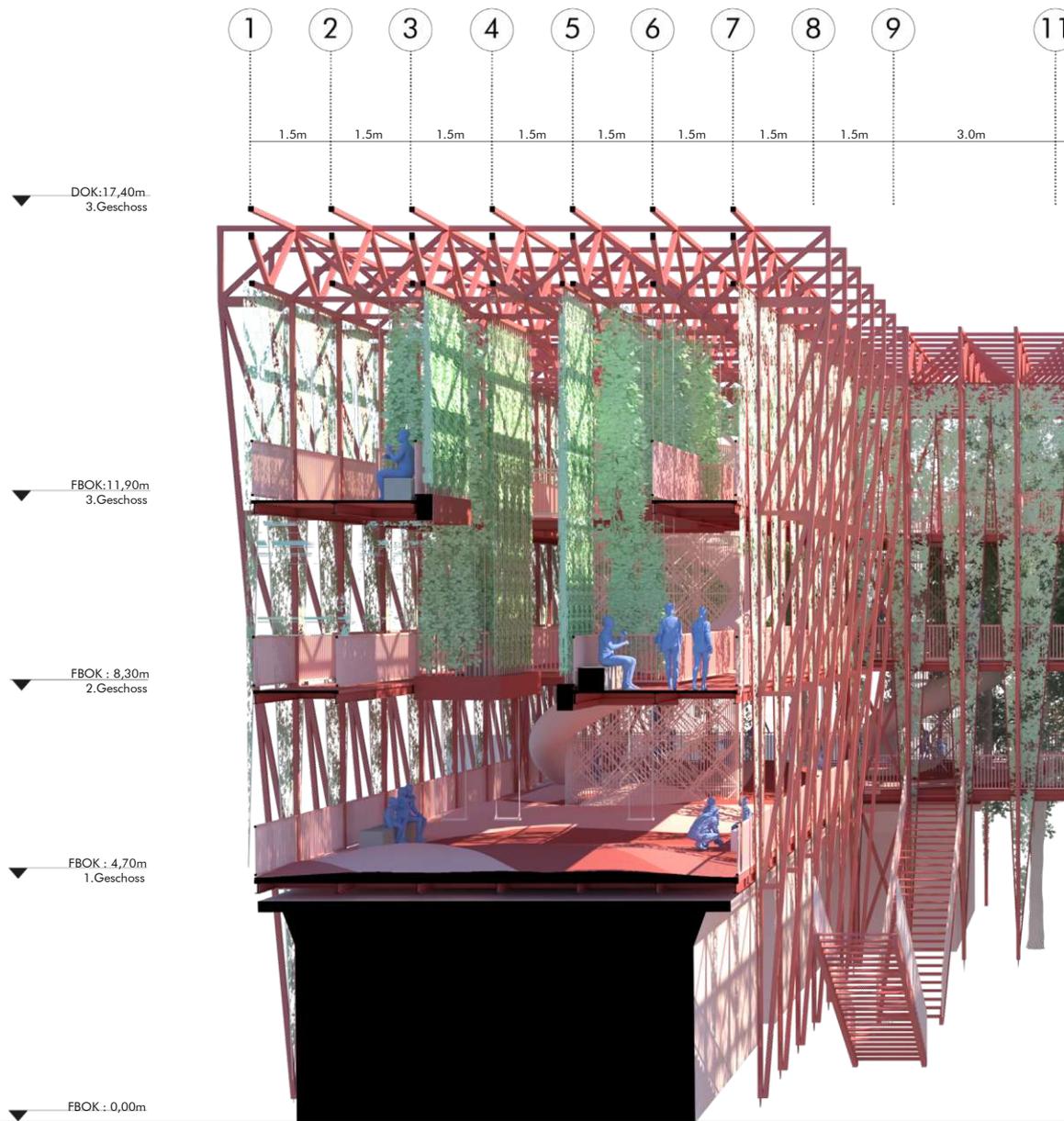
5m 10m

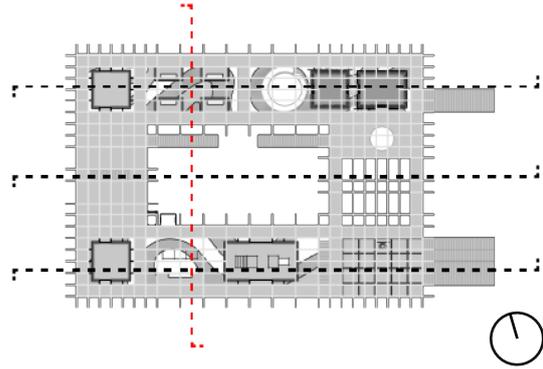
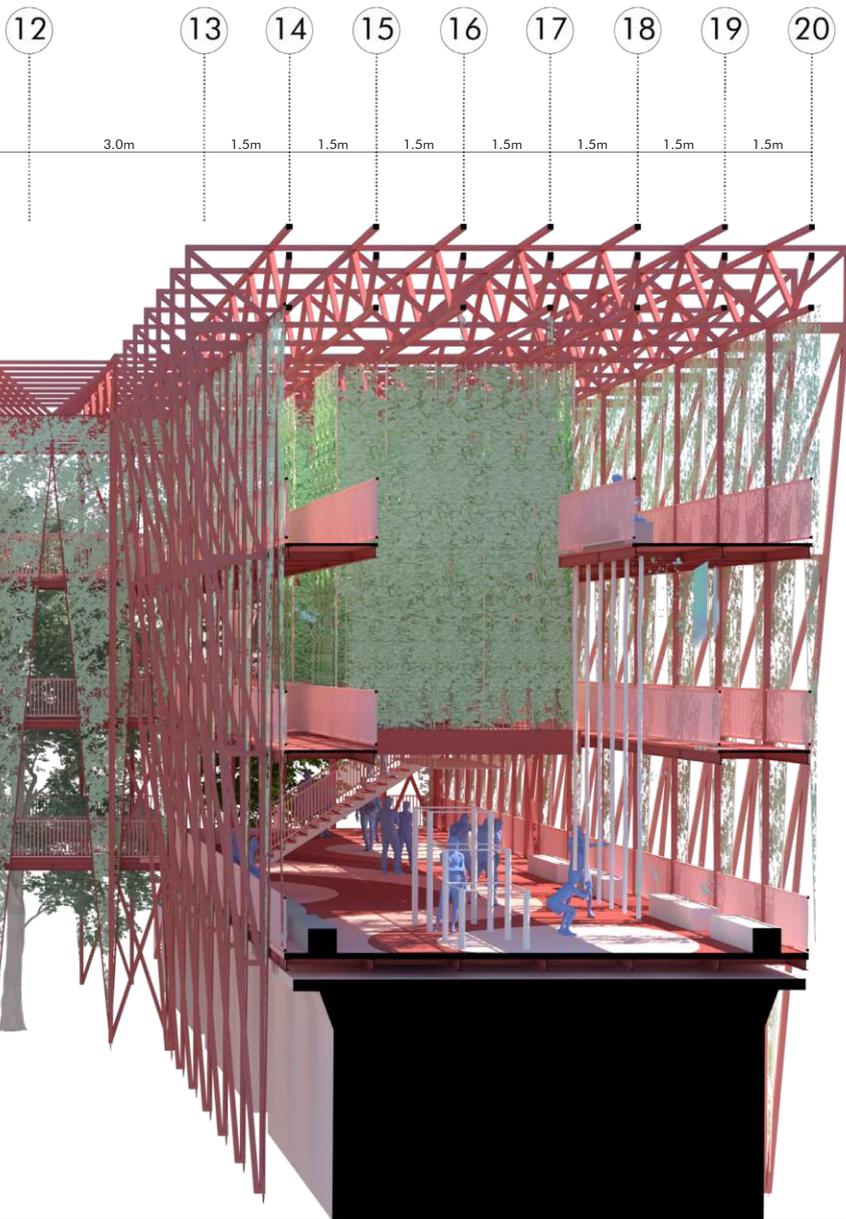




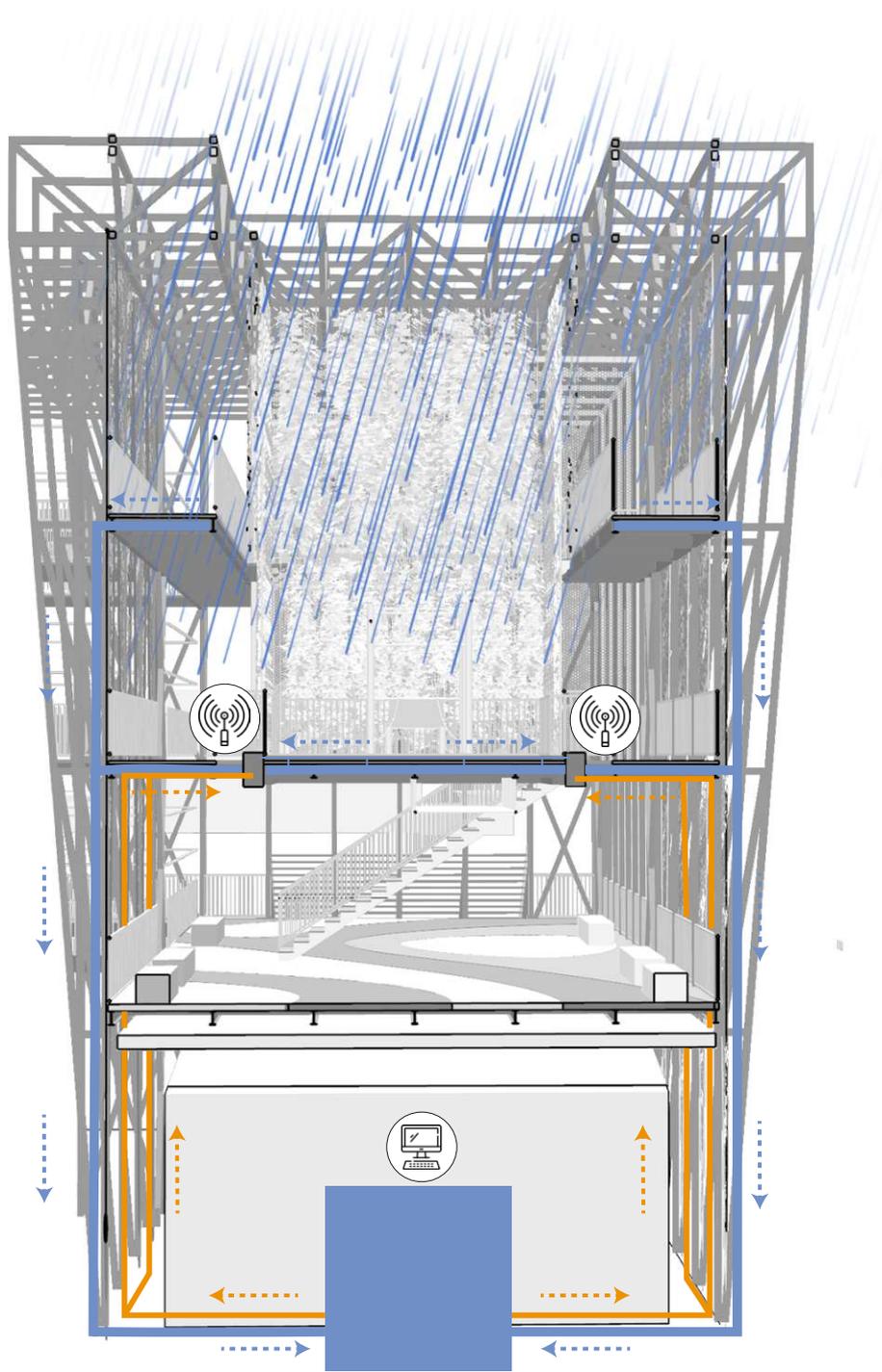
Schnitt C-C Freiraum
Abbildung 4.4/11
eigene Darstellung

5m 10m





Schnitt D-D
Abbildung 4.4/12
eigene Darstellung



Konzeptschnitt Bewässerung
Abbildung 4.4/13
eigene Darstellung

Bewässerung

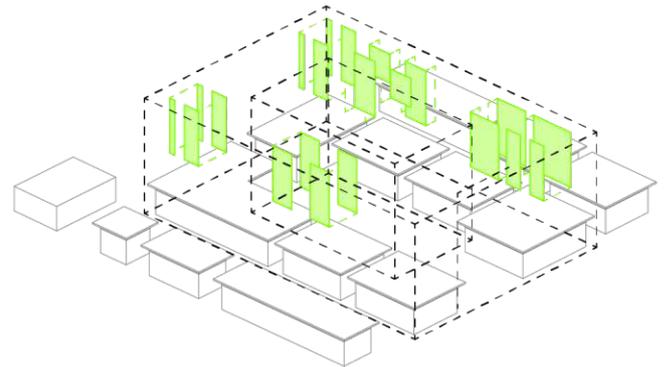
Die Bewässerung der vertikalen Grünstruktur erfolgt bedarfsgerecht und vollautomatisch. Einfallender Niederschlag wird über die Plattformen gesammelt und wird, bei Bedarf, direkt den Pflanzgefäßen zugeführt. Überschüssiges Wasser wird über Sickerleitungen in einer zentralen Zisterne gesammelt. Bei niedrigen Regenwassereinträgen wird über Steigleitungen zusätzliches Wasser hinzugeführt. Druck, Leitungslängen und Erschließungswege sind bei der Bewässerung der Pflanztröge auf unterschiedlichen Höhen wichtige Planungsparameter. Ein Fliesdruck von 1,5 bis 4,0 Bar wird angestrebt. Als Bewässerungsmethode wurde aufgrund der zu überbrückenden Höhenunterschiede ein Hochdrucksystem gewählt. Durch eine zentrale Sammelstelle und den Einsatz von Kompressoren kann somit die Bewässerung auch höher liegender Pflanztröge über Tropfenbewässerung und Sprühnebel sichergestellt werden. Über Unterflurtropfenbewässerung wird das Wasser direkt in das Substrat eingeleitet. Dies stellt eine bedarfsgerechte und sparsame Bewässerungsmethode dar.

Die Bewässerung der unterschiedlichen Pflanzen erfolgt über Sensorik und Überwachung externer Professionalisten. Das automatische Bewässerungssystem kommt auch bei den bodengebundenen Kletterpflanzen der Fassadenflächen zum Einsatz, um dauerhaft für optimales Wachstum und somit Verschattung der Freibereiche zu sorgen.

Auf das Phänomen der Frostrockniss ist besonders zu achten. In Österreich tritt dieses Phänomen, nach einer Abfolge von warmen und kalten Tagen häufig auf. Pflanzen werden somit aus dem Zustand der Winterruhe, in dem nur geringe Mengen an Wasser benötigt werden, geweckt. Durch das Eintreten der Transpirationsprozesse entsteht die Gefahr von Austrocknung (vgl. MA 22, 2019, S.72-73). Diesem Problem wird durch den Einsatz von Temperaturfühlern und gezielter Steuerungstechnik begegnet.

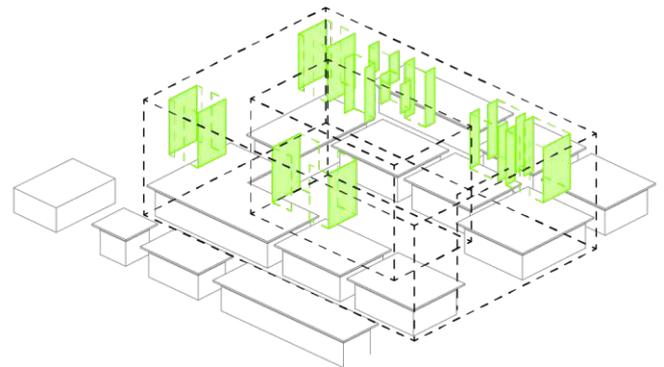
Vegetation

Der Entwurf der vertikalen Grünstruktur über der Marktfläche beeinflusst sowohl groß- als auch kleinräumlich das städtische Mikroklima. Neben Verschattung, Luftfilterung und evaporativen Kühlprozessen schafft der vertikale Park auch ein Habitat für Tiere und Kleinstlebewesen. Bei der Planung der Vegetation muss somit nicht nur auf menschliche Nutzer und deren Bedürfnisse geachtet werden. Biodiversität und der Einsatz von Pflanzen, welche zu unterschiedlichen Jahreszeiten Blüten oder Früchte tragen, wurden als Faktoren in das Grünraumkonzept integriert. Potentielle Wuchshöhe und Wachstumsdauer spielten in der Auswahl der Sorten eine wichtige Rolle. So wurden für die Fassadenbegrünung mit der Großblättrigen Pfeifenwinde, dem Schlingknöterich, dem Chinesischen Blauregen, der Jungfernebe und dem Scharlachwein ausschließlich schnell wachsende Sorten mit einer Wuchshöhe von mindestens 10 bis 25 Meter ausgewählt. Innerhalb der Struktur bestimmte die Orientierung der raumbildenden Grünelemente die Auswahl der Pflanzenart. Sommergrüne Weinsorten sorgen bei den süd- und nordseitigen Grünwänden für ausreichend Strahlungsschutz im Sommer und ermöglichen in den Übergangsmonaten eine bessere Belichtung der umliegenden Struktur. West- und ostseitig sorgen immergrüne Sorten wie der Efeu bzw. Sorten wie der Knöterich, welche ihr Laub bis in den November halten, für ausreichend Schutz vor kalten Winden in den Übergangsmonaten. Die Kombination sommer- bzw. immergrüner Kletterpflanzen unterstützt somit das thermische Wohlbefinden sowohl in den Sommer- als auch den Übergangsmonaten.



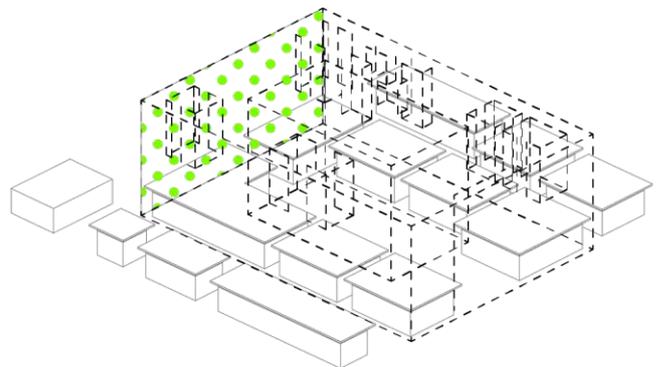
Vegetation Innenraum Süd/Nord

Abbildung 4.4/14
eigene Darstellung



Vegetation Innenraum West/Ost

Abbildung 4.4/15
eigene Darstellung



Vegetation Westfassade

Abbildung 4.4/16
eigene Darstellung

 Chinesischer Blauregen (*Wisteria sinensis*): Licht: sonnig bis absonnig, Wuchs: dicht, hängend, bis 15m/Jahr, Wuchshöhe: bis 15m, Kletterart: Schlinger, Giftig: ja, Laub: bis Oktober, gelbe Herbstfärbung (vgl. Monning, 2022)

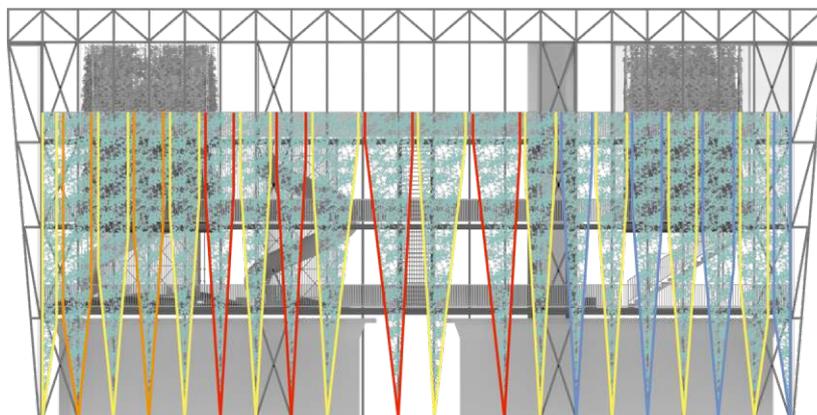
 Scharlachwein (*Vitis coignetiae*): Licht: sonnig bis halbschattig, Wuchs: dicht bis locker, bis 1m/Jahr, Wuchshöhe: bis 8m, Kletterart: Ranker, Giftig: nein, Laub: bis Oktober/ November, rote Herbstfärbung (vgl. Kögel, 2022)

 Efeu (*Heder Helix*): Licht: absonnig bis schattig, Wuchs: dicht, bis 2m/Jahr, Wuchshöhe: bis 20m, Kletterart: Ranker, Giftig: ja, Laub: immergrün (vgl. Siemens; Stehr, 2018)

 Großblättrige Pfeifenwinde (*Aristolochia macropyllis*): Licht: halbschattig bis schattig, Wuchs: sehr dicht, bis 2m/Jahr, Kletterart: Schlinger, Giftig: nein, Laub: bis November, goldgelbe Herbstfärbung (vgl. Auer, 2018)

 Schlingenknöterich (*Fallopia Auberti*): Licht: sonnig bis halbschattig, Wuchs: ausladend, bis mehrere Meter/Jahr, Wuchshöhe: bis 15m, Kletterart: Schlinger, Giftig: nein, Laub: bis November, hellgelbe Herbstfärbung (vgl. Monning, 2019)

 Dreispitzige Jungfernebe (*Parthenocissus tricuspidata*): Licht: sonnig bis halbschattig, Wuchs: dicht bis locker, bis 1,5m/Jahr, Wuchshöhe: bis 20m, Kletterart: Ranker, Giftig: nein, Laub: bis Oktober, weinrote Herbstfärbung (vgl. Siemens, 2018)

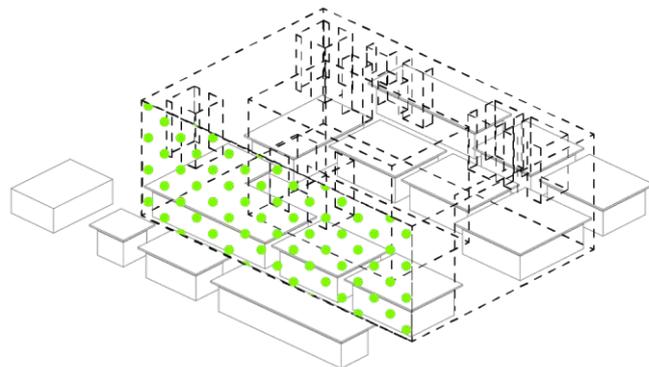


Ansicht West
Abbildung 4.4/17
eigene Darstellung

Neben den thermischen Überlegungen spielte auch die potenzielle Nähe zu Kindern und Kleinkindern eine Rolle in der Auswahl der Kletterpflanzen. Giftige Sorten wie der chinesische Blauregen oder Efeu wurden außerhalb der Reichweite des Spielplatzes eingesetzt.

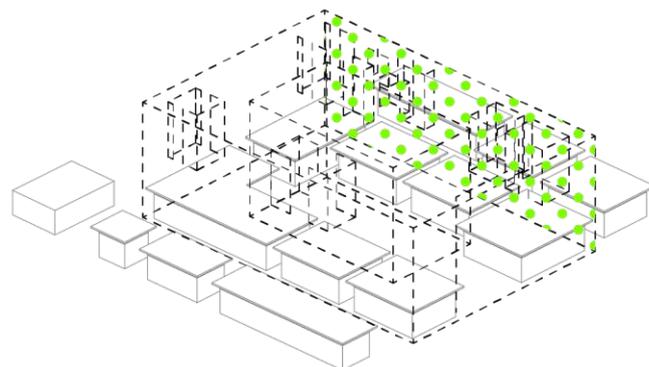
Die Begrünung der Außenfassade folgt dem Raster der Tragelemente. Dadurch folgt eine Verdichtung der Vegetation an den Rändern und eine Auflockerung im Zentrum. Die Abwechslung von Verdichtung und Auflockerung spiegelt sich auch in der Nutzung der inneren Struktur wieder. Erholungsbereiche, welche vorwiegend horizontal belichtet werden, sind hauptsächlich in den Randbereichen vorzufinden. Auch Sportbereiche mit hoher Intensität wurden in Bereiche mit stärkerer Verschattung integriert. Neben einer Randverdichtung unterstützt das bogenförmige Design der Rankhilfen einen erhöhten Lichteinfall auf den unteren Ebenen. Die oberste Ebene weist den höchsten Verschattungsgrad auf.

Ein wichtiges Entwurfskriterium war zudem die Wuchsform der ausgewählten Pflanzenarten. Dabei wurden vorwiegend rankende, schlingende oder klimmende Gerüstkletterpflanzen ausgewählt. Eine Ausnahme bildet der im Innenraum eingesetzte Efeu, welcher als Wurzelkletterer feinmaschigere Kletterhilfen benötigt.



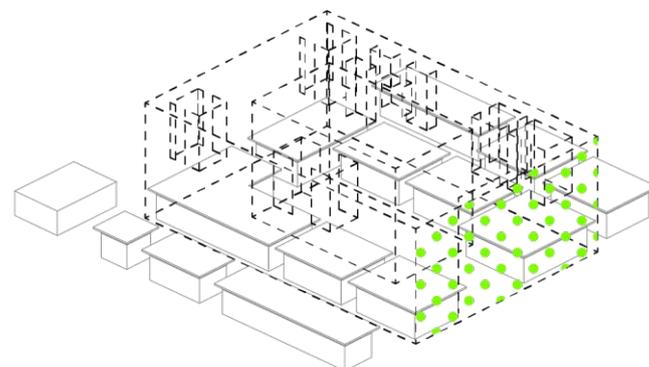
Vegetation Südfassade

Abbildung 4.4/18
 eigene Darstellung



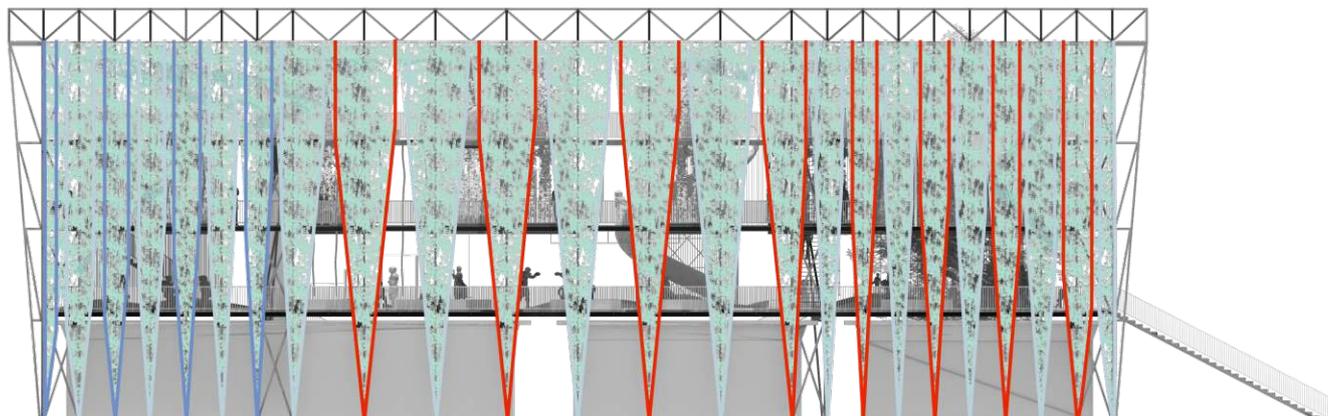
Vegetation Nordfassade

Abbildung 4.4/19
 eigene Darstellung



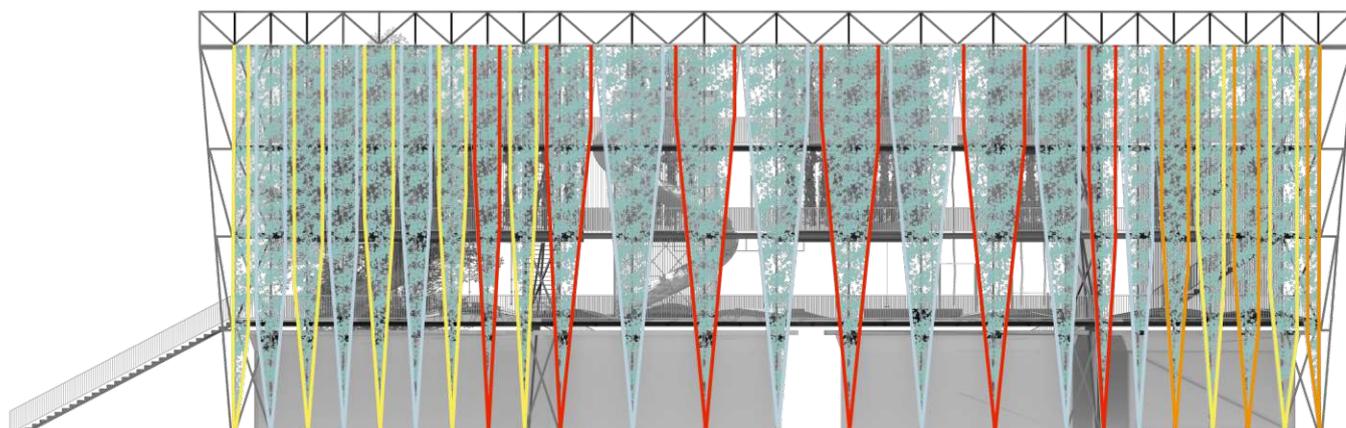
Vegetation Ostfassade

Abbildung 4.4/20
 eigene Darstellung



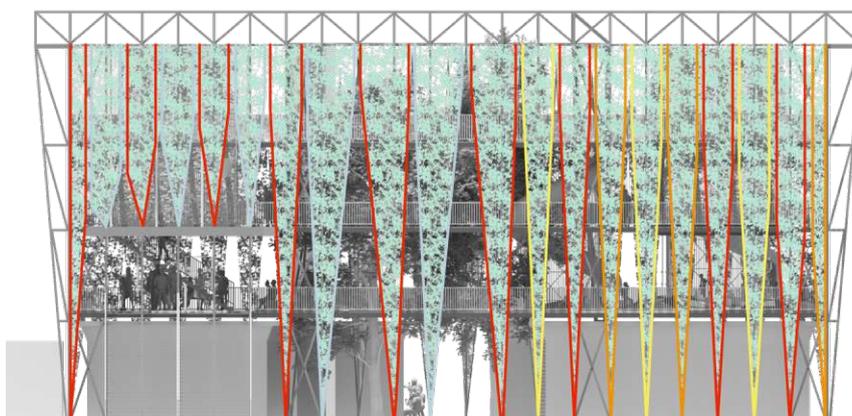
Ansicht Süd

Abbildung 4.4/21
eigene Darstellung



Ansicht Nord

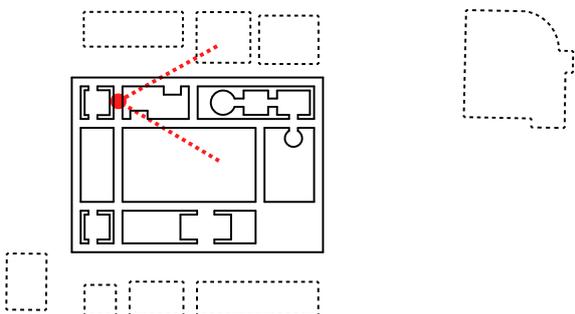
Abbildung 4.4/22
eigene Darstellung



Ansicht Ost

Abbildung 4.4/23
eigene Darstellung

This approved and modified Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
This approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



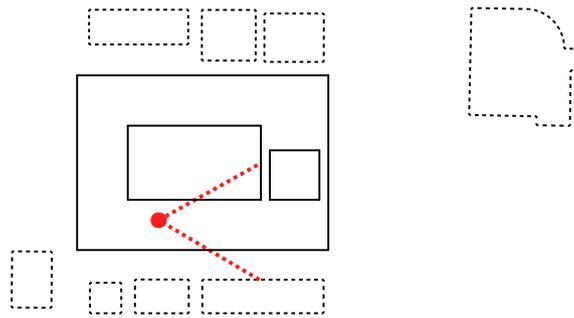


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist im Bibliotheksverzeichnis der TU Wien Bibliothek vorhanden.
The approved original version of this thesis is available in print at the TU Wien Bibliothek.

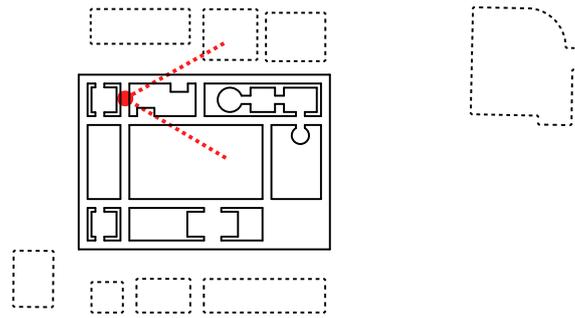
Rendering Platz
Abbildung 4.4/24
eigene Darstellung



Die approbierte-gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek
The approved-original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek



Rendering Sport 1.OG
Abbildung 4.4/25
eigene Darstellung

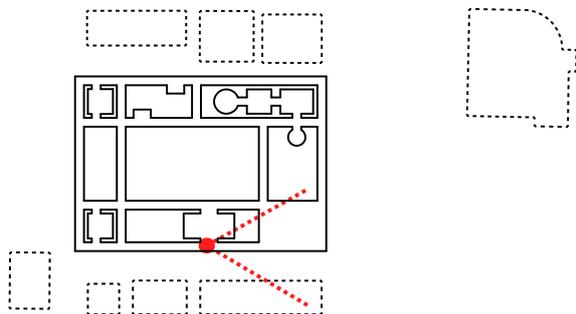


Rendering Spielplatz 2.OG
Abbildung 4.4/26
eigene Darstellung



Das abgebildete Gebäude Originalanfertigung
The abgebildete Originalanfertigung
© TU Wien, Erziehungswissenschaften
TU Wien

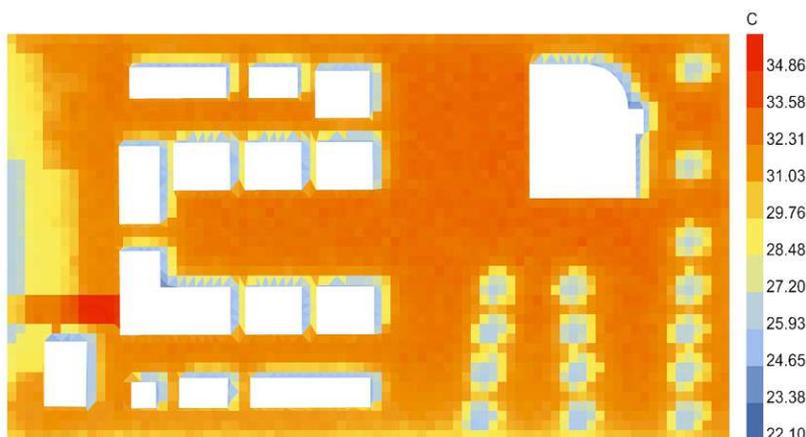
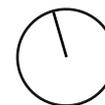
Die approbierte gedruckte Originalversion dieses Diplomarbeitsanhangs der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved printed original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





Rendering Sport 2.OG
Abbildung 4.4/27
eigene Darstellung

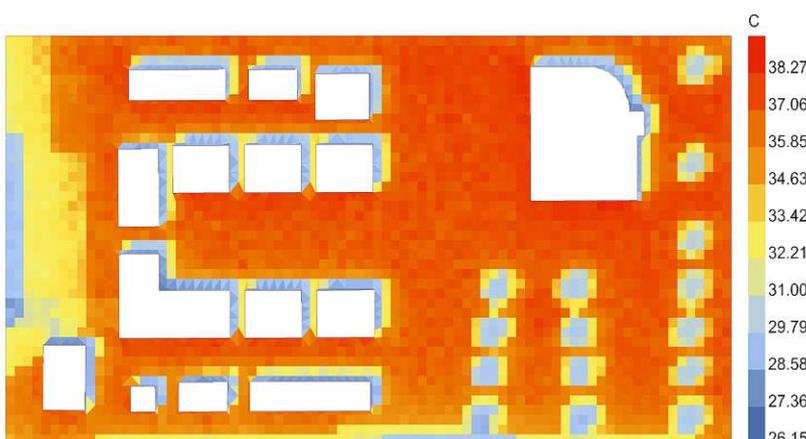
4.5 Vergleichende Simulationen



Universal Thermal Climate Index
6/20 to 6/20 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
20.Juni

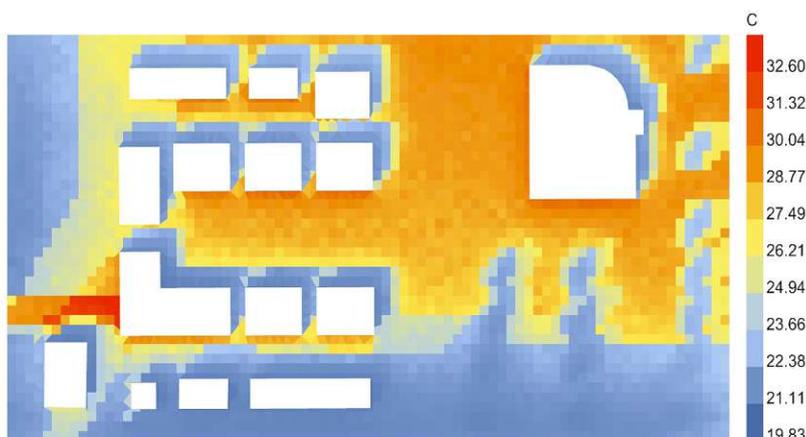
Abbildung 4.2.3/2
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
8/1 to 8/1 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
1.August

Abbildung 4.2.3/5
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
9/24 to 9/24 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
24.September

Abbildung 4.2.3/3
eigene Darstellung

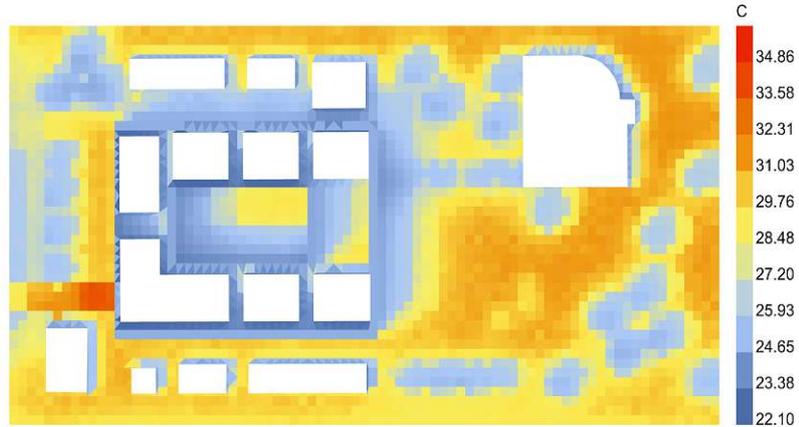


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Thermischer Komfort Neu 20.Juni

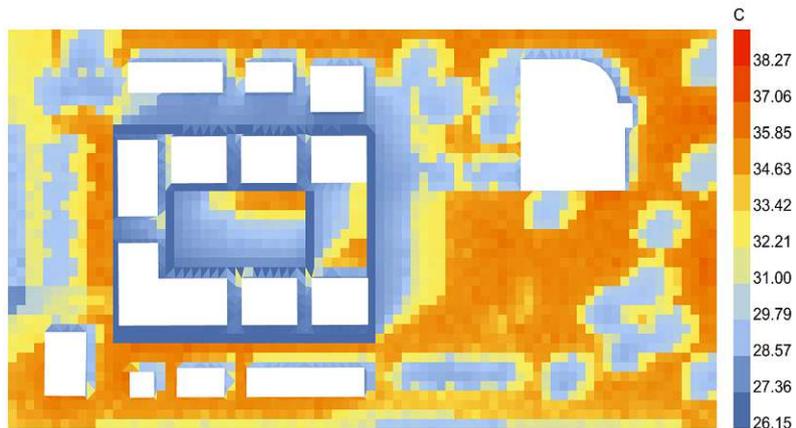
Abbildung 4.5/1
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
22.10 23.38 24.65 25.93 27.20 28.48 29.76 31.03 32.31 33.58 34.86

Thermischer Komfort Neu 1.August

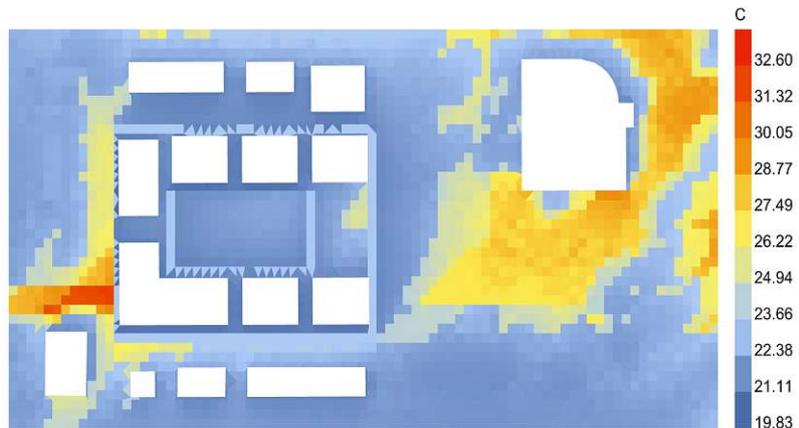
Abbildung 4.5/2
eigene Darstellung



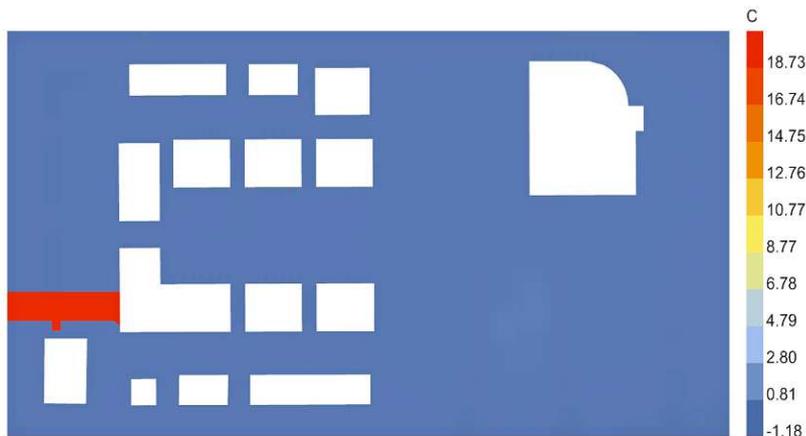
Universal Thermal Climate Index
26.15 27.36 28.57 29.79 31.00 32.21 33.42 34.63 35.85 37.06 38.27

Thermischer Komfort Neu 24.September

Abbildung 4.5/3
eigene Darstellung

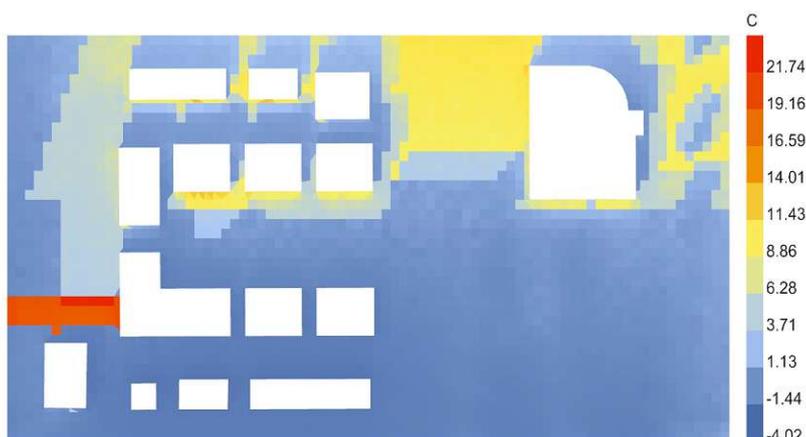


Universal Thermal Climate Index
19.83 21.11 22.38 23.66 24.94 26.22 27.49 28.77 30.05 31.32 32.60



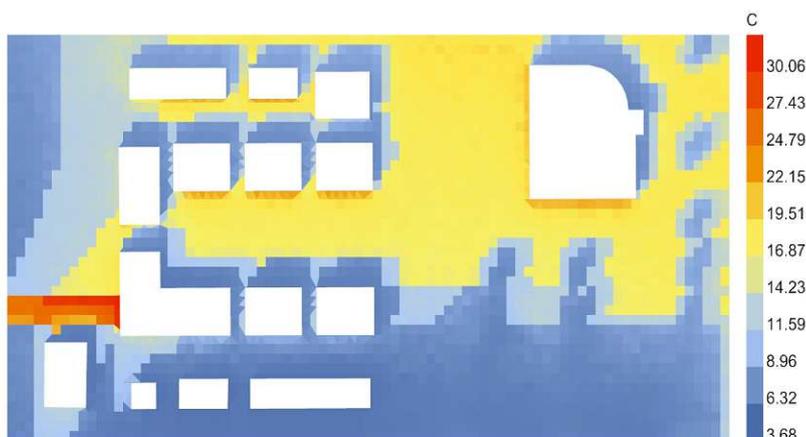
Universal Thermal Climate Index
12/21 to 12/21 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
21. Dezember
Abbildung 4.2.3/4
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
2/6 to 2/6 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
6. Februar
Abbildung 4.2.3/6
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
3/10 to 3/10 between 13 and 14 @1

Thermischer Komfort
10. März
Abbildung 4.2.3/1
eigene Darstellung

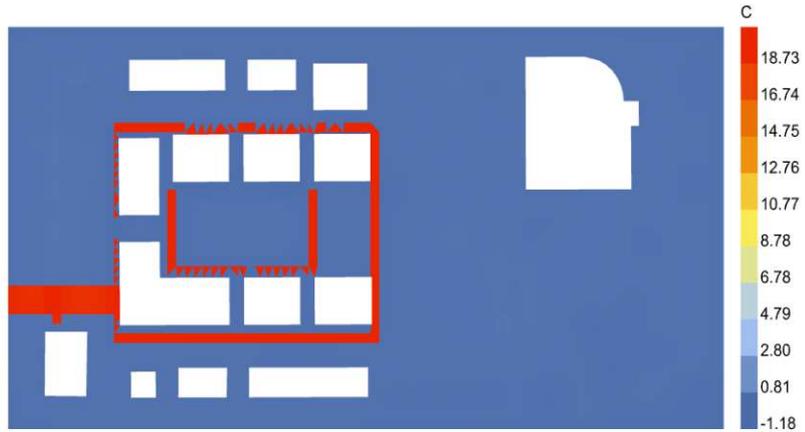


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



**Thermischer Komfort Neu
21. Dezember**

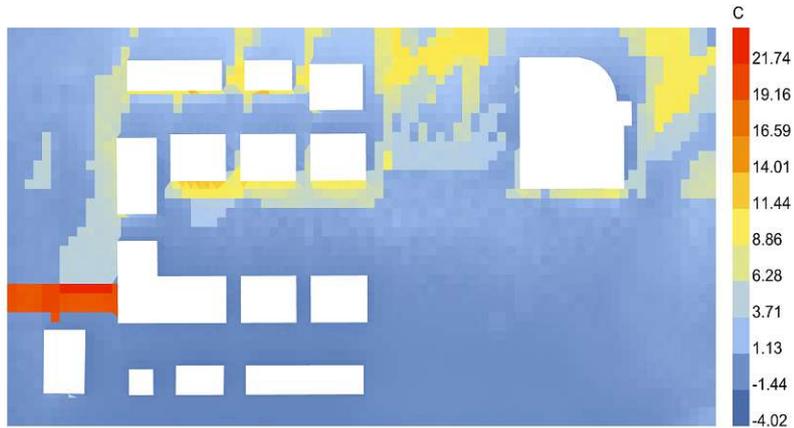
Abbildung 4.5/4
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
12/21 to 12/21 between 13 and 14 @1

**Thermischer Komfort Neu
6. Februar**

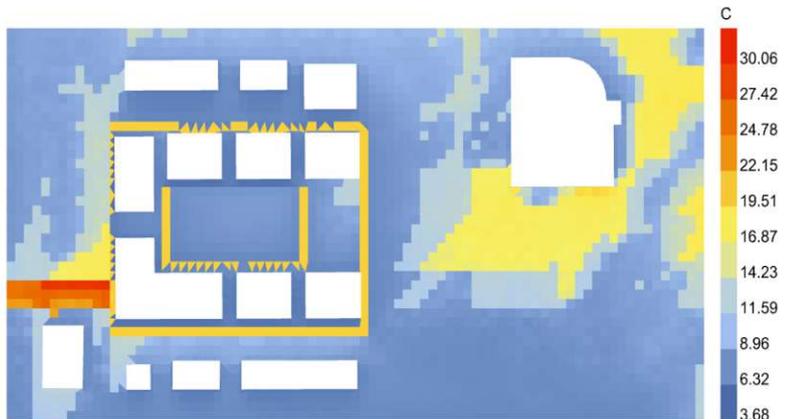
Abbildung 4.5/5
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
2/6 to 2/6 between 13 and 14 @1

**Thermischer Komfort Neu
10. März**

Abbildung 4.5/6
eigene Darstellung



Universal Thermal Climate Index
3/10 to 3/10 between 13 and 14 @1

5. Fazit und Ausblick

5. Fazit und Ausblick

5. Fazit und Ausblick

Rückblickend lässt sich sagen, dass die Ziele der Arbeit, nämlich die Integration von Simulationen thermischen Komforts, sowie der natürlichen Luftzirkulation zufriedenstellend erfüllt wurden. Die aufgestellten Annahmen hinsichtlich der Beeinflussung von Oberflächenmaterialien auf die thermische Wahrnehmung wurden über Simulationen mit den Plug-ins der LadybugTools Familie bestätigt und konnten in den Entwurf integriert werden. Die Auswirkungen von Materialeigenschaften, wie Farbton, Durchlässigkeit, Oberflächenbewuchs und Albedo auf das thermische Wohlbefinden, wurden, sowohl unter direkter Sonneneinstrahlung, als auch im verschatteten Zustand bewiesen und konnten in Anwendung eine messbare Verbesserung von thermischem Komfort bewirken. Auch die Simulation der natürlichen Luftzirkulation im Bereich des Bauplatzes erbrachte verwendbare Ergebnisse. Eingebettet in den Entwurfsprozess, konnten so Rückschlüsse auf die natürliche Umgebung gezogen werden, welche das Entwurfskonzept maßgeblich beeinflussten. Es zeigte sich eine hohe Kompatibilität, sowohl innerhalb der Plug-in Familie, als auch in Verbindung mit der Modellierungssoftware Rhinoceros 3D. Während des Entwurfsprozesses zeigte sich die Komplexität und Vielschichtigkeit mikroklimatischer Simulationen.

So lässt sich kritisch anmerken, dass einige Faktoren, hinsichtlich der mikroklimatischen Simulation des finalen Entwurfs nicht bzw. nicht ausreichend integriert werden konnten. Ein Hauptaspekt des Entwurfs, die Planung von offenen Wasserflächen, Brunnen und Luftbestäubern konnte allerdings nicht in den abschließenden Simulationen erfasst werden. Außerdem ist anzumer-

ken, dass die Vegetation nur als feste Objekte in die Simulation aufgenommen werden konnten. Durchlässigkeit hinsichtlich von Wind oder Strahlung, die unterschiedlichen Eigenschaften verschiedener Vegetationsarten bezüglich Transpiration, konnte somit nicht ausreichend erfasst werden.

Eine Kombination unterschiedlicher mikroklimatischer Simulationssoftwares ist somit anzudenken. Über den Einsatz von Envi-med könnten somit die Auswirkungen blauer Infrastruktur simuliert werden. Das Plug-in Eddy3D ermöglicht dem/der Nutzer:in den Einfluss von Vegetation auf die natürliche Luftzirkulation zu visualisieren.

Die Integration von mikroklimatischen Simulationen mit den Plugins Ladybug, Honeybee und Butterfly kann somit im frühen Entwurfsprozess der Auswahl unterschiedlicher Konzepte dienlich sein. Für weitere Planungen und im Ausblick auf mögliche Realisierungen wäre es anzudenken, ausgewählte Strategien kleinmaßstäblich vor Ort zu testen. Gebaute Experimente im öffentlichen Raum können somit, nicht nur dabei helfen, genannte Software für die Zukunft effektiver zu verwenden, sondern hätten auch einen partizipatorischen Effekt.

Architektur im öffentlichen Raum zu schaffen sollte immer in Wechselwirkung mit betroffenen Nutzer:innengruppen entstehen. Über gebaute mikroklimatische Studien kann das Interesse von Nutzer:innen geweckt und Verständnis für eine notwendige Transformation des öffentlichen Raums geschaffen werden.

Vielen Dank an!

Meine guten Freunde Simon, Konsti, Janko, Benni, Rainer, Hannes, Basti, Jakob und Arne für die wunderbare Studienzeit und Unterstützung im Leben. Vielen Dank auch an Sophie, für die Geduld, das offene Ohr und ihren Glauben in mich.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Eltern Astrid Stein und Volker Stein für die langjährige Unterstützung, Geduld und Motivation während und auch abseits meines Studiums bedanken.

Großer Dank gilt auch meiner Diplombetreuerin Zeynep Aksöz Balzar, die mit ihrer fachlichen Kompetenz und Leidenschaft entscheidend zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen hat.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem Sohn Oskar bedanken. Mit seiner wundervollen Art und seinem Lächeln versüßt er mir jeden Moment und hat mir viel Kraft für den Abschluss dieser Arbeit gegeben. Ich bin sehr stolz auf dich!

6. Verzeichnisse

- 6.1 Literaturverzeichnis
- 6.2 Webverzeichnis
- 6.3 Abbildungsverzeichnis

6.1 Literaturverzeichnis

Albdour, Mohammad S., Baranyai Balint (2019): AN OVERVIEW OF MICROCLIMATE TOOLS FOR PREDICTING THE THERMAL COMFORT, METEOROLOGICAL PARAMETERS AND DESIGN STRATEGIES IN OUTDOOR SPACES, in: POLLACK PERIODICA, Vol.14 No.2, 2019, S.109-118

Anderson, Kjell (2014): Design Energy Simulation for Architects: Guide to 3D Graphics, London, Routledge,

Cody, Brian (2017): Form follows Energy,, Basel, Birkhäuser Verlag GmbH

ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN

Frey, H.; Graser, A.; Leth, U.; Lorenz, F.; Millonig, A.; Müller, J.; Richter, G.; Rudloff, C.; Sandholzer, F.; Wieser, G. (2020): SUPERBE, Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Gibs, Helga (1997): Leopoldstadt: kleine Welt am grossen Strom, Wien, Mohl Verlag,

Hagen, Katrin (2011): Freiraum im Freiraum : Mikroklimatische Ansätze für die städtische Landschaftsarchitektur, Wien, Tu-Wien

Hunter Block, Annie; Livesley, Stephen; Williams, Nicholas (2012): Responding to the Urban Heat Island: A Review of the Potential of Green Infrastructure, Melbourne, VCCCAR

Klusacek, Christine; Stimmer, Kurt (1978): Leopoldstadt. Eine Insel mitten in der Stadt, Wien, Verlag Kurt Mohl,

Kuttler, Wilhelm (2011): Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Maßnahmen, Essen, Kuttler Environmental Sciences Europe

Lichtenegger, Uschi (2020): Der Karmelitermarkt Leitbild, Wien, Stadt Wien – Bezirksvorstehung Leopoldstadt

Magistratsabteilung 22 (2015): Urban Heat Islands - Strategieplan Wien, Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22

Magistratsabteilung 22 (2019): LEITFADEN FASSADENBEGRÜNUNG, Wien, Wiener Umweltschutzabteilung - Magistratsabteilung 22

Matzarakis, Andreas; Muthers, Stefan; Rutz, Frank (2014): Application and comparison of UTCI and PET in temperate climate condition, in: Finisterra, XLIX, 98, 2014, S. 21-31

Naboni, Emauele; Havinga, Lisanne (2019): Regenerative Design In Digital Practice. A Handbook for the Built Environment, Bozen, Eurac

Pfautsch, Sebastian; Wujeska-Klaue, Agnieszka; Walters, Judi (2022): Outdoor playgrounds and climate change: Importance of surface materials and shade to extend playtime and burn injuries, Penrith, Elsevier Ltd.

Puscher, Gregor; Titz, Thomas (2008): Stadt muss leben Städtebauliches Leitbild Nordwestbahnhof, Wien, Magistratsabteilung 21 A Stadtteilplanung und Flächennutzung Innen-West

Roesler, Sascha; Kobi, Madlen (2018): The Urban Microclimate as Artifact Towards an Architectural Theory of Thermal Diversity, Berlin, Boston: Birkhäuser

Schrenk, Julia (2017): „Das ist jetzt ein totes Eck hier“, in: Kurier (17.12.2017), S.14

Shahmohamadi, P; Che-Ani, A.I.; Etessam, I.; Maulud, K.N.A.; Tawil, N.M. (2011): Healthy Environment: The Need to Mitigate Urban Heat Island Effects on Human Health, Amsterdam, Elsevier Ltd.

Shooshtarian, Salman; Rajagopalan, Priyadarsini (2019): Perception of Wind in Open Spaces, Basel, MDPI

Studiovlay (2015): Freie Mitte Vielseitiger Rand, Wien, Magistrat der Stadt Wien

Wagner, Joseph (1992) : Der Volkertmarkt darf nicht sterben,in : Bezirks Zeitung - Stadt Journal (1992), Nr.4, S.4

Wang, Xinjun; Dallimer, Martin; Scott, Catherine; Shi, Weiting; Gao,Jixi (2021): Tree species richness and diversity predicts the magnitude of urban heatisland mitigation effects of greenspaces, Elsevier Ltd.

6.2 Webverzeichnis

Auer, Kathrin (2018): Amerikanische Pfeifenwinde *Aristolochia macrophylla*, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/pfeifenwinde/amerikanische-pfeifenwinde> (aufgerufen am 21.03.2022)

Die Grünen (2022): Supergrätzlfest Volkertviertel, die Grünen, [online] <https://leopoldstadt.gruene.at/news/news/supergraetzlifest-volkertviertel/> (aufgerufen am 18.02.2023)

ecosystemaurbano (o.J.): eco-boulevard, ecosystemaurbano [online] <https://ecosystemaurbano.com/eco-boulevard/> (aufgerufen am 22.02.2023)

klimaaktiv (2020): Wie können Kreuzungen sicherer werden?, klimaaktiv, [online] <https://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/mobilitaetsmanagem/bildung/kreuzung.html> (aufgerufen am 18.02.2023)

Kögel, Elisabeth (2022): Scharlachwein *Vitis coignetiae*, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/weinrebe/scharlachwein> (aufgerufen am 21.03.2022)

Ladybugtools (o.J.): Ladybug, ladybugtools, [online] <https://www.ladybug.tools/ladybug.html> (aufgerufen am 22.02.2023)

Ladybugtools (o.J.): Honeybee, ladybugtools, [online] <https://www.ladybug.tools/honeybee.html> (aufgerufen am 22.02.2023)

Ladybugtools (o.J.): Butterfly, ladybugtools, [online] <https://www.ladybug.tools/butterfly.html> (aufgerufen am 22.02.2023)

Monning, Eva (2022): Chinesischer Blauregen *Wisteria sinensis*, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/blauregen/chinesischer-blauregen#a-86326-wuchs> (aufgerufen am 21.03.2022)

Monning, Eva (2019): Schlingknöterich *Fallopia aubertii*, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/knoeterich/schlingknoeterich#a-92036-wuchs> (aufgerufen am 21.03.2022)

Siemens, Folkert (2018): Wilder Wein ‚Veitchii‘, Dreispitzige Jungfernrebe *Parthenocissus tricuspidata* ‚Veitchii‘, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/wilder-wein-jungfernrebe/wilder-wein-veitchii-dreispitzige-jungfernrebe> (aufgerufen am 21.03.2022)

Siemens, Folkert; Stehr, Sarah (2018): Gewöhnlicher Efeu *Hedera helix*, mein-schoener-garten, [online] <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/efeu/gewoehnlicher-efeu> (aufgerufen am 21.03.2022)

urbannext (2018): MFO Park: The North Zurich Parkscape, urbannext, [online] <https://urbannext.net/mfo-park/> (aufgerufen am 10.03.2023)

Vonach, Theresa; Seiser, Tobias (2020): Straßenlabor zum Supergrätzl Volkertviertel, Wien.gv.at, [online] <https://www.wien.gv.at/presse/2020/09/18/strassenlabor-zum-supergraetzl-volkertviertel> (aufgerufen am 18.02.2023)

wikiarquitectura (o.J.): Eco Boulevard de Vallecas, wikiarquitectura, [online] <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/eco-boulevard-de-vallecas/> (aufgerufen am 22.02.2023)

Ziemann, Astrid (2022): UTCI (UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX), TU-Dresden, [online] <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ihm/meteorologie/forschung/glossar/hrc-utci-universal-thermal-climate-index> (aufgerufen am 19.02.2023)

6.3 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1/1 Stein, Jonny (2022), Volkertmarkt, Fotografie
- Abb. 2.1/1 Anonym (o. J.), Fotografie Volkertmarkt, Bezirksmuseum Leopoldstadt
- Abb. 2.2/1 Studiovlay (2015): Freie Mitte Vielseitiger Rand, Wien, Magistratsabteilung 21 – Stadtteilplanung und Flächennutzung
- Abb. 2.3/1 Stein, Jonny (2023), Volkertviertel Fußwege, Grafik
- Abb. 2.4/1 Lago, Joseph; AFP (2021): "Supergrätzel" in Wien-Favoriten geplant: Mehr Grün, weniger Verkehr, standard, [online] <https://www.derstandard.at/story/2000128923266/supergraetzel-in-wien-favoriten-geplant-mehr-gruen-weniger-verkehr> (aufgerufen am 18.02.2023)
- Abb. 2.4/2 Pufler, Karl (2021): Ein Straßenlabor im Supergrätzel, meinbezirk, [online] https://www.meinbezirk.at/favoriten/c-lokales/ein-strassenlabor-im-supergraetzel_a4870417#gallery=null (aufgerufen am 26.03.2023)
- Abb. 3.1/1 Cody, Brian (2017): Form follows Energy, Basel, Birkhäuser Verlag GmbH
- Abb. 3.1/2 Cody, Brian (2017): Form follows Energy, Basel, Birkhäuser Verlag GmbH
- Abb. 3.2/1 Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung (2015): Fachkonzept Grün- und Freiraum, Wien, Magistrat der Stadt Wien
- Abb. 3.3/1 Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2015): Urban Heat Islands Strategieplan Wien, Wien, Magistrat der Stadt Wien
- Abb. 3.3/2 Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2015): Urban Heat Islands Strategieplan Wien, Wien, Magistrat der Stadt Wien
- Abb. 3.4/1 Pappenberger, Florian; Jendritzky, Gerd; Staiger, H.; Dutra, Emanuel; Di Guiseppe, Francesca; Richardson, D.S.; Cloke, Hannah (2014): Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI), Reading
- Abb. 3.4.1/1 Baumgartner, Christina (2020): Einfluss unterschiedlicher Bauweisen und Bodenarten auf den Urban Heat Island-Effekt, Wien, TU-Wien

- Abb. 3.4.1/2 Cody, Brian (2017): Form follows Energy, Basel, Birkhäuser Verlag GmbH
- Abb. 3.4.1/3 Ecosistema urbano (o.J.): malaga campus, ecosistema urbano, [online] <https://ecosistemaurbano.com/malaga-university-campus/> (aufgerufen am 19.02.2023)
- Abb. 3.4.1/4 Dijaspota online (2018): Lobau: Ein Nationalpark am Rande der Hauptstadt, Dijaspota online, [online] <https://dijaspota.tv/de/lobau-ein-nationalpark-am-rande-der-hauptstadt/> (aufgerufen am 19.02.2023)
- Abb. 3.4.2/1 ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/2 ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/3 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/5 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/6 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/8 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/9 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/11 - ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/12 ECOTEN Urban Comfort s.r.o. (2019): Urban Heat Vulnerability Assessment of Vienna, Austria, Prague, ECOTEN
- Abb. 3.4.2/13 Pfautsch, Sebastian/ Wujeska-Klause, Agnieszka/ Walters, Judi (2022): Outdoor playgrounds and climate change: Importance of surface materials and shade to extend playtime and burn injuries, Penrith, Elsevier Ltd., S.4
- Abb. 3.5/1 Stein, Jonny (2023), Windsimulation, Simulation
- Abb. 3.5.1/1 Ladybugtools (o.J.): What is Ladybug Tools?, ladybugtools, [online] <https://www.ladybug.tools> (aufgerufen am 22.02.2023)
- Abb. 3.6/1 ecosystemaurbano (o.J.): eco-boulevard, ecosystemaurbano [online] <https://ecosistemaurbano.com/eco-boulevard/> (aufgerufen am 22.02.2023)
- Abb. 3.6/2 ecosystemaurbano (o.J.): eco-boulevard, ecosystemaurbano [online] <https://ecosistemaurbano.com/eco-boulevard/> (aufgerufen am 22.02.2023)

- Abb. 3.6/3 Bucknell, Alice (2018): Touch It, Smell It, Feel It: Architecture for the Senses, archdaily, [online] <https://www.archdaily.com/903925/touch-it-smell-it-feel-it-architecture-for-the-senses> (aufgerufen am 22.02.2023)
- Abb. 3.6/4 urbannext (2018): MFO Park: The North Zurich Parkscape, urbannext, [online] <https://urbannext.net/mfo-park/> (aufgerufen am 10.03.2023)
- Abb. 3.6/5 urbannext (2018): MFO Park: The North Zurich Parkscape, urbannext, [online] <https://urbannext.net/mfo-park/> (aufgerufen am 10.03.2023)
- Abb. 4.1/1 Stein, Jonny (2023): Bitumen, UTCI Sommer unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/2 Stein, Jonny (2023): Bitumen, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/3 Stein, Jonny (2023): Bitumen, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/4 Stein, Jonny (2023): Bitumen, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/5 Stein, Jonny (2023): Lehm, UTCI Sommer unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/6 Stein, Jonny (2023): Lehm, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/7 Stein, Jonny (2023): Lehm, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/8 Stein, Jonny (2023): Lehm, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/9 Stein, Jonny (2023): Beton, UTCI Sommer unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/10 Stein, Jonny (2023): Beton, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/11 Stein, Jonny (2023): Beton, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/12 Stein, Jonny (2023): Beton, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/13 Stein, Jonny (2023): Holz, UTCI Sommer unverschattet, Simulation

- Abb. 4.1/14 Stein, Jonny (2023): Holz, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/15 Stein, Jonny (2023): Holz, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/16 Stein, Jonny (2023): Holz, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/17 Stein, Jonny (2023): Gras niedrig, UTCI Sommer unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/18 Stein, Jonny (2023): Gras niedrig, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/19 Stein, Jonny (2023): Gras niedrig, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/20 Stein, Jonny (2023): Gras niedrig, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/21 Stein, Jonny (2023): Gras hoch, UTCI Sommer unverschattet, Simulation
- Abb. 4.1/22 Stein, Jonny (2023): Gras hoch, UTCI Sommer verschattet, Simulation
- Abb. 4.1/23 Stein, Jonny (2023): Gras hoch, Oberflächentemperatur, Simulation
- Abb. 4.1/24 Stein, Jonny (2023): Gras hoch, UTCI Herbst unverschattet, Simulation
- Abb. 4.2.1/1 Stein, Jonny (2022): Volkertplatz, Fotografie
- Abb. 4.2.1/2 Stein, Jonny (2022): Volkertmarkt, Fotografie
- Abb. 4.2.1/3 Stein, Jonny (2022): Café Nelke, Fotografie
- Abb. 4.2.1/4 Stein, Jonny (2022): Spielplatz Volkertplatz, Fotografie
- Abb. 4.2.1/5 Stein, Jonny (2022): Luftbestäuber, Fotografie
- Abb. 4.2.1/6 Stein, Jonny (2022): Jugendzentrum „Alte Trafik“, Fotografie
- Abb. 4.2.2/1 Stein, Jonny (2023): Wind ganzjährig, Simulation

- Abb. 4.2.2/2 Stein, Jonny (2023): Wind Sommer, Simulation
- Abb. 4.2.2/3 Stein, Jonny (2023): Wind Winter, Simulation
- Abb. 4.2.2/4 Stein, Jonny (2023): Lufttemperatur, Simulation
- Abb. 4.2.2/5 Stein, Jonny (2023): Luftfeuchtigkeit, Simulation
- Abb. 4.2.2/6 Stein, Jonny (2023): Windrichtung, Simulation
- Abb. 4.2.2/7 Stein, Jonny (2023): Windgeschwindigkeit, Simulation
- Abb. 4.2.3/1 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 10.März, Simulation
- Abb. 4.2.3/2 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 20.Juni, Simulation
- Abb. 4.2.3/3 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 24.September, Simulation
- Abb. 4.2.3/4 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 20.Dezember, Simulation
- Abb. 4.2.3/5 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 1.August, Simulation
- Abb. 4.2.3/6 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort 3.Februar, Simulation
- Abb. 4.2.4/1, Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost 5m, Simulation
Abb. 4.2.4/3
- Abb. 4.2.4/2 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost 2m, Simulation
- Abb. 4.2.4/4 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost 10m, Simulation
- Abb. 4.2.4/5 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost 15m, Simulation
- Abb. 4.2.4/6, Stein, Jonny (2023): Windanalyse Nordwest 5m, Simulation
Abb. 4.2.4/8
- Abb. 4.2.4/7 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Nordwest 2m, Simulation
- Abb. 4.2.4/9 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Nordwest 10m, Simulation
- Abb. 4.2.4/10 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Nordwest 15m, Simulation
- Abb. 4.2.4/11 Stein, Jonny (2023): Windgeschwindigkeit, Simulation
- Abb. 4.2.5/1 Stein, Jonny (2023): Volkertplatz Bereiche, Grafik
- Abb. 4.2.5/2 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost, Simulation
- Abb. 4.2.5/3 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost, Simulation

- Abb. 4.2.5/4 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost, Simulation
- Abb. 4.2.5/5 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Südost, Simulation
- Abb. 4.2.5/6 Stein, Jonny (2023): Windanalyse Gliederung, Simulation
- Abb. 4.3/1 Stein, Jonny (2023): Konzept Verbindung, Grafik
- Abb. 4.3/2 Stein, Jonny (2023): Konzept Bereiche, Grafik
- Abb. 4.3/3 Stein, Jonny (2023): Konzept Klimatisierung, Grafik
- Abb. 4.3/4 Stein, Jonny (2023): Konzept Mikroklimastadt Stadt, Grafik
- Abb. 4.3/5 Stein, Jonny (2023): Konzept Mikroklimastadt Platz, Grafik
- Abb. 4.3/6 Stein, Jonny (2023): Konzept Aktivierung, Grafik
- Abb. 4.4/1 Stein, Jonny (2023): Gesamtperspektive, Grafik
- Abb. 4.4/2 Stein, Jonny (2023): Axonometrie vertikaler Park, Grafik
- Abb. 4.4/3 Stein, Jonny (2023): Platzgestaltung, Grafik
- Abb. 4.4/4 Stein, Jonny (2023): Grundriss 1.OG, Grafik
- Abb. 4.4/5 Stein, Jonny (2023): Grundriss 2.OG, Grafik
- Abb. 4.4/6 Stein, Jonny (2023): Grundriss 3.OG, Grafik
- Abb. 4.4/7 Stein, Jonny (2023): Schnitt A-A Funktionen, Grafik
- Abb. 4.4/8 Stein, Jonny (2023): Schnitt A-A Freiraum, Grafik
- Abb. 4.4/9 Stein, Jonny (2023): Schnitt B-B, Grafik
- Abb. 4.4/10 Stein, Jonny (2023): Schnitt C-C Funktionen, Grafik
- Abb. 4.4/11 Stein, Jonny (2023): Schnitt C-C Freiraum, Grafik
- Abb. 4.4/12 Stein, Jonny (2023): Schnitt D-D, Grafik
- Abb. 4.4/13 Stein, Jonny (2023): Konzeptschnitt Bewässerung, Grafik
- Abb. 4.4/14 Stein, Jonny (2023): Vegetation Innenraum Süd/Nord, Grafik
- Abb. 4.4/15 Stein, Jonny (2023): Vegetation Innenraum West/Ost, Grafik
- Abb. 4.4/16 Stein, Jonny (2023): Vegetation Westfassade, Grafik

- Abb. 4.4/17 Stein, Jonny (2023): Ansicht West, Grafik
- Abb. 4.4/18 Stein, Jonny (2023): Vegetation Südfassade, Grafik
- Abb. 4.4/19 Stein, Jonny (2023): Vegetation Nordfassade, Grafik
- Abb. 4.4/20 Stein, Jonny (2023): Vegetation Ostfassade, Grafik
- Abb. 4.4/21 Stein, Jonny (2023): Ansicht Süd, Grafik
- Abb. 4.4/22 Stein, Jonny (2023): Ansicht Nord, Grafik
- Abb. 4.4/23 Stein, Jonny (2023): Ansicht Ost, Grafik
- Abb. 4.4/24 Stein, Jonny (2023): Rendering Platz, Grafik
- Abb. 4.4/25 Stein, Jonny (2023): Rendering Sport 1.OG, Grafik
- Abb. 4.4/26 Stein, Jonny (2023): Rendering Spielplatz 2.OG, Grafik
- Abb. 4.4/27 Stein, Jonny (2023): Rendering Sport 2.OG, Grafik
- Abb. 4.5/1 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 20.Juni, Simulation
- Abb. 4.5/2 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 1.August , Simulation
- Abb. 4.5/3 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 24.September, Simulation
- Abb. 4.5/4 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 21.Dezember, Simulation
- Abb. 4.5/5 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 6.Feburar, Simulation
- Abb. 4.5/6 Stein, Jonny (2023): Thermischer Komfort Neu 10.März, Simulation

