

Stadtklimaanalyse Wien

Klimatologie und Analysekarte Stadtklima

im Auftrag der MA18 der Stadt Wien



LEAD Mag. Matthias Ratheiser

TEAM Mag. Simon Tschannett

TEAM Isabel Auer, MSc.

TEAM Maria Feichtinger, MSc.

+43 1 522 37 29 **TEL**

info@weatherpark.com **MAIL**

+43 1 522 37 29 11 **FAX**

22. Dezember 2021 **DATE**

Ansprechpartnerin Stadt Wien:

Frau Dipl.-Ing. Kirsten Müllner
Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung
Landschaftsplanung
Rathausstraße 14-16, 7. Stock, Tür 731
A-1080 Wien
Tel: (+43 1) 40000 88 885
Fax: (+43 1) 811 14-99-40000 88 885
Email: kirsten.muellner@wien.gv.at

Kontakt Daten Auftragnehmer Weatherpark GmbH:

Weatherpark GmbH Meteorologische Forschung und Dienstleistungen
Ingenieurbüro für Meteorologie
Gardegasse 3/3
A-1070 Wien
Tel. A: +43 1 522 37 29
Tel. D: +49 152 02 07 91 50
Fax: +43 1 522 37 29 - 11
info@weatherpark.com
www.weatherpark.com

Subauftragnehmer
INKEK GmbH Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
D-34253 Lohfelden
Tel. D: +49 5608 95875 11
Fax: +49 5608 95875 12
info@inkek.de
www.inkek.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Zusammenfassung..... | 4 |
| 1.1 | Einleitung..... | 4 |
| 1.2 | Ziele | 5 |
| 1.3 | Ergebnisse..... | 6 |
| 2 | Klimatologische Messdaten in Wien | 7 |
| 2.1 | Zusammenschau..... | 7 |
| 2.2 | Auswertungsmethodik..... | 11 |
| 2.3 | Auswertung Wind | 12 |
| 2.4 | Auswertung Lufttemperatur | 14 |
| 3 | Methode und Ergebnisse der Stadtklimaanalyse | 25 |
| 3.1 | Einleitung..... | 25 |
| 3.2 | Ziele der Stadtklimaanalyse | 25 |
| 3.3 | Methodik | 26 |
| 3.4 | Beschreibung der Analyseschritte | 30 |
| 3.5 | Themenkarten..... | 31 |
| 3.6 | Klimaanalysekarte | 33 |
| 3.7 | Arbeiten mit der Stadtklimaanalyse in der Praxis | 39 |
| 3.8 | Weitere, allgemein gültige Empfehlungen | 40 |
| 4 | Mikroklimatische Detailuntersuchungen | 42 |
| 4.1 | Einleitung..... | 42 |
| 4.2 | Allgemeines – Skalenfrage | 42 |
| 4.3 | Arten von Detailstudien: ein Überblick..... | 44 |
| 4.4 | Beispiele für projektspezifische Detailempfehlungen | 46 |
| 5 | Literatur | 48 |
| 6 | Anhang | 49 |
| 6.1 | Abbildungen zu den klimatologischen Messdaten | 49 |
| 6.2 | Verkleinerte Ergebniskarten..... | 50 |
| 7 | Haftungseinschränkung..... | 54 |

1 Zusammenfassung

1.1 Einleitung

In Österreich wird die Klimakrise von Jahr zu Jahr stärker bemerkbar. Speziell für Städte ist das Auftreten von heißen Tagen und Hitzewellen eine besondere Herausforderung (siehe Abb. 1.1). In der Stadtplanung waren diese Themen noch bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein keine Herausforderung, da Hitzewellen seltene Extremereignisse waren. Dies hat sich dramatisch geändert. Mittlerweile sind lange und häufige Hitzewellen jeden Sommer auf der Tagesordnung. Zusätzlich kommt das „Urban Heat Island“, also die städtische Wärmeinsel. Sie bezeichnet das Phänomen, dass die Stadt im Jahresmittel und in der Nacht wärmer ist als das Umland. Dies beeinträchtigt den erholsamen Schlaf während Hitzewellen (Im Winter ist der Wärmeinseleffekt zwar stärker ausgeprägt, aber aufgrund des niedrigeren Temperaturniveaus nicht in diesem Sinne relevant). Untertags bewirken die Gebäude und versiegelten Flächen höhere *gefühlte* Temperaturen – bei gleichen *Luft*-Temperaturen – als im Umland oder in einem Wald. Beide Effekte akkumulieren sich und bewirken, dass es zu gesundheitlichen Belastungen kommt.

Ohne den oben genannten Herausforderungen zu begegnen, verlieren Städte - und damit auch Wien - zunehmend an Lebensqualität. Sommerkomfort, Durchlüftung und Hitze in der Stadt müssen daher in vielen Bereichen der Stadt, der Stadtplanung, in der Verwaltung, in der Daseinsvorsorge und im Bürgerservice Berücksichtigung finden.

Gleichzeitig wächst die Bevölkerungszahl bei begrenztem städtischem Raum. Dies bedeutet zusätzliche Bebauung und somit weitere Versiegelung. Auch aus diesem Grund wird die Berücksichtigung der Auswirkungen dieser Entscheidungen bzw. Gebäude auf das Stadtklima zunehmend wichtiger, neben dem, dass durch die Klimakrise das Temperaturniveau insgesamt ansteigt.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen ist es wichtig, die Ist-Situation des Stadtklimas zu kennen, um es bestmöglich bei der Stadtplanung zu berücksichtigen. Mit der Durchführung einer Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie ist eine flächendeckende, systematische Analyse des Stadtklimas möglich. Anhand der Ergebniskarten werden die wichtigsten stadtklimatischen Phänomene und Wechselwirkungen verortet. Dadurch können positive Phänomene (wie Kaltluftbahnen) geschützt werden und umgekehrt kann negativen Phänomenen (wie Überwärmung) entgegengewirkt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde für die Stadt Wien von der Weatherpark GmbH und der INKEK GmbH (Institut für Klima- und Energiekonzepte) eine Stadtklimaanalyse laut VDI Richtlinie 3787 durchgeführt. Vorliegender Bericht enthält daraus die Zusammenschau von klimatologischen Messdaten in Wien, sowie die Methodik und die Beschreibung der Klimaanalysekarte.

Ansprechpartner für Weatherpark war bei der Stadt Wien Fr. Dipl.-Ing. Kirsten Müllner. Beim Subauftragnehmer von Weatherpark, der INKEK GmbH, war dies während des gesamten Projektes Dipl.-Ing. Sebastian Kupski.

Hitzwellen-Tage Wien Hohe Warte (1872-2015)
Auswertung nach Kysely (bis 12.8. 2015) / Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

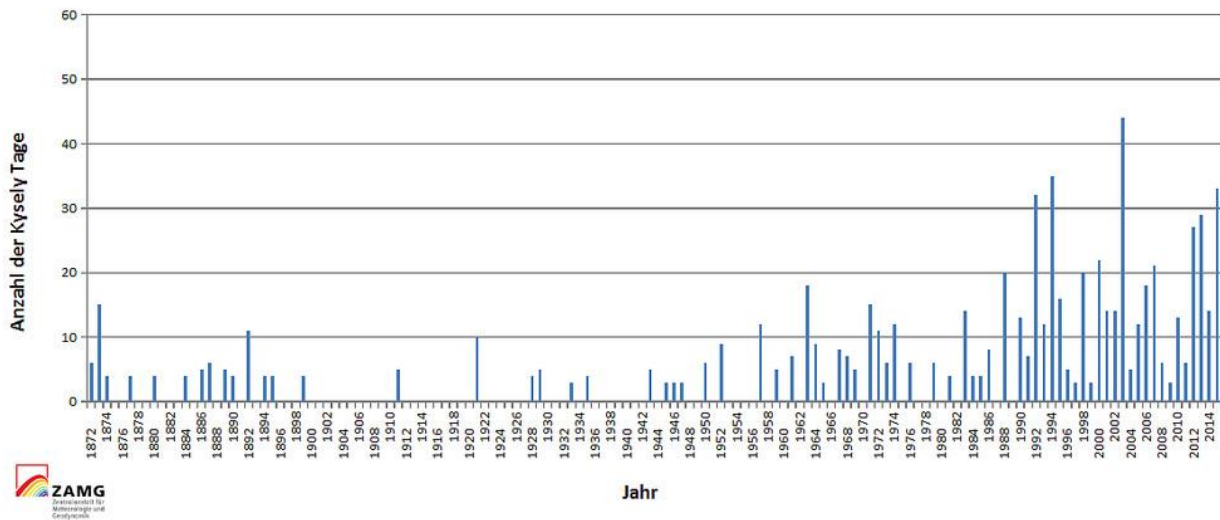


Abbildung 1.1: Auswertung der Kysely – Hitzwellentage (1931-2018) für Wien, zur Verfügung gestellt von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Wien. War eine Hitzwelle in den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts noch ein extrem seltenes Ereignis, kommt diese im letzten Jahrzehnt fast jedes Jahr vor. 1

1.2 Ziele

Die Stadtklimaanalyse Wien ist ein und entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer gesamthaften Strategie der Stadt Wien zur Anpassung an die Folgen der Klimakrise.

Die Erstellung der Stadtklimaanalyse-Karten hat folgende wesentliche Ergebnisse:

- Übersichtliche Darstellung von stadtklimatischen Mechanismen, die für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung relevant sind.
- Bewerten der Wirksamkeit der Mechanismen
- Ableiten von Empfehlungen für die Förderung positiver Einflussfaktoren auf das Stadtklima und zur Verminderung negativer Einflussfaktoren.
- Ausweisen von Schutzfunktionen für positiv wirksame stadtklimatische Mechanismen.

Die formulierten Empfehlungen verfolgen das Ziel, dass

- ein Transformationsprozess in der Stadt unterstützt wird, um die klimasensible Stadtentwicklung zu fördern und zu priorisieren.
- Die Stadtklimaanalyse Wien soll mithelfen, eine an die Auswirkungen der Klimakrise angepasste und resiliente Stadt zu formen.

1 Ein Kysely – Tag bedeutet, dass die Temperatur über 30 °C an diesem Tag gestiegen ist, dass an mindestens 3 Tagen hintereinander dieses Kriterium erfüllt wird und während der Periode nur jeweils ein Tag vorkommt, an dem die Maximaltemperatur auf 25 °C fällt. Wenn anschließend wieder ein Tag mit über 30 °C vorkommt, kann wiederum ein weiterer Tag dabei sein, an dem die Maximaltemperatur auf minimal 25 °C fällt.

1.3 Ergebnisse

Der vorliegende Bericht liefert eine Zusammenfassung aller Ergebnisse des Projekts Stadtklimaanalyse Wien. Im Projekt Stadtklimaanalyse Wien wurden nicht nur die Stadtklimaanalyse Karten ausgearbeitet, sondern das Projekt auch eine Zusammenschau und Auswertung klimatologischer Messdaten in Wien (siehe Kapitel 3).

Die Stadtklimaanalyse Wien nach VDI Richtlinie ist eine erstmalige flächendeckende, systematische Analyse des Wiener Stadtklimas und liefert fundierte Grundlagen der Ist – Situation. Folgende Karten wurden erstellt:

- Themenkarten (Kapitel 3.5)
- Klimaanalysekarte (Kapitel 3.6)

In Kapitel 3.7 werden Empfehlungen für das Arbeiten mit der Stadtklimaanalyse und der Klimaanalysekarte ausgesprochen.

Kapitel 4 liefert Grundlageninformationen zu sogenannten mikroklimatische Detailstudien (Mikroklima - Simulationen). Im Zuge des Projekts wurden außerdem exemplarische Detailstudien am Postsparkplatz durchgeführt (die Ergebnisse wurden in einem eigenständigen Bericht dokumentiert). Dieser Schritt diente einerseits der konkreten Erarbeitung von stadtklimatischen Empfehlungen für das Projekt und andererseits der allgemeinen/praktischen Demonstration, wie die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse auf der Objektebene vertieft werden können.

2 Klimatologische Messdaten in Wien

Ein Ziel der Stadtklimaanalyse Wien ist es, eine Sammlung von klimatologischen Messstationen im Wiener Stadtgebiet zu erstellen, deren Daten zu sammeln und zu sichten. Dies ergab einen Überblick über die vorhandenen Daten sowie die vergangene Entwicklung der Messwerte. Dabei wurden sie einer grundlegenden Qualitätskontrolle unterzogen: Dokumentation von fehlenden Daten, Überprüfung auf unrealistische Werte (Kontrolle der klimatologischen Grenzen) und Ausschluss von Messreihen, die weniger als ein Jahr durchgehende Daten lieferten.

Im Folgenden wird zunächst eine Übersicht über die für die Stadtklimaanalyse Wien verwendeten Stationen (Kapitel 2.1) und deren Aufbereitung (Kapitel 2.2) gegeben. Nach diesem ersten Einblick werden Wind (Kapitel 2.3) und Lufttemperatur (Kapitel 2.4) näher analysiert. Der Wind wird anhand von Auswertungen von Windgeschwindigkeit und –richtung charakterisiert. Das Kapitel der Lufttemperatur geht auf Phänomene wie Sommer-, Hitze- und Wüstentage sowie Hitzewellentage nach Jan Kysely ein. Neben den Erläuterungen werden ebenso exemplarische Grafiken der Auswertungen gezeigt. Verkleinerte Übersichtskarten der Lage der Stationen im Wiener Stadtgebiet befinden sich im Anhang (Kapitel 6.1). Die Übersichtskarten in vollständiger Größe sowie alle Abbildungen mit Sommer-, Hitze- und Wüstentage sowie alle Windrosen befinden sich auf einem Datenträger, der dem Bericht beiliegt.

2.1 Zusammenschau

Im Folgenden werden die vorhandenen Messdaten und ihre zugehörigen Messnetze näher erläutert. Eine Übersicht aller für diese Studie verwendeten Stationen und Parameter ist in Tabelle 2.1 zu sehen. Der angegebene Messzeitraum zeigt an, wann die Station errichtet bzw. aufgelassen wurde. Dieser Messzeitraum muss jedoch nicht für alle Parameter gelten. Der Parameter Wind bedeutet die Messung von Windgeschwindigkeit und –richtung hin.

| Betreiber | Nr. | Name | Koordinaten | | Seehöhe [m] | Messzeitraum | | Gemessene Parameter |
|-----------|---------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|------------|---|
| | | | Länge (O) | Breite (N) | | von | bis | |
| MA22 | AT90AKA | AKH-Dach | 16° 20' 47.0" | 48° 13' 14.9" | 287 | 01.11.1986 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , relative Feuchte, Luftdruck, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | --- | BC20-Dach, BTB | 16° 22' 46,044" | 48° 14' 15,213" | 162 | 01.01.2014 | 31.12.2018 | Wind, Lufttemperatur , relative Feuchte, Globalstrahlung, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9GAUD | Gaudenzdorf | 16° 20' 21.592" | 48° 11' 13.729" | 179 | 01.04.1977 | aktuell | Lufttemperatur , relative Feuchte, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9JAE | Hermannskogel | 16° 17' 50.148" | 48° 16' 12.570" | 488 | 15.06.1988 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , relative Feuchte, Luftdruck, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT900KE | Kaiserebersdorf | 16° 28' 33.783" | 48° 09' 24.151" | 158 | 01.03.1977 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , relative Feuchte, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9KEND | Kendlerstraße | 16° 18' 35.101" | 48° 12' 18.010" | 236 | 01.04.1977 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT90LAA | Laaer Berg | 16° 23' 34.513" | 48° 09' 39.731" | 251 | 17.12.1986 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9LIES | Liesing | 16° 18' 4.594" | 48° 08' 28.503" | 211 | 01.10.1974 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT90LOB | Lobau | 16° 31' 32.210" | 48° 09' 43.450" | 155 | 01.01.1986 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Globalstrahlung, Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9SCHA | Schafberg | 16° 18' 5.629" | 48° 14' 7.331" | 319 | 01.08.1977 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT9STAD | Stadlau | 16° 27' 30.042" | 48° 13' 34.899" | 159 | 01.01.1984 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT90TAB | Taborstraße | 16° 22' 51.305" | 48° 13' 0.262" | 162 | 01.09.1977 | aktuell | Wind , Parameter der Luftgüte |
| MA22 | AT90A23 | A23-Wehlstraße | 16° 26' 4.376" | 48° 12' 11.009" | 162 | 01.01.2014 | aktuell | Wind, Lufttemperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Parameter der Luftgüte |
| MA45 | 117143 | Einlaufbauwerk | 16° 20' 53" | 48° 17' 56" | 175 | 30.04.1996 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | 117127 | Gutheil-Schoder-Gasse | 16° 19' 49" | 48° 09' 12" | 192 | 01.01.1994 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | 117093 | Neueßling | 16° 32' 50" | 48° 13' 56" | 155 | 01.01.1986 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag, Schneehöhe |
| MA45 | 117150 | Praterstern | 16° 23' 38" | 48° 13' 00" | 160 | 27.11.1999 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | 108142 | Stadlau (Inselumpwerk) | 16° 27' 40" | 48° 11' 41" | 162 | 01.01.1946 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | 108357 | Rosenhügel | 16° 17' 29" | 48° 09' 44" | 244 | 01.01.1884 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Globalstrahlung, Niederschlag, Schneehöhe |
| MA45 | 108399 | Zentralfriedhof | 16° 26' 26" | 48° 08' 49" | 172 | 01.01.1884 | aktuell | Wind, Lufttemperatur , Niederschlag, Schneehöhe |
| MA45 | 117101 | Spargelfeld | 16° 28' 21" | 48° 14' 16" | 159 | 01.01.1991 | aktuell | Lufttemperatur , Niederschlag, Schneehöhe |
| MA45 | 108365 | Wienerberg | 16° 21' 09" | 48° 10' 16" | 238 | 01.01.1934 | aktuell | Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | --- | Kurpark Oberlaa | 16° 23' 57.25" | 48° 08' 44.00" | 208 | 24.12.2015 | aktuell | Lufttemperatur |
| MA45 | 107953 | Neustift | 16° 18' 24" | 48° 15' 00" | 281 | 01.01.1967 | aktuell | Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | 108894 | Lainzer Tor | 16° 15' 23" | 48° 10' 04" | 265 | 01.01.1978 | aktuell | Lufttemperatur , Niederschlag |
| MA45 | --- | Laaer Berg | 16° 23' 13.65" | 48° 10' 10.22" | 224 | 01.01.1884 | 01.09.2017 | Lufttemperatur |
| MA45 | --- | Kartause Mauerbach | 16° 10' 07" | 48° 15' 02" | 286 | 01.11.2002 | aktuell | Wind, Lufttemperatur |

| | | | | | | | | |
|------|-------|------------------|-------------|---------------|-----|------------|------------|--|
| ZAMG | 11037 | Groß-Enzersdorf | 16° 33' 33" | 48° 11' 59" | 154 | 01.07.1983 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11035 | Hohe Warte | 16° 21' 23" | 48° 14' 55" | 198 | 01.04.1991 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11034 | Innere Stadt | 16° 22' 01" | 48° 11' 54" | 177 | 01.01.1985 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11080 | Mariabrunn | 16° 13' 46" | 48° 12' 25" | 225 | 16.01.1997 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11040 | Unterlaa | 16° 25' 10" | 48° 07' 30" | 200 | 01.01.1996 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11042 | Stammersdorf | 16° 24' 20" | 48° 18' 21" | 191 | 09.12.2008 | aktuell | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ZAMG | 11044 | Jubiläumswarte | 16° 15' 55" | 48° 13' 16" | 450 | 01.01.2010 | 31.12.2019 | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Globalstrahlung, Sonnenschein, Bodentemperatur |
| ACG | --- | Arsenal Postturm | 16° 23' 25" | 48° 10' 55.2" | 201 | 01.01.2000 | 31.12.2019 | Wind , Lufttemperatur, Luftfeuchte |

Tabelle 2.1: Ausgewählte Messstationen, deren Betreiber und Metadaten: Stationsnummer (falls vorhanden, vom Betreiber vergeben oder SYNOP-Nummer), Stationsname, Koordinaten, Seehöhe, Messzeitraum und gemessene Parameter (verwendete Parameter sind fett markiert). Folgende Betreiber sind gelistet: MA22 (Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz der Stadt Wien), MA45 (Magistratsabteilung 45 – Wiener Gewässer), ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), ACG (Austro Control GmbH). Endgültig ausgewertete Parameter sind fett markiert.

2.1.1 Messnetz der Wiener Umweltschutzabteilung (MA22)

Das hier verwendete Messnetz der MA22 umfasst 13 Stationen. Alle Stationen, mit Ausnahme der Station Gaudenzdorf, weisen Werte zu Wind (-geschwindigkeit und -richtung) auf. An sieben dieser Stationen wird ebenso Lufttemperatur und Luftfeuchte gemessen. Der Luftdruck wird wiederum an drei und die Strahlung an zwei Stationen bestimmt.

Die Messzeiträume unterscheiden sich, sind jedoch hauptsächlich über die Jahre 2014 bis 2018 vorhanden (Anmerkung: Für diese Zeiträume wurden sie Weatherpark zur Verfügung gestellt.).

2.1.2 Messnetz der Wiener Gewässer (MA45)

Im hier ausgewerteten Messnetz der MA45 sind 14 Stationen vorhanden. Alle Stationen liefern Daten zu Lufttemperatur, wovon acht Stationen ebenso Windgeschwindigkeit und -richtung messen. Eine Station (Rosenhügel) bestimmt zusätzlich die Globalstrahlung. Innerhalb des Messnetzes der MA45 unterscheiden sich die Zeiträume erheblich. Die frühesten Messungen starten 2002 und reichen bis in die Gegenwart (Anmerkung: Für diese Zeiträume wurden sie Weatherpark zur Verfügung gestellt.).

Seit Ende 2019 existieren fünf weitere meteorologische Messstationen auf der Donauinsel. Diese wurden im Rahmen des EU-Projekts LIFE DICCA - Gutes Klima für die Donauinsel² errichtet, um das dortige Mikroklima zu erfassen bzw. um gesetzte Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas überprüfen zu können. Vier dieser Stationen messen Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit in Bodennähe. Die fünfte Messstation misst neben Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auch die Globalstrahlung sowie den Niederschlag. Da diese Stationen erst seit kurzem in Betrieb sind, wurde von einer Auswertung abgesehen.

*Empfehlung Weatherpark: Es fällt auf, dass es kein einheitliches Vorgehen bei Messungen der MA22 bzw. MA45 gibt. Die Unterschiede zeigen sich bei der Benennung der Dateien, dem internen Aufbau, den Messgeräten, sowie der zeitlichen Auflösung und der Wahl der Einheiten (Wind). Dies kann zu Missverständnissen und Mehraufwand für externe Berater*Innen/Bearbeiter*Innen führen. Eine einheitliche Durchführung und Abstimmung zwischen den Magistraten wäre daher sinnvoll.*

2.1.3 Messnetz der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) betreibt mehrere, teils langjährige Stationen in Wien. Insgesamt 7 Stationen existieren in Wien, wobei natürlich auch solche im niederösterreichischen Grenzgebiet herangezogen werden können. Für die vorliegende Studie im Speziellen wurden Daten (Windgeschwindigkeit und -richtung) von 6 Wiener Stationen und einer niederösterreichischen Station verwendet.

Die Stationen weisen unterschiedliche Messzeiträume auf. Die frühesten – elektronisch verfügbaren - Daten beginnen im Jahr 1983. Hier muss jedoch angemerkt werden, dass für die vorliegende Studie nur Daten von maximal 30 Jahren (eine sogenannte Klimanormalperiode) verwendet wurden.

2.1.4 Messnetz der Austro Control GmbH (ACG)

Die Austro Control GmbH ist auf Flugwetter spezialisiert und bietet an relevanten Ortspunkten ebenso stündliche Messwerte an. Ein Beispiel hierfür sind natürlich Flughäfen, aber auch der hier verwendete Post- bzw.

² Mehr Informationen zum Projekt LIFE-DICCA: <https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/donauinsel/dicca/>

Funkturm Wien-Arsenal im 3. Wiener Gemeindebezirk ist ein für den Flugverkehr interessanter Punkt. Von eben diesem wurden stündliche Werte zu Windgeschwindigkeit und -richtung ausgewertet.

2.2 Auswertungsmethodik

Für die Auswertung wurden verschiedene Stationsdaten bezogen. Die Stationsbetreiber waren neben den Magistratsabteilung 22 und 45 der Stadt Wien, auch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) sowie die Austro Control GmbH (ACG). Die Ergebnisse der Auswertungen von Wind (-geschwindigkeit und -richtung) und Lufttemperatur werden im Folgenden präsentiert und erläutert.



Abbildung 2.1: Karte der verwendeten Stationen nach Betreiber (Datengrundlage: ACG, Stadt Wien, ZAMG, Hintergrundkarte: Stadt Wien, basemap.at)

Tabelle 2.1 zeigt die für diese Stadtklimaanalyse ausgewählten Stationen. Die Auswertungen wurde je nach Datenverfügbarkeit für die Jahre 2000 bis 2019 durchgeführt. Die Datenverfügbarkeit ist hierbei ein wichtiger Punkt, da Stationen oftmals aus einem anderen Zweck (z.B. Überwachung der Luftgüte) errichtet wurden. Dies hat zur Folge, dass die Stationen teilweise schon vor langer Zeit errichtet wurden, relevante und qualitativ gute oder elektronisch verfügbare Daten jedoch erst seit wenigen Jahren existieren. Die letztlich ausgewerteten Daten und Zeiträume sind in den jeweiligen Unterkapiteln gelistet.

Die Stationen und deren Zeiträume wurden jeweils angepasst. Die Station A23 (Wehlstraße, MA22) wurde wegen ihres kurzen zur Verfügung stehenden Zeitraums nicht ausgewertet. Im Falle der Station Kartause Mauerbach (MA45) wurde die Auswertung des Windes nicht herangezogen. Aufgrund der Positionierung des Messgeräts wurde die Messung durch die Umgebung stark beeinflusst. Endgültig ausgewertete Parameter sind in Tabelle 2.1 in der entsprechenden Spalte fett markiert. Manche Stationen wiesen innerhalb ihres

Messzeitraums Jahre auf, wo nur Daten für wenige Monate (weniger als 6 Monate) vorhanden waren. Dies ist auf den Beginn bzw. das Ende der verfügbaren Daten oder auf Fehlwerte zurückzuführen. Solche unvollständigen Jahre wurden im Falle der Lufttemperatur nicht ausgewertet, um die Aussage der besonderen Tage (Sommer-, Hitze und Wüstentage) nicht zu verfälschen. So wurde beispielsweise das Jahr 2002 der Station Praterstern (MA45) entfernt, da die Messung an dieser Station erst im November 2002 begann. Ein weiteres Beispiel ist die Station Neustift (MA45), an welcher Werte aus dem Jahr 2008 entfernt wurden. Grund waren häufige Fehlwerte oder ein Ausfall der Messung über mehrere Wochen. Eine weitere Ursache für die Entfernung ganzer Jahre sind unerklärlich hohe Temperaturen. Dieses Phänomen war im Jahr 2002 bei den Stationen Neueßling und Stadlau (Inselumpwerk) der MA45 zu erkennen. So wiesen diese bereits im April Temperaturen über 40°C auf. Die folgenden Jahre konnten jedoch ohne Bedenken ausgewertet werden. Solche fehlenden oder entfernten Jahre sind in den entsprechenden Abbildungen mit einem (x) markiert und in den jeweiligen Tabellen vermerkt.

Bei der Interpretation der Daten und deren Auswertungen muss bedacht werden, dass es sich bei den Stationen der MA22 und MA45 nicht um konforme Stationen nach Richtlinien der World Meteorological Organization (WMO) handelt. Diese Richtlinien beziehen sich auf die Aufstellung und Positionierung der Stationen. Für die Stationen der Stadt Wien bedeutet dies wiederum, dass man andere, nicht direkt erkennbare Störfaktoren der Messung nicht ausschließen kann. Ein Beispiel für solche Störfaktoren sind systematische Strahlungsfehler, welche zu einem höheren Wert der Lufttemperatur führen können. Grund dafür ist eine ungeeignete Positionierung oder ungenügende Ventilation des Temperaturfühlers. Vor allem im Vergleich mit konformen Stationen der ZAMG kann dies zu Abweichungen führen.

Die endgültige Auswahl der Stationen ist in Abbildung 2.1 zu sehen. Die Datenwahl, Auswertung sowie Erläuterung der Ergebnisse zu Wind und Lufttemperatur folgt in den anschließenden Unterkapiteln 2.3 und 2.4.

2.3 Auswertung Wind

Der Wind in Wien weht im Vergleich zu anderen (österreichischen) Städten stark. Dies ist auf die Lage Wiens mit allen Besonderheiten zurückzuführen. Insgesamt wurden die Daten zu Windgeschwindigkeit und -richtung von 27 Stationen ausgewertet und als Windrosen dargestellt.

| Betreiber | Name | Ausgewerteter Zeitraum | | Informationen |
|-----------|-----------------------|------------------------|------------|---------------|
| | | von | bis | |
| MA22 | AKH Dach | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | BC20-Dach, BTB | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Hermannskogel | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Kaiserebersdorf | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Kendlerstraße | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | A23-Wehlistraße | 01.01.2017 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Laaer Berg | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Liesing | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Lobau | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Schafberg | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Stadlau | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Taborstraße | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA45 | Einlaufbauwerk | 01.01.2017 | 07.11.2019 | |
| MA45 | Gutheil-Schoder-Gasse | 22.10.2002 | 04.11.2019 | |

| | | | | |
|------|------------------------|------------|------------|---|
| MA45 | Neueßling | 01.01.2017 | 04.11.2019 | |
| MA45 | Praterstern | 05.11.2002 | 06.11.2019 | |
| MA45 | Stadlau (Inselumpwerk) | 08.03.2002 | 04.11.2019 | |
| MA45 | Rosenhügel | 16.10.2002 | 06.11.2019 | |
| MA45 | Zentralfriedhof | 01.01.2017 | 06.11.2019 | |
| MA45 | Kartause Mauerbach | 18.08.2004 | 05.11.2019 | Diese Station wurde aufgrund eines zu starken äußeren Einflusses nicht ausgewertet. |
| ZAMG | Groß-Enzersdorf | 01.01.1990 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Hohe Warte | 01.01.1990 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Innere Stadt | 01.01.1990 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Mariabrunn | 01.01.1997 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Unterlaa | 01.01.1996 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Stammersdorf | 01.01.2009 | 31.12.2019 | |
| ZAMG | Jubiläumswarte | 01.01.2010 | 31.12.2019 | |
| ACG | Arsenal Postturm | 01.01.2000 | 31.12.2019 | |

Tabelle 2.2: Übersicht der Stationen, die für die Auswertung des Windes herangezogen wurden. Folgendes ist angegeben: Stationsbetreiber, Stationsname, Auswertungszeitraum sowie ggf. zusätzliche Informationen.

Diese Windrosen zeigen Verteilungen der Häufigkeiten der Richtungen der mittleren Windgeschwindigkeiten für die jeweilige Messstation. Die Länge der Segmente gibt über die Häufigkeit der jeweiligen Windrichtung in Prozent Auskunft. Die Farben zeigen die Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen. Eine beispielhafte Windrose der Station Wien Hohe Warte (ZAMG, 1990 bis 2019) ist in Abbildung 2.2 zu sehen.

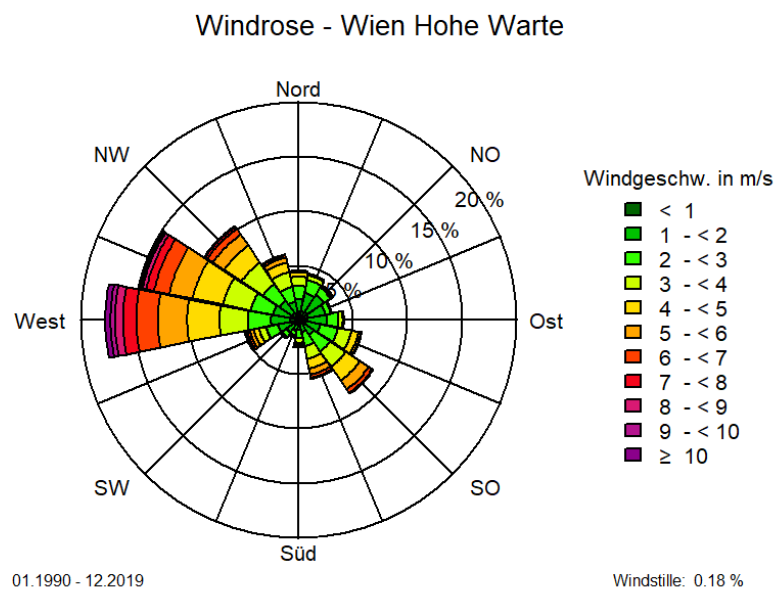


Abbildung 2.2: Verteilungen der Häufigkeiten der Richtungen der mittleren Windgeschwindigkeiten für die Klimastation Wien Hohe Warte im Zeitraum 01.01.1989 bis 31.12.2018. Die Länge der Segmente gibt über die Häufigkeit der jeweiligen Windrichtung in % Auskunft. Die Farben zeigen, welche Geschwindigkeitsklassen dominieren. (Datenquelle © ZAMG)

Die Windrose der Station Wien Hohe Warte zeigt nun die langjährige Windsituation. Bei Betrachtung von Abbildung 2.2 fallen zwei Hauptwindrichtungssektoren auf. Ein primärer Sektor der Windrichtungen W, WNW und NW sowie ein sekundärer Sektor der Windrichtungen SO, OSO und SSO ist deutlich zu sehen. Diese

Hauptwindrichtungen ergeben sich durch die Lage Wiens in der Westwindzone der mittleren Breiten und durch lokale topographischen Besonderheiten des Wiener Beckens.

Im Jahresmittel kommt der Wind zu 63% aus diesen Hauptwindrichtungen; zu rund 43% aus dem primären Hauptwindrichtungssektor (W, WNW, NW) und zu rund 20% aus dem sekundären Hauptwindrichtungssektor (SO, OSO, SSO). Folglich kommt der Wind in der restlichen Zeit ohne weitere signifikante Maxima aus einer anderen Windrichtung oder es herrscht Windstille.

Die Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten wird über die Legende definiert. Im primären Hauptwindrichtungssektor dominieren somit gelbe bis rote Farbtöne. Dies weist auf häufige Windgeschwindigkeiten zwischen 4 und 9 m/s (14 bis 32 km/h) hin. Auffällig ist auch, dass Geschwindigkeiten über 6 m/s fast nur aus dem primären Sektor wehen. Bei Schwachwindlagen (dunkelgrüne Töne) dominieren die Windrichtungen NO und O.

Analog zu diesem Beispiel können die anderen Windrosen interpretiert werden. Sie befinden sich auf dem Datenträger, der dem Bericht beigelegt wurde.

2.4 Auswertung Lufttemperatur

Die Auswertung der Lufttemperatur erfolgte mittels verschiedenster Kennwerte. So wurden so genannte besondere Tage ausgewertet: Sommer-, Hitze- und Wüstentage sowie Hitzewellentage nach Jan Kysely. Im Folgenden sollen die Auswertungen der besonderen Tage näher erläutert werden. Neben Definition werden statistische Werte sowie Ergebniskarten dargestellt.

| Betreiber | Name | Ausgewerteter Zeitraum | | Informationen |
|-----------|------------------------|------------------------|------------|--|
| | | von | bis | |
| MA22 | AKH Dach | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | A23-Wehlstraße | 01.01.2018 | 31.12.2018 | Diese Station wurde aufgrund eines zu kurzen verfügbaren Zeitraumes nicht ausgewertet. |
| MA22 | BC20-Dach, BTB | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Gaudenzdorf | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Hermannskogel | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Kaiserebersdorf | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA22 | Lobau | 01.01.2014 | 31.12.2018 | |
| MA45 | Einlaufbauwerk | 01.01.2003 | 07.11.2019 | |
| MA45 | Gutheil-Schoder-Gasse | 01.01.2003 | 04.11.2019 | |
| MA45 | Neueßling | 01.01.2003 | 04.11.2019 | Fehlendes Jahr: 2009. Das Jahr 2002 aufgrund von extrem hohen Werten entfernt. |
| MA45 | Praterstern | 01.01.2003 | 06.11.2019 | |
| MA45 | Stadlau (Inselempwerk) | 01.01.2003 | 04.11.2019 | Das Jahr 2002 aufgrund von extrem hohen Werten entfernt. |
| MA45 | Rosenhügel | 01.01.2003 | 06.11.2019 | Fehlendes Jahr: 2009. |
| MA45 | Zentralfriedhof | 05.04.2002 | 06.11.2019 | |
| MA45 | Spargelfeld | 28.05.2003 | 04.11.2019 | |
| MA45 | Wienerberg | 01.01.2004 | 04.11.2019 | |
| MA45 | Kurpark Oberlaa | 01.01.2016 | 06.11.2019 | |

| | | | | |
|------|--------------------|------------|------------|----------------------|
| MA45 | Neustift | 30.06.2003 | 04.11.2019 | Fehlendes Jahr: 2008 |
| MA45 | Lainzer Tor | 01.01.2004 | 05.11.2019 | |
| MA45 | Laaer Berg | 01.01.2004 | 31.12.2015 | |
| MA45 | Kartause Mauerbach | 01.01.2015 | 05.11.2019 | |

Tabelle 2.3: Übersicht der Stationen, die für die Auswertung der Temperatur herangezogen wurden. Folgendes ist angegeben: Stationsbetreiber, Stationsname, Auswertungszeitraum sowie ggf. zusätzliche Informationen.

2.4.1 Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)

Sommertage sind Tage mit einer maximalen Lufttemperatur von mind. 25°C . In Tabelle 2.4 sind die statischen Werte zu erkennen. Die Station Praterstern (MA45) wies in den Jahren 2003 bis 2019 durchschnittlich 73 Sommertage pro Jahr auf. Der Wertebereich reicht von minimal 23 bis maximal 133 Sommertagen pro Jahr. Diese starke Schwankung erklärt auch die vergleichsweise hohe Standardabweichung.

| Station | von | bis | Art | $\bar{\varnothing}$ | Min. | Max. | σ |
|-------------------------|------|------|------------|---------------------|------|------|----------|
| AKH-Dach | 2014 | 2018 | Sommertage | 68,80 | 47 | 97 | 18,20 |
| BC20-Dach | 2014 | 2018 | Sommertage | 79,00 | 58 | 106 | 17,20 |
| Einlaufbauwerk | 2003 | 2019 | Sommertage | 62,94 | 21 | 93 | 16,96 |
| Gaudenzdorf | 2014 | 2018 | Sommertage | 76,00 | 59 | 102 | 15,89 |
| Gutheil-Schoder-Gasse | 2003 | 2019 | Sommertage | 72,35 | 46 | 107 | 16,24 |
| Stadlau (Inselpumpwerk) | 2003 | 2019 | Sommertage | 77,47 | 52 | 117 | 19,18 |
| Hermannskogel | 2014 | 2018 | Sommertage | 56,20 | 24 | 106 | 30,38 |
| Kartause Mauerbach | 2005 | 2019 | Sommertage | 59,47 | 18 | 81 | 14,75 |
| Kaiser-Ebersdorf | 2014 | 2018 | Sommertage | 78,20 | 50 | 110 | 21,43 |
| Kurpark Oberlaa | 2016 | 2019 | Sommertage | 82,50 | 72 | 100 | 12,15 |
| Laaer Berg | 2004 | 2015 | Sommertage | 64,33 | 39 | 84 | 11,98 |
| Lainzer Tor | 2004 | 2019 | Sommertage | 62,31 | 26 | 87 | 13,60 |
| Lobau | 2014 | 2018 | Sommertage | 77,00 | 64 | 102 | 14,66 |
| Neueßling | 2003 | 2019 | Sommertage | 86,38 | 59 | 125 | 18,73 |
| Neustift | 2003 | 2019 | Sommertage | 55,75 | 35 | 77 | 11,25 |
| Praterstern | 2003 | 2019 | Sommertage | 72,94 | 23 | 133 | 26,16 |
| Rosenhügel | 2003 | 2019 | Sommertage | 71,81 | 1 | 111 | 25,70 |
| Spargelfeld | 2003 | 2019 | Sommertage | 69,53 | 48 | 102 | 14,08 |
| Wiener Berg | 2004 | 2019 | Sommertage | 65,06 | 40 | 96 | 13,68 |
| Zentralfriedhof | 2002 | 2019 | Sommertage | 70,72 | 32 | 107 | 17,79 |

Tabelle 2.4: Statistische Werte der Anzahl an Sommertagen pro Jahr für Stationen der MA22 und MA45 (Arithmetisches Mittel, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung)

Abbildung 2.3 zeigt die Anzahl der Sommertage der Station Spargelfeld (MA45) im Jahresverlauf von 2003 bis 2019 sowie das langjährige Mittel der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 der Station Wien Hohe Warte (ZAMG). Auffällig sind hierbei die Rekordsommer 2003 und 2018, welche direkte Auswirkung auf die Anzahl der Sommertage hatten. Des Weiteren ist klar ersichtlich, dass die Werte fast ausschließlich über dem langjährigen Mittel liegen. Diese Feststellungen sowie die steigende Tendenz der späteren Jahre können auf das sich erwärmende Klima hinweisen.

Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
Station Spargelfeld (2003-2019)

Mittelwert: 69.5, Standardabweichung: 14.1, Minimum: 48, Maximum: 102

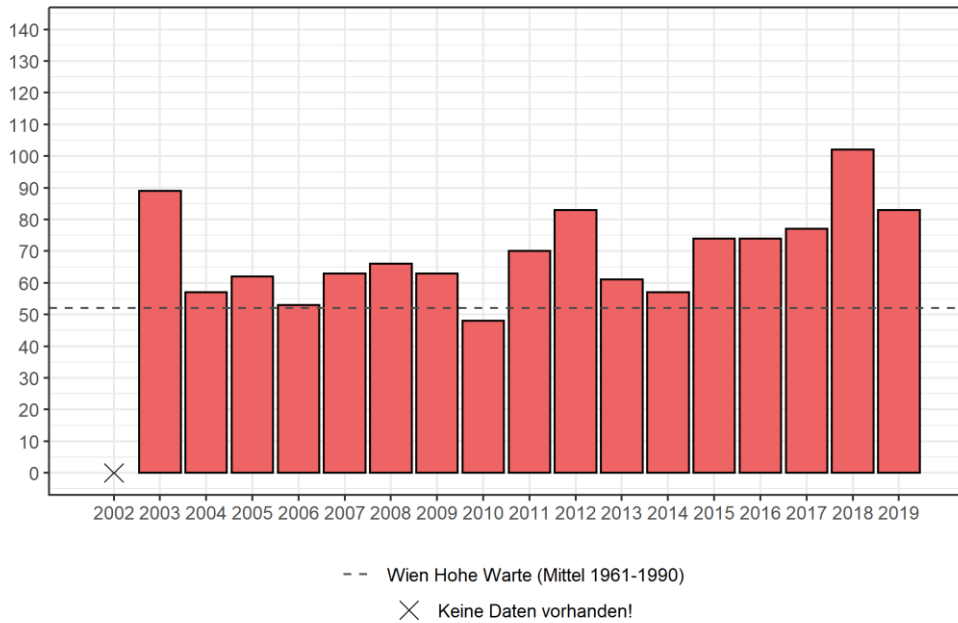


Abbildung 2.3: Verlauf der Anzahl der Sommertage für die Station Spargelfeld (MA45), 2003-2019 (Datengrundlage: Stadt Wien, ZAMG)

Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
Station Wien Hohe Warte (1992-2019)

Mittelwert: 72.6, Standardabweichung: 14.7, Minimum: 45, Maximum: 113

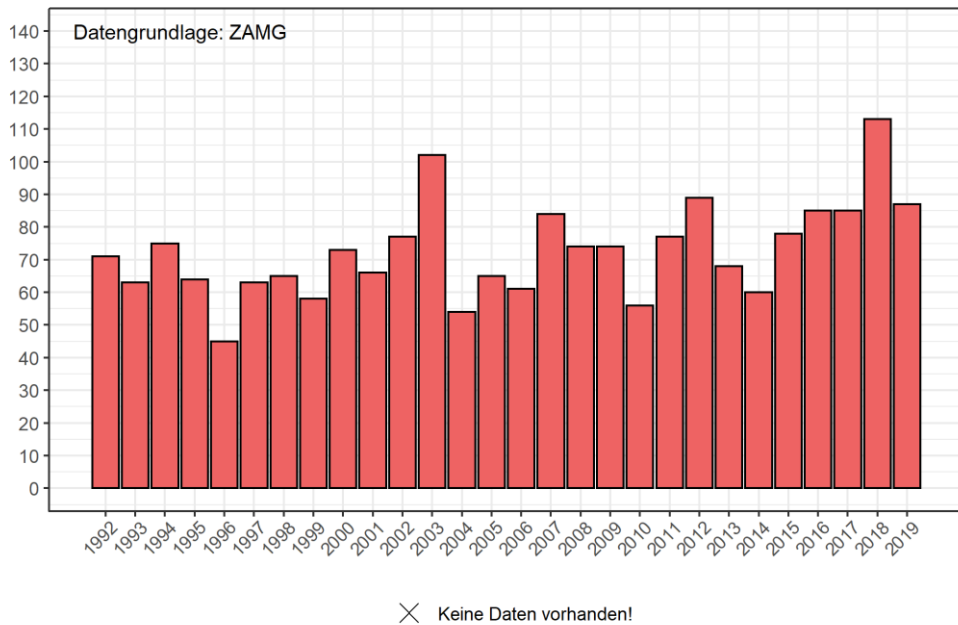


Abbildung 2.4: Verlauf der Anzahl der Sommertage für die Station Wien Hohe Warte, 1992-2019 (Datengrundlage: ZAMG)

Abbildung 2.4 zeigt die Anzahl der Sommertage an der Station Wien Hohe Warte (ZAMG) auch hier schlugen wiederum die Jahre 2003 und 2018 deutlich aus.

2.4.2 Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)

Hitzetage, auch heiße Tage genannt, sind Tage mit einer maximalen Lufttemperatur von mind. 30°C . Tabelle 2.5 zeigt die zugehörigen statistischen Werte der Stationen der MA22 und MA45. Die Station Neueßling weist in den Jahren 2003 bis 2019 durchschnittliche 37 Hitzetage auf, wobei die realen Werte zwischen 21 (Minimum) und 54 (Maximum) Tagen liegt. Die Standardabweichung ist mit rund 12,5 Tagen im oberen Bereich.

| Station | von | bis | Art | $\bar{\varnothing}$ | Min. | Max. | σ |
|------------------------|------|------|-----------|---------------------|------|------|----------|
| AKH-Dach | 2014 | 2018 | Hitzetage | 18,60 | 7 | 32 | 10,78 |
| BC20-Dach | 2014 | 2018 | Hitzetage | 25,00 | 14 | 37 | 9,82 |
| Einlaufbauwerk | 2003 | 2019 | Hitzetage | 18,29 | 5 | 38 | 10,76 |
| Gaudenzdorf | 2014 | 2018 | Hitzetage | 25,00 | 11 | 40 | 11,90 |
| Gutheil-Schoder-Gasse | 2003 | 2019 | Hitzetage | 26,00 | 15 | 45 | 10,71 |
| Stadlau (Inselumpwerk) | 2003 | 2019 | Hitzetage | 29,00 | 12 | 46 | 12,05 |
| Hermannskogel | 2014 | 2018 | Hitzetage | 17,00 | 1 | 46 | 18,99 |
| Kartause Mauerbach | 2005 | 2019 | Hitzetage | 16,60 | 6 | 31 | 7,89 |
| Kaiser-Ebersdorf | 2014 | 2018 | Hitzetage | 28,80 | 12 | 43 | 13,55 |
| Kurpark Oberlaa | 2016 | 2019 | Hitzetage | 26,00 | 12 | 32 | 9,52 |
| Laaer Berg | 2004 | 2015 | Hitzetage | 21,33 | 10 | 40 | 9,51 |
| Lainzer Tor | 2004 | 2019 | Hitzetage | 19,13 | 2 | 36 | 9,20 |
| Lobau | 2014 | 2018 | Hitzetage | 25,40 | 10 | 42 | 12,90 |
| Neueßling | 2003 | 2019 | Hitzetage | 37,13 | 21 | 54 | 12,47 |
| Neustift | 2003 | 2019 | Hitzetage | 15,50 | 4 | 30 | 8,03 |
| Praterstern | 2003 | 2019 | Hitzetage | 26,18 | 6 | 63 | 15,28 |
| Rosenhügel | 2003 | 2019 | Hitzetage | 27,00 | 0 | 48 | 14,48 |
| Spargelfeld | 2003 | 2019 | Hitzetage | 20,94 | 7 | 42 | 10,33 |
| Wiener Berg | 2004 | 2019 | Hitzetage | 19,44 | 7 | 38 | 8,91 |
| Zentralfriedhof | 2002 | 2019 | Hitzetage | 22,89 | 9 | 42 | 10,17 |

Tabelle 2.5: Statistische Werte der Anzahl an Hitzetagen pro Jahr für Stationen der MA22 und MA45 (Arithmetisches Mittel, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung)

Analog zu Abbildung 2.3 zeigt Abbildung 2.5 die Anzahl der Hitzetage der Station Zentralfriedhof (MA45) im Jahresverlauf von 2002 bis 2019 sowie das langjährige Mittel der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 der Station Wien Hohe Warte (ZAMG). Auffällig sind wiederum die Hitzesommer 2003 und 2015, welche einen ausgeprägten Ausschlag zeigen. Mit Ausnahme eines Sommers (2006) liegen alle Werte über dem des langjährigen Mittels. Auch die steigende Tendenz ist besonders in den letzten Jahren deutlich zu erkennen.

Anzahl der Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
Station Zentralfriedhof (2002-2019)

Mittelwert: 22.9, Standardabweichung: 10.2, Minimum: 9, Maximum: 42

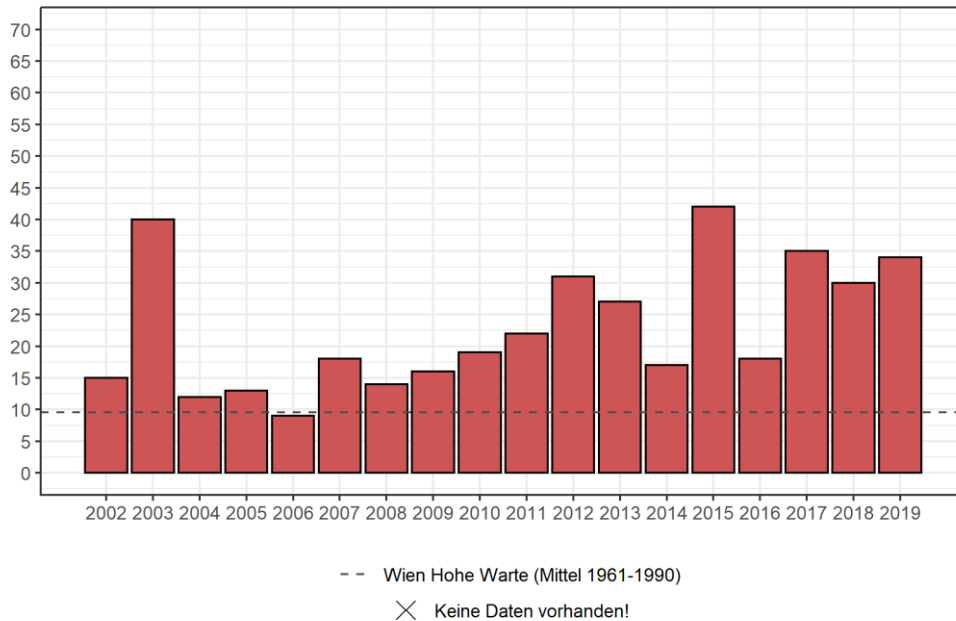


Abbildung 2.5: Verlauf der Anzahl der Hitzetage für die Station Zentralfriedhof (MA45), 2002-2019 (Datengrundlage: Stadt Wien, ZAMG)

Anzahl der Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
Station Wien Innere Stadt (1990-2018)

Mittelwert: 26, Standardabweichung: 11.2, Minimum: 4, Maximum: 46

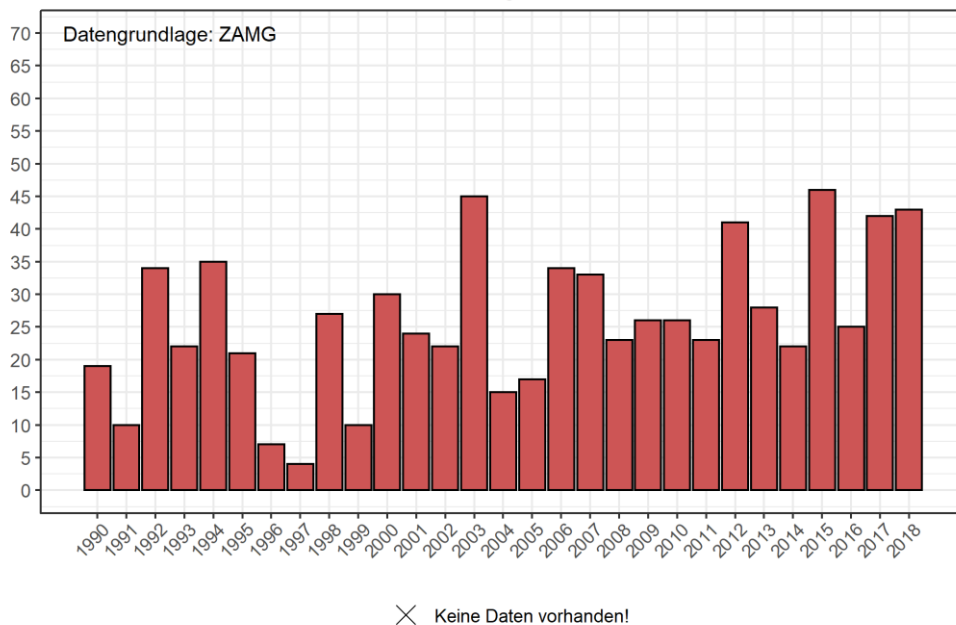


Abbildung 2.6: Verlauf der Anzahl der Hitzetage für die Station Wien Innere Stadt, 1990-2018 (Datengrundlage: ZAMG)

Abbildung 2.6 zeigt den Verlauf der Hitzetage an einer Station der ZAMG (Wien Innere Stadt). Wiederum sind 2003 und 2015 als Rekordwerte zu erkennen. Auch die Jahre 2012, 2017 und 2018 zeigen auffällig hohe Summen an Hitzetagen.

2.4.3 Wüstantage ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$)

Wüstantage, auch besonders heiße Tage genannt, sind Tage mit einer maximalen Lufttemperatur von mindestens 35°C . Wüstantage sind im Vergleich zu Sommer- und Hitzetagen nicht nur aufgrund ihrer Definition wesentlich seltener. Wüstantage sind für die mittleren Breiten extreme Werte, welche deutlich auf die Klimaänderung hinweisen können.

Diese Seltenheit zeigt sich auch in den statistische Werten in Tabelle 2.6. Die minimalen Werte illustrieren, dass es an allen Stationen durchaus Jahre ohne einen einzigen Wüstantag gibt; obwohl manche Messungen erst 2014 begannen. So gab es im Zeitraum 2014 bis 2018 an der Station Kaiser-Ebersdorf (MA22) im Durchschnitt 2,6 Wüstantage pro Jahr mit einem Maximum von 10 Tagen.

| Station | von | bis | Art | $\bar{\varnothing}$ | Min. | Max. | σ |
|------------------------|------|------|------------|---------------------|------|------|----------|
| AKH-Dach | 2014 | 2018 | Wüstantage | 0,80 | 0 | 3 | 1,30 |
| BC20-Dach | 2014 | 2018 | Wüstantage | 3,00 | 0 | 12 | 5,10 |
| Einlaufbauwerk | 2003 | 2019 | Wüstantage | 2,06 | 0 | 9 | 2,75 |
| Gaudenzdorf | 2014 | 2018 | Wüstantage | 4,00 | 0 | 17 | 7,31 |
| Gutheil-Schoder-Gasse | 2003 | 2019 | Wüstantage | 3,12 | 0 | 18 | 4,55 |
| Stadlau (Inselumpwerk) | 2003 | 2019 | Wüstantage | 4,24 | 0 | 16 | 4,19 |
| Hermannskogel | 2014 | 2018 | Wüstantage | 1,20 | 0 | 6 | 2,68 |
| Kartause Mauerbach | 2005 | 2019 | Wüstantage | 3,87 | 0 | 16 | 4,29 |
| Kaiser-Ebersdorf | 2014 | 2018 | Wüstantage | 2,60 | 0 | 10 | 4,34 |
| Kurpark Oberlaa | 2016 | 2019 | Wüstantage | 1,75 | 0 | 4 | 1,71 |
| Laaer Berg | 2004 | 2015 | Wüstantage | 2,92 | 0 | 13 | 3,99 |
| Lainzer Tor | 2004 | 2019 | Wüstantage | 2,44 | 0 | 12 | 3,58 |
| Lobau | 2014 | 2018 | Wüstantage | 2,80 | 0 | 13 | 5,72 |
| Neueßling | 2003 | 2019 | Wüstantage | 7,88 | 0 | 24 | 6,00 |
| Neustift | 2003 | 2019 | Wüstantage | 1,44 | 0 | 8 | 2,34 |
| Praterstern | 2003 | 2019 | Wüstantage | 3,41 | 0 | 16 | 4,99 |
| Rosenhügel | 2003 | 2019 | Wüstantage | 3,31 | 0 | 18 | 4,53 |
| Spargelfeld | 2003 | 2019 | Wüstantage | 1,65 | 0 | 8 | 2,12 |
| Wiener Berg | 2004 | 2019 | Wüstantage | 2,00 | 0 | 10 | 2,92 |
| Zentralfriedhof | 2002 | 2019 | Wüstantage | 2,33 | 0 | 14 | 3,58 |

Tabelle 2.6: Statistische Werte der Anzahl an Wüstantagen pro Jahr für Stationen der MA22 und MA45 (Arithmetisches Mittel, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung)

Abbildung 2.7 zeigt den Verlauf der Anzahl der Wüstantage von 2003 bis 2019 für die Station Praterstern (MA45). Hier sind wiederum die Rekordsommer 2015 und 2018 prägend, welche auch die Maximalwerte darstellen. Deutlich zu erkennen ist die steigende Anzahl in den letzten Jahren. Stellten Wüstantagen von 2003 bis 2010 nur wenige Ausnahmen dar, so sind sie ab 2011 fast jeden Sommer mehrmals vertreten.

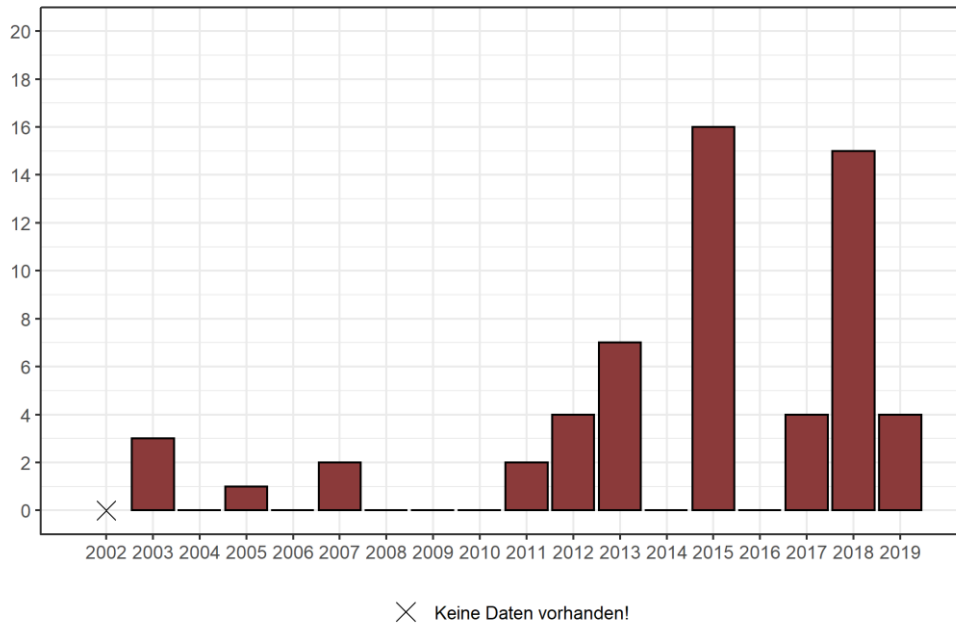


Abbildung 2.7: Verlauf der Anzahl der Wüstentage für die Station Praterstern (MA45), 2003-2019 (Datengrundlage: Stadt Wien)

Eine gesammelte Darstellung von Sommer-, Hitze und Wüstentagen inklusive Verortung der Stationen ist im Anhang zu sehen (Kapitel 6.1). Die vollständige Sammlung von Abbildungen ist auf dem Datenträger enthalten, der dem Bericht beigelegt wurde. Eine solche Möglichkeit ergibt sich aufgrund der Definition dieser besonderen Tage; ein Wüstentag ist zugleich ein Hitzetag, welcher wiederum ein Sommertag ist.

2.4.4 Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$)

Tropennächte sind für den Menschen besonders relevant, da sie erholsamen Schlaf erschweren. In solchen Nächten fällt die Lufttemperatur nicht unter 20°C (Lufttemperatur immerzu $\geq 20^{\circ}\text{C}$). Als Nacht wird der Zeitraum zwischen 20:00 Uhr und 8:00 Uhr MESZ (Lokalzeit im Sommer) bzw. 19:00 Uhr bis 7:00 Uhr MEZ (entspricht 18:00 Uhr bis 6:00 Uhr UTC) gewertet.

Tropennächte wurden an der Station AKH-Dach (MA22) in den Jahren 2014 bis 2018 durchschnittlich an 31 Nächten pro Jahr verzeichnet (siehe Tabelle 2.7). Mit einem Minimum von 18 und einem Maximum von 50 Nächten pro Jahr sind Tropennächte keine Seltenheit und sollten in Bezug auf die Gesundheit der Bewohner*Innen besonders beachtet werden.

| Station | von | bis | Art | $\bar{\varnothing}$ | Min. | Max. | σ |
|------------------------|------|------|--------------|---------------------|------|------|----------|
| AKH-Dach | 2014 | 2018 | Tropennächte | 31,00 | 18 | 50 | 13,00 |
| BC20-Dach | 2014 | 2018 | Tropennächte | 25,80 | 15 | 38 | 9,93 |
| Einlaufbauwerk | 2003 | 2019 | Tropennächte | 10,71 | 2 | 42 | 9,60 |
| Gaudenzdorf | 2014 | 2018 | Tropennächte | 20,20 | 10 | 31 | 8,04 |
| Gutheil-Schoder-Gasse | 2003 | 2019 | Tropennächte | 8,71 | 1 | 20 | 4,98 |
| Stadlau (Inselumpwerk) | 2003 | 2019 | Tropennächte | 10,71 | 1 | 21 | 5,55 |
| Hermannskogel | 2014 | 2018 | Tropennächte | 11,80 | 4 | 25 | 8,04 |
| Kartause Mauerbach | 2005 | 2019 | Tropennächte | 1,27 | 0 | 5 | 1,39 |

| | | | | | | | |
|------------------|------|------|--------------|-------|---|----|------|
| Kaiser-Ebersdorf | 2014 | 2018 | Tropennächte | 17,80 | 9 | 26 | 7,60 |
| Kurpark Oberlaa | 2016 | 2019 | Tropennächte | 12,25 | 4 | 17 | 5,91 |
| Laaer Berg | 2004 | 2015 | Tropennächte | 10,92 | 3 | 27 | 6,69 |
| Lainzer Tor | 2004 | 2019 | Tropennächte | 1,50 | 0 | 7 | 1,97 |
| Lobau | 2014 | 2018 | Tropennächte | 5,20 | 2 | 8 | 2,59 |
| Neueßling | 2003 | 2019 | Tropennächte | 8,38 | 0 | 17 | 4,63 |
| Neustift | 2003 | 2019 | Tropennächte | 6,44 | 0 | 20 | 5,51 |
| Praterstern | 2003 | 2019 | Tropennächte | 8,59 | 1 | 20 | 5,62 |
| Rosenhügel | 2003 | 2019 | Tropennächte | 6,25 | 0 | 14 | 4,30 |
| Spargelfeld | 2003 | 2019 | Tropennächte | 9,18 | 1 | 21 | 5,53 |
| Wiener Berg | 2004 | 2019 | Tropennächte | 12,56 | 2 | 28 | 7,57 |
| Zentralfriedhof | 2002 | 2019 | Tropennächte | 7,28 | 0 | 17 | 5,09 |

Tabelle 2.7: Statistische Werte der Anzahl an Tropennächten pro Jahr für Stationen der MA22 und MA45 (Arithmetisches Mittel, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung)

Abbildung 2.8 zeigt die Tropennächte an der Station Wiener Berg (MA45) in den Jahren 2004 bis 2019. Das langjährige Mittel der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 der Station Wien Hohe Warte (ZAMG) ist ebenso zu sehen. Deutlich sind die überdurchschnittlichen Werte im Vergleich zur Klimanormalperiode. Der Sommer 2015 sticht deutlich hervor. Auch die steigende Tendenz ist zu erkennen. Wie bereits erwähnt ist diese Tendenz aufgrund der Auswirkung von Tropennächten auf den menschlichen Organismus kritisch zu betrachten.

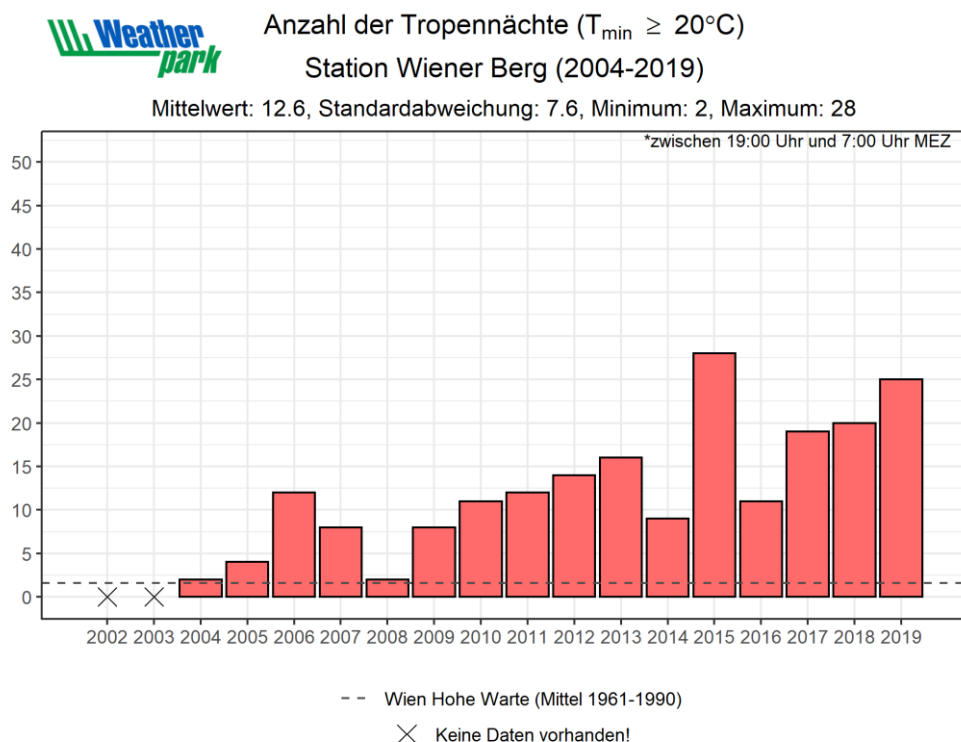


Abbildung 2.8: Verlauf der Anzahl der Tropennächte für die Station Wiener Berg (MA45), 2004-2019 (Datengrundlage: Stadt Wien, ZAMG)

2.4.5 Hitzewellen nach Jan Kysely

Kysely-Tage sind solche, die einer Hitzewelle nach Kysely zugeordnet werden können. Eine Hitzewelle nach Jan Kysely definiert sich durch mindestens 3 aufeinanderfolgende Tage, an denen die Maximaltemperatur über 30°C liegt. Eine solche Serie kann durch kühlere Tage unterbrochen werden solange an diesen die Maximaltemperatur nicht unter 25°C fällt. Zusätzlich darf die mittlere Maximaltemperatur der gesamten Periode nicht unter 30°C fallen. Sind diese Voraussetzungen nicht mehr gegeben, endet die Hitzewelle.

Tabelle 2.8 zeigt wiederum die statistischen Werte der Kysely-Tage. Aus der Definition ergibt sich eine Mindestlänge einer Hitzewelle von 3 Tagen, was sich auch in den Minimumwerte zeigt. Stationen mit einem minimalen Werte von 3 Kysely-Tagen pro Jahr hatten in dem entsprechenden Jahr lediglich eine, relativ kurze, Hitzewelle. So verhält es sich etwa bei der Station Stadlau (Inselumpwerk, MA45) in den Jahren 2003 bis 2019. Im Durchschnitt ist mit rund 25 Tagen pro Jahr zu rechnen, wobei auch Jahre mit lediglich einer kurzen Hitzewelle vorkommen. Der Maximalwert liegt bei 44 Kysely-Tagen, was auf mehrere längere Hitzewellen hinweist.

| Station | von | bis | Art | Ø | Min. | Max. | σ |
|------------------------|------|------|-------------|-------|------|------|-------|
| AKH-Dach | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 15,80 | 3 | 32 | 12,28 |
| BC20-Dach | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 22,20 | 11 | 36 | 10,57 |
| Einlaufbauwerk | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 17,46 | 4 | 34 | 9,01 |
| Gaudenzdorf | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 20,40 | 7 | 39 | 13,11 |
| Gutheil-Schoder-Gasse | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 22,24 | 8 | 45 | 11,77 |
| Stadlau (Inselumpwerk) | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 24,76 | 3 | 44 | 13,04 |
| Hermannskogel | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 22,33 | 4 | 37 | 16,80 |
| Kartause Mauerbach | 2005 | 2019 | Kysely-Tage | 11,83 | 3 | 28 | 7,49 |
| Kaiser-Ebersdorf | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 25,20 | 8 | 41 | 15,58 |
| Kurpark Oberlaa | 2016 | 2019 | Kysely-Tage | 21,50 | 3 | 28 | 12,34 |
| Laaer Berg | 2004 | 2015 | Kysely-Tage | 16,75 | 4 | 33 | 9,73 |
| Lainzer Tor | 2004 | 2019 | Kysely-Tage | 15,86 | 3 | 33 | 8,77 |
| Lobau | 2014 | 2018 | Kysely-Tage | 19,40 | 3 | 33 | 11,67 |
| Neueßling | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 32,75 | 13 | 56 | 13,51 |
| Neustift | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 14,46 | 4 | 29 | 8,56 |
| Praterstern | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 20,88 | 5 | 60 | 14,95 |
| Rosenhügel | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 24,13 | 5 | 52 | 14,80 |
| Spargelfeld | 2003 | 2019 | Kysely-Tage | 17,81 | 3 | 41 | 10,69 |
| Wiener Berg | 2004 | 2019 | Kysely-Tage | 15,87 | 3 | 33 | 8,18 |
| Zentralfriedhof | 2002 | 2019 | Kysely-Tage | 17,89 | 7 | 38 | 10,31 |

Tabelle 2.8: Statistische Werte der Anzahl an Kysely-Tagen pro Jahr für Stationen der MA22 und MA45 (Arithmetisches Mittel, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung)

Bei Betrachtung der Anzahl an Kysely-Tagen pro Jahr der Station Stadlau (Inselumpwerk, MA45) der Jahre 2003 bis 2019 (siehe Abbildung 2.9) fallen wiederum die Rekordsommer 2003, 2015 und 2017 bis 2019 auf. Die Häufung, besonders in den letzten Jahren, kann wiederum ein Indiz für die Klimaerwärmung sein. Zusätzlich liegen mit Ausnahme des Jahres 2016 alle Werte über dem des langjährigen Mittels.

Anzahl der Kysely-Tage Station Stadlau (Inselempumpwerk) (2003-2019)

Mittelwert: 24,8, Standardabweichung: 13, Minimum: 3, Maximum: 44

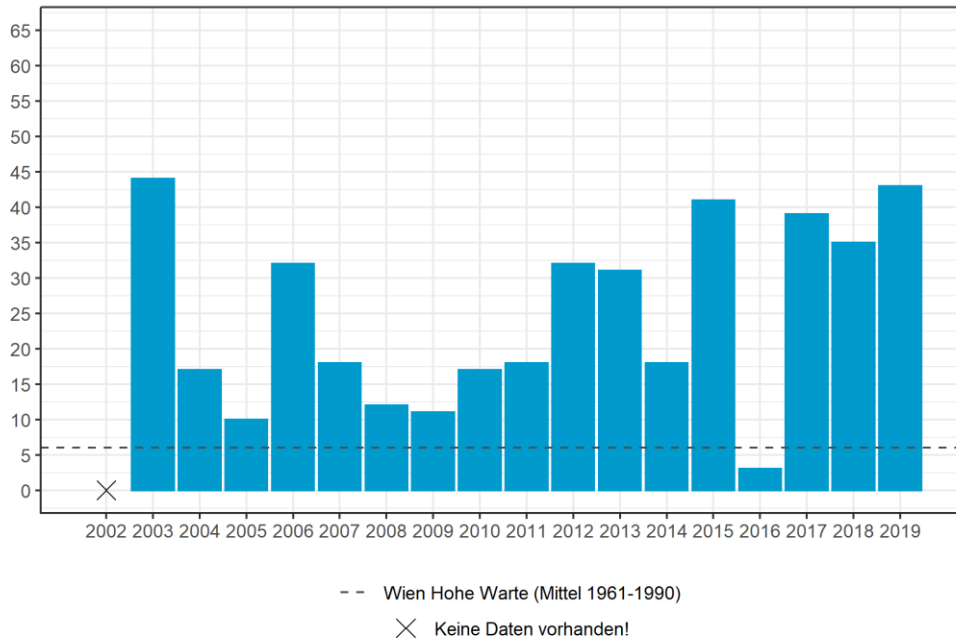


Abbildung 2.9: Verlauf der Anzahl der Kysely-Tage für die Station Stadlau (Inselempumpwerk, MA45), 2003-2019 (Datengrundlage: Stadt Wien, ZAMG)

Ein mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur eines solchen Kysely-Tages kann besonders im Vergleich aufschlussreich sein. Ein solcher Vergleich ist in Abbildung 2.11 und Abbildung 2.10 zu sehen.

Abbildung 2.10 stellt mit der Station AKH-Dach (MA22) das Beispiel eines Innenbezirks dar. Abbildung 2.11 zeigt mit der Station Lainzer Tor (MA45) das Beispiel eines Außenbezirks von Wien. Man erkennt zunächst deutlich den Temperaturhöhepunkt, welcher bei beiden Stationen nicht, wie oft erwartet, exakt zur Mittagszeit ist. Aufgrund der Erhitzung der Stadt liegt dieser am frühen Nachmittag. Ein deutlicher Unterschied zwischen den Stationen liegt auch im Potenzial der Abkühlung. Die innerstädtische Station kühlt sich im Vergleich zur Station Lainzer Tor deutlich weniger ab. Der Temperaturhöhepunkt am Nachmittag ist jedoch vergleichbar hoch. Dies zeigt wie wichtig die Umgebung eines Orts für dessen Abkühlung ist. Das Lainzer Tor ist klarerweise umringt von Vegetation, während das AKH keinerlei Grün umgibt. Ein typischer Tag während einer Hitzewelle bedeutet für AnwohnerInnen im Bereich des AKH zugleich eine Tropennacht. Im Bereich des Lainzer Tors kann auch während einer Hitzewelle erholsamer Schlaf möglich sein, da die Temperatur rasch unter 20°C sinkt.

Mittlerer Tagesgang während einer Hitzewelle nach Kysely

Station AKH-Dach (2014-2018)

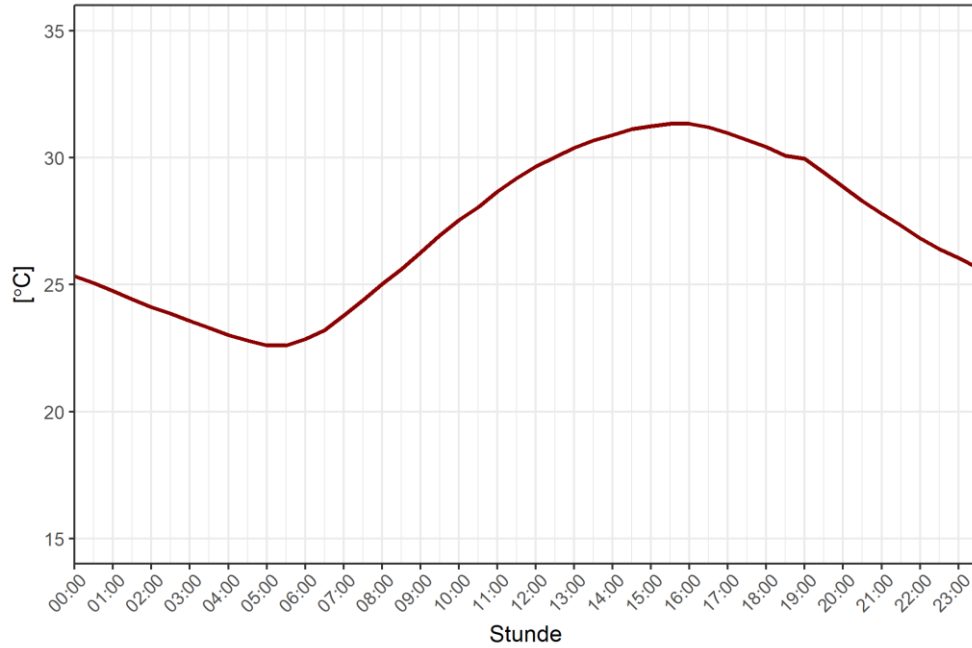


Abbildung 2.10: Mittlerer Tagesgang während einer Hitzewelle nach Kysely – Beispiel eines Innenbezirks: Station AKH-Dach (MA22, 2014-2018) (Datengrundlage: Stadt Wien)

Mittlerer Tagesgang während einer Hitzewelle nach Kysely

Station Lainzer Tor (2004-2019)

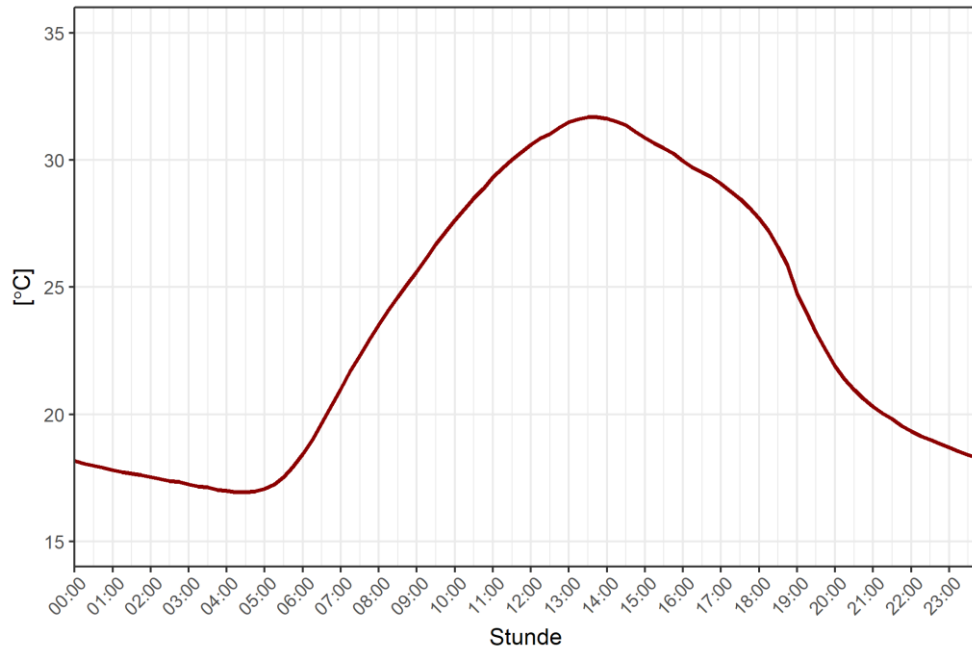


Abbildung 2.11: Mittlerer Tagesgang während einer Hitzewelle nach Kysely – Beispiel eines Außenbezirks: Station Lainzer Tor (MA45, 2004-2019) (Datengrundlage: Stadt Wien)

3 Methode und Ergebnisse der Stadtklimaanalyse

3.1 [Einleitung](#)

Das Stadtklima weist zwei spezielle Phänomene auf, die die Lebensqualität der Bewohner*innen beeinflussen. Einerseits heizt sich der urbane Raum durch die erhöhte Wärmekapazität (der verbauten Flächen) stärker auf als das Umland und weist somit höhere Lufttemperaturen auf. Dieser sogenannte Wärmeinseleffekt (Urban Heat Island Effekt) kommt insbesondere in der Nacht zum Tragen und beeinträchtigt damit den notwendigen erholsamen Schlaf.

Untertags führen die Gebäude und versiegelte Flächen außerdem - bei gleicher Lufttemperatur - lokal zu höheren *gefühlten* Temperaturen. Die gefühlte Temperatur – und somit der Komfort im Freien – hängt nämlich nicht nur von der aktuellen Lufttemperatur, sondern auch ganz maßgeblich von Strahlung, Wind und Luftfeuchtigkeit ab.

Beide Effekte akkumulieren sich und bewirken, dass es neben unangenehmen Witterungsverhältnissen zu gesundheitlichen Belastungen kommt. Durch die Klimakrise, die in Wien – wie in vielen anderen Städten – bereits heute deutlich spürbar und auch messbar ist, werden diese Belastungen immer größer.

Es ist bereits ein Anstieg der Anzahl der Hitzetage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) und ein Anstieg der Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$) zu beobachten und Hitzewellen werden immer häufiger und dauern länger an. Auch bei strengen Klimaschutzmaßnahmen sind diese – und manche weiteren Auswirkungen – bereits unvermeidbar. Das Signal, welches von Klimaveränderungen ausgeht, wird sich in Städten und Ballungsräumen verstärkt auswirken. Die Zunahme an austauscharmen Strahlungswetterlagen vermehrt den Hitzestress, vor allem innerhalb windschwacher Stadträume. Zu beachten ist somit, wie sich der Wärmeinseleffekt und die Belüftung auf den thermischen Komfort auswirken.

Gleichzeitig steigt durch die wachsende Bevölkerungsanzahl der Druck auf den begrenzten städtischen Raum. Um die Lebensqualität in den Städten trotz dieser Herausforderungen hoch zu halten, ist eine klimawandelangepasste Stadtplanung unumgänglich.

3.2 [Ziele der Stadtklimaanalyse](#)

Damit Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten auch zukünftig gesichert sind und lebenswerte urbane Räume weiterhin ermöglicht werden, muss die Stadtplanung schon heute Planungen so optimieren, dass die thermischen Belastungen auch unter extremen Hitzebedingungen sowohl im Freien als auch in den Innenräumen auf ein erträgliches Maß begrenzt bleiben.

Dafür ist es wichtig, die Ist-Situation des Stadtklimas zu kennen, um es bestmöglich bei der Stadtplanung zu berücksichtigen. Mit der Durchführung der Stadtklimaanalyse Wien ist eine erstmalige flächendeckende, systematische Analyse des Stadtklimas möglich. Anhand der Ergebniskarten werden die wichtigsten stadtklimatischen Phänomene und Wechselwirkungen verortet. Anhand der Stadtklimaanalyse werden beispielsweise Frischluft- und Kaltluftbahnen verortet, um sie so gezielter schützen zu können. Außerdem zeigt die Analyse auf, welche Bereiche der Stadt besonders stark überwärmt sind und daher lokale Anpassungsmaßnahmen (Mix aus Maßnahmen wie etwa Begrünung, Entsiegelung, ...) zu priorisieren sind.

Zur Erfassung der Ist-Situation sind folgende Kartenwerke angefertigt worden:

- Themenkarten
 - Gebäudevolumen (Kapitel 3.5.1)
 - Vegetationsverteilung (Kapitel 3.5.3)
 - Nächtliche Kaltluft (Kapitel 3.5.2)
 - Angepasste Landnutzung der FMZK (Kapitel 3.5.4)
- Klimaanalysekarte (Kapitel 3.6)
Zusammenschau der thermischen und dynamischen Komponenten des Stadtklimas.

Alle erstellten Karten befinden sich im Anhang zum Bericht (Kapitel 6.1).

3.3 [Methodik](#)

3.3.1 **Grundlagen/ Richtlinien**

Basis für die Berechnungen und Darstellung bildet die aktuelle Fassung der VDI Richtlinie 3787 Blatt 1:2015-09 (Umweltmeteorologie - Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen). Sowie die VDI 3787 Blatt 8: 2020-09 (Umweltmeteorologie - Stadtentwicklung im Klimawandel). Richtlinien werden vor dem Hintergrund einer stadtplanerischen Anwendung erstellt, um mit einheitlicher Untersuchungsmethodik zur Ergebnisdarstellung und zur Bewertung des Stadtklimas zu kommen.

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat sich zur Aufgabe gestellt, Richtlinien zu verfassen und Verfahren zur Erstellung von Klimakarten einheitlich zu regeln, um sie vergleichbar zu machen. Hierzu existieren einschlägige VDI Richtlinien: In den einschlägigen Richtlinienblättern der Richtlinienreihe 3787 Verein Deutscher Ingenieure (VDI) werden folgende stadtklimatisch relevanten Fragestellungen dargestellt, wie sie auch in den EU Guidelines zum 5. Rahmenprogramm entwickelt wurden:

- räumliche Ausprägung und Wirksamkeit des Luftmassenaustauschs (Be- und Entlüftung);
- räumlich zeitliche Ausprägung der thermischen und lufthygienischen Aspekte des Stadtklimas, bzw. Auftreten von thermischen Belastungen (Besonnungs-, Verschattungsverhältnisse);
- räumliche Darstellung und Bewertung der Wirkungs- und Belastungsräume;
- energetische Optimierung durch Standortbestimmung aus der Stadtklimaanalyse mit Überwärmungsräumen und Kaltluftgebieten, Baudichte.

Wichtig zu beachten ist, dass die Stadtklimaanalyse für eine bestimmte Wetterlage durchgeführt wird. Eine geeignete Wetterlage für stadtklimatische Untersuchungen laut DMG (Deutsche Meteorologische Gesellschaft) ist:

„Für das Erkennen von lokalklimatischen Einzelheiten geeignete Wetterlagen sind von hohem Luftdruck geprägt, bei denen nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Die geringe Windgeschwindigkeit verhindert die Zufuhr von neuen Luftmassen: innerhalb einer einheitlichen Luftmasse erreichen die lokalklimatischen Eigenheiten ihre größten Gegensätze. Geringe oder fehlende Bewölkung bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimaelemente, z. B. Temperatur, Feuchte und Wind.“

3.3.2 **Methodik zur Erstellung von Klimaanalysekarten**

In den VDI Richtlinien wird die Vorgehensweise zur Generierung einer Klimaanalysekarte festgelegt. Hauptsächlich werden diese Gutachten für Ballungsräume und größere Städte erstellt. Die Anwendung der VDI

Richtlinien macht eine Vergleichbarkeit zwischen Städten möglich. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, also eine möglichst präzise Abbildung der realen Klimafunktionen im Untersuchungsraum.

Die Klimaanalysekarte liefert eine Zusammenschau der dynamischen und thermischen Komponente des Stadtklimas. Daher fließen bei der Berechnung der Klimaanalysekarte viele verschiedene Informationen mit ein.

Bei der statistischen Verknüpfung verschiedenster Sachinformationen ist die Gewichtung bzw. die Einflussnahme der einzelnen Faktoren von großer Bedeutung. Da diese Faktoren aus klimatischen Gründen von Untersuchungsraum zu Untersuchungsraum unterschiedlich sind, besteht derzeit noch kein automatisiertes System zur Erstellung einer Klimaanalysekarte (Lohmeyer 2008). Die prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer ist in Abbildung 3.1 zu sehen.

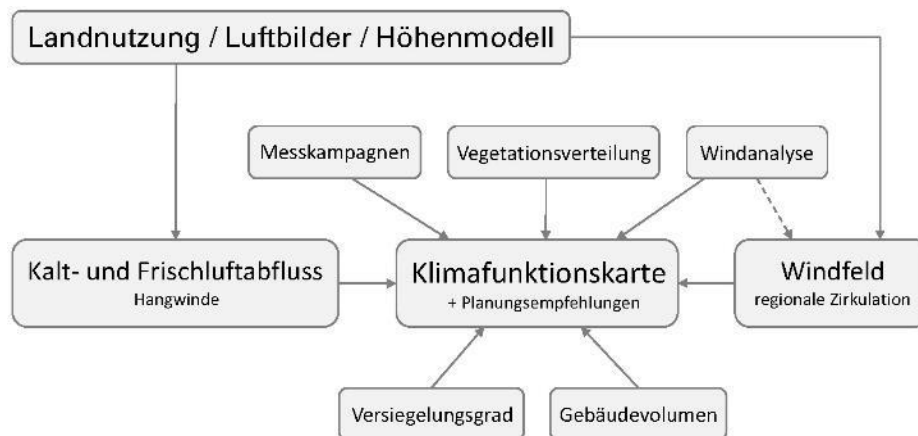


Abbildung 3.1: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008.

Klimatische Rahmenbedingungen sind sehr heterogen, was durch die geografische Lage, die absolute Höhe über dem Meeresspiegel des Untersuchungsgebietes oder durch eine kontinentale bzw. maritime Beeinflussung verursacht wird. Neben diesen übergeordneten Faktoren gibt es eine Vielzahl kleinräumiger Einflüsse. Auf einer kleineren Skala können unterschiedliche Effekte, wie Binnengewässer oder Tallagen, die örtlichen klimatischen Verhältnisse stark prägen. Somit ist eine vorgeschaltete klimatische Einschätzung unumgänglich, wobei entsprechend ein größerer Ausschnitt, als der abgegrenzte Untersuchungsraum zu betrachten ist.

Für die Erstellung der Klimaanalysekarte erfolgte zunächst eine Gruppierung von Einflussfaktoren in die beiden klimatischen Komponenten Dynamik und Thermik. Diese beiden Komponenten haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die jeweiligen Ebenen des Stadtklimas. Durch geeignete Funktionen und Algorithmen mit anschließenden Generalisierungen (modulares GIS Verfahren nach VDI 3787 Blatt 1) wird das Produkt in Form der Klimaanalysekarte aggregiert. Ein Überblick über die Methodik ist in Abbildung 3.2 zu sehen; Details zu den Arbeitsschritten finden sich in Kapitel 3.4.

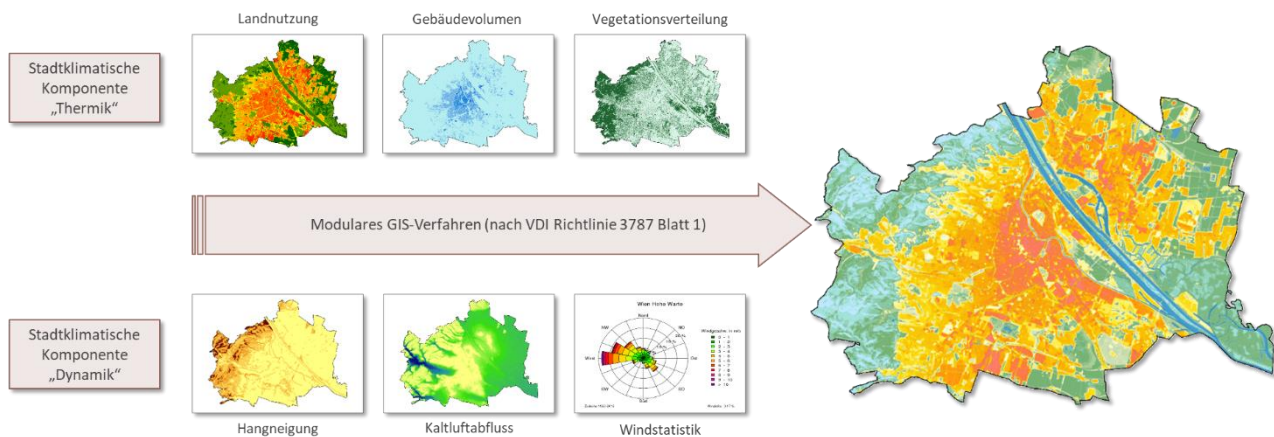


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung der angewandten Methode.

Die **dynamische Komponente** beinhaltet Luftbewegungen unterschiedlicher Skalierung wie Frisch- und Kaltluftabflüsse, regionale Strömungen und synoptische Winde. Eine zusätzliche, entscheidende Komponente der Dynamik ist die Einflussnahme der Hangwinde. Diese Strömungen entstehen durch das Berg-Tal-Windsystem, das tagesperiodisch auftritt und gerade bei einem ausgeprägten Relief an Mächtigkeit gewinnen kann (Häckel 1985). Diese Einflussgröße wurde auf Grundlage des Digitalen Geländemodells (DGM) angefertigt. Weitere Kriterien wie Rauigkeitslängen (ein Maß für den Windwiderstand der Erdoberfläche) wurden ebenfalls in diese Rechenschritte integriert, um das Belüftungssystem realgetreu darzustellen. Die Zusammenschau der dynamischen Komponente bietet die Themenkarte „Nächtliche Kaltluft“ in Kapitel 3.5.2.

Das klimatische Wechselspiel beinhaltet neben der Belüftungssituation die **thermischen Eigenschaften** der Erdoberfläche. Für die thermische Komponente des Stadtklimas sind die Landnutzung, das Gebäudevolumen (eigene Themenkarte siehe Kapitel 3.5.1) und die Vegetationsverteilung (eigene Themenkarte siehe Kapitel 3.5.3) entscheidend. Da diese Komponente die Basis darstellt und dementsprechend flächendeckend kartiert sein muss, wurde als Grundlage primär die Flächenmehrzweckkarte (mit adaptierten Nutzungskategorien mit geringerer Klassenzahl, siehe Abbildung 6.6 in Kapitel 6.2) verwendet. Ergänzend und als Möglichkeit zum Vergleich bei Unklarheiten kam die Realnutzungskartierung zum Einsatz. Dieser detaillierte Eingangsdatensatz wird um weitere Einflussfaktoren ergänzt, wobei der Oberflächenversiegelungsgrad Aufschluss über die Wärmespeicherkapazität gibt und Freiflächen mit niedriger Oberflächenrauigkeit Kaltluftentstehungsflächen darstellen. In diesem Zusammenhang ist die Albedo der Oberfläche eine zentrale Größe (Kupski 2017), da unterschiedliche Reflexions- und Absorptionsverhalten maßgeblich den Wärmehaushalt der städtischen Grenzschicht bestimmen (Oke 2006). In diesem Themenfeld ist der Effekt der Wärmeinsel Stadt besonders gut erkennbar, denn durch die Erwärmung der künstlichen Baumaterialien, gekoppelt mit der hohen Wärmespeicherleistung und der langsamen Abkühlrate, werden gerade in den Nachtstunden höhere Lufttemperaturen als im un bebauten Umland verursacht (Hupfer, Kuttler 1998; Baumüller 1995 et. al).

In der schlussendlich aggregierten Klimaanalysekarte wird die thermische Komponente durch eine Einteilung in sogenannte Klimatope (Details siehe Kapitel 3.6) dargestellt. In die Berechnung der Klimatope fließt die dynamische Komponente ebenfalls mit ein.

3.3.3 Exkurs: Der stadtklimatische Bewertungsindex PET

Grundlage der analysierten Klimatope der Klimaanalysekarte, bzw. deren Abgrenzungen, bildet der stadtklimatische Bewertungsindex „physiologisch äquivalente Temperatur“ (PET) (vgl. Höppe 1999).

Die biometeorologische Kenngröße PET beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007), und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex abhängig ist (siehe Abbildung 3.3). Dabei liegt das Behaglichkeitsniveau des Menschen bei einem PET-Wert von 24°C. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie selbstständig wieder abgegeben werden kann.

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, werden die PET-Werte (angegeben in °C) in Abhängigkeit des Stressniveaus des Menschen in die Kategorien der Tabelle 3.1 eingeordnet.

| PET (°C) | subjektives Empfinden | Stressniveau |
|----------|-----------------------|-------------------------|
| > 42 | sehr heiß | extremer Hitzestress |
| 35 - 41 | heiß | starker Hitzestress |
| 29 - 34 | sehr warm | moderater Hitzestress |
| 25 - 28 | warm | schwacher Hitzestress |
| 18 - 24 | neutral | kein thermischer Stress |
| 13 - 17 | kühl | schwacher Kältestress |
| < 13 | kalt | Kältestress |

Tabelle 3.1: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010).

Der thermische Wirkungskomplex

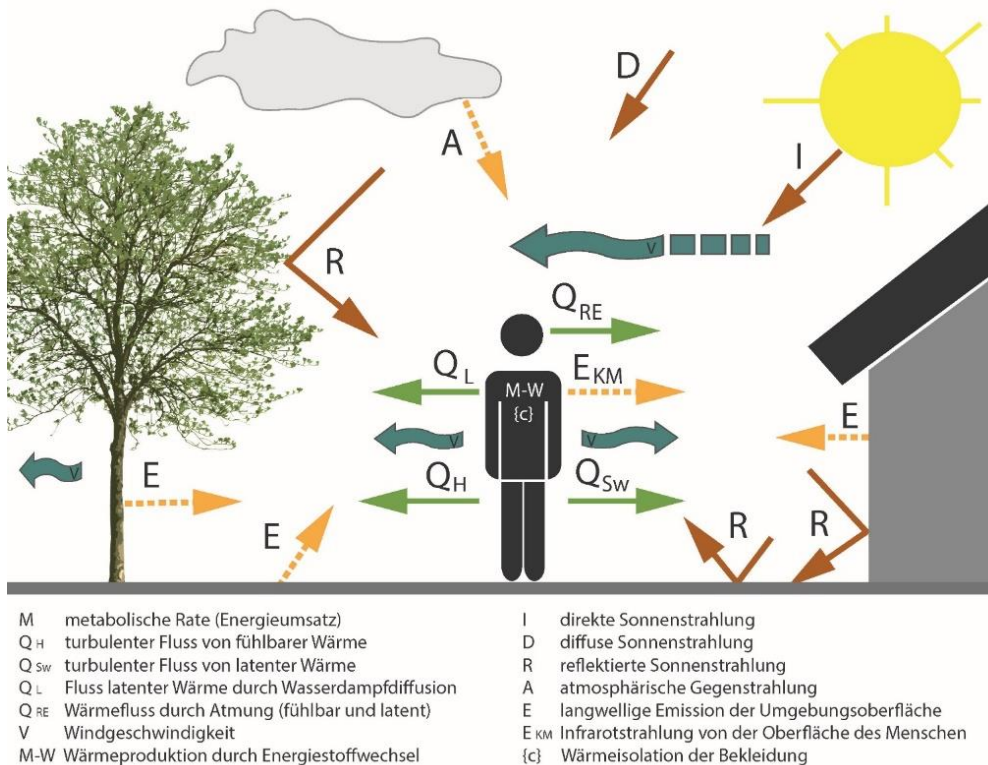


Abbildung 3.3: Schema "Thermischer Wirkungskomplex". Dargestellt sind die unterschiedlichen Parameter, die sich auf den Wärmehaushalt des Menschen auswirken. Durch planerische Eingriffe können diese Bedingungen beeinflusst werden (nach dem Klima-Michel-Modell, DWD).

3.3.4 Datengrundlagen

Für eine komplexe Abbildung der Ist-Situation ist eine entsprechende Datenbasis Grundvoraussetzung. Aus klimaökologischen Gesichtspunkten sind Faktoren wie Höheninformationen und Fließgewässer ein erster Anhaltspunkt, um die natürlichen Bedingungen abzubilden. Analog hierzu spielen natürlich die anthropogenen Einflüsse eine entscheidende Rolle. Gerade in den Städten hat die vom Menschen verursachte Veränderung der Erdoberfläche den größten und in den meisten Fällen auch negativsten Einfluss. Deshalb werden ebenso Daten bezüglich der Flächennutzung und Gebäudeinformationen benötigt. Je detaillierter die Eingangsdaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen.

Neben den Geoinformationen ist das Wissen um klimarelevante Parameter von Bedeutung. Dabei ist die Lage eines verdichteten Stadtgebietes in Bezug auf Belüftung und regionale Windsysteme von besonderer Bedeutung. Aber auch lokale und kleinräumige Windzirkulationen entwickeln sich durch physikalische Prozesse und können im Rahmen einer Klimaanalysekarte berechnet werden. Weitere Klimaparameter lassen sich durch die geografische Lage des Untersuchungsraumes ableiten.

Für die Erstellung der Stadtklimaanalyse Wien wurden folgende, von der Stadt Wien zur Verfügung gestellte, Datensätze verwendet:

| Nr. | Datensatz | Datum (Stand) |
|-----|---|---------------|
| 1 | Flächenmehrzweckkarte (FMZK) | Mai 2020 |
| 2 | Realnutzungskartierung | 2018 |
| 3 | Orthofoto | 2019 |
| 3 | Digitales Geländemodell (DGM) | 2019 |
| 4 | U-Bahnnetz | 2019 |
| 5 | GIS-Vegetationslayer der MA 41: MZK_Punkt_P | 2020 |
| 6 | GIS-Vegetationslayer der MA 41: MZK_Gruen_F | 2020 |
| 7 | Baumkataster der MA 41 | 2020 |

Tabelle 3.2: Übersicht der digitalen Eingangsdaten

3.4 Beschreibung der Analyseschritte

In der Folge werden die Analyseschritte beschrieben, die nötig sind, um die notwendigen Grundlagen aller Themenkarten und der Ergebniskarten der Stadtklimaanalyse zu erstellen.

Die Analyseschritte sind:

- Relieftypisierung: Herausarbeitung klimatisch relevanter topografischer Faktoren (z. B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) und daraus ableitend Luftleitpotenzialbestimmung auf Basis des digitalen Höhenmodells von Luftbildern und topografischen Karten als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische und dynamische Analyse.
- Strukturtypisierung: Herausarbeitung der v.a. nutzungsbedingten Oberflächenrauigkeit, differenziert nach klimatischer Relevanz (z. B. potenzielle Barrierewirkung bzw. Kanalisierung von Luftmassen), auf

Basis der Nutzungsartflächen, topografischen Karten sowie Luftbildern als wichtiges Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

- Gebäudevolumen (→ Themenkarte Gebäudevolumen, siehe Kapitel 3.5.1)
 - Herausarbeitung der gebäudeabhängigen Barrierewirkung und der daraus resultierenden Minderung des Belüftungspotenzials auf Basis der Gebäudefläche und –höhe.
 - Berechnung und Generalisierung des Volumens als Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.
- Abflussbahnen und Abflussrichtungen (→ Themenkarte Kaltluft, siehe Kapitel 3.5.2)
 - Herausarbeitung der orografisch bedingten Schneisen, die in Abhängigkeit von der Relieftypisierung, der Gebäudevolumina und der Strukturtypisierung berechnet werden konnten und als ergänzender Faktor für die dynamische Analyse eingesetzt werden.
- Nutzungstypisierung: Herausarbeitung der thermischen Bedeutung unterschiedlicher Oberflächennutzungen und Zusammenfassung mikroklimatisch ähnlicher Nutzungen (z. B. potenzielles Kaltluftentstehungsgebiet, potenzielles Überwärmungsgebiet) auf Basis der Flächenmehrzweckkarte (mit adaptierten Nutzungskategorien mit geringerer Klassenzahl). Ergänzend und als Möglichkeit zum Vergleich bei Unklarheiten kam die Realnutzungskartierung zum Einsatz. Orthofotos waren ein wichtiger Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.
- Gebäudemasse
 - Herausarbeitung der gebäudeabhängigen, thermischen Belastung durch die Wärmespeicherkapazität und Reflexion.
 - Ableitung des physikalischen Verhaltens auf Grundlage der Gebäudekartierung (sowohl gesamtstädtisch als auch mikroklimatisch) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.
- Versiegelung der Oberflächen: Herausarbeitung der versiegelten Bereiche und Generalisierung bestimmter Gebietstypen. Zweidimensionale Betrachtung auf Grundlage der Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der Nutzungsartflächen aus der FMZK als Ausgangsprodukt der thermischen Analyse.
- Funktionsanalyse: Die Analyse erfolgt zunächst zweigleisig, unterteilt nach dynamischen und thermischen Aspekten. Anschließend wird die gegenseitige Einflussnahme im Sinne einer Wirkungsanalyse untersucht und entsprechend eingearbeitet.
- Dynamische Analyse: Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z. B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/Frischlufitentstehungsgebieten).
- Thermische Analyse: Verknüpfung der thermischen (und lufthygienischen) Nutzungseigenschaften untereinander sowie mit den dynamischen Einflussfaktoren des Reliefs und der Strömungsstruktur (Bestimmung z. B. des Auftretens von Kaltluftseen und des Abkühlungseinflusses auf Überwärmungsbereiche).
- Funktionssynthese (→ Klimaanalysekarte, siehe Kapitel 3.6)
Klimaanalysekarten stellen die Verknüpfung der dynamischen und thermischen Themenebenen in Bezug auf klimaökologische Potenziale, Defizite und Funktionen dar und symbolisieren damit eine idealtypische Wiedergabe der real existierenden flächenbezogenen, klimaökologischen Situation als Ausgangsbasis für die klimaökologische Bewertung.

3.5 Themenkarten

Auf diesen Karten sind Zwischenauswertungen im Sinne von Abbildung 3.2 zu sehen. Sie dienen als Input für die Berechnung der Klimaanalysekarte. Die Abbildungen befinden sich im Anhang (Kapitel 6.2).

3.5.1 Themenkarte Gebäudevolumen

Entsprechend des physikalischen Grundgesetzes der Energieerhaltung wird kurzweilige Sonnenstrahlung beim Auftreffen auf ein Objekt unter anderem in Wärmeenergie umgewandelt. Das Objekt wird erwärmt, speichert die Energie und gibt einen Teil dieser aufgenommenen Energie als langwellige Wärmestrahlung an die umgebende Atmosphäre ab. Dieser Prozess unterstützt die Ausprägung des städtischen Wärmeinseleffekts, da es zu einer verstärkten Speicherung von Energie in der bebauten Substanz, gefolgt von einer zeitlich verzögerten Abgabe (in der Nacht) kommen kann, wodurch sich die nächtliche Abkühlung des städtischen Raumes vermindert. Um sowohl die Speicherkapazität der eintreffenden Wärmestrahlungen als auch die Barrierewirkung der Bauwerke zu berücksichtigen, wurde die Themenkarte „Gebäudevolumen“ angefertigt.

Sie zeigt die statistische Verteilung von Kubikmeter Bauvolumen pro Quadratmeter Flächeneinheit. Diese Informationen fließen hauptsächlich in die Betrachtung der Wärmespeicherung ein, teilweise werden Parameter von der dynamischen Berechnung der Bodenrauigkeit genutzt.

- Eingangsdaten: Blockmodell
- Bearbeitung: Nachdem das Blockmodell (Gebäude mit Gebäudehöhen) angefertigt wurde, konnte das mittlere Gebäudevolumen flächendeckend für die Gesamtstadt berechnet werden.
- Auflösung: Um im stadtklimatischen Maßstab diese Informationen weiterverarbeiten zu können, wurden die Ergebnisse auf eine 20 Meter Auflösung aggregiert.

3.5.2 Themenkarte „Nächtliche Kaltluft“

Die Themenkarte „Nächtliche Kaltluft“ zeigt die Kaltluflthöhe in Metern, sowie die Fließrichtung und Wirksamkeit der Kaltluftbahnen ca. 4 Stunden nach Sonnenuntergang. Dieses Strömungssystem tritt während einer windschwachen (austauscharmen) Strahlungswetterlage im Sommer auf. Vorausgesetzt sind gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt geringe Bewölkung während der gesamten Nacht. Bei diesen Wetterlagen gibt es nur sehr geringen Luftaustausch und somit auch geringe Abkühlung der versiegelten, dicht bebauten Stadt. Daher sind in diesen Nächten Kaltluftsysteme besonders entscheidend für das Wohlbefinden der Bevölkerung.

Außerdem werden durch Symbole und Schraffuren dargestellt: großflächige Windfeldveränderungen durch Hochhauscluster sowie die Luftleitbahn Donau in der Karte sichtbar gemacht. Letztere begünstigt die Durchströmung der Stadt durch regionale und großräumige Windsysteme und ist auch bei austauschreichen Wetterlagen vorhanden. Wichtig zu beachten ist, dass die Kaltluft ein nächtliches Phänomen ist. Die Windfeldveränderungen, Durchlüftungs- und Luftleitbahnen sind hingegen nicht nur ein nächtliches Phänomen. Erläuterungen zu den Klimaphänomenen nach VDI RL 3787 Blatt 1, die in dieser Themenkarte dargestellt werden, sind in Kapitel 3.6.2 zu finden.

Die Kaltluftmodellierung wurde mit KLAM_21 durchgeführt. KLAM 21 ist ein 2-dimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell des Deutschen Wetterdienstes zur Berechnung von Kaltluftflüssen und -ansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflthöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit, oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

- Eingangsdaten: FMZK und DGM
- Bearbeitung: Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht

gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bewölkung, angenommen (DWD 2016).

- Auflösung: Für die Themenkarte Nächtliche Kaltluft wurde eine sehr feine horizontale Auflösung von 15 Meter je Gitterzelle gewählt, um möglichst genaue Aussagen zu den teilweise sehr kleinräumigen klimatischen Wechselwirkungen der kaltluftproduzierenden Flächen treffen zu können.

3.5.3 Themenkarte Vegetationsverteilung

Die Vegetationsverteilung im Untersuchungsgebiet wurde aus unterschiedlichen Quellen händisch zusammengesetzt. Als Grundlage diente der Vegetationslayer der FMZK. Zur Verfeinerung und Ergänzung dieser Informationen wurde der Wiener Baumkataster herangezogen. Dieser umfasst auch Bäume in Parks und waldähnlichen Flächen in Wien. Die Bäume in Straßenzügen sind komplett erfasst. Die Bäume in Parks und waldähnlichen Flächen sind hingegen nur teilweise erfasst. Ergänzend dazu wurden GIS-Daten von der MA 41 verwendet (Einträge 5 und 6 in Tabelle 3.2).

3.5.4 Themenkarte Angepasste Landnutzung der FMZK

In der FMZK der Stadt Wien ist die Bodennutzung in zahlreiche Klassen mit Nummern zwischen 11 und 99 eingeteilt. Diese Klassen enthalten Nutzungen unterschiedlicher Qualität von „Gebäude“ über „Zebrastreifen“, „Wald“ bis hin zu „Telefonzelle“ und „Schwimmbecken“. Für die Erstellung der Stadtklimaanalyse ist dies zu heterogen und zu kleinteilig. Bei der Einteilung der Bodennutzung im Sinne der Stadtklimaanalyse geht es um gewisse physikalische Eigenschaften wie Wasserdurchlässigkeit oder Wärmespeicherfähigkeit. Um dem gerecht zu werden, wurden die Klassen der FMZK zusammengefasst und neu kategorisiert. Das Ergebnis ist in Abbildung 6.6 in Kapitel 6.2 zu sehen. Die dafür verwendeten Klassen sind: Gebäude und Mauern, Leichte Bebauung, Verkehrswege, Schienenbereiche, Gewässer, Wald, Freiflächen, Sportfeld, Deponie und Lagerflächen, Klärbecken, halbversiegelt, der Umgebung zugeordnet. Letztere Kategorie kommt dann zum Einsatz, wenn eine Fläche in der FMZK zu klein für die in der Klimaanalysekarte verwendeten 15 m horizontale Auflösung ist.

3.6 Klimaanalysekarte

Ziel einer Stadtklimaanalyse ist es, die Stadt in der Ist-Situation detailreich zu analysieren, um Grundlagen für die räumliche Interpretation der Klimawirkung von Vegetation, Baudichten bzw. Bauhöhen zu erhalten. Die Klimaanalysekarte liefert eine Zusammenschau der dynamischen und thermischen Komponente des Stadtklimas. Die horizontale Auflösung der Klimaanalysekarte beträgt 15 m.

Auf diese Weise sollen flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden. In der generierten Klimaanalysekarte (lt. Lohmeyer, 2008: Klimafunktionskarte) können die klimatischen Wechselwirkungen der Klimatope (d. h. Gebiete ähnlicher mikroklimatischer Ausprägung) sowie lokale als auch regionale dynamische Prozesse (z. B. Luftleitbahnen, Kalt- und Frischluftabflüsse) abgelesen werden.

3.6.1 Thermische Komponente: Kategorien und Klimatope

Um die thermische Komponente des Stadtklimas darzustellen, erfolgt in der Klimaanalysekarte eine Einteilung in sogenannte Klimatope. In die thermische Komponente fließt auch die dynamische Komponente (Kapitel 3.6.2) mit ein.

Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, in denen die mikroklimatisch wichtigsten Faktoren relativ homogen und die mikroklimatischen Bedingungen wenig unterschiedlich sind (VDI RL 3787 Blatt 1).

Die Legende ist in sechs Kategorien unterteilt, welche in der Klimaanalysekarte farblich gekennzeichnet sind. Die Namen der Kategorien sind Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet, Frischluftentstehungsgebiet, Misch- und Übergangsklimate, Überwärmungspotential, Moderate Überwärmung, Starke Überwärmung. Für die Einordnung in diese Kategorien war die Orientierung nach einer der folgenden sechs Klimatope nach VDI Klimateigenschaft ausschlaggebend: Freilandklima, Waldklima, Klima innerstädtischer Grünflächen, Vorstadtklima, Stadtklima, Innenstadtklima. Die Legende, die auf dem Kartenwerk erscheint, enthält neben Kategorie und Namen eine kurze Beschreibung zur Einordnung der Funktionen. Die klimaökologische Wertigkeit ist an der linken Seite angedeutet und verläuft von sehr wertvoll (+) für die naturnahen Klimatope (blau und grün) bis hin zu defizitär (-) für die Belastungsbereiche (gelb und rot).

Eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung der Klimatope ist der in Kapitel 3.3.3 beschriebene thermische Index PET. Er beschreibt und bewertet die Eigenschaften und die Wirkung der Klimatope der Klimaanalysekarte auf den Menschen und vermittelt das Stressniveau. Grundlage bilden die Untersuchungen über das thermische Empfinden aus verschiedenen Forschungsprojekten, z.B. im Rahmen der „klimazwei-Projekte“ (Katzschner et al., 2010).

Im Folgenden werden die verwendeten Klimatope, basierend auf den Erläuterungen in der VDI RL 3787 Blatt 1, beschrieben. Einige Klimatope sind bei der Klimaanalysekarte der Stadt Wien nur implizit vorhanden, jedoch inhaltlich berücksichtigt.

Gewässerklima (implizit vorhanden)

Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser, kommt es an den Oberflächen von Gewässern zu nur schwachen tagesperiodischen Temperaturschwankungen, das heißt Wasserflächen sind am Tag relativ kühl und nachts vergleichsweise warm. Sie können daher das lokale Klima stark beeinflussen. Jedoch bleibt ihr klimatischer Einfluss in der Regel lediglich auf das Gewässer selbst und die unmittelbaren Randbereiche beschränkt.

Ein positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden. Dadurch ist eine Wirkung als funktionstüchtige Luftleitbahn möglich.

Freilandklima (Kategorie: Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet)

Freilandklimatope stellen sich überwiegend über unbewaldeten, vegetationsbestandenen Außenbereichen ein. Sie zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte und weitgehend uneinträchtigte Windströmungsbedingungen aus und wirken als Kaltluftentstehungsgebiete. Da in den Freilandbereichen selten Emittenten für Luftschadstoffe vorkommen und bei geeigneten Wetterlagen in den Nachtstunden Kaltluftmassen gebildet werden, können diese Bereiche eine sehr hohe Ausgleichsfunktion für die human-biometeorologisch und lufthygienisch belasteten, bebauten Bereiche besitzen.

Waldklima (Kategorie: Frischluftentstehungsgebiet)

Das Klima im Stammraum eines Waldes wird durch den Energieumsatz (verminderte Ein- und Ausstrahlung) bestimmt. Dichte und höher wachsende Baumvegetation führt zu gedämpften Tagesgängen von Lufttemperatur und -feuchte sowie zu niedrigen Windgeschwindigkeiten im Bestand. Das Kaltluftentstehungsgebiet befindet sich oberhalb des Kronenraums. Deshalb sind Waldgebiete auf geneigten Flächen hochrelevant für die Entstehung von Kaltluft/Frischluft und deren Dynamik. Waldflächen erweisen sich aufgrund sehr geringer thermischer und human-biometeorologischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungs-

räume. Darüber hinaus übernehmen Wälder bei geringen oder fehlenden Emissionen die Funktion als Frischluft- und Reinluftgebiete, können jedoch aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion übernehmen.

Klima innerstädtischer Grünflächen (Kategorie: Misch- und Übergangsklimate)

Die klimatischen Verhältnisse innerstädtischer Park- und Grünanlagen sind zwischen denen von Freiland- und Waldklima einzustufen. Dabei variiert die klimatische Reichweite von Parkflächen in Abhängigkeit von der Größe und Form der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung oder Durchlüftungsbahnen.

Die Klimawirksamkeit von Grünflächen beschränkt sich je nach Größe, Relief und Rauigkeit auf die Fläche selbst (Mikroklimaeffekt), kann jedoch auch stadtklimatisch positive Fernwirkungen aufweisen.

Verschiedene Untersuchungen und Modellierungen haben gezeigt, dass mikro-klimatische Kühlungseffekte in Abhängigkeit der Verdunstungsleistung und Beschattung auch bei geringer Flächengröße nachweisbar sind. Bei einer engen Vernetzung können kleinere Grünflächen zur Abmilderung von Wärmeinseln beitragen, u. a. indem sie den Luftaustausch fördern.

Vorstadtklima (implizit vorhanden; Kategorie: Überwärmungspotential)

Das Klimatop ist dem Übergangsbereich zwischen Freilandklima und dem Klima bebauter Flächen zuzuordnen und wird durch eine grüingeprägte Flächennutzung und Oberflächenstruktur geformt. Es überwiegt der Einfluss des unbebauten Geländeanteils. Dieser Klimatotyp ist charakteristisch für die Vorstadtsiedlungen, Gartenstädte oder Ortsränder, die darüber hinaus oft im unmittelbaren Einflussbereich des Freilands stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimatelemente Lufttemperatur, -feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit ist niedriger als im Freiland, aber höher als in der Innenstadt.

Stadtrandklima (implizit vorhanden)

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer lockeren Bebauung und einer relativ günstigen Durchgrünung. Hieraus resultiert eine nur schwache Ausprägung von Überwärmung, zumeist kann von einem ausreichenden Luftaustausch sowie eher günstigen bioklimatischen Bedingungen in diesen Gebieten ausgegangen werden.

Stadtklima (Kategorie: Moderate Überwärmung)

Charakteristisch für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit hauptsächlich hohen Baukörpern und Straßenschluchten. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die ausgeprägten Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile, ist der Stadtkörper während austauscharmer Strahlungsnächte deutlich überwärmt. Tagsüber treten hohe Strahlungstemperaturen auf, die zu Hitzestress führen. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die mit zeitweise ungünstigen human-biometeorologischen Verhältnissen und erhöhter Luftbelastung verbunden sind und das Stadtklima prägen.

Innenstadtklima (Kategorie: Starke Überwärmung)

Kennzeichnend für das Innenstadtklima sind ein sehr hoher Versiegelungsgrad, hohe Oberflächenrauigkeit

sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, zum Teil mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Aufgrund dieser Eigenschaften weist das Innenstadtklima die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählt vor allem der starke Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Wärmespeicherfähigkeit der städtischen Oberflächen und die starken Windfeldveränderungen, die sich in den straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen widerspiegeln. Human-biometeorologisch ist dies sehr ungünstig.

Gewerbe-/Industrieklima (implizit vorhanden)

Gewerbebetriebe mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten prägen das Mikroklima maßgeblich. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad in Kombination mit erhöhten Emissionen an Produktionsstätten kommt es verstärkt zu lufthygienischen und human-bioklimatischen Belastungssituationen. Zu diesen Flächen zählen auch häufig Sonderflächen, wie militärisch genutzte Flächen usw.

Gleisanlagen (implizit vorhanden)

Extremer Lufttemperaturtagesgang, trocken, nachts mögliche Kaltluftleitbahnen, geringe Strömungshindernisse.

3.6.2 Dynamische Komponente: Klimaphänomene

Die dynamische Komponente des Stadtklimas wird in der Klimaanalysekarte, als auch in der Themenkarte „Nächtliche Kaltluft“, durch Schraffuren und Symbole verdeutlicht. Die dynamische Komponente fließt auch in die thermische Komponente (Einteilung der Klimatope) mit ein. Die horizontale Auflösung der Themenkarte Nächtliche Kaltluft beträgt 15 m.

Im Folgenden werden die dargestellten Klimaphänomene, basierend auf den Erläuterungen in der VDI RL 3787 Blatt 1, beschrieben:

Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung

Der Kaltluftabfluss ist ein thermisches, während der Nacht induziertes lokales Windsystem (Hangabwind). Dabei beginnt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft nach Sonnenuntergang abzufließen. Idealer Untergrund für die Kaltluftproduktion sind Wiesen und Felder. Aber auch Wälder und andere unversiegelte oder nur teilweise versiegelte Flächen dienen der Kaltluftproduktion. Die abkühlende Luft ist schwerer als die warme Tagesluft, wodurch sie durch die Schwerkraft angetrieben zu fließen anfängt. Diese, durch Temperatur- und Dichteunterschiede entstehenden, bodennahen Kaltluftabflüsse, initiieren und/oder verstärken das nächtliche Windsystem. Generell beeinflusst Kaltluft das lokale Klima signifikant. Die vertikale Mächtigkeit der Kaltluftabflüsse ist auf wenige Dekameter beschränkt.

Neben der Stärke des Abflusses ist es entscheidend, ob durch die Kaltluft unbelastete (=Frischluft) oder belastete Luftmassen herab transportiert werden. Kaltluft kann sich zudem an Hindernissen aufstauen und in Senken und Tälern ansammeln (Sammelgebiete). In der Regional- und Stadtplanung sind Entstehungsgebiete, Sammelgebiete und Abflüsse der Kaltluft zu berücksichtigen.

In den Wirkungsräumen trifft die Kaltluftabflussbahn in Siedlungsräume ein, wo Bewohner*innen von geringeren nächtlichen Minimumtemperaturen und damit verbundenen bioklimatischen Vorteilen profitieren.

Luftleitbahn/Wirkrichtung Luftleitbahn

Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite stellt eine Luftleitbahn eine bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport dar. Luftleitbahnen, häufig auch als Ventilationsbahn bezeichnet, sind durch geringe Rauigkeit relativ zur Mächtigkeit der Luftleitbahn. Am Beispiel Luftleitbahn Donau bedeutet das, dass ein Großteil der betroffenen Fläche Gewässer, flaches Land oder homogene Oberflächen wie geschlossene Wälder (z.B. Lobau) sind. Hindernisse wie der Hochhauscluster Donaacity sind – wieder relativ zur Größe der Luftleitbahn – einzelne Störungen der geringen Rauigkeit die die Funktion der Luftleitbahn nicht beeinträchtigen. Die Luftleitbahnen haben möglichst geradlinige oder nur leicht gekrümmte Ausrichtung und sind durch größere Breite (möglichst in einem Längen-/Breitenverhältnis 20:1) gekennzeichnet. Sie ermöglichen den Luftmassenaustausch zwischen Umland und Stadt. Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab, in Kombination mit der Ausrichtung der Luftleitbahn. Ferner können Luftleitbahnen vor allem bei Schwachwindlagen von großer Bedeutung für die klimatische Entlastung innerstädtischer Gebiete sein, wenn sie von lokalen Windsystemen durchströmt werden. Im Fall der Luftleitbahn Donau ist die Durchströmung durch ein regionales Windsystem an heißen Sommertagen von großer Bedeutung. In diesem Fall bringt unter Tags oft sogar lebhafter Südostwind frische Luft in die Stadt. Das Relief kann die Funktion als Luftleitbahn unterstützen. Effiziente Luftleitbahnen werden z. B. durch breite Flussauen gebildet. Breite, geradlinige Straßen oder Bahnanlagen können auch Luftleitbahnen darstellen. Luftleitbahnen können je nach Nutzung und Emissionseintrag lufthygienisch und thermisch beeinträchtigt sein.

Windfeldveränderung

Durch das Symbol Windfeldveränderung soll auf erhöhte turbulente Windgeschwindigkeitsänderungen (Böigkeit) oder drastische Windrichtungsänderungen (Wirbelbildung, Umströmung) hingewiesen werden. An diesen Stellen verursachen Cluster von hohen Bauwerken (z.B. Hochhauscluster Donaacity) massive Störungen des natürlichen Windfeldes. Die allgemein gültige Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe gilt in solchen Bereichen nicht mehr. Das Windfeld ist dort chaotisch, was durch Böigkeit, Wirbelbildung und Kanalisierung charakterisiert ist. Stellenweise kann das modifizierte Windfeld Geschwindigkeiten aufweisen, die bis zu doppelt so hoch sind wie die natürlichen Windgeschwindigkeiten.

3.6.3 Legende

Die Legende der Klimaanalysekarte beschreibt sowohl die thermische (Farbkodierung), als auch die dynamische (Schraffur und Symbolik) Komponente des Stadtklimas der Stadt Wien.

Thermische Komponente:

| | Kategorie | Name | Beschreibung |
|----------------------------|-----------|--|---|
| Klimakologische Wertigkeit | | Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Freilandklima . Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauigkeit und entsprechender Hangneigung. |
| | | Frischlufentstehungsgebiet | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Waldklima . Flächen ohne Emissionsquellen; Hauptsächlich mit dichten Baumbestand und hoher Filterwirkung. |
| | | Misch- und Übergangsklimate | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Klima innerstädtischer Grünflächen . Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatepen. |
| | | Überwärmungspotential | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Vorstadtklima . Baulich geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen; Größtenteils ausreichende Belüftung. |
| | | Moderate Überwärmung | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Stadtklima . Dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen; Belüftungsdefizite. |
| | | Starke Überwärmung | Orientierung nach VDI Klimateigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City, Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung. |

Dynamische Komponente:




| | Kategorie | Name | Beschreibung |
|-------------|---|--|---|
| großräumig | | Luftleitbahn | Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport. Luftleitbahnen sind durch geringe Rauigkeit (keine hohen Gebäude, nur einzeln stehende Bäume) gekennzeichnet. |
| |  | Wirkrichtung Luftleitbahn | Sie ermöglichen den Luftmassenaustausch zwischen Umland und Stadt. Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab. Ferner können Luftleitbahnen vor allem bei Schwachwindlagen von großer Bedeutung für die klimatische Entlastung sein. |
| kleinräumig |  | Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung | Themisches, während der Nacht induziertes Windsystem (Hangabwind). Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Das Pfeilsymbol entspricht der Abflussrichtung. |
| |  | Durchlüftung/ Durchlüftungsbahn | Neben Luftleitbahnen auch Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc. die als zusätzliche Bahnen belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen. |

Abbildung 3.4 Legende der Klimaanalysekarte Stadt Wien 2020. Beschreibung siehe Kapitel 3.6.1 und 3.6.2

3.7 Arbeiten mit der Stadtklimaanalyse in der Praxis

In der Planungspraxis bieten die vorgestellten Karten wertvolle, grundlegende Informationen zu den lokalen Klimaverhältnissen in einem Projektgebiet. Typischer Anwendungsfall ist die Planung eines neuen Projekts im Stadtgebiet. Je nach Art und Größe eines Projekts stehen unterschiedliche Schritte am Beginn der Planungen. Es ist jedenfalls wichtig, Fragestellungen zum Stadtklima möglichst früh im Projekt zu adressieren, weil daraus fundamentale Einflüsse auf die Planung resultieren können. In der Folge werden einige typische Anwendungsfälle der Stadtklimaanalyse gezeigt:

| Art des Planungsprojekts | Zeitpunkt der Einbindung |
|--|---|
| Stadtplanung: Masterplan eines neuen Stadtviertels | Ausschreibung zum Wettbewerb |
| Objektplanung: Hochhausplanung | Bearbeitung lt. Fachkonzept Hochhäuser, Phase 2 |
| Objektplanung: Neubauprojekt Wohnen oder Gewerbe | Widmungsplanung; falls bestehende Widmung: Vorentwurfsplanung |
| Umweltverträglichkeitsprüfung | Ausarbeitung der Inhalte Schutzgut Klima |

Tabelle 3.3: Übersicht unterschiedlicher Planungsprojekte mit den besten Zeitpunkten zur Einbindung stadtklimatologischer Fragestellungen mit Hilfe der Stadtklimaanalyse

Üblicherweise wird bei allen genannten Projektarten zunächst die Klimaanalysekarte zu Rate gezogen. Mit Hilfe dieser lassen sich zwei Fragen beantworten:

1. Liegt das Planungsgebiet in einem Bereich mit beachtenswerten dynamischen Aspekten?
2. In welcher Kategorie liegt das Planungsgebiet hinsichtlich der thermischen Komponente?

1) Beachtenswerte dynamische Aspekte

- Wenn das Projektgebiet in einem Bereich eines Kaltluftabflusses liegt (gekreuzte Schraffur und kleine blaue Pfeile), so folgt daraus die Empfehlung, diese mindestens in Status quo zu erhalten. Wegen der relativ geringen Mächtigkeit und Stärke dieser lokalen, thermischen Windsysteme sind diese sehr empfindlich hinsichtlich Blockade und Ablenkung der Strömung durch Gebäude. Von den in der Karte eingezeichneten Kaltluftsystemen profitieren die Bewohner*innen großer Siedlungsbereiche und das Projektgebiet selbst in Form von größerer nächtlicher Abkühlung als Bereiche, die nicht in einem Kaltluftsystem liegen. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang, die Themenkarte „Nächtliche Kaltluft“ zu Rate zu ziehen. Auf dieser sind die Kaltluftsysteme detaillierter eingezeichnet. Es ist empfehlenswert, eine Fachperson entscheiden zu lassen, ob es für die Ausarbeitung von Maßnahmen zum Erhalt des Kaltluftsystems eine mikroklimatische Detailuntersuchung braucht (vgl. Kapitel 4.3).
- Wenn das Projektgebiet in der Luftleitbahn Donau (einfache Schraffur und Doppelpfeile) liegt, profitiert es von besserer Frischluftzufuhr als andere Bereiche der Stadt. Dabei tritt der Effekt vor allem an heißen Tagen unter Tags durch häufige Südost-Winde auf, die entlang der Donau verstärkt werden. Aber auch Wind, der im Zuge von Frontdurchgängen auftritt (v.a. West- oder Nordwestwind) weist in diesem Bereich eine höhere Windgeschwindigkeit auf. Wegen der Mächtigkeit und Stärke der betreffenden Winde ist nicht damit zu rechnen, dass einzelne Gebäude eine maßgebliche Reduktion der Strömung verursachen. Es ist andererseits zu empfehlen, dass bei Planungen innerhalb der Luftleitbahn Donau eine Fachperson beurteilen soll, ob eine Detailuntersuchung des Windkomforts auch dann durchgeführt werden sollte, wenn das Projekt nicht in das Fachkonzept Hochhäuser fällt.
- Liegt das Planungsgebiet im Bereich einer Windfeldveränderung (Wirbelpfeil), so ist zu beachten, dass eine Detailuntersuchung des Windkomforts auch dann durchgeführt werden sollte, wenn das Projekt nicht in das Fachkonzept Hochhäuser fällt.

2) Einordnung Thermische Komponente

- Liegt das Gebiet in einem Kaltluftentstehungsgebiet (am Beginn eines Abflusssystem, blaue Bereiche) oder in einem Frischluftentstehungsgebiet (in der Ebene, dunkelgrüne Bereiche), so ist empfehlenswert, diese Klimafunktionen bei einer Entwicklung möglichst aufrecht zu erhalten. Als Faustregel gilt es, den Versiegelungsgrad möglichst gering zu halten, möglichst große, zusammenhängende Grünräume vorzusehen und eine Vernetzung der Grünräume zu ermöglichen bzw. zu erhalten sowie keine Hindernisse für den Luftaustausch zu errichten. Es ist empfehlenswert, eine Fachperson entscheiden zu lassen, ob es für die Ausarbeitung von Maßnahmen zum Erhalt des Kaltluftentstehungsgebiets eine mikroklimatische Detailuntersuchung braucht (vgl. Kapitel 4.3).
- In den Siedlungsgebieten mit Überwärmung (gelb und orange) besteht prinzipiell die mehr oder weniger große Notwendigkeit, die Überwärmung zumindest nicht weiter zu verstärken. Es sollte also durch eine Entwicklung nicht zu einem Wechsel in die nächst-wärmere Kategorie kommen. Dafür kommt eine ganze Reihe von unterschiedlichen Maßnahmen in Frage (siehe dazu Kapitel 4.4). Am wirkungsvollsten sind Maßnahmen zur Reduktion der Überwärmung dann, wenn sie standortspezifisch während der Planung eines Projekts erarbeitet und deren Nutzen quantifiziert wird. Es ist empfehlenswert, eine Fachperson entscheiden zu lassen, ob es für die Ausarbeitung von Maßnahmen eine mikroklimatische Detailuntersuchung braucht (vgl. Kapitel 4.3).

3.8 Weitere, allgemein gültige Empfehlungen

Folgende Empfehlungen gelten für eine projektbegleitende Berücksichtigung des Mikroklimas während des Planungs- und Genehmigungsprozesses:

- Bei allen Projekten wird empfohlen, dass eine in der Stadtklimatologie sachverständige Person Wirkungszusammenhänge einschätzt /Planungsaktivitäten begleitet und ggf. Bedarf an Detailstudien klärt.
- Vorantreiben der Entsiegelung bei Umbau im Bestand, insbesondere in zentralen Lagen und Bezirkszentren der Stadt
 - Das kann durch eine neue Verteilung der unterschiedlichen Nutzungen im Straßenraum und/oder durch
 - Einsatz technologischer Lösungen wie z.B. begrünte Verkehrsflächen bei Gleisanlagen oder PKW-Stellplätzen erfolgen.
 - Oder bei der Erarbeitung von Stadtteilentwicklungskonzepten bzw. städtebaulichen Leitbildern als essentielles Planungsziel für den neuen Stadtteil.
- Bei Umbauten im Bestand sollte gelten: Das Mikroklima muss durch die Neugestaltung im Vergleich zum Ist-Zustand verbessert werden.
- Die Vernetzung von Grünflächen und Umsetzung von Begrünungsmaßnahmen in der Stadt sollte gefördert werden. Diese beeinflussen das Stadtklima positiv und tragen wesentlich zu einer Abkühlung der Stadt in der Nacht und zur Reduktion von Wärmeinseln bei. Das Leitbild Grünräume und insbesondere die sukzessive Weiterentwicklung des Frei.Raum.Netzes Wien sowie eine klimasensible Gestaltung des öffentlichen Raumes in der Zukunft sind ebenfalls ein wesentlicher Betrag für die positive Beeinflussung des Stadtklimas.
- Als „Faustregel“ gilt, dass Gebäude nicht quer zur Kaltluftabflussrichtung oder Hauptwindrichtung orientiert werden sollen.
- Zur Einschätzung des Kaltluftsystems im Umfeld eines Projektvorhabens kann die jeweilige Kaltluftpöhe aus der Themenkarte „Kaltluft“ abgelesen werden.

- Eine Maßnahme ist eine gute Maßnahme, wenn Passant*innen einen Kühleffekt spüren. Um diesen v.a. großflächig zu erreichen, ist immer eine Kombination aus einigen unterschiedlichen Maßnahmen nötig. Die Größenordnung dieses Maßnahmen-Mix muss mit der Größenordnung des gewünschten Effekts korrelieren.

4 Mikroklimatische Detailuntersuchungen

4.1 [Einleitung](#)

Die Stadtklimaanalyse Wien ist eine Untersuchung auf der Ebene des Mesoklimas (Größenordnung > 1 km) mit einer Rasterauflösung von 10 m. Bei Neu- oder Umbauplanungen kann es notwendig sein, eine detailliertere Untersuchung des Mikroklimas (Größenordnung einige hundert Meter) mit einer Rasterauflösung von < 5 m vorzunehmen, um die kleinräumigsten Phänomene zu analysieren.

Anhand der Stadtklimaanalyse kann nun einfacher festgelegt werden, ob bzw. welche Detailstudie an einem Standort notwendig ist (siehe dazu Kapitel 3.7). In der Folge werden die wichtigsten Grundlagen zu mikroklimatischen Detailstudien zusammengefasst.

4.2 [Allgemeines – Skalenfrage](#)

Bei der Berücksichtigung vom Stadtklima in der Stadtplanung ist es entscheidend, die verschiedenen Skalen (Größenordnungen) zu verstehen.

Abhängig von der Handlungs- bzw. Planungsebene ist auf unterschiedliche stadtklimatische Phänomene zu achten. Daher unterscheidet sich auch die Untersuchungsmethodik und die übergeordnete Anpassungsstrategie. In der VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 ist angeführt, welche Phänomene auf den unterschiedlichen Planungsebenen untersucht werden sollen. In Anlehnung dazu wurde folgende Tabelle erstellt, die einen Überblick über die Skalen geben soll. Je kleiner die Handlungsebene wird (Einzelobjektplanung), umso wichtiger werden die kleinräumigsten (mikroklimatischen) Phänomene, wie Sonneneinstrahlung und Abschattung. Auf der größeren gesamtstädtischen Planungsebene (Mesoklima) sind hingegen die großräumigeren Phänomene, wie Luftzirkulation, Kaltluftbahnen und etwaige Wechselwirkungen zu beachten.

| Administrativ | Planungsebene | Stadtklimatische Fragestellungen | Methode der Untersuchung | Anpassungsstrategien | |
|--|---|---|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Region  | Regionalplanung M 1: 100.000 | Regionale Luftaustauschprozesse | Regionalklimaanalyse | z.B.: Belüftung und Flächenverteilung | |
| Stadt  | Stadtentwicklung/Flächennutzungsplan M 1:10.000 | Städtische Wärmeinsel, Klimatope | Stadtklimaanalyse | z.B.: Vernetzung von Grünflächen, Flächennutzung | Strategische Maßnahmen |
| Ortsteil  | Flächenwidmungsplanung M 1: 5.000 | Luftaustausch, Kaltluftabfluss | Stadtklimaanalyse; ggf. Detailstudie | z.B.: Vernetzung und Ausstattung von Grünflächen, Belüftung | Strategische/lokale Maßnahmen |
| Bebauungsstruktur/Block  | Flächenwidmungsplanung M 1:2.000 | Mikroklimatische Untersuchungen (Windkomfort, Sommerkomfort, Kaltluftabfluss) | Detailstudien (Mikroklimamodelle) | z.B.: Schatten, Oberflächengestaltung, Versiegelung, Gebäudevolumen/höhe/Ausrichtung | Lokale Maßnahmen |
| Gebäude  | Objektplanung M 1:500 oder feiner | Mikroklimatische Untersuchungen (Windkomfort, Sommerkomfort) | Detailstudien (Mikroklimamodelle) | z.B.: Schatten, Oberflächengestaltung, Gebäudedetails | Maßnahmen |

Tabelle 4.1: Übersicht der Größenordnungen, die für Fragen des Stadtklimas relevant sind.

Die Stadtklimaanalyse bietet außerdem eine wertvolle Grundlage für vertiefende Detailstudien (Gutachten). Denn sie dient dazu, Hinweise zu geben, worauf auf der Planungsebene Block/Gebäude geachtet werden muss.

Ohne eine Stadtklimaanalyse würde diese wichtige Grundlage fehlen, da keine Ersteinschätzung der stadtklimatischen Bedingungen an einem Standort möglich wäre. Durch die Verwendung einer Stadtklimaanalyse

wird sichergestellt, dass nur Detailstudien zu Fragestellungen durchgeführt werden, die für den betroffenen Standort relevant sind. Dadurch wird Mehraufwand und somit auch Mehrkosten vermieden.

Durch die Stadtklimaanalyse kann zudem verhindert werden, dass an einem Standort kontraproduktive Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel gesetzt werden. Es sollte für jeden Standort individuell der optimale Maßnahmenmix gefunden werden, der auch die Bedingungen und Phänomene der weiter entfernten Umgebung berücksichtigt. Befindet man sich beispielsweise in einer Kaltluftbahn mit hoher Wirksamkeit, können intensive, dichte Baumpflanzungen, die lokal am Standort eine Verbesserung des Mikroklimas (u.a. Hitzestress) bringen würden, auf der gesamtstädtischen Ebene kontraproduktiv sein, weil sie den Kaltluftfluss abschwächen und somit stromabwärts für negative Konsequenzen sorgen. Nur durch die Stadtklimaanalyse sind solche großräumigeren Phänomene und Abhängigkeiten bekannt und können berücksichtigt werden.

4.3 [Arten von Detailstudien: ein Überblick](#)

Folgende Phänomene können in Detailstudien untersucht werden:

- Windkomfort
- Durchlüftung
- Kaltluft(abfluss)
- Sommerkomfort (bioklimatische Indizes wie gefühlte Temperatur PET)

Die Auswahl, welche Detailstudie an einem Standort notwendig ist, erfolgt anhand der Stadtklimaanalyse. Detailuntersuchungen können durch Fachexpert*Innen folgender Fachbereiche durchgeführt werden: Meteorologie, Klimatologie oder Stadtklimatologie.

Für die Detailstudien kommen unterschiedliche Computersimulationsmodelle zum Einsatz. Die übliche Vorgehensweise bei solchen Detailstudien ist:

- Nachbildung des Untersuchungsgebiets sowie dessen Umgebung zum Ist-Zustand (Bestand) und (falls vorhanden) zum letztgültigen Planstand
- Durchführung von computergestützten Simulationen für den Ist-Zustand und (falls vorhanden) den letztgültigen Planstand
- Auswertung und graphische Aufbereitung von charakteristischen Parametern
- Ableitung von Empfehlungen für die weitere Planung. Anhand von Vorher-Nachher Vergleichen (Ist-Zustand vs. Planstand) können etwaige Auswirkungen durch die geplante Bebauung / Veränderung quantifiziert werden und ggf. Maßnahmen entwickelt werden

Wichtig zu beachten ist hierbei, dass bei Detailstudien ausreichend Umgebung im Computermodell nachgebaut wird, um auch die umliegenden Effekte berücksichtigen zu können. Zudem ist ein ausreichend großer Rand um das tatsächliche Untersuchungsgebiet notwendig, weil es bei Simulationsmodellen zu sogenannten numerischen Randeffekten kommen kann, die dann in die spätere Interpretation nicht einfließen dürfen.

Außerdem ist es wichtig die Grenzen der Simulationsmodelle und somit der Detailstudien zu kennen: u.a. welche meteorologischen Phänomene können erfasst werden / welche nicht (z.B.: Überlagerung von tagesperiodischen Windsystemen mit Kaltluftsystemen, Kaltluftbehandlung in CFD – Modellen).

Die folgende Tabelle bietet einen kurzen Überblick über die Detailstudien.

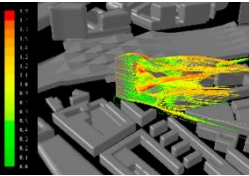
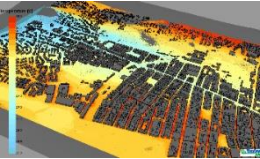
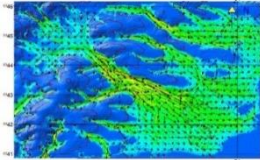
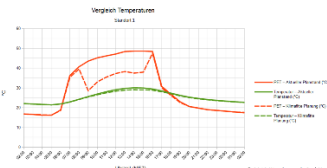
| Detailstudie | Wo/Wann ist diese Untersuchung zu empfehlen? | Was wird untersucht? | Was kann abgeleitet werden? | Notwendige Grundlagendaten | Auflösung |
|--|---|---|--|--|-----------|
| Windkomfort  | <ul style="list-style-type: none"> • bei Hochhäusern • an Standorten, die nahe zu Windfeldänderungen liegen <ul style="list-style-type: none"> ○ um Aufenthaltsqualität (Windkomfort) im Freien zu analysieren bzw. hoch zu halten | <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Stunden mit unangenehmen Windverhältnissen (Windkomfort) für kurzes und langes Verweilen • Verstärkungsfaktoren (Wird der Wind verstärkt oder abgeschwächt?) • Trajektorien | <ul style="list-style-type: none"> • Hinweise für Gebäudeanordnung, -höhe und -ausrichtung • Maßnahmenempfehlungen für Gebäudedetails (Vordächer, Sockel...) • Maßnahmenempfehlungen für die Freiflächen (Balkone/ Dachterrassen) • Empfehlungen für Nutzungsanpassungen | <ul style="list-style-type: none"> • 3D-Gebäudedaten • Windklimatologie an einem nahegelegenen, repräsentativen Standort • Gegebenenfalls Bepflanzung | 0.3 – 3m |
| Durchlüftung  | <ul style="list-style-type: none"> • bei der Neuplanung von Stadtvierteln und einzelnen Gebäuden, um in einer frühen Planungsphase die Ausrichtung und Dimensionierung der Gebäude zu optimieren • an Standorten, die innerhalb bzw. nahe an Durchlüftungsbahnen liegen | <ul style="list-style-type: none"> • Verstärkung/Abschwächung einer Frischluftströmung | <ul style="list-style-type: none"> • Hinweise für Gebäudeanordnung, -höhe und -ausrichtung • Hinweise für die Ausrichtung von Straßenzügen | <ul style="list-style-type: none"> • 3D – Gebäudedaten • meteorologisches Szenario | 1-5 m |
| Kaltluft(abfluss)  <p>DWD, KLAM_21</p> | <ul style="list-style-type: none"> • an Standorten, die innerhalb bzw. nahe an Kaltluftbahnen liegen | <ul style="list-style-type: none"> • Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung der Kaltluft in der Nacht (etwa 2 bzw. 4 h nach Sonnenuntergang) • Veränderung der Kaltluftströmung durch Änderungen in der Bebauung | <ul style="list-style-type: none"> • Hinweise für Gebäudeanordnung, -höhe und -ausrichtung • Stellungnahme, ob Kaltluftbahn wesentlich verändert/beeinflusst wird | <ul style="list-style-type: none"> • Landnutzung (aus FMZK) • Digitales Geländemodell • Gegebenenfalls 3D-Gebäudedaten | 5 – 25 m |
| Sommerkomfort  <p>© 2019 Weatherpark GmbH</p> | <ul style="list-style-type: none"> • an Standorten, die eine hohe Überwärmung aufweisen <ul style="list-style-type: none"> ○ um den Effekt der städtischen Wärmeinsel zu analysieren ○ um Aufenthaltsqualität (Hitzebelastung) im Freien zu analysieren bzw. hoch zu halten <p>Es bieten sich Vergleichssimulationen zwischen IST-Zustand und ein oder mehreren Planungsvarianten an.</p> | <p>Für einen typischen heißen Tag in Wien können verschiedene meteorologische Parameter berechnet werden. Vor allem relevant sind die</p> <ul style="list-style-type: none"> • gefühlte Temperatur (PET) als Maß für die Hitzebelastung untertags • Lufttemperatur als Maß für die UHI nachts | <ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmenempfehlungen für die Freiflächen, um Hitzestress zu minimieren • Hinweise auf Hot Spots • Empfehlungen für Nutzungsanpassungen | <ul style="list-style-type: none"> • 3D – Gebäudedaten • Aktueller, detaillierter Planstand der Freiflächen mit Informationen zu Baumstandorten, Oberflächengestaltung etc. • Baumkataster oder Vegetation aus der FMZK | 0.5 – 5 m |

Tabelle 4.2: Überblick Arten von Detailstudien

4.4 Beispiele für projektspezifische Detailempfehlungen

Das Mikroklima wird stark von den lokalen Gegebenheiten beeinflusst. Das bedeutet, wie ein Ort von den Menschen bei einer bestimmten Nutzung tatsächlich empfunden wird, hängt neben den Effekten der oben behandelten Größenordnungen (Stadtklima) auch von den Mikroeffekten im Projektgebiet ab (siehe dazu Kapitel 4.2). Daher sind vertiefte Betrachtung eines Projekts in Form von Mikroklimauntersuchungen oft sinnvoll, vor allem dann, wenn es darum geht, den passenden Mix von Maßnahmen speziell für ein Projekt zu finden. Sie bauen auf den Ergebnissen der Stadtklimaanalyse auf, in dem diese als Eingangsdaten für die Mikroklimauntersuchung verwendet werden können.

In der Regel wird eine mikroklimatische Untersuchung während eines Planungsprozesses durchgeführt, um mikroklimatische Rahmenbedingungen bestmöglich in die Planung zu berücksichtigen und ein für das Projekt maßgeschneidertes Paket von Maßnahmen zu erarbeiten. Der Bedarf der erforderlichen Detailstudie („Kaltluftabfluss“, „Belüftung“, „Wind- oder Sommerkomfort“) ist abhängig von der Lage im Stadtgebiet und den Inhalten der Stadtklimaanalyse.

Im Urban Heat Island-Strategieplan (© MA22: UHI Strat, Wien 2015) finden sich zahlreiche Empfehlungen für mögliche Maßnahmen auf unterschiedlichen Planungsebenen: *Strategische Planungen – Masterpläne - städtebauliche Wettbewerbe – Flächenwidmungs-/Bebauungsplan - öffentliche Grün- und Freiflächen - Gebäudeplanung – Bebauung*

In der Folge werden exemplarische Beispiele aus dem UHI Strat für Gebäudeplanung und Planung von öffentlichen Grün- und Freiflächen genannt:

- Erhöhung des Wasseranteils in der Stadt, erlebbares Wasser in der Stadt, Wasserspiele, Sommerspritzer etc. sorgen für punktuelle, aktive Abkühlung
- Sicherung des Baumbestandes und Auswahl geeigneter & angepasster Baumarten. Die Klimawirksamkeit eines „erwachsenen“ Baums ist durch Neupflanzungen nicht zu kompensieren. Der Erhalt dieser Bäume sollte daher oberste Priorität haben.
- Dach- und Fassadenbegrünungen
- Innenhofbegrünungen und Nutzung von urbanen Brachflächen
- Begrünungs-/Beschattungs- und Entsigelungsmaßnahmen im Straßenraum
- Zulassen von Spontangrün (z.B. Pflanzen aus Mauerritzen und bei Baulücken)
- Aufhellen und entsiegeln von Belägen im Freiraum
- Beschattung von Freiräumen und Wegen
- mobiles Grün

Auf der anderen Seite werden immer wieder Erwartungen in klimamoderierende Maßnahmen gesetzt, die in der Praxis nicht erfüllt werden können. Beispiele dafür sind:

- Ein Baum ist eine Klimaanlage. Das stimmt nur unter bestimmten Voraussetzungen. Einzelne Bäume kühlen nicht einen gesamten Straßenzug oder Platz. Das Grünvolumen von Pflanzen muss in einem vernünftigen Verhältnis zum zu kühlenden Luftvolumen stehen. Stadtbäume müssen genug Wurzelraum haben (z.B. Schwammstadtprinzip), ausreichend bewässert (ein trockener Baum kühlt nicht durch Verdunstung, sondern spendet „nur“ Schatten) und gut gepflegt sein.

- Eine einzelne Fassadenbegrünung schafft spürbare Abkühlung in einer Straße. Fassadenbegrünungen sind ein sinnvoller Baustein eines ganzen Maßnahmenpakets, aber nie eine ausreichende Einzelmaßnahme.
- Stehende Gewässer wirken kühlend auf die Umgebung. Dies ist meist nicht der Fall. Vor allem, wenn die Gewässer seicht sind, erwärmen sich diese rasch und verlieren schon nach wenigen Tagen einer Hitzewelle ihre kühlende Wirkung. Am ehesten wirken Flüsse oder ein Strom klimamoderierend.

5 Literatur

Baumüller, J.; Hoffmann, U.; Reuter, U. 1995:

Städtebauliche Klimafibel, Hinweise für die Bauleitplanung Folge 2. Stuttgart: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.

Brandenburg C., Matzarakis, A., 2007:

Das thermische Empfinden von Touristen und Einwohnern der Region Neusiedler See. In: Matzarakis, A., Mayer, H. (Eds.), Proceedings zur 6. Fachtagung BIOMET. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg Nr. 16, 67-72.

DWD 2016:

Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung.

Häckel H. 1985:

Meteorologie. UTB – Ulmer, Stuttgart.

Hupfer P., Kuttler, W. 1998:

Witterung und Klima B.G. Teubner Stuttgart.

Höppe, P. 1999:

The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol. 43, 71-75.

Katzschner, L. 2004:

Beitrag der Stadtklimatologie zu den Zielen einer neuen Urbanität UVP Report, Nr. 1/2004, Hamm.

Katzschner, L.; Katzschner, A.; Kupski, S. 2010:

Abschlussbericht des BMBF Verbundprojekts KLIMES. Teilvorhaben Planerische Bewertung der kleinräumigen Stadtklimaanalyse zur Umsetzung der Maßnahmen „Anpassung an Klimaextreme“, Universität Kassel.

Kupski S. 2017:

Klimagerechte Materialien – Hitze Hotspot Stadt. Natürlich Technik: Mit neuen Materialien dem Klimawandel trotzen. In Garten + Landschaft 07/2017, Georg D.W. Callwey GmbH & Co. KG, München.

Kuttler, W. 2011:

Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Climate change in urban areas, Part 1, Effects. In: Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open, DOI: 10.1186/2190-4715-23-11, S. 1-12.

Lohmeyer, A. 2008:

Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, Lohmeyer Aktuell, 20/2008, Karlsruhe.

OKE, T. R. 2006:

Boundary layer climates. Routledge. London. New York.

6 Anhang

6.1 Abbildungen zu den klimatologischen Messdaten

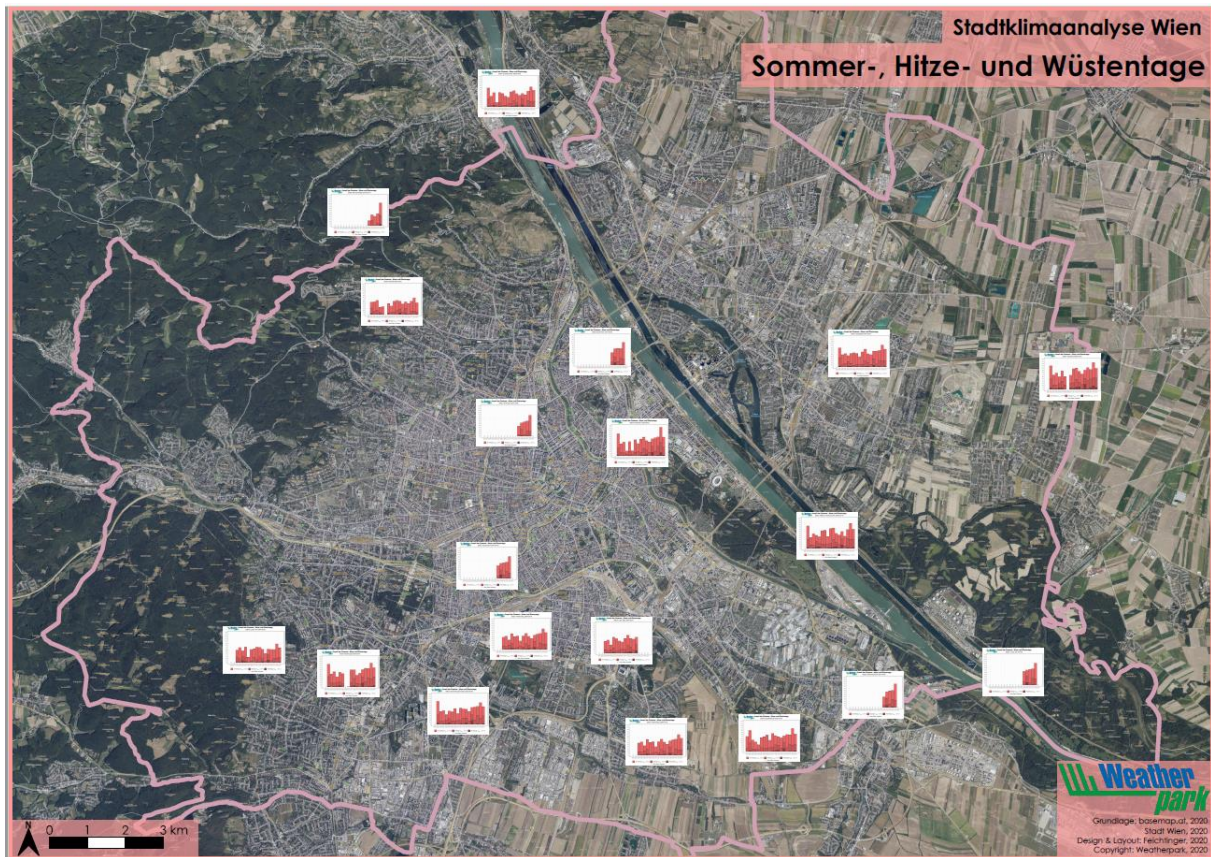


Abbildung 6.1: Übersicht der Stationen im Wiener Stadtgebiet, für die Sommer-, Hitze- und Wüstentage ausgewertet wurden.

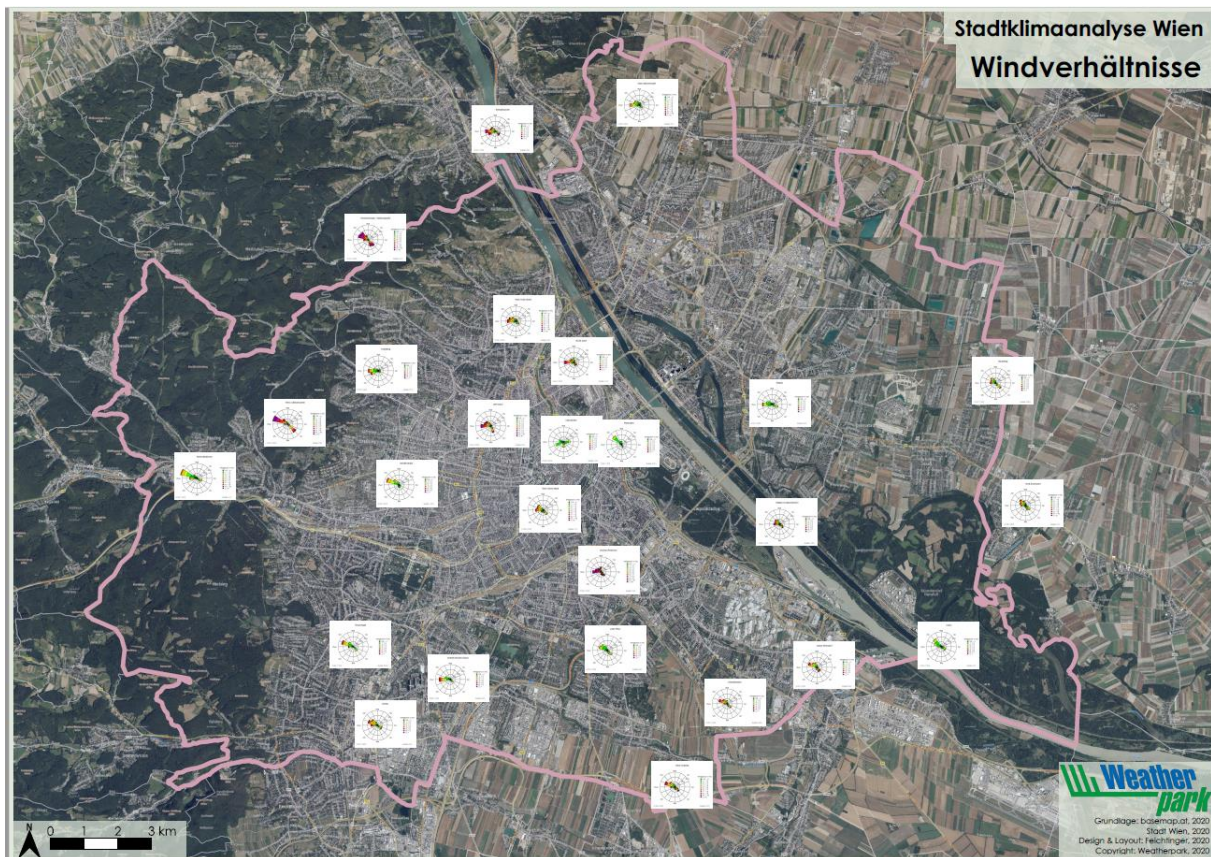


Abbildung 6.2: Übersicht der Stationen im Wiener Stadtgebiet, für die Windrosen erstellt wurden.

6.2 Verkleinerte Ergebniskarten

Die wichtigsten Ergebniskarten der Stadtklimaanalyse Wien werden in der Folge als stark verkleinerte Ansichten wiedergegeben. Die originalen Versionen wurden dem Auftraggeber im Format A0 als pdf und als Kartenlayer im GIS der Stadt Wien zur Verfügung gestellt. Außerdem befinden sich die pdf-Versionen auf dem dem Bericht beigelegten Datenträger.

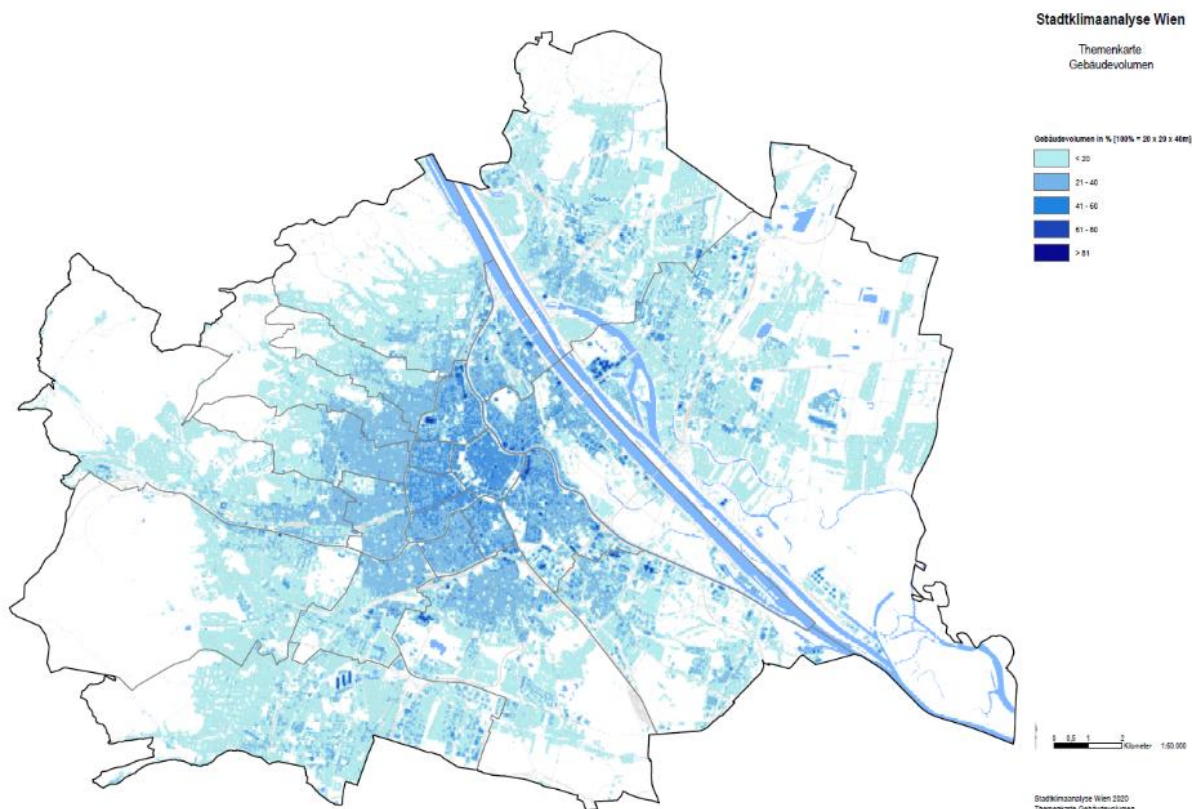


Abbildung 6.3: Themenkarte Gebäudevolumen

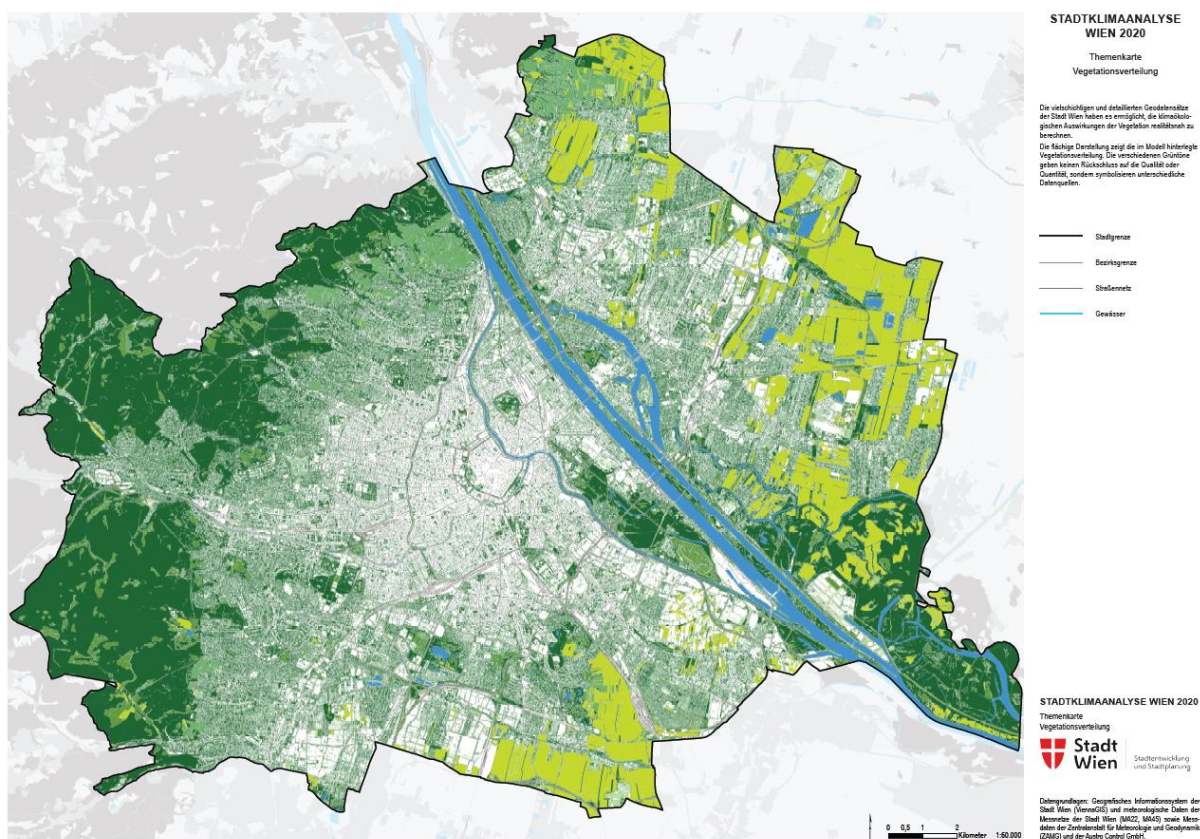


Abbildung 6.4: Themenkarte Vegetationsverteilung

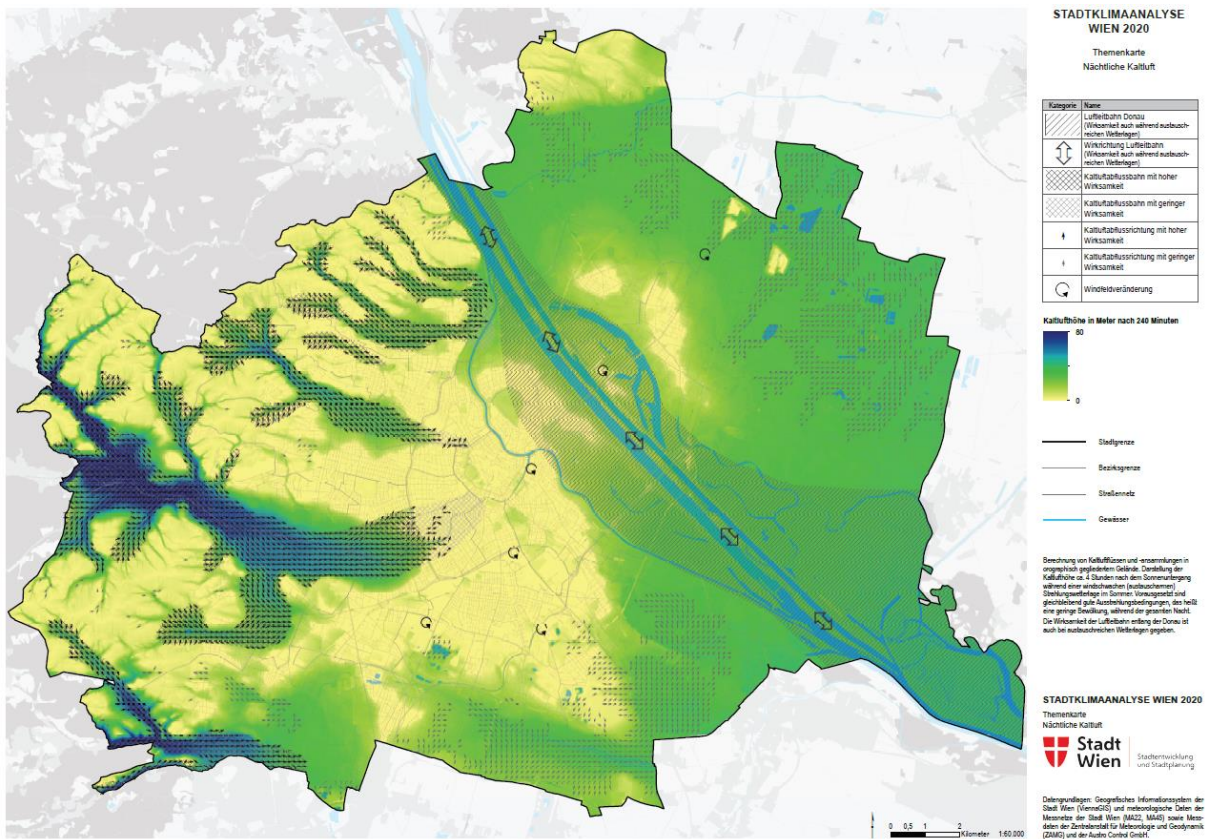


Abbildung 6.5: Themenkarte Nächtliche Kaltluft

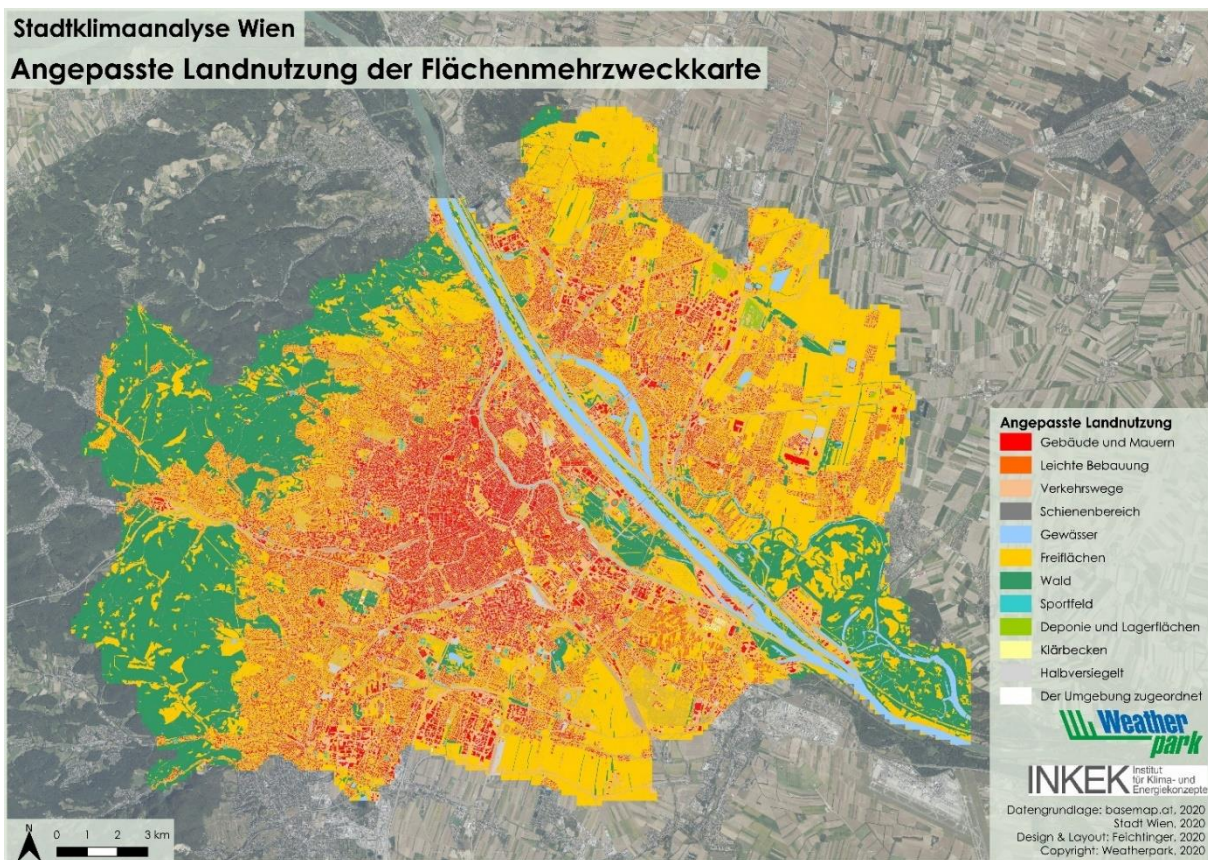


Abbildung 6.6: Themenkarte Landnutzung: Flächenmehrzweckkarte mit aggregierten, reduzierten Nutzungskategorien als Grundlage für die Erstellung der Klimaanalysekarte.

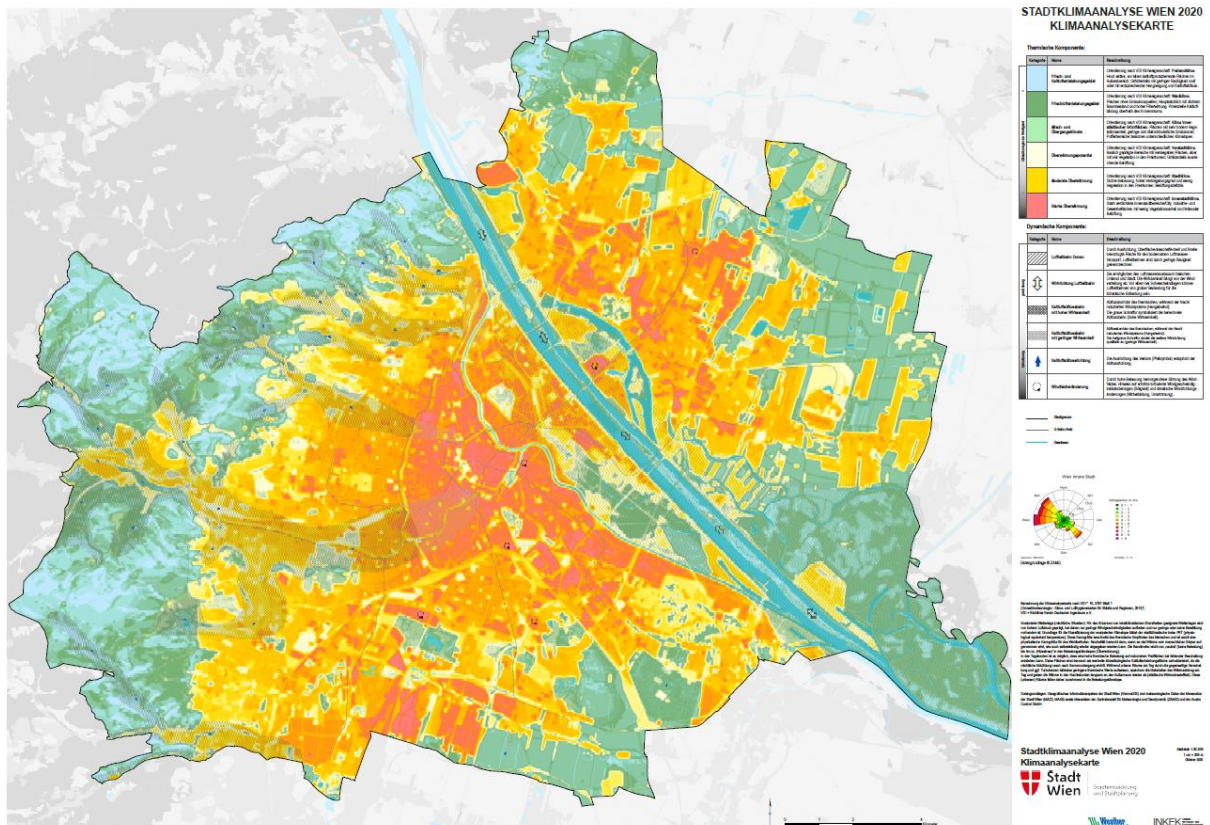


Abbildung 6.7: Klimaanalysekarte für den Ist-Zustand

7 Haftungseinschränkung

Ausgehend von der vom Auftraggeber vorgegebenen Aufgabenstellung führt Weatherpark GmbH Meteorologische Forschung und Dienstleistungen (kurz: Weatherpark) Modellberechnungen und/ oder Beurteilungen im Bereich der Meteorologie durch und erarbeitet so Lösungsvorschläge für den Auftraggeber. Weatherpark verpflichtet sich, im Rahmen dieser Tätigkeit die den Modellberechnungen und/oder Beurteilungen zugrunde gelegten tatsächlichen Gegebenheiten und meteorologischen Einflussfaktoren mit der gebotenen Sorgfalt zu ermitteln und/oder einzuschätzen und bei der Durchführung der Modellberechnungen und/oder Beurteilungen die Methoden anzuwenden, die dem Stand der Technik und der meteorologischen Wissenschaft entsprechen. Dessen ungeachtet sind aufgrund der Ergebnisse der Modellrechnungen und/oder der Beurteilungen nur meteorologische Prognosen möglich, wobei es dafür der Interpretation der Berechnungsergebnisse und/oder der Beurteilungsergebnisse durch Weatherpark selbst bedarf. Weatherpark kann daher nur die Haftung dafür übernehmen, dass sie die von ihr übernommenen Modellberechnungen und/oder Beurteilungen mit der gebotenen Sorgfalt erstellt und durchgeführt und dabei die dem Stand der Technik und der meteorologischen Wissenschaft entsprechenden Methoden angewendet hat. Jedoch entspricht es dem Wesen der Leistung von Weatherpark, dass eine Haftung dafür, dass die abgegebenen Prognosen auch eintreten, nicht übernommen werden kann.

Da den Modellberechnungen und/oder Beurteilungen teilweise auch Annahmen und Schätzungen zugrunde gelegt werden müssen, kann Weatherpark auch keine Haftung für Zwischenergebnisse der Berechnungen und/oder der Beurteilungen übernehmen. Im Übrigen bleibt es Weatherpark vorbehalten, eine Interpretation der Ergebnisse der Modellrechnungen und/oder der Beurteilungen vorzunehmen und so Lösungsvorschläge für den Auftraggeber zu erstellen; keinesfalls übernimmt Weatherpark eine Haftung für Schlussfolgerungen, die der Auftraggeber selbst oder Dritte aus den Berechnungsergebnissen und/oder Beurteilungsergebnissen ziehen.

Weatherpark übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit von Daten und Auswertungen Dritter.