

Stadtklimaanalyse Linz

im Auftrag des Umweltmanagements der Stadt Linz



LEAD 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**

April 2021 **DATE**

Kontaktdaten:

Auftragnehmer

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.....	7
1.1. Einleitung.....	7
1.2. Ergebnisse.....	8
1.3. Ziele.....	9
1.4. Empfehlungen.....	9
2. Klimatologische Messdaten von Linz: Zusammenschau und Auswertung.....	12
2.1. Einleitung.....	12
2.2. Datenübersicht.....	12
2.3. Datenaufbereitung.....	16
2.4. Wind.....	18
2.5. Lufttemperatur.....	20
2.5.1. Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$).....	21
2.5.2. Hitzetage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$).....	23
2.5.3. Wüstentage ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$).....	25
2.5.4. Tropennächte ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$).....	27
2.5.5. Hitzewellentage nach Jan Kysely.....	29
2.6. Handlungsfeld Messungen - Empfehlungen.....	32
2.6.1. Ausbau Messnetz.....	32
2.6.2. Zugriff Messdaten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik).....	32
2.6.3. Messungen zur Bewusstseinsbildung nutzen.....	32
3. Die Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie.....	33
3.1. Einleitung.....	33
3.2. Ziele der Stadtklimaanalyse.....	33
3.3. Methodik.....	34
3.3.1. Grundlagen/ Richtlinien.....	34
3.3.1. Methodik zur Erstellung von Klimaanalysekarten.....	35
3.3.2. Der stadtklimatische Bewertungsindex: Die PET.....	37
3.3.3. Datengrundlagen.....	38
3.3.4. Analyseschritte.....	39
3.4. Themenkarten.....	41
3.4.1. Themenkarte Gebäudevolumen.....	41
3.4.2. Themenkarte Kaltluft und Belüftung.....	43
3.5. Klimaanalysekarte.....	45
3.5.1. Thermische Komponente: Kategorien und Klimatope.....	47
3.5.2. Dynamische Komponente: Klimaphänomene.....	49

3.5.3. Legende der Klimaanalysekarte	51
3.6. Planungshinweiskarte	52
3.6.1. Methodik zur Erstellung der Planungshinweiskarte	52
3.6.2. Legende der Planungshinweiskarte	54
4. Empfehlungen für die Arbeit mit der Stadtklimaanalyse	56
4.1. Handlungsfeld Politik - Empfehlungen	57
4.1.1. Politischer Wille	57
4.1.2. (Teile der) Planungshinweise rechtlich bindend verankern.....	57
4.2. Handlungsfeld Anwendung - Empfehlungen.....	58
4.2.1. Verwendung und Umgang mit Ergebniskarten	58
4.2.2. Laufende Schulung	59
4.2.3. Prozessablauf implementieren	59
4.2.4. Ausarbeitung und Verwendung von Entscheidungsbäumen	60
4.2.5. Vorgangsweise bei der Abwicklung von Detailstudien.....	60
4.2.6. Ausarbeitung und Verwendung eines Maßnahmenkataloges	60
4.2.7. Evaluierung und Aktualisierung	60
4.3. Handlungsfeld Planungsprozess - Empfehlungen	61
4.3.1. Empfehlungen für die Kategorie A1: Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung	62
4.3.2. Empfehlungen für die Kategorie A2: Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung	64
4.3.3. Empfehlungen für die Kategorie B1: Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion.....	66
4.3.4. Empfehlungen für die Kategorie B2: Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	68
4.3.5. Empfehlungen für die Kategorie B3: Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion	70
4.3.6. Empfehlungen für die Kategorie B4: Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen	72
5. Mikroklimatische Detailstudien	74
5.1. Einleitung	74
5.2. Allgemeines – Skalenfrage.....	74
5.3. Arten von Detailstudien – ein Überblick	76
5.4. Beispiel Schlachthof-Areal	78
6. Handlungsfeld Hochhäuser	79
6.1. Handlungsfeld Hochhäuser - Empfehlungen.....	79
6.1.1. Eignungsprüfung des Projektstandortes vor Beginn des Planungsprozesses	79
6.1.2. Einbindung Stadtklimatolog*in	79
6.1.3. Berücksichtigung des Stadtklimas im Planungsprozess	79
6.1.4. Detailüberprüfungen der Auswirkungen	80
6.1.5. Überarbeitung der 10-Punkte-Checkliste.....	81
7. Handlungsfeld Strategie - Empfehlungen	83

7.2. Aktualisierung der Empfehlungen aus der Grundlagenstudie 2019	85
7.2.1. Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise (Klimawandelanpassungskonzept).....	85
7.2.2. Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen).....	85
7.2.3. Transformationsprozess	86
7.2.4. Austausch national und international	86
7.2.5. COIN Studie.....	87
7.2.6. Bewusstseinsbildung bei Stakeholdern und Bevölkerung	87
7.2.7. Fortbildung	87
7.3. Ergänzende strategische Empfehlungen	88
7.3.1. Zukunftsweisende Planung.....	88
7.3.2. Werkzeuge / Grundlagen überarbeiten und ergänzen	88
7.3.3. Berücksichtigung des Klimawandels bei öffentlichen Ausschreibungen und Wettbewerben	88
7.3.4. Vulnerabilitätsanalysen	88
7.3.5. Umgang mit dem Umland	89
7.3.6. Verbesserung Datengrundlagen.....	89
7.3.7. Evaluierung Co-Benefits	89
7.3.8. Festlegung von Indikatoren, Schwell- und Grenzwerten	89
8. Literatur	90
9. Haftungseinschränkung	91

1. Zusammenfassung

1.1. Einleitung

Um sich den Herausforderungen der Klimakrise zu stellen, hat die Stadt Linz die Weatherpark GmbH 2019 beauftragt, eine Grundlagenstudie¹ durchzuführen, um bestehende Stadtklimainformationen in der Stadt Linz zu bewerten und konkrete Maßnahmenempfehlungen für Linz abzuleiten.

Die wichtigsten 4 Empfehlungen aus dieser Grundlagenstudie waren:

1. Erstellen einer Stadtklimaanalyse inklusive Planungshinweiskarte
2. Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise
3. Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen)
4. Anstellung einer Stadtklimatologin / eines Stadtklimatologen

Vor diesem Hintergrund wurde bereits 2020 ein Stadtklimatologe (Mag. Horak Johannes) und ein Stadtklimakoordinator (Oliver Schrot, MSc.) angestellt und auch ein Klimabeirat installiert. Im Dezember 2019 beschloss der Stadtsenat zudem, die empfohlene Stadtklimaanalyse durchzuführen.²

Diese Stadtklimaanalyse inklusive Planungshinweiskarte nach VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Richtlinie wurde von 2020 – 2021 von der Weatherpark GmbH und INKEK GmbH (Institut für Klima- und Energiekonzepte) erstellt.

Ansprechpartner für Weatherpark waren bei der Stadt Linz Hr. DI Wilfried Hager und Mag. Johannes Horak.

Beim Subauftragnehmer von Weatherpark, der INKEK GmbH, war dies während des gesamten Projektes Dipl.-Ing. Sebastian Kupski.

¹ https://www.linz.at/images/files/Grundlagenstudie_Stadtklimainformationen_Linz_FirmaWeatherpark.pdf (aufgerufen am 11.01.2021)

² https://www.linz.at/medienservice/2020/202001_104639.php (aufgerufen am 11.01.2021)

1.2. Ergebnisse

Im Projekt Stadtklimaanalyse Linz wurden nicht nur die Stadtklimaanalyse Karten nach VDI Richtlinie ausgearbeitet, sondern das Projekt umfasste mehrere Arbeitspakete. Die Ergebnisse werden im vorliegenden Bericht beschrieben.

- **Zusammenschau und Auswertung der klimatologischen Messdaten in Linz** (siehe Kapitel 2)

Dieses Kapitel liefert eine Zusammenschau und Auswertung ausgewählter klimatologischer Messdaten in Linz. Dadurch wird ein Überblick über die vergangene und aktuelle Entwicklung der Messwerte bzw. Klimatologie gegeben.

- **Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie** (siehe Kapitel 3)

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

- Themenkarten (Kapitel 3.4)
- Klimaanalysekarte (Kapitel 3.5)
- Planungshinweiskarte (Kapitel 3.6)

- **Empfehlungen für die Arbeit mit der Stadtklimaanalyse** (siehe Kapitel 4)

In diesem Kapitel werden Empfehlungen für die Arbeit mit der Stadtklimaanalyse (insbesondere der Planungshinweiskarte) formuliert, damit die Ergebnisse möglichst wirksam genutzt werden.

- **Mikroklimatische Detailstudien** (siehe Kapitel 5)

Dieses Kapitel liefert Grundlageninformationen zu sogenannten Detailstudien (Mikroklima - Simulationen). Im Zuge des Projekts wurde außerdem eine exemplarische Detailstudie durchgeführt (eigenständiger Bericht). Dieser Schritt diente einerseits der konkreten Erarbeitung von stadtklimatischen Empfehlungen für ein aktuelles Planungs- oder Umsetzungsprojekt und andererseits der allgemeinen/praktischen Demonstration, wie die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse auf der Objektebene vertieft werden können.

- **Handlungsfeld Hochhäuser** (siehe Kapitel 6)

Dieses Kapitel liefert Empfehlungen für das Handlungsfeld Hochhäuser und beinhaltet u.a. einen Vorschlag, wie die 10 - Punkte - Checkliste für Hochhäuser überarbeitet bzw. ergänzt werden sollte.

- **Handlungsfeld Strategie - Empfehlungen** (siehe Kapitel 7)

In diesem abschließenden Kapitel werden - basierend auf den neuen Ergebnissen und Entwicklungen in der Stadt Linz - strategische Empfehlungen für die nächsten Schritte abgegeben. Ausgehend von der Grundlagenstudie 2019¹ werden die damaligen Empfehlungen aktualisiert und ergänzt.

1.3. Ziele

Ziel des Projektes war es, einen nächsten Schritt am Weg zu einer umfassenden Strategie gegen die Hitze in der Stadt Linz zu setzen.

Um die Lebensqualität – trotz der bereits spürbaren und unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels – hoch zu halten, ist auf gesamtstädtischer und strategischer Ebene Klimawandelanpassung notwendig. Dafür ist es wichtig, fundierte Grundlagen zu haben, um das Stadtklima gut zu kennen und es dadurch bei der Stadtentwicklung und -planung bestmöglich berücksichtigen zu können. Solch eine Grundlage liefert die Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie, die zentraler Bestandteil dieses Projekts war.

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. Für eine klimabewusste, zukunftsfähige Stadtentwicklung ist es jedoch nicht nur notwendig auf die Ist-Situation zu reagieren, sondern auch die zu erwartenden Veränderungen zu berücksichtigen.

Die erstellten Grundlagen (Stadtklimaanalyse-Karten) haben folgende wesentliche Ziele:

- 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.

Zudem wurden in diesem Projekt – basierend auf den Auswertungen und Analysen – Empfehlungen für die Stadt Linz abgeleitet. Die formulierten Empfehlungen verfolgen das Ziel, dass

- die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse Linz erfolgreich in Planungsprozesse der Stadt integriert werden.
- ein Transformationsprozess in der Stadt weiter vorangetrieben wird, um die klimasensible Stadtentwicklung zu fördern und zu priorisieren.

Die Ergebnisse dieses Projekts sollen mithelfen, eine an die Auswirkungen der Klimakrise angepasste und resiliente Stadt zu formen.

1.4. Empfehlungen

Aufbauend auf die Zusammenschau der klimatologischen Messdaten und der Stadtklimaanalyse wurden im Zuge dieses Projekts auch einige Empfehlungen für nächste Schritte für die Stadt Linz ausgearbeitet. Die Empfehlungen sind auf mehrere Handlungsfelder aufgeteilt. Die folgende Tabelle liefert einen Überblick über alle Empfehlungen:

Handlungsfeld	Nr.	Empfehlung	Kapitel
Messungen	M1	Ausbau Messnetz	2.6.1
	M2	Zugriff Messdaten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)	2.6.2
	M3	Messungen zur Bewusstseinsbildung nutzen	2.6.3
Arbeit mit der Stadtklimaanalyse			
Politik	P1	Politischer Wille (Prozessausarbeitung vorschreiben, verankern, etc.)	4.1.1
	P2	(Teile der) Planungshinweise rechtlich bindend verankern	4.1.2
Anwendung	A1	Verwendung und Umgang mit Ergebniskarten	4.2.1
	A2	Laufende Schulung	4.2.2
	A3	Prozessablauf implementieren	4.2.3
	A4	Ausarbeitung und Verwendung von Entscheidungsbäumen	4.2.4
	A5	Vorgangsweise bei der Abwicklung von Detailstudien	4.2.5
	A6	Ausarbeitung und Verwendung eines Maßnahmenkatalogs	4.2.6
	A7	Evaluierung und Aktualisierung	4.2.7
Planungsprozess	PL-A1	Empfehlungen für die Kategorie A1	4.3.1
	PL-A2	Empfehlungen für die Kategorie A2	4.3.2
	PL-B1	Empfehlungen für die Kategorie B1	4.3.3
	PL-B2	Empfehlungen für die Kategorie B2	4.3.4
	PL-B3	Empfehlungen für die Kategorie B3	4.3.5
	PL-B4	Empfehlungen für die Kategorie B4	4.3.6
Hochhäuser	H1	Eignungsprüfung des Projektstandortes vor Beginn des Planungsprozesses	6.1.1
	H2	Einbindung Stadtklimatolog*in	6.1.2
	H3	Berücksichtigung des Stadtklimas im Planungsprozess	6.1.3
	H4	Detailüberprüfungen der Auswirkungen	6.1.4
	H5	Überarbeitung der 10-Punkte-Checkliste	6.1.5
Strategie	S1	Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise (Klimawandelanpassungskonzept)	7.2.1

Aktualisierungen und Ergänzungen zur Grundlagenstudie 2019	S2	Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen)	7.2.2
	S3	Transformationsprozess	7.2.3
	S4	Austausch national und international	7.2.4
	S5	COIN Studie	7.2.5
	S6	Bewusstseinsbildung bei Stakeholdern und Bevölkerung	7.2.6
	S7	Fortbildung	7.2.7
	S8	Zukunftsweisende Planung	7.3.1
	S9	Werkzeuge / Grundlagen überarbeiten und ergänzen	7.3.2
	S10	Berücksichtigung des Klimawandels bei öffentlichen Ausschreibungen und Wettbewerben	7.3.3
	S11	Vulnerabilitätsanalysen	7.3.4
	S12	Umgang mit dem Umland	7.3.5
	S13	Verbesserung Datengrundlagen	7.3.6
	S14	Evaluierung Co-Benefits	7.3.7
	S15	Festlegung von Indikatoren, Schwell- und Grenzwerten	7.3.8

Tabelle 1.1: Übersicht aller Empfehlungen.

2. Klimatologische Messdaten von Linz: Zusammenschau und Auswertung

2.1. Einleitung

Dieses Kapitel liefert eine Zusammenschau und Auswertung ausgewählter klimatologischer Messdaten von Linz. Dadurch wird ein Überblick über die vergangene und aktuelle Entwicklung der Messwerte gegeben.

Zunächst wird eine Zusammenfassung über die verwendeten Messstationen und deren Aufbereitung im Zuge der Stadtklimaanalyse Linz gegeben (Kapitel 2.2 und 2.3), gefolgt von der Auswertung der Daten. Hierbei wird einerseits der Wind (Windgeschwindigkeit und -richtung) anhand von Windrosen näher erläutert (Kapitel 2.4), andererseits wird umfangreich auf Phänomene der Lufttemperatur eingegangen (Kapitel 2.5). Dazu wird die zeitliche Entwicklung von Sommer-, Hitze- und Wüstentagen sowie Tropennächten und Hitzewellentagen nach Jan Kysely verglichen.

In den folgenden Kapiteln werden exemplarisch Auswertungen gezeigt und erläutert.

2.2. Datenübersicht

Im Raum Linz sind zahlreiche Messstationen verfügbar, wobei viele Stationen vom Land Oberösterreich vorrangig für die Überwachung der Luftgüte verwendet werden. Für diese Auswertung wurde daher zunächst eine Stationsauswahl vorgenommen. Hierbei waren folgende Kriterien ausschlaggebend:

- Stationen in Linz bzw. in direkter Umgebung der Stadt Linz
- Messung von Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Lufttemperatur
- Messungen sollen aktuell stattfinden bzw. zumindest bis zum Jahr 2017 vorhanden sein. (Ausnahme: an der Station Hauserhof wurden bereits im Jahr 2000 die Messungen eingestellt.)

Die ausgewählten Stationen und ihre Metadaten sind in Tabelle 2.1 dargestellt. In der Tabelle sind alle an der jeweiligen Station gemessenen Parameter angeführt. Die für diese Auswertung verwendeten Parameter sind fett markiert. Mit dem Parameter „Wind“ ist die Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung gemeint.

Online sind weitere Informationen zu den Stationen, die vom Land OÖ³ betrieben werden, und den ZAMG – Stationen⁴ öffentlich verfügbar.

³ <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/17980.htm> (aufgerufen am 16.04.2021)

⁴ <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/messnetze/wetterstationen> (aufgerufen am 16.04.2021)

Betreiber	Nr.	Stationsname	Koordinaten		Seehöhe [m]	Messzeitraum		Gemessene Parameter
			Länge [°]	Breite [°]		von	bis	
Land OÖ Luft	S173	Steyregg-Au	14,36651	48,27974	250	01.05.2006	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S184	Linz-Stadtpark	14,2972	48,30619	260	29.10.2008	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S404	Traun	14,23755	48,22533	274	01.06.1984	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S412	Linz-Kleinmünchen	14,31017	48,25377	258	01.07.1979	10.01.2017	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S415	Linz-24er-Turm	14,29876	48,32337	255	01.07.1979	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Strahlungsbilanz, Globalstrahlung, Luftdruck, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S416	Linz-Neue Welt	14,31481	48,2733	265	01.11.1996	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Strahlungsbilanz, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S417	Steyregg-Weih	14,3536	48,28851	335	01.03.1987	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Regenmenge, Sonnenscheindauer, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S425	Freinberg 1	14,2675	48,29722	380	01.05.1987	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S427	Freinberg 3	14,2675	48,29722	380	01.05.1987	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S429	Giselawarte	14,25456	48,38507	925	31.05.1987	31.05.2019	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte

Land OÖ Luft	S430	Magdalenaberg	14,30768	48,36132	660	12.08.1993	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte
Land OÖ Luft	S431	Linz-Römerberg	14,28215	48,30299	262	21.10.1997	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Regenmenge, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S206	Asten 4	14,42173	48,21492	250	30.09.2010	27.05.2016	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Strahlungsbilanz, Globalstrahlung, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S217	Kristein 3	14,43693	48,20808	255	16.01.2012	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
Magistrat	S008	Don Bosco Kirche	14,31735	48,29086	258	18.12.2013	04.01.2018	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Luftdruck, diverse Parameter der Luftgüte
Chemiepark	C001	Linz-Chemiepark	14,32706	48,28867	254	nicht bekannt	aktuell	Wind
Magistrat	S009	Anzengruberstraße	14,298043	48,292514	260	16.08.2018	aktuell	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, Luftdruck, diverse Parameter der Luftgüte
Land OÖ Luft	S401	Linz-Hauserhof	14,29054	48,2919	290	01.02.1977	31.12.2000	Wind, Temperatur , relative Luftfeuchte, diverse Parameter der Luftgüte
ZAMG	11060	Linz-Stadt	14,285280	48,296390	262	01.07.1992	aktuell	Wind , Temperatur, relative Luftfeuchte, Regenmenge, Luftdruck
ACG	11010	Linz-Hörsching	14,188060	48,235280	313	15.05.1942	aktuell	Wind , Temperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Regenmenge, Luftdruck, Sonnenscheindauer

Tabelle 2.1: Ausgewählte Messstationen, deren Betreiber und Metadaten: Stationsnummer (vom Betreiber vergeben oder Synop-Stationsnummer), Stationsname, Koordinaten, Seehöhe, Messzeitraum und gemessene Parameter (verwendete Parameter sind fett markiert). Folgende Betreiber sind gelistet: Land OÖ Luft (Luftgüte- und meteorologische Messwerte der oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz), Magistrat (Luftgütemessung durch das Magistrat Linz), Chemiepark (in Linz), ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), ACG (Austro Control GmbH).

Abbildung 2.1 zeigt eine geographische Übersicht aller verwendeten Stationen.

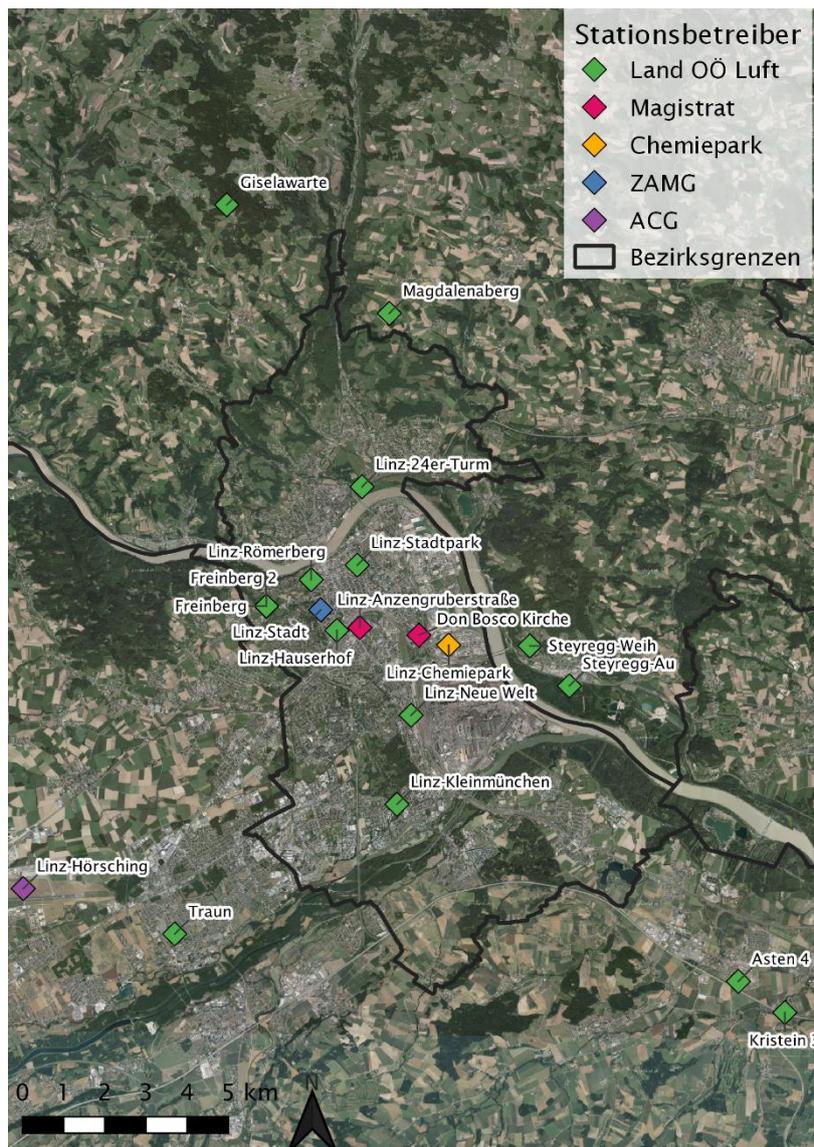


Abbildung 2.1: Karte der verwendeten Stationen nach Betreiber (Datenquelle: ACG, Land OÖ, Stadt Linz, ZAMG, Hintergrundkarte: Statistik Austria, basemap.at)

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht zu den Betreibern der verwendeten Messstationen gegeben:

1. Messnetz des Landes Oberösterreich (Luftgüte)

Das Messnetz der oberösterreichischen Landesregierung (Ansprechpartner: Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz) umfasst mehrere teils langjährige Stationen im ganzen Bundesland. Das Hauptziel dieser Messungen ist die Kontrolle der Luftgüte bzw. Schadstoffbelastung. Meteorologische Werte wie Wind, Lufttemperatur, Luftfeuchte etc. werden ebenso gemessen.

In dieser Studie wurden insgesamt 15 Stationen dieses Messnetzes verwendet, wobei jede dieser die Parameter Wind (-richtung und -geschwindigkeit), Lufttemperatur sowie relative Luftfeuchte und Messwerte zur Schadstoffbelastung aufzeichnet. Mehrere Stationen können ebenso weitere Parameter, wie Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Sonnenscheindauer und Regenmenge aufweisen.

Das Land Oberösterreich stellt mit CLAIRISA (Climate-Air-Information-System for Upper Austria)⁵ auch eine interaktive Webanwendung zur Verfügung. CLAIRISA bildet die vorgestellten Klima- und Luftgütedaten als Karten, Tabellen und Grafiken ab.

2. Messnetz des Magistrats der Stadt Linz

Das Messnetz der Stadt Linz ist nicht als ein typisches Messnetz zu verstehen. Es handelt sich hierbei um einen Messcontainer, welcher für einen bestimmten Zeitraum an interessante Positionen versetzt wird. Damit kann z.B. konkreten Beschwerden nachgegangen oder spezielle Projekte untersucht werden. Aktuell ist er in der Anzengruberstraße in Linz zu finden.⁶

Die Zielsetzung ist auch hier wiederum eine (kurzfristige) Erhebung zur Luftqualität. In dieser Studie wurden zwei dieser Messreihen untersucht. Der versetzbare Messcontainer erhebt Werte zu Wind (-geschwindigkeit, -richtung), Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und natürlich Parameter zur Luftgüte.

3. Station des Chemieparks

Am Gelände des Chemieparks in Linz befindet sich ebenso eine Station zur Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung.

4. Messnetz der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) betreibt lediglich eine Station im Stadtgebiet in Linz (Linz-Stadt), welche sich in der innerstädtisch gelegenen Stockhofstraße befindet. Die Station erhebt Wind, Temperatur, relative Luftfeuchte, Regenmenge und Luftdruck. Daten der Station stehen seit Mitte 1992 zur Verfügung. In der vorliegenden Studie wurden Windgeschwindigkeit und -richtung seit Anfang 1993 untersucht.

Zusätzlich wurden Daten zur Lufttemperatur (Sommertage und Hitzetage), welche über das Jahrbuch der ZAMG⁷ frei verfügbar sind, analysiert. Diese Daten sind für die Jahre 1990 bis 2019 abrufbar (Status Februar 2021).

5. Messnetz der Austria Control GmbH (ACG)

Die Austria Control GmbH ist die Flugsicherung und Luftfahrtagentur Österreichs. Sie ist im Bereich Meteorologie auf Flugwetter spezialisiert und bietet an relevanten Ortspunkten (Flughäfen) ebenso stündliche Messwerte an. In Linz betreibt die ACG eine Station am Flughafen Linz-Hörsching. Von eben diesem wurden stündliche Werte zu Windgeschwindigkeit und -richtung seit 2001 ausgewertet.

2.3. Datenaufbereitung

In Tabelle 2.1 sind alle für diese Studie ausgewählten Stationen aufgelistet. Die Auswertungen wurden für die Jahre 1980 bis 2020 (Redaktionsschluss: Februar 2021) durchgeführt.

Bei der Datenaufbereitung zeigte sich, dass von manchen Stationen für die Auswertungen der Temperatur einzelne Jahre entfernt werden mussten.

Grund war, dass an manchen Stationen in einzelnen Messjahren nur Daten für wenige Monate (weniger als 8 Monate) vorhanden waren. Um die Aussage der Anzahl der besonderen Tage dadurch nicht zu verfälschen, wurden diese unvollständigen Jahre entfernt. So wurde beispielsweise das Jahr 1993 der Station Magdalenaberg entfernt, weil an dieser Station erst ab August 1993 Messungen durchgeführt wurden. An der Station Hauserhof fehlten zudem für die Jahre 1984 und 1985

⁵ CLAIRISA: <http://www.doris.eu/themen/umwelt/clairisa.aspx> (aufgerufen am 16.04.2021)

⁶ Luftgütemessungen durch die Stadt Linz: <https://www.linz.at/umwelt/97486.php> (aufgerufen am 16.04.2021)

⁷ Jahrbuch der ZAMG: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch> (aufgerufen am 16.04.2021)

alle Temperatur – Daten und von der ZAMG – Station Linz Stadt waren Informationen über Sommertage und Hitzetage für das Jahr 1992 nicht öffentlich im Jahrbuch verfügbar.

Die fehlenden oder entfernten Jahre sind in den entsprechenden Abbildungen der Temperatur mit „x“ markiert. Mithilfe dieser Markierung sind die Grafiken aufgrund der gleichen x-Achse besser vergleichbar, was die Interpretation erleichtert. Details zu den Temperatúrauswertungen finden sich in Kapitel 2.5.

Aufgrund der Erfahrungen von Weatherpark wurde außerdem für die Wind-Auswertung der Zeitraum der Station Linz-Hauserhof geändert. Werte vor 1990 waren nicht ohne Bedenken auswertbar. Eine bei den Daten nicht erklärbare, prägnante Nordkomponente der Windrichtung konnte so entfernt werden. Damit verkürzte sich der auswertbare Zeitraum auf 1990 bis Anfang 2001. Es sei darauf hingewiesen, dass auch andere Stationen davon betroffen sein könnten und daher wird eine Prüfung der Winddaten vor 1990 empfohlen. Details zu den Wind-Auswertungen finden sich in Kapitel 2.4.

Es sollte bedacht werden, dass es sich bei den Stationen des Landes bzw. der Stadt nicht immer um konforme Stationen nach Richtlinien der World Meteorological Organization (WMO) handelt. Diese Richtlinien beziehen sich auf die Aufstellung und Positionierung der Stationen. Dies ist natürlich auf die Zielsetzung der Stationen zurückzuführen. Die meisten werden zur Überwachung der Luftgüte eingesetzt. Für die Auswertung der meteorologischen Daten bedeutet dies wiederum, dass nicht direkt erkennbare Störfaktoren nicht ausgeschlossen werden können. Vor allem im Vergleich mit WMO-konformen Stationen kann dies zu Abweichungen führen.

Es können beispielsweise keine systematischen Strahlungsfehler ausgeschlossen werden, welche durch ungenügende Ventilation oder ungeeignete Positionierung des Temperaturfühlers entstehen können. Daraus kann sich eine starke Temperaturüberschätzung, und somit eine verfälschte Darstellung der Sommertage, Hitzetage, etc. ergeben. Dies ist bei der Interpretation der Daten des Landes OÖ und der Stadt zu bedenken. Es sei daher darauf hingewiesen, dass durch alle Stationsbetreiber eine Dokumentation der Datenqualitätskontrolle durchgeführt werden sollte.

2.4. Wind

Insgesamt wurden Daten zu Windgeschwindigkeit und -richtung von 20 Stationen ausgewertet und als Windrosen dargestellt (Übersichtskarte mit allen Windrosen im Anhang). Tabelle 2.2 zeigt die verwendeten Stationen, Auswertungszeitraum, Höhe der Windmessung sowie ggf. zusätzliche Informationen.

Nr.	Stationsname	Ausgewerteter Zeitraum		Windhöhe [m]	Informationen
		von	bis		
S173	Steyregg-Au	01.05.2006	31.12.2020	10	
S184	Linz-Stadtpark	30.10.2008	31.12.2020	10	
S404	Traun	01.01.1985	31.12.2020	17	
S412	Linz-Kleinmünchen	01.01.1980	10.01.2017	10	Mögliche falsche Nordkomponente für Daten vor 1990 (ähnlich S401).
S415	Linz-24er-Turm	01.01.1980	31.12.2020	10	Mögliche falsche Nordkomponente für Daten vor 1990 (ähnlich S401).
S416	Linz-Neue Welt	01.01.1997	31.12.2020	10	
S417	Steyregg-Weih	01.03.1982	31.12.2020	10	
S425	Freinberg 1	13.09.1994	31.12.2020	17	
S427	Freinberg 3	01.05.1987	31.12.2020	121	
S429	Giselawarte	19.05.1987	31.05.2019	25	
S430	Magdalenaberg	14.10.1993	31.12.2020	20	
S431	Linz-Römerberg	22.01.2009	31.12.2020	10	
S206	Asten 4	01.10.2010	24.05.2016	9	
S217	Kristein 3	16.01.2012	31.12.2020	10	
S008	Don Bosco Kirche	18.12.2013	04.01.2018	10	
C001	Linz-Chemiepark	01.02.2018	31.12.2020	30	
S009	Anzengruberstraße	20.08.2018	31.12.2020	10	
S401	Linz-Hauserhof	01.01.1990	09.01.2001	10	Daten vor 1990 entfernt (Grund: Erfahrungen Weatherpark; nicht erklärbare Nordkomponente).
11060	Linz-Stadt	01.01.1993	31.12.2019	23	Fehlendes Jahr: 2020 ⁸
11010	Linz-Hörsching	01.01.2001	31.12.2019	10	Fehlendes Jahr: 2020 ⁸

Tabelle 2.2: Übersicht der Stationen, die für die Wind-Auswertungen, herangezogen wurden. Es ist angegeben: Stationsnummer (vom Betreiber vergeben oder Synop-Stationsnummer), Stationsname, Auswertungszeitraum, Höhe der Windmessung sowie ggf. zusätzliche Informationen.

Die erstellten 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 Linz - Neue Welt (Land OÖ, 1997 bis 2020) ist in Abbildung 2.2 zu sehen.

⁸ Die kostenpflichtigen Daten für das Jahr 2020 wurden nicht gekauft.

Linz - Neue Welt

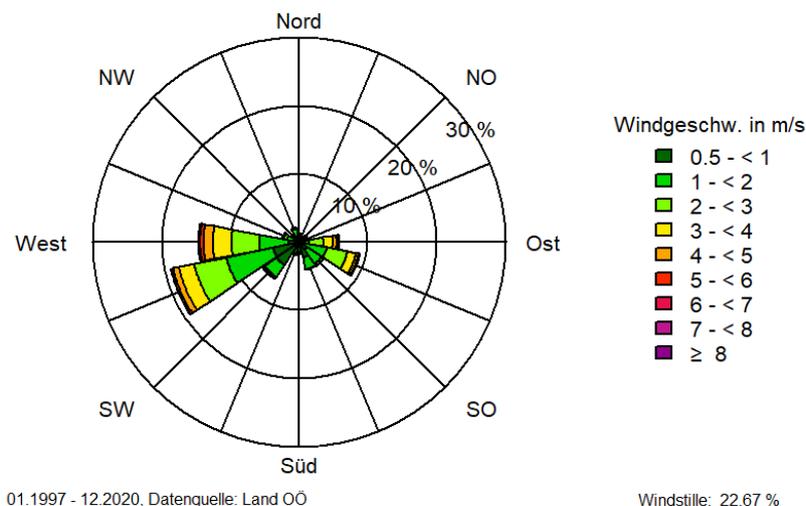


Abbildung 2.2: Verteilungen der Häufigkeiten der Richtungen der mittleren Windgeschwindigkeiten für die Station Linz - Neue Welt im Zeitraum 01.01.1997 bis 31.12.2020. Die Länge der Segmente gibt über die Häufigkeit der jeweiligen Windrichtung in % Auskunft. Die Farben zeigen, welche Geschwindigkeitsklassen dominieren. Windstille gilt für Geschwindigkeiten unter 0,5 m/s. (Datenquelle: Land OÖ)

Die Windrose der Station Linz - Neue Welt zeigt nun die dortige mehrjährige Windsituation. Bei Betrachtung von Abbildung 2.2 fällt unmittelbar der primäre Hauptwindrichtungssektor auf. Dieser setzt sich aus den Windrichtungen W und WSW zusammen. Ein relativ seltener sekundärer Hauptwindrichtungssektor ist mit OSO und O zu verzeichnen. Zu rund 48 % kommt der Wind im Jahresmittel aus den Hauptwindrichtungen; zu rund 33,5 % aus dem primären Sektor und zu rund 14,5 % aus dem sekundären Sektor. Zu rund 22,7 % der Zeit herrscht Windstille (Geschwindigkeit unter 0,5 m/s). In der übrigen Zeit kommt der Wind aus anderen Windrichtungen ohne signifikante Maxima.

Die Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten wird über die Legende definiert. Im primären Hauptwindrichtungssektor dominieren grüne Farbtöne, was auf häufige Windgeschwindigkeiten mit einem Wert < 3 m/s (10,8 km/h) hinweist. Windgeschwindigkeiten ab 3 m/s wehen fast ausschließlich aus den Hauptwindrichtungen. Ähnlich verhält es sich bei Geschwindigkeiten ab 5 m/s, welche mit wenigen Ausnahmen nur mehr bei den Hauptwindrichtungen vorkommen. Die primären Hauptwindrichtungen sind hier stärker ausgeprägt. Schwachwindlagen unter 1 m/s werden von SW dominiert.

2.5. Lufttemperatur

Für die Auswertungen der Lufttemperatur wurden verschiedene Klimaindikatoren herangezogen: Sommertage, Hitzetage, Wüstentage, Tropennächte und Hitzewellentage nach Kysely.

Tabelle 2.3 zeigt die verwendeten Stationen, Auswertungszeitraum sowie ggf. zusätzliche Informationen.

Nr.	Stationsname	Ausgewerteter Zeitraum		Informationen
		von	bis	
S173	Steyregg-Au	01.05.2006	31.12.2020	
S184	Linz-Stadtpark	01.01.2009	31.12.2020	
S404	Traun	01.01.1989	31.12.2020	
S412	Linz-Kleinmünchen	01.01.1984	31.12.2016	
S415	Linz-24er-Turm	01.01.1991	31.12.2020	
S416	Linz-Neue Welt	01.01.1997	31.12.2020	
S417	Steyregg-Weih	01.03.1982	31.12.2020	
S425	Freinberg 1	01.05.1987	31.12.2020	Fehlendes Jahr: 2009
S427	Freinberg 3	01.05.1987	31.12.2020	
S429	Giselawarte	01.01.1988	31.12.2018	
S430	Magdalenaberg	01.01.1994	31.12.2020	
S431	Linz-Römerberg	01.01.1998	31.12.2020	
S206	Asten 4	01.01.2011	31.12.2015	
S217	Kristein 3	16.01.2012	31.12.2020	
S008	Don Bosco Kirche	01.01.2014	31.12.2017	
S009	Anzengruberstraße	01.01.2019	31.12.2020	
S401	Linz-Hauserhof	01.01.1980	31.12.2000	Fehlende Jahre: 1984, 1985
11060	Linz-Stadt	01.01.1990	31.12.2019	Fehlende Jahre: 1992, 2020 ⁹ ; nur Sommertage und Hitzetage ausgewertet

Tabelle 2.3: Übersicht der Stationen, die für die Temperatur-Auswertungen, herangezogen wurden. Es ist angegeben: Stationsnummer (vom Betreiber vergeben oder Synop-Stationsnummer), Stationsname, Auswertungszeitraum sowie ggf. zusätzliche Informationen.

Im Folgenden werden die Temperaturauswertungen näher erläutert. Es werden statistische Werte und exemplarische Grafiken dargestellt.

Fehlende oder entfernte Jahre sind in allen Abbildungen mit „x“ markiert.

⁹ Jahrbuch war zu Redaktionsschluss im Februar 2021 noch nicht verfügbar.

2.5.1. Sommertage ($T_{max} \geq 25 \text{ °C}$)

Sommertage sind Tage mit einer maximalen Lufttemperatur von mindestens 25 °C. In Tabelle 2.4 sind statistische Kennzahlen angegeben.

Stat.nr.	Station	von	bis	Ø	σ	Min.	Max.	Jahr des Max.
S008	Don Bosco Kirche	2014	2017	70,50	12,26	58	82	2017
S009	Linz-Anzengruberstraße	2019	2020	64,00	8,49	58	70	2019
S173	Steyregg-Au	2006	2020	64,93	13,09	49	99	2018
S184	Linz-Stadtpark	2009	2020	66,92	14,64	48	104	2018
S206	Asten 4	2011	2015	64,40	12,03	45	75	2011
S217	Kristein 3	2012	2020	69,89	12,45	49	96	2018
S401	Linz-Hauserhof	1980	2000	56,05	14,52	15	74	1986 ¹⁰
S404	Traun	1989	2020	59,97	12,16	42	97	2018
S412	Linz-Kleinmünchen	1984	2016	60,91	15,44	13	106	2003
S415	Linz-24er-Turm	1991	2020	66,00	12,37	46	99	2003
S416	Linz-Neue Welt	1997	2020	66,04	13,95	46	98	2018
S417	Steyregg-Weih	1982	2020	51,82	17,59	4	94	2000
S425	Freinberg 1	1987	2020	55,00	18,05	20	100	2003
S427	Freinberg 3	1987	2020	39,26	15,67	6	69	2018
S429	Giselawarte	1988	2018	9,32	7,21	0	32	2015
S430	Magdalenaberg	1994	2020	27,37	9,54	12	48	2015
S431	Linz-Römerberg	1998	2020	75,78	16,16	46	108	2000
ZAMG	Linz Stadt	1990	2019	63,38	13,51	42	102	2018

Tabelle 2.4: Statistische Werte der Anzahl an Sommertagen pro Jahr (Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimalwert, Maximalwert) an Stationen in Linz und Umgebung

Die Station Linz-Neue Welt wies beispielsweise in den Jahren 1997 bis 2020 durchschnittlich knapp über 66 Sommertage pro Jahr auf. Der Wertebereich reicht von minimal 46 bis zu maximal 98 Sommertagen pro Jahr.

Abbildung 2.3 zeigt exemplarisch die Anzahl der Sommertage bei der Station Linz Stadt der ZAMG. Auffällig sind hierbei die Rekord(hitze)sommer 2003 und 2018, welche direkte Auswirkung auf die Anzahl der Sommertage hatten. Zusätzlich erkennt man ebenso einen leicht steigenden Trend in den jüngsten Jahren.

Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
 Station Linz Stadt (1990-2019)

Mittelwert: 63.4, Standardabweichung: 13.5, Minimum: 42, Maximum: 102

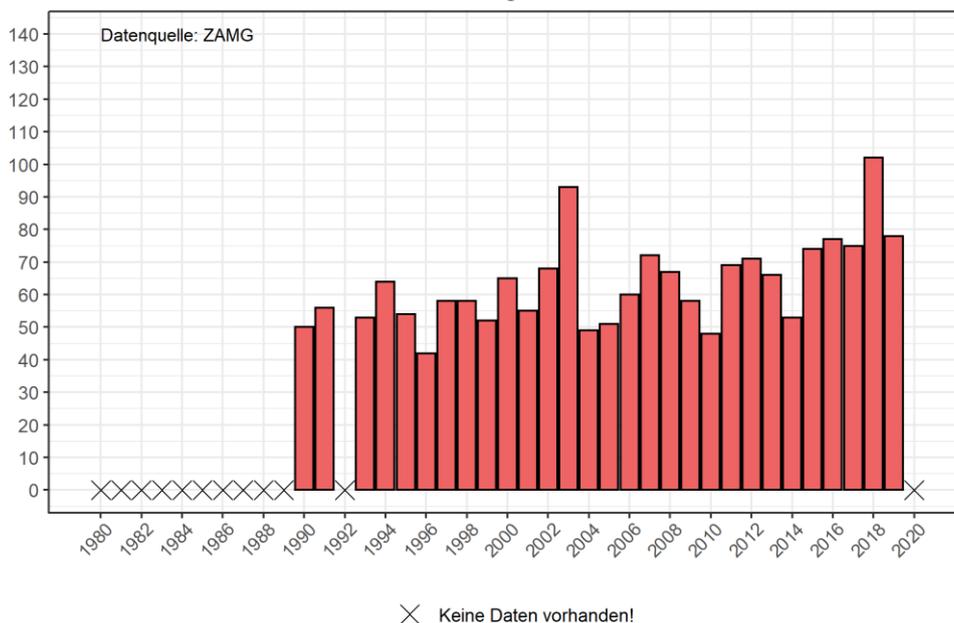


Abbildung 2.3: Verlauf der Anzahl der Sommertage für die Station Linz Stadt, 1990–2019 (Datenquelle: ZAMG, bei Redaktionsschluss waren noch keine Daten des Jahres 2020 vorhanden.)

2.5.2. Hitzetage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)

Hitzetage, auch heiße Tage genannt, sind Tage mit einer maximalen Lufttemperatur von mindestens 30 °C . Tabelle 2.5 zeigt die zugehörigen statistischen Werte der ausgewerteten Stationen.

Die Station Steyregg-Weih weist beispielsweise in den Jahren 1982 bis 2020 durchschnittlich 13 Hitzetage auf, wobei die gemessenen Werte zwischen 0 (Minimum) und 42 (Maximum) Tagen liegen. Die Standardabweichung ist mit rund 10,7 Tagen im oberen Bereich.

Stat.nr.	Station	von	bis	$\bar{\varnothing}$	σ	Min.	Max.	Jahr des Max.
S008	Don Bosco Kirche	2014	2017	28,50	13,53	14	44	2017
S009	Linz-Anzengruberstraße	2019	2020	19,00	5,66	15	23	2019
S173	Steyregg-Au	2006	2020	18,67	9,98	7	42	2015
S184	Linz-Stadtpark	2009	2020	21,83	9,85	9	39	2015
S206	Asten 4	2011	2015	22,60	9,76	11	38	2015
S217	Kristein 3	2012	2020	21,11	9,87	9	39	2015
S401	Linz-Hauserhof	1980	2000	15,37	8,24	3	31	1994 ¹⁰
S404	Traun	1989	2020	16,78	8,49	5	38	2015
S412	Linz-Kleinmünchen	1984	2016	18,52	11,12	1	48	2003
S415	Linz-24er-Turm	1991	2020	20,70	9,71	4	40	1994 ¹⁰ , 2015
S416	Linz-Neue Welt	1997	2020	19,50	9,24	8	43	2015
S417	Steyregg-Weih	1982	2020	13,36	10,77	0	42	2000
S425	Freinberg 1	1987	2020	15,76	9,51	0	35	2015
S427	Freinberg 3	1987	2020	8,91	7,34	0	31	2015
S429	Giselawarte	1988	2018	0,16	0,37	0	1	1992, 1998, 2003, 2015, 2017
S430	Magdalenaberg	1994	2020	2,78	3,73	0	19	2015
S431	Linz-Römerberg	1998	2020	27,96	10,63	10	51	2000
ZAMG	Linz Stadt	1990	2019	15,38	9,43	4	42	2015

Tabelle 2.5: Statistische Werte der Anzahl an Hitzetagen pro Jahr (Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimalwert, Maximalwert) an Stationen in Linz und Umgebung

Analog zu Abbildung 2.3 zeigt Abbildung 2.4 die Anzahl der Hitzetage der Station Linz Stadt der ZAMG. Es sind die Hitzesommer (1994, 2003, 2015, 2018) deutlich zu erkennen.

¹⁰ Dieses Maximum ist vermutlich auf einen systematischen Fehler zurückzuführen. (Quelle: persönliche Kommunikation mit Johannes Horak)

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

Station Linz Stadt (1990-2019)

Mittelwert: 15.4, Standardabweichung: 9.4, Minimum: 4, Maximum: 42

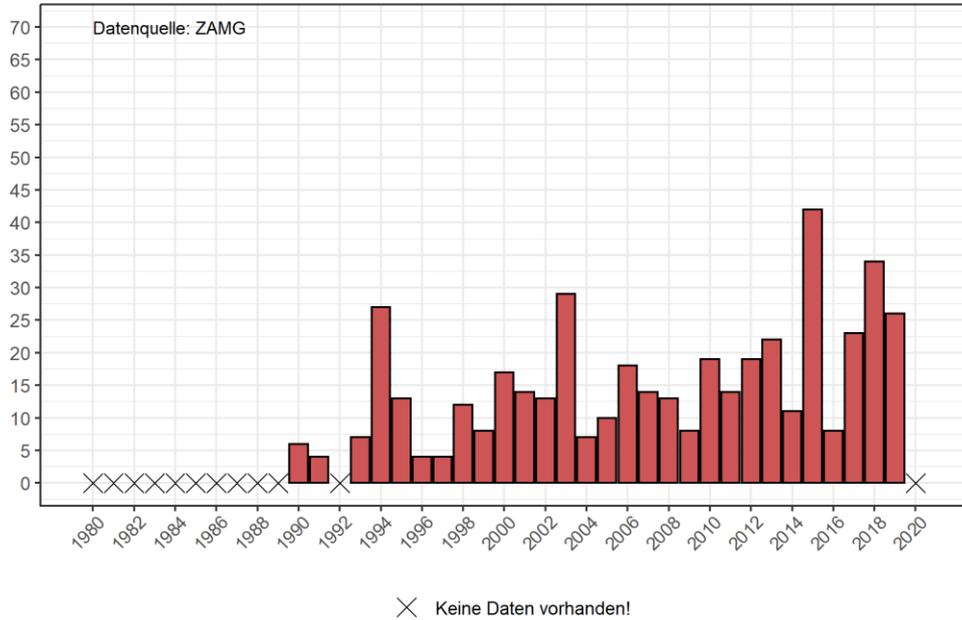


Abbildung 2.4: Verlauf der Anzahl der Hitzetage für die Station Linz Stadt, 1990–2019 (Datenquelle: ZAMG, bei Redaktionsschluss waren noch keine Daten des Jahres 2020 vorhanden.)

2.5.3. Wüstentage ($T_{max} \geq 35 \text{ °C}$)

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

Stat.nr.	Station	von	bis	Ø	σ	Min.	Max.	Jahr des Max.
S008	Don Bosco Kirche	2014	2017	2,25	2,63	0	6	2015
S009	Linz-Anzengruberstraße	2019	2020	1,00	1,41	0	2	2019
S173	Steyregg-Au	2006	2020	1,53	3,14	0	12	2015
S184	Linz-Stadtpark	2009	2020	2,50	3,75	0	13	2015
S206	Asten 4	2011	2015	4,20	5,54	1	14	2015
S217	Kristein 3	2012	2020	2,78	4,24	0	13	2015
S401	Linz-Hauserhof	1980	2000	1,11	1,66	0	6	1992 ¹⁰
S404	Traun	1989	2020	1,44	2,59	0	13	2015
S412	Linz-Kleinmünchen	1984	2016	2,27	3,36	0	13	2015
S415	Linz-24er-Turm	1991	2020	2,10	3,34	0	13	1994 ¹⁰ , 2015
S416	Linz-Neue Welt	1997	2020	1,96	3,26	0	14	2015
S417	Steyregg-Weih	1982	2020	1,10	2,06	0	9	2000
S425	Freinberg 1	1987	2020	1,03	1,57	0	6	2015
S427	Freinberg 3	1987	2020	0,35	0,69	0	2	1998, 2007, 2011, 2015
S429	Giselawarte	1988	2018	0,00	0,00	0	0	-
S430	Magdalenaberg	1994	2020	0,00	0,00	0	0	-
S431	Linz-Römerberg	1998	2020	3,43	3,91	0	14	2015

Tabelle 2.6: Statistische Werte der Anzahl an Wüstentagen pro Jahr (Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimalwert, Maximalwert) an Stationen in Linz und Umgebung

Die Seltenheit zeigt sich auch in den statistische Werten in Tabelle 2.6. An den Stationen Giselawarte (925 m) und Magdalenaberg (660 m) wurden beispielsweise noch gar keine Wüstentage verzeichnet, was auch auf deren Höhenlage zurückzuführen ist.

Abbildung 2.5 zeigt exemplarisch den Verlauf der Anzahl der Wüstentage von 2009 bis 2020 für die Station Linz-Stadtpark. Hierbei handelt es sich um eine recht junge Station. Auch hier ist der deutliche Rekordwert im Jahr 2015 zu erkennen.



Anzahl der Wüstentage ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$)

Station Linz-Stadtpark (2009-2020)

Mittelwert: 2.5, Standardabweichung: 3.8, Minimum: 0, Maximum: 13

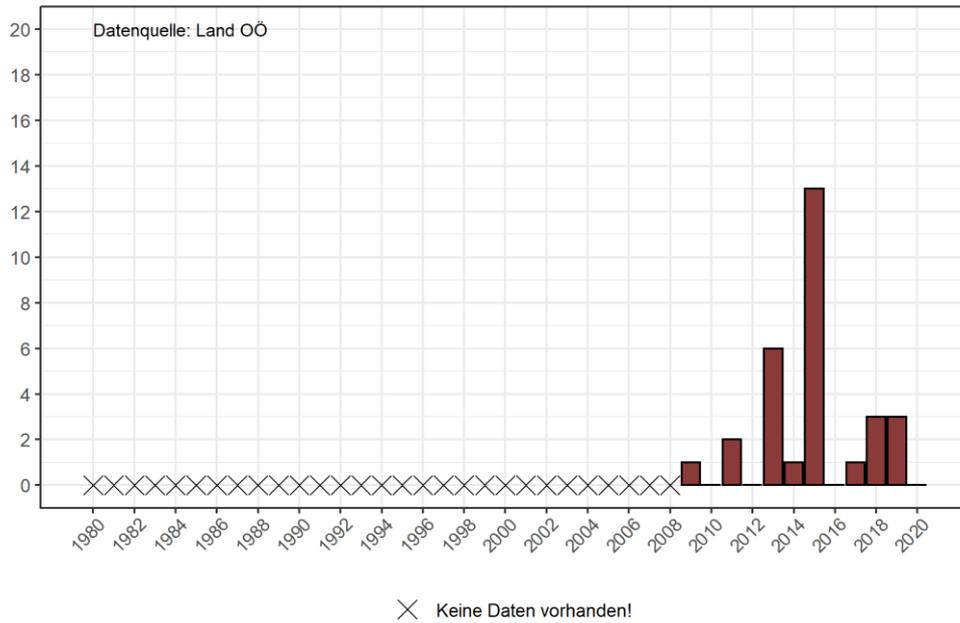


Abbildung 2.5: Verlauf der Anzahl der Wüstentage für die Station Linz-Stadtpark, 2009-2020 (Datenquelle: Land Oberösterreich)

2.5.4. Tropennächte ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$)

Tropennächte sind für den Menschen besonders relevant, da sie erholsamen Schlaf erschweren. In solchen Nächten fällt die Lufttemperatur nicht unter 20 °C (Lufttemperatur über die Nacht immerzu $\geq 20 \text{ °C}$). 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.

Stat.nr.	Station	von	bis	$\bar{\varnothing}$	σ	Min.	Max.	Jahr des Max.
S008	Don Bosco Kirche	2014	2017	5,75	4,99	2	13	2015
S009	Linz-Anzengruberstraße	2019	2020	5,50	6,36	1	10	2019
S173	Steyregg-Au	2006	2020	1,80	1,52	0	5	2015
S184	Linz-Stadtpark	2009	2020	6,17	5,10	0	16	2015
S206	Asten 4	2011	2015	2,40	2,51	0	6	2015
S217	Kristein 3	2012	2020	2,33	2,55	0	8	2015
S401	Linz-Hauserhof	1980	2000	2,95	3,50	0	14	1994 ¹⁰
S404	Traun	1989	2020	1,75	2,36	0	10	2015
S412	Linz-Kleinmünchen	1984	2016	1,06	1,89	0	8	2015
S415	Linz-24er-Turm	1991	2020	2,13	3,06	0	11	2015
S416	Linz-Neue Welt	1997	2020	4,00	3,68	0	14	2015
S417	Steyregg-Weih	1982	2020	2,97	3,27	0	16	2015
S425	Freinberg 1	1987	2020	2,97	3,34	0	16	2015
S427	Freinberg 3	1987	2020	6,65	5,74	0	29	2015
S429	Giselawarte	1988	2018	3,35	3,93	0	16	2015
S430	Magdalenaberg	1994	2020	7,26	4,91	1	24	2015
S431	Linz-Römerberg	1998	2020	4,78	4,61	0	18	2015

Tabelle 2.7: Statistische Werte der Anzahl an Tropennächten pro Jahr (Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimalwert, Maximalwert) an Stationen in Linz und Umgebung

Tropennächte wurden an der Station Magdalenaberg in den Jahren 1994 bis 2020 durchschnittlich an 7 Nächten pro Jahr mit einem Minimum von 1 und einem Maximum von 24 verzeichnet (siehe Tabelle 2.7).

Abbildung 2.6 zeigt die zugehörige Grafik des zeitlichen Verlaufs von Tropennächten an der Station Magdalenaberg. Deutlich ist wiederum das Maximum im Jahr 2015. Des Weiteren erkennt man eine leicht steigende Tendenz in den letzten Jahren. Eine solche Entwicklung muss aufgrund der Auswirkung von Tropennächten auf den menschlichen Organismus besonders kritisch betrachtet werden.

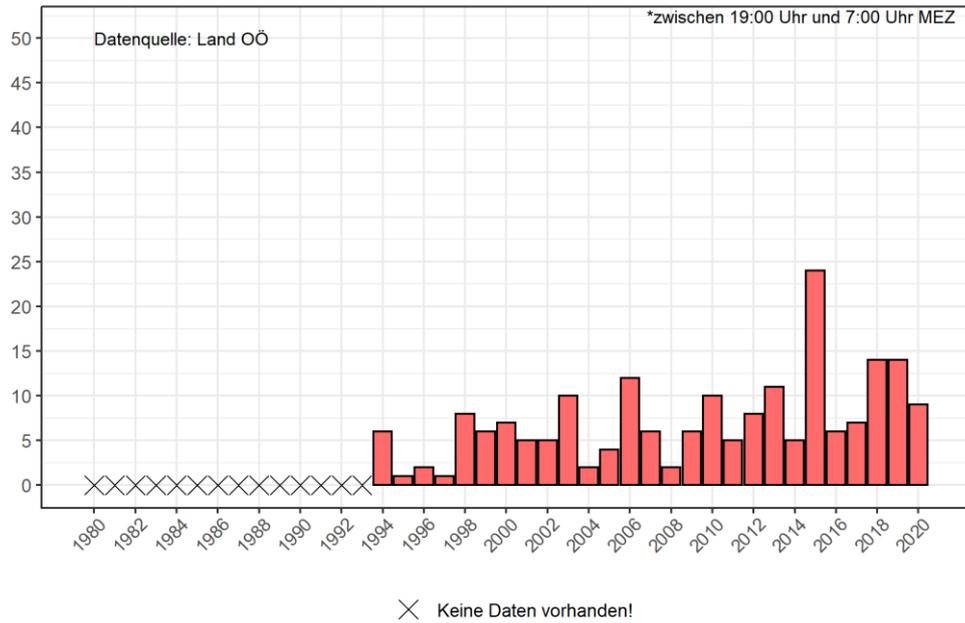


Abbildung 2.6: Verlauf der Anzahl der Tropennächte für die Station Magdalenenberg, 1994–2020 (Datenquelle: Land Oberösterreich)

2.5.5. Hitzewellentage 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 so begonnene 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 nach dieser Definition.

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 Minimumwerten zeigt. Stationen mit einem minimalen Werte von 3 Kysely-Tagen pro Jahre hatten in dem entsprechenden Jahr lediglich eine, relativ kurze, Hitzewelle. So verhält es sich in manchen Jahren an der Station Kristein 3 im Zeitraum 2012 bis 2020. Im Durchschnitt ist mit rund 17 Tagen pro Jahr zu rechnen, wobei auch Jahre mit lediglich einer kurzen Hitzewelle vorkommen. Der Maximalwert liegt bei 34 Kysely-Tagen, was auf mehrere längere Hitzewellen hinweist. Auffallend sind die Stationen des Magistrates der Stadt Linz (Don Bosco Kirche, Linz-Anzengruberstraße). Diese haben durch ihre Zielsetzung lediglich kurze Messzeiträume (siehe auch Kapitel 2.2), welche sich vor allem im Laufe der letzten Jahre (ab 2014) befinden. Dadurch stechen sie mit ihren Minimumwerten auch deutlich heraus. Dies ist wiederum ein Indiz für immer heißere Sommer, da bei relativ kurzen, rezenten Reihen Hitzewellen häufiger vorkommen.

Stat.nr.	Station	von	bis	Ø	σ	Min.	Max.	Jahr des Max.
S008	Don Bosco Kirche	2014	2017	23,25	11,87	12	34	2015
S009	Linz-Anzengruberstraße	2019	2020	13,00	1,41	12	14	2019
S173	Steyregg-Au	2006	2020	13,93	10,30	3	41	2015
S184	Linz-Stadtpark	2009	2020	17,50	12,26	3	39	2015, 2018
S206	Asten 4	2011	2015	18,00	9,75	7	33	2015
S217	Kristein 3	2012	2020	16,89	9,75	3	34	2015
S401	Linz-Hauserhof	1980	2000	11,72	9,22	3	35	1994 ¹⁰
S404	Traun	1989	2020	13,06	8,59	3	35	2015
S412	Linz-Kleinmünchen	1984	2016	14,97	10,55	3	46	2003
S415	Linz-24er-Turm	1991	2020	16,79	9,36	3	40	1994 ¹⁰
S416	Linz-Neue Welt	1997	2020	15,46	10,41	3	44	2015
S417	Steyregg-Weih	1982	2020	13,13	10,27	3	36	2000
S425	Freinberg 1	1987	2020	14,14	9,31	3	37	2015
S427	Freinberg 3	1987	2020	9,96	7,41	3	33	2015
S430	Magdalenaberg	1994	2020	7,67	7,74	3	23	2015
S431	Linz-Römerberg	1998	2020	23,04	11,76	7	44	2003

Tabelle 2.8: Statistische Werte der Anzahl an Kysely-Tagen pro Jahr (Arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimalwert, Maximalwert) an Stationen in Linz und Umgebung

Bei Betrachtung der Anzahl an Kysely-Tagen pro Jahr der Station Steyregg-Au der Jahre 2006 bis 2020 (siehe Abbildung 2.7) fallen wiederum die Rekordsommer 2015 und 2018 auf. Wie oben bereits erwähnt kann die Häufung, besonders in den letzten Jahren, ein Indiz für die Klimaerwärmung sein.

Anzahl der Kysely-Tage Station Steyregg-Au (2006-2020)

Mittelwert: 13.9, Standardabweichung: 10.3, Minimum: 3, Maximum: 41

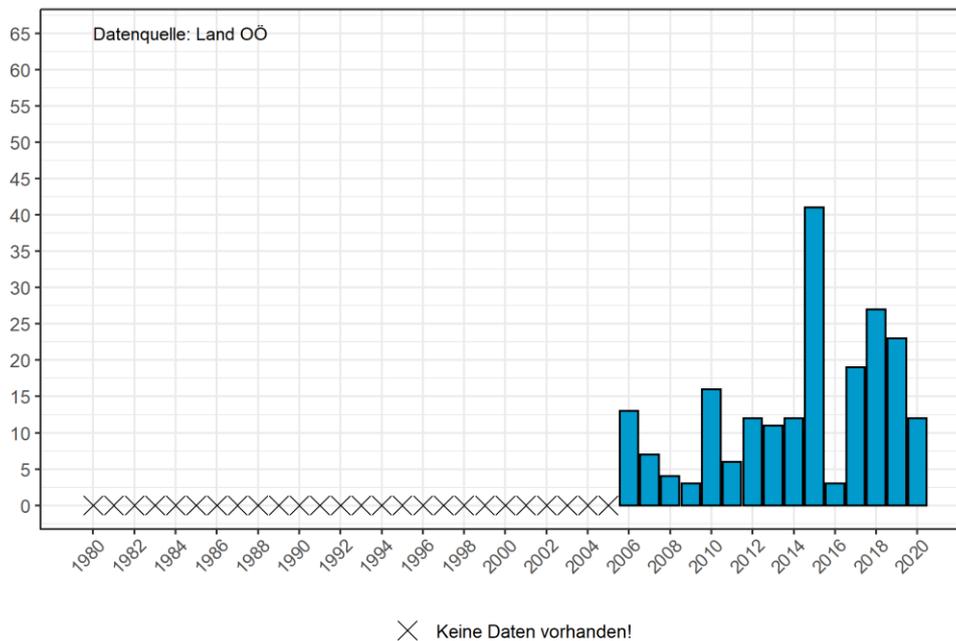


Abbildung 2.7: Verlauf der Anzahl der Kysely-Tage für die Station Steyregg-Au, 2006–2020 (Datenquelle: Land Oberösterreich)

Ein mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur eines solchen Kysely-Tages kann besonders im Vergleich aufschlussreich sein (Abbildung 2.8). Diese Abbildung stellt mit der Station Linz-Stadtpark einerseits eine innerstädtische Station dar. Zusätzlich zeigt sie im direkten Vergleich mit der Station Traun eine außerstädtische Station.

Man erkennt zunächst deutlich den Temperaturhöhepunkt, welcher bei beiden Stationen nicht pünktlich zur Mittagszeit ist. Dies ist auf die Stationsumgebung (z.B. Asphalt, Gebäude) zurückzuführen, welche sich erst im späteren Verlauf des Tages am stärksten aufheizt. Deshalb liegt das Maximum erst am frühen Nachmittag. Das Maximum liegt bei beiden Stationen bei rund 31,5 °C. Ein prägnanter Unterschied zwischen den Stationen zeigt sich jedoch nicht in den heißesten Stunden des Tages, sondern in den kühleren. Die Station Linz-Stadtpark kühlt im Vergleich zur Station Traun deutlich weniger ab. Dies zeigt wie wichtig die Umgebung und Gestaltung eines Orts für dessen nächtliche Abkühlung ist. Die Station Traun liegt weitaus ländlicher, umgeben von Grünflächen und Gärten. Die Station Linz-Stadtpark befindet sich zwar in einem Park, welcher jedoch relativ klein ist. Zusätzlich ist die Innenstadt von Linz natürlich weitaus dichter bebaut als Traun. Zwar ist während einer Hitzewelle auch an der Station Linz-Stadtpark nicht zwingend mit einer Tropennacht zu rechnen; die Temperatur sinkt im Durchschnitt auf bis zu 19.1 °C. Trotzdem kühlt Traun auf rund 17.5 °C ab, was erholsameren Schlaf bringt, und erwärmt sich auch in den Morgenstunden langsamer.

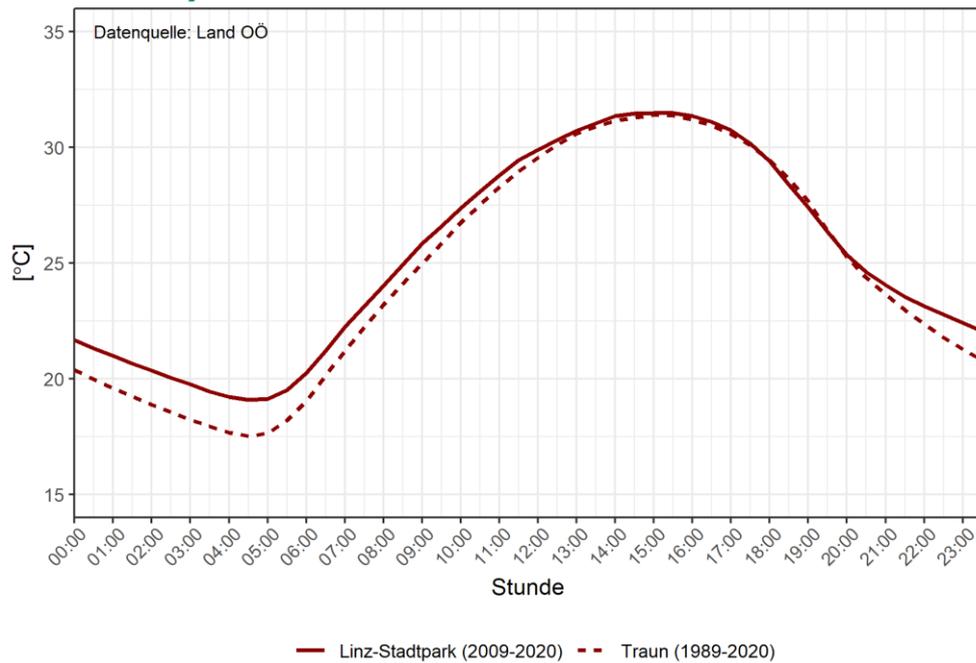


Abbildung 2.8: Mittlerer Tagesgang während einer Hitzewelle nach Kysely - Beispiel einer innerstädtischen Station (Linz-Stadtpark, 2009–2020) und einer außerstädtischen Station (Traun, 1990–2020) (Datenquelle: Land Oberösterreich)

2.6. Handlungsfeld Messungen - Empfehlungen

Folgende Empfehlungen für das Handlungsfeld Messungen wurden anhand der Zusammenschau der vorhandenen Messdaten in der Stadt Linz abgeleitet.

Handlungsfeld	Nr.	Empfehlung	Kapitel
Messungen	M1	Ausbau Messnetz	2.6.1
	M2	Zugriff Messdaten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)	2.6.2
	M3	Messungen zur Bewusstseinsbildung nutzen	2.6.3

Tabelle 2.9: Übersicht der Empfehlungen für das Handlungsfeld Messungen.

2.6.1. Ausbau Messnetz

Da die Stadt Linz derzeit über kein eigenes meteorologisches Messnetz verfügt, sollte die Realisierung eines solchen in Zukunft als Ziel gesetzt werden. Dabei können stadtklimatologisch interessante Orte und Phänomene durch langjährige, konsistente Messungen abgedeckt werden, welche derzeit noch nicht durch das Messnetz anderer Betreiber erhoben werden. Insbesondere in der Innenstadt wären engmaschigere Messungen (insbesondere von Wind und Lufttemperatur) hilfreich. Dabei wäre die Integration der Messung der PET (Gefühlte Temperatur) oder Infrarot - Messungen (Wärmebildmessungen) zukunftsweisend.

Die Datenausgabe dieses Messnetzes sollte dem Format des Landes Oberösterreich bzw. der Luftgütemessungen der Stadt Linz folgen, damit nicht ein weiteres Datenformat geschaffen wird. Damit ergibt sich eine konsequente Aufbereitung der Daten, welche die Auswertung auch zukünftig erleichtert.

Für den Aufbau eines profunden Messnetzes, das alle für das Stadtklima wichtige Aspekte abdeckt, kann der Austausch mit anderen Städten in Österreich und international hilfreich und empfehlenswert sein. Beispielsweise arbeitet die Stadt Graz intensiv an einem Klima - Informationssystem (KIS) und auch in der Stadt Innsbruck wird über ein Umweltdatenmonitoring nachgedacht. Zudem könnte eine Kollaboration (mit dem Land OÖ, oder der ZAMG) angestrebt werden.

2.6.2. Zugriff Messdaten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

Eine wichtige Messstation in der Innenstadt wird von der ZAMG betrieben. Es sollte eine Möglichkeit zur umfangreichen, automatischen und jeweils aktuellen Verfügbarkeit dieser Messdaten in höchster verfügbarer Auflösung geschaffen werden, sodass die Stadtklimaverantwortlichen in Linz mit diesen Daten weiterarbeiten (und diese selbständig auswerten) können. Für das Thema Hitze in der Stadt wären insbesondere die Daten der besonderen Erscheinungen (Tropennächte, Kysely Tage, Hitzetage, Sommertage etc.) von öffentlichem Interesse.

2.6.3. Messungen zur Bewusstseinsbildung nutzen

Zusätzlich zu stationären Messungen sind auch mobile Messungen (für spezielle Veranstaltungen, Wetterlagen etc.) zu empfehlen. Dabei ist vor allem die Messung der PET (Gefühlte Temperatur) oder Infrarot - Messungen (Wärmebildmessungen) spannend. Erfahrungen aus anderen Städten zeigen, dass beispielsweise Stadtklimaspaziergänge (u.a. mit Schulklassen) hilfreich für die Bewusstseinsbildung sind.

3. Die Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie

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 Linz - 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 ($T_{\max} > 30 \text{ °C}$) und ein Anstieg der Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} > 20 \text{ °C}$) 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 städtebauliche 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 Linz ist eine erstmalige flächendeckende, systematische Analyse des Stadtklimas möglich. Anhand der Ergebniskarten werden die wichtigsten stadtklimatischen Phänomene und Wechselwirkungen verortet und Hinweise für die Planung abgeleitet. Dadurch können gezielter positive Phänomene (wie Kaltluftbahnen) geschützt werden und umgekehrt kann negativen Phänomenen (wie Überwärmung) gezielter entgegengewirkt werden.

Die Aufgabe einer planungsbezogenen Stadtklimatologie ist die Verbesserung der lufthygienischen und thermischen Bedingungen (Katzschner 2004). Das heißt:

- Abbau von Wärmeinseln (Wärmeinsel als Indiz für den thermischen Komfort), Freiraumplanung;
- Optimierung der städtischen Belüftung (Luftaustausch, Luftleitbahnen), Stadtplanung und Stadtentwicklung für die Lufthygiene und den thermischen Komfort;
- Vermeidung von Luftstagnation bei Inversionswetterlagen, Vermeidung von Barrieren für den Luftaustausch;
- Erhaltung und Förderung von Frischluft- oder Kaltluftentstehungsgebieten für den Luftaustausch und somit zur Verbesserung der lufthygienischen Situation.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden als Grundlage folgende Kartenwerke angefertigt

- Themenkarten
 - Gebäudevolumen (Kapitel 3.4.1)
 - Kaltluft und Belüftung (Kapitel 3.4.2)
- Klimaanalysekarte (Kapitel 3.5)
Zusammenschau der thermischen und dynamischen Komponenten des Stadtklimas.
- Planungshinweiskarte (Kapitel 3.6)
Um die Integration der Ergebnisse in die Planungsprozesse reibungslos zu gestalten, wurde aufbauend auf der Klimaanalysekarte eine Planungshinweiskarte (PHK) abgeleitet, in der die analysierten und vielschichtigen Ergebnisse zusammengefasst sind. Durch die vereinfachte Darstellung ist es möglich, schnell und eindeutig eine Einschätzung der klimatischen Bedeutung einer Fläche zu erhalten.

Alle erstellten Karten befinden sich im Anhang zum Bericht.

[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 außerdem 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.“

Eine Messkampagne zur Validierung der Simulationsergebnisse wurde daher auch in solch einer Wetterlage durchgeführt.

3.3.2. Methodik zur Erstellung von Klimaanalysekarten

In den VDI Richtlinien (insbesondere VDI RL 3787 Blatt 1) 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. Diese Analyse der Ist-Situation wurde zudem messtechnisch erfasst und validiert.

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.

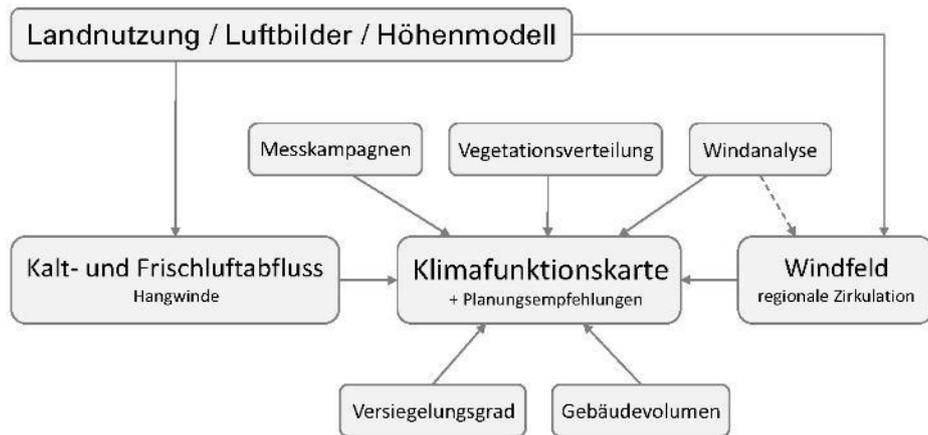


Abbildung 3.1: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008.

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 Erst-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 3.3.5.

Methodikaufbau *mod_GIS*

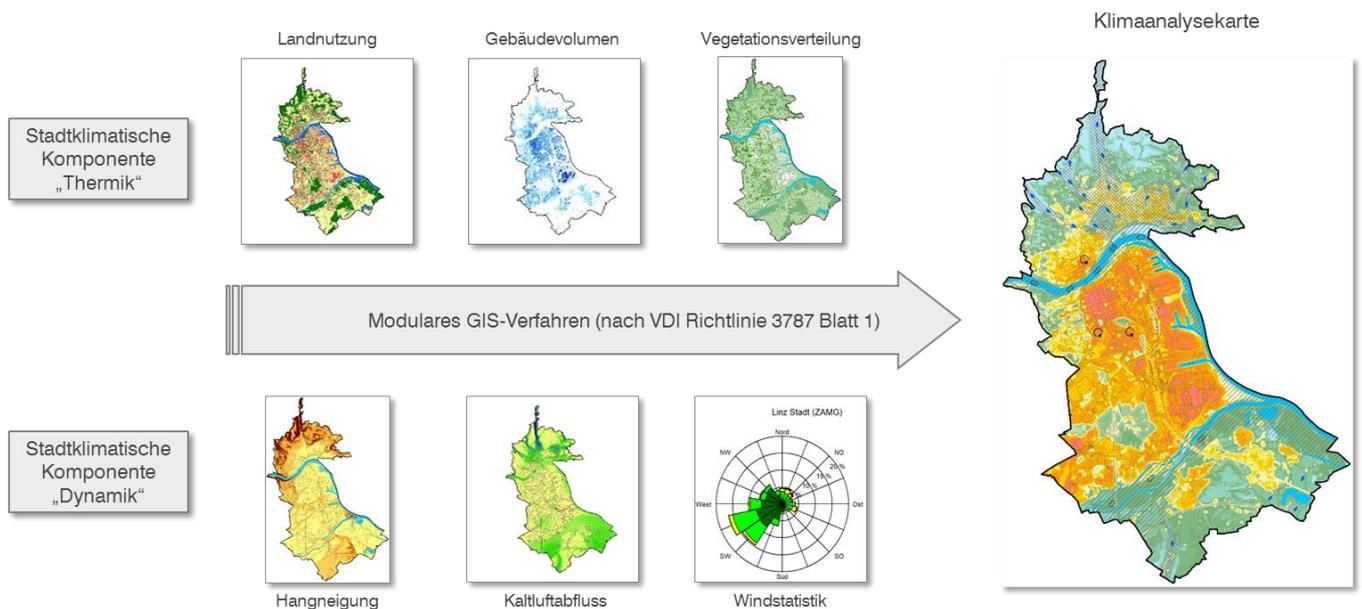


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung der angewandten Methode.

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) berechnet. Weitere Kriterien wie Rauigkeitslängen der Erdoberfläche (städtische Porosität) wurden ebenfalls in diese Rechenschritte integriert, um das Belüftungssystem realgetreu darzustellen. Die Zusammenschau der dynamischen Komponente bietet die Themenkarte Kaltluft und Belüftung in Kapitel 3.4.2.

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 3.4.1) und die Vegetationsverteilung entscheidend. Da diese Komponente die Basis darstellt und dementsprechend flächendeckend kartiert sein muss, wurde als Grundlage der aktuelle Stadtatlas verwendet, um eine Kategorisierung vornehmen zu können. 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 unbebauten 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 3.5.1) dargestellt. In die Berechnung der Klimatope fließt die dynamische Komponente ebenfalls mit ein.

3.3.3. Der stadtklimatische Bewertungsindex: Die PET

Grundlage der analysierten Klimatope in 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.

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.

Im Zuge der Stadtklimaanalyse Linz wurde daher auch eine Messkampagne (30.07.2020 bis 02.08.2020) durchgeführt, um die Simulationsergebnisse zu validieren.

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

Nr.	Datensatz	Datum (Stand)
1	Stadtatlas Linz	2019
2	Digitales Höhenmodell (DHM)	2018
3	Orthofoto	2019
3	Baumkataster	2018

Tabelle 3.2: Übersicht der digitalen Eingangsdaten

3.3.5. Analyseschritte

In der Folge werden die Analyseschritte beschrieben, die im Zuge der Stadtklimaanalyse erfolgen:

- **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 3.4.1)
 - 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:** 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 Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der Luftbilder als wichtiges 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 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 (siehe Abbildung 3.2).
- Dynamische Analyse: Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z. B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/Frischluftentstehungsgebieten).
- 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 3.5)
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.
- Bewertung von Einzelaspekten/-kriterien (→ Planungshinweiskarte, siehe Kapitel 3.6)
 - Auf Basis der Funktionsanalyse bzw. der Klimaanalysekarte sowie unter der Annahme von planerischen Fragestellungen der Bauleitplanung, erfolgt eine Bewertung sowohl der klimaökologischen Potenziale als auch der Defizitbereiche.
 - Hierzu werden insgesamt sechs einzelne Bewertungskriterien herangezogen, separat betrachtet und bewertet. Diese dienen als Ausgangsbasis für die zusammenfassende Gesamtbewertung.

3.4. Themenkarten

3.4.1. Themenkarte Gebäudevolumen

Entsprechend des physikalischen Grundgesetzes der Energieerhaltung wird kurzwellige 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“ (siehe Abbildung 3.4) 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.

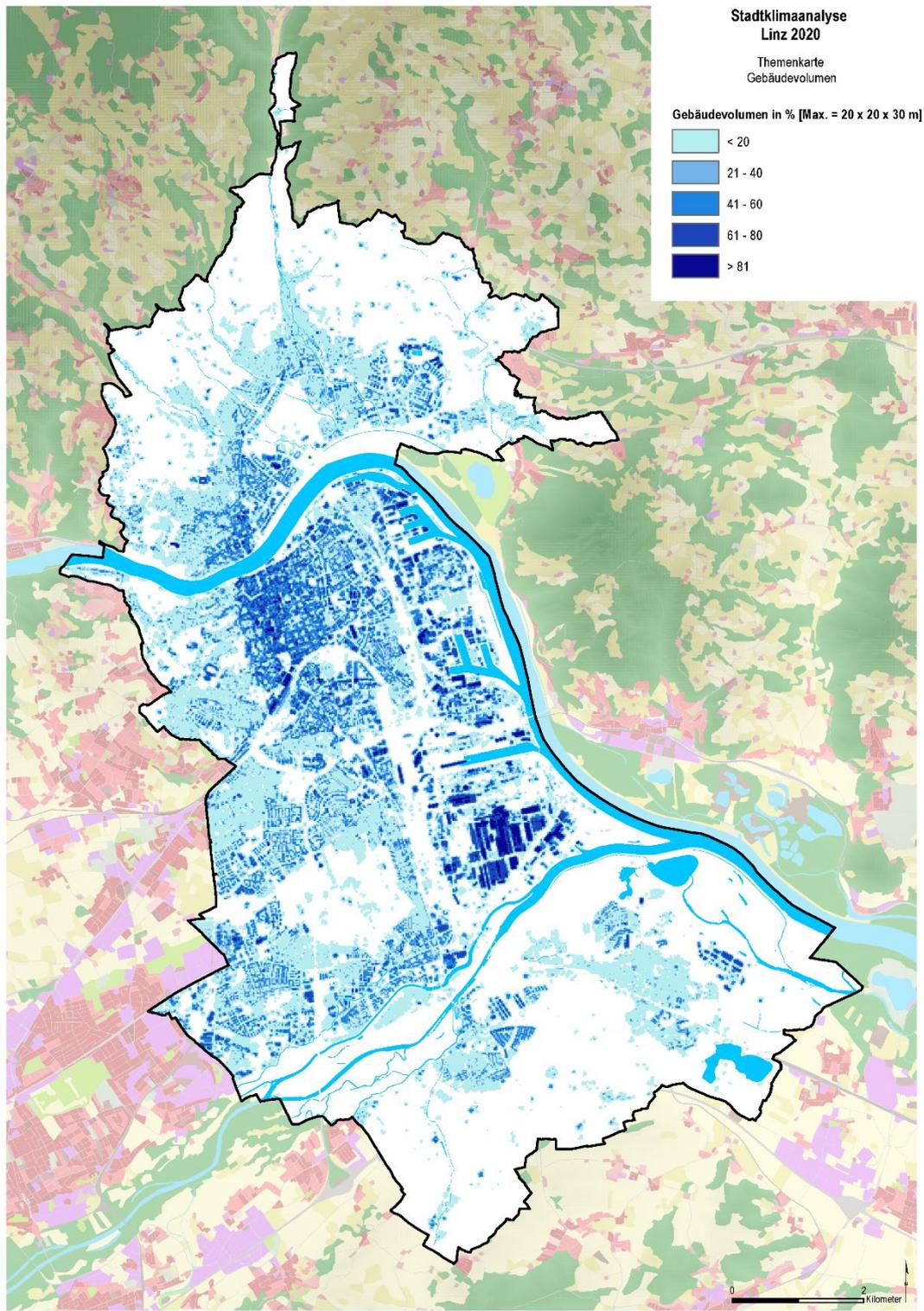


Abbildung 3.4: Themenkarte „Gebäudevolumen“, ohne Maßstab (Original in Anhang).

3.4.2. Themenkarte Kaltluft und Belüftung

In Abbildung 3.5 ist die Themenkarte Kaltluft und Belüftung dargestellt. Farblich dargestellt ist die Kaltluflhöhe 180 Minuten nach Sonnenuntergang. Durch Symbole und Schraffuren ist außerdem dargestellt:

- Luftleitbahn
- Durchlüftung
- Windfeldveränderungen
- Kaltluftbahn mit hoher Wirksamkeit
- Wirkrichtung

Erläuterungen zu den Klimaphänomenen nach VDI RL 3787 Blatt 1, die in dieser Themenkarte dargestellt werden, sind in Kapitel 3.5.2 zu finden.

Wichtig zu beachten ist, dass die Kaltluft ein nächtliches Phänomen ist. Die Windfeldveränderungen, Durchlüftungs- und Luftleitbahnen sind hingegen nicht nur ein nächtliches Phänomen.

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 Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit, oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten (DWD 2016).

- Eingangsdaten: Stadtatlas und DHM
- 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 Stadtklimaanalyse der Stadt Linz 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.

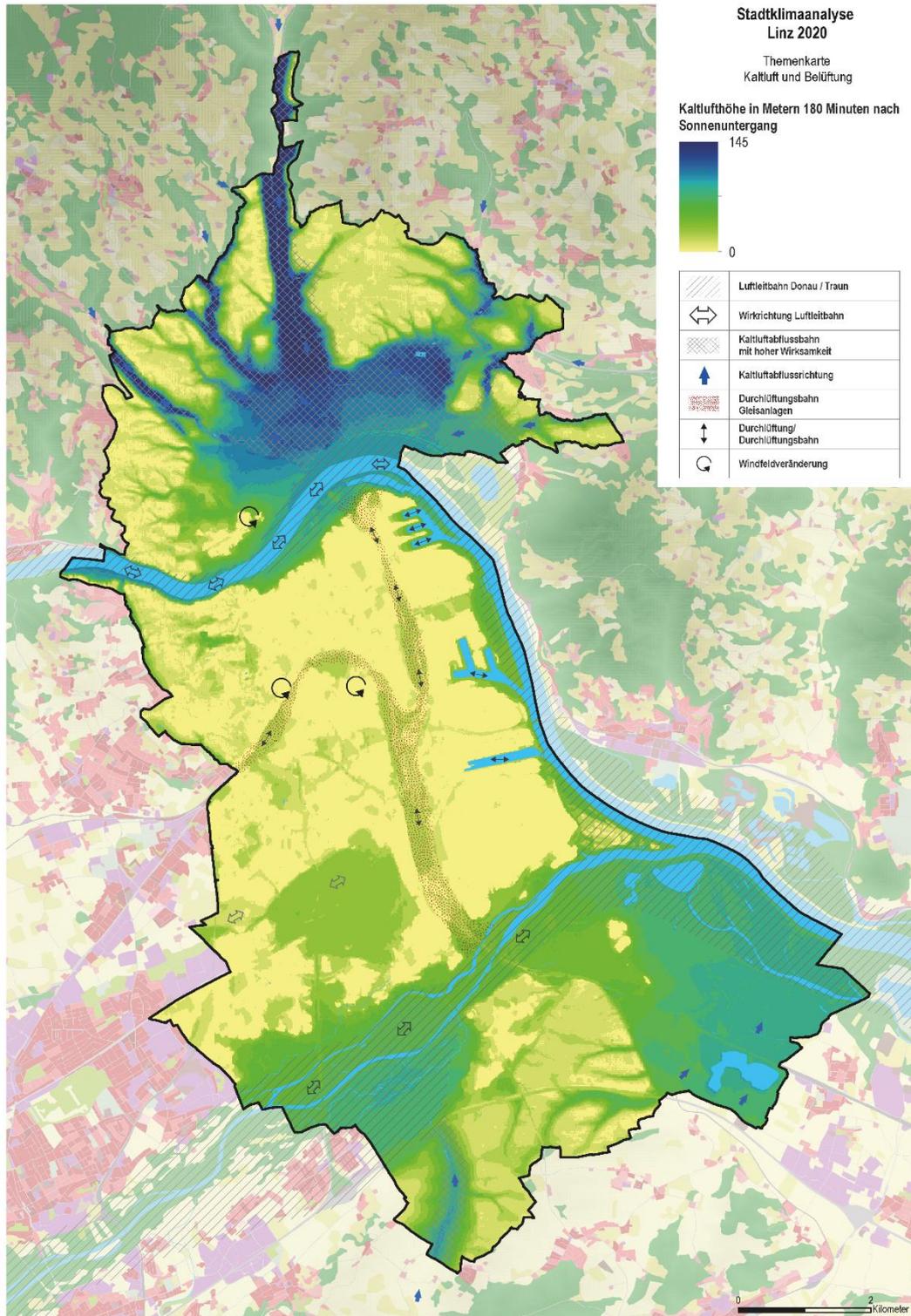


Abbildung 3.5: Themenkarte „Kaltluft und Belüftung“, ohne Maßstab (Original in Anhang).

3.5. 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.

Auf diese Weise sollen flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden. In der generierten Klimaanalysekarte (früher: 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.

Die Karte befindet sich im Anhang des Berichts (Ausschnitt der Karte in Abbildung 3.6).

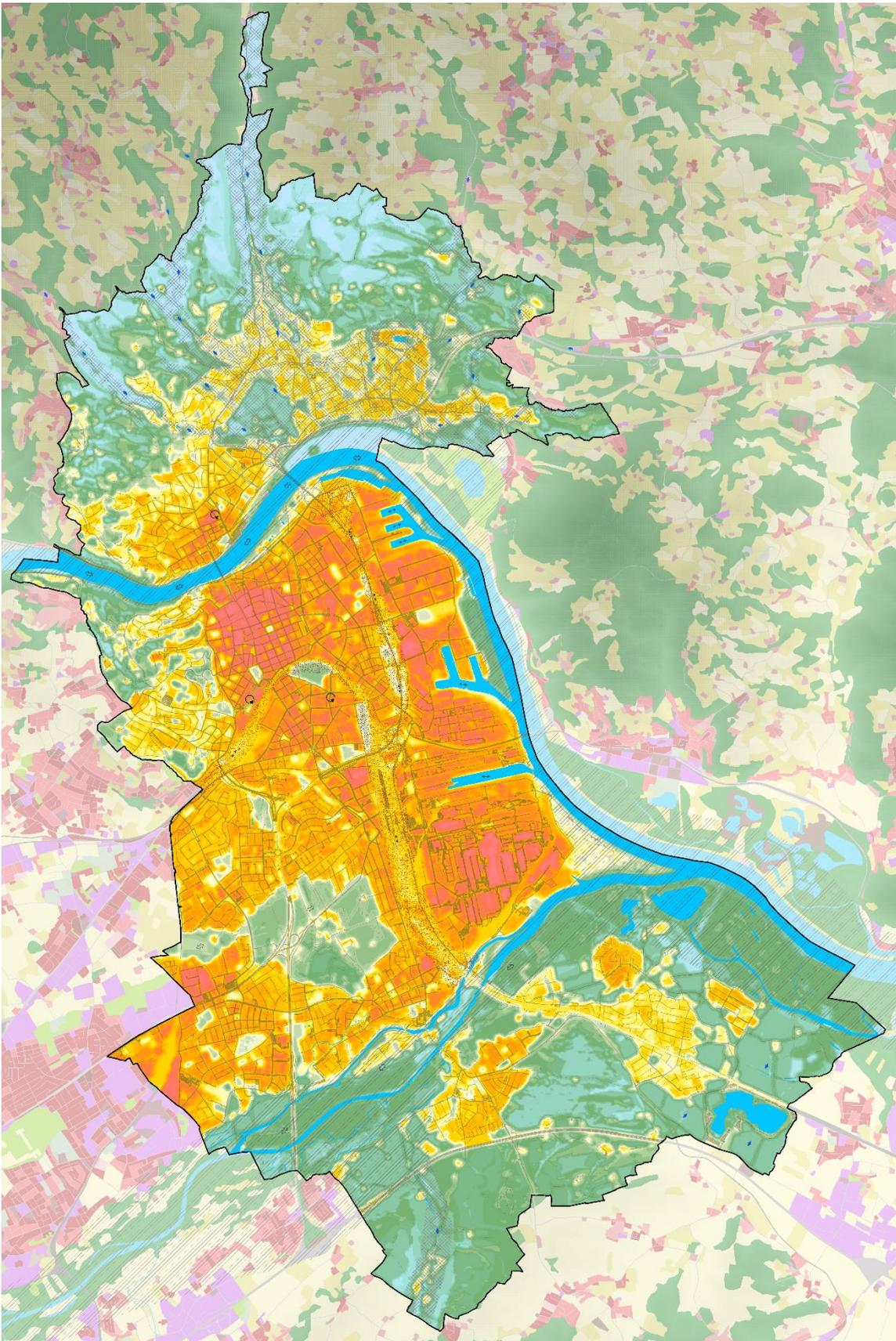


Abbildung 3.6: Ausschnitt Klimaanalysekarte, ohne Maßstab (Original im Anhang).

3.5.1. 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 3.5.2) 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 oben 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 Linz 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 unbeeinträchtigte 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 Erholungsräume. 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 mikroklimatische 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 (Kategorie: Überwärmungspotential)

Das Klimatop ist dem Übergangsbereich zwischen Freilandklima und dem Klima bebauter Flächen zuzuordnen und wird durch eine grüngerprägte Flächennutzung und Oberflächenstruktur geformt. Es überwiegt der Einfluss des unbebauten Geländeanteils. Dieser Klimatoptyp 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 Klimaelemente 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.

3.5.2. Dynamische Komponente: Klimaphänomene

Die dynamische Komponente des Stadtklimas wird in der Klimaanalysekarte, als auch in der Themenkarte Kaltluft und Belüftung, durch Schraffuren und Symbole verdeutlicht. Die dynamische Komponente fließt auch in die thermische Komponente (Einteilung der Klimatope) mit ein.

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 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

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 (keine hohen Gebäude, nur einzelnstehende Bäume), möglichst geradlinige oder nur leicht gekrümmte Ausrichtung und 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. 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.

Durchlüftungsbahn

Als Durchlüftungsbahnen werden klimarelevante Luftleitbahnen mit unterschiedlichem thermischem und/oder lufthygienischem Niveau bezeichnet, auf denen bei austauscharmen und/oder austauschreichen Wetterlagen lufthygienisch belastete oder unbelastete Luftmassen mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften in das Zielgebiet, hier die Stadt, transportiert werden.

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 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 (oder in Extremfällen sogar bis zu dreimal) so hoch sind wie die natürlichen Windgeschwindigkeiten.

3.5.3. Legende der Klimaanalysekarte

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

Thermische Komponente:

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

Dynamische Komponente:

		Kategorie	Name	Beschreibung
großräumig			Luftleitbahn Donau / Traun	Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport. Luftleitbahnen sind durch geringe Rauigkeit gekennzeichnet.
			Wirkrichtung Luftleitbahn	Sie ermöglichen den Luftmassenaustausch zwischen Umland und Stadt. Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab. Vor allem bei Schwachwindlagen können Luftleitbahnen von großer Bedeutung für die klimatische Entlastung sein.
			Kaltluftabflussbahn mit hoher Wirksamkeit	Abflusskorridor des thermischen, während der Nacht induzierten Windsystems (Hangabwind). Die graue Schraffur symbolisiert die berechnete Abflussbahn (hohe Wirksamkeit).
			Kaltluftabflussrichtung	Die Ausrichtung des Vektors (Pfeilsymbol) entspricht der mittleren Abflussrichtung im Einzugsbereich.
			Durchlüftungsbahn Gleisanlagen	Extremer Lufttemperaturtagesgang, trocken, nachts mögliche Kaltluftleitbahn, geringe Strömungshindernisse.
kleinräumig			Durchlüftung/ Durchlüftungsbahn	Neben Luftleitbahnen auch Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc. die als zusätzliche Bahnen belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen.
			Windfeldveränderung	Durch hohe Bebauung hervorgerufene Störung des Windfeldes. Hinweis auf erhöhte turbulente Windgeschwindigkeitsänderungen (Böigkeit) und drastische Windrichtungsänderungen (Wirbelbildung, Umströmung).

Abbildung 3.7: Legende der Klimaanalysekarte Stadt Linz 2020.

3.6. Planungshinweiskarte

Um die Integration der Ergebnisse in die Planungsprozesse reibungslos zu gestalten, wurde aufbauend auf der Klimaanalysekarte eine Planungshinweiskarte (PHK) abgeleitet, in der die analysierten und vielschichtigen Ergebnisse zusammengefasst sind. Hier werden die teilweise komplexen klimatischen Funktionen bewertet. Somit kann die klimatische Sensibilität unterschiedlicher Areale und deren Wertigkeit lokalisiert und räumlich bestimmt werden. Durch die vereinfachte Darstellung ist es möglich, schnell und eindeutig eine Einschätzung der klimatischen Bedeutung einer Fläche zu erhalten. Empfehlungen und Hinweise zielen darauf ab,

- die klimatischen Verhältnisse im Bestand zu verbessern;
- zukünftige urbane Entwicklungen zu koordinieren;
- die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels möglichst abzumildern.

Die PHK kann sowohl in der Flächenwidmung, als auch in der Entwurfs- und Einreichplanung eingesetzt werden. Die Karte befindet sich im Anhang des Berichts (Ausschnitt der Karte in Abbildung 3.8).

3.6.1. Methodik zur Erstellung der Planungshinweiskarte

Die Planungshinweiskarte wurde nach VDI RL 3787 Blatt 1 (Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen: 2015-09) erstellt:

„In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadtklimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweiskarten für die Planung nutzbar gemacht werden können.

Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Flächennutzungs- und Bauleitplanung auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung.

Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinien VDI 3785 Blatt 1 (Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima) und VDI 3787 Blatt 2 (Umweltmeteorologie – Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima) verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.“

Die Legende der Planungshinweiskarte mit zugeordneten Planungshinweisen unterteilt die zusammengefassten Klimatope der Klimaanalysekarte in Hinblick auf den Umgang der entsprechenden Flächen aus stadtklimatischer Sicht.

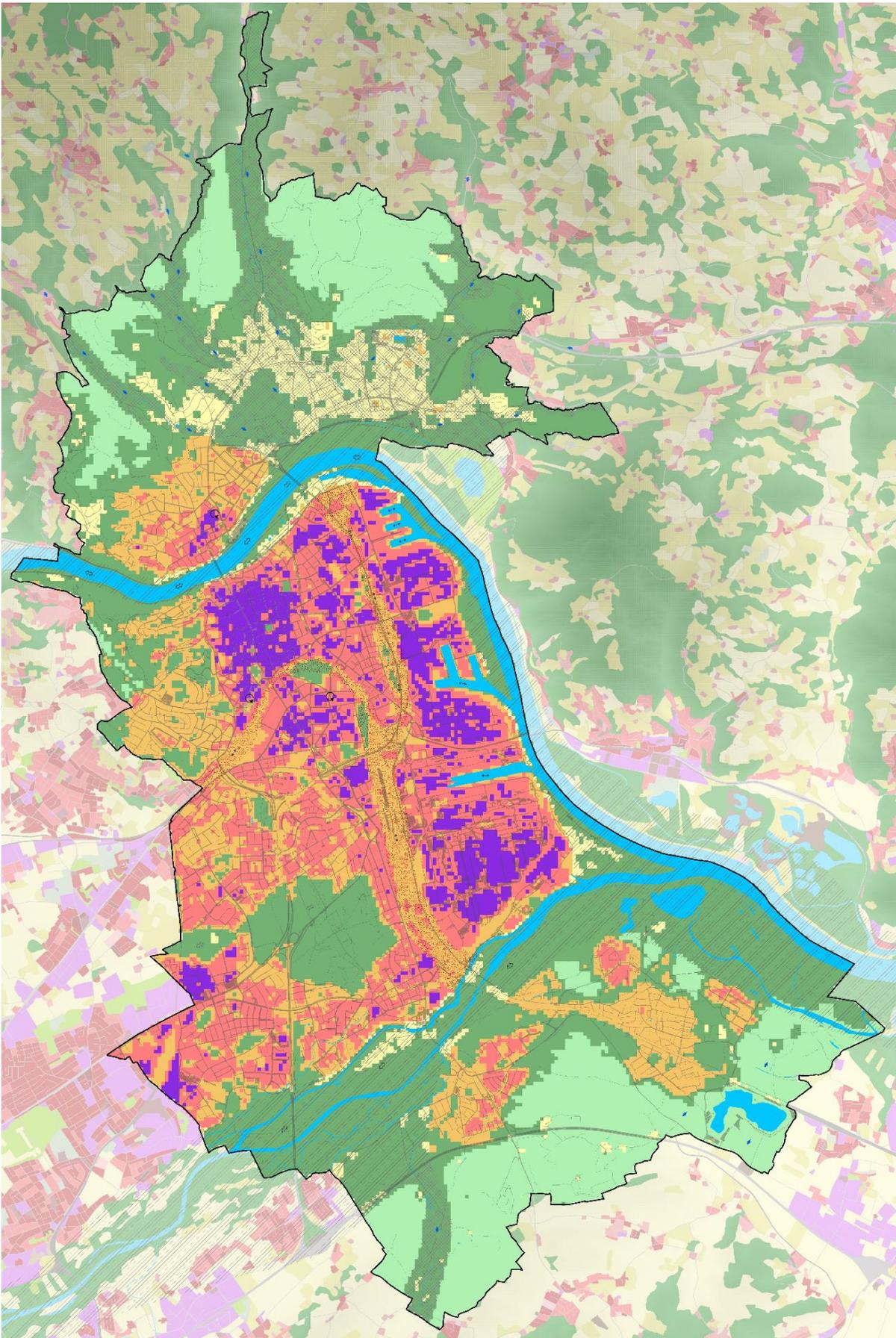


Abbildung 3.8: Ausschnitt Planungshinweiskarte, ohne Maßstab (Original im Anhang).

3.6.2. Legende der Planungshinweiskarte

Die Bewertung der im Analyseprozess gewonnenen Erkenntnisse in einer für die Regional-, Flächennutzungs- und Bauleitplanung verständlichen „Sprache“ fördert eine erfolgreiche Einbindung stadtklimatischer Anforderungen in Planungsprozesse.

Die bewertenden Stufen der PHK beinhalten Hinweise bezüglich der klimatischen Empfindlichkeit von Flächen gegenüber nutzungsändernden Eingriffen oder Bebauungsänderungen.

Folgende 6 Planungshinweiskategorien (2 Kategorien für Grün- und Freiflächen, 4 Kategorien für Siedlungsflächen) nach VDI Richtlinie gibt es in der SKA Linz:

- Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung (A1)
- Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung (A2)
- Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion (B1)
- Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion (B2)
- Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion (B3)
- Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen (B4)

	Kategorie	Name	Planungshinweise Grün- und Freiflächen
schützen und vernetzen		Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung	<p>Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Dies sind klimaaktive Freiflächen mit einem direkten Wirkzusammenhang zum Siedlungsraum wie zum Beispiel innerstädtische und stadtnahe Grünflächen. Sie weisen eine hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung) auf. Weitere Bebauung und zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu klimatischen Beeinträchtigungen der verdichteten Bereiche. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern (Bodenrauigkeit, Querbebauung). <i>Es gilt, klimaaktive Freiflächen zu schützen und ihre Funktionsfähigkeit aufrechtzuerhalten und nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anzustreben. Innerstädtische Potentiaflächen sollen über Schneisen und Vegetationsflächen verbunden werden.</i></p>
		Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung	<p>Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Dies sind klimaaktive Freiflächen mit indirektem aber teils auch direktem Wirkzusammenhang zum Siedlungsraum. Sie haben eine hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und/oder -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung). Teile der im Norden der Stadt Linz gelegenen Freiflächen übernehmen als Frisch- und Kaltluftlieferant wichtige Ausgleichsfunktionen. Bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen können zu kritischen klimatischen Beeinträchtigungen führen. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch aus angrenzenden Gebieten behindern. <i>Eine Entwicklung ist jedoch möglich, wenn diese klimasensibel erfolgt. Vor allem in direkter Verbindung mit Ausgleichsräumen mit hoher Bedeutung ist auf großzügige Abstände und Porosität zu achten.</i></p>
schützen			

	Kategorie	Name	Planungshinweise Siedlungsflächen
klimasensible Entwicklung		Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion	<p>Bebaute Gebiete mit geringer klimatischer Funktion, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermischen Belastungen aufweisen. Hauptsächlich wird dies durch eine gute Belüftung und/ oder durch großzügige Freiflächen mit hohem Vegetationsanteil erreicht. Zusätzliche Entwicklungen sollten trotz der klimaökologischen Gunst stadtklimasensibel betrieben werden, so dass bestehende <i>Belüftungsmöglichkeiten</i> erhalten werden und zusätzliche Wärmebelastungen keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.</p>
		Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	<p>Geringe klimatische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende <i>Belüftungsmöglichkeiten erhalten</i> (Dynamische Komponente: Schraffur und Pfeilsymbolik beachten) und sicherstellen, dass zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch <i>Dach- und Fassadenbegrünung</i> sowie Beibehaltung/ Ausbau von <i>Grünflächen</i> kann einer thermischen Belastung vorgebeugt werden. Allgemein Vegetationsanteil beachten und Siedlungsränder offenhalten; Vernetzungspotentiale der Ausgleichsräume durch vertiefende Stadtklimabetrachtung prüfen.</p>
		Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion	<p>Dicht bebaute Gebiete, die eine bedeutende klimatische Funktion mit erheblicher klimaökologischer Empfindlichkeit für sich und angrenzende Bereiche übernehmen. Weitere Bau- und Versiegelungsmaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf die klimatische Situation. Für diese Gebiete werden <i>Vergrößerungen des Vegetationsanteils</i> und eine Betonung oder <i>Erweiterung der Belüftungsflächen</i> empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen in diesen ausgewiesenen Flächen sind klimatische Gutachten notwendig.</p>
sanieren		Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen	<p>Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig. Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads und Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere der Verkehrsemissionen. Zudem wird eine <i>Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Ventilationsbahnen</i> empfohlen, damit das lokale Belüftungssystem entlastend wirken kann. Porosität der nördlichen Anströmungspotentiale beachten. Human-Biometeorologische Empfehlung: Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung.</p>

Abbildung 3.9: Legende der Planungshinweiskarte Stadt Linz 2020

4. Empfehlungen für die Arbeit mit der Stadtklimaanalyse

In diesem Kapitel werden Empfehlungen für die Arbeit mit der Stadtklimaanalyse (insbesondere der Planungshinweiskarte) abgegeben, damit die Ergebnisse möglichst wirksam genutzt werden.

Die Empfehlungen lassen sich grob auf 3 Handlungsfelder aufteilen:

- Politik: Empfehlungen, die sich konkret an die Politik richten
- Anwendung: Empfehlungen zur Anwendung der Stadtklimaanalyse in der tagtäglichen Arbeit
- Planungsprozess: Legende und ergänzende Empfehlungen pro Planungshinweiskategorie

Handlungsfeld	Nr.	Empfehlung	Kapitel
Arbeit mit der Stadtklimaanalyse			
Politik	P1	Politischer Wille (Prozessausarbeitung vorschreiben, verankern, etc.)	4.1.1
	P2	(Teile der) Planungshinweise rechtlich bindend verankern	4.1.2
Anwendung	A1	Verwendung und Umgang mit Ergebniskarten	4.2.1
	A2	Laufende Schulung	4.2.2
	A3	Prozessablauf implementieren	4.2.3
	A4	Ausarbeitung und Verwendung von Entscheidungsbäumen	4.2.4
	A5	Vorgangsweise bei der Abwicklung von Detailstudien	4.2.5
	A6	Ausarbeitung und Verwendung eines Maßnahmenkatalogs	4.2.6
	A7	Evaluierung und Aktualisierung	4.2.7
Planungsprozess	PL-A1	Empfehlungen für die Kategorie A1	4.3.1
	PL-A2	Empfehlungen für die Kategorie A2	4.3.2
	PL-B1	Empfehlungen für die Kategorie B1	4.3.3
	PL-B2	Empfehlungen für die Kategorie B2	4.3.4
	PL-B3	Empfehlungen für die Kategorie B3	4.3.5
	PL-B4	Empfehlungen für die Kategorie B4	4.3.6

Tabelle 4.1: Übersicht der Empfehlungen für das Handlungsfeld Arbeiten mit der Stadtklimaanalyse.

4.1. Handlungsfeld Politik - Empfehlungen

4.1.1. Politischer Wille

Für die Umsetzung der Empfehlungen (u.a. Prozessausarbeitung vorschreiben, verankern, etc.; Details siehe Kapitel 4.2) ist der politische Wille unabdingbar. Durch die politische Unterstützung und den politischen Auftrag können die Empfehlungen realisiert werden. Dann können die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse auch systematisch und wirkungsvoll genutzt werden.

4.1.2. (Teile der) Planungshinweise rechtlich bindend verankern

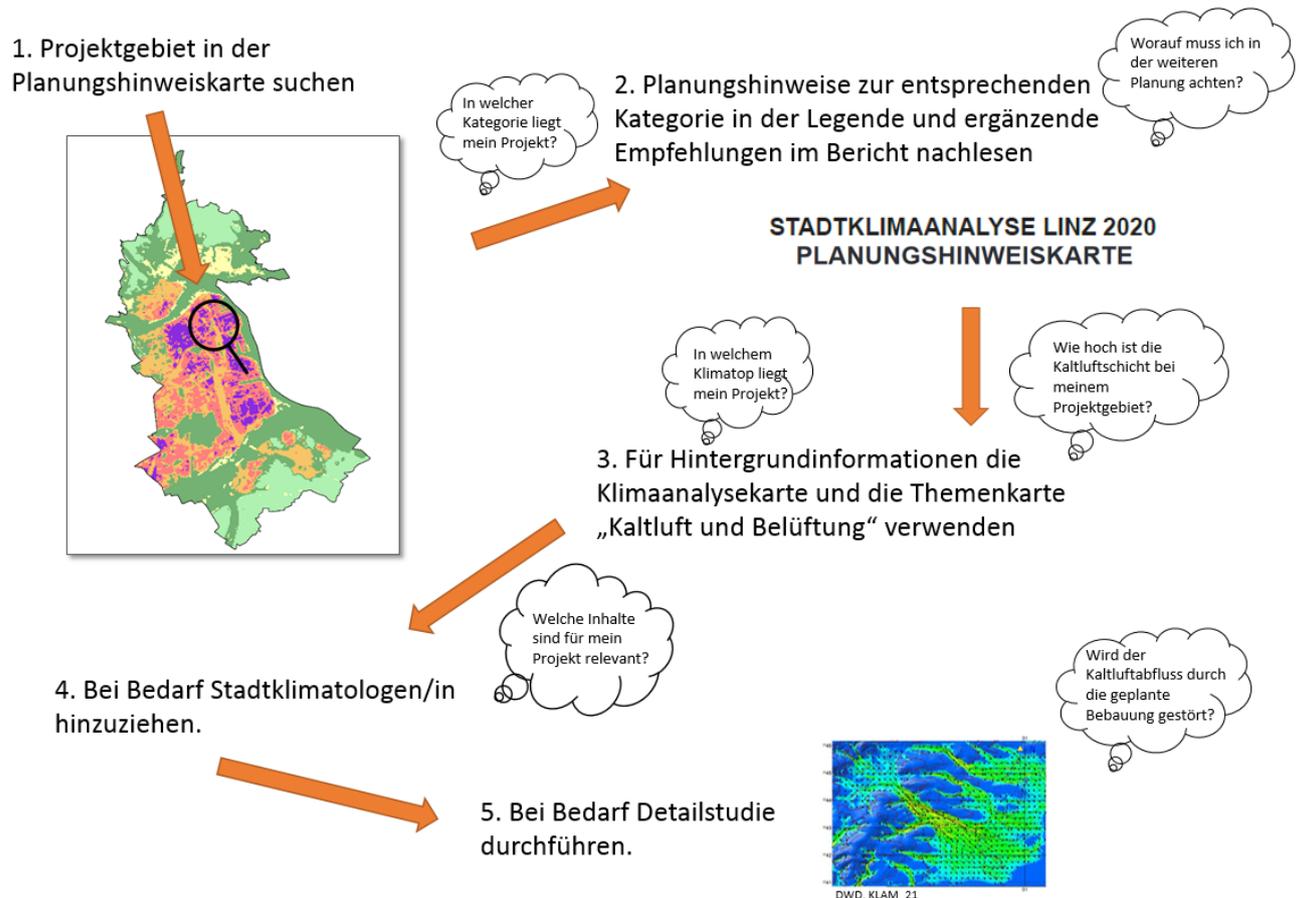
Die Planungshinweiskarte sollte in der Stadt Linz eine wichtige (Argumentations)grundlage für zukünftige Stadtplanungen und -entwicklungen werden. Besonders wichtige Teile der Planungshinweise sollten jedenfalls auch rechtlich bindend verankert werden (bspw. Schutz von Flächen im Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung; Details siehe → Handlungsfeld *Planungsprozess* in Kapitel 4.3).

4.2. Handlungsfeld Anwendung - Empfehlungen

4.2.1. Verwendung und Umgang mit Ergebniskarten

Die Planungshinweiskarte dient als erster Überblick, um wichtige Handlungsempfehlungen für den weiteren Planungsprozess zu bekommen. Folgende allgemeine Vorgangsweise im Umgang mit der Planungshinweiskarte wird empfohlen:

1. Projektgebiet in der Planungshinweiskarte suchen – In welcher Kategorie liegt mein Projekt?
2. Planungshinweise zur entsprechenden Kategorie in der Legende und ergänzende Empfehlungen im Bericht (Kapitel 4.3) nachlesen – Worauf muss ich in der weiteren Planung achten?
3. Für Hintergrundinformationen kann die Klimaanalysekarte und Themenkarte „Kaltluft und Belüftung“ verwendet werden.
4. Bei Bedarf Stadtklimatologen/Stadtklimatologin zu Rate ziehen.
5. Bei Bedarf (z.B.: lt. Stellungnahme des Stadtklimatologe/der Stadtklimatologin) Detailstudie durchzuführen.



4.2.2. Laufende Schulung

Für die Anwender*innen der Stadtklimaanalysekarten ist es wichtig zu wissen:

- Worauf ist bei der Verwendung der Karten zu achten?
 - Summeneffekt
 - Spezialität Haselgraben
 - Wirkzusammenhänge
 - etc.
- Was gibt es für Grenzen der Modellierung? Beispiele:
 - Eingangsdaten (z.B. Vegetation)
 - Annahmen im Modell (z.B. Wetterlage)
 - etc.
- Detailstudien
 - Grenzen von Detailstudien: welche meteorologischen Phänomene können erfasst werden / welche nicht (z.B.: Überlagerung von tagesperiodischen Windsystemen mit Kaltluftsystemen, Kaltluftbehandlung in CFD – Modellen)
 - Aussagekraft von Detailstudien
 - etc.

Zu bedenken ist, dass bei Neuzugängen oder Personalwechsel diese Informationen weiterzutragen sind. Zudem könnten sich im Laufe der Anwendung oder durch methodische Weiterentwicklungen neue Erkenntnisse ergeben. Daher ist eine laufende Schulung zu empfehlen, um u.a. auch Erfahrungen austauschen.

4.2.3. Prozessablauf implementieren

Ob bzw. wie verbindlich die Stadtklimaanalyse verwendet werden soll, ist abhängig von der Art des Bauprojektes, der Änderung, die in der Stadt stattfinden soll, oder vom Stadtplanungsprozess. Während für große Stadtentwicklungsprojekte die Verwendung rechtlich bindend sein sollte, ist dies für Kleinstprojekte (< 1000 m² Grundstücksfläche und/oder < 500 m² Bruttogeschoßfläche) nicht zwingend notwendig.

Es sollte daher für jeden Stadtplanungsprozess in Linz (Stadtentwicklungen, Umwidmung, Neubauten, Wettbewerbe etc.) einen vorgeschriebenen, stadtinternen Prozessablauf geben, der festlegt:

- wann, wie und von wem die Stadtklimaanalyse (Planungshinweiskarte) verwendet werden soll.
- ob bzw. welche Planungshinweise verbindlich umgesetzt werden sollen.
Beispiel: Umsetzung der Planungshinweise könnten bei Wettbewerben verlangt werden.
- ob bzw. wann der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin für eine Stellungnahme/ Begleitung des Planungsprozesses hinzugezogen werden muss.
- wann Detailstudien durchgeführt werden sollen

Empfehlungen für den Prozessablauf pro Planungshinweiskategorie siehe → Handlungsfeld *Planungsprozess* in Kapitel 4.3.

4.2.4. Ausarbeitung und Verwendung von Entscheidungsbäumen

Es sollte für jede Planungshinweiskategorie ein Entscheidungsbaum erarbeitet werden, der festlegt, ob bzw. wann zusätzliche Detailstudien (Mikroklimauntersuchung, Grundlagen siehe Kapitel 5) notwendig sind. Diese können in den Prozessablauf (siehe Kapitel 4.2.3) verankert werden. In Kapitel 4.3 → Handlungsfeld *Planungsprozess* ist für jede Kategorie ein Vorschlag angeführt, welche Inhalte der Entscheidungsbaum aufweisen sollte. Details zur Abwicklung von Detailstudien siehe folgendes Kapitel 4.2.5.

4.2.5. Vorgangsweise bei der Abwicklung von Detailstudien

Für die Abwicklung von Detailstudien wird folgende Vorgangsweise empfohlen: Wenn laut Prozess und Entscheidungsbaum eine Detailstudie notwendig ist (Inhalt lt. Entscheidungsbaum), muss der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin die Qualität und die Ergebnisse beurteilen (beispielsweise in Anlehnung an Umweltverträglichkeitserklärungen – keine, geringe, merkbare, nachteilige Auswirkungen) und ggf. Auflagen festlegen¹¹.

Diese Detailstudien sind nicht nur von der Stadt Linz selbst (bei städtischen Vorhaben) durchzuführen, sondern die Stadt Linz sollte die jeweils passenden Detailuntersuchungen gegebenenfalls inklusive Maßnahmenentwicklungen Bauwerber*innen vorschreiben. Detailuntersuchungen können durch Fachexpert*Innen folgender Fachbereiche durchgeführt werden: Meteorologie, Klimatologie oder Stadtklimatologie.

4.2.6. Ausarbeitung und Verwendung eines Maßnahmenkataloges

Es sollte ein Katalog mit konkreten Anpassungsmaßnahmen erstellt werden. Anhand dieses Katalogs kann beispielsweise die Umsetzung einer Mindestanzahl von Maßnahmen – je nach Planungshinweiskategorie – erfolgen. Die Vorschreibung, welche bzw. wie viele Maßnahmen umgesetzt werden müssen, kann bspw. in der Stellungnahme durch den Stadtklimatologen/die Stadtklimatologin erfolgen. Für Inhalt und Gestalt eines Maßnahmenkataloges sei beispielsweise auf bereits vorhandene Unterlagen in Österreich hingewiesen: UHI-Strat¹² (Wien), Aktionsplan 2020-2021¹³ (Innsbruck), Aktionsplan 2022¹⁴ (Graz) und KlimaKonkret¹⁵ (Non-Profit-Initiative).

4.2.7. Evaluierung und Aktualisierung

Es sollte eine regelmäßige Evaluierung und ggf. Aktualisierung des Prozesses (Kapitel 4.2.3) und der Entscheidungsbäume (Kapitel 4.2.4) erfolgen, um sicherzustellen, dass die Verwendung und der Umgang mit den Ergebnissen für die Stadt Linz sinnvoll und praktikabel ist. Durch die praktischen Erfahrungen kann der Prozess laufend optimiert werden. Durch die Evaluierung sollte auch sichergestellt werden, dass das Werkzeug Stadtklimaanalyse tatsächlich hilft, klimasensible Stadtentwicklung in Linz zu betreiben. Hierbei ist auch zu beachten, dass eine erneute Durchführung einer Stadtklimaanalyse nach jeweils ca. 5 Jahren (je nach Veränderung der Stadt und des Klimas) empfohlen wird. Solch eine Aktualisierung kann auch genutzt werden, um zu evaluieren, ob und inwiefern sich die stadtklimatische Situation in Linz verbessert / verschlechtert hat.

¹¹ Bei Bedarf kann der/die Stadtklimatolog*in von Linz zur Unterstützung bei der Begutachtung (oder für Gegengutachten auf externe Fachexpert*innen aus den Fachbereichen Meteorologie, Klimatologie oder Stadtklimatologie zurückgreifen.

¹² <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (aufgerufen am 30.03.2021)

¹³ <https://energie.innsbruck.gv.at/data.cfm?vpath=subsites/energie1/dokumente42/aktionsplan> (aufgerufen am 30.03.2021)

¹⁴ https://www.umwelt.graz.at/cms/dokumente/10322542_4851364/e166e485/A23_094412_2015_0011_GR-B_Klimawandelanpassung_in_Graz_Aktionsplan_2022.pdf (aufgerufen am 30.03.2021)

¹⁵ <https://www.klimakonkret.at/> (aufgerufen am 30.03.2021)

4.3. Handlungsfeld Planungsprozess - Empfehlungen

Im Folgenden werden Empfehlungen für jede Planungshinweiskategorie angeführt. Anhand dieser Empfehlungen werden auch Vorschläge und Hinweise für das Handlungsfeld *Politik* (Welche Planungshinweise müssen rechtlich verbindend werden?) und das Handlungsfeld *Anwendung* (Wie sollte der Prozessablauf, die Entscheidungsbäume, etc. aussehen) abgegeben. In die Ausarbeitung der Empfehlungen sind die Erfahrungen und das Wissen von Weatherpark und INKEK miteingeflossen.

Wie auch in Kapitel 4.2.7 angeführt, ist eine regelmäßige Evaluierung und Aktualisierung anhand der praktischen Erfahrungen der Stadt Linz notwendig. Die folgenden Empfehlungen und Aufzählungen sind daher als erster Vorschlag (Mindestmaß) zu verstehen und es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit. Es ist dadurch auch zu beachten, dass „strengere“ Empfehlungen aus einer Kategorie auch für weniger „belastete“ Gebiete relevant sein könnten. Denn durch die ungebremste Klimaänderung, Temperaturzunahme und Auswirkungen auf die Gesundheit und Mortalität wird die Berücksichtigung des Stadtklimas zunehmend wichtiger. Zusätzlich wird empfohlen, die vorgeschlagenen Entscheidungsbäume nach einem bestimmten Zeitraum zu evaluieren und bei Bedarf Adaptierungen vorzunehmen.

4.3.1. Empfehlungen für die Kategorie A1: Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung

4.3.1.1 Legende der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie A1 folgende Legende:

Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen

Dies sind klimaaktive Freiflächen mit einem direkten Wirkzusammenhang zum Siedlungsraum wie zum Beispiel innerstädtische und stadtnahe Grünflächen. Sie weisen eine hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung) auf.

Weitere Bebauung und zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu klimatischen Beeinträchtigungen der verdichteten Bereiche. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern (Bodenrauigkeit, Querbebauung).

Es gilt, klimaaktive Freiflächen zu schützen und ihre Funktionsfähigkeit aufrechtzuerhalten und nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anzustreben. Innerstädtische Potentialflächen sollen über Schneisen und Vegetationsflächen verbunden werden.

4.3.1.2 Empfehlungen

- a) Es sollte auf diesen Flächen keine Bebauung mit Grundstücksflächen $\geq 2,5$ ha erlaubt sein. Eine Bebauung mit Grundstücksflächen < 2.5 ha sollte nur unter strengen Auflagen erlaubt sein.
- b) Die Flächen im Norden der Stadt, die mit einem Kaltluftsystem zusammenfallen (z.B.: Haselgraben), sollten jedenfalls rechtlich bindend vor jeglicher Bebauung geschützt werden.
- c) Es sollte rechtlich bindend eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchgeführt werden.
- d) Auf Flächen, die mit Kaltluft- oder Durchlüftungssystemen (dynamische Komponente) zusammenfallen, muss an die Detailstudie und den darin untersuchten Auswirkungen eine besonders hohe Anforderung gestellt werden, da eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen gegeben ist. Das heißt, dass es keine bzw. nur geringe Auswirkungen geben darf.
- e) Der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin ist jedenfalls beizuziehen (Begleitung Prozess, Stellungnahmen, etc.).
- f) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - möglichst geringe Versiegelung (Summeneffekt bedenken!)
 - möglichst geringe Gebäudehöhen, windoffene Gebäudeanordnung
 - Freihalten der Hänge von hangparalleler Riegelbebauung
 - negative Auswirkungen auf Wirkungsräume durch Behinderung der Kaltluftabflussbahn/Durchlüftung
 - Sicherung und – sobald möglich – Vergrößerung der innerstädtischen Flächen, die derzeit in Kategorie A1 fallen
 - Sicherung der zusammenhängenden Freiflächen
 - Verbindung von Vegetationsschneisen
 - Sicherung des Baumbestandes bzw. der Waldanlagen

g) (Ausgleichs)maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise:

- Altbäume müssen in die Planung integriert werden
- Max. Gebäudehöhe ist vorzuschreiben
- Max. Versiegelungsgrad ist vorzuschreiben

h) Unzureichende (Ausgleichs)maßnahmen sind beispielsweise:

- Fassaden-/Dachbegrünungen
- Ersatzpflanzungen durch kleine Jungbäume

i) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:

- Es ist jedenfalls eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchzuführen.
- Wenn eine Kaltluftabflussbahn vorhanden ist (am Standort selbst oder in bis zu 1 km Entfernung), dann ist eine Detailstudie Kaltluftabfluss notwendig.
- Wenn eine Durchlüftungs- oder Luftleitbahn vorhanden ist (am Standort selbst oder in bis zu 1 km Entfernung), dann ist eine Detailstudie Durchlüftung notwendig.

4.3.2. Empfehlungen für die Kategorie A2: Ausgleichsraum mit mittlerer Bedeutung

4.3.2.1 Legende der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie A2 folgende Legende:

Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen.

Dies sind klimaaktive Freiflächen mit indirektem aber teils auch direktem Wirkzusammenhang zum Siedlungsraum. Sie haben eine hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und/oder -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung). Teile der im Norden der Stadt Linz gelegenen Freiflächen übernehmen als Frisch- und Kaltluftlieferant wichtige Ausgleichsfunktionen.

Bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen können zu kritischen klimatischen Beeinträchtigungen führen. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch aus angrenzenden Gebieten behindern.

Eine Entwicklung ist jedoch möglich, wenn diese klimasensibel erfolgt. Vor allem in direkter Verbindung mit Ausgleichsräumen mit hoher Bedeutung ist auf großzügige Abstände und Porosität zu achten.

4.3.2.2 Empfehlungen

- a) Es sollte rechtlich bindend bei Planungsvorhaben mit Grundstücksflächen $\geq 2,5$ ha eine Detailstudie durchgeführt werden. In jenen Bereichen, die nicht im Siedlungsverband und daher nicht in Siedlungserweiterungsflächen lt. ÖEK-Linz Nr.2 liegen (Pichling, östlich und westlich der Solar City), liegt diese Schwelle bereits bei 1 ha. Inhalt, Art und Anforderungen sind in Abstimmung mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären.
- b) Bei dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin ist eine Stellungnahme einzuholen
 - bei allen Planungsvorhaben nördlich der Donau (unabhängig von der Projektgröße),
 - bei Planungsvorhaben südlich der Donau die nicht im Siedlungsverband und daher nicht in Siedlungserweiterungsflächen lt. ÖEK-Linz Nr.2 liegen (Pichling, östlich und westlich der Solar City), bei Grundstücksflächen ≥ 1 ha,
 - bei Planungsvorhaben im verbleibenden Stadtgebiet südlich der Donau, wenn die Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha ist,
 - bei Planungsvorhaben in bis zu 1 km Entfernung von einer Kaltluftabflussbahn, Luftleitbahn oder Durchlüftungsbahn (unabhängig von Projektgröße und Stadtgebiet).
- c) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - möglichst geringe Versiegelung (Summeneffekt bedenken!)
 - möglichst geringe Gebäudehöhen, windoffene Gebäudeanordnung
 - Freihalten der Hänge von hangparalleler Riegelbebauung
 - Sicherung der zusammenhängenden Freiflächen
 - Verbindung von Vegetationsschneisen
 - Sicherung des Baumbestandes bzw. von Waldanlagen

- d) (Ausgleichs)Maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise:
- Integration von Altbäumen in die Planung
 - Vorschreibung einer maximalen Gebäudehöhe
 - Vorschreibung eines maximalen Versiegelungsgrades
- e) Unzureichende (Ausgleichs)maßnahmen sind beispielsweise:
- Fassaden- oder/und Dachbegrünungen
 - Ersatzpflanzungen durch kleine Jungbäume
- f) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:
- bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha:
 - Eine Bebauung ist nur mit Detailstudie möglich. Inhalt, Art und Anforderungen sind in Abstimmung mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $< 2,5$ ha:
 - Wenn eine dynamische Komponente (am Standort selbst oder in bis zu 1 km Entfernung) gegeben ist, ist mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären, ob bzw. welcher Inhalt, Art und Anforderungen für eine Detailstudie notwendig ist.

4.3.3. Empfehlungen für die Kategorie B1: Bebautes Gebiet mit geringer Belastung und geringer klimarelevanter Funktion

4.3.3.1 Legende auf der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie B1 folgende Legende:

Bebaute Gebiete mit geringer klimatischer Funktion, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermischen Belastungen aufweisen. Hauptsächlich wird dies durch eine gute Belüftung und/oder durch großzügige Freiflächen mit hohem Vegetationsanteil erreicht.

Zusätzliche Entwicklungen sollten trotz der klimaökologischen Gunst stadtklimasensibel betrieben werden, so dass bestehende Belüftungsmöglichkeiten erhalten werden und zusätzliche Wärmebelastungen keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.

4.3.3.2 Empfehlungen

- a) Bei dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin ist eine Stellungnahme einzuholen
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha
- b) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - bestehende Belüftungsmöglichkeiten. Diese sollten erhalten werden.
 - Dimensionierung und Anordnung der Gebäude
 - zusätzliche Wärmebelastungen. Neuplanungen sollten keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.
 - Sicherung bestehender Grünflächen/Vegetation
- c) Es sollten mindestens 2 Ausgleichs(maßnahmen) zur Klimawandelanpassung bei Neu- oder Umbauten vorgeschrieben werden. Die Auswahl kann anhand eines Maßnahmenkatalogs erfolgen.
- d) (Ausgleichs)Maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise
 - Dachbegrünung
 - Fassadenbegrünung
 - Erhalt von Altbäumen
 - technischer Sonnenschutz
 - Zugänglichkeit von Wasser
 - dichte, großkronige Baumbepflanzungen (z.B. nach dem Schwammstadt-Prinzip)

- e) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:
- bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha:
 - Es ist mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären, ob eine Detailstudie zur Durchlüftung und/oder zum Sommerkomfort notwendig ist.
 - Wenn eine dynamische Komponente in bis zu 500 m Entfernung vorhanden ist, muss der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin entscheiden, ob eine Detailstudie notwendig ist bzw. in welcher Form diese erfolgen soll.
 - Wenn eine dynamische Komponente direkt am Standort vorhanden ist, ist jedenfalls eine Detailstudie durchzuführen:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $< 2,5$ ha:
 - Eine Detailstudie ist nur dann durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.

4.3.4. Empfehlungen für die Kategorie B2: Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion

4.3.4.1 Legende der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie B2 folgende Legende:

Geringe klimatische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende Belüftungsmöglichkeiten erhalten (Dynamische Komponente: Schraffur und Pfeilsymbolik beachten) und sicherstellen, dass zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen.

Durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie Beibehaltung/Ausbau von Grünflächen kann einer thermischen Belastung vorgebeugt werden. Allgemein Vegetationsanteil beachten und Siedlungsränder offenhalten; Vernetzungspotentiale der Ausgleichsräume durch vertiefende Stadtklimabetrachtung prüfen.

4.3.4.2 Empfehlungen

- a) Es sollte rechtlich bindend bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchgeführt werden.
- b) Bei dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin ist eine Stellungnahme einzuholen
 - o bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha.
 - o wenn das Planungsvorhaben in einer Kaltluftabflussbahn, Luftleitbahn oder Durchlüftungsbahn liegt.
- c) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - o bestehende Belüftungsmöglichkeiten. Diese sollten erhalten werden.
 - o offene Siedlungsränder
 - o Dimensionierung und Anordnung der Gebäude.
 - o zusätzliche Wärmebelastungen. Neuplanungen sollten keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.
 - o Sicherung und Ausweitung bestehender Grünflächen/Vegetation
 - o Vernetzungspotentiale umgebender Ausgleichsräume
 - o Schaffung von Grün- bzw. Ventilationsschneisen
- d) Es sollten mindestens 4 Ausgleichsmaßnahmen zur Klimawandelanpassung bei Neu- oder Umbauten vorgeschrieben werden. Die Auswahl kann anhand eines Maßnahmenkatalogs erfolgen.
- e) (Ausgleichs)Maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise:
 - o Vorschreibung eines maximalen Versiegelungsgrades
 - o Dachbegrünung
 - o Fassadenbegrünung
 - o Erhalt von Altbäumen
 - o technischer Sonnenschutz
 - o Zugänglichkeit von Wasser

- dichte, großkronige Baumbepflanzungen (z.B. nach dem Schwammstadt-Prinzip)
- f) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha:
 - Es ist jedenfalls eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchzuführen.
 - Es ist mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären, ob auch eine Detailstudie für die Durchlüftung notwendig ist.
 - Wenn eine dynamische Komponente in bis zu 500 m Entfernung vorhanden ist, muss der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin entscheiden, ob eine weitere Detailstudie notwendig ist bzw. in welcher Form diese erfolgen soll.
 - Eine Detailstudie ist jedenfalls durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $< 2,5$ ha:
 - Eine Detailstudie ist nur dann durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.

4.3.5. Empfehlungen für die Kategorie B3: Bebautes Gebiet mit bedeutender klimarelevanter Funktion

4.3.5.1 Legende der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie B3 folgende Legende:

Dicht bebaute Gebiete, die eine bedeutende klimatische Funktion mit erheblicher klimaökologischer Empfindlichkeit für sich und angrenzende Bereiche übernehmen.

Weitere Bau- und Versiegelungsmaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf die klimatische Situation. Für diese Gebiete werden Vergrößerungen des Vegetationsanteils und eine Betonung oder Erweiterung der Belüftungsflächen empfohlen. Bei nutzungsändernden Planungen in diesen ausgewiesenen Flächen sind klimatische Gutachten notwendig.

4.3.5.2 Empfehlungen

- a) Es sollte rechtlich bindend bei nutzungsändernden Planungen der Stadtklimatologe / die Stadtklimatologin hinzugezogen werden, um zu bestimmen, ob bzw. welche Detailstudie notwendig ist.
- b) Es sollte rechtlich bindend bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchgeführt werden.
- c) Beim Stadtklimatologen/bei der Stadtklimatologin ist eine Stellungnahme einzuholen:
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha
 - wenn nutzungsändernde Planungen angedacht sind (Bebauung unversiegelter Grünflächen), bei Baumfällungen oder bei der Unterbauung einer Grünfläche.
 - wenn das Planungsvorhaben in einer Kaltluftabflussbahn, Luftleitbahn oder Durchlüftungsbahn liegt.
- d) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - bestehende Belüftungsmöglichkeiten. Diese sollten erhalten werden.
 - Erweiterung der Belüftungsflächen
 - zusätzliche Wärmebelastungen. Neuplanungen sollten keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.
 - Sicherung und Ausweitung bestehender Grünflächen/Vegetation
 - Vergrößerung des Vegetationsanteils
- e) Es sollten mindestens 6 (Ausgleichs-)Maßnahmen zur Klimawandelanpassung bei Neu- oder Umbauten vorgeschrieben werden. Die Auswahl kann anhand eines Maßnahmenkatalogs erfolgen.
- f) (Ausgleichs-)Maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise:
 - Vorschreibung eines maximalen Versiegelungsgrades
 - Dachbegrünung
 - Fassadenbegrünung
 - Erhalt von Altbäumen
 - technischerer Sonnenschutz

- Zugänglichkeit von Wasser
 - dichte, großkronige Baumbepflanzungen (z.B. nach dem Schwammstadt-Prinzip)
- g) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:
- bei nutzungsändernden Planungen
 - Es ist mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären, ob eine Detailstudie notwendig ist bzw. in welcher Form diese erfolgen soll.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha:
 - Es ist jedenfalls eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchzuführen.
 - Wenn eine dynamische Komponente in bis zu 500 m Entfernung vorhanden ist, muss der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin entscheiden, ob eine Detailstudie notwendig ist bzw. in welcher Form diese erfolgen soll.
 - Eine Detailstudie ist jedenfalls durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $< 2,5$:
 - Es ist mit dem Stadtklimatologen/der Stadtklimatologin zu klären, ob eine Detailstudie Sommerkomfort notwendig ist.
 - Eine Detailstudie ist jedenfalls durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.

4.3.6. Empfehlungen für die Kategorie B4: Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen

4.3.6.1 Legende der Planungshinweiskarte

Auf der Planungshinweiskarte findet sich für die Kategorie B4 folgende Legende:

Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig. Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads und Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere der Verkehrsemissionen.

Zudem wird eine Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Ventilationsbahnen empfohlen, damit das lokale Belüftungssystem entlastend wirken kann. Porosität der nördlichen Anströmungspotentiale beachten.

Human-Biometeorologische Empfehlung: Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung.

4.3.6.2 Empfehlungen

- a) Es sollte rechtlich bindend bei nutzungsändernden Planungen der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin hinzugezogen werden, um zu bestimmen, ob bzw. welche Detailstudie notwendig ist.
- b) Es sollte rechtlich bindend eine Detailstudie Sommerkomfort durchgeführt werden.
- c) Beim Stadtklimatologen/bei der Stadtklimatologin ist jedenfalls eine Stellungnahme einzuholen d.h. auch bei Umplanungen im öffentlichen Raum (Platzumgestaltung, Straßen etc.).
- d) Es ist insbesondere zu achten auf:
 - zusätzliche Wärmebelastungen; Neuplanungen sollten keine nachteilige Wirkung auf benachbarte Siedlungsräume nach sich ziehen.
 - Sicherung und deutliche Ausweitung bestehender Grünflächen/Vegetation
 - Vergrößerung des Vegetationsanteils
 - Verringerung des Versiegelungsgrades
 - Verringerung des Emissionsaufkommens (Verkehr)
 - Anströmungspotential im Norden (entlang Donau)
 - Schaffung lokaler Gunsträume
- e) Es sollten proaktiv Verbesserungen angestrebt werden, wie zum Beispiel:
 - Umwandlung von PKW- Stellplätzen in (Kurz-)parkzonen in Grünflächen
 - Umwandlung von Quer- zu Längsparkern, um Platz für mehr Bäume zu schaffen.
 - Beschattung von Wartebereichen für Radfahrer*innen und Fußgänger*innen (Öffentlicher Verkehr, Plätze, Ampelbereiche, ...)
 - Verschattung von Fuß- und Radwegen
- f) Jeder Umbauprozess (z.B. Kanalarbeiten, ...) sollte genutzt werden, um etwas hinsichtlich Klimaschutz/anpassung zu verbessern (climate proofing).

- g) Es sollten rechtlich bindend bei Neu- oder Umbauten (insbesondere auch im öffentlichen Raum) bestimmte (Ausgleichs-)Maßnahmen zur Klimawandelanpassung vorgeschrieben werden (beispielsweise verpflichtende Vergrößerung des Vegetationsanteils und/oder Verringerung des Versiegelungsanteils). Zusätzlich sollten mindestens 4 (Ausgleichs-)Maßnahmen vorgeschrieben werden. Die Auswahl kann anhand eines Maßnahmenkatalogs erfolgen.
- h) (Ausgleichs-)Maßnahmen, die verlangt werden könnten, sind beispielsweise:
- Vorschreibung eines maximalen Versiegelungsgrades
 - Dachbegrünung
 - Fassadenbegrünung
 - Erhalt von Altbäumen
 - technischer Sonnenschutz
 - Zugänglichkeit von Wasser
 - dichte, großkronige Baumbepflanzungen (z.B. nach dem Schwammstadt-Prinzip)
- i) Vorschlag für einen Entscheidungsbaum zur Festlegung welche Detailstudie notwendig ist:
- bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $\geq 2,5$ ha:
 - Es ist jedenfalls eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchzuführen.
 - Wenn eine dynamische Komponente in bis zu 500 m Entfernung vorhanden ist, muss der Stadtklimatologe/die Stadtklimatologin entscheiden, ob eine Detailstudie notwendig ist bzw. in welcher Form diese erfolgen soll.
 - Eine Detailstudie ist jedenfalls durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.
 - bei Planungsvorhaben mit Grundstücksfläche $< 2,5$ ha:
 - Es ist jedenfalls eine Detailstudie für den Sommerkomfort durchzuführen.
 - Eine Detailstudie ist jedenfalls durchzuführen, wenn eine dynamische Komponente am Standort selbst vorhanden ist:
 - bei vorhandener Kaltluftabflussbahn ist eine Detailstudie für den Kaltluftabfluss notwendig.
 - bei vorhandener Durchlüftungs- oder Luftleitbahn ist eine Detailstudie zur Durchlüftung notwendig.

5. Mikroklimatische Detailstudien

5.1. Einleitung

Die Stadtklimaanalyse von Linz ist eine Untersuchung auf der Ebene des Mesoklimas (Größenordnung > 1 km). Bei Neu- oder Umbauplanungen kann es notwendig sein, eine detailliertere Untersuchung (Rasterauflösung < 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. Aufbauend auf der Planungshinweiskarte könnte durch Entscheidungsbäume (verbindlich) festgelegt werden, wann welche Detailstudie durchzuführen ist bzw. von Bauwerber*innen verlangt werden kann. Die Ausarbeitung solcher Entscheidungsbäume ist eine wichtige Empfehlung an die Stadt (siehe Kapitel 4.2.4) Von Weatherpark wurde in Kapitel 4.3 auch für jede Planungshinweiskategorie eine Empfehlung abgegeben, wie ein Entscheidungsbaum aussehen könnte.

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen zu mikroklimatischen Detailstudien zusammengefasst.

5.2. 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.

Die durchgeführte Stadtklimaanalyse Linz und die im Zuge derer erstellte Planungshinweiskarte findet auf der Planungsebene Stadt/Ortsteil ihre direkte Anwendung. Sie ist eine mesoklimatische Analyse und zeigt regionale Zusammenhänge und Abhängigkeiten auf. Anhand der Planungshinweiskarte können auf einen Blick grundlegende Aussagen und Empfehlungen für einen Standort getroffen werden. Das erleichtert die Projektplanung von Beginn an.

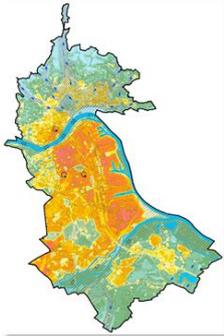
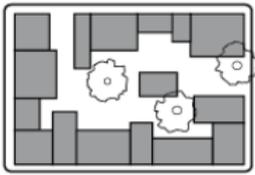
Administrativ	Planungsebene	Stadtklimatische Fragestellungen	Untersuchungsmethodik	Anpassungsstrategien	
Region 	Regionalplanung M 1: 100.000	Regionale Luftaustauschprozesse	Regionalklimaanalyse	z.B.: Belüftung und Flächenverteilung	Strategische Maßnahmen
Stadt 	Örtliches Entwicklungskonzept M 1:10.000	Städtische Wärmeinsel, Klimatope	Stadtklimaanalyse	z.B.: Vernetzung von Grünflächen, Flächennutzung	
Ortsteil 	Flächenwidmungsplan M 1: 5.000	Luftaustausch, Kaltluftabfluss	Stadtklimaanalyse; ggf. Detailstudie (je nach Planungshinweis lt. SKA)	z.B.: Vernetzung und Ausstattung von Grünflächen, Belüftung	Strategische/lokale Maßnahmen
Bebauungsstruktur/Block 	Bebauungsplan M 1:2.000	Mikroklimatische Untersuchungen (Windkomfort, Sommerkomfort, Kaltluftabfluss)	Detailstudien (Mikroklimamodelle) – je nach Planungshinweis lt. SKA	z.B.: Schatten, Oberflächengestaltung, Versiegelung, Gebäudevolumen, -höhe, -ausrichtung	Lokale Maßnahmen
Gebäude 	Objektplanung M 1:500 oder feiner	Mikroklimatische Untersuchungen (Windkomfort, Sommerkomfort)	Detailstudien (Mikroklimamodelle) – je nach Planungshinweis lt. SKA	z.B.: Schatten, Oberflächengestaltung, Gebäudedetails	

Tabelle 5.1: Überblick Skalen

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. Anhand der Planungshinweiskarte kann abgeleitet werden, ob bzw. welche Detailstudien gemacht werden müssen.

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 jene Detailstudien zu Fragestellungen durchgeführt

werden, die für den betroffenen Standort relevant sind. Dadurch kann ein Mehraufwand und somit auch Mehrkosten vermieden werden.

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 gesamten städtischen 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.

5.3. Arten von Detailstudien – ein Überblick

Folgende Phänomene können in Detailstudien untersucht werden:

- Windkomfort
- Durchlüftung
- Kaltluft(abfluss)
- Sommerkomfort (bioklimatische Indizes, wie gefühlte Temperatur PET als Maß für die Hitzebelastung untertags, Lufttemperatur als Maß für die städtische Wärmeinsel in der Nacht)

Die Auswahl, welche Detailstudie an einem Standort notwendig ist, kann anhand von Entscheidungsbäumen (siehe Empfehlungen in Kapitel 4) erfolgen. 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 und der relativen Veränderungen
- 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.

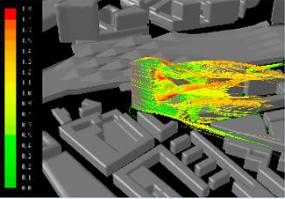
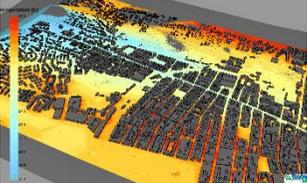
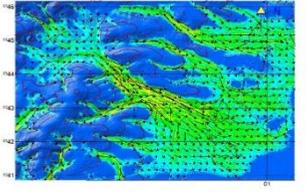
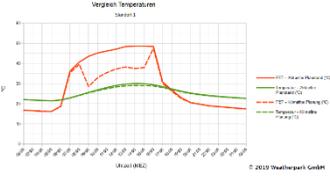
Detailstudie	Wo/Wann ist diese Untersuchung zu empfehlen?	Was wird untersucht?	Was kann abgeleitet werden?	Notwendige Grundlagendaten	Auflösung
Windkomfort 	<ul style="list-style-type: none"> • bei Hochhäusern • an Standorten, die (lt. PHK) nahe zu Windfeldänderungen liegen <ul style="list-style-type: 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 lt. PHK 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)  DWD, KLAM_21	<ul style="list-style-type: none"> • an Standorten, die lt. PHK 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 FMZWK) • Digitales Geländemodell • Gegebenenfalls 3D-Gebäudedaten 	5 – 25 m
Sommerkomfort  © 2019 Weatherpark GmbH	<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 Linz 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. 	0.5 – 5 m

Tabelle 5.2: Überblick Arten von Detailstudien

5.4. [Beispiel Schlachthof-Areal](#)

Im Rahmen des Projekts Stadtklimaanalyse Linz wurde eine Detailstudie am Schlachthofareal durchgeführt. Dazu gibt es einen eigenständigen Bericht, der die Methodik und die Ergebnisse beschreibt.

6. Handlungsfeld Hochhäuser

Eine Empfehlung aus der Grundlagenstudie war, dass die 10-Punkte-Checkliste für Hochhäuser überarbeitet bzw. rechtlich bindend umgesetzt werden soll. Im Folgenden werden konkrete Empfehlungen für das Handlungsfeld Hochhäuser (u.a. Änderungsvorschlag für konkrete Überarbeitung von Punkt 7 „Windwirkung“) abgegeben.

Handlungsfeld	Nr.	Empfehlung	Kapitel
Hochhäuser	H1	Eignungsprüfung des Projektstandortes vor Beginn des Planungsprozesses	6.1.1
	H2	Einbindung Stadtklimatolog*in	6.1.2
	H3	Berücksichtigung des Stadtklimas im Planungsprozess	6.1.3
	H4	Detailüberprüfungen der Auswirkungen	6.1.4
	H5	Überarbeitung der 10-Punkte-Checkliste	6.1.5

Tabelle 6.1: Übersicht der Empfehlungen für das Handlungsfeld Hochhäuser.

6.1. Handlungsfeld Hochhäuser - Empfehlungen

6.1.1. Eignungsprüfung des Projektstandortes vor Beginn des Planungsprozesses

Eine Überarbeitung der magistratsinternen Abläufe wird dahingehend empfohlen, dass noch vor einer Ausschreibung bzw. dem Planungsbeginn eines Hochhauses (Firsthöhe größer oder gleich 22 m) von der/dem Stadtklimatolog*in überprüft werden muss, ob der Standort des Planungsvorhabens (PVH) laut Stadtklimaanalyse grundsätzlich für ein Hochhausprojekt geeignet ist.

6.1.2. Einbindung Stadtklimatolog*in

Ist der Standort aus stadtklimatologischer Sicht grundsätzlich für ein Hochhausprojekt geeignet, so wird empfohlen im Planungsprozess die/den Stadtklimatolog*in bereits ab der Konzept- bzw. Vorentwurfsphase einzubinden um nicht nur bei der Standortwahl, sondern auch bei der Planung die Berücksichtigung stadtklimatologischer Aspekte zu gewährleisten. Welche Überprüfungen durchzuführen sind (siehe Punkt 6.1.4) ergibt sich aus der Firsthöhe:

- Bei einer Firsthöhe des PVH kleiner als 32 m ist eine Stellungnahme des/der Stadtklimatolog*in einzuholen ob bestimmte Überprüfungen entfallen können.
- Bei einer Firsthöhe des PVH größer oder gleich 32 m sind alle Überprüfungen durchzuführen.

6.1.3. Berücksichtigung des Stadtklimas im Planungsprozess

Falls ein Areal aus stadtklimatologischer Sicht für ein Hochhausprojekt grundsätzlich geeignet ist, ist in den Planungsprozess nicht nur die/den Stadtklimatolog*in einzubinden, sondern auch eine frühzeitige fachliche Begleitung und Überprüfung der Auswirkungen auf das Stadtklima zu empfehlen.

Bereits vor der Vorentwurfs- bzw. Entwurfsplanung, jedenfalls aber bereits vor der Einreichung, sollen Fachexpert*innen das Projekt begleiten, z.B. im Rahmen einer fachspezifischen Vorprüfung eines städtebaulichen Wettbewerbs. Dabei sollen Empfehlungen abgegeben werden, worauf konk-

ret am Standort zu achten ist. Dadurch können bereits in einem frühen Stadium des PVH Maßnahmen zur Wahrung des Windkomforts, zum Erhalt der Durchlüftung und von Kaltluftsystemen, und zur Wahrung des Sommerkomforts Eingang in die Planung finden.

Notwendige Qualifikation Fachexpert*innen:

Die fachliche Begleitung und Überprüfung der mikroklimatischen Auswirkungen kann durch Fachexpert*Innen folgender Fachbereiche erfolgen: Meteorologie, Klimatologie oder Stadtklimatologie.

6.1.4. Detailüberprüfungen der Auswirkungen

Im Zuge der fortschreitenden Planung eines Hochhauses sind die Auswirkungen des Projektes auf das Mikroklima zu überprüfen und gegebenenfalls Maßnahmen zu setzen welche stadtklimatologisch nachteilige Effekten ausgleichen.

Die Überprüfungen sind in Abstimmung mit der/dem Linzer Stadtklimatolog*in durchzuführen und die Ergebnisse der Überprüfung sowie die konzipierten Maßnahmen und deren Wirksamkeit sind der/dem Linzer Stadtklimatolog*in zur Stellungnahme zur Verfügung zu stellen.

Sollten bei Überprüfungen nachteilige Auswirkungen festgestellt werden ist eine interaktive Entwicklung von Verbesserungsmaßnahmen mit den Planer*innen und Bauwerber*innen durchzuführen und die Verbesserung durch die entwickelten Maßnahmen zu quantifizieren.

Die folgenden Aspekte müssen in der Überprüfung abgedeckt werden, es gilt ein Verschlechterungsverbot

- Windkomfort
- Durchlüftung und Kaltluftsysteme
- Sommerkomfort

Abzustimmen mit dem/der Stadtklimatolog*in ist/sind zudem

- der **Bereich**, in dem das Verschlechterungsverbot gilt
- die **Grenzwerte** und Indikatoren für die Beurteilung¹⁶
- die zu untersuchenden meteorologische **Szenarien**

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die stadtklimatologischen Aspekte und welche Überprüfungen zu welcher Phase des Projekts durchgeführt werden sollen. Zusätzlich listet sie geeignete Simulationen auf und mögliche Indikatoren zur Beurteilung der Resultate.

¹⁶ Derzeit gibt es für viele Bereiche (Windkomfort, Überwärmung etc.) weder national noch international festgelegte Grenzwerte oder Schwellwerte. Als Anhaltspunkt sei jedoch auf VDI-Richtlinien, WTG (Windtechnologische Gesellschaft) Merkblätter, ÖGNI, ÖGNB und holländische Norm zum Windkomfort hingewiesen.

	Windkomfort: Windwirkung auf Nutzer*Innen von Freiflächen	Durchlüftung und Kaltluftsysteme	Sommerkomfort: Übererwärmung von Freiflächen
Was	Vorher-Nachher Vergleich		
Projektphase	Sobald die Verteilung der Gebäudevolumina und die Ausrichtung der Gebäude bekannt ist. (z.B. Siegerentwurf eines städtebaulichen Wettbewerbs oder Masterplanentwurf)		Spätestens während der Vorentwurfs- und Entwurfsplanung.
Womit	CFD-Simulation oder Windkanaluntersuchung im Windkomfortmodus	Kaltluftabfluss Simulation CFD-Simulation (Durchlüftung)	mikroklimatische Simulation (Hitzebelastung tagsüber, Wärmeinsel in der Nacht)
Mögliche Indikatoren für Beurteilung	<p>Einschränkung der Nutzung von umliegenden Flächen durch Veränderung des Windkomforts.</p> <p>Erhöhung der Häufigkeit von unangenehmen oder gefährlichen Windverhältnissen (Starkwindgefahr).</p> <p>Erhöhung der Windgeschwindigkeit (Verstärkungsfaktoren) in den ortsunüblichen bzw. gefährlichen Bereich.</p> <p>Trajektorien</p>	<p>Reduktion der Höhe der Kaltluft im Gebiet oder in der Umgebung (stromabwärts).</p> <p>Nachteilige Auswirkungen auf die Umgebung durch eine Abschwächung der Wirksamkeit der Kaltluftabfluss- oder Durchlüftungsbahn; z.B.: Verringerung des Flusses durch Referenzflächen entlang einer Luftleitbahn.</p>	<p>in bebautem Gebiet Erhöhung der physiologisch äquivalenten Temperatur</p> <p>Erhöhung der Lufttemperatur in 2 m Höhe</p> <p>Erhöhung der Oberflächentemperatur</p> <p>in unbebautem Gebiet: Höhere physiologisch äquivalenten Temperatur als in Gebiet mit vergleichbarer Bebauung</p> <p>Höhere Lufttemperatur in 2 m Höhe</p>

6.1.5. Überarbeitung der 10-Punkte-Checkliste

Der Punkt „7. Windwirkung“ sollte zu „7. Stadtklima“ umbenannt werden. Es wird folgende Formulierung – aufbauend auf den oben angeführten Empfehlungen – vorgeschlagen:

7. Stadtklima

Bereits in der Vorentwurfs- bzw. Entwurfsplanung, jedenfalls aber bereits vor der Einreichung, haben Fachexpert*innen das Projekt zu begleiten. Dadurch können bereits in einem frühen Stadium Maßnahmen zur Wahrung der unten angeführten stadtklimatologischen Aspekte Eingang in die Planung und Hochhausentwicklung finden. Im Zuge der fortschreitenden Planung eines Hochhauses sind die Auswirkungen des Projektes auf das städtische Meso- und Mikroklima zu überprüfen und gegebenenfalls Maßnahmen zu setzen, welche stadtklimatologisch nachteilige Effekte ausgleichen. Es gilt ein Verschlechterungsverbot. Die Überprüfungen sind in Abstimmung mit der/dem Linzer Stadtklimatolog*in durchzuführen und die Ergebnisse der Überprüfung sowie die konzipierten Maßnahmen und deren Wirksamkeit sind der/dem Linzer Stadtklimatolog*in zur Stellungnahme zur Verfügung zu stellen. Wird das Projekt während der Planung maßgeblich verändert, sind diese Veränderungen erneut zu untersuchen und vorzulegen.

Die folgenden Aspekte müssen in der Überprüfung durch Vorher-Nachher Vergleiche abgedeckt werden:

- a) Windkomfort
- b) Durchlüftung und Kaltluftsysteme
- c) Sommerkomfort

Abhängig von der Stellungnahme der/des Linzer Stadtklimatolog*in können für Hochhäuser mit einer Firsthöhe kleiner 32 m Teile der Überprüfung entfallen.

Ergänzend sollte eine Prozessbeschreibung zur Verfügung gestellt werden in welcher definiert wird, wie Hochhausprojekte stadtklimatologisch begleitet werden, sowie die notwendigen Überprüfungen und Voraussetzungen dafür.

7. Handlungsfeld Strategie – Empfehlungen

Im Zuge der Grundlagenstudie¹⁷, die 2019 von Weatherpark durchgeführt wurde, wurden für die Stadt Linz bereits konkrete strategische Maßnahmenempfehlungen formuliert, um sich den Herausforderungen der Klimakrise zu stellen.

Die wichtigsten 4 Empfehlungen aus dieser Grundlagenstudie waren:

1. Erstellen einer Stadtklimaanalyse inklusive Planungshinweiskarte
2. Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise
3. Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen)
4. Anstellung einer Stadtklimatologin/ eines Stadtklimatologen

Mit der Durchführung der Stadtklimaanalyse nach VDI Richtlinie wurde Punkt 1 nun bereits ebenso umgesetzt wie Punkt 4 und Punkt 2 ist derzeit in Arbeit. Eine regelmäßige Aktualisierung der Stadtklimaanalyse (ca. alle 5 Jahre, je nach Wachstum der Stadt) wird weiterhin empfohlen.

Alle weiteren Empfehlungen der Grundlagenstudie haben aktuell noch ihre Gültigkeit. Bei einigen der dort formulierten Empfehlungen erleichtern die neu geschaffenen Grundlagen nun auch deren Umsetzung. Im Vergleich zur Grundlagenstudie 2019 ergeben sich einige Aktualisierungen (siehe Kapitel 7.2) und Ergänzungen (siehe Kapitel 7.3).

¹⁷ https://www.linz.at/images/files/Grundlagenstudie_Stadtklimainformationen_Linz_FirmaWeatherpark.pdf

Handlungsfeld	Nr.	Empfehlung	Kapitel
Strategie Aktualisierungen und Ergänzungen zur Grundlagenstudie 2019	S1	Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise (Klimawandelanpassungskonzept)	7.2.1
	S2	Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen)	7.2.2
	S3	Transformationsprozess	7.2.3
	S4	Austausch national und international	7.2.4
	S5	COIN Studie	7.2.5
	S6	Bewusstseinsbildung bei Stakeholdern und Bevölkerung	7.2.6
	S7	Fortbildung	7.2.7
	S8	Zukunftsweisende Planung	7.3.1
	S9	Werkzeuge / Grundlagen überarbeiten und ergänzen	7.3.2
	S10	Berücksichtigung des Klimawandels bei öffentlichen Ausschreibungen und Wettbewerben	7.3.3
	S11	Vulnerabilitätsanalysen	7.3.4
	S12	Umgang mit dem Umland	7.3.5
	S13	Verbesserung Datengrundlagen	7.3.6
	S14	Evaluierung Co-Benefits	7.3.7
	S15	Festlegung von Indikatoren, Schwell- und Grenzwerten	7.3.8

Tabelle 7.1: Übersicht der Empfehlungen für das Handlungsfeld Strategie.

7.2. Aktualisierung der Empfehlungen aus der Grundlagenstudie 2019

7.2.1. Erarbeiten einer Strategie zur Anpassung an die Klimakrise (Klimawandelanpassungskonzept)

Die Erarbeitung eines Klimawandelanpassungskonzeptes ist weiterhin eine wichtige Empfehlung. Wie schon in der Grundlagenstudie aus dem Jahr 2019 beschrieben, sollte dieses Konzept nicht ein reiner Katalog von lokalen Anpassungsmaßnahmen (Fassadenbegrünung, Baumpflanzungen, etc.) sein. Vielmehr sollte in diesem Konzept – basierend auf den neuen Grundlagen (Planungshinweiskarte, Empfehlungen) – konkrete (strategische) Handlungsschritte festgelegt werden. Städte, die sich mit Strategien, Handlungskonzepten o.ä. bereits beschäftigt haben, sind beispielsweise Jena¹⁸, Stuttgart¹⁹, Hamburg²⁰, Offenbach²¹, Zürich²², Innsbruck (Strategie²³, Aktionsplan²⁴), Bregenz²⁵, Graz²⁶.

Zu berücksichtigen ist selbstverständlich auch die österreichische nationale Anpassungsstrategie²⁷ (2012) bzw. die des Landes Oberösterreichs²⁸ (2013).

7.2.2. Durchführung von Detailstudien einzelner Bau- und Infrastrukturprojekte (inklusive Auflagen für die Bauwerber*innen)

Die Durchführung von Detailstudien wird durch die neu erstellen Grundlagen erleichtert. Anhand der Stadtklimaanalyse kann nun einfacher festgelegt werden, ob bzw. welche Detailstudie an einem Standort notwendig ist. Aufbauend auf die Planungshinweiskarte könnte durch Entscheidungsbäume (verbindlich) festgelegt werden, wann welche Detailstudie durchzuführen ist bzw. von Bauwerber*innen verlangt werden kann. Die Ausarbeitung solcher Entscheidungsbäume ist eine wichtige Empfehlung an die Stadt (siehe Kapitel 4.2.4). Es wurde in Kapitel 4.3 auch für jede Planungshinweiskategorie eine Empfehlung abgegeben, wie ein Entscheidungsbaum aussehen könnte.

Die Stadtklimaanalyse erleichtert außerdem die tatsächliche Durchführung von Detailstudien, da die stadtklimatischen Phänomene erstmalig flächendeckend erfasst sind und dadurch passende Anfangsbedingungen für die Simulationsmodelle abgeleitet werden können. Grundlageninformationen zu Detailstudien sind in Kapitel 5 ausgeführt. Im Zuge des Projekts wurde außerdem eine exemplarische Detailstudie durchgeführt (eigenständiger Bericht).

Es ist hierbei auch zu bedenken, dass es eine Bewusstseinsbildung bei Bauwerber*innen für Detailstudien braucht, damit diese nicht nur als notwendige Pflicht angesehen werden. Vielmehr sollte den Bauwerber*innen bewusstwerden, dass Detailstudien immer hilfreich sind, um den Wert und das positive Image eines Bauprojektes und den umgebenden Freiflächen zu stärken. Durch Detailstudien und individueller Maßnahmenentwicklung (u.a. zur Anpassung an die Hitze oder die Windbedingungen) kann der Komfort auf den Freiflächen immer noch gezielt verbessert werden. Es gilt daher bei den Bauwerber*innen die Motivation zu wecken, bei jedem Projekt einen wichtigen Beitrag zur modernen und umweltbewussten Stadtgestaltung leisten zu wollen.

¹⁸ <https://www.jenkas.de/jenkas-die-jenaer-klima-anpassungs-strategie>

¹⁹ https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf

²⁰ <https://www.hamburg.de/klimaplan/>

²¹ <https://www.offenbach.de/microsite/klimaschutzaktion/klimakonzept-2035/klimakonzept-2035.php>

²² <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/klimaanpassung.html>

²³ <https://energie.innsbruck.gv.at/data.cfm?vpath=subsites/energie1/dokumente42/strategie>

²⁴ <https://energie.innsbruck.gv.at/data.cfm?vpath=subsites/energie1/dokumente42/aktionsplan>

²⁵ <https://www.bregenz.gv.at/leben/umwelt-energie/anpassung-an-den-klimawandel/>

²⁶ https://www.umwelt.graz.at/cms/dokumente/10322542_4851364/e166e485/A23_094412_2015_0011_GR-B_Klimawandelanpassung_in_Graz_Aktionsplan_2022.pdf

²⁷ https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/publikationen/oe_strategie.html

²⁸ <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/111202.htm>
(alle aufgerufen an 16.04.2021)

7.2.3. Transformationsprozess

Mit der durchgeführten Stadtklimaanalyse wurde ein wichtiger Schritt für einen grundlegenden Transformationsprozess in Linz gesetzt.

Ziel des Projekts und insbesondere der abgeleiteten Empfehlungen von Weatherpark ist es, dass der Transformationsprozess in der Stadt weiter vorangetrieben wird, um die klimasensible Stadtentwicklung und -verwaltung zu fördern. Für den Transformationsprozess ist die Einbindung der Ergebnisse der nun vorliegenden Stadtklimaanalyse entscheidend. Konkrete Empfehlungen dazu wurden bereits in Kapitel 4 formuliert. Es gilt, diese Empfehlungen umzusetzen und die ausgearbeiteten Prozesse verbindlich zu verankern. Dafür ist der politische Wille dringend notwendig.

Wie auch schon in der Grundlagenstudie erwähnt, zählt zu einem erfolgreichen Transformationsprozess auch, dass sich die gesamte Organisationsstruktur der Stadt stärker auf Klimawandel und Klimawandelanpassung ausrichtet.

Dafür ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit entscheidend. Es darf nicht sequentiell gearbeitet werden. Das ist nicht nur bei der Ausarbeitung von neuen Prozessabläufen wichtig, sondern auch bei der konkreten Entwicklung von lokalen Anpassungsmaßnahmen. Um den optimalen Anpassungsmix für den jeweiligen Standort zu finden und zu ermöglichen, braucht es eine intensive Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen (Mobilitätsdesign, Architektur, Landschaftsarchitektur, Stadtplanung, Stadtklimatologie, ...).

Der Transformationsprozess sollte auch einen Paradigmenwechsel herbeiführen. Es gilt, bei allen Projekten bzw. Planungen Klimawandelanpassung und Klimaschutz einen hohen Stellenwert zu geben und nicht nur die bisher durchzuführenden Studien und Aspekte (bspw. Verkehrssicherheit) zu bedenken. Es muss sich die Gedankenwelt/die Maximen umdrehen bzw. wandeln: Es gilt, bei jedem Projekt zu überlegen: „Was/wie kann dieses Projekt möglichst viel zur Anpassung und zum Klimaschutz beitragen?“

Zudem sei erwähnt, dass es seit Juni 2019 eine ISO - Norm (ISO 14090:2019; Adaptation to climate change - Principles, requirements and guidelines) gibt, die hilfreiche Anhaltspunkte für die Stadt liefern könnte.

7.2.4. Austausch national und international

Dadurch, dass Linz nun eine Stadtklimaanalyse hat, ist es sinnvoll sich mit anderen Städten im Weiteren zu diesem Thema auszutauschen.

Der Umgang mit dem Thema Stadtklima ist sowohl national als auch international von Stadt zu Stadt verschieden. In Deutschland gibt es schon viele Städte, die eine Stadtklimaanalyse haben und verwenden. Es ist zu empfehlen, sich über die Möglichkeiten der Integration und Verankerung der Ergebnisse in der Stadtverwaltung und -planung (→ Transformationsprozess) auszutauschen.

Das Thema Stadtklima wird aber auch in vielen österreichischen Städten immer relevanter.

In Graz wird beispielsweise bereits über eine reine Stadtklimaanalyse nach der VDI-Richtlinie hinausgedacht. Im Zuge des KIS (Klima-Informationssystems) will Graz ein umfassendes und innovatives Klima-Informationssystem aufbauen und entwickeln, das weit über die Standardfunktionen einer VDI-Stadtklimaanalyse hinausgeht und das visionäre Konzeptionen und Planungen unterstützt²⁹.

In Innsbruck ist eine Stadtklimaanalyse nach der VDI-Richtlinie erst am Beginn der Ausarbeitung. Dort wurde jedoch bereits 2019 eine Anpassungsstrategie erarbeitet. Aufbauend auf der Strategie wurden 15 konkrete Maßnahmen ausgewählt und im Aktionsplan 2021/22 festgeschrieben.

²⁹ <https://www.graz.at/cms/beitrag/10282564/7759359/Stadtklimaanalysen.html> (aufgerufen am 16.04.2021)

7.2.5. COIN Studie

Die Durchführung einer COIN (Cost of Inaction – Assessing Costs of Climate Change for Austria) - Studie für Linz (wie sie bereits für Wien durchgeführt wurde) wird weiterhin empfohlen. Sie kann einen wertvollen Beitrag zur Bewusstseinsbildung beitragen und den politischen Willen fördern.

7.2.6. Bewusstseinsbildung bei Stakeholdern und Bevölkerung

Seit der Grundlagenstudie wurde die Webseite der Stadt Linz verändert, sodass es mittlerweile einen aussagekräftigen Webauftritt zum Thema Stadtklima in Linz gibt.

Die nun vorliegende Stadtklimaanalyse Linz liefert auch die in der Grundlagenstudie empfohlenen, aussagekräftigen und grafisch ansprechend aufbereiteten Analysen der aktuellen Stadtklimasituation. Sie dient damit als eine wichtige Argumentationsgrundlage, um Verständnis für kostenintensive Maßnahmenumsetzungen und Projekte zu schaffen.

Ein Faktor, der jedoch essentiell ist, ist das Sichtbarmachen von guten Beispielen und die Entwicklung von positiven Visionen. Oftmals ist das Fehlen von konkreten Bildern und Vorstellungen über die Zukunft, also eine Vision einer „besseren“ Zukunft ein großes und entscheidendes Hindernis am Weg zur Gestaltung und Umsetzung vieler in diesem Bericht beschriebenen Maßnahmen. Es wird daher dringend empfohlen, an diesem Punkt weiterzuarbeiten, indem klimasensible Lösungen positiv und klar visualisiert und beschrieben werden, um bei der Bevölkerung der Stadt, aber auch bei Stadtplaner*innen Bilder in den Köpfen zu erzeugen: Bilder von fair aufgeteilten Straßen und Plätzen, Bilder einer Freiflächengestaltung mit vernetztem Grün und komfortablen Aufenthaltsbereichen, die zum Verweilen einladen. Bilder, die alle die notwendige Transformation der Städte mit Freude und Mut angehen lassen. Nur mit solchen positiven Visionen einer an die Folgen der Klimakrise angepassten Stadt(planung) werden mehr und mehr Entscheidungsträger*innen und Bürger*innen ihre inneren und äußeren Widerstände fallenlassen und zu einer gemeinsamen Lösung dieser gewaltigen Herausforderung unserer Zeit kommen.

7.2.7. Fortbildung

Die Empfehlungen zum Thema Fortbildung sind weiterhin aktuell. Durch die Anstellung von Mag. Johannes Horak (Stadtklimatologe) und Oliver Schrot, MSc. (Stadtklimakoordinator) sollte die Verteilung von Fachwissen innerhalb der Stadtverwaltung forciert werden.

7.3. Ergänzende strategische Empfehlungen

7.3.1. Zukunftsweisende Planung

Wichtig ist, dass die Stadt Linz zukunftsweisend planen und handeln muss. Für eine klimabewusste, zukunftsfähige Stadtentwicklung ist es nicht nur notwendig auf die Ist-Situation zu reagieren, sondern auch die zu erwartenden Veränderungen (durch die Stadtentwicklung und den Klimawandel) zu berücksichtigen. Dazu gehören auch Abwägungen welche städtischen Flächen angesichts des zu erwartenden Temperaturanstiegs in der Zukunft eine noch höhere Bedeutung für das Stadtklima in Linz haben werden als bisher. Diese gilt es daher mit einer besonders hohen Priorität nachhaltig zu sichern. Bsp.: Der Haselgraben als weiterhin wichtige Kaltluftbahn.

In den Planungen und Umsetzungen sollte auch antizipiert werden, dass sich in Zukunft weitere Sektoren verändern werden (müssen). z.B.:

- Mobilität: Reduktion MIV, höhere Bedeutung Umweltverbund etc.
- Kultur & Soziales: Siesta, Zusammenleben, Aufteilung öffentlicher Raum, etc.
- Arbeit: Arbeitszeiten, Heimarbeit, etc.

7.3.2. Werkzeuge / Grundlagen überarbeiten und ergänzen

Bestehende Werkzeuge (z.B. örtliches Entwicklungskonzept, Grünlandkonzept, Grünflächenplan, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan etc.) mit den Erkenntnissen aus der Stadtklimaanalyse evaluieren, verschneiden und ggf. überarbeiten. Bei neuen Werkzeugen/Konzepten (z.B. eine mögliche zukünftige Baumschutzverordnung nach Schaffung der gesetzlichen Grundlage durch das Land Oberösterreich oder ein Klimawandelanpassungskonzept) sollten jedenfalls die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse miteinfließen. Das Stadtklima sollte bei allen Prozessen in der Stadt dadurch besser integriert werden.

7.3.3. Berücksichtigung des Klimawandels bei öffentlichen Ausschreibungen und Wettbewerben

Der Klimawandel sollte bei öffentlichen Ausschreibungen/ Wettbewerben in der Bewertung mitberücksichtigt werden. Dazu braucht es die Einbindung von Expert*innen für Stadtklima, und Humanmedizinern in der Jury. Hierbei gilt es nicht nur Klimaschutz (Architektur, Baustoffe etc.), sondern auch Klimawandelanpassung zu berücksichtigen. In der Stadt Innsbruck ist dies bereits als Maßnahmenidee in der Anpassungsstrategie formuliert worden.

7.3.4. Vulnerabilitätsanalysen

Wie bereits in der Grundlagenstudie erwähnt, zeigen internationale Erfahrungen, dass es wichtig ist, grafische Auswertungen zur Verfügung zu haben, um bei Politik und Bevölkerung eine Argumentationsgrundlage für weitere Schritte/Maßnahmen und den damit verbundenen Kosten zu haben.

Besonders aussagekräftig und sind sogenannte Vulnerabilitätsanalysen, die aufbauend auf der Stadtklimaanalyse erstellt werden können. Durch eine Verschneidung der Ergebnisse der Stadtklimaanalyse Linz mit Bevölkerungsdaten (Alter, Bevölkerungsdichte, etc.) können wichtige sozioökonomische Schlüsse gezogen werden und Priorisierungen erfolgen.

Solche Vulnerabilitätsanalysen sollten auch bei jeder Aktualisierung der Stadtklimaanalyse (die ca. alle 5 Jahre – je nach Wachstum der Stadt – empfohlen wird) durchgeführt werden. Dadurch ist auch ein Monitoring der Entwicklung der Vulnerabilität möglich.

7.3.5. Umgang mit dem Umland

Für das Stadtklima relevante Flächen und Einflüsse enden nicht an der Stadtgrenze, sondern gehen darüber hinaus. Aus diesem Grund sollte ein aktiver Austausch mit angrenzenden Gemeinden stattfinden und idealerweise eine regionalklimatische Arbeitsgruppe etabliert werden.

7.3.6. Verbesserung Datengrundlagen

Im Zuge der Ausarbeitung der Stadtklimaanalyse zeigte sich, dass es u.a. bei den Vegetationsinformationen und der Landnutzungsklassifizierung Potential für Verbesserungen gibt. Jede Analyse des Stadtklimas ist nur so gut wie die verwendeten Datengrundlagen. Wenn Informationen zu Bäumen (bspw. auf privaten Flächen) fehlen, so können diese nicht oder nur begrenzt für Analysen berücksichtigt werden.

7.3.7. Evaluierung Co-Benefits

Um die Akzeptanz für Klimawandelanpassung zu erhöhen, ist außerdem zu empfehlen, dass Co-Benefits ausgearbeitet und kommuniziert werden. Co-Benefits könnten beispielsweise sein: Schaffung von Arbeitsplätzen, Erreichen von Klimaschutzzielen, Stadt attraktiveren für den Tourismus etc.

7.3.8. Festlegung von Indikatoren, Schwell- und Grenzwerten

Derzeit gibt es für viele Bereiche (Windkomfort, Überwärmung, Wärmeinsel, etc.) weder national noch international festgelegte Indikatoren, Schwell- und Grenzwerte. Dadurch ist eine Beurteilung, ob ein Projekt aus mikroklimatische Sicht verträglich ist oder nicht, schwierig. Es wird empfohlen, dass sich die Stadt Linz mit dieser Thematik beschäftigt und Indikatoren, Schwell- und Grenzwerte festlegt, um die Überprüfung von Detailstudien zu erleichtern. Als Anhaltspunkt sei beispielsweise auf VDI-Richtlinien, WTG (Windtechnologische Gesellschaft) Merkblätter, ÖGNI, ÖGNB und die holländische Norm zum Windkomfort hingewiesen. Indikatoren, Schwell- und Grenzwerte sollten regelmäßig evaluiert und ggf. aktualisiert werden (durch Erfahrungen aus der Praxis, neue wissenschaftliche Erkenntnisse, etc.).

8. 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.

9. 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.