



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

Masterarbeit

Der Beitrag urbaner landwirtschaftlicher Flächen zur Reduktion des Urban Heat Island Effektes am Beispiel des Donaufelds in Wien

verfasst von

Walter LIST, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, April 2022

Betreut von:

Ao.Univ.Prof.i.R. Dr.phil. Erich Mursch-Radlgruber

Institut für Meteorologie und Klimatologie

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 05.04.2022 Walter LIST (eigenhändig)

DANKSAGUNG

Hiermit möchte ich die Möglichkeit nutzen all jenen zu danken die durch Ihre Unterstützung zur Erarbeitung und zum Abschluss dieser Masterarbeit und meinem Studium beigetragen haben.

Beginnen möchte ich mit einem großen Dankeschön an meine beiden BetreuerInnen Christiane Brandenburg und Erich Mursch-Radlgruber, welche eine intensive und oft sehr kurzfristig sowie spontane Bereitschaft zur Unterstützung in jeglichen Situationen und Fragestellungen an den Tag gelegt haben und mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Ebenso wichtig war die jahrelange Unterstützung meiner Familie und Freunde. Ich danke meinen Eltern, Großeltern und meinem Onkel, die es mir auch finanziell erst ermöglicht haben ein Studium zu absolvieren und immer wieder ein großes Interesse an meinem Studium gezeigt haben.

Zu guter Letzt gilt all jenen ein großer Dank, welche mir auch in Zeiten großer Unsicherheiten und Zweifel immer zur Seite gestanden sind. Ohne den zusätzlichen Antrieb und die Motivation, die mir geschenkt wurde, wäre ein Abschluss sehr schwierig für mich gewesen. Ich bin froh für all die wunderbaren Menschen an meiner Seite und deren aufopfernden Einsatz für meinen Studienabschluss.

Vielen Dank!

Wien, 05.04.2022

INHALT

1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1. Ausgewählte Aspekte der Stadtklimaforschung	3
2.1.1. Die städtische Wärmeinsel – Urban Heat Island	5
2.1.2. Städtisches Windfeld und Luftzirkulationen.....	9
2.1.3. Kaltluftflüsse.....	11
2.1.4. Klimatische Bedeutung urbaner Grünflächen	12
2.1.5. Aspekte einer klimaresilienten Stadt- und Freiraumplanung.....	15
2.2. Urbane Landwirtschaft.....	21
2.2.1. Definition urbaner Landwirtschaft.....	21
2.2.2. Planerische Funktionen urbaner Landwirtschaft	23
2.2.3. Urbane Landwirtschaft in Wien	25
2.3. Untersuchungsgebiet.....	26
3. Methode	30
3.1. Literaturarbeit	30
3.2. Messungen im Untersuchungsgebiet Donaufeld	31
3.2.1. Verwendete Messinstrumente.....	32
3.2.2. Ablauf der Messungen	33
3.2.3. Auswertungsverfahren der erhobenen Messdaten	35
4. Ergebnisse	36
4.1. Messtandorte Donaufeld – ausgewählte Daten	38
4.2. Lufttemperatur	40
4.2.1. Vergleich der Lufttemperatur	41
4.2.2. Räumliche Verteilung der Lufttemperatur	44
4.3. Luftmassenbewegung und Windrichtungen.....	51
5. Diskussion & Interpretation	58

5.1. Lufttemperatur	58
5.2. Wirkungsbereich der Kaltluftmassen	60
5.3. Bewegung der Kaltluftmassen	62
6. Schlussfolgerung und Ausblick	63
7. Literatur- und Abbildungsquellen	64
7.1. Literaturquellen:.....	64
7.2. Abbildungsquellen:	68

KURZFASSUNG

In den letzten Jahrzehnten ist eine Intensivierung und Häufung von Hitzetagen in der Stadt Wien zu beobachten. Der städtische Wärmeinseleffekt, oder auch Urban Heat Island Effekt, kann zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität und zu negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Stadtbevölkerung führen. Daher wird es in der Stadt- und Freiraumplanung immer relevanter klimaresiliente Strategien und Planungsprozesse miteinzubeziehen. Als wichtiges Instrument dafür zählt die Integration von urbanen Grünflächen in neuen Stadt- und Siedlungsgebieten.

Die zahlreichen positiven Aspekte von Grünflächen auf die Lebensqualität in Städten ist mehrfach untersucht und bewiesen. Diese Flächen nehmen eine wichtige Funktion in der Regulierung des Stadtklimas ein und dienen vor allem in sommerlichen Hitzeperioden als kühlende Ausgleichsflächen zu den stark überwärmten bebauten Gebieten der Stadt. Neben den klassischen urbanen Grünflächen wie Gärten, Parks oder Alleen, spielen auch landwirtschaftliche Flächen in der Stadt eine bedeutende Rolle in der Verbesserung des Stadtklimas. Der klimatische Einfluss urbaner Landwirtschaft auf ihre unmittelbar benachbarte bebaute Umgebung ist Hauptbestandteil dieser Masterarbeit. Im Hinblick darauf werden die Unterschiede der Lufttemperatur am Feld und in der Bebauung erhoben und versucht ein Gesamtbild der Luftmassenbewegungen und Austauschprozesse zu erfassen.

Die Ergebnisse zeigen innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen eine deutliche Abkühlung der bodennahen Luftmassen in der Nacht. Der Wirkungsbereich für die angrenzende überwärmte Bebauung bleibt jedoch gering und ein klares Bild über die Luftaustauschprozesse im Untersuchungsgebiet ist schwer zu erkennen. Trotzdem ist die positive Wirkung urbaner Landwirtschaft auf das Stadtklima und die dort lebende Bevölkerung deutlich erkennbar und bleibt für künftige interdisziplinäre Untersuchungen der Stadt- und Freiraumplanung sowie der Stadtklimaforschung ein wichtiges Thema.

ABSTRACT

In recent decades, an intensification and accumulation of heat days in the city of Vienna can be observed. The urban heat island effect can lead to an impairment of the life quality and negative effects on the health of the city population. It is therefore becoming increasingly relevant to include climate-resilient strategies and planning processes in urban and open space planning. An important instrument is the integration of urban green spaces in new urban and residential areas.

The numerous positive aspects of green spaces on the life quality in cities have been repeatedly examined and proven. These areas play an important role in regulating the urban climate and serve as cooling compensating areas for the heavily overheated built-up areas of the city, especially during hot summer periods. In addition to the classic urban green spaces such as gardens, parks or avenues, agricultural areas in the city also play an important role in improving the urban climate. The climatic influence of urban agriculture on its immediately neighboring built environment is the main part of this master thesis. In view of this, the differences in air temperature in the field and in the built-up areas are recorded and an attempt is made to capture an overall picture of the air flow and exchange processes.

The results show a significant cooling of the ground-level air masses within the agricultural areas at night. However, the radius of action for the overheated built-up areas remains small and it is hard to identify and visualize the air exchange processes within the study area. Nevertheless, the positive effects of urban agriculture on the urban climate and the population of the city is clearly recognizable and remains an important topic for future interdisciplinary studies of urban and open space planning as well as urban climate research.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In europäischen Städten kommt es immer öfter zu extremen Hitzewellen während des Sommers. Der Klimawandel führt zu einer Häufung und Intensivierung dieser Hitzeereignisse. Die fortschreitende Urbanisierung und das weltweite Bevölkerungswachstum werden in den heißen Sommermonaten zu einer immer größeren Belastung, insbesondere für die urbane Bevölkerung. (Sailor, 2014)

Für Österreich zeigen die Prognosen der Vereinten Nationen für das Jahr 2030 einen Wert mit 61, 8% Anteil an der in Städten lebenden Bevölkerung im Vergleich zur Gesamtbevölkerung. Bis zum Jahr 2050 soll dieser Wert noch um knappe 10 % steigen. (United Nations, 2018)

Diese Entwicklungen haben im Zusammenspiel mit einer Zunahme von Intensität und Häufigkeit von Hitzetagen und Hitzeperioden große Konsequenzen für die Stadtbewohner in Hinblick auf die Gesundheit und die Lebensqualität in Städten. (Golden, 2004) Damit verbunden treten häufig klimatisch bedingte gesundheitliche Probleme wie Hitzeschläge, Synkopen (Kreislaufzusammenbrüche), Hitzekrämpfe und in schlimmeren Fällen auch Organversagen und andere funktionale Beeinträchtigungen überlebensnotwendiger Körperfunktionen auf. (Kovats et al., 2008)

Aufgrund dieser Problemlage und aktueller Prognosen entwickelte die Stadt Wien bereits vor einigen Jahren Strategien zur nachhaltigen und klimaresilienten Gestaltung von städtischen Freiräumen. Zukünftig wegweisend auf diesem Gebiet soll der Urban Heat Islands Strategieplan der Stadt Wien aus dem Jahr 2015 sein. (Brandenburg et al., 2015)

In einer Zeit des angestrebten stetigen wirtschaftlichen Wachstums und einer zunehmenden Verdichtung und Verbauung von Städten werden urbane Grünflächen und ihre Funktionen deshalb immer wichtiger für eine nachhaltige und zukunftsfähige Stadtentwicklung. Dazu zählt, neben der Naherholung und der ästhetischen Wirkung, auch die klimatische Wirkung auf den städtischen Raum. Zu den typischen klimaverbessernden Freiräumen zählen Grünanlagen wie Parks, Alleen, Gärten und urbane landwirtschaftliche Flächen (Deelstra et al., 2000).

Diese Arbeit behandelt die klimatische Wirkung von urbanen landwirtschaftlich genutzten Flächen in einer intensiven Hitzeperiode im Sommer des Jahres 2017. Bei dem Untersuchungsgebiet handelt es sich um das Donaufeld im Norden Wiens, welches zwischen den beiden dicht bebauten Stadtteilen Kagran und Floridsdorf liegt. Diese Stadtteile weisen eine typisch urbane Charakteristik auf und sind sowohl stark besiedelt als auch großflächig versiegelt und bebaut. Aufgrund der Materialeigenschaften städtischer Baustoffe wie Beton, Asphalt, Stahl, oder Glas kommt zu einer starken Erwärmung der Lufttemperatur und zu einer Speicherung von Wärme innerhalb dieser Strukturen und einer daraus resultierenden Abstrahlung jener an deren unmittelbares Umfeld. (Fezer, 1995)

In der Literatur ist schon lange bekannt, dass Grünflächen und landwirtschaftlich genutzte Flächen zu einer Abkühlung urbaner Räume beitragen können. (Deelstra et al., 2000) Aufgrund dessen konzentriert sich diese Arbeit auf das klimatische Zusammenspiel der landwirtschaftlichen Flächen des Donaufeldes und seiner umliegenden Bebauung.

Es wird davon ausgegangen, dass es innerhalb dieser landwirtschaftlich genutzten Flächen, im Gegensatz zu bebauten Strukturen, zu einer stärkeren Abkühlung der Lufttemperatur in sommerlichen Nächten kommt. Zudem wird untersucht, ob es zu einem Luftmassentransport zwischen den landwirtschaftlichen Flächen und den vermeintlich stärker aufgeheizten Bebauungsstrukturen kommen kann, und falls ja, ob damit eine kühlende Wirkung für die Stadt und deren BewohnerInnen erreicht werden kann. Besonderes Augenmerk wird dabei auf überdurchschnittlich heiße und windschwache Nächte gelegt, da es hier zu den größten physischen Belastungen für die dort lebende Bevölkerung kommt.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich dahingehend mit den folgenden Fragestellungen:

Kommt es in den landwirtschaftlich genutzten Flächen des Donaufeldes zu einer intensiveren nächtlichen Abkühlung der bodennahen Lufttemperatur?

Wie groß ist der mögliche Wirkungsbereich der Luftmassen in den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Bezug auf eine etwaige Abkühlung der unmittelbar angrenzenden bebauten Strukturen um das Donaufeld?

Ist es möglich, ein klares Muster der nächtlichen Luftmassenbewegungen am Donaufeld zu erkennen?

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit stammen aus dem Forschungsgebiet des Stadtklimas und dessen Grundlagen, insbesondere im Zusammenhang mit der Urban Heat Island und städtischer Luftaustausch-Prozesse. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die klimatische Bedeutung von innerstädtischen Grünflächen und deren Effekte auf angrenzende und bebaute Strukturen gelegt. Zudem wird erörtert, worum es sich bei städtischer Landwirtschaft handelt, welche Rolle diese in Bezug auf klimatische Funktionen in einer Stadt übernimmt und wie sich die Situation im Donaueck in der Stadt Wien darstellt.

3.1. 2.1. AUSGEWÄHLTE ASPEKTE DER STADTKLIMAFORSCHUNG

In urbanen Gebieten treten im Vergleich zum nicht bebauten Umland klimatische Veränderungen und Besonderheiten auf. Diese werden in der Klimaforschung verallgemeinert unter dem Begriff des Stadtklimas zusammengefasst. Die Stadtklimaforschung beschäftigt sich mit den komplexen klimatischen Wechselwirkungen innerhalb urbaner Räume und deren Einfluss auf die dort lebende Bevölkerung. Beeinflusst sind diese vor allem durch die Materialeigenschaften städtischer Baustoffe, charakterisiert durch ein hohes Wärmespeichervermögen, starkes Reflexions- und Absorptionsvermögen der Sonneneinstrahlung und schlechtes Wasserspeichervermögen des Bodens, sowie durch anthropogene Einflüsse, wie Abwärme und Luftschadstoffemissionen. (Fezer, 1995)

Laut Kuttler (1993) und Fezer (1995) liegen die Anfänge der wissenschaftlichen Erforschung des Stadtklimas in Bezug auf die städtische Wärmeinsel in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. (Kuttler, 1993; Fezer 1995)

Der englische Chemiker Luke Howard thematisierte schon im Jahr 1833 in seinem Buch „Climate of London, deduced from meteorological observations“ erstmals die Unterschiede in der Lufttemperatur zwischen der Stadt und deren Umland. Schon

damals hob Howard anhand umfangreicher Messungen die überdurchschnittlich hohe Lufttemperatur in der Stadt hervor und begründete dies mit dem hohen Verbrauch des Brennstoffs Kohle, welcher damals für Heiz- und Kochzwecke verwendet wurde. (Howard, 1833)

Aufbauend auf Howards Forschung schlossen sich bis heute weltweit zahlreiche Forschungsarbeiten der Untersuchung des städtischen Wärmeinseleffektes an. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts war es jedoch kaum möglich, großräumigere Untersuchungen zu machen, da man mit den damaligen Mitteln der Datenerfassung noch sehr limitiert war. Im Laufe des frühen 20. Jahrhunderts war es dann aber möglich, aufgrund fortschreitender Technologien und Möglichkeiten der Datenmessungen eine flächenweite Erhebung und Interpretation klimatischer Sachverhalte innerhalb des Stadtgebietes vorzunehmen. (Kuttler, 1993; Fezer, 1995)

Die Ausprägung des urbanen Klimas ist abhängig von mehreren Faktoren und deren Wechselwirkungen. Dazu zählen die Versiegelung und Bebauung natürlicher Räume, eine damit einhergehende Reduzierung der mit Vegetation bedeckten Fläche, sowie anthropogene Einwirkungen durch thermische und lufthygienische Veränderungen mittels technischer Errungenschaften. Hierzu zählt beispielsweise der Kraftfahrzeugverkehr, die Industrie oder die Gesamtheit der städtischen Haushalte. Diese und viele weitere Faktoren beeinflussen die Stadtatmosphäre, den Strahlungs- und Energiehaushalt und den bodennahen Luftaustausch. Letztgenanntes spielt vor allem im Zusammenhang mit den Untersuchungen dieser Arbeit eine wichtige Rolle, da es durch eine immer intensivere Bebauung einst offener Flächen zu einer Erhöhung der Rauigkeit kommt und folglich die Gefahr einer Unterbrechung des bodennahen Luftaustausches besteht. (Kuttler, 1993)

Neben den Veränderungen der Bodenbeschaffenheiten haben auch die städtischen Baustoffe und deren Oberflächen, einen großen Einfluss auf das Stadtklima. (Oke et al., 2017)

Die in der Stadt verwendeten Baustoffe sind charakterisiert durch physikalische Eigenschaften wie die Albedo, das Absorptionsvermögen, die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmekapazität. Zusätzlich zu der erhöhten Rauigkeit und den verwendeten Baumaterialien in Städten beeinflusst auch die Versiegelung und Verdichtung natürlicher Böden das urbane Klima. Dadurch verliert der Boden die Möglichkeit der Wasseraufnahme und es kommt zu einem eingeschränkten Wasser- und

Evaporationsspeichervermögen. Zusammen mit der dadurch resultierenden Vegetationsarmut kommt es zu einer Erhöhung der sensiblen Wärme. Unter dem Ausdruck sensibler Wärme versteht man die fühlbare Wärme. Diese wird in der Meteorologie durch die Lufttemperatur gemessen und ausgedrückt. Ein weiterer entscheidender Faktor für die Entstehung eines charakteristischen Stadtklimas ist der anthropogene Einfluss, der auf technischer Infrastruktur und Einrichtungen beruht. Diese sind im Wesentlichen auf die Verbrennungsprozesse von Kohlenstoff zu begrenzen. Teil davon sind Industriebetriebe, Raumbeheizung in Haushalten und der Kraftfahrzeugverkehr. (Kuttler, 1993)

Zusammengefasst kann man also sagen, dass es aufgrund der Veränderung der natürlichen Oberflächenbeschaffenheit, der verwendeten Baumaterialien, der verminderten Fähigkeit Wasser zu speichern, um dieses wieder abzugeben und der anthropogenen Beeinflussung von Strahlungs- und Energieflüssen, zu einer Austrocknung und Erwärmung der städtischen Atmosphäre kommt.

2.1.1. Die städtische Wärmeinsel – Urban Heat Island

Unter einer städtischen Überwärmung, einer Urban Heat Island oder einer städtischen Wärmeinsel versteht man laut Kuttler (1993) eine „*positive Temperaturanomalie bebauter Gebiete im Vergleich zu deren nicht oberflächenversiegelter Umgebung.*“ (Kuttler, 1993, S. 136)

Der Begriff Wärmeinsel, im englischen Sprachraum Urban Heat Island, wurde laut Fezer erstmals von Gordon Manley im Jahr 1958 verwendet. Schon zuvor gab es Untersuchungen bezüglich wärmerer Temperaturen in Städten gegenüber ihrem Umland. Damals war die Rede von einem Stadt-Land-Gefälle der Temperatur. (Fezer, 1995)

In Abbildung 1 sind die Oberflächentemperatur und Lufttemperatur einer Stadt und ihres Umlandes dargestellt. Die Temperatur ist sowohl unter Tags als auch in der Nacht schematisch und ohne konkrete Werte dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die tageszeitlichen Unterschiede der Oberflächentemperatur markant stärker ausgeprägt sind als die der Lufttemperatur. Zudem sieht man in der Nacht, dass sich die Oberflächen- und Lufttemperatur auf einem ähnlichen Level einpendeln, sowie einen deutlich erkennbaren Abfall der Temperaturwerte zum Stadtrand hin. Somit ist

die Aufwärmung und Wärmespeicherung der innerstädtischen Strukturen schematisch gut zu erkennen und dargestellt.

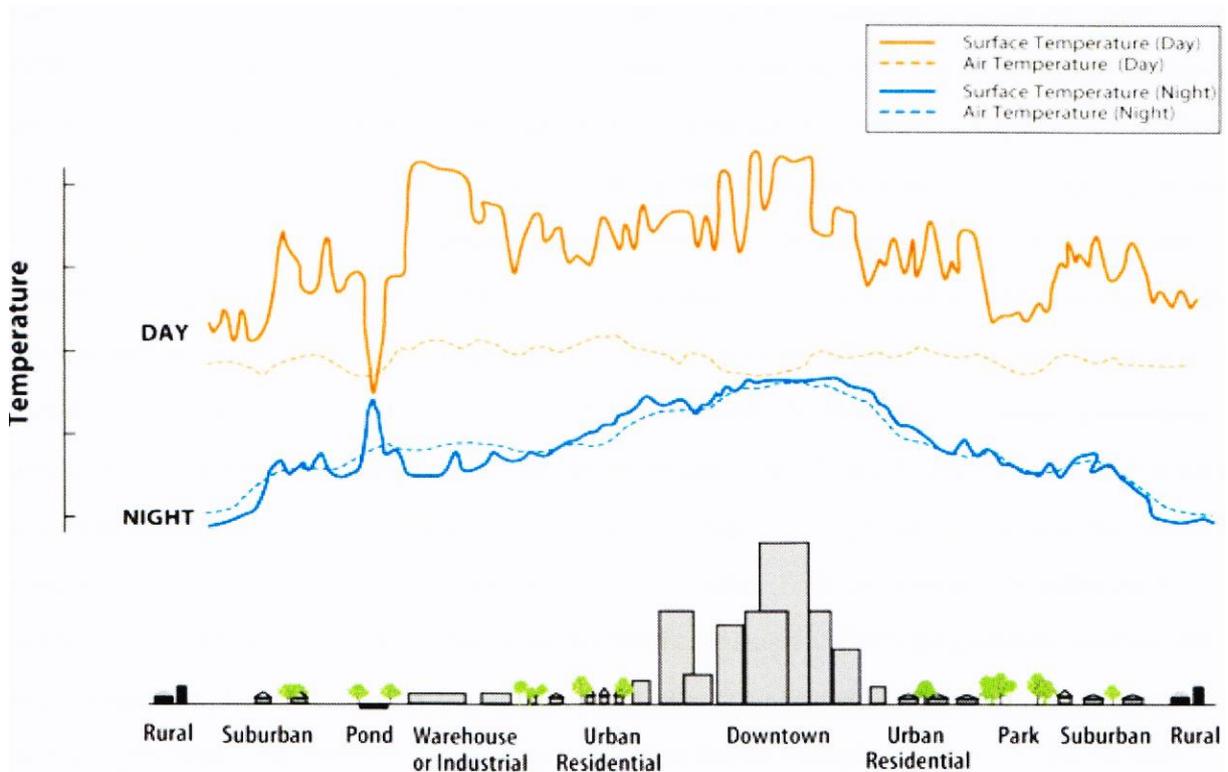


Abbildung 1: Urban Heat Island Profil (EPA, 2014)

Für die ursächliche Bildung der Wärmeinsel sind wie oben genannt die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Baumaterialien, wie Absorptions- und Reflexionsverhalten, die Farbgebung von Gebäuden und Bodenbelegen, sowie die Anordnung und Ausrichtung der Bebauung in Zusammenhang mit den durch den Menschen veränderten Wärmeströmen verantwortlich. Vereinfacht gesagt, kommt es somit zu einer Erwärmung der Lufttemperatur und dem vorausgehend zu einer Speicherung und anschließenden Abstrahlung von Wärme in und aus den städtischen Baustoffen. Bezüglich der Bebauungsstruktur und der Stadtgestalt ist zu erwähnen, dass je dichter die Bebauung, desto höher ist im Allgemeinen die Überwärmung darin. Auch das Verhältnis von Straßenbreite und Bebauungshöhe spielt eine wichtige Rolle. Zudem sei noch erwähnt, dass die Ausprägung der Wärmeinsel in Bodennähe am höchsten ist. Mit zunehmender Höhe verliert diese mikroklimatische Anomalie also an Intensität, so dass der Wärmeinseleffekt in einer Höhe von 200 bis 300 Metern über der Stadt endet. (Fezer, 1995)

In der Literatur werden vier verschiedene Arten beziehungsweise Ausprägungen des Wärmeinseleffektes erwähnt. Dazu zählen die Stadthindernisschichtwärmeinsel (urban canopy heat island), die Stadtgrenzschichtwärmeinsel (urban boundary heat island), die Bodenwärmeinsel (surface heat island) und die Aufwärmung des Bodens (subsurface heat island). (Heyer et al., 2005; Oke, 2017)

1. Die „urban canopy heat island“, auch Stadthindernisschichtwärmeinsel, tritt unter dem Niveau der Dächer auf mittlerer Bebauungshöhe auf und entsteht durch mikroklimatische Prozesse zwischen den Gebäuden. Innerhalb dieser städtischen Canyons kommt es bei nahezu windstillen und sonnigen Wetterlagen zu einer intensiven Wärmeinsel in der Nacht. Diese ist auf die Wärmespeicherung und das Reflexionsverhalten städtischer Baumaterialien zurückzuführen. Dabei wird untertags die Strahlungsenergie der Sonneneinstrahlung aufgenommen und in der Nacht als langwellige Strahlung, auch als Wärme bezeichnet, abgegeben.
2. Die „urban boundary heat island“, auch Stadtgrenzschichtwärmeinsel, befindet sich über der Dachlinie und wird durch mesoklimatische Faktoren gebildet. Im Gegensatz zum Mikroklima, welches sich auf maximal wenige hundert Meter beschränkt, fallen unter dem Begriff Mesoklima Wettergeschehnisse größerer Ordnung, welche sich über mehrere Kilometer hinweg ausbreiten können. Zusätzlich spielen hierbei städtische Winde und deren daraus resultierender turbulenter Wärmetransport eine Rolle. Dabei bildet sich eine Kuppel aus warmer Luft über der Stadt, welche sich untertags mehrere Kilometer in die Atmosphäre erstrecken kann.
3. Die „surface heat island“, auch Bodenwärmeinsel, bezeichnet deutliche Unterschiede in den Oberflächentemperaturen zwischen städtischen bebauten und versiegelten Strukturen und den im Umland liegenden natürlichen Bodenbeschaffenheiten wie Wäldern, Wiesen und Feldern. Dazu zählen beispielsweise auch innerstädtische Grünflächen, Parkanlagen, Stadtwälder, urbane Landwirtschaft oder Brachflächen. Diese Art der Wärmeinsel ist bei windstillen Hochdruck-Wetterlagen im Sommer am deutlichsten ausgeprägt und anhand der Oberflächentemperaturen des Bodens, oder der bodennahen Lufttemperaturen zu messen. (Heyer et al., 2005)
4. Die „subsurface heat island“, also die Wärmeinsel unter der Oberfläche, wird durch den Transfer sensibler Wärme an der Oberfläche hinein in den Boden

erzeugt. Somit wird die Wärme innerhalb des Bodens gespeichert und in Abhängigkeit zu den vorherrschenden Lufttemperaturen nach einiger Zeit wieder abgestrahlt. (Oke, 2017)

Neben den örtlichen und physikalischen Faktoren kommt es bei städtischen Wärmeinseln auch zu zeitlichen Unterschieden der Ausprägung und Intensität. Hierzu machte Kuttler zu verschiedenen Jahreszeiten eine Untersuchung bezüglich der Lufteerwärmungs- und Abkühlungsraten einer Stadt und verdeutlicht somit das unterschiedliche Temperaturverhalten der Wärmeinsel innerhalb eines Jahres. Zusätzlich kontrollierte er seine Ergebnisse mit dazu zeitlich parallel durchgeführten Messungen im Umland der Stadt. Dabei kam heraus, dass in den Sommermonaten die Erwärmungsraten und Abkühlungsraten besonders hoch waren. Im Gegensatz dazu waren diese in den kühleren Jahreszeiten aufgrund des niedrigen Sonnenstandes geringer ausgeprägt. Deutlich ist dies in Abbildung 2 zu erkennen. (Kuttler, 1993)

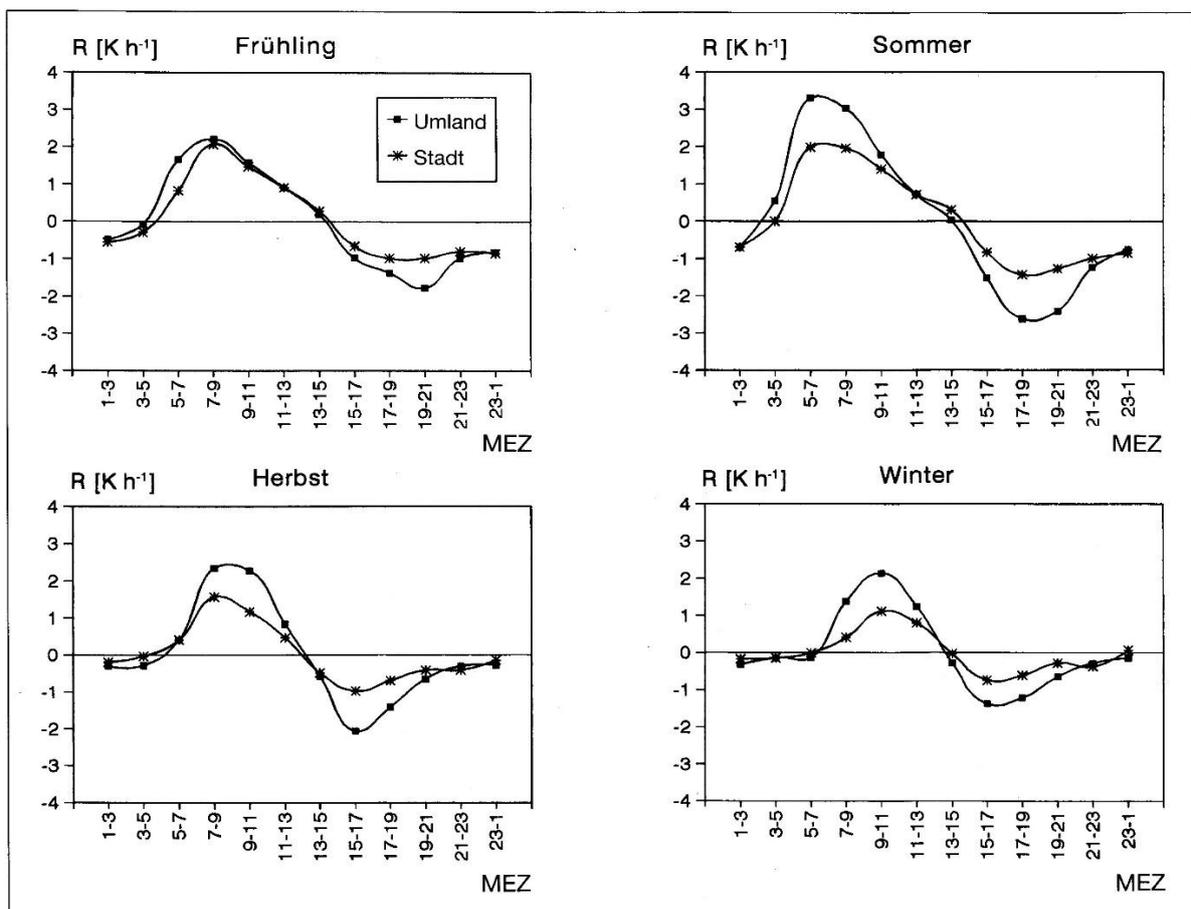


Abbildung 2: Erwärmungs- und Abkühlungsraten im Jahresverlauf. (Kuttler, 1993, S. 139)

Ebenfalls auffällig dabei waren tageszeitliche Analogien im Temperaturverhalten. Während zunächst die Temperaturen im Umland nach Sonnenaufgang eine starke Erwärmungsrate aufweisen, im Sommer $3,5^{\circ}$ K/h und im Winter $1,5^{\circ}$ K/h, und es schon kurz vor Sonnenuntergang zu einer raschen und deutlichen Abkühlung des Umlandes gekommen war, verhielten sich die Temperaturen in der Stadt deutlich konstanter. Dies ist auf den stärkeren Wärmespeichereffekt der städtischen Strukturen und Baumaterialien zurückzuführen. Zusammengefasst bleibt bezüglich der damaligen Untersuchungen Kuttlers im zu sagen, dass die höchsten stündlichen Erwärmungs- und Abkühlungsraten im Umland erreicht werden, während für die thermischen Verhältnisse der Stadt sowohl flachere Verlaufskurven als auch zeitliche Verschiebungen der Maximalwerte zu beobachten sind. (Kuttler, 1993)

2.1.2. Städtisches Windfeld und Luftzirkulationen

Die durch die Bebauung vorgegebenen Rauigkeiten der Stadtoberfläche führen zu beträchtlichen Strömungswiderständen der Luftbewegungen. Vergleicht man die Windgeschwindigkeiten zwischen dem Umland und der Stadt, stellt man fest, dass in der Stadthindernisschicht im Durchschnitt bis zu 10 bis 20 Prozent geringere Windgeschwindigkeiten zu messen sind. In Folge ergibt sich dadurch häufiger eine Windstille in urbanen Räumen. Anzumerken ist jedoch, dass sich Störungen der Windgeschwindigkeiten öfter ergeben, da die Anzahl von Böen durch thermisch und mechanisch induzierte Turbulenzen erhöht wird. Auch die Stadtgestalt nimmt einen erheblichen Einfluss auf die Ausbreitung von Winden. So spielen neben der Bebauungsstruktur und der Oberflächenrauigkeit städtischer Baumaterialien auch der Grünflächenbestand einer Stadt eine wesentliche Rolle. Dirmhirn und Sauberer (1959) haben schon vor über 50 Jahren Messreihen in der Stadt Wien durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass die Windstärken im Sommer um 20 bis 30 Prozent niedriger waren als nach dem Blattwurf im Herbst und Winter (Dirmhirn u. Sauberer, 1959).

Während Hochdruckwetterlagen beziehungsweise Strahlungswetterlagen, also Wetterlagen mit einem geringen Bewölkungsgrad und mäßigen bis schwachen oder keinen Winden, ist es möglich, dass die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten im städtischen Bereich höher sind als im Umland. Solche Witterungsverhältnisse sind von

den mikroklimatischen Verhältnissen der Stadtoberfläche bestimmt. Bodennahe Winde werden dabei von dem übergeordneten Windfeld der Stadt abgekoppelt. Im Zusammenhang mit der städtischen Wärmeinsel und derer nächtlichen positiven Temperaturanomalien kann es somit während windstillen und klaren Sommernächten zu einer zum Stadtkern oder zu einer dichten Bebauung gerichteten Windbewegung führen. Derartige Luftbewegungen, welche sich vom städtischen Umland in bebauten Gebiet hineinbewegen, werden als Flurwinde bezeichnet. Diese spielen in Bezug auf Stadtplanungsaspekte und der möglichen Frischluftzufuhr eine wichtige Rolle. Charakteristisch für Flurwinde sind Ungleichmäßigkeiten der Windgeschwindigkeit. Sie treten daher eher pulsierend auf, und auch nur dort wo es zu relativ starken thermischen Gradienten zwischen bebauter und unbebauter Fläche kommt. Kuttler (1993) beschreibt dieses Phänomen als: *„seichte, bodennahe, intermittierende Strömung, die, basierend auf dem thermischen Ungleichgewicht zwischen einer Stadt und ihrem Umland, bei einer Abkoppelung des bodennahen Windfeldes vom übergeordneten Strömungsregime in Richtung Stadtzentrum weht“* (Barlag et al., 1991 in Kuttler, 1993, S.149). Die Entstehung von Flurwinden ist abhängig von der Intensität der Wärmeinsel und von der Größe der Kaltluftproduktion im Umland. Sie treten überwiegend als nächtliche Luftbewegungen auf, da insbesondere in der zweiten Nachthälfte die höchsten positiven Temperaturanomalien innerhalb der Stadt zu beobachten sind. Neben diesem typischen Tagesgang von Flurwinden, unterliegen diese auch einem Jahresgang. Dieser ist verbunden mit dem Jahresgang der städtischen Überwärmung. So kommt es zu einer Verteilung der Flurwindstunden mit der Ausbildung maximaler Werte in den Sommermonaten und geringerer Häufigkeit in den kälteren Jahreszeiten. (Kuttler, 1993)

Im Hinblick auf Planungsaspekte können Flurwindensysteme außerordentlich relevant sein. Die räumliche Ausbildung solcher Windsituationen kann dazu beitragen stadtklimatische und lufthygienische Situationen zu verbessern. Dafür sind sogenannte Ventilationsbahnen oder Frischluftschneisen in ausreichendem Maße notwendig. Geeignet dafür sind laut Kuttler Ein- und Ausfallstraßen, Bahntrassen, Grünflächen oder Parkanlagen und Fließ- sowie Stillgewässer. (Kuttler, 1993)

2.1.3. Kaltluftflüsse

Der Abtransport oder auch die Ausbreitung kaltluftproduzierender Flächen und die Kaltluftzufuhr in überwärmte urbane Strukturtypen wird in der Humanbioklimatologie unter dem Begriff der Kaltluftflüsse zusammengefasst. Die moderne Forschung beschäftigt sich schon Jahrzehnte mit diesem Forschungsgebiet. In den 1980er Jahren wurde erforscht, dass durch Kaltluftflüsse neben einer Entlastung der thermischen Belastung auf den menschlichen Körper, auch eine Verbesserung der lufthygienischen Situation im innerstädtischen Bereich möglich ist. (Kiese u. Otto, 1986; Stock et al., 1986)

Die Aussagen über die Ausbreitung von Kaltluftmassen lauten nach Burkert (1992):

Der Kaltluftfluss ist reliefbedingt: Dies ist wohl die häufigste Ursache für einen Kaltluftfluss. Bereits bei einer Hangneigung von ca. $0,5^\circ$ (Hangwinde) kann es je nach Größe des Kaltluftentstehungsgebietes und nach Art der Ausformung des Reliefs zu lokalen Windsystemen in Form von Hangwinden kommen.

Der Kaltluftfluss fließt bodennahe aus Kaltluftseen: Ausschlaggebend hierbei ist die Produktion an Kaltluftmasse pro Flächeneinheit (m^3/m^2). Im Mittel liegt diese, nach Berechnungen von Lehmann (1952) und King (1973), bei ca. $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$. (Lehmann, 1952; King, 1973 in Burkert, 1992)

Der Kaltluftfluss ist Resultat aus Dichte- und Druckunterschieden zwischen dem kühleren Umland und wärmeren Stadtbereichen: Die Luftmassen bewegen sich hier zum Zentrum der Überwärmung, welches meistens den innerstädtischen Bereich darstellt. Diese Strömungen werden auch als Flurwinde bezeichnet. Der Nachweis dieser Flurwinde ist messtechnisch sehr aufwendig und gelang bislang nur in wenigen Großstädten. In der Meteorologie ist die Bewegung von Luftmassen im Kalmen-Bereich, also bei nahezu windstillen Bedingungen, unter dem Begriff der Flurwinde bereits lange bekannt. Dabei wurde beobachtet, dass es aufgrund von Druckunterschieden zwischen Stadt und Land zu Luftmassenbewegungen von kälteren zu wärmeren Gebieten kommt. (Burkert, 1992)

2.1.4. Klimatische Bedeutung urbaner Grünflächen

Urbane Freiflächen können in vielfältiger Weise zu einer Verbesserung des Klimas und der Luftqualität führen. Die positive Wirkung von Grünflächen wird durch die Größe, den Aufbau und die Zusammensetzung der Vegetation bestimmt. Schon einfache Wiesenflächen bringen, sofern sie einer guten Wasserversorgung ausgesetzt sind, günstige Veränderungen bezüglich des Strahlungs- und Energiehaushaltes. Dabei kommt es durch die Transpiration der Pflanzen zu einer Zunahme des latenten Wärmestromes und somit zu einer Abschwächung der sensiblen Wärme, was sich in einer Reduktion der Lufttemperatur auswirkt. (Kuttler, 1993)

Dieses Kapitel behandelt die klimatische Funktion städtischer Grünflächen, sogenannten Ausgleichsflächen, in Bezug zu den angrenzenden wärmeren Gebieten, den Wirkungsräumen. In Anlehnung an Zimmermann ist ein klimaökologischer Ausgleichsraum per definitionem: *„... ein unbebauter Raum (Grünland, Wald, Gewässer), der einem oder mehreren benachbarten, bebauten Räumen zugeordnet ist, um während spezieller Witterungssituationen in diesem Raum bestehende bioklimatische/luftthygienische Belastungen aufgrund (...) der zwischen beiden Räumen stattfindenden Luftaustauschprozesse zu vermindern oder abzubauen.“* (Zimmermann, 1984, S. 168)

Als Wirkungsraum bezeichnet wird: *„... ein bebauter Raum, der einem oder mehreren Ausgleichsräumen zugeordnet ist, und in dem die dort erzeugten Ausgleichsleistungen eine Verminderung oder einen Abbau bestehender bioklimatischer und luftthygienischer Belastungen bewirken.“* (Karpe et al., 1979, S. 116)

Die klimaökologische Ausgleichsleistung von kaltluftproduzierenden Flächen ist mehrfach bewiesen. Burkert (1992) untersuchte die Wechselwirkungen einzelner Strukturtypen untereinander genauer. Unter einem Strukturtyp versteht man einen Bereich innerhalb einer Stadt, beispielsweise Blockrandbebauung, Einzelhausbebauung, Gewerbe und Industrie, Grünland, Park, oder Wald. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In den Nachtstunden während Strahlungswetterlagen sorgen Zirkulationssysteme (Strukturwindssysteme) zwischen den unterschiedlich temperierten Strukturtypen für einen Austausch der Luftmassen. Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnung der Wirkungsbereiche, welche zwischen 80 m und 400 m liegt, lässt sich kein typisches Verhalten der Strukturtypen erkennen. Auch die auftretenden Temperaturgradienten

sind individuellen Schwankungen unterworfen und lassen daher ebenfalls kein strukturtypisches Verhalten erkennen. (Burkert, 1992)

Insbesondere bei Strahlungswetterlagen weisen städtische Grünflächen in der Regel niedrigere Temperaturen als ihre bebaute Umgebung auf. Zusätzlich kann es auch bei windstillen Wetterlagen aufgrund von Flurwinden zu lokalen Ausgleichszirkulationen, sowie einem Abwandern der Kaltluft von Grünflächen hin zu bebauten Strukturen kommen. Somit besteht auch an Hitzetagen die Möglichkeit einer nächtlichen Temperaturabschwächung in bebauten Strukturen. Die Eindringtiefe dieser Kaltluftbewegung wird von der Gestaltung und Einfriedung einer Grünfläche, als auch von derer Umgebung beeinflusst. Falls eine Grünfläche beispielsweise in einer Senke liegt, oder von einer hohen Mauer oder Hecke umgeben ist, wird der Luftaustausch vermindert. Auch die Höhe und Dichte der Bebauung hat einen großen Einfluss auf die Reduktion urbaner Temperaturen. Grenzt die Grünfläche an eine hohe geschlossene Häuserfront, so beschränkt sich die bioklimatische Wirkung des Grüns auf den unmittelbaren Nahbereich. Dies wird in der Literatur auch als „Oaseneffekt“ bezeichnet. Im Gegensatz dazu führt eine lockere und offene angrenzende Bebauung zu einer weiten Verbreitung der Kaltluft. In der Stadtplanung stehen daher analog dazu die Fragen im Raum, wie groß eine Grünfläche sein muss, um eine Verbesserung der klimatischen Situation zu erreichen und bis zu welcher Entfernung diese positiven Effekte messbar und spürbar sind. Ein signifikanter Zusammenhang besteht zwischen der Größe der Grünfläche und der Temperaturdifferenz zu jener bebauten Umgebung. Stülpnagel führte schon 1982 Erhebungen in einer austauscharmen Strahlungsnacht an verschiedenen Berliner Grünanlagen durch, mit dem Ergebnis, dass mit zunehmender Flächengröße der Grünflächen die Temperaturdifferenzen steigen. In Abbildung 3 ist ein signifikanter Zusammenhang von der Größe der Grünfläche und der Temperaturdifferenz zum versiegelten und bebauten Umland zu erkennen. Diese Erhebungen wurden in einer austauscharmen Strahlungsnacht an verschiedenen Berliner Grünanlagen durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass mit zunehmender Flächengröße die Temperaturdifferenzen steigen und somit eine intensivere Abkühlung der Lufttemperatur in diesen Flächen stattfindet. (Stülpnagel, 1987 in Kuttler, 1993)

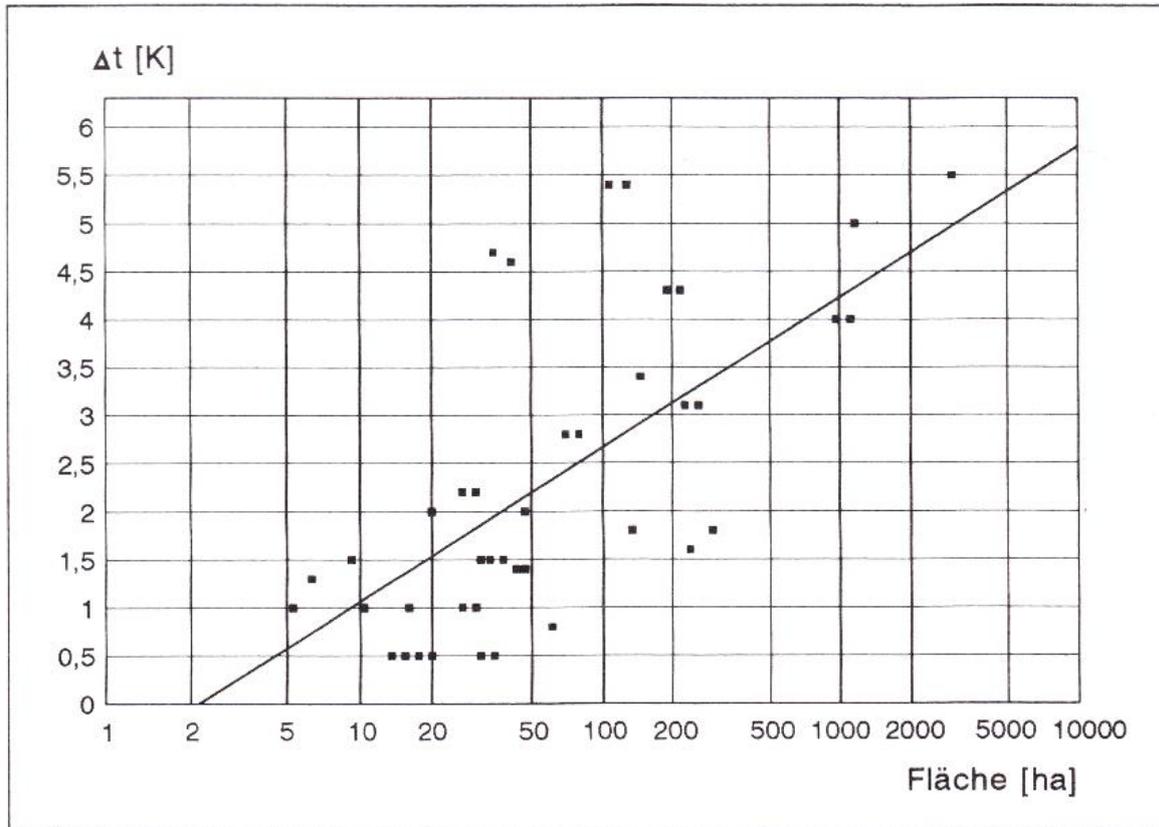


Abbildung 3: Zusammenhang der Größe der Grünfläche zur Temperaturdifferenz gegenüber dem bebauten Umland. (Stülpnagel, 1987 in Kuttler, 1993, S. 160)

Einen weiteren entscheidenden Faktor für die Temperaturregulation im urbanen Raum spielt die Verdunstung. Diese ist nämlich aufgrund der Verdunstungskälte für ein Absenken der Lufttemperatur verantwortlich. Hans Häckel (2012) beschreibt dies in seinem Standardwerk der Meteorologie folgendermaßen: *„Verdunstungskälte ist nichts anderes als Wärmeenergie, die der Luft, einem Körper oder einem Gegenstand entzogen und für die Verdunstung aufgewendet wird.“* (Häckel, 2012)

All jene genannten bioklimatischen und physikalischen Effekte verstärken sich durch das Vorhandensein von größerer Vegetation, wie Bäumen oder Sträuchern. Im Zusammenspiel mit der Zunahme des Schattenwurfes einer höheren Vegetation führen diese mikroklimatischen Bedingungen zu einer niedrigeren Lufttemperatur im Gegensatz zur bebauten Umgebung. Zudem wird bereits ein Großteil der Globalstrahlung im Kronenbereich oder im Stammraum absorbiert, womit folglich weniger Energie für die Bodenerwärmung und Speicherung zur Verfügung steht. (Kuttler, 1993)

2.1.5. Aspekte einer klimaresilienten Stadt- und Freiraumplanung

Wie bereits oben erwähnt, haben Grün- und Freiflächen, die Stadtvegetation in Form von Straßenbäumen, Hecken und Ähnlichem und auch urbane landwirtschaftlich genutzte Flächen eine regulierende Wirkung auf das Mikroklima während intensiven Hitzeperioden in einer Stadt. Dadurch spielt auch die Landwirtschaft eine wichtige Rolle bei der Klimawandelanpassung von Städten. Für den Menschen zählen dazu im engeren Sinne die Erhaltung der Lebensqualität und des Wohlbefindens, sowie die Reduzierung gesundheitlicher Risiken. (Rößler u. Albrecht, 2015)

In diesem Kapitel werden verschiedene Strategien, Zielsetzungen und Maßnahmen einer klimasensiblen Stadtplanung vorgestellt. Anhand des Urban-Heat-Island Strategieplan 2015 der Stadt Wien werden konkrete Umsetzungsmaßnahmen zusammengefasst.

Der Urban-Heat-Island Strategieplan 2015 wurde von der Stadt Wien zusammen mit externen ExpertInnen entwickelt und von der MA 22 im Jahr 2015 veröffentlicht. Ziel dieses Strategieplans ist es, den Wärmeinseleffekt in Wien zu reduzieren und damit verbundene negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Wohlbefinden der StadtbewohnerInnen zu vermindern. Dies soll auf verschiedensten Ebenen der Raumplanung, Stadtentwicklung, Bebauungsplanung und konkreten Planungen und Projektierungen von Straßen, Plätzen und Gebäuden umgesetzt werden. Dazu wurden nach umfangreichen internationalen Literaturrecherchen Maßnahmen erarbeitet, die das vorher genannte Ziel der Reduktion des Wärmeinseleffektes als Ausgangspunkt haben. Dabei wurde der Zusammenhang mikro- und mesoklimatischer Ereignisse des urbanen Klimas unter Berücksichtigung der Stadt- und Freiraumplanung verfügbaren Instrumente bearbeitet und in weiterer Folge klar definierte Umsetzungsmaßnahmen aufgestellt. Die Auswirkungen auf die Lebensqualität und Biodiversität, sowie volkswirtschaftliche Kosten wurden dabei ebenfalls berücksichtigt. Die dafür zuständigen ExpertInnen waren unter anderem StadtplanerInnen, MeteorologInnen oder VegetationsökologInnen.

Strategische Maßnahmen zur klimasensiblen Stadtplanung:

Hier wird, beziehend auf den Urban-Heat-Island Strategieplan 2015, eine Übersicht der strategischen Maßnahmen zur Reduktion der Hitzebelastung in der Stadt vorgestellt. Die Sicherung und Entwicklung grüner Infrastruktur nehmen dabei eine große Rolle ein. Darunter versteht man die Anlage von Gärten, Parks, Baumreihen, Alleen oder Dach- und Fassadenbegrünungen. Neben der klimaverbessernden Wirkung und dem Entgegenwirken des Wärmeinseleffektes, reduziert grüne Infrastruktur auch die Luftschadstoffe und kann Naherholungsräume für die Bevölkerung schaffen. (Ehrleitner, 2013)

Konkrete Maßnahmen und deren Umsetzungsmöglichkeiten werden auf Basis des UHI Strategieplan 2015 und ergänzender Fachliteratur in den folgenden Punkten vorgestellt. Die Reihenfolge der aufgezählten Maßnahmen nimmt nicht Bezug auf deren Gewichtung als klimaverbessernde Maßnahme. (UHI-STRAT, 2015; Rößler et al., 2015)

1. Erhaltung der städtischen Luftzirkulation und Vernetzung der Freiräume:

Wie schon zuvor beschrieben spielen urbane Grünräume eine essentielle Rolle in der Kaltluftproduktion innerhalb von Städten. Für eine ganzheitliche und effiziente Wirkung dieser Kaltluftproduzenten ist es notwendig, diese untereinander, aber vor allem mit innerstädtischen und anderen hitzebelasteten Stadtteilen zu verbinden. Neben der Vernetzung entlang der Hauptwindrichtung Wiens, muss auch auf die topographischen Gegebenheiten der Stadt und deren Umland, wie Kaltluftströmen in Talsituationen und Hanglagen, Rücksicht genommen werden. Die Ziele dieser Maßnahme sind eine Freiraumvernetzung mit Anbindungen an rurale Kaltluftproduktionsflächen wie land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, die Förderung und Stärkung von Ventilationsbahnen und Kaltluftschneisen, sowie die Verbesserung der Frisch- und Kaltluftzufuhr aus den Tal- und Hanglagen des westlich gelegenen Wienerwaldes. (UHI-STRAT, 2015)

So sollen Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebiete und wirksame Kaltluftschneisen freigehalten und falls möglich wiederhergestellt werden. Zusätzlich sind die unterschiedlichen Wirkungsgrade verschiedener Freiraumtypen und ihre Eignung als Frischluftspender, sowie mögliche Barrieren in den Leitbahnen zu beachten. (Rößler et al., 2015)

2. Anpassung der Stadtstruktur und der Siedlungsformen:

Unterschiedlich bebaute Stadtteile heizen sich aufgrund ihrer Bebauungs- und Freiraumstruktur verschieden stark auf. Entscheidende Faktoren dabei sind der Bebauungsgrad und die Oberflächenstruktur städtischer Räume. Diese nehmen Einfluss auf den Schattenwurf, die Windgeschwindigkeiten und die thermische Speicherfähigkeit. Ebenso vergrößern die Baukörper die Oberfläche der Stadt, was eine verstärkte Absorption von Wärme und eine Mehrfachreflexion der Sonneneinstrahlung bewirkt. (Oke, 2017)

Da das thermische Wohlbefinden der Bevölkerung von einer nächtlichen Abkühlung abhängig ist, verwenden die StadtplanerInnen den Sky-View-Faktor zur Bestimmung des Strahlungseintrages und der nächtlichen Abstrahlung in städtischen Gebieten. Der Sky-View-Faktor, auf Deutsch Himmelsichtfaktor, hängt von der Breite und Höhe der Bebauung ab und gibt den Anteil des sichtbaren Horizonts an einem definierten Punkt des Freiraumes an. (Steemers et al., 2004)

Für das Ziel einer Reduktion der Wärmebelastung aufgrund struktureller und baulicher Gegebenheiten in der Stadt sieht der UHI-STRAT Wien eine Verbesserung der Kalt- und Frischluftzirkulation durch optimierte Straßenausrichtungen, eine Steigerung der Aufenthaltsqualität einhergehend mit einer Verhinderung der Überhitzung von Straßenräumen und eine Optimierung der Bebauungsstruktur sowie der Gebäudeausrichtung vor. (UHI-STRAT, 2015)

3. Nutzung von Brachflächen zur Freiraumentwicklung:

Mit dem potenziellen Vegetationsbestand städtischer Brachflächen kommen diese ebenso als mikroklimatische Entlastungsräume in einer überwärmten Stadt in Frage. Es stellt sich also die Frage, ob diese Flächen im Hinblick auf das Offenhalten von Handlungsspielräumen und der Flexibilität von Planungsmaßnahmen als multifunktionale Freiräume gestaltet und freigehalten werden sollen und nicht gänzlich für eine bauliche Innenentwicklung der Stadt genutzt werden. (Rößler et al., 2015)

4. Vermeidung von Flächenversiegelung und Förderung von Flächenentsiegelung:

Die Speicherung des Niederschlagswassers im Bodenkörper führt zu einer Grundwasserneubildung, welche eine Wirkung auf die mikroklimatische Situation im direkten Gebäudeumfeld hat. Durch einen hohen Anteil unversiegelter Bodenflächen kann also die nächtliche Abkühlung in und um nahegelegene Gebäude verbessert werden. Aus planerischer Sicht ist zu beachten, dass dem Verlust weiterer unversiegelter Stadtflächen entgegengesteuert werden muss. Dies ist vor allem mit der bereits zuvor erwähnten Erhaltung von Brachflächen zu erreichen. Auch beim bestehenden Baubestand im öffentlichen Raum und bei Neubauvorhaben sollen planerische und technische Maßnahmen zur Reduzierung versiegelter Oberflächen umgesetzt werden. (Rößler et al., 2015)

5. Aufhellen von Gebäuden und Oberflächenmaterialien und Entsiegelung:

Zusammen machen Verkehrsflächen und bebaute Flächen fast ein Drittel der Fläche Wiens aus. Aufgrund ihrer physikalischen Oberflächen- und Materialeigenschaften speichern diese Standorte untertags besonders viel Wärme. Da dunklere Oberflächen eine niedrigere Albedo haben, also die Globalstrahlung mehr absorbieren als sie zu reflektieren, erhöht sich neben der Oberflächentemperatur auch die Lufttemperatur durch langwellige Abstrahlungen in Form von Wärme in der Nacht. Bedingt durch das städtische Wachstum Wiens und die Umwandlung unversiegelter Flächen in Straßen und Gebäude, ist es notwendig ein Bewusstsein für die Thematik der Bodenverbauung zu schaffen. Der UHI-STRAT Wien forciert daher eine Erhöhung der Albedo von Straßenbelägen und Gebäudeoberflächen zur Verminderung der Wärmespeicherung. Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass hoch reflektierende Oberflächen und Materialien ihre indirekte Strahlung nicht auf andere Gebäude weiterleiten. Zuletzt wird diesbezüglich auf eine Entsiegelung von Oberflächen zur Erhöhung der Wasseraufnahme und Evaporation hingewiesen. (UHI-STRAT, 2015)

6. Sicherung und Erweiterung von Grün- und Freiräumen:

Die Stadt Wien verfügt über ein ausgeprägtes System an Grün- und Freiräumen. Dieses ist jedoch durch unterschiedliche Bebauungsdichten und Stadtstrukturen unterschiedlich verteilt. Auch die unterschiedliche Vegetationsausstattung, sowie die Größe und Verteilung der Grün- und Freiräume beeinflusst die positive klimatische Wirkung. Somit ist das Ziel, die Erhaltung innerstädtischer Freiräume und die Sicherung des bestehenden Grün- und Freiflächenbestandes, sowie der land- und forstwirtschaftlichen Flächen. Zudem soll die positive Beeinflussung des lokalen Klimas durch über das unmittelbare Umfeld hinausgehende Abkühlungseffekte erreicht werden. Auch die Erhöhung der Verdunstung und Abkühlung soll zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. In der Praxis sieht der UHI-STRAT Wien die Erhaltung und Aufwertung von Grünräumen, die Errichtung von Parks und die Errichtung und Sicherung von zusätzlichen Waldflächen vor. Somit sollen ebenso Synergieeffekte wie zum Beispiel die Erhöhung der Biodiversität und die Unterstützung des Wasserrückhalts erreicht werden.

7. Umsetzung kleinteiliger Begrünungsmaßnahmen:

Da auf die bestehende Flächennutzung und die bauliche Dichte von Bestandsquartieren nur wenig Einfluss genommen werden kann, ist es möglich durch kleinräumige freiraumplanerische Maßnahmen eine Verbesserung der Aufenthaltsqualität im Stadtraum zu bewirken. Rößler und Albrecht empfehlen das breite Spektrum kleinteiliger Begrünungsmaßnahmen am Gebäude, im direkten Gebäudeumfeld, im Stadt- und Verkehrsraum, sowie auf Plätzen und in Höfen konsequent zu nutzen. (Rößler et al., 2015) Im UHI Strategieplan Wien wird dies bei den technischen Maßnahmen in Form von Dach- und Fassadenbegrünungen, dem Aufstellen von mobilem Grün oder der Anlage kleinflächiger Grünbestände behandelt. (UHI-STRAT, 2015)

8. Erhaltung und Ausweitung der Baumbestände:

Der positive Einfluss von Bäumen auf das Stadtklima ist unumstritten. Jedoch bedarf es vor allem in dicht bebauten und innerstädtischen Bereichen einer entsprechenden Auswahl und Pflege der Baumbestände. Durch belastende Umwelteinflüsse, wie Trockenheit im Sommer, Streusalz und Frost im Winter sowie Krankheiten und Schädlingsbefall (Rößler et al., 2015), ist die richtige Auswahl an Baumarten und ihre Resilienz ausschlaggebend für deren Etablierung im Straßenraum. Um einen positiven Beitrag zum Stadtklima beizutragen, ist die ausreichende Bewässerung in den Sommermonaten unbedingt notwendig. Neben den innerstädtischen Baumbeständen verfügt die Stadt Wien über eine Vielzahl an Waldflächen am Stadtrand. Diese fungieren als Entstehungsgebiete für Kaltluft und sind daher unabdinglich für die Regulation des Wiener Stadtklimas. Der UHI-STRAT Wien nennt daher eine nachhaltige Sicherung, Vergrößerung und Anpassung des Baumbestandes als eines der wichtigsten Ziele. Im innerstädtischen Bereich werden Straßen- und Parkbäume, die Ausweitung und Anlage von Baumreihen und Alleen, sowie die Neupflanzung in Parkanlagen, Innenhöfen, Grünverbindungen und öffentlichen Plätzen als Maßnahmen ins Auge gefasst. (UHI-STRAT, 2015)

9. Grünflächen als oberirdische Wasserabflusswege und dezentrale Regenwasserbewirtschaftung:

Während Hochwasserereignissen an Fließgewässern und Überflutungen von Kanalsystemen in Siedlungsgebieten ist es erstrebenswert, Grün- und Freiflächen für eine gezielte und gefahrlose bzw. schadensminimierende Ableitung des Oberflächenwassers zu nutzen. Mithilfe von Geländemodellierungen und Zonierungen, sowie einer angepassten Materialienwahl und Ausstattung sollen bestehende und künftige öffentliche Plätze, Verkehrsflächen und Grünflächen in Bezug auf ihre Eigenschaften zum Wasserrückhalt und zur temporären Wasserableitung genutzt werden. Auch wenn keine direkte Gefahr durch ein Starkniederschlagsereignis besteht, ist es durchaus sinnvoll, Grünflächen zur Speicherung und als Rückhalt des Regenwassers in Form von bepflanzten Versickerungsmulden einzusetzen. (Rößler et al., 2015)

2.2. URBANE LANDWIRTSCHAFT

Themen wie Gesundheit, Ernährung, Nachhaltigkeit und ein verantwortungsvolles Konsumverhalten gewinnen vor allem in Städten immer mehr an Bedeutung. Der Terminus „urban gardening“ ist mittlerweile fast jedem ein Begriff. Auch in Wien entstanden in den letzten Jahren zahlreiche Gemeinschaftsgärten, Nachbarschaftsgärten, Selbsternteflächen und interkulturelle Gärten. So gesehen, ist das „Garteln“ in Wien in aller Munde und erlebt einen großen Aufschwung in den letzten Jahren. Zudem bietet die Stadt Wien auch noch einige Erwerbsanbauflächen, wie sie zum Beispiel am Donaufeld zu finden sind. (wien.gv.at, 2018) Doch was genau macht die urbane Landwirtschaft so besonders und wo liegen die Stärken unter Berücksichtigung auf stadt- und freiraumplanerische Prozesse? Diese Fragen sollen im folgenden Kapitel beantwortet werden.

2.2.1. Definition urbaner Landwirtschaft

Da es seitens der österreichischen Gesetzgebung keine einheitliche Definition des Begriffes Landwirtschaft gibt, lehnt sich diese Arbeit an die Definition der Wirtschaftskammer Österreich (WKO) und der Gewerbeordnung 1994 (GewO 1994) an. Diese versteht unter einer Landwirtschaft folgendes: *„Darunter fallen die Hervorbringung und Gewinnung pflanzlicher Erzeugnisse mit Hilfe der Naturkräfte, der Wein- und Obstbau, der Gartenbau und die Baumschulen, das Halten von Nutztieren zur Zucht, Mästung oder Gewinnung tierischer Erzeugnisse, die Jagd und Fischerei.“* (WKO, 2018)

Eine weitere Definition des Begriffes im deutschsprachigen Raum findet sich im Deutschen Baugesetzbuch (BauGB). Dieses definiert die Landwirtschaft im § 201 BauGB folgendermaßen: *„Ackerbau, Wiesen- und Weidewirtschaft einschließlich Tierhaltung, soweit das Futter überwiegend auf den zum landwirtschaftlichen Betrieb gehörenden, landwirtschaftlich genutzten Fläche erzeugt werden kann, die gartenbauliche Erzeugung, der Erwerbsobstbau, der Weinbau, die berufsmäßige Imkerei und die berufsmäßige Binnenfischerei.“* (§ 201 BauGB)

Neben der Charakterisierung und Definition von Landwirtschaft stellt sich weiters noch die grundsätzliche Frage was unter dem Begriff „urban“ verstanden wird. Dieser ist

gleichzusetzten mit „städtisch“ und beschreibt besondere Qualitäten von städtischen gegenüber ländlichen Räumen. Zentrale Funktionen wie Wohnen, Produktion, Gewerbe, Versorgung, Entsorgung und Handel bestimmen neben Möglichkeiten für Freizeit- und Erholungsaktivitäten den Charakter urbaner Räume. (Bock et al., 2013) Vereinfacht bedeutet das, dass man unter urbaner Landwirtschaft die Erzeugung von Lebensmitteln unterschiedlicher Formen innerhalb einer Stadt verstehen kann. (Stierand, 2014)

Bei der englischsprachigen Definition urbaner Landwirtschaft, beziehungsweise des Begriffs *urban agriculture*, gibt es in der Literatur verschiedene Ansätze und Betrachtungsweisen. Zuerst folgt die internationale Definition der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO): *„Urban and peri-urban agriculture (UPA) occurs within and surrounding the boundaries of cities throughout the world and includes products from crop and livestock agriculture, fisheries and forestry in the urban and peri-urban area. It also includes non-wood forest products, as well as ecological services provided by agriculture, fisheries and forestry. Often multiple farming and gardening systems exist in and near a single city.“* (FAO, 1999, S. 1)

Das Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Development Programme – UNDP) definiert urbane Landwirtschaft wie folgt: *„an industry that produces, processes and markets food and fuel, largely in response to the daily demand of consumers within a town, city or metropolis, on land and water dispersed throughout the urban and peri-urban area, applying intensive production methods, using and reusing natural resources and urban wastes, to yield a diversity of crops and livestock.“* (UNDP, 1996, S.3)

Luc Mougeot beschreibt urbane Landwirtschaft sehr ähnlich als: *„an industry located within (intraurban) or on the fringe (periurban) of a town, city or metropolis, which grows or raises, processes and distributes a diversity of food and non-food products, (re-)using largely human and material resources, products and services found in and around that urban area, and in turn supplying human and material resources, products and services largely to that urban area.“* (Mougeot, 1999, S. 11)

Diese Definition beinhaltet nicht nur die Unterscheidung der örtlichen Ebene zwischen urbanen und ruralen Räumen, sondern auch die Integration urbaner Landwirtschaft in ökologische und ökonomische Systeme der Stadt. Die Interaktion landwirtschaftlicher

Prozesse bezüglich gemeinsamer Ressourcen, Produkte und Dienstleistungen mit der Stadt ist der ausschlaggebende Faktor zur Unterscheidung zwischen urbaner und ländlicher Landwirtschaft. (Mougeot, 1999; Richter et al., 1995).

Zudem unterscheidet Mougeot und das UNDP zwischen intraurbaner und periurbaner Landwirtschaft. Ähnliche Unterscheidungen lassen sich auch in neuerer deutschsprachiger Literatur bei Lohrberg (2001) und Stierand (2008) finden. Lohrberg sieht den Unterschied in dem hohen Innovationspotenzial und der Flexibilität stadtnaher (intraurbaner) Landwirtschaft, da diese, im Vergleich zu peripheren, ländlichen Landwirtschaftsflächen, mit der Eigendynamik der Stadt in unmittelbarer und direkter Verbindung steht. (Lohrberg, 2001; Stierand, 2008)

Bei dem Definitionsansatz von Stierand (2008) ist bezüglich der Begrifflichkeiten Vorsicht geboten, da er unter stadtnaher Landwirtschaft landwirtschaftliche Betriebe im Ballungsraum oder in dessen Peripherie meint. Die Landwirtschaft ist hier zwar von der Stadt beeinflusst, jedoch gleichen die Anbaumethoden und die Vermarktungswege jenen der ländlichen Landwirtschaft. Urbane Landwirtschaft ist nicht durch die Örtlichkeit bestimmt. Somit kann sie sowohl im Zentrum als auch in den Randbereichen einer Stadt liegen. Den Unterschied machen hier die soziale und wirtschaftliche Komponente. Die Nutzung dieser urbanen Landwirtschaftsflächen erfolgt in der Regel für den Eigenbedarf und ist eng mit den sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Kreisläufen der Stadt verbunden. Subsistenzwirtschaftliche Ansätze einer nachhaltigen Bewirtschaftung städtischer Böden und die Integration von Lebensmittelerzeugung in urbanen Systemen spielen bei Stierands Definitionsansatz eine wesentliche Rolle. (Stierand 2008)

2.2.2. Planerische Funktionen urbaner Landwirtschaft

Lange Zeit wurden landwirtschaftliche Flächen in Städten nur als Reserveflächen mit dem Potenzial für künftige Stadterweiterungen betrachtet. Es ist jedoch wichtig auf die Vielfältigkeit der Funktionen und Leistungen von urbaner Landwirtschaft hinzuweisen. Dazu zählen die Sicherung von Freiräumen als Instrument der Stadtgliederung, die Bereitstellung von Naherholungsgebieten und derer Gestaltung, sowie die in dieser Masterarbeit untersuchte klimatische Funktion in Form einer starken Ökosystemdienstleistung zur Reduktion des städtischen Wärmeinseleffektes. (Lohrberg, 2001; Seher et al., 2004)

Laut Lohrberg (2001) soll die urbane Landwirtschaft wieder mehr als städtebauliche Aufgabe begriffen werden. Bereits bis in die 1960er Jahre war dieser Ansatz weit vertreten und hatte auch oft Tradition. Damals etablierte sich die neue Disziplin der Landschaftsplanung. Diese war zwar an einer umweltverträglicheren Landnutzung interessiert, blendete jedoch städte- und freiraumplanerische Aspekte in Verbindung mit urbaner Landwirtschaft teils systematisch aus. Somit stellten urbane landwirtschaftlich genutzte Flächen lange kein konkretes und priorisiertes Arbeitsfeld für Landschaftsplaner dar. (Lohrberg, 2001)

Die städtebauliche Aufgabe der urbanen Landwirtschaft zielt darauf ab, eine Multifunktionalität dieser Flächen innerhalb der Stadt herzustellen. Dabei sollen sich Anbauflächen in Siedlungsstrukturen integrieren und eine Möglichkeit zur Symbiose von Produktions- und Erholungsfläche geschaffen werden. Auch ein Recycling biologischer Abfallstoffe kann mit integriert werden. Oft sind diese idealisierten Vorstellungen nur schwer in der Praxis umzusetzen. Entstanden ist dieses Modell in den Niederlanden, da hier der Erwerbsgartenbau eine große wirtschaftliche Rolle spielt und über weite Flächen das Stadtlandschaftsbild prägt. (Rodermond et al., 2000 in Lohrberg, 2001)

Der freiraumplanerische Ansatz setzt auf gezielte Gestaltung von urbanen Landwirtschaftsflächen umso die Erholungswirkung dieser Freiflächen für die dort lebende Bevölkerung zu stärken. Lohrberg fordert eine Offenheit der Planung gegenüber den Formen von urbaner Landwirtschaft und eine Integration dieser in die Organisation und Gestaltung des urbanen Landschaftsbildes. Somit kann eine Win-Win-Situation für die Stadtplanung entstehen, indem sich zum einen Möglichkeiten der Gestaltung des öffentlichen Raumes vorfinden und zum anderen das Offerieren regionaler landwirtschaftlicher Produkte und Dienstleistungen. Zusammengefasst wandert die Stadt- und Freiraumplanung in Bezug auf die Integration urbaner Landwirtschaft auf dem Grat zwischen der Nutzung als Produktionsstandort und der Landschaft als zu gestaltendes Naherholungsgebiet.

2.2.3. Urbane Landwirtschaft in Wien

Rund ein Drittel der Grünflächen Wiens werden landwirtschaftlich genutzt. Hauptsächlich werden neben Getreide auch Gemüse und Wein angebaut. Der Ackerbau nimmt mit mehr als 6.000 Hektar den Großteil der Wiener Landwirtschaftsflächen ein und wird an den Stadträndern im Süden (10. Wiener Gemeindebezirk) sowie im Norden und Osten (21. und 22. Wiener Gemeindebezirk) betrieben. An der Simmeringer Haide (11. Wiener Gemeindebezirk) und im Donaufeld befinden sich Erwerbsgartenbaustandorte mit Gemüsekulturen und zum Teil Zierpflanzenbau. Diese Flächen beanspruchen um die 870 Hektar und werden mit rund 40 Sorten Gemüse bewirtschaftet. Im Jahr 2019 wurden in Wien circa 70.000 Tonnen an Gemüse produziert. In den vergangenen Jahren lag Wien bei der Fruchtgemüseproduktion, wie beispielsweise Tomaten, Melanzani oder Gurken an erster Stelle im Vergleich mit den anderen Bundesländern. Etwa ein Drittel der von den WienerInnen konsumierten Gemüsemenge wird auch innerhalb der Stadt produziert. (wien.gv.at, 2021; STEP 2015)

Für zukünftige Entwicklungsziele städtischer Landwirtschaft in Wien wird der agrarstrukturelle Entwicklungsplan für Wien 2014 als Planungsinstrument herangezogen. Dabei sind als Leitziele die Erhaltung der Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Flächen in Übereinstimmung mit der Grünlandplanung und der Ausbau umweltschonender und nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktion genannt. In diesem Entwicklungsplan sind sogenannte „Vorranggebiete Landwirtschaft“ definiert und verortet. Es werden dabei sechs Teilgebiete definiert, bei denen der agrarstrukturelle Entwicklungsplan umgesetzt werden soll. (AgSTEP 2014)

Das Untersuchungsgebiet dieser Masterarbeit, das Donaufeld, ist nicht Teil dieser Vorranggebiete und somit für die Stadt Wien nicht mehr für eine langfristige landwirtschaftliche Nutzung vorgesehen. Somit war am Anfang dieser Masterarbeit, zum Zeitpunkt der empirischen Datenerhebung im Jahr 2017, klar, dass dem Donaufeld als Agrarstandort keine Möglichkeit der Integration in künftige Stadtplanungsprozesse gegeben wird. Somit kann auch der Ansatz, wie von Lohrberg (2001) beschrieben, einer Multifunktionalität als urbane landwirtschaftlich genutzte Fläche, in diesem Fall nicht weiter realisiert werden. (Lohrberg, 2001)

Im folgenden Kapitel wird genauer auf künftige Planungen im Donaufeld auf Basis des Stadtentwicklungsplan Wien eingegangen.

2.3. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Bei dem Untersuchungsgebiet handelt es sich um das nördlich der Donau gelegene Donauefeld, einen Stadtteil Wiens, welcher zum 21. Wiener Gemeindebezirk Floridsdorf gehört. Dieses Gebiet war bis 1894 eine eigenständige Gemeinde und zählt heute zu einer der 89 Wiener Katastralgemeinden. Die östlichen Teile dieses Gebietes werden landwirtschaftlich genutzt und zählen somit, neben der Simmeringer Haide im Osten, den Agrarflächen am nördlichen Stadtrand und den Weinanbaugebieten im Westen, zu einer der letzten aktiv bewirtschafteten Landwirtschaftsflächen Wiens. Hauptsächlich haben sich dort Erwerbsgärtnereien mit dem Schwerpunkt auf Gemüse- und Zierpflanzenbau angesiedelt. Durch die besondere Lage zwischen zwei wichtigen Stadtzentren Floridsdorf und Kagran und den vielen Infrastruktureinrichtungen wie Schulen, Freizeiteinrichtungen, Straßenbahnlinien und dem Krankenhaus Floridsdorf, liegt dieses landwirtschaftliche Areal inmitten typischer urbaner Strukturen. (STEP 2005) Aufgrund dieser bereits ausgeprägten Strukturen wurde im Jahr 1994, auf Basis des Leitprogramms Donauefeld – Kagran, ein Expertenverfahren zur Bestimmung der zukünftigen Stadtentwicklung des Donauefeldes durchgeführt. Das damals zirka 70 Hektar große Entwicklungsgebiet umfasste die zum größten Teil erwerbsgärtnerisch genutzten Flächen. Das Expertengremium hatte damals vorwiegend eine Wohnbebauung in mittlerer Dichte vorgeschlagen. Das Ziel sollte sein, einen lebendigen Stadtteil mit hoher Lebensqualität und einem breiten infrastrukturellen Angebot zu schaffen. 1996 wurde dieses Stadtentwicklungsgebiet seitens der Stadt Wien und des Wohnfonds Wien jedoch zurückgestellt. Somit kam es zu keiner Realisierung des Projektes. Grund für den damaligen Abbruch waren Probleme in der Akquirierung der Grundstücke wegen teils sehr langfristiger Pachtverträge und die damals bereits ausgelasteten Infrastruktureinrichtungen. (STEP 2005)

Im Jahr 2010 wurde das Projekt wieder in Form eines von magistratsinternen Expertinnen und externen Planungsbüros erarbeiteten Leitbildes neu aufgearbeitet. Dabei wurden für die jetzt 60 Hektar große Entwicklungsfläche neue Qualitätsstandards, sowie ein Grundraster für die städtebauliche Entwicklung definiert. Ökologische Faktoren wie die Sicherung der städtischen Biodiversität, ein nachhaltiger Wasserhaushalt, sowie die Durchlüftung und Kühlung der Stadt stehen neben einem

funktionierenden Sozialraum und einer ökonomischen, zukunftsfähigen Mobilität im Vordergrund. (IBA Wien, 2018)

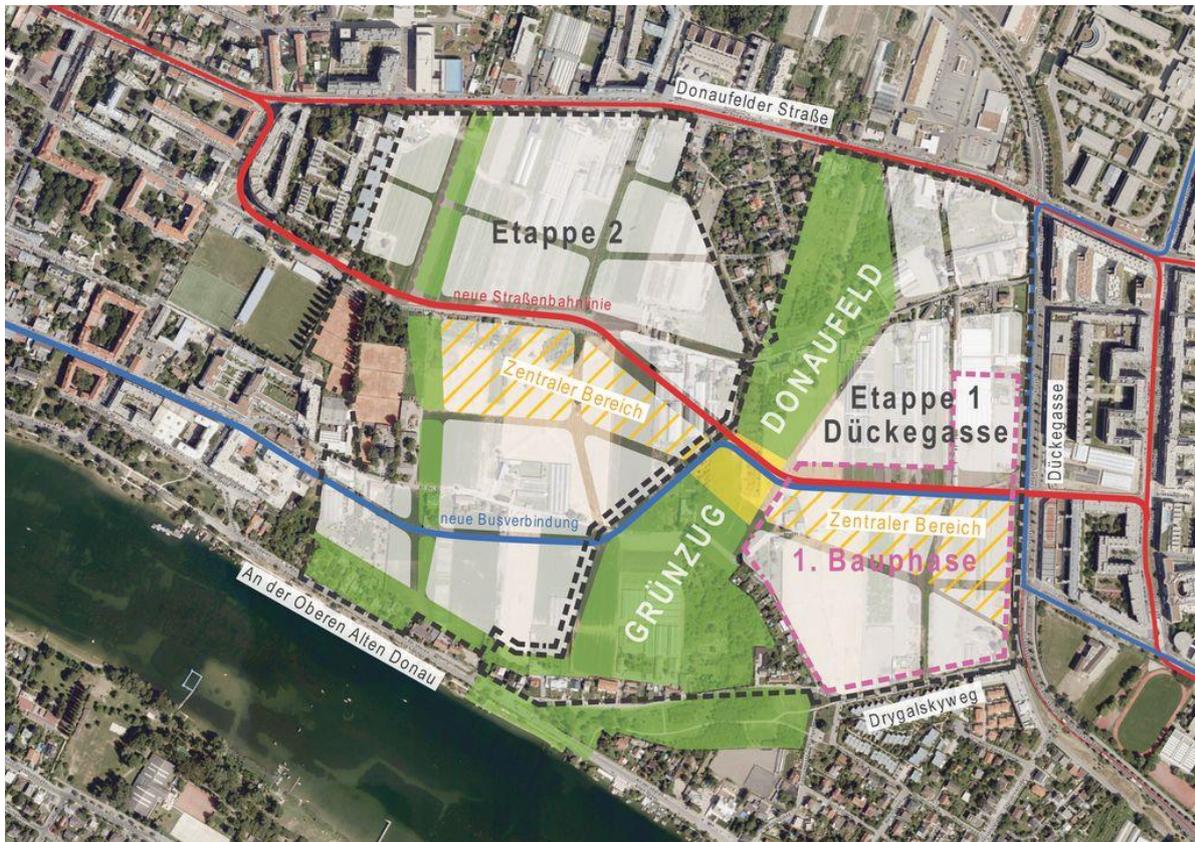


Abbildung 4: Untersuchungsgebiet Donauefeld (wien.gv.at, 2022, S. 2)

Ein weiterer zentraler Gedanke ist es, „Möglichkeits-Räume“ zu schaffen und Gestaltungsspielräume zuzulassen. Somit soll der neue Stadtteil einen multifunktionalen Charakter erhalten und die persönliche und gemeinschaftliche Entfaltung der künftigen BewohnerInnen gefördert werden. Zwischen den Bezirkszentren Floridsdorf und Kagran soll ein „Ereignisband“ (Abbildung 5) entstehen, indem sich wichtige Versorgungseinrichtungen neben Freizeit- und Bildungsangeboten finden sollen. (wien.gv.at, 2018)

Floridsdorf

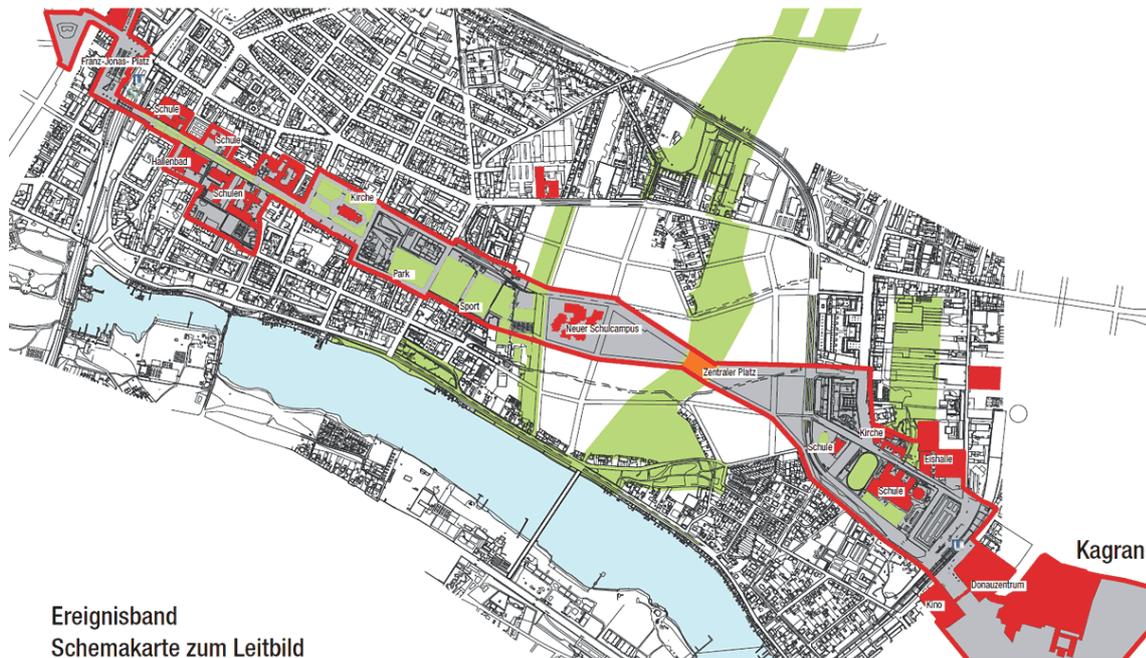


Abbildung 5: Ereignisband Floridsdorf - Kagran (wien.gv.at, 2018)

Insgesamt sind etwa 6.000 Wohnungen, sowie Büroflächen und soziale Infrastruktureinrichtungen geplant. Im zentralen Bereich der Entwicklungsfläche sind die höchsten Dichten und Gebäudehöhen vorgesehen. Richtung Süden, zur Alten Donau hin, sollen Dichte und Höhe der Bebauung abnehmen. Weiters soll eine Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten der Erdgeschosszonen durch höhere Raumhöhen und unterschiedliche Gebäudetypologien ermöglicht werden. (wien.gv.at 2018)

Konzipiert wurde dieser neue Stadtteil unter Priorisierung umweltfachlicher Aspekte. Durch die Errichtung von Stichstraßen und Schleifen soll möglichst wenig Verkehr in und um das Viertel erzeugt werden. Teile des Straßenraumes können dadurch niveaugleich als multifunktionaler öffentlicher Raum gestaltet werden. Den Bewohnerinnen soll es dadurch ermöglicht werden sich den unmittelbaren Straßenraum aneignen zu können. Um verkehrstechnisch jedoch flexibel und angebunden zu bleiben, soll ein sehr gutes Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln, Sammelgaragen und modernen Mobilitätskonzepten zur Anwendung kommen. Die Infrastruktur für Fußgänger und Radfahrer haben eine sehr hohe Priorität und sollen den Bewohnerinnen einen Anreiz geben, auf das Auto zu verzichten. (wien.gv.at 2018)

Ungefähr ein Viertel der Gesamtfläche (rund 14 Hektar) sind als öffentlicher Grün- und Freiraum vorgesehen. Im Zentrum steht dabei der in Abbildung 4 gezeigte Grünzug Donaufeld. Dieser verbindet den nördlich gelegenen Rendezvousberg mit der sich südlich befindenden Alten Donau und bietet Platz für die Trasse des geplanten Verbindungsbaches Marchfeldkanal – Alte Donau. Die Weite des Donaufeldes soll durch bis zu 300 Metern breiten Teilabschnitten nach wie vor gegeben sein. Zudem sind stadtoökologische Aspekte integraler Bestandteil des Leitbildes. Die Schaffung von neuen Lebensräumen wie Gehölzen und Gewässern dienen der ökologischen Stabilisierung im neuen Stadtteil. Um die Artenvielfalt zu fördern wird versucht ein reichhaltig strukturiertes Grünverbundsystem im großen Grünzug zu integrieren, um damit Biotope untereinander zu vernetzen. Auch die geplante Uferpromenade und das Straßennetz werden hier mit gezielten Grünpflanzungen miteinbezogen. Neben dem Artenschutz wird durch die Grünflächen auch das Oberflächenwasser absorbiert, womit es das Hochwasser- und Überflutungsrisiko eindämmt. Zuletzt fungiert eine vielfältig gestaltete Grünfläche auch als naturnaher Spiel- und Erholungsraum für die Anrainer. Ebenso sind Selbsternteflächen und Gemeinschaftsgärten vorgesehen. (wien.gv.at, 2018)

3. METHODE

Neben der Literaturrecherche zur Erarbeitung des Standes der Forschung und der dieser Arbeit zugrundeliegenden Literatur wurden ebenso eigene Messungen im Feld vorgenommen. Der empirische Teil dieser Arbeit beinhaltet eigens erhobene klimatische Messdaten, welche weiter ausgewertet und interpretiert wurden. Ziel ist es einen Überblick über die Lufttemperaturverhältnisse und Luftmassenbewegungen am Donaufeld im Zeitraum einer intensiven Hitzeperiode im Sommer 2017 darzulegen.

3.2. LITERATURARBEIT

Der theoretische Teil dieser Arbeit gliedert sich in drei Abschnitte. Die Grundlagen des Stadtklimas mit besonderem Bezug auf die klimatischen Eigenschaften städtischer Grünflächen, wozu ebenso die landwirtschaftlich genutzten Flächen zählen, die Bewegung von Luftmassen, eine Beschreibung des Begriffes der urbanen Landwirtschaft bezugnehmend auf dessen planerische Funktionen, sowie eine kurze Standortbeschreibung des Untersuchungsgebietes.

Für die Ausarbeitung der theoretischen Grundlagen des Stadtklimas und der ausgewählten Aspekte der Stadtklimaforschung wurden hauptsächlich die Autoren Fezer, Burkert, Kuttler und Oke herangezogen. Dabei wurde besonders Augenmerk auf den Aufbau der urbanen Atmosphäre, den städtischen Wärmeinseleffekt, die Luftmassenbewegungen in urbanen Räumen und die klimatische Bedeutung von innerstädtischen Grünflächen gelegt. Als Ergänzung zu dem klimatischen Teil dieser Arbeit wurden zusätzlich die wichtigsten Aussagen des Urban-Heat-Island-Strategieplan 2015 der Stadt Wien beigelegt, umso auch planerische Perspektiven in diese Arbeit miteinzubeziehen. Bei der Beschreibung von urbaner Landwirtschaft und deren Bedeutung für planerische Disziplinen fundiert diese Masterarbeit zu großen Teilen auf den beiden Autoren Lohrberg und Stierand. Die Informationen bezüglich der Sachlage zur Situation der urbanen Landwirtschaft in Wien und der Beschreibung des Untersuchungsgebietes Donaufeld sind hauptsächlich aus direkten Quellen der Stadt Wien entnommen.

3.3. MESSUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET DONAUFELD

Anhand der Aufzeichnungen von meteorologischen Messstationen am Standort Donauefeld in Wien wird in dieser Arbeit versucht, die klimatischen Zusammenhänge in Bezug zu der Lufttemperatur und der Bewegung von Luftmassen zwischen Bebauung und Landwirtschaft zu erfassen. Mit den verwendeten Messinstrumenten wurde die Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$), Windstärke (m/s) und Windrichtung (Grad) gemessen. Um die lokalklimatischen Eigenschaften des Donauefeldes und seiner Umgebung somit genauer erfassen und anschließend darstellen zu können, wurden mehrfache Messungen der drei oben genannten Parameter durchgeführt. Realisiert wurde dies an insgesamt sieben verschiedenen Standorten in und um die Agrarflächen des Untersuchungsgebietes. Gemessen wurde in mehreren Durchgängen beziehungsweise Messreihen von Mitte Juli 2017 bis Ende August 2017. In diesem eineinhalbmonatigen Untersuchungszeitraum herrschten, entsprechend den Fragestellungen dieser Arbeit gute klimatische Bedingungen. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden insgesamt drei Messreihen aufgenommen, auf welche weiter unten in diesem Kapitel genauer eingegangen wird.

Um Aussagen über die klimatischen Geschehnisse des Untersuchungsgebietes machen zu können, war es nötig, flächenweit die Messstationen innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen des Donauefeldes und der umliegenden Bebauung zu installieren. Grundsätzlich wurden dabei die Messgeräte im Norden, Osten, Westen und im Zentrum des Untersuchungsgebietes aufgestellt. An allen Standorten wurde in 2 Metern über dem Boden gemessen. Eine genaue Lage und Verortung der Messstandorte ist im Ergebniskapitel zu finden.

Zusätzlich zu den lokal installierten Messstationen wurde die Lufttemperatur entlang einer vordefinierten Route durch die landwirtschaftlich genutzten Flächen und die umliegende Bebauung vorgenommen. Somit soll eine Übersicht über die Verteilung der unterschiedlich stark erwärmten Luftmassen sichtbar gemacht werden. Durchgeführt wurde dies mit einem Fahrrad und einem darauf befestigten Messinstrument, welches die Lufttemperatur entlang der Route aufzeichnete. Die Messfahrten wurden per GPS getrackt, um somit eine Verortung und Visualisierung der aufgezeichneten Werte zu ermöglichen. Im Vorhinein der Aufzeichnungen wurden einige potenzielle Routen abgefahren und schlussendlich die, in Bezug auf den

Wechsel von landwirtschaftlich genutzten Flächen und bebauten Strukturen, abwechslungsreichste ausgewählt. Somit wurde sichergestellt, dass die Messungen der Lufttemperatur anhand größtmöglicher Vielfalt an verschiedenen Bebauungsstrukturen und Landschaftselementen stattfinden können. Ziel dabei war es, Unterschiede und Übergänge in der Temperatur zwischen und entlang der Bebauung und Landwirtschaft festzustellen. Der genaue Verlauf der Route ist im Ergebniskapitel zu finden.

Die Datenerhebungen der lokal installierten Messstandorte am Donaufeld und in der Bebauung fanden in der mitteleuropäischen Zeit (MEZ, UTC+1) statt. Die Messfahrten zur Erhebung der Lufttemperatur mit dem Fahrrad fanden in der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ, UTC+2) statt.

3.3.1. Verwendete Messinstrumente

Für die Erhebung der klimatischen Messergebnisse am Donaufeld wurden zwei unterschiedliche Typen von Messinstrumenten verwendet.

Messungen der Lufttemperatur, Windstärke und Windrichtung am Feld:

Diese Messungen wurden durchgeführt, um die Frage der Lufttemperaturunterschiede zwischen dem Donaufeld und der umliegenden Bebauung, sowie der Luftmassenbewegungen am Donaufeld zu untersuchen. Insgesamt waren dafür vier Messgeräte an vier Standorten innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen installiert. Dabei handelte es sich um 2D- Ultraschallanemometer der Firma Decagon, Modell DS2 mit einem Messintervall von einer Minute Mittelwert. Die Messgeräte befanden sich am nördlichen, östlichen und westlichen Rand und im Zentrum des Donaufeldes. Eine genaue Verortung der Messstandorte befindet sich im Ergebniskapitel.

Messungen der Lufttemperatur in der Bebauung:

Diese Messinstrumente wurden in der an das Donaufeld unmittelbar angrenzenden Bebauung installiert, um eine Vergleichbarkeit der Lufttemperaturwerte treffen zu können. Bei den hierfür verwendeten Instrumenten handelte es sich um Geräte der Firma Onset, Modell HOBO pro-V2. Alle 10 Minuten wurde ein Momentanwert der Lufttemperatur aufgezeichnet. Insgesamt waren vier Stück dieses Messinstruments im

Einsatz. Drei dieser Messgeräte wurden in den bebauten Strukturen nördlich, östlich und westlich der Landwirtschaftsflächen installiert, umso Vergleichswerte zu den benachbarten Messtandorten im Feld zu bekommen. Eines wurde im Zentrum des Donaufeldes aufgestellt, um Referenzwerte zu den oben genannten ersten Typen von Messinstrumenten zu erhalten. Somit fand eine Eichung der beiden unterschiedlichen Instrumententypen untereinander statt und es wurde sichergestellt, dass eine Vergleichbarkeit aller weiteren Messwerte der anderen Standorte gegeben ist.

3.3.2. Ablauf der Messungen

Die Messungen an den Standorten im Donaufeld wurden in drei Messreihen durchgeführt. Bei der ersten Messreihe kam es zu technischen Schwierigkeiten mit den Aufzeichnungen der Datenlogger, somit waren diese nicht zu verwenden. Jedoch war die erste Messreihe für die weitere Herangehensweise der Untersuchungsabläufe von großer Bedeutung und half erste technische Schwierigkeiten zu beseitigen. Folglich wurde eine zweite Messreihe Anfang August 2017 durchgeführt. Eine letzte Messreihe fand Ende August 2017 statt. Da die Untersuchungsbedingungen in der ersten Augustwoche bei dem zweiten Messdurchgang am besten waren, wurden diese Daten für die weitere Untersuchung der Fragestellungen dieser Arbeit ausgewählt.

Erste Messreihe:

Begonnen haben die ersten Messungen am Abend des 20.07.17 und dauerten über zwei Nächte bis zum 22.07.2017 an. Innerhalb dieses Zeitraumes, genauer am Freitag, den 21.07.2017, wurden ebenfalls die ersten Messfahrten mit dem Fahrrad vorgenommen. Neben den ersten Fehlmessungen mit dem Fahrrad war auch das Datenmaterial der vier Messstationen am Feld teilweise fehlerhaft. Zwei der vier Datenlogger in den landwirtschaftlichen Flächen schrieben vermehrt Fehler und es kam zu erheblichen zeitlichen Unterbrechungen der Aufzeichnungen, sodass ein großer Anteil der Daten unvollständig und lückenhaft war. Daher war es notwendig die fehlerhaften Datenlogger für die kommenden Messungen zu ersetzen.

Zweite und dritte Messreihe:

Nachdem es bei den ersten Versuchen der Datenerhebungen zu technischen Problemen gekommen war, war es nun gelungen, bei der zweiten und dritten Messreihe vollständige Datensätze zu erheben. Die zweite Messreihe verlief über einen Zeitraum von neun Tagen. Begonnen haben die Aufzeichnungen am 31.07.2017. Am 08.08.2017 wurde aufgrund einer Schlechtwetter-Front die zweite Messreihe beendet. Ende August startete mit dem 23.08.2017 die Aufzeichnung der dritten und somit letzten Messreihe. Diese dauerte insgesamt elf Tage an und wurde am 02.09.2017 beendet.

Da es bei dem zweiten Messzyklus zu keinen erwähnenswerten Problemen oder Fehlern in den Messaufzeichnungen gekommen war und auch die Wettersituation in Bezug auf die Fragestellung dieser Arbeit sehr gut und passend für die weitere Vorgangsweise war, wurden die Messwerte der ersten Augustwoche 2017 zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse herangezogen. Alle weiteren erhobenen Messdaten der ersten und dritten Messreihe sind nicht weiter Gegenstand dieser Masterarbeit.

Messungen mit dem Fahrrad:

Im Zuge der Erhebungen der Lufttemperatur wurden zusätzlich zu den sieben Messstandorten am Donaufeld und in der Bebauung auch mobile Messungen in Form einer mit dem Fahrrad zurückgelegten Route durchgeführt. Die Runde wurde im Uhrzeigersinn zurückgelegt und zu vier festgelegten Tageszeiten abgefahren. Begonnen haben die Messfahrten mit der ersten Runde am Abend des 02.08.2017 um 21:50 Uhr. Anschließend wurde innerhalb des Zeitraumes von zwei Tagen ungefähr alle sechs Stunden eine Messfahrt durchgeführt. Dies bedeutet es gibt jeweils gegen 04:00 Uhr, 10:00 Uhr, 16:00 Uhr und 22:00 Uhr einen Messdurchgang. Die Dauer einer Messfahrt betrug in etwa eine halbe Stunde. Die dargestellten Ergebnisse wurden vom Abend des 02. August 2017 bis zum Nachmittag des 04. August 2017 erhoben.

3.3.3. Auswertungsverfahren der erhobenen Messdaten

Zuerst wurde das gesamte Datenmaterial der zweiten und dritten Messreihe genauer auf Schreibfehler der Datenlogger untersucht. Etwaige Fehler wurden mithilfe von Notepad++ und Microsoft Excel behoben. Dabei wurde gezielt nach bereits bekannten Schreibfehlern gesucht, welche sich in Form von fehlenden oder nicht vollständigen Werten darstellten. Da es sich nur um eine geringe Anzahl an unvollständigen Werten handelte, wurden diese händisch ausgebessert oder ergänzt. Dabei orientierte man sich an den unmittelbar vorangegangenen und darauffolgenden Werten. Anschließend wurde mittels der Software OriginPro die Analyse der Daten durchgeführt. Ausgewertet wurden die Parameter Lufttemperatur in °C, die Windrichtung in Grad und die Windstärke in Metern pro Sekunde.

Nachdem ein Gesamtüberblick über den vollständigen Zeitraum der beiden Messreihen erarbeitet wurde, fiel die Auswahl, wie bereits zuvor erwähnt, auf die erste Augustwoche 2017. In dieser Woche herrschte in Wien eine Hochdruckwetterlage mit Hitzetagen über 30° C Spitzen untertags und teils sehr windschwachen Nächten. Da das Kriterium der nahezu windstillen Nächte gepaart mit Hitze das ausschlaggebendste Kriterium für die Fragestellungen dieser Arbeit ist, fiel die Wahl auf den Zeitraum der beiden Nächte vom 02. bis 04. August 2017, da in diesen beiden Nächten die niedrigsten Windgeschwindigkeiten gemessen wurden und es zu keinen witterungsbedingten Störungen wie Gewittern, Niederschlägen oder böigen Starkwinden gekommen war.

4. ERGEBNISSE

Insgesamt wurden sowohl die Daten der sieben Messstandorte im Donaufeld, sowie die Messdaten der Fahrradmessungen über einen Zeitraum von knapp eineinhalb Monaten im Sommer 2017 aufgenommen. Da die Ausarbeitung und Interpretation des gesamten erhobenen Datenmaterials das Ausmaß und die Fragestellungen dieser Masterarbeit übersteigen würde, beschränken sich die ausgewählten Ergebnisse auf Stichproben in dem Zeitraum der ersten Augustwoche vom 01. bis 08. August 2017. Wie bereits im Kapitel zuvor erwähnt, herrschten in diesem Zeitraum passende klimatische Bedingungen in Bezug auf die Fragestellungen dieser Arbeit.

Zuerst wird ein Überblick über die Lage der Messstandorte gegeben. Um sich ein Bild über die damalige Messsituation im Untersuchungsgebiet Donaufeld machen zu können, befindet sich hier eine genaue Verortung der Messstandorte anhand einer Karte und eines Luftbildes. Anschließend werden die für diese Masterarbeit relevanten und ausgewählten Messergebnisse vorgestellt. Im Detail wird dann weiters auf die Ergebnisse der einzelnen Messparameter eingegangen.

Vier der Messstationen, welche je die Parameter Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Lufttemperatur messen befinden sich innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Drei Messstationen für die Erhebung der Vergleichs-Lufttemperatur befinden sich in den angrenzenden bebauten Strukturen des Donaufeldes. In Abbildung 6 ist eine Fotodokumentation der vier Messstandorte innerhalb der landwirtschaftlichen Flächen zu sehen. Weitere Eindrücke der Messstandorte befinden sich weiter unten in diesem Kapitel.



Abbildung 6: Eindrücke der Messstandorte in den landwirtschaftlichen Flächen am Donaufeld v.l.n.r.: Messstandort Zentrum, Messstandort West, Messstandort Ost und Messstandort Nord (eigene Aufnahmen, 2017)

In Abbildung 7 sind alle Messstandorte im Donaufeld und in der Bebauung verortet. Die Kreise stellen die Messtationen in den landwirtschaftlich genutzten Flächen dar, die Quadrate jene in der Bebauung. Zu den Messstandorten in den landwirtschaftlichen Flächen gibt es jeweils einen Vergleichsstandort innerhalb der nahegelegenen angrenzenden Bebauung. Wie bereits im Kapitel 4.2.1. Verwendete Messinstrumente beschrieben, stellt nur der Messstandort Zentrum II eine Ausnahme dar, da hier nur der Zweck einer Vergleichbarkeit der Messergebnisse zwischen den beiden verwendeten Messinstrumententypen angestrebt wurde.

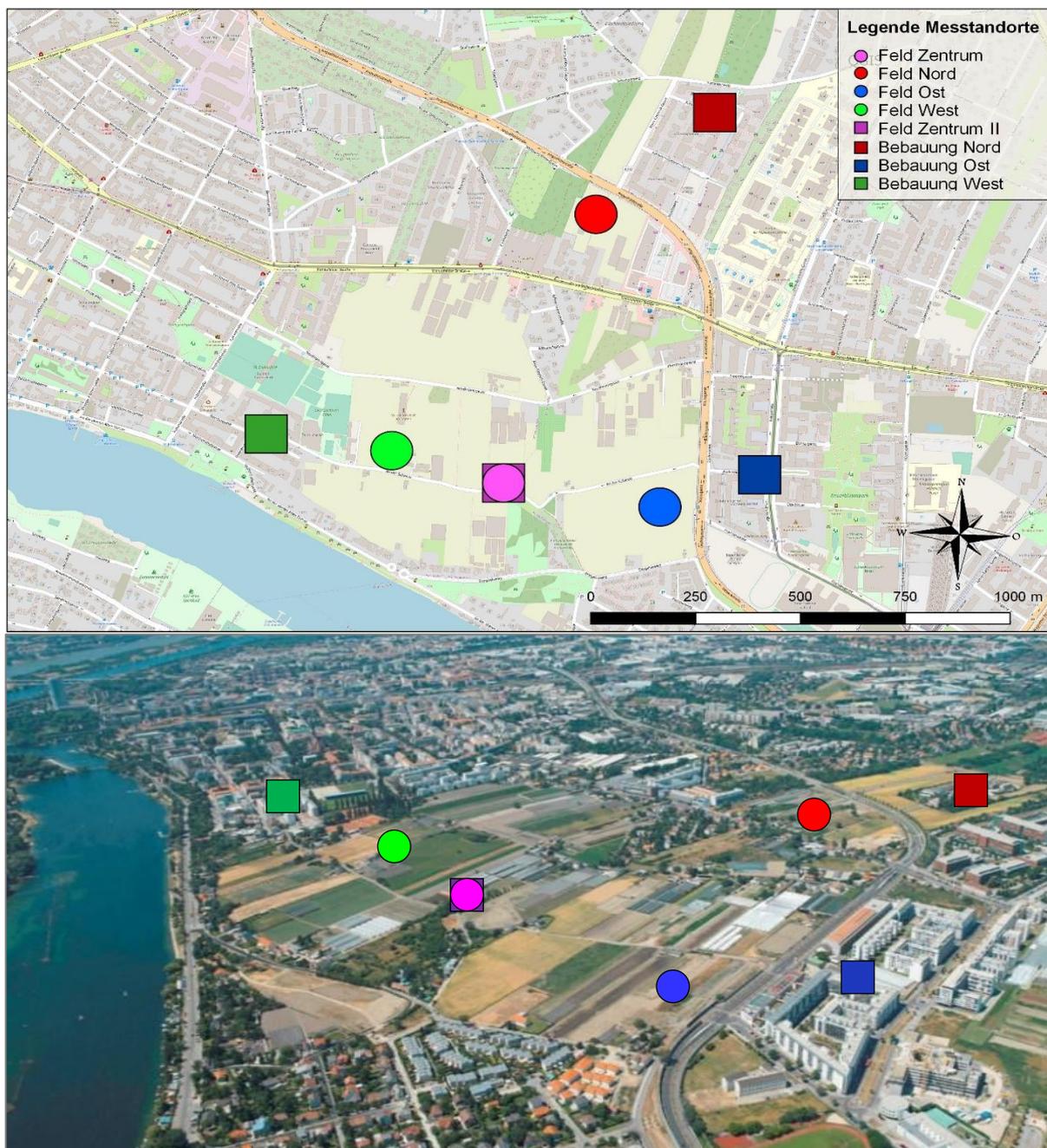


Abbildung 7: Karte und Luftbild Donaufeld, Verortung der Messstationen (Kartengrundlage von Openstreetmap.org), (Luftbild von wien.gv.at, 2022)

4.1. MESSTANDORTE DONAUFELD – AUSGEWÄHLTE DATEN

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die erhobenen Messwerte der ersten Augustwoche 2017 dargestellt. Die folgende Grafik zeigt die Gesamtheit der aufgenommenen Daten der einzelnen Messstandorte am Donauefeld. Dabei wird die Windstärke, die Windrichtung und die Lufttemperatur über denselben Zeitraum aufgezeigt.

Für die, in dieser Arbeit relevante Fragestellungen bezüglich der Luftmassenbewegung in nahezu windstillen Nächten, sowie den Unterschieden der Lufttemperatur zwischen bebauten und landwirtschaftlichen urbanen Strukturen, wurde der Zeitraum von 02. bis 04. August 2017 für eine detaillierte Betrachtung der Messwerte ausgewählt. In Abbildung 8 ist dieser Zeitraum weiß hervorgehoben.

In Abbildung 9 sind die Messergebnisse des ausgewählten Zeitraumes dargestellt. Unter Tags werden maximale Lufttemperaturen zwischen 35°C und 40°C erreicht. Es herrschen Windgeschwindigkeiten von bis zu 5 m/s und die Windrichtung dreht von Nord-West am 02. August 2017 hin zu Süd am 03. August 2017 und am 04. August 2017 wieder zurück auf Nord-West.

In den beiden Nächten kommt es zu einem deutlichen Abfall der Lufttemperatur bis knapp unter 20°C in der ersten Nacht und knapp über 20 °C in der zweiten Nacht. Dabei werden zum größten Teil niedrige Windgeschwindigkeiten bis unter 1m/s gemessen. Die Messwerte der Windrichtung beginnen bei diesen kaum vorhandenen Luftbewegungen sehr stark zu streuen. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden diese schwachen nächtlichen Luftmassenbewegungen am Donauefeld genauer betrachtet.

Insgesamt zeigen die Messwerte an allen vier Standorten in den landwirtschaftlich genutzten Flächen ähnliche Ergebnisse. Auf einzelne Details zu den unterschiedlichen Ergebnissen wird in weiterer Folge weiter unten in diesem Kapitel eingegangen.

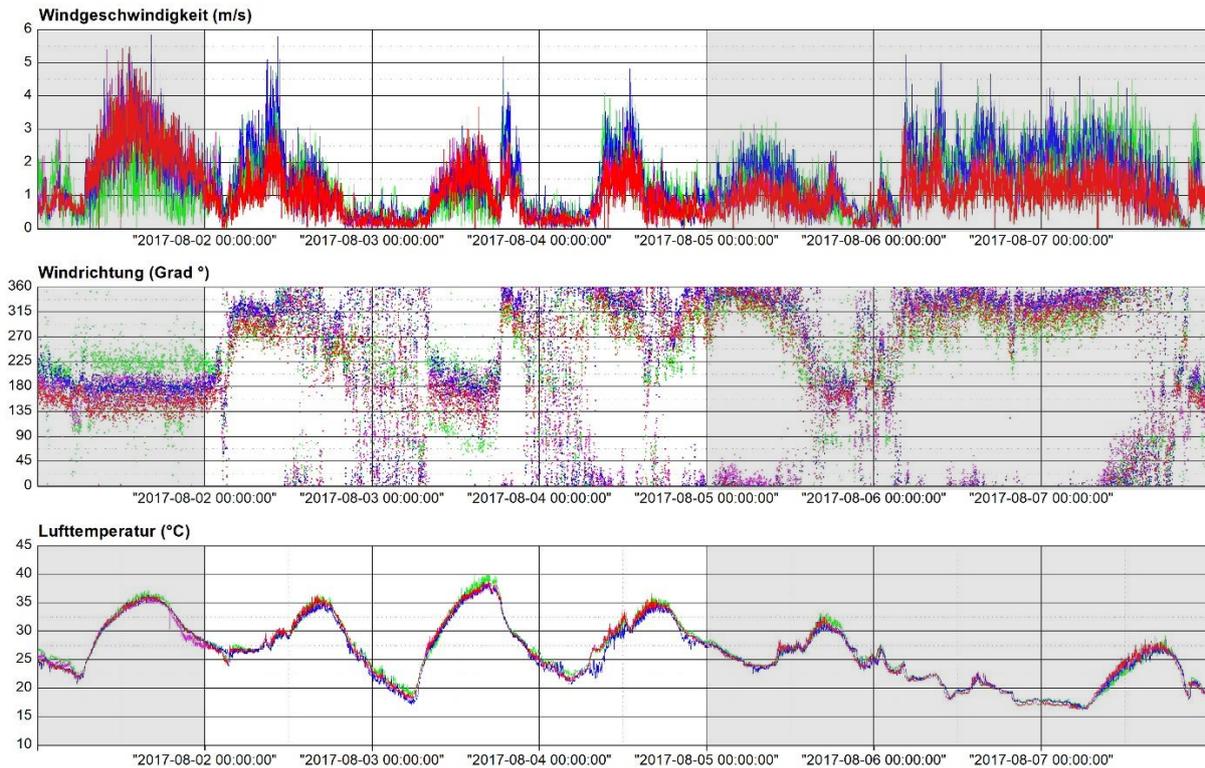


Abbildung 8: Gesamtüberblick der Messergebnisse innerhalb der landwirtschaftlichen Strukturen am Donauefeld in der ersten Augustwoche 2017. Lila (Messtandort Zentrum), Grün (Messtandort West), Blau (Messtandort Ost), Rot (Messtandort Nord). Zeitangaben in MEZ (UTC+1).

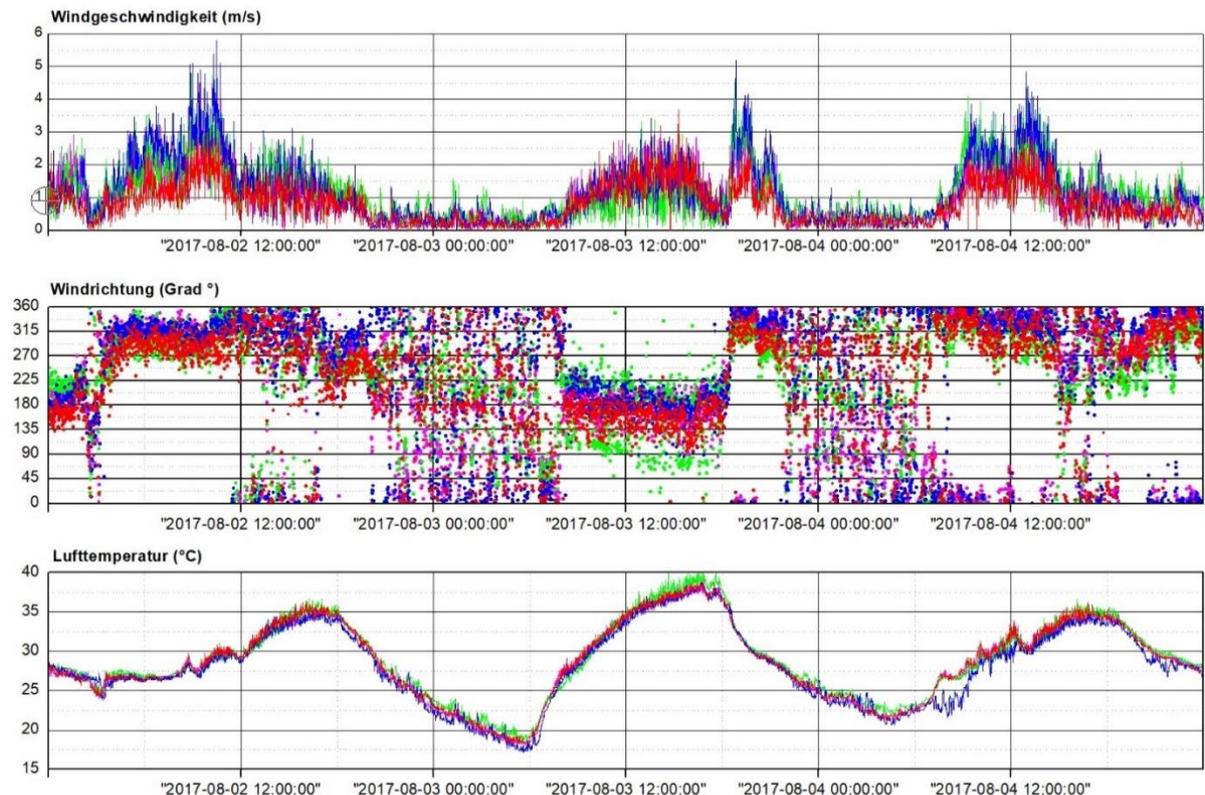


Abbildung 9: Auswahl der Messdaten vom 02.- 04. August .2017, jeweils 00:00 Uhr. Lila (Messtandort Zentrum), Grün (Messtandort West), Blau (Messtandort Ost), Rot (Messtandort Nord). Zeitangaben in MEZ (UTC+1).

4.2. LUFTTEMPERATUR

Zu Beginn dieses Kapitels befindet sich eine Zusammenfassung der Klimacharakteristik beziehungsweise auf die Lufttemperatur in Wien zum Zeitpunkt der Datenerhebung auf Grundlage des Klimabulletins 2017 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG).

Das Jahr 2017 war geprägt von zahlreichen intensiven Wärmeperioden. Der Sommer in diesem Jahr war der drittwärmste (nach den Jahren 2003 und 2015) seit Beginn der Messungen (Stand 2018). Mit einer Abweichung von $+1,6\text{ °C}$ zum Mittelwert des Zeitraumes von 1961-1990 und $+0,5\text{ °C}$ zu den Jahren 1987-2016 bestätigt sich das hohe Temperaturniveau des Jahres 2017 in Wien. Zudem ist in Abbildung 10 zu sehen, dass es seit den frühen sechziger Jahren zu einem Anstieg der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur von knapp 2 °C gekommen ist. Allein im Zeitraum von Mai bis August 2017 gab es sieben Hitzewellen mit einer außergewöhnlich hohen Anzahl an Hitzetagen und tropischen Nächten (Abbildung 11). (ZAMG, 2018)

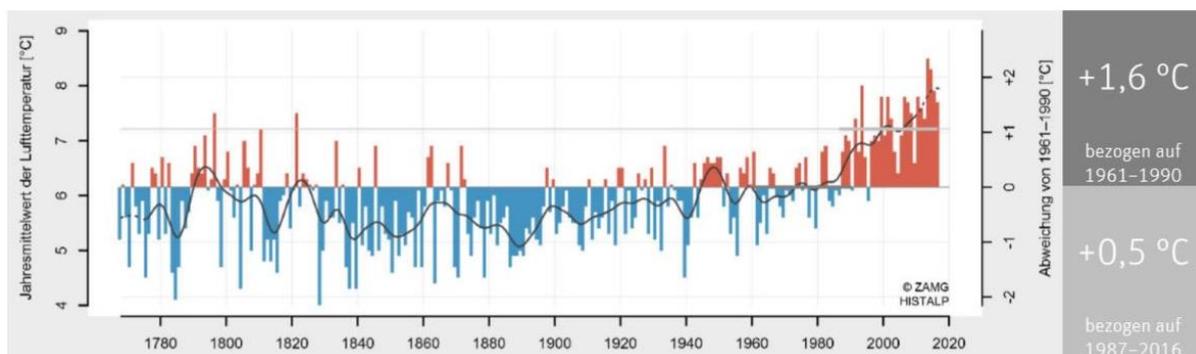


Abbildung 10: Jahresmittelwerte Österreichs seit Beginn der Messungen. (ZAMG, 2018, S. 5)

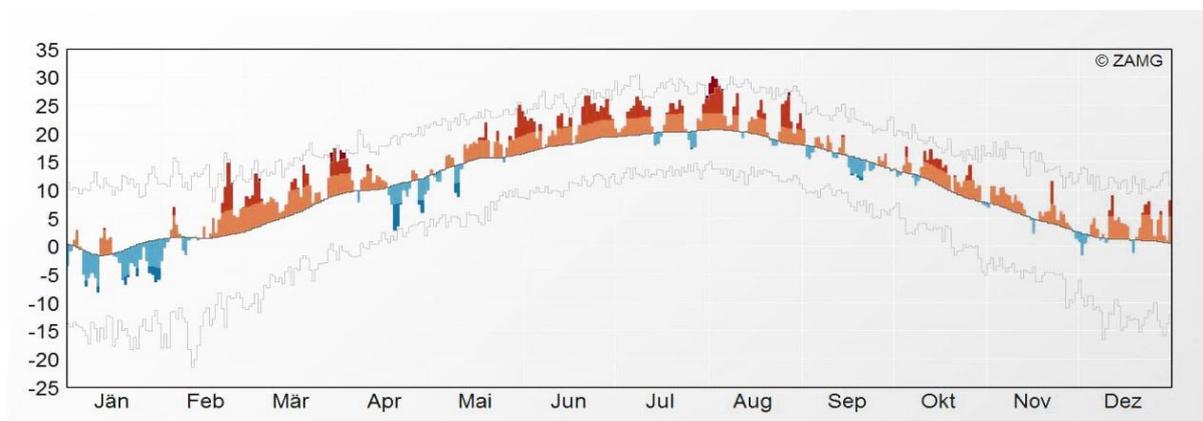


Abbildung 11: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur für das Jahr 2017, Station Wien – Hohe Warte. (ZAMG, 2018, S. 3)

Um Aussagen über die Unterschiede der Lufttemperatur der landwirtschaftlichen Flächen gegenüber den bebauten Strukturen treffen zu können, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen der einzelnen Messstandorte übereinandergelegt. Anschließend folgen die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen mit dem Fahrrad.

4.2.1. Vergleich der Lufttemperatur

In Abbildung 13 sind die Messwerte der Lufttemperatur aller vier Standorte in den landwirtschaftlich genutzten Flächen, sowie die Messwerte der drei Vergleichsstandorte in der Bebauung dargestellt. In den Farben Lila (Messtandort Zentrum), Grün (Messtandort West), Blau (Messtandort Ost) und Rot (Messtandort Nord) sind die Werte der Messungen am Feld zu erkennen. Die den Messtationen räumlich entsprechenden Vergleichs-Messwerte der Bebauung sind je Standort in Schwarz dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Messwerte beider verwendeten Messinstrumente des Standortes Zentrum (Abbildung 13, Lufttemperatur Z) miteinander nahezu übereinstimmen. Somit ist die Vergleichbarkeit der Lufttemperatur in der Bebauung für alle weiteren Standorte gegeben. Bei den anderen drei Messtandorten sind auf den ersten Blick bereits Unterschiede der Lufttemperatur auszumachen. Vor allem in der Nacht sind die Differenzen zwischen den Messwerten am Feld und in der Bebauung deutlich erkennbar. Eine genauere Beschreibung der Messergebnisse an den einzelnen Standorten folgt auf der nächsten Seite. In Abbildung 12 sind weitere Eindrücke der Messtandorte und der landschaftlichen Gegebenheiten vor Ort abgebildet.



Abbildung 12: Eindrücke der Messtandorte in den landwirtschaftlichen Flächen und der Bebauung v.l.n.r.: Messtandort Bebauung Nord, Messtandort Feld Ost, Messtandort Ost, Messtandort Nord (eigene Aufnahmen, 2017)

Am Messtandort Zentrum (Abbildung 13, Lila) gibt es im Gegensatz zu den anderen drei Standorten keine entsprechende Vergleichs-Messstation in der unmittelbar angrenzenden Bebauung, da hier ein Vergleichswert der Lufttemperatur am selben Standort im Feld erhoben wurde. Dies zeigt sich auch in den Ergebnissen, da die beiden Kurven einen ähnlichen Verlauf haben. Somit ist sichergestellt, dass die verwendeten Messinstrumente eine Vergleichbarkeit der Lufttemperaturwerte zulassen.

Am Messtandort West (Abbildung 13, Grün) sind klare Unterschiede in der Lufttemperatur ablesbar. Vor allem in der ersten Nacht kommt es zu Differenzen von bis zu 5 °C höheren nächtlichen Messwerten in der Bebauung. In der zweiten Nacht betragen die Lufttemperaturunterschiede nur noch bis zu 3 °C. An beiden Tagen ist zu erkennen, dass sich die Werte unter Tags sehr ähneln. Später an den Tagen, gegen 19:00 Uhr zeigen sich erste Unterschiede in der Lufttemperatur, welche sich mit voranschreitender Dauer bis in die frühen Morgenstunden kurz vor Sonnenaufgang weiter differenzieren.

Am Messtandort Ost (Abbildung 13, Blau) zeigt sich bezüglich den Lufttemperaturwerten in den Nächten ein ähnliches Bild wie am Standort West. Die maximalen Lufttemperaturdifferenzen zwischen dem Feld und der Bebauung betragen in der ersten Nacht ebenso bis zu 5 °C und in der zweiten Nacht bis zu 3 °C.

Auffällig am 02.08.2017 sind die Maximalwerte der unter Tags gemessenen Lufttemperatur am Feld. Diese sind, im Vergleich zu den anderen Standorten am Donauefeld, um etwa 1-2 °C niedriger.

Eine weitere Besonderheit an dem Standort Ost tritt am 04.08.2017 am Vormittag ein. Hier ist zu erkennen, dass die Lufttemperatur in der Bebauung, wie auch an allen anderen Messstationen, einen signifikanten Ausschlag nach oben hin bis auf 27,5 °C zeigt. Am Standort Feld Ost kommt es zur gleichen Zeit zu einem Abfall der Lufttemperaturkurve auf bis zu 22,5 °C.

Am Messtandort Nord (Abbildung 15, Rot) zeigt sich in den beiden Nächten ebenso, dass die in der landwirtschaftlichen Struktur gemessene Lufttemperatur niedriger ist als die Werte in der angrenzenden nördlich gelegenen Bebauung. Hier liegen die Differenzen der Lufttemperatur in beiden Nächten jedoch nur bei maximal 3 °C. Unter Tags zeigen beide Lufttemperaturkurven ähnliche Werte.

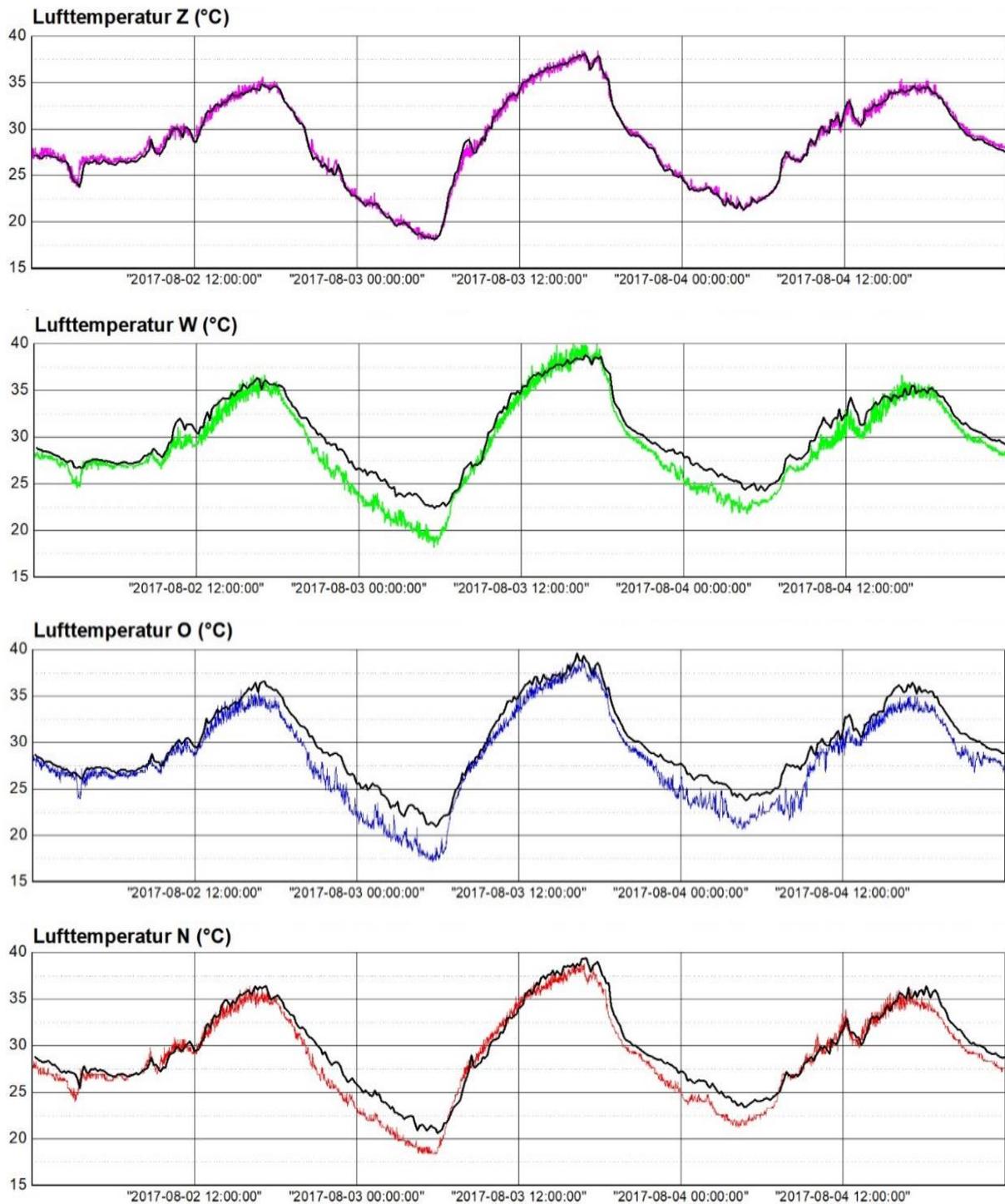


Abbildung 13: Vergleich der Lufttemperaturen von Feld und Bebauung. 02.08.2017 bis 04.08.2017. v.o.n.u.: Lila (Messtandort Zentrum), Grün (Messtandort West), Blau (Messtandort Ost) und Rot (Messtandort Nord), Schwarz (Referenzwerte in der Bebauung, Ausnahme Zentrum) Zeitangaben in MEZ (UTC+1).

4.2.2. Räumliche Verteilung der Lufttemperatur

Hier werden die Ergebnisse der Messfahrten durch das Donaufeld und die umliegende Bebauung vorgestellt. Eingeteilt ist dieses Kapitel in zwei aufeinanderfolgenden Messtagen mit je 4 Messungen die einen schematischen Tagesverlauf der Lufttemperatur in den unterschiedlichen urbanen Strukturtypen (vgl. Burkert, 1992) darstellen sollen. Die beiden Messtage beginnen jeweils Anfang der Nacht gegen 22:00 Uhr und enden mit der Messung am Nachmittag gegen 16:00 Uhr des darauffolgenden Tages.

Alle Messergebnisse der Fahrradrouen sind in der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ, UTC+2), also jener Zeit die damals tatsächlich vor Ort herrschte, gemessen und dargestellt.

Messtag 1 (02. bis 03. August 2017):

Die Messfahrt in Abbildung 14 stellt den Beginn des ersten Messtages dar und zeigt die klimatische Situation in Bezug auf die Lufttemperatur am Anfang der Nacht vom 02.08.2017, etwa eineinhalb Stunden nach Sonnenuntergang. Somit hat die Globalstrahlung keinen direkten Einfluss auf diese Messung. Die Lufttemperaturen reichen von 25,52 °C bis 29,70 °C. Dabei ist zu erkennen, dass eine niedrigere Lufttemperatur im unverbautem Bereich der landwirtschaftlichen Flächen herrscht. Der Übergangsbereich der Lufttemperaturveränderung von landwirtschaftlichen zu bebauten Strukturen beträgt unter hundert Meter. An diesem Abend kommt es zwischen den landwirtschaftlichen Flächen und der Bebauung zu Differenzen der Lufttemperatur von bis zu 4°C. Für diesen Zeitraum kann man anhand der Messergebnisse behaupten, dass der Wirkungsbereich der kaltluftproduzierenden landwirtschaftlichen Flächen nur Lufttemperaturen in den unmittelbar angrenzenden Bebauungsstrukturen beeinflusst.

Um 03:10 morgens des darauffolgenden Tages ist in Abbildung 15 zu erkennen, dass die Unterschiede der Lufttemperatur zwischen Feld und Bebauung im Laufe der Nacht mit einer Differenz um die 4 °C nahezu gleichgeblieben sind. Die Gesamtheit der Lufttemperaturwerte sinkt bis zu den Morgenstunden aber um bis zu 5 °C gegenüber den Messwerten des Vorabends ab. Auffällig sind hierbei die Übergangszonen hinein in die östlich des Donaufeldes gelegene Bebauung, welche stellenweise kühlere Temperaturen gegenüber der Aufnahme vom Vorabend aufweisen.

Am Vormittag des 03.08.2017 zeigt sich die Lufttemperatur entlang der Runde relativ ausgeglichen und pendelt sich flächenweit zwischen 29 °C und 30 °C ein. (Abbildung 16) Gegen Ende der Fahrt ist hier ein kontinuierlicher Anstieg der Lufttemperatur auf über 31 °C festzustellen. Aufgrund technischer Probleme des Datenloggers kam es bei dieser Fahrt zu einem vorzeitigen Abschalten des Gerätes, sodass die letzten 500 Meter der Route, oder knapp 2 Minuten dieser Aufzeichnung fehlen.

Nachmittags, gegen 16:00 Uhr am 03. August 2017 (Abbildung 17), betragen die Höchstwerte der Lufttemperatur entlang der Route zum größten Teil zwischen 37 °C und knappen 38,5°C. Kühlere Zonen mit 36 °C sind hier stellenweise innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Strukturen und im östlichen Bereich der Bebauung auszumachen. Auch bei dieser Messfahrt gab es Probleme mit dem Datenlogger, da dieser sich erst nach wenigen hundert Metern eingeschaltet hatte.



Abbildung 14: Messfahrt am 02.08.2017. Startzeit 21:50 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2). (Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

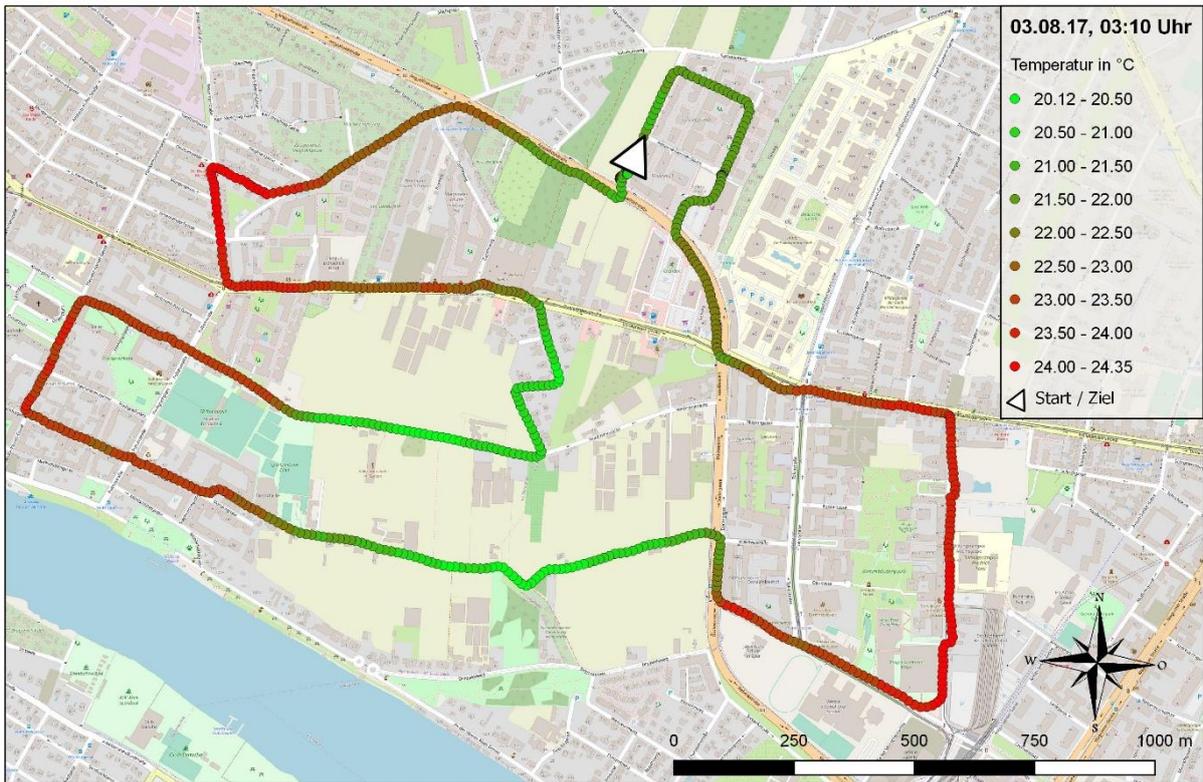


Abbildung 15: Messfahrt am 03.08.2017. Startzeit 03:10 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

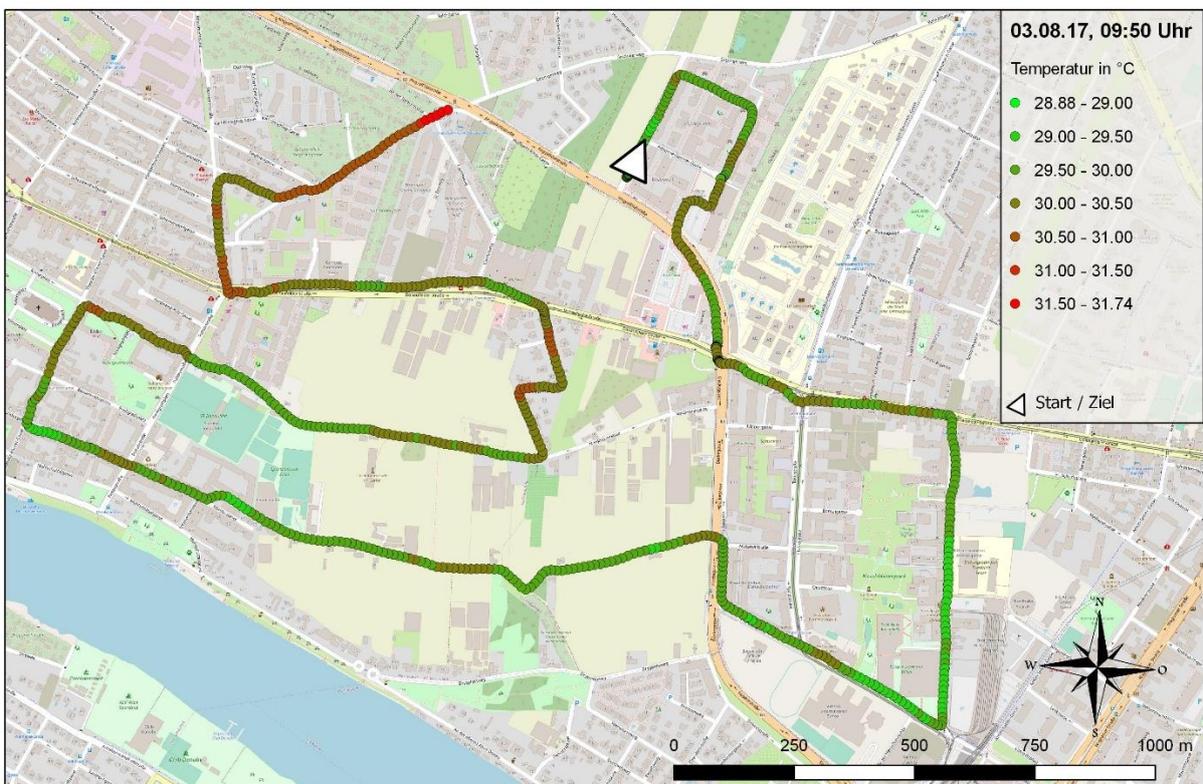


Abbildung 16: Messfahrt am 03.08.2017. Startzeit 09:50 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)



Abbildung 17: Messfahrt am 03.08.2017. Startzeit 15:55 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

Messtag 2 (03. bis 04. August 2017):

Der Lufttemperaturverlauf in Abbildung 18, aufgenommen am 03.08.2017 um 21:20, zeigt so wie am Vorabend ebenfalls einen klaren Unterschied der Messwerte zwischen den Feldern und der Bebauung. Auffällig in der zweiten Messnacht ist die allgemein etwas höhere Lufttemperatur in den landwirtschaftlichen Strukturen im Vergleich zum Vortag. Die Lufttemperatur bewegt sich zwischen 27 °C auf den Feldern und knappen 30 °C in der Bebauung, womit die Differenz um die 3 °C beträgt.

Am 04.08.2017 gegen 04:00 morgens (Abbildung 19) ist die Lufttemperatur in den landwirtschaftlichen Flächen auf bis zu 21°C abgekühlt. Im Vergleich zum Vortag ist die Lufttemperatur zu diesem Zeitpunkt um etwa 1 °C höher. Die Maximaltemperatur liegt zu dieser Tageszeit bei knapp über 25 °C. Verglichen mit der Temperaturdifferenz zwischen Feldern und Bebauung zum Vorabend, ist diese von 3 °C auf 4 °C gestiegen.

Am Vormittag des zweiten Messtages (Abbildung 20) ist wie am Vormittag des Vortages ein Anstieg der Lufttemperatur während der Messfahrt erkennbar. So kommt es im letzten Teil der Route zu einem Lufttemperatur-Anstieg von bis zu 2 °C am selben Standort (Start / Ziel). Insgesamt ist im Verlauf der zurückgelegten Messfahrt nur ein geringer Unterschied zwischen der Lufttemperatur am Feld und in der Bebauung auszumachen.

Bei der letzten Messfahrt am Nachmittag des 04. August 2017 (Abbildung 21) ist zu erkennen, dass die Lufttemperatur im Vergleich zum Vortag im Allgemeinen um knappe 4 °C kühler ist. Dies ist auch in den Ergebnissen der am Donaufeld verteilten Messstationen (vgl. Kapitel 4.1.) ersichtlich. Die Unterschiede von landwirtschaftlichen Flächen und der Bebauung liegen bei knappen 3 °C.



Abbildung 18: Messfahrt am 03.08.2017. Startzeit 21:20 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

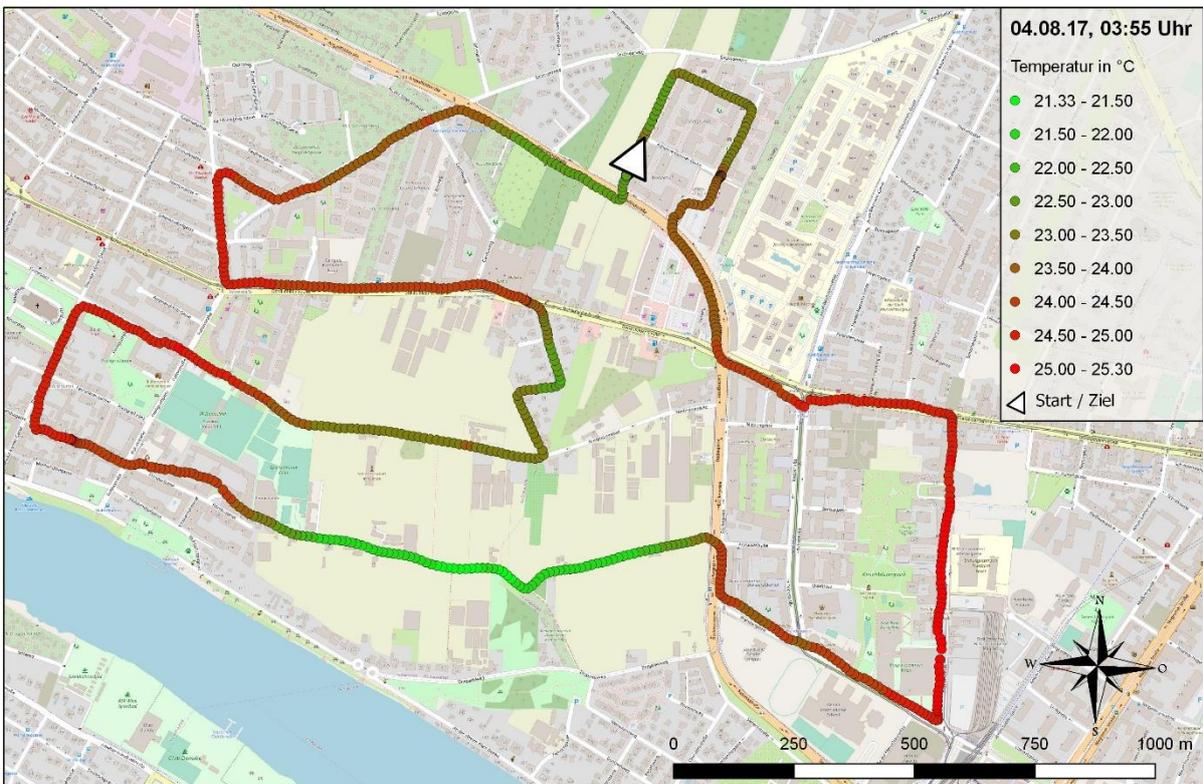


Abbildung 19: Messfahrt am 04.08.2017. Startzeit 03:55 Uhr. (Zeitangabe in MESZ (UTC+2)).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

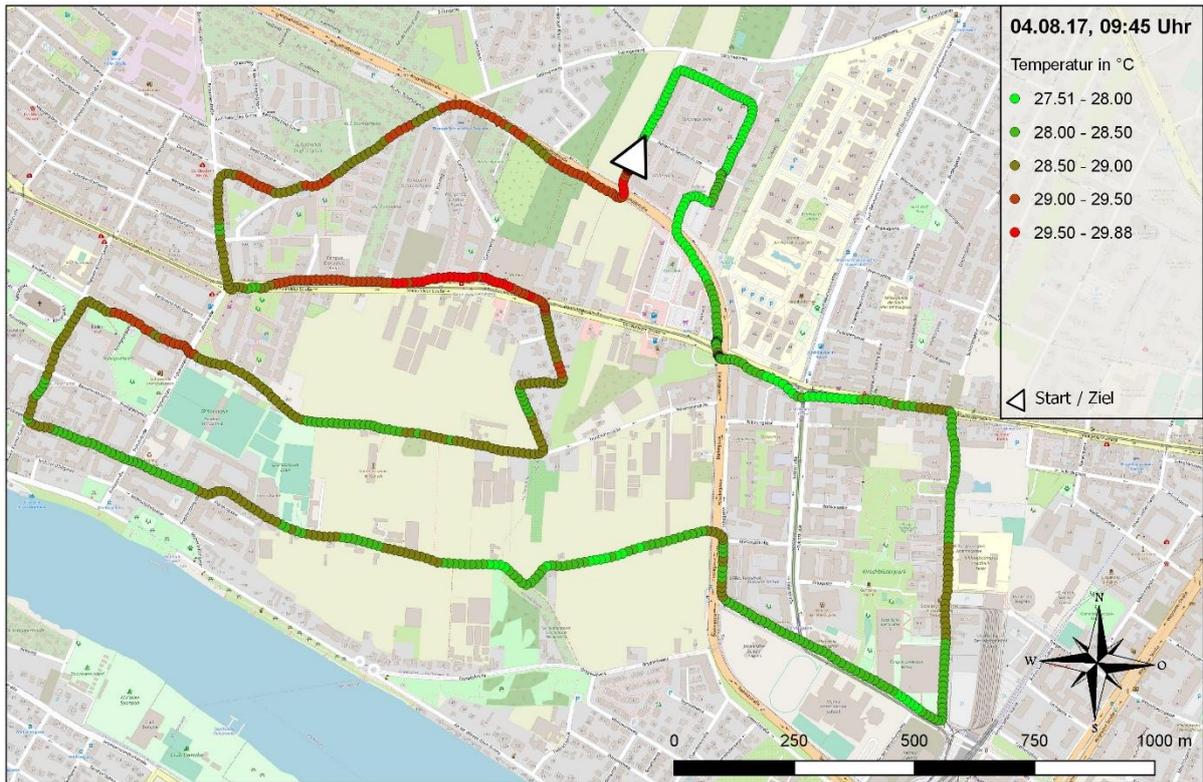


Abbildung 20: Messfahrt am 04.08.2017. Startzeit 09:45 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)



Abbildung 21: Messfahrt am 04.08.2017. Startzeit 16:00 Uhr. Zeitangabe in MESZ (UTC+2).
(Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

4.3. LUFTMASSENBEWEGUNG UND WINDRICHTUNGEN

Die Bewegung der Luftmassen am Donaufeld wird in diesem Kapitel anhand von relativen Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungs-Messwerte der vier Standorte am Donaufeld dargestellt. In Form eines nördlich ausgerichteten Kreisdiagramms werden die Windrichtungen der beiden Untersuchungs Nächte über den Zeitraum von 22 Uhr abends bis 6 Uhr morgens gezeigt. Dieser Zeitraum wurde ausgewählt, da die durch die Globalstrahlung entstehenden Luftmassenbewegungen zu dieser Zeit nur eine untergeordnete Rolle spielen und somit der Fragestellung dieser Masterarbeit entspricht. Dargestellt werden die Messergebnisse der beiden windschwachen Nächte vom 02. bis 04. August 2017.

Für ein größeres Bild der lokalklimatischen Situation an den einzelnen Messtandorten werden ebenso die Parameter Windstärke, Windrichtung und Lufttemperatur dieser Standorte in einer detaillierten Darstellung hinzugefügt.

Um eine Vergleichbarkeit mit einer übergeordneten Wetterlage in Wien zu bekommen, werden zusätzlich die Messwerte desselben Zeitraumes des Institutes für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien am Dach des Schwackhöferhaus hinzugenommen. Diese sind in der folgenden Abbildung 22 zu sehen. Hier fällt auf, dass die Windgeschwindigkeit in den beiden Untersuchungs Nächten ebenso deutlich geringer ist als untertags. Dabei werden Messwerte bis zu 2 m/s erreicht. Auch die Ergebnisse der Windrichtung sind den am Donaufeld gemessenen Werten ähnlich. Dabei dreht der Wind in der Nacht vom 02.08.2017 zum 03.08.2017 von einer Nord-Westrichtung zu einer Südrichtung, welche über den Tag des 03.08.2017 bis zu den Abendstunden anhält. Anschließend dreht der Wind wieder in der Nacht vom 03.08.2017 zum 04.08.2017 auf Nord-West. Zusammenfassend lässt sich somit für den für diese Arbeit ausgewählten dreitägigen Untersuchungszeitraum eine Windrichtung über Wien von Nord-West hin zu Süd und zurück zu Nord-West feststellen. Diese Ergebnisse der Windrichtung lassen sich auch in den unter Tags erhobenen Messwerten der Standorte am Donaufeld finden. Zu Unterschieden kommt es diesbezüglich nur in den beiden Untersuchungs Nächten an den Messtandorten im Donaufeld. Eine genaue Auswertung davon befindet sich weiter unten in diesem Kapitel.

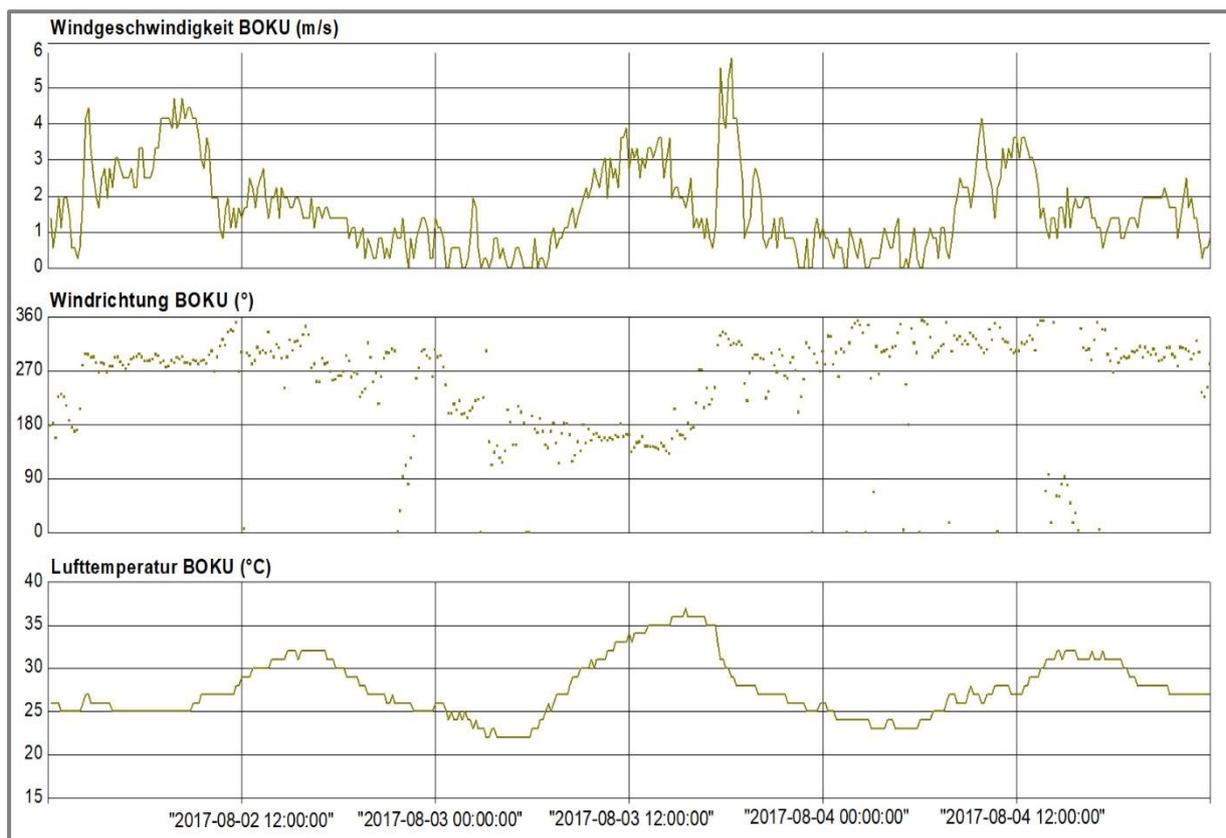


Abbildung 22: Messwerte der Station BOKU Schwachhöfer-Haus. Zeitangaben in MEZ (UTC+1). (BOKU-Met, 2017)

Anschließend werden die Ergebnisse der einzelnen Messstandorte genauer betrachtet. Am Ende dieses Kapitels befinden sich die dargestellten Messergebnisse für jeden Messstandort. Insgesamt lässt sich vorweg nehmen, dass es bei allen Ergebnissen der Windrichtungsmessungen sicherlich auch Einflüsse übergeordneter Luftmassenbewegungen höherer Lagen gegeben hat, welche in dieser Masterarbeit jedoch nicht im Untersuchungsgebiet Donaufeld mitgemessen wurden.

Die gemessenen Werte der Windrichtung an der Messstation im Zentrum des Donaufeldes (Abbildung 23) zeigen in beiden Nächten hauptsächlich Luftmassen aus Richtung Osten kommend. In der ersten Nacht ist zudem auch ein Süd-Einfluss erkennbar. Dieser macht sich erst in der zweiten Nachthälfte bemerkbar. Die zweite Nacht ist ebenso tendenziell mehr von einer Ostrichtung bestimmt. Hier kommt es teilweise auch zu einem Nord- bis Nord-Ost-Einfluss.

An der Messstation im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Abbildung 24) wurde in beiden Nächten größtenteils eine Windrichtung zwischen Süd und Süd-West

gemessen. Auffällig hierbei ist die Nähe zur alten Donau und der eventuelle Einfluss dieser großen und offenen stillen Wasserfläche.

Im Osten des Donaufeldes (Abbildung 25) ist die Luftmassenbewegung in beiden Untersuchungs Nächten hauptsächlich von einer Nord-Richtung bestimmt. Möglicherweise besteht hier eine Beeinflussung der Luftmassenbewegungen aufgrund einer Leitstruktur im östlich gelegenen Grenzbereich des Donaufeldes hin zur Straße. Dort befindet sich nämlich eine relativ hohe Lärmschutzwand, welche die landwirtschaftlichen Flächen zum großen Teil von der Straße und der dahinter gelegenen Bebauung abtrennt.

Bei den Messungen am nördlichen Standort (Abbildung 26) zeigt sich ein unterschiedliches Bild zwischen den beiden Nächten. In der ersten Nacht findet eine Luftmassenbewegung von Richtung West hin zu Süd statt. In der zweiten Nacht ist eine klare West-Tendenz erkennbar. An diesem Standort herrschten ähnliche Bedingungen wie an der Messtation auf dem Schwackhöferhaus der BOKU Wien, was auf einen klaren Einfluss der übergeordneten Luftmassenbewegungen schließen lässt.

Zusammenfassend zeigt sich ein sehr komplexes und teils sehr differenziertes Bild der nächtlichen Luftmassenbewegungen am Donaufeld. Zahlreiche Faktoren führen zu Beeinflussungen der Messergebnisse und machen eine Interpretation mit den hierfür verwendeten Messmethoden sehr vage und schwierig. Im folgenden Kapitel wird versucht, Aussagen und Interpretationen zu den dargelegten Ergebnissen zu treffen.

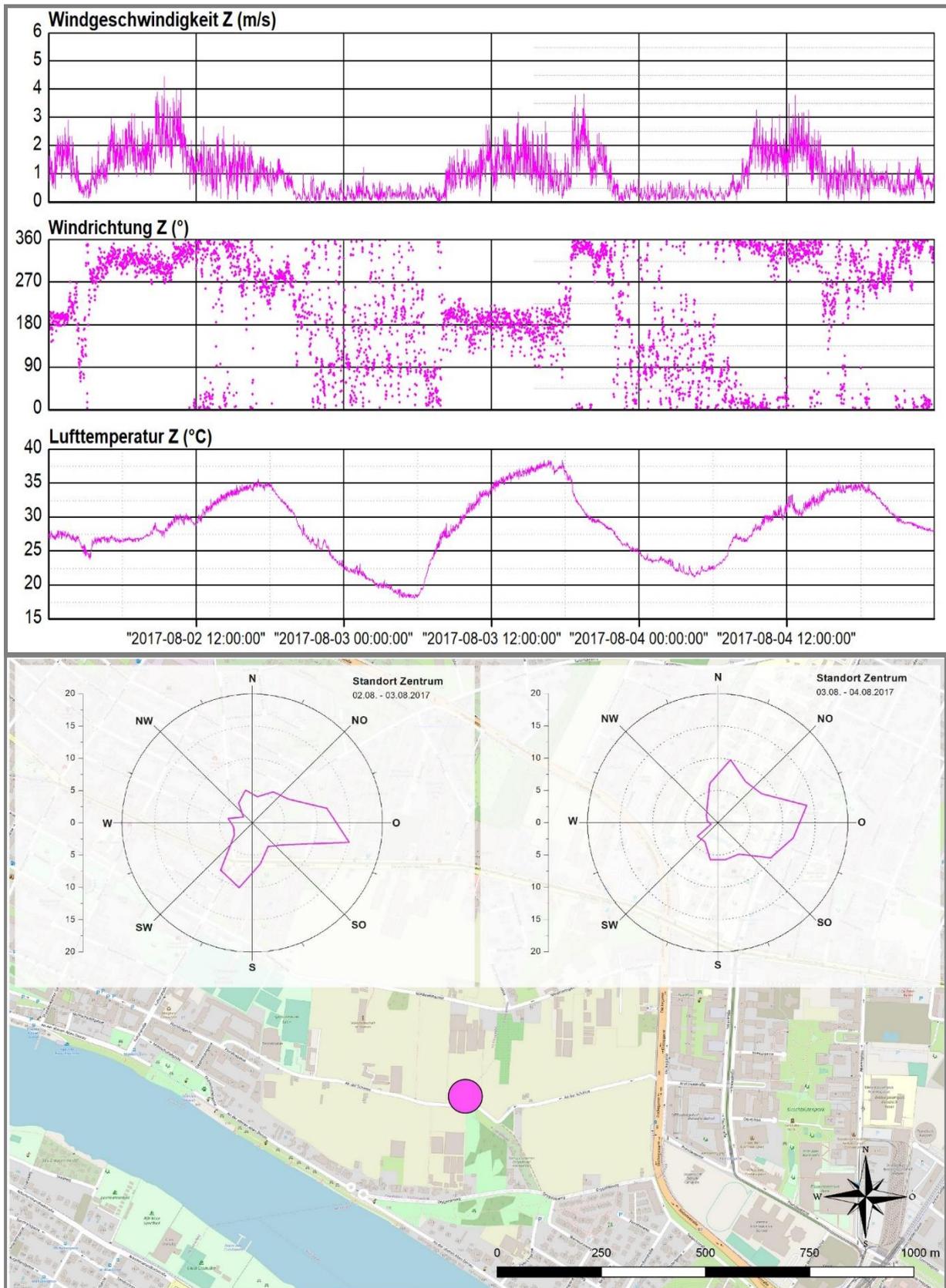


Abbildung 23: Messergebnisse Standort Feld Zentrum von 02.08. – 04.08.2017 und relative Häufigkeitsverteilung der gemessenen Windrichtungen am Standort Zentrum der beiden Nächte vom 02.08. - 04.08.2017, jeweils 22:00 - 06:00 Uhr (Äußerer Ring entspricht 20 % der Verteilung). Zeitangaben in MEZ (UTC+1). (Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

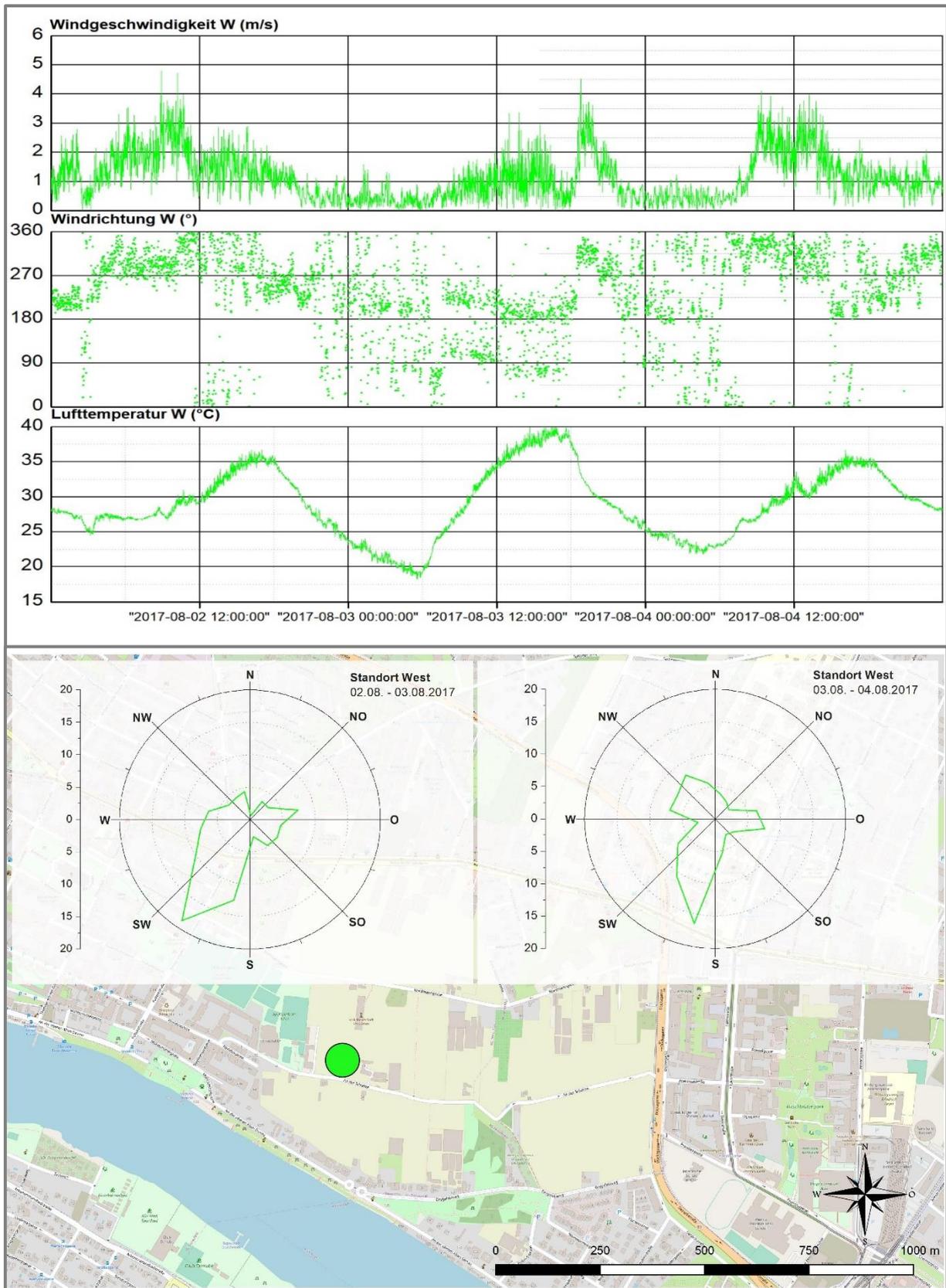


Abbildung 24: Messergebnisse Standort Feld West von 02.08. – 04.08.2017 und relative Häufigkeitsverteilung der gemessenen Windrichtungen am Standort West der beiden Nächte vom 02.08. - 04.08.2017, jeweils 22:00 - 06:00 Uhr (Äußerer Ring entspricht 20 % der Verteilung). Zeitangaben in MEZ (UTC+1). (Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

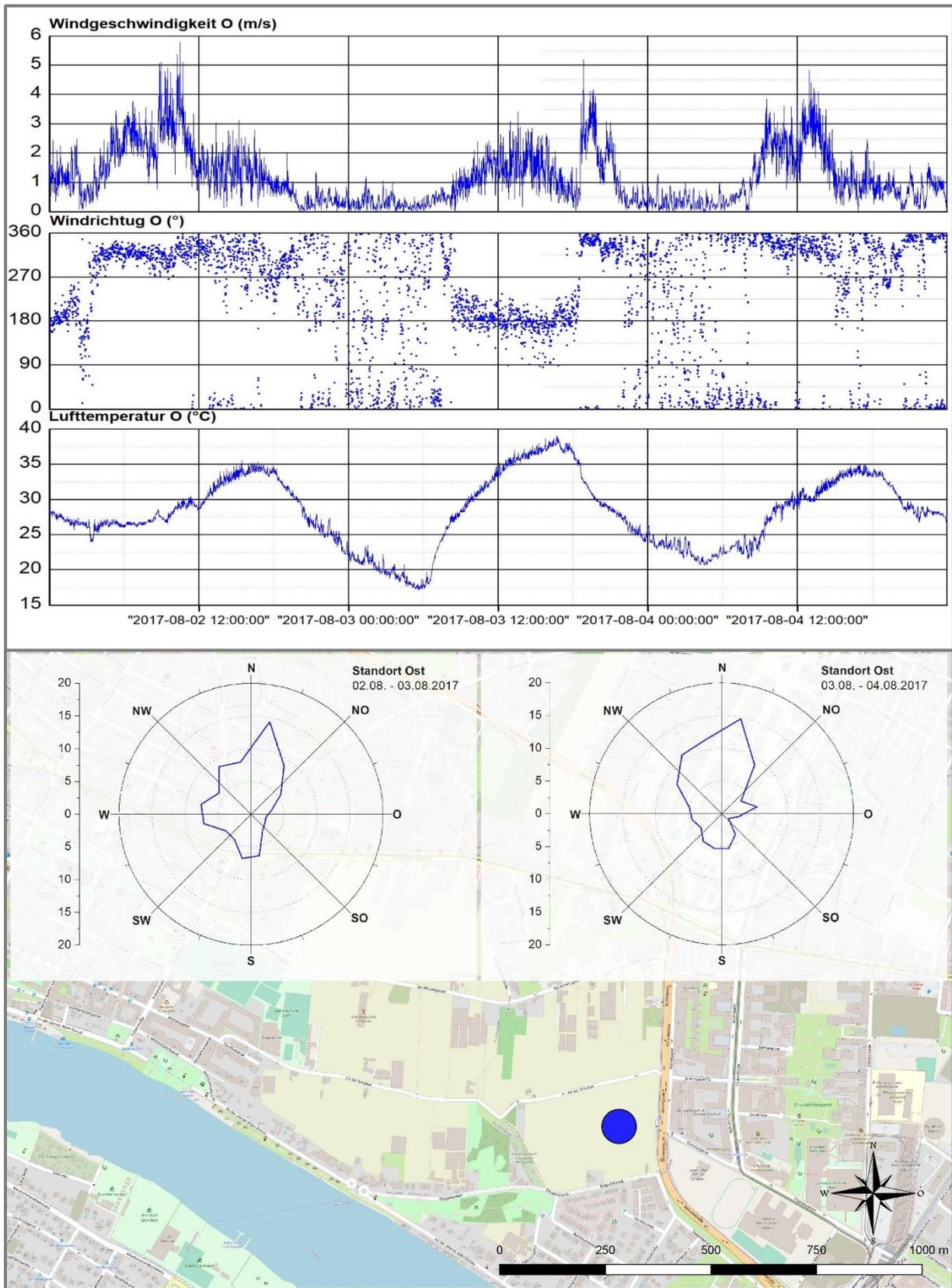


Abbildung 25: Messergebnisse Standort Feld Ost von 02.08. – 04.08.2017 und relative Häufigkeitsverteilung der gemessenen Windrichtungen am Standort Ost der beiden Nächte vom 02.08. - 04.08.2017, jeweils 22:00 - 06:00 Uhr (Äußerer Ring entspricht 20 % der Verteilung). Zeitangaben in MEZ (UTC+1). (Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

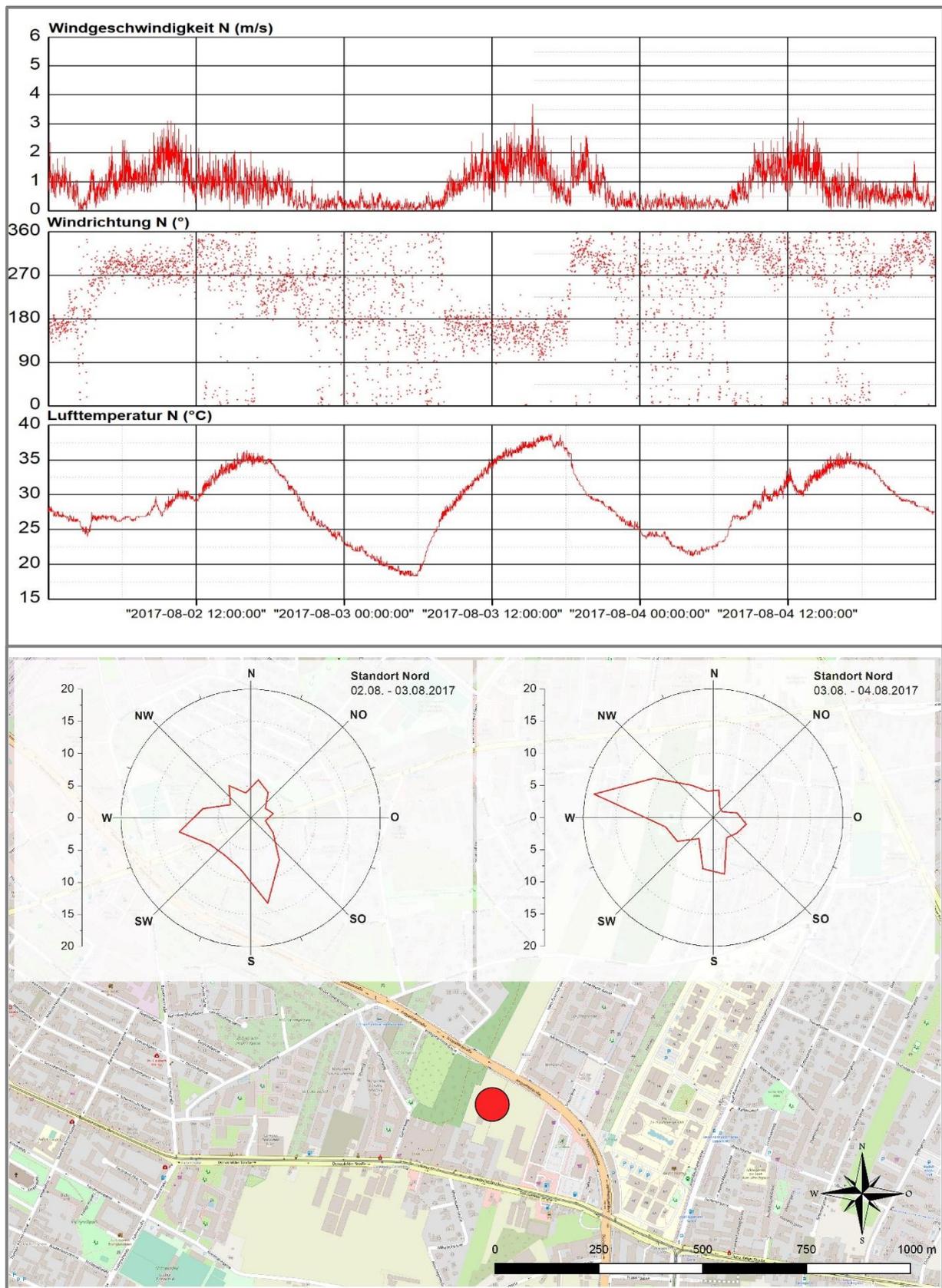


Abbildung 26: Messergebnisse Standort Feld Nord von 02.08. – 04.08.2017 und relative Häufigkeitsverteilung der gemessenen Windrichtungen am Standort Nord der beiden Nächte vom 02.08. - 04.08.2017, jeweils 22:00 - 06:00 Uhr (Äußerer Ring entspricht 20 % der Verteilung). Zeitangaben in MEZ (UTC+1). (Kartengrundlage von Openstreetmap.org)

5. DISKUSSION & INTERPRETATION

Die Ergebnisse der Fragestellung bezüglich der Lufttemperatur-Unterschiede zwischen urbanen Landwirtschaftsflächen und deren umgebenden Bebauungsstrukturen sind anhand der gemessenen Werte insgesamt als korrelierend mit der zugrundeliegenden Literatur zu bezeichnen. Bei den Erhebungen der Luftmassenbewegungen in windstillen Sommernächten ist kein klares Bild zu zeichnen und die Aussagen sind nur als Anreize für die Diskussion und weitere Forschungen auf diesem Gebiet zu verstehen. Zu erkennen sind jedoch Tendenzen und mögliche Einflussfaktoren, welche die Gegebenheiten vor Ort vorgeben, jedoch sind diese Ergebnisse zu wenig, um eine sichere Aussage über die Bewegung der Kaltluftmassen am Donauefeld treffen zu können.

5.1. LUFTTEMPERATUR

Sowohl die Messungen an den vier Messstandorten in den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den drei Messstandorten in der umliegenden Bebauung als auch die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen mit dem Fahrrad zeigen über den Untersuchungsverlauf vor allem in den Nächten deutliche Unterschiede der Lufttemperatur zwischen Landwirtschaft und Bebauung. Es ist erkennbar, dass es in den Nächten zu einer klar erkennbaren Abkühlung der Luft in den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Donauefeld kommt. Somit bestätigen sich die Messergebnisse mit der dieser Masterarbeit zugrundeliegenden Literatur. (vgl. Kapitel 2.1.5.)

Verglichen dazu, ist an den Messstandorten in der Bebauung eine deutlich geringere Abkühlung in der Nacht zu beobachten. Dies war aufgrund der dieser Arbeit zugrundeliegenden Literatur so auch anzunehmen. Aufgrund der anthropogenen Einflüsse des urbanen Energiehaushaltes und der Verwendung städtischer Baumaterialien kommt es zu einer Speicherung und Abstrahlung der Wärme in bebauten Gebieten, was wiederum die Abkühlung der Lufttemperaturen in der Nacht unterbindet. (Kuttler, 1993; Fezer, 1995; Oke, 2017)

Ein typischer Tagesgang der Lufttemperatur-Messergebnisse dieser Masterarbeit ist wie folgt zu beschreiben: Von Sonnenaufgang gegen 06.00 Uhr morgens bis in die frühen Abendstunden gegen 18:00 Uhr liegen die Unterschiede in der Lufttemperatur Feld und Bebauung bei maximal 2°C. Die einzige Ausnahme stellt der Messtandort Ost dar. Hier liegen die Unterschiede auch untertags bei bis zu 3°C. Dies ist möglicherweise auf eine starke Bewässerung untertags im Bereich dieser Messtation zurückzuführen.

Während des fortschreitendem Abendverlaufes beginnen sich die am Feld gemessenen Lufttemperaturen von den Werten in der umliegenden Bebauung deutlicher zu differenzieren. Mit sinkendem Sonnenstand, gegen 20 Uhr liegen die Unterschiede in der Lufttemperatur bei 3-4°C. Ab diesem Zeitpunkt ist bei allen Messtandorten eine zunehmende Abweichung zwischen der Lufttemperatur am Feld und in der Bebauung auszumachen. Am deutlichsten ist die Abkühlung mit Unterschieden bis zu 5°C in den Stunden vor Sonnenaufgang (04:00 bis 05:00 Uhr) erkennbar. Mit dem Tagesanbruch und dem Sonnenaufgang (05:00 bis 07:00 Uhr), unter Einfluss der stetig stärker werdenden Globalstrahlung, kommt es zu dieser Tageszeit wieder zu einer Annäherung der Lufttemperaturwerte der landwirtschaftlichen Flächen und der Bebauung und die Differenz nimmt ab.

Zusammengefasst ist daher aufgrund der Ergebnisse dieser Messungen zu sagen, dass die Abkühlung der Luftmassen in den landwirtschaftlichen Flächen deutlich stärker ist als in den urbanen und bebauten Strukturen und, dass die Lufttemperaturunterschiede zwischen den beiden urbanen Strukturtypen (Feld und Bebauung) in den frühen Morgenstunden vor Sonnenaufgang im stärksten sind. (Burkert, 1992)

Erwähnenswert ist hierbei noch der Unterschied der nächtlichen Lufttemperaturdifferenz des Messtandortes Feld Nord im Vergleich zu den drei anderen Stationen. Die Unterschiede in den Lufttemperaturwerten betragen an dem Standort Nord nur 3 °C in der Nacht, wobei an allen anderen Standorten bis zu 5 °C Differenz gemessen wurde. Die könnte ein Indiz für den Zusammenhang der Flächengröße einer Grünfläche und der erreichbaren Lufttemperaturdifferenz sein (s. Abbildung 3). (Stülpnagel, 1987 in Kuttler 1993)

5.2. WIRKUNGSBEREICH DER KALTLUFTMASSEN

Anhand der Messungen der Lufttemperatur-Verteilung entlang der mit dem Fahrrad zurückgelegten Route zeigen die Ergebnisse ein ähnliches Bild wie jene an den Messstandorten am Feld und in der Bebauung. Über den Tagesverlauf verteilt, zeigt sich, dass unter Tags die Lufttemperatur am Feld und in der Bebauung ähnlich hoch ist. Bei den Messfahrten in der Nacht hingegen, werden deutliche Unterschiede in der Lufttemperatur erkennbar. Anschließend werden anhand der verschiedenen Tageszeiten die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen mit dem Fahrrad genauer betrachtet und interpretiert.

Messfahrten um 22:00 Uhr:

Am ersten Abend der Erhebungen zeigt sich mit bis zu 4°C Unterschied in der Lufttemperatur zwischen den Feldern und der Bebauung ein klares und zu erwartendes Bild. Auch die Messfahrt am Abend darauf bringt ein ähnliches Ergebnis mit Differenzen mit bis zu 3°C. Klar zu erkennen ist der abrupte Übergangsbereich zwischen dem Donaufeld und den umliegenden bebauten Strukturen. Hier ändert sich die Lufttemperatur vom Feld hinein in die Bebauung in nur wenigen Metern. Dies zeigt, dass der Einfluss der kaltluftproduzierenden landwirtschaftlichen Flächen für die umliegende Bebauung zu diesem Zeitpunkt nur ein geringer ist und dieser bereits nach wenigen Metern innerhalb der bebauten Strukturen verschwindet. In Anlehnung an Burkert (1992) ist also festzustellen, dass am Anfang der Nacht das Donaufeld als Ausgleichsfläche nur einen direkten Einfluss für die unmittelbar angrenzende Bebauung darstellt. Da diese Flächen zum Teil auch immer wieder entlang der Übergangsbereiche physische Grenzstrukturen wie beispielsweise Lärmschutzwände oder Mauern aufweisen, ist der Austausch der Luftmassen somit eingeschränkt und nahezu unterbunden.

Messfahrten um 04:00 Uhr:

Die erste Messfahrt am Morgen des 03.08.2017 zeigt eine leichte Veränderung der Situation in den Übergangsbereichen. Dabei ist zu erkennen, dass die Lufttemperatur in diesen Bereichen geringer ist als am Anfang der Nacht und, dass generell die kühleren Luftmassen weiter in die Bebauung eindringen. Somit kann in dieser Nacht, trotz geringer Windgeschwindigkeiten von unter 1 m/s, von einer Bewegung der

kühleren Luftmassen in die Bebauung hinein und eines aktiv stattgefundenen Kaltluftflusses in Form eines Flurwindes ausgegangen werden. (Barlag et al., 1991)

Messfahrten um 10:00 Uhr:

Bei den Erhebungen am Vormittag sind im Vergleich zu den anderen Tageszeiten die geringsten Lufttemperatur-Unterschiede zwischen den Feldern und der umliegenden Bebauung auszumachen. Dies ist mit der fortgeschrittenen Uhrzeit, der Strahlungswetterlage und der daraus resultierenden zunehmenden Intensität der Sonneneinstrahlung zu dieser Tageszeit zu erklären. Den Einfluss der steigenden Globalstrahlung kann man auch anhand der im Laufe der zurückgelegten Messfahrten an der steigenden Lufttemperatur erkennen. Zusammengefasst kann man daher behaupten, dass es am Vormittag kaum Unterschiede der Lufttemperatur zwischen dem Donaufeld und der Bebauung gibt und daher auch keine kühlende Wirkung der landwirtschaftlichen Flächen stattfinden kann.

Messfahrten um 16:00 Uhr:

Am ersten Messtag sind nur vereinzelt kühlere Zonen entlang der Route erkennbar. Dabei werden Lufttemperatur-Unterschiede von bis zu 2°C erreicht. Eine klar kühlere Zone ist im östlichen Bereich der landwirtschaftlichen Flächen zu erkennen. Hier kann man von einer Bewässerung der dort angebauten Kultur (Süßkartoffeln) ausgehen und einer damit verbundenen Abkühlung der umgebenden Luftmassen. Interessant ist auch die kühlere Zone innerhalb der Bebauung im Osten. Dafür verantwortlich ist höchstwahrscheinlich die Ausrichtung der Straße. Diese hat eine Nord-Süd-Lage und ist im westlichen Teil durch eine mehrgeschossigere geschlossene Bebauung abgegrenzt. Somit hat die direkte Sonneneinstrahlung zum Zeitpunkt der Messfahrt keine Einwirkung auf die Messwerte. Generell ist bei dieser Fahrt kein typisch homogener Verlauf der Lufttemperatur entlang der Route auszumachen. Immer wieder sind Zonen mit 1-2°C Unterschied zu erkennen. Eine genaue Beschreibung für diese Messergebnisse kann hier nicht angeführt werden, jedoch lässt sich vermuten, dass die Messwerte der kühleren Zonen eventuell durch Schattenwurf, Bewässerung oder Begrünung entlang der Route zustande kommen.

5.3. BEWEGUNG DER KALTLUFTMASSEN

Aufgrund der Unterschiede in der Lufttemperatur zwischen landwirtschaftlichen Flächen und der Bebauung wurde zu Beginn der Arbeit davon ausgegangen, dass es innerhalb der Stadt, wie schon bei Burkert (1992) erwähnt, zu einer Luftmassenbewegung von kühleren, hin zu wärmeren Gebieten kommt. Diese sogenannten Flurwinde sollten Mithilfe der verwendeten Messinstrumente, welche auch Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s aufzeichnen können, gemessen werden. So wurde untersucht, ob es an den einzelnen Messstandorten im Donauefeld in den beiden Untersuchungs Nächten vom 02. bis 04. August 2017 zu Luftmassenbewegungen mit einer tendenziell gleichbleibenden Windrichtung gekommen ist. Die Messungen fallen jedoch von Standort zu Standort sehr unterschiedlich aus.

Eine einheitliche Bewegungsrichtung der Luftmassen am Donauefeld ist daher mit den verwendeten Messmethoden nicht erkennbar und dadurch sehr schwer interpretierbar. Vermutungen lassen sich aufstellen in Bezug auf unterschiedliche Einflussfaktoren an den Messstandorten. Dazu zählen die unmittelbaren Strukturen um die Messinstrumente. Gemeint sind damit die umgebenden Anbaukulturen, die Höhe des Bewuchses, die Intensität, Dauer und Art der Bewässerung, die Bebauung innerhalb der landwirtschaftlichen Flächen und viele weitere direkte und indirekte Einflussfaktoren an den Standorten selbst. Zudem kommen übergeordnete Einflüsse hinzu, wie beispielsweise höher gelegenen Luftmassenbewegungen über der Stadt oder die Nähe zur alten Donau, welche mit ihrer offenen Fläche und dem im August bereits aufgewärmten Wasserkörper ebenso im Stande ist Luftaustauschprozesse zu beeinflussen.

Festzuhalten sind jedoch Unterschiede im Vergleich zu der übergeordneten Windrichtung, die zu dieser Zeit über Wien vorherrschte. Vergleichen kann man dies anhand der Messwerte welche im selben Zeitraum an der BOKU Wien am Dach des Schwackhöferhauses (Abbildung 24) gemessen wurden. Dabei hatte nur der Messstandort Nord ähnliche Werte. Alle anderen Messstandorte im Donauefeld zeigen unterschiedlichste Messergebnisse in Bezug auf die Luftmassenbewegung am Feld und es ist anzunehmen, dass diese, wie bereits oben erwähnt, durch verschiedene Einflussfaktoren bestimmt sind.

6. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Obwohl die Untersuchungsbedingungen mit nahezu windstillen Nächten sehr gut für die Fragestellungen dieser Arbeit waren, muss rückblickend davon ausgegangen werden, dass die verwendeten Messinstrumente nicht das Gesamtbild der Luftmassenbewegungen am Donaufeld widerspiegeln können. Es ist davon auszugehen, dass übergeordnete Windsysteme und zahlreiche weitere Faktoren, wie beispielsweise die Nähe zur Alten Donau, das flache und ebene Terrain des Donaufeldes, sowie kleinteilige Strukturen, Grenzen und räumliche Hindernisse eine aussagekräftige Interpretation der Messergebnisse sehr schwierig gestalten. Das zeigt die hohe Komplexität dieser Art von meteorologischen Messungen von Windstärken im Kalmenbereich. Es zeigt aber auch, wie wichtig daher künftige Arbeiten auf diesem Gebiet in der Stadtklimaforschung sind und welche Bedeutung diese für weitere Planungsdisziplinen, wie die Stadt- oder Freiraumplanung für die Entwicklung klimaresilienter Stadtviertel und Siedlungsgebiete haben.

Was die Reduktion der Lufttemperatur angeht, zeigen die Ergebnisse dieser Masterarbeit jedoch deutlich, wie wichtig die Funktion von urbanen landwirtschaftlich genutzten Flächen in Hinblick auf deren klimaregulierenden Eigenschaften ist. Durch die nächtliche Abkühlung der Luftmassen innerhalb der landwirtschaftlichen Strukturen kommt es für die angrenzende Bebauung und vor allem für die dort lebende Bevölkerung zu einer klaren Verbesserung der klimatischen Situation in sommerlichen Hitzeperioden. Auch wenn die Messungen dieser Arbeit zeigen, dass die Wirkung dieser Flächen schon nach wenigen Metern in der Bebauung klar schwächer wird, trägt die urbane Landwirtschaft dennoch einen großen Teil zur Verbesserung der Lebensqualität in Form einer Naherholungsfläche mit multifunktionalem Charakter bei. Die urbane Landwirtschaft kann deshalb als gut dienende „Ökosystemdienstleisterin“ und „Klimaverbessererin“ für die Stadt bezeichnet werden.

Für weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet wäre es interessant, wie sich die Luftmassen, unter Miteinbeziehung weiterer gut ausgewählter Messparameter über einen längeren Zeitraum verhalten und ob dadurch eventuell konkretere Aussagen über den Wirkungsgrad und das Bewegungsverhalten von Kaltluftmassen im städtischen Raum getroffen werden können.

7. LITERATUR- UND ABBILDUNGSQUELLEN

7.1. LITERATURQUELLEN:

Barlag A. B., Kuttler W. (1991): The significance of country breezes for urban planing. Energy and Bulidings 15/16, S. 291-297

BauGB -Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl S. 2414), das zuletzt durch den Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl S.1722) geändert worden ist.

Bock S., Hinzen A., Libbe J., Preuß T., Simon A., Zwicker-Schwarm D. (2013): Urbanes Landmanagement in Stadt und Region: Urbane Landwirtschaft, urbanes Gärtnern und Agrobusiness. Deutsches Institut für Urbanistik.

Brandenburg C., Damyanovic D., Reinwald F., Alex B., Gantner B., Czachs C. (2015): Urban Heat Island Strategieplan Wien. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22.

Burkert F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate – Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen (am Beispiel der Stadt Hannover). Dissertation.

Deelstra T., Girardet H. (2000): Urban Agriculture and Sustainable Cities. In Bakker N., Dubbeling M., Gundel S., Sabel-Koshella U., de Zeeuw H. (2000): Growing Cities, Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda. Current Urban Studies, Vol.3 No.4, pp.43-66.

FAO. (1999): Issues in Urban Agriculture: Studies suggest that up to Two-Thirds of City and Peri-Urban Households are involved in Urban Farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Spotlight 1999.

Fezer F. (1995): Das Klima der Städte. Justus Perthes Verlag Gotha.

Golden J.S. (2004): The Built Environment Induced Urban Heat Island Effect in Rapidly Urbanizing Arid Regions – A Sustainable Urban Engineering Complexity. Environmental Sciences Vol. 1, pp. 1-29.

Howard L. (1833): The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations Made in the Metropolis and at Various Places Around it. Band 1,

Harvey and Darton, J. and A. Arch, Longman, Hatchard, S. Highley and R. Hunter, London.

Karpe H.-J., Kress R., Mai H., Reuter W., Roth D., Schulz V., Werner G. (1979): Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftreihe Raumordnung 0.6032, Bundesministerium f. Raumordnung , Bauwesen und Städtebau , Bonn.

Kiese O. und Otto G. (1986): Windanalyse der Stadt Dortmund. Unveröff. Endbericht i. A. des Kommunalverband Ruhrgebiet, Essen. (in Dissertation Burkert F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate – Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen (am Beispiel der Stadt Hannover).

King E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefährdung durch Straßenverkehr. Bericht d. Dt. Wetterdienstes, Nr. 130, Offenbach/Main, S. 24. (in Burkert F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate – Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen (am Beispiel der Stadt Hannover).

Kovats R.S., Hajat S. (2008): Heat Stress and Public Health: A Critical Review. Annual Review of Public Health, Vol. 29, pp. 41-55.

Kuttler W. (1993): Stadtklima. In: Sukopp H., Wittig R. (Hrsg.) (1998): Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Gustav Fischer Verlag Stuttgart

Lehmann P. (1952): Raumeinteilung der klimagebundenen Lithosphäre. Bericht d. Dt. Wetterdienstes – US-Zone, Nr. 42, Offenbach/Main, S .274-276. (in: Burkert F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate – Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen (am Beispiel der Stadt Hannover).

Lohrberg F. (2001): Stadtnahe Landwirtschaft in der Stadt- und Freiraumplanung. Ideengeschichte, Kategorisierung von Konzepten und Hinweise für die zukünftige Planung. Universität Stuttgart.

Mougeot L. (1999): Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials and Risks, and Policy Challenges. International Development Research Centre, Ottawa.

Oke T.R., Mills G., Christen A., Voogt J.A. (2017): Urban Climates. Cambridge University Press 2017.

Richter J., Schnitzler W.H., Gura S. (1995): Vegetable production in periurban areas in the tropics and subtropics: food, income and quality of life – proceedings of an international workshop. Deutsche Stiftung für international Entwicklung (DSE).

Rodermond J., Harm T. (2000): Holland. Remade oder Ready-made? Topos, Heft 31, S. 32-40.

Ropac S., Hofstätter M., Dreisiebner-Lanz S., Orlik A., Lexer A., Andre K., Kernitzkyi M., Kortschak D., Prettenthaler F., Stangl M., Brugger K., Formayer H. (2018): Klimastatusbericht 2017, CCCA (Hrsg.) Wien.

Rößler S., Albrecht J. (2015): Umsetzung freiraumplanerischer Klimaanpassungsmaßnahmen durch stadt- und umweltplanerische Instrumente. In: Knieling J., Müller B., (Hrsg.) (2015): Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung. Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele. 2015 oekom Verlag, München, Band 7 KLIMZUG (Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten), pp. 243 – 270.

Sailor D. (2014): Risks of summertime extreme thermal conditions in buildings as a result of climate change and exacerbation of urban heat islands. Elsevier: Building and Environment Vol. 78 pp. 81-88.

Seher W., Meyer-Cech K. (2004): Beitrag der Stadtlandwirtschaft zur Sicherung städtischer Freiräume, am Beispiel der Stadt Wien. In Land & Raum 3/2004, Wien.

Stemmers K.A., Ramos M.C., Sinou M. (2004): Stadtmorphologie. In: Nikolopoulou M. (Hrsg.): Freiraumplanung unter Berücksichtigung des Bioklimas. Bericht des Projekts RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces – coordinated by CRES, Department of Buildings, S. 19-23; zit. in: Stiles et al (2014) Urban fabric types and microclimate response – assessment and design improvement.

Stierand P. (2008): Stadt und Lebensmittel: Die Bedeutung des städtischen Ernährungssystems für die Stadtentwicklung. Technische Universität Dortmund.

Stierand P. (2014): Speiseräume: Die Ernährungswende beginnt in der Stadt. Oekom Verlag.

Stülpnagel A. (1987): Klimatische Veränderungen in Ballungsgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Ausgleichswirkung von Grünflächen, dargestellt am Beispiel Berlin (West). Dissertation TU Berlin.

Sukopp H., Wittig R. (1993): Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.

Stadt Wien (2014): Agrarstruktureller Entwicklungsplan für Wien (AgSTEP 2014), Magistratsabteilung 58.

Stadt Wien (2022): STEP 2025, Fachkonzept Grün- und Freiraum, Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung

Stadt Wien Bevölkerungszahlen (2016):

<https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/>, am 23.01.2018

Stadt Wien Gemüseernte (2016):

<https://www.wien.gv.at/statistik/wirtschaft/tabellen/gemueseernte-anbauflaeche.html>
am 14.08.2018

Stadt Wien Landwirtschaftsflächen (2018):

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/landschaft-freiraum/landschaft/landwirtschaft/gemuese.html> am 14.08.2018

Stadtentwicklungsplan 2005:

<https://web.archive.org/web/20090422091726/http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/step/zielgebiete/donaufeld.htm> am 21.07.2018

UNDP. (1996): Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities. United Nations Development Programme, New York.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition.

Wirtschaftskammer Österreich, 2018: https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Land_und_Forstwirtschaft

Zimmermann R. (1984): Klimawirkungen städtischer Freiräume in Ludwigshafen am Rhein. Mitt. Pollichia 72, S. 163 – 253 (in Burkert F. M. (1992): Urbane Ausbreitungsklimate – Entwicklung eines Systems zur großmaßstäbigen

Charakterisierung des Luftaustauschpotentials von Stadtstrukturen (am Beispiel der Stadt Hannover).

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) (2018): Österreichisches Klimabulletin Jahr 2017.

7.2. ABBILDUNGSQUELLEN:

Abbildung 1: <https://www.epa.gov/heat-islands/learn-about-heat-islands>, am 15.02.2018

Abbildung 2: Kuttler, 1993, S. 139

Abbildung 3: Stülpnagel, 1987 in Kuttler, 1993, S. 160

Abbildung 4: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/h000073a.pdf>, am 19.08.2021

Abbildung 5: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/zielgebiete/-donaufeld/leitbild.html>, am 18.02.2018

Abbildung 6: Eigene Aufnahme 2017

Abbildung 7: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/zielgebiete/-donaufeld/leitbild.html>, am 18.02.2018

Abbildung 8: eigene Bearbeitung

Abbildung 9: eigene Bearbeitung

Abbildung 10: ZAMG, 2018, S. 5

Abbildung 11: ZAMG, 2018, S. 3

Abbildung 12: eigene Aufnahmen, 2017

Abbildung 13 – 26: eigene Bearbeitung