



Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI-Effekts)

A Master's Thesis submitted for the degree of
“Master of Business Administration”

supervised by
Prof. Mag. Helmut Kern, MA

Dr. Sylvia Holzmüller

08750111

Vienna, 25.04.2019

Affidavit

I, **DR. SYLVIA HOLZMÜLLER**, hereby declare

1. that I am the sole author of the present Master's Thesis, "GEBÄUDEBEGRÜNUNGEN ALS EINE STRATEGIE ZUM ENTGEGENWIRKEN DES URBANEN HITZEINSELEFFEKTS (UHI-EFFEKTS)", 89 pages, bound, and that I have not used any source or tool other than those referenced or any other illicit aid or tool, and
2. that I have not prior to this date submitted the topic of this Master's Thesis or parts of it in any form for assessment as an examination paper, either in Austria or abroad.

Vienna, 25.04.2019

Signature

Kurzfassung

Das starke urbane Wachstum führt zu deutlich höheren Temperaturen im dichtverbauten Gebiet sowie stärkeren CO₂-Emissionen und hat negative Auswirkungen auf die Umwelt. Dieses Phänomen wird durch den globalen Klimawandel noch verstärkt.

Gegenständliche Arbeit beschäftigt sich mit Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI-Effekts). Es soll untersucht werden, inwieweit Fassaden- und Dach- sowie Innenhofbegrünungen einen Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas und zur Steigerung des menschlichen Wohlbefindens in Städten leisten können. Ziel der Arbeit ist ein Beitrag zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung von Städten und die Darstellung von Maßnahmen für ihre Reduktion.

Nach einer Übersicht über bisherige wissenschaftliche Arbeiten wird beschrieben, welche Maßnahmen eine klimawandelgerechte, integrierte Stadtentwicklung allgemein umfasst. Anschließend wird anhand des Urban Heat Islands Strategieplans Wien dargestellt, welche Vorgangsweise in Wien im Hinblick auf ein Entgegenwirken des UHI-Effekts gewählt wurde. Schließlich werden Vorteile und Auswirkungen von Gebäudebegrünungen beschrieben.

Anhand einer SWOT-Analyse werden die Stärken (strengths), Schwächen (weaknesses), Chancen (opportunities) und Risiken (threats) im Hinblick auf Fassaden-, Dach- und Innenhofbegrünungen dargestellt und strategische Konsequenzen abgeleitet. Anschließend werden aktuelle Gestaltungsbeispiele und Vorzeigeprojekte aufgezeigt.

Aufbauend auf dem Theorieteil wird das im Rahmen der Arbeit vorgenommene Experteninterview und die Befragung von Gebäudenutzern durch qualitative Fragebögen beschrieben.

Schließlich werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst, Schlussfolgerungen abgeleitet und Handlungsempfehlungen sowie ein Ausblick gegeben.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung und Problemstellung	1
1.1.	Ziele und Aufbau der Arbeit	3
1.2.	Begriffliche Abgrenzungen	4
1.2.1.	UHI-Effekt	4
1.2.2.	Gebäudebegrünungen	6
1.3.	Forschungsfrage	7
1.4.	Hypothesen	8
1.5.	Methodische Vorgehensweise	9
2.	Theoretische Grundlagen	11
2.1.	Übersicht über diverse vorliegende Studien	11
2.2.	Klimawandelgerechte, integrierte Stadtentwicklung	15
2.3.	Die Städtische Wärmeinsel in Wien	21
2.4.	Strategische Maßnahmen zum Entgegenwirken des UHI-Effekts	27
2.5.	Vor- und Nachteile sowie Auswirkungen von Gebäudebegrünungen	34
2.6.	Ökonomische Bewertung von Begrünungsmaßnahmen	37
3.	SWOT-Analyse	39
4.	Gestaltungsbeispiele – Vorzeigeprojekte	43
4.1.	Büroturm der MA 48, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien	44
4.2.	Bezirksamt Margareten, Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien	47
4.3.	Boutiquehotel Stadthalle, Hackengasse 20, 1150 Wien	48
4.4.	Seestadt Aspern: Wohnpark „Living Garden“	51
4.5.	Mailand: Bosco Verticale	53
5.	Beschreibung des Experteninterviews und der Befragungen von Gebäudenutzern	56
6.	Darstellung der Ergebnisse der Arbeit, Zusammenfassung und Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen und Ausblick)	65
	Literaturverzeichnis	68
	Online-Quellen	76
	Abbildungsverzeichnis	79
	Tabellenverzeichnis	80
	Anhang	81

1. Einleitung und Problemstellung

Aktuelle Prognosen gehen von einem enormen weltweiten Wachstum der urbanen Bevölkerung aus, wobei voraussichtlich bis zum Jahr 2030 60 % der Menschen und bis 2050 66 % in Städten leben werden. Dieses starke urbane Wachstum führt zu deutlich höheren Temperaturen im dichtverbauten Gebiet sowie erhöhten CO₂-Emissionen und hat somit negative Auswirkungen auf die Umwelt. Dieses Phänomen wird durch den globalen Klimawandel noch verstärkt.

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass dicht besiedelte Stadtgebiete eine signifikante vom Menschen verursachte Erwärmung hervorrufen. Dies ist zum Teil auf die un- ausgewogene Eingliederung städtischer Infrastrukturen in Gebieten mit dichter Bebauung zurückzuführen, wie z.B. ausgedehnte Verkehrsnetze und zahlreiche unterschiedliche Heiz-, Kühl- und Lüftungssysteme von Gebäuden mit hohem Energieverbrauch, die darauf abzielen, den steigenden Bedürfnissen der Bevölkerung gerecht zu werden.

Weitere Umweltprobleme, die mit höheren anthropogenen Wärmeemissionen verbunden sind, sind stärkere Konzentrationen an Luftschadstoffen und atmosphärischem CO₂, die unmittelbare Folgen für die Gesundheit, den thermischen Komfort und das menschliche Wohlbefinden haben. Sie beeinflussen die Luftqualität sowie die Zusammensetzung und Zirkulationsmuster der Atmosphäre und haben Auswirkungen auf das lokale, regionale und globale Klima. Eine der daraus resultierenden lokalen Auswirkungen ist die Erhöhung der Oberflächen- und Lufttemperatur in Städten und einem daraus resultierenden lokalen Klimawandel. Erhöhte Außenlufttemperaturen wiederum führen zu einem verstärkten Einsatz von Klimaanlage mit der Konsequenz einer noch stärkeren Abwärme in der baulichen Umgebung. Das Ausmaß dieser Auswirkungen wird durch die städtische Verdichtung und die damit verbundene höhere Wärmespeicherung, ausgeprägte Oberflächenstruktur und schlecht durchlüftete städtische Strukturen noch verstärkt.

Die rasante Urbanisierung und ihre Auswirkungen auf die Umwelt erfordern daher umfassende Maßnahmen im Rahmen der Stadtentwicklung mit einer Vielzahl an

Möglichkeiten. Einerseits öffnen neue städtische Bauprojekte auf noch leerstehenden Baulücken Möglichkeiten, dieser Entwicklung entgegenzuwirken. Andererseits zielen durchdachte und gut koordinierte Maßnahmen im Hinblick auf bestehende städtische Gebiete darauf ab, eine nachhaltige positive Veränderung herbeizuführen. Diese Bemühungen konzentrieren sich in der Regel auf die Reduktion der gespeicherten Wärme in verdichteten Wohngebieten, dem verstärkten Einsatz von Baumaterialien mit verminderter Wärmeabstrahlung und eine verstärkte Durchlüftung innerhalb städtischer Strukturen.

In den letzten Jahren hat die Forschungstätigkeit in diesem Bereich erheblich zugenommen. Zahlreiche Studien befassen sich mit der Analyse der Auswirkungen von Veränderungen der Gebäudesubstanz einschließlich energetischer Gebäudehüllen und Gebäudebegrünungen. In der Studie von Cameron, Taylor und Emmett „*What’s „cool“ in the world of green facades? How plant choice influences the cooling properties of green walls*“ wird aufgezeigt, dass begrünte Wände niedrigere Temperaturen aufweisen als nicht begrünte Fassaden. Die mögliche Temperaturreduktion ist dabei stark von der gewählten Pflanzenart abhängig. (Cameron et al. 2014: 198f.) Berardi und Ghaffarian Hoseini stellen in ihrem Beitrag „*State-of the art analysis of the environmental benefits of green roofs*“ aktuelle Anwendungsformen begrünter Dächer dar. Sie gehen auf die unterschiedlichen Vorzüge und Umweltauswirkungen in Abhängigkeit der gewählten Technologie ein. Um eine möglichst effiziente Anwendung sicherzustellen, sollten sowohl die klimatischen Bedingungen des jeweiligen Landes als auch die Art des Daches bei der Art der Begrünung Berücksichtigung finden. (Berardi et al. 2014: 411) Die Forschungsarbeit von Akbari/Kolokotsa „*Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research*“ bietet eine selektive Darstellung möglicher Maßnahmen zur Vermeidung städtischer Überhitzung und eine Einschätzung im Hinblick auf ihre Effizienz. Insbesondere geht sie auf die Auswirkungen hinsichtlich der Veränderung von Dachmaterialien und Pflasterungen und auf die Effekte städtischer Vegetation ein. (Akbari/Kolokotsa 2016: 834) Pisello z.B. analysiert die Auswirkungen auf die Oberflächentemperatur von Dächern und Fassaden nach Aufbringung von Baumaterialien mit erhöhtem Rückstrahlungsvermögen im Vergleich zu konventionellen Materialien. (Pisello et al. 2015: 1556) Heusinger/Weber (2015) berichten im Rahmen einer Studie in Deutsch-

land über die im Vergleich zu einem Bitumendach um 17,4 Grad Celsius geringere Oberflächentemperatur eines Gründachs im Sommer bei einer gleichzeitig signifikanten Senkung der Umgebungstemperatur. (Heusinger/Weber 2015: 713) Weitere Studien untersuchen die Umweltauswirkungen zielgerichteter städtepolitischer Maßnahmen, wie Begrünungen durch die Bepflanzung mit Bäumen und die Errichtung von Parks, die Verwendung von Pflastermaterialien mit höherem Rückstrahlvermögen und verstärkter Durchlassfähigkeit sowie den Kühleffekt von Bewässerungsmaßnahmen. Georgakis et al. untersuchten z.B. in ihrem Beitrag „*Studying the effect of „cool“ coatings in street urban canyons and its potential as a heat island mitigation technique*“ das Potenzial zur Reduktion des Wärmegehalts hochreflektierender Beschichtungen und Fassaden. (Georgakis et al. 2014: 20) Wang/Akbari analysierten die Auswirkung von Baumpflanzungen auf das Mikroklima in Montreal und konnten eine Temperaturreduktion von 4 Grad Celsius in einer Seehöhe von 20 Metern feststellen. (Wang/Akbari 2016: 1; Vuckovic et al. 2018: 1f.)

1.1. Ziele und Aufbau der Arbeit

Gegenständliche Arbeit beschäftigt sich mit Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI-Effekts). Es soll untersucht werden, inwieweit Fassaden- und Dach- sowie Innenhofbegrünungen einen Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas und zur Steigerung des menschlichen Wohlbefindens in Städten leisten können.

Ziel der Arbeit ist ein Beitrag zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung von Städten und die Darstellung von Maßnahmen für ihre Reduktion. Diese sind auf eine Verbesserung des Mikroklimas und eine Erhöhung der Verdunstung und Abkühlung ausgerichtet. Weiters soll durch sie die Luftqualität verbessert werden sowie umweltfreundliche und passive Kühlmethoden geschaffen werden mit dem Ziel von indirekten positiven Klimaeffekten.

In Kapitel 1 erfolgen begriffliche Abgrenzungen, die Definition gegenständlicher Forschungsfrage und Hypothesen und die Beschreibung der methodischen Vorgehensweise.

Im Kapitel 2 wird das Forschungsthema theoretisch beleuchtet. Nach einer Übersicht über bisherige wissenschaftliche Arbeiten und deren Erkenntnissen wird beschrieben, welche Maßnahmen eine klimawandelgerechte, integrierte Stadtentwicklung allgemein beinhaltet. Anschließend wird anhand des Urban Heat Islands Strategieplans Wien dargestellt, welche Vorgangsweise in Wien im Hinblick auf ein Entgegenwirken des UHI-Effekts gewählt wurde. Schließlich werden Vorteile und Auswirkungen von Gebäudebegrünungen beschrieben.

Im Kapitel 3 werden anhand einer SWOT-Analyse die Stärken (strengths), Schwächen (weaknesses), Chancen (opportunities) und Risiken (threats) im Hinblick auf Gebäudebegrünungen dargestellt und daraus strategische Konsequenzen abgeleitet.

Anschließend wird in Kapitel 4 eine Übersicht aktueller Gestaltungsbeispiele und Vorzeigeprojekte gegeben.

Aufbauend auf dem Theorieteil erfolgt schließlich in Kapitel 5 eine Beschreibung des im Rahmen der Arbeit vorgenommenen Experteninterviews. Auch die Darstellung der Befragung von Gebäudenutzern durch qualitative Fragebögen ist Gegenstand dieses Kapitels.

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst, Schlussfolgerungen abgeleitet und Handlungsempfehlungen sowie ein Ausblick gegeben.

1.2. Begriffliche Abgrenzungen (UHI-Effekt, Gebäudebegrünungen)

1.2.1. Urbaner Hitzeinseleffekt (UHI-Effekt)

Städtische Gebiete unterscheiden sich klimatisch wesentlich von ruralen und weisen höhere Temperaturen, geringere Niederschläge und aufgrund der Verbauung schwächere Windverhältnisse auf. Dieses Phänomen wird als Urbaner Hitzeinseleffekt (UHI-Effekt) bezeichnet und ist bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt. (vgl. Howard 1833: 1) Auch innerhalb der Städte können aufgrund des unterschiedlichen

Versiegelungsgrades und je nach Ausstattung mit grüner und blauer Infrastruktur (Wasserflächen) starke Temperaturdifferenzen entstehen. (Böttner et al. 2012: 30ff.)

Bebaute Oberflächen in Stadtzentren verfügen meist über wärmeabsorbierende Materialien, die oftmals wasserundurchlässig sind. Da Niederschlagswasser schnell abrinnt und somit nicht der Verdunstung dient, reduziert sich die Verdunstungskühle. Wärmeabsorbierende Oberflächen sind aufgrund der Gebäudegeometrie sehr groß und vertikale Gebäudeflächen nehmen sowohl direkte als auch reflektierte Sonneneinstrahlung auf. Zusätzlich wird die Luftzirkulation im bebauten Gebiet aufgrund der Gebäudedichte behindert. Verstärkt wird der städtische Wärmeineffekt durch die flächenmäßige Abnahme von Grünflächen und durch industrielle Abwärme, Klimaanlage und den Individualverkehr. (Böttner et al. 2012: 30ff.)

Rurale Gebiete weisen hingegen vorwiegend natürliche Oberflächen mit bepflanzten, feuchtigkeitsspeichernden Böden auf. Ein Teil der aufgenommenen Strahlung trägt durch Verdunstung zur Abkühlung der Umgebung bei. Hier wird zwischen Transpiration (Verdunstung von Wasser über Blätter von Pflanzen) und Evaporation (Verdunstung von Wasser auf unbewachsenen Flächen) unterschieden. Auch Beschattung trägt zu einer Abkühlung der Umgebungsluft bei. (Böttner et al. 2012: 30ff.)

Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass die Erwärmung vom Stadtrand in Richtung Stadtmitte zunimmt. In zeitlicher Hinsicht wird der stärkste Wärmeineffekt in windstillen und wolkenlosen Sommernächten verzeichnet. (Böttner et al. 2012: 30ff.)

Wärmere Stadtteile werden als Wärmeinseln bezeichnet, wobei „Wärmearchipel“ der korrektere Begriff wäre, weil ein Stadtgebiet nicht homogen überhitzt ist, sondern über mehrere Wärmezentren verfügen kann. (Kuttler 2010: 334)

Gestalt und Stärke des UHI-Effekts ist abhängig von der Wetterlage und den aufgrund des innerhalb eines Tages sich ändernden und saisonal unterschiedlichen Sonnenständen. (Kuttler 2010: 335)

Die städtische Einwohnerzahl wird oftmals als leicht zu ermittelnde Einflussgröße im Hinblick auf die Einschätzung des UHI-Effekts angesehen und als Näherungsgröße herangezogen. Die städtische Erwärmung steigt mit zunehmender Einwohnerzahl. Jedoch besteht nur ein mäßiger statistischer Zusammenhang zwischen diesen Größen. (Kuttler 2010: 335)

Das zunehmende Bewusstsein für den urbanen Wärmeinsel-Effekt hat weltweit die Aufmerksamkeit auf den thermischen Komfort in Städten gelenkt. Mehrere Studien der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, wie kritisch der UHI-Effekt in einem kalten Klima, wie beispielsweise in kanadischen Städten, sein kann. Infolgedessen sind in Toronto, einer der Städte mit der höchsten Bebauungsrate in den entwickelten Ländern, UHI-Minderungsstrategien seit Jahren Gegenstand umfangreicher Debatten. (Wang et al. 2015: 1)

Die durch das Phänomen der städtischen Wärmeinsel verursachte Erhöhung der Umgebungslufttemperatur hat gravierende soziale und wirtschaftliche Auswirkungen auf die Städte. Um den Folgen des Temperaturanstiegs entgegenzuwirken, wurden diverse Technologien entwickelt. Insbesondere Innovationen auf dem Gebiet hochreflektierender Materialien, kühler und grüner Dächer, kühler Gehwege und städtischer Grünflächen schenkt Wirtschaft und Politik verstärkte Aufmerksamkeit. (Akbari et al. 2016: 1)

1.2.2. Gebäudebegrünungen

Durch den eingeschränkten Platz in Ballungszentren wird die Implementierung von Parkanlagen durch vertikale und horizontale Begrünungsmaßnahmen ergänzt.

Die Bepflanzung mit Bäumen, Fassaden- und Dachbegrünungen führt durch Schattenwurf, Dämmung und Verdunstung zu einer Reduktion der Lufttemperatur. So leistet sie einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels und trägt zur Attraktivität und zum Wohlbefinden im urbanen Raum bei.

Niedrigenergiehäuser werden künftig oftmals über Gebäudebegrünungen verfügen. Durch Beschattung und Verdunstungskälte verbessert sich das Mikroklima. Wird zusätzlich mit Regenwasser bewässert, können Betriebskosten für Wasser und Energie eingespart werden. Durch diese Maßnahmen wird vermieden, dass das Regenwasser abgeleitet wird und dadurch Luftfeuchtigkeit verlorengeht, die für weiteren Niederschlag erforderlich ist. (König 2017: 10)

Eine Studie des Neubaus des Instituts für Physik an der Humboldt-Universität Berlin zeigt, dass mit der Verwendung von Regenwasser zur Bewässerung der Fassadenbegrünung und durch Verdunstungskühlung bis zu einer Außentemperatur von 30 Grad Celsius auf eine konventionelle Klimatisierung verzichtet werden kann. Fast 90 % der Betriebskosten können so für die Gebäudekühlung eingespart werden. (König 2017: 10f.)

Im Falle einer Fassadenbegrünung trifft je nach Dichte der Belaubung nur rd. 20 % der Sonnenstrahlung auf die Gebäudeoberfläche, wodurch sich die Oberflächentemperatur um rd. 15 Grad Celsius reduziert. (König 2017: 11)

Fassadenbegrünungen mit Kletter- und Schlingpflanzen leisten in der Innenstadt wertvolle Dienste für das Stadtklima und die Luftqualität. Beispielsweise bietet Efeu pro m² Fassade drei bis acht m² Blattfläche, wodurch rd. sechs Gramm Feinstaubpartikel aus der Umgebungsluft herausgefiltert werden können. Die immergrüne Pflanze verbessert ganzjährig die Luftqualität. Eine umfassende Gebäudebegrünung trägt daher wesentlich zu einer gesünderen und höheren Lebensqualität im urbanen Gebiet bei. (Haluza 2010: 2f.)

Die Erhaltung und Ausweitung von Gebäudebegrünungen im Siedlungsraum ist daher ein wesentlicher Bestandteil von kommunalen und regionalen Klimaanpassungsstrategien.

1.3. Forschungsfrage

Im Rahmen gegenständlicher Master Thesis ist nachfolgende Forschungsfrage Gegenstand der Untersuchungen:

Ist Gebäudebegrünung dazu geeignet, das Mikroklima und das menschliche Wohlbefinden nachhaltig zu beeinflussen und zu verbessern?

Zunächst werden anhand von vorhandenen Studien die klimatischen und humanen Auswirkungen von Innenhof-, Dach- und Fassadenbegrünungen analysiert. Anschließend sollen die theoretischen Erkenntnisse anhand von einem Experteninterview und durch Befragungen von Gebäudenutzern auf ihre Haltbarkeit überprüft werden.

1.4. Hypothesen

Folgende Hypothesen wurden im Rahmen der Operationalisierung des Forschungsthemas aufgestellt:

1) Durch Gebäudebegrünung wird das Mikroklima verändert.

Dabei sind vor allem nachfolgende Parameter für eine Veränderung des Mikroklimas ausschlaggebend:

Verdunstung: erhöhte Luftfeuchtigkeit, Senkung der gefühlten Temperatur

Luftverbesserung: Sauerstoffproduktion

Feinstaubbindung über Blattoberfläche

Verdunstungskälte

2) Durch Gebäudebegrünung wird das physische Wohlbefinden der Personen in der Gebäudeumgebung nachhaltig verbessert.

Das physische Wohlbefinden wird dabei durch nachfolgende Eigenschaften und Auswirkungen beschrieben:

Thermischer Komfort

Lärmschutz: Schallreduktion

Behaglichkeit: Gefühl von Sicherheit, ästhetische Wirkung

1.5. Methodische Vorgehensweise

Die methodische Vorgangsweise beruht auf einer vorgelagerten Literatur- und Internetrecherche, die den theoretischen Teil der Arbeit abdeckt. Ziel ist es, einen Überblick über die aktuell vorhandenen Studien zum Thema Gebäudebegrünung im Zusammenhang mit dem UHI-Effekt zu erhalten. Auch scheint es interessant zu erkunden, welche Methoden bei den bisherigen Arbeiten verstärkt angewandt wurden. Nach einer Recherche der diversen Forschungsarbeiten wird auf das Thema „Klimawandelgerechte, integrierte Stadtentwicklung“ zunächst allgemein eingegangen. Im Anschluss soll untersucht werden, welche Rolle die Stadt Wien im Hinblick auf das Thema bis dato eingenommen hat und welche Aktivitäten bis dato gesetzt wurden. Nach der Erarbeitung strategischer Maßnahmen zur Vermeidung des Hitzeinseleffekts werden Vorteile und Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen dargestellt. Schließlich stellt sich auch die Frage einer möglichen ökonomischen Bewertung von Gebäudebegrünungen und das Aufzeigen ihrer Grenzen.

Darauf aufbauend werden anhand einer SWOT-Analyse die Stärken (strengths), Schwächen (weaknesses), Chancen (opportunities) und Risiken (threats) von Gebäudebegrünungen im Hinblick auf ein Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts herausgearbeitet.

Folgende Gestaltungsbeispiele und Vorzeigeprojekte werden im Anschluss beschrieben:

- Büroturm der MA 48, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien: Fassade mit 17.000 Kräutern, Stauden und Gräsern
- Bezirksamt Margareten, Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien: Fassaden- und Innenhofbegrünung
- Boutiquehotel Stadthalle, Hackengasse 20, 1150 Wien: Fassadengarten, bewachsener Innenhof, Lavendel auf dem Dach
- Seestadt Aspern: Wohnpark „Living Garden“: begrünte Dächer mit der Möglichkeit zum Urban Farming
- Mailand: Bosco Verticale: Begrüntes Hochhausprojekt

Aufbauend auf dem auf einer Literaturrecherche basierenden Theorieteil werden die Erkenntnisse aus einem Experteninterview beschrieben.

Schließlich werden Schlussfolgerungen aus der Befragung von Gebäudenutzern gezogen. Diese resultieren aus der Auswertung der Ergebnisse von qualitativen Fragebögen.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Übersicht über diverse vorliegende Studien

Die UHI-Studien verfolgen unterschiedliche Ziele. Weit verbreitet sind deterministische und stochastische Modelle. Diese basieren auf großen Datensätzen, die von lokalen Wetterstationen, mobilen Messstationen und Satelliten-Wärmebildern stammen. In vielen Studien wird ein Multiskalenmodell in Kombination mit Luftstrom- und Energiebilanzmodellen entwickelt, um die Genauigkeit der Simulation zu erhöhen. Statistische Modelle, wie z.B. Regressionsmethoden, sind weit verbreitet. Eine Reihe von Studien befasst sich mit der Entwicklung von Modellen, die Auswirkungen von UHI-Gegenmaßnahmen, wie Stadtdurchlüftung oder eine Veränderung von Oberflächenmaterialien, analysieren. Andere beschäftigen sich mit der Beobachtung und Prognose einer räumlich-zeitlichen UHI-Variation. (Mirzaei 2015: 202)

Nachfolgende Studien erscheinen in diesem Zusammenhange von besonderem Interesse. Sun/Augenbroe analysieren in Ihrer Arbeit „*Urban heat island effect on energy application studies of office buildings*“ die Auswirkungen des UHI-Effekts auf die Energieeffizienz von Bürogebäuden. (Sun/Augenbroe 2014: 171) Die Studie von Chun/Guldmann „*Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities*“ stellt ein Beispiel für eine Regressionsmethode dar, die auf der Grundlage eines Fernerkundungsdatensatzes untersucht, wie städtische Merkmale die Oberflächentemperatur eines Landes beeinflussen können. (Chun/Guldmann 2014: 76) Chen et al. verbanden in ihrem Werk „*Urban vegetation for reducing heat related mortality*“ drei Modelle, um die Reduktion der wärmebedingten Mortalität durch städtische Vegetation in Melbourne, Australien, abzuschätzen. Die Simulationsergebnisse kamen zum Schluss, dass die durchschnittlichen Sommertemperaturen um rund 0,5 bis 2 Grad Celsius reduziert werden können, wenn Vororte oder Parklandschaften verstärkt begrünt werden. Auch die wärmebedingte Mortalität reduziert sich entsprechend dieser Studie bedeutend. (Chen et al. 2014: 275) Die Studie von Mirzaei et al. „*Indoor thermal condition in urban heat island – development of a predictive tool*“ ist ein Beispiel für ein stochastisches Mo-

dell, das auf der Grundlage der ANN-Technik entwickelt wurde. Es handelt sich um eine fortschrittlichere Technik, die genauere Ergebnisse im Vergleich zu traditionellen Techniken wie der Regressionsmethode liefert. (Mirzaei et al. 2012: 7)

Manche Modelle beziehen sich auf ein isoliertes Gebäude, wobei der Einfluss von benachbarten Häusern vernachlässigt wird. Außenparameter wie Temperatur, Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit fließen als externe Eingaben in solche Simulationen ein. Verschiedene Programme werden verwendet, um die Reaktion einer Gebäudehülle auf unterschiedliche Klimaszenarien zu untersuchen. Diese Modelle sind vereinfachend im Hinblick auf die Auswirkungen eines Gebäudes auf seine Umgebung. (Mirzai 2015: 201) Ein Beispiel für eine derartige Studie ist Sailor's „*Risks of summertime extreme thermal conditions in buildings as a result of climate change and exacerbation of urban heat islands*“. Sie untersucht die Auswirkungen der globalen und lokalen Erwärmung auf die Innentemperatur von repräsentativen Gebäuden in zwei Städten mit mildem Klima in den USA. Unter heißen Sommerbedingungen steigen die Temperaturen in den Häusern am ersten Tag nach einem Ausfall der Klimaanlage auf ein sehr unangenehmes Niveau. (Sailor 214: 81)

Die Interaktion einer Gebäudehülle mit ihrem Umfeld ist die Grundlage für die Entwicklung von Mikroklimamodellen, welche bei Bauprofessionisten und Architekten weit verbreitet sind. Sonneneinstrahlung und Oberflächenkonvektion können in solche Modelle einbezogen werden. In viele dieser Studien werden Luftströmungsmuster um und in Gebäuden integriert. Ein Beispiel für eine derartige Forschungsarbeit ist „*A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models*“ von Masson. (Masson 2000: 357) Die Auswirkungen verschiedener Parameter wie z.B. die Gebäudeausrichtung, unterschiedliche Materialien, Vegetation und Anordnung von Bäumen können bei der Berechnung der Oberflächenkonvektion, des Fußgängerkomforts und der Stadtbelüftung untersucht werden. (Mirzaei 2015, 201f.)

Die Analyse der Auswirkungen des UHI-Effekts auf die gesamte Stadt findet breite Anwendung in der Stadtklimatologie und Meteorologie. Maßnahmen auf urbaner Ebene zur Minderung des UHI-Effekts, wie z.B. städtische Durchlüftung und Begrünung, werden oft analysiert. Die Modelle basieren auf der Strömungsdynamik, wobei

Parameter wie Strahlung, Wolkenbedeckung und Bodenbeschaffenheit einfließen. Größte Einschränkung dieser Studien sind die auf Mesoebene stattfindenden Untersuchungen, die die Beobachtung genauer Wechselwirkungen zwischen einzelnen Gebäuden und der Umgebung erschweren. Die von Satelliten und Luftmessgeräten aufgenommenen Wärmebilder werden verarbeitet, um Oberflächentemperaturen und Landnutzung einer Stadt zu korrelieren. Zu diesem Zweck werden häufig Regressionsmodelle verwendet, um die Veränderung der Oberflächentemperatur zu erklären, die auf Parameter wie topographische Lage, Unterschiede in der Oberflächenstruktur, Gebäudevolumen pro Fläche, Ausrichtung und anthropogene Wärmeabgabe zurückzuführen ist. (Mirzaei 2015, 202) Ein Beispiel für eine derartige Studie ist von Voogt/Oke „*Thermal remote sensing of urban climates*“. (Voogt/Oke 2003, 370) Die Regressionsmodelle haben jedoch nur für einen bestimmten Ort Gültigkeit und können nicht einfach auf andere Regionen übertragen werden. (Mirzaei 2015, 202)

Die Form und Ausrichtung eines Gebäudes, des Gehsteiges, die Gestaltung des Gebäudeblocks, der Straßen und Grünflächen gehören zu den wichtigsten Parametern, die die Wärmeableitung von Gebäudeoberflächen beeinflussen. Daher haben Luftströmungsdetails wesentliche Auswirkungen auf den Wärmeaustausch zwischen Straßen und ihrer Umgebung. Materialien mit höherem Rückstrahlungsvermögen (Albedo) und grüne Oberflächen vermindern die Erhöhung der Oberflächentemperatur von Gebäuden, was zu einer Reduktion des UHI-Effekts führt. (Mirzaei 2015, 202) Viele Studien untersuchen die Veränderung des städtischen Klimas aufgrund der Anwendung anderer Gebäudematerialien und der Schaffung von Begrünungen. Die Studie von Taha „*The potential for air-temperature impact from large-scale deployment of solar photovoltaic arrays in urban areas*“ stellt ein gutes Beispiel für die Anwendung von mesoskaligen Modellen zur Untersuchung verschiedener Strategien zur Abschwächung des UHI-Effekts dar. So wird beispielsweise untersucht, ob ein großflächiger Einsatz von Photovoltaikanlagen die Lufttemperatur negativ beeinflussen kann. (Taha 2013, 358) Eine andere Forschungsarbeit von Wong/Lau „*From the „urban heat island“ to the „green island“? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs in Mongkok district of Hong Kong*“ untersucht das Nachrüstpotenzial von Gründächern im dicht besiedelten alten Stadtteil Mongkok in Hongkong. Sie bietet eine einfache und kostengünstige Möglichkeit

für Designer und Hausverwalter, das Potenzial für die Nachrüstung von Gründächern zu ermitteln. (Wong/Lau 2013: 25)

Andere Arbeiten untersuchen die Auswirkungen des durch lokale Hitzewellen verschärften UHI-Effekts auf Gesundheit und Komfort der Menschen. Meist werden Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung in Innenhöfen, auf Grünflächen und Gehwegen mit Messstationen überwacht, um die Auswirkungen des UHI-Effekts auf das Wohlbefinden von Fußgängern zu messen. Chen und Wang wenden z.B. Simulationstechniken an, um die Reduktion von wärmebedingten Sterblichkeitsraten durch den Einsatz von Klimaschutzmaßnahmen einzuschätzen. (Chen et al. 2014, 275) Darüber hinaus gibt es Feldstudien, die die gewonnenen Datensätze analysieren und in Komfortindizes umwandeln. (Mirzaei 2015, 202) Beispiele für derartige Studien liefern Krüger et al. „*Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK*“ (Krüger et al. 2013, 127) und van Hove et al. „*Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration*“. (van Hove et al. 2015: 91)

In den Studien zeigt sich, dass der UHI-Effekt entsprechend des Standortes in der Stadt und im Verlauf des Tages stark variiert. Sie fokussieren sich daher auf das Monitoring und die Modellierung dieser räumlich-zeitlichen Variation. Da die Vielfalt und Komplexität der Parameter nicht einfach mit deterministischen Ansätzen dargestellt werden kann, werden für die meisten Studien stochastische Methoden unter Verwendung von großen Datensätzen aus Fernerkundungsbildern angewandt. Beispiele dafür bilden die Studien von Ho et al. „*Mapping maximum urban air temperature on hot summer days*“ (Ho et al. 2014, 38), Hu und Brunsell „*A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles*“ (Hu/Brunsell 2015, 393) und Quan et al. „*Multi-temporal trajectory of the urban heat island centroid in Beijing: China based on a Gaussian volume model*“. (Quan et al. 2014: 33) Die Mehrheit der Studien bestätigt den Zusammenhang zwischen Oberflächen- bzw. Lufttemperatur und entsprechenden Landschaftsausprägungen. (Mirzaei 2015, 202)

Mit Multiskalenmodellen werden verschiedene Arten von Untersuchungen kombiniert, um bestehende Lücken zu schließen und sie z.B. im Hinblick auf ihre Genauigkeit zu verbessern. (Mirzaei 2015, 202)

Vorhersagen der künftigen Innen- und Außenlufttemperaturen durch den UHI-Effekt tragen dazu bei, Strategien und Richtlinien bei der Planung und Nachrüstung von projektierten und bestehenden Gebäuden entsprechend anzupassen. Diese Modelle sind vielversprechend im Hinblick auf Klimaprognosen.

Der UHI-Effekt beeinflusst das Erfordernis von Heiz- und Kälteenergie erheblich. (Sun/Augenbroe 2014: 171) Es liegen zahlreiche Vergleiche und Fallstudien verschiedener Länder und Klimazonen vor, mithilfe deren Strategien zur Verminderung des Energiebedarfs durch den UHI-Effekt umfassend untersucht werden, beispielsweise die Studie von Magli et al. „*Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption*“. (Magli et al. 2014, 1) Sie kommen zum Schluss, dass der Einfluss der umgebenden Bebauungsstruktur ein äußerst wichtiger Faktor für die Berechnung der erforderlichen Gebäudeenergie ist. (Mirzaei 2015: 204)

Interessant erscheint in diesem Zusammenhang die aufgrund der umfangreichen Literaturrecherche gewonnene Erkenntnis, dass im Vergleich zu stochastischen Untersuchungen nur wenige Studien vorliegen, die auf qualitativen Befragungen beruhen.

2.2. Klimawandelgerechte, integrierte Stadtentwicklung

Der Klimawandel ist nicht mehr aufzuhalten und eine Anpassung unserer Gesellschaft erscheint daher notwendig. Interdisziplinäre Handlungsweisen können durch Klimaschutz (Milderung des Klimawandels, Mitigation) und in Form einer Klimaanpassung (Adaption) erfolgen. Es sollten immer beide Strategien parallel berücksichtigt werden. Die städtische Entwicklung wird in ihrer Gesamtheit berührt und Verkehr, Infrastruktur, Flächennutzung und Gebäudebestand, demografische und sozioökonomische Entwicklung sind mit dem Klimawandel in Einklang zu bringen. (Greiving 2012, 27)

Aufgabe des Klimaschutzes ist es, Treibhausgasemissionen z.B. durch den Ersatz fossiler Brennstoffe durch alternative Energieformen, die Erhöhung des Wirkungsgrades bei der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch oder durch raumplanerische Aktivitäten entgegenzuwirken. Klimapolitische Maßnahmen zielen darauf ab, das Klima zu schützen und mit integrierten Strategien den Themen Klimaschutz, Klimaanpassung und sozialen und wirtschaftlichen Veränderungen zu begegnen. Dabei sollten Synergien genutzt und Zielkonflikte möglichst vermieden werden. (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS 2013: 9)

Im Unterschied zum Klimaschutz ist die Klimaanpassung eine eher lokale bis regionale Aufgabe. Planerisches Handeln ist zur Verminderung der Vulnerabilität der Bevölkerung und für einen strategisch sinnvollen Aufbau von Klimaschutzmaßnahmen wesentlich. Für jede Kommune ergeben sich strategische Zielsetzungen und darauf aufbauend konkrete Maßnahmen. (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) 2013: 10)

*„Allgemein kann unter **integrierten Ansätzen** eine räumliche, zeitliche und sachliche Abstimmung und Vernetzung unterschiedlicher politischer Handlungsfelder und Fachplanungen verstanden werden, bei der unter Vorgabe bestimmter (finanzieller) Instrumente definierte Ziele erreicht werden sollen. Dabei spielt die frühzeitige und umfassende Einbindung aller auch außerhalb von Politik und Verwaltung stehender, für die nachhaltige Stadtentwicklung relevanter Akteure eine herausragende Rolle.“* (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BMVBS/BBR 2007: 15)

Durch eine ressortübergreifende Integration von Entwicklungskonzepten unter Abstimmung der Akteure aus Politik, Gesellschaft und lokaler Wirtschaft kann eine Bündelung der staatlichen und privaten Investitionsmittel erfolgen. (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS 2013: 11f.)

In der Vergangenheit war das globale Klima immer wieder Schwankungen ausgesetzt, die Ursachen wie z.B. Vulkanausbrüche, Änderungen der Sonneneinstrahlung und vom Menschen verursachte Effekte hatten. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts be-

gann der Mensch durch die Industrialisierung und die dadurch erhöhten Treibhausgase zunächst unbewusst verstärkt auf das Klima einzuwirken. Durch den Treibhauseffekt verändern sich die Temperaturen, indem die in der Atmosphäre vorhandenen Gase (Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ozon) die Oberflächenstrahlung reflektieren und es dadurch zu einer Erwärmung der Erdoberfläche kommt. Diesen Effekt bezeichnet man als anthropogenen Klimawandel.

„Eine Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, wie nun aus Beobachtungen der Anstiege der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, dem ausgedehnten Abschmelzen von Schnee und Eis sowie dem Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels ersichtlich ist.“ (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC 2008: 2)

Klimatische Entwicklungen in der Vergangenheit lassen sich durch Messungen und Aufzeichnungen untersuchen. Für die Zukunft ist eine Klimaprognose jedoch ungewiss. Aufgezeigte Trends werden durch viele Variable, wie z.B. der Entwicklung der Treibhausgase, der Bevölkerung, der Wirtschaft und Gesellschaft beeinflusst.

Strategisch gesehen kommt der Raumplanung im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Funktion zu. Die Herausforderung ist, dass zwischen Strategien und Leitbildern, den räumlichen Konsequenzen und den einzelnen Handlungsbereichen Unterschiede und teilweise auch Konflikte bestehen. Die Entwicklung klarer Leitbilder, die wissenschaftlich fundiert sind, ist daher wichtig. Diese müssen der Bevölkerung, Politik und Verwaltung kommuniziert werden. Auf Basis klarer Zielsetzungen ist die Formulierung konkreter Maßnahmen wesentlich. Regionale Anpassungs- und Vermeidungsstrategien helfen bei der Umsetzung übergeordneter Konzepte. So ist auch die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und die Gestaltung von Grünflächen in urbanen Bereichen Teil der Klimaanpassung. (Franck/Overbeck, in Birkmann et al. 2012: 89f.)

Da jedoch die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Klimaanpassungsmaßnahmen in einem sich laufend verändernden Umfeld schwer einzuschätzen sind, werden kommunale Entscheidungsträger in den kommenden Jahren umfangreiche Heraus-

forderungen bewältigen müssen. Zunächst ist eine umfassende Dokumentation der aktuellen Belastungssituation erforderlich. Weiters sind unsichere Situationen planerisch abzuwägen und entsprechend einzuschätzen. Entscheidungsträger müssen befähigt werden, komplexe Zusammenhänge zu erfassen und zu bewerten. Demografische Veränderungsprozesse, wie eine Überalterung und Veränderung der Zusammensetzung und Größe der Bevölkerung, macht Städte gegenüber Klimaveränderungen empfindlicher. Daher sollte darauf abgezielt werden, mittels integrierter Ansätze resilientere, also widerstandsfähigere Systeme, durch eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung zu schaffen. (Rüdiger 2018: 332f.)

Einerseits haben räumliche Strukturen Auswirkungen auf die Folgen des Klimawandels, andererseits beeinflussen räumliche Gegebenheiten die klimatische Situation. Die Stadtplanung kann auf diese Wechselwirkungen sowohl aktiv als auch reaktiv Einfluss nehmen. (Rüdiger 2018: 334)

Eine der wesentlichsten Auswirkungen des Klimawandels, die Erhöhung der Temperaturen, hat negative thermisch-mechanische Einflüsse auf Gebäude und Infrastrukturen und auf die Gesundheit der Bevölkerung. (Rüdiger 2018: 335)

Es sollten daher grüne und blaue Infrastrukturen mit abkühlenden Effekten auf die städtische Erwärmung umfassend, auch kleinteilig, in Städten vorgesehen werden. In bereits durch Überhitzung oder Luftverschmutzung belasteten Stadtteilen ist einerseits eine Reduktion des Emissionsaufkommens wesentlich. Weiters ist eine intensivere Begrünung in verdichteten Gebieten zu forcieren. (Rüdiger 2018: 336)

Bei Berücksichtigung der Klimaanpassungsmaßnahmen kommt einer interdisziplinären Kommunikation wesentliche Bedeutung zu. Vorrangig sind solche Maßnahmen zu setzen, die Klimaschutz- mit Klimaanpassungsmaßnahmen verbinden. (Rüdiger 2018: 338)

Ein erfolgreiches Beispiel stellt der in Deutschland entwickelte *Stadtklimalotse* dar. Es handelt sich um ein Beratungsinstrument zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei der Setzung von Klimaanpassungsmaßnahmen im Rahmen der kommu-

nenal Stadtentwicklung. Nutzer werden bei der Auswahl von Maßnahmen unterstützt. Anwendungsbeispiele, Rechtsgrundlagen und ergänzende Informationen stehen zur Verfügung und der Stadtklimalotse ermöglicht durch die Berücksichtigung von Wechselwirkungen eine zielgerichtete Diskussion der Vor- und Nachteile von diversen Maßnahmen. (Rüdiger 2018: 342f.)

Auch ein Handbuch mit durch Experten abgeleiteten Maßnahmen zur Klimaanpassung wurde in Deutschland entwickelt. (Stadt Nürnberg – Umweltamt 2012) Es dient als Arbeits- und Argumentationsleitfaden für Akteure der Stadtverwaltung. Die Verwendung soll zu einer Verstetigung der erarbeiteten Ergebnisse führen. (Rüdiger 2018: 345)

So sollen Handlungsträger und Entscheider befähigt werden, die Komplexität der Themen zu erfassen und zu bewerten und die Instrumente sollen als eine Hilfestellung für künftige Herausforderungen und Entscheidungsfindungen dienen. (Rüdiger 2018: 348)

Nachfolgend wird eine Übersicht über Maßnahmen, die einer klimawandelgerechten Stadt entsprechen und zur Verbesserung des städtischen Mikroklimas beitragen, gegeben:

- Hochverdichtete, kompakte Bauweise mit geeigneter Wärmedämmung und Möglichkeiten der Verschattung (Tiller 2015: 34)
- Optimale Verkehrsanbindungen (Tiller 2015: 35)
- Reduktion des suburbanen Wachstums, wodurch eine Flächenvergrößerung städtischer Gebiete vermieden und der Erhalt von Kaltluftentstehungsgebieten sichergestellt werden soll (Tiller 2015: 35; Gronau 2012: 37 und 46)
- Geometrie der Bebauung und Optimierung der Baumaterialien sowie optimale Ausrichtung der Gebäude und Berücksichtigung der Durchlüftungsprozesse (Tiller 2015: 35)
- Beschattungsmaßnahmen durch künstliche Materialien (Vordächer, Arkaden, Sonnenschirme oder Planen) (Tiller 2015: 34 und 35)

- Erhöhung der Albedo – je höher die Albedo ist, desto größer ist das Rückstrahlungsvermögen der Sonnenenergie und umso geringer die gewonnene Wärmeenergie aufgrund der Absorption – vor allem in heißen Klimazonen liegende Städte nützen diesen Effekt durch die Gestaltung von Gebäuden und Dächern in weiß – Synergieeffekte ergeben sich in Einsparungen durch reduzierte Gebäudekühlung im Sommer, was jedoch im Winter zu einem erhöhten Heizbedarf führt (Tiller 2015: 37)
 - Schaffung und Erhalt von Wasserflächen (Tiller 2015: 41)
 - Schaffung und Erhalt von Grünräumen zur Abkühlung von urbanen Gebieten (Gronau 2012: 46) – positive Effekte ergeben sich durch die im Vergleich zu versiegelten Flächen unterschiedliche Wärmespeicherkapazität und eine natürliche Kühlung durch Verdunstungsvorgänge. (Tiller 2015: 35) Die diversen Grünraumvarianten weisen allerdings verschiedene Eigenschaften im Hinblick auf z.B. Albedo, Wärmekapazität, Abflussverhalten, etc. auf. Entscheidend ist vor allem Größe, Aufbau und Zusammensetzung der Begrünung sowie die Versorgung mit Wasser. Bereits Grasflächen bewirken eine Verbesserung der klimatischen Eigenschaften, jedoch ist der Effekt bei Sträuchern und Bäumen entsprechend höher. Laubbäume bewirken eine höhere Evapotranspiration als Nadelbäume. Hier ergibt sich ein Zielkonflikt zu der aufgrund der stark wachsenden Städte erforderlichen Wohnraumschaffung und der aus ökonomischer Sicht entstehenden Kosten für die Grünraumschaffung und -erhaltung wie Bewässerung und Pflege. (Tiller 2015: 38 und 39)
 - Dach- und Fassadenbegrünung: Dazu dürfen Dächer eine Neigung von maximal 15 Grad aufweisen. Durch Gründächer werden Schadstoffe aus der Luft gefiltert und das urbane Mikroklima verbessert. Weiters wird die Gebäudedämmung erhöht. Die Tages- und Jahrestemperaturschwankungen können gemildert werden. Analog zu Wasserflächen speichern Pflanzen Wärme und geben sie erst nach und nach wieder ab. Ein weiterer positiver Effekt ist die Regenwasserspeicherung. Fassadenbegrünungen fangen die Hitzeabstrahlung ab und dämpfen diese. Im Winter haben sie Dämmeffekte. Außerdem tragen sie zu einem attraktiven Stadtbild bei. (Gronau 2012: 47)
- Auch im Fall von Dach- und Fassadenbegrünungen bestehen Zielkonflikte im Hinblick auf ihre Errichtungs- und Erhaltungskosten für den hohen Pflege-

aufwand. Sie stehen in Konkurrenz zu der Errichtung von Photovoltaik- und Solaranlagen. Weiters können sie die Bausubstanz beschädigen.

Eine nachhaltige Stadtentwicklung, die das Thema des Urbanen Hitzeinseleffektes berücksichtigt, kann wesentlich zur Reduktion der thermischen Belastung beitragen. Dabei sind die o. a. Maßnahmen nicht als einzelne sich ausschließende Handlungsmöglichkeiten zu verstehen, sondern sollten optimal und sinnvoll kombiniert, Synergieeffekte genutzt und Interessenskonflikte weitestgehend vermieden werden. (Tiller 2015: 54)

Ein intermediärer Ansatz, der sowohl blaue, grüne als auch graue Infrastruktur kombiniert, erscheint als die effektivste Strategie zur Verringerung von Gefahren und im Hinblick auf ein Entgegenwirken klimatischer Überwärmung im urbanen Kontext. (Depietri/McPhearson 2017: 91)

Die zunehmende Akzeptanz von naturbasierten Lösungen erfordert künftig eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Politik, der Wirtschaft und den diversen Interessengruppen. Wesentlich erscheinen in diesem Zusammenhang PPP-Modelle (Public-Private-Partnerships) auch in Verbindung mit Bürgerbeteiligungsmodellen, die die Entwicklung oder Umsetzung naturbezogener Lösungen in städtischen Gebieten forcieren. Diese sind oftmals geeignet, die Klimabeständigkeit und den Naturschutz zu fördern. (van Ham/Klimmek 2017: 275)

2.3. Die Städtische Wärmeinsel in Wien

In Österreich hat sich die Temperatur seit 1880 um rd. 2 Grad Celsius erhöht, davon seit 1980 um 1 Grad. Von einem weiteren Anstieg um 1,4 Grad Celsius in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts kann ausgegangen werden, was auf den anthropogenen Klimawandel zurückzuführen ist. (Austrian Panel on Climate Change (APCC) 2014: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, <http://www.apcc.ac.at>)

In den vergangenen Jahrzehnten erhöhte sich die Anzahl an heißen Tagen um rd. 15 Tage pro Jahr. Insgesamt ist sie um acht Tage höher als im Jahr 1872. Auch bei den

Hitzewelletagen gab es einen exponentiellen Anstieg, wobei unter einer Hitzewelle eine Abfolge von drei Tagen mit einer maximalen Temperatur über 30 Grad Celsius verstanden wird. Damit steigt die Gefahr für die Ausbreitung von in unseren Breiten nicht vorkommenden Krankheitserregern und unbekanntem Schädlingen.

Die inneren Bezirke Wiens sind aufgrund des UHI-Effekts stärker von der Hitzebelastung betroffen als der Stadtrand. Grobe Abschätzungen zeigen, dass bis zum Jahr 2050 der Kühlbedarf im Sommer stärker steigen als sich der Heizbedarf im Winter reduzieren wird.

Insgesamt sind deutlich mehr Wetterextreme, die sich in einer Erhöhung der Niederschlagsintensität und einer Verstärkung der Trockenperioden manifestieren, zu erwarten. Positive Effekte könnten sich in Form von verlängerten Vegetationsperioden, einer geringeren Zahl an Heiztagen und im Städtetourismus einstellen. (Steiner 2017: 700)

In Wien gibt es insbesondere seit rd. 15 Jahren umfangreiche Studien und Maßnahmen der MA 22 – Wiener Umweltschutzabteilung – zum Thema „Hitze in der Stadt“. Neben grundlegenden Studien, wie z.B. Klimastudien und der Erstellung einer Klimabewertungs- und Klimafunktionskarte wurden strategische Papiere erstellt und nach und nach aktive Informationsarbeit getätigt. (Magistrat der Stadt Wien 2003, Magistrat der Stadt Wien 2010 und Magistrat der Stadt Wien 2013) Zur Verminderung des UHI-Effekts wird grüne Infrastruktur (Parks, Fassaden- und Dachbegrünungen, etc.), blaue Infrastruktur (Wasserflächen, Bäche, etc.) und eine Erhöhung der Albedo forciert. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 6)

Die diversen Maßnahmen werden im Rahmen des Projekts UHI-STRAT Wien auf ihre Wirkung und Umsetzungsmöglichkeiten auf das Mikro- und Mesoklima, auf Lebensqualität, Biodiversität und ihre volkswirtschaftlichen Kosten analysiert und eingeschätzt, wobei Experten unterschiedlicher Fachrichtungen mit dem Ziel eingebunden sind, den Schwerpunkt für die künftige Stadtentwicklung festzulegen. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 9) Es ist Teil des Central Europe Projektes „Urban Heat Islands – Entwicklung und Anwendung von Maßnahmen und Anpassungsstrategien

zur Minimierung des globalen Phänomens urbaner Hitzeinseln“. ([http://www.eu-uhi.eu/de/.](http://www.eu-uhi.eu/de/))

Die Erhaltung und Ausweitung grüner Infrastruktur stellt dabei eine effektive Maßnahme dar, dem urbanen Hitzeinseleffekt entgegenzuwirken und die Lebensqualität der Menschen, die in der Stadt leben, zu erhöhen. UHI-reduzierende Maßnahmen sollen möglichst frühzeitig von Planern, Architekten und Verwaltungsbereichen in den Planungs- und Projektierungsprozessen umgesetzt werden. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 10)

Nachfolgend werden die Ergebnisse von zwei Forschungsprojekten der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) und der TU Wien im Hinblick auf die aktuellen und künftigen Belastungen der Stadt Wien durch den UHI-Effekt aufgezeigt. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 12ff.)

Im Rahmen des **Projekts „FOCUS-I“ des ZAMG** wurden hochaufgelöste Klimasimulationen über die künftige Wärmebelastung der Stadt Wien dargestellt und die Wirksamkeit möglicher Anpassungsstrategien zur Vermeidung von negativen Klimaeffekten im urbanen Bereich untersucht. Maßnahmen wie erhöhter Grün- und Wasserflächenanteil, Entsiegelungsgrad und eine veränderte Albedo wurden simuliert, um eine wissenschaftlich fundierte Basis für eine nachhaltige zukunftsorientierte Stadtplanung zu erhalten. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 12) Das dynamische Stadtklimamodell MUKLIMO_3 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wird für die Analyse der künftigen Wärmebelastung in der Stadt Wien angewandt. Projektziele sind eine Untersuchung der historischen klimatologischen Entwicklung und eine Referenzsimulation für die thermische Belastung, das Erkennen der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen der Stadtplanung und die Erstellung von hochaufgelösten Klimaszenarien für die Stadt Wien. Klimaindizes werden berechnet, die für Zukunftsszenarien auf Ergebnissen der regionalen Klimasimulationen aufbauen. (Zuvela-Aloise et al. 2013, Future of Climatic Urban Heat Stress Impacts – Adaption and mitigation of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model, <http://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/stadtklima/focus-i>)

Temperaturverläufe wurden für potenzielle Sommertage modelliert, um thermisch sensible Bereiche in der Stadt herauszufinden. Eine besonders hohe Hitzebelastung wurde im Stadtzentrum und in flachen Wohn- und Industriegebieten festgestellt. (Magistrat der Stadt Wien: 12)

Klimaszenarien basieren auf Modellrechnungen mit unterschiedlichen Ausgangsszenarien im Hinblick auf Treibhausgasemissionen, die vom Bevölkerungswachstum, dem Konsumverhalten, der Wirtschaft und Politik abhängig sind. „Für den Zeitraum 2021 – 2050 wird im Vergleich zur Referenz-Simulation (1971 – 2000) meist ein moderater jährlicher Anstieg im Bereich von 0 bis 25 Sommertagen ($T_{max} \geq 25$ Grad Celsius) erwartet. Ein möglicher Anstieg von ca. 20 bis 50 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr wird für den Zeitraum 2071 – 2100 projiziert.“ (Magistrat der Stadt Wien 2015: 12)

Anpassungsmaßnahmen sollten daher umfassend gesetzt werden, um eine deutliche Reduktion der Hitzebelastung im Stadtgebiet zu erzielen. Auch eine kombinierte Umsetzung von kleinräumigen Maßnahmen, wie z.B. eine Ausweitung des Grünanteils, Reduktion der Bebauungsdichte und Entsiegelung können sehr positive Auswirkungen haben und die Folgen der Klimaerwärmung teilweise kompensieren. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 12f.)

Abbildung 1 stellt Simulationen der mittleren Anzahl an Sommertagen in Wien und Umgebung für den Zeitraum 2021 – 2050 und 2071 – 2100 auf Basis des Referenzzeitraumes 1981 – 2010 unter unterschiedlichen zugrundeliegenden Klimaszenarien dar. Sie basieren auf verschiedenen demografischen, sozialen, wirtschaftlichen, technologischen und ökologischen globalen Entwicklungen. Der Unterschied zwischen einem eher wirtschaftlich orientierten Szenario (A) und einem eher ökologisch orientierten Szenario (B) ist klar erkennbar. Das A1B-Szenario gilt als realistisches Leitszenario. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 13)

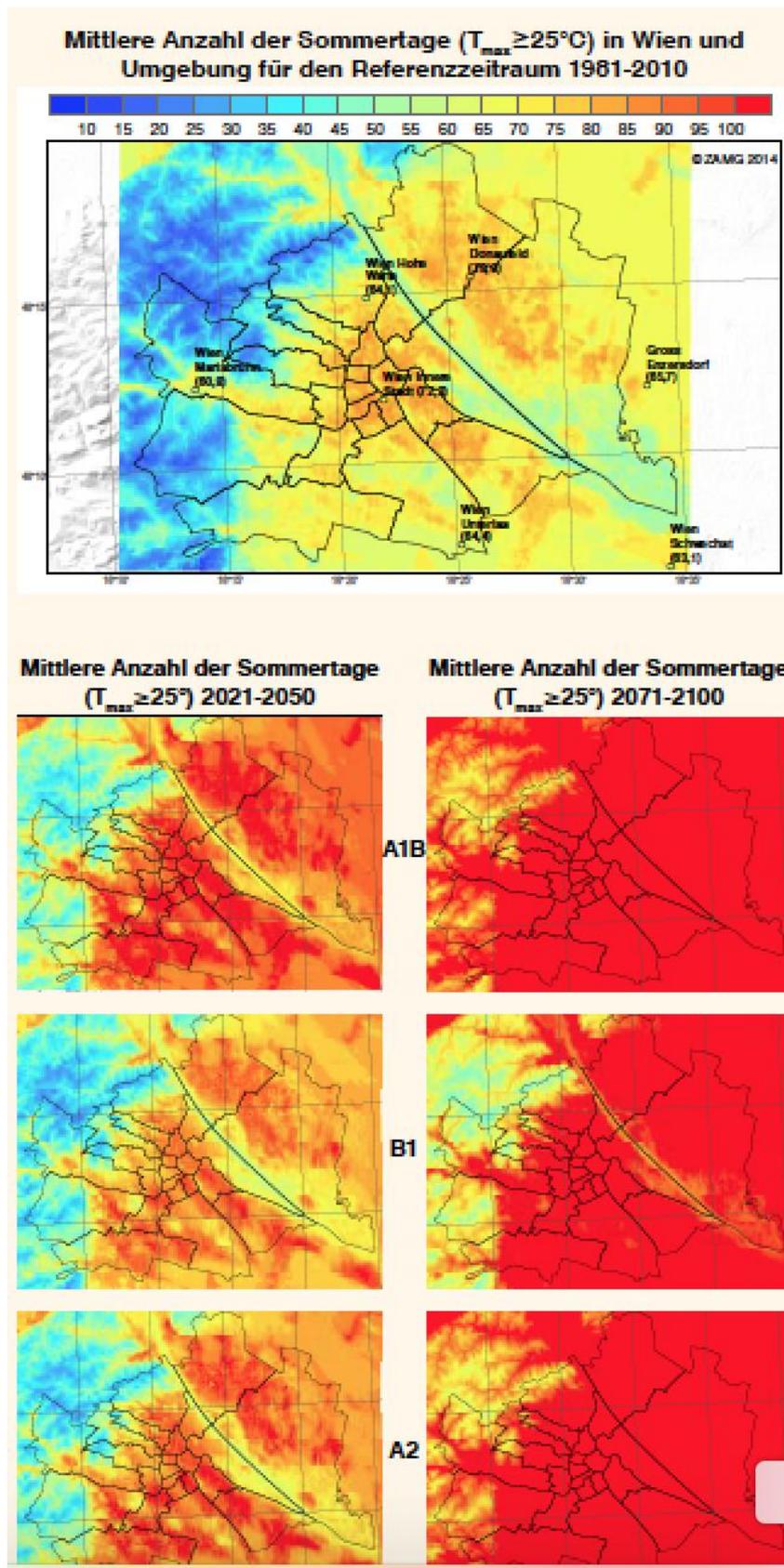


Abbildung 1: Simulation der mittleren Anzahl an Sommertagen in Wien und Umgebung (Magistrat der Stadt Wien 2015: 13) (Zuvela-Aloise et al. 2013, Future of Climatic Urban Heat Stress Impacts – Adaption and mitiga-

tion of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model, <http://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/stadtklima/focus-i>)

Im Rahmen des **Projekts „Urban Fabric & Microclimate“** des Instituts für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen der TU Wien wurde untersucht, inwiefern kleinteilige urbane Strukturen Auswirkungen auf den UHI-Effekt und auf andere Klimaphänomene haben.

(Stiles et al. 2014, Urban fabric types and microclimate response-assessment and design improvement, Endbericht,

http://urbanfabric.tuwien.ac.at/documents/_SummaryReport.pdf) Das Projekt fand in Zusammenarbeit mit der MA 22 unter intensiven fachlichen Austausch mit einem internationalen Expertenbeirat statt. Darauf aufbauend sollten Strategien zum Entgegenwirken der negativen Effekte entwickelt werden. Ein weiterer Schwerpunkt dieses Projektes war die Darstellung der Stadtmorphologie und der Landschaft, um den Zusammenhang zwischen urbanen Freiflächen und dem Mikroklima besser zu verstehen. Anhand kritischer Stadtraumsituationen wurden konkrete Maßnahmen zum Entgegenwirken von lokaler Überhitzung entwickelt. Zunächst wurde eine Stadtraumtypisierung vorgenommen. Auf einer Karte wurde das gesamte Stadtgebiet in neun Stadtraumtypen unterteilt. Insgesamt wurden fünf Cluster für die Untersuchung ausgewählt, die klimatisch am stärksten betroffen waren. Vor allem dicht bebaute Stadtgebiete sowie Stadterweiterungsgebiete im Süden und nördlich der Donau wurden ausgewählt. Spezielle Gestaltungsmaßnahmen wie die Entsiegelung von befestigten Oberflächen, Baumpflanzungen und Dachbegrünungen wurden mithilfe des Simulationsprogramms ENVI-met auf Ihre mikroklimatischen Auswirkungen untersucht. Faktoren wie Windgeschwindigkeit, mittlere Strahlungstemperatur, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und ein Index für das thermische Wohlbefinden, PMV (Predicted Mean Vote) wurden analysiert und auf Grundrisskarten dargestellt. Die Ergebnisse der Studie wurden in einem Maßnahmenkatalog mit Planungsempfehlungen zusammengefasst. Grundsätzlich gelten aufgrund des Projekts Baumpflanzungen im Straßenraum als die effektivste Maßnahme. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 14f.) Nähere Infos zum Projekt können der Projekthomepage Urban Fabric & Microclimate entnommen werden.

(Stiles et al. 2014, Urban fabric types and microclimate response-assessment and design improvement, Endbericht,
http://urbanfabric.tuwien.ac.at/documents/_SummaryReport.pdf)

2.4. Strategische Maßnahmen zum Entgegenwirken des UHI-Effekts

Die Stadt Wien setzt auf verschiedenen Handlungs- und Entscheidungsebenen umfassende strategische Maßnahmen zur Vermeidung von städtischen Wärmeinseln. Der von der Wiener Umweltschutzabteilung – MA22 erarbeitete „Urban Heat Islands - Strategieplan Wien“ wird konsequent verfolgt. Er setzt Maßnahmen auf folgenden Aktivitätsebenen um: in der Bewusstseinsbildung betreffend des Wärmeinseleffektes, der Informations- und Öffentlichkeitsarbeit sowie der Bereitstellung von Infrastruktur und groß angelegter technischer und struktureller Maßnahmen zur Unterstützung des Themas. Die Handlungsebenen reichen vom Masterplan bis hin zum eigentlichen Projekt. Manche konzentrieren sich auf die Entwicklung neuer Stadtquartiere, andere auf deren Anpassung, wobei sie auch entsprechend der Planungsebene unterschiedlich ansetzen: einerseits mittels eines strategischen Masterplans, andererseits durch die Mitgestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen, wie z.B. des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans. (Damyanovic et al. 2016: 257; Magistrat der Stadt Wien 2015: 9f.)

Zweck des **Pilotprojektes „Urban Heat Islands – Strategieplan Wien“** ist es, Diskussionsprozesse anzustoßen und die damit verbundenen Probleme für politische Entscheidungsträger und die Stadtverwaltung sichtbar zu machen sowie Unterstützung und Lösungsmöglichkeiten für die künftige Stadtentwicklung anzubieten. Der Schutz und die Ausweitung grüner Infrastruktur im Stadtgebiet können beispielsweise die Folgen des UHI-Effekts bei gleichzeitiger Verbesserung der Lebensqualität der städtischen Bevölkerung mildern. Das Pilotprojekt wurde in enger Abstimmung mit Vertretern der Stadtverwaltung und externen Experten entwickelt. (Damyanovic et al. 2016: 258; Magistrat der Stadt Wien 2015: 9f.)

Ziel ist eine konsequente Berücksichtigung von Stadtklimaaspekten auf den unterschiedlichen Planungsebenen. Es sind dabei völkerrechtliche Verträge, wie die UN-Klimakonvention, bundesweite Ansätze, wie z.B. die „Österreichische Strategie zur

Anpassung an den Klimawandel“ (Kronberger-Kießwetter et al. 2017), regionale Ansätze, wie das Klimaschutzprogramm der Stadt Wien, sowie Bundes- und Landesgesetze, Richtlinien, konkrete Planungsinstrumente und Planungshilfen zu berücksichtigen. (Damyanovic et al. 2016: 258; Magistrat der Stadt Wien 2015: 17)

Die Wiener Umweltschutzabteilung fördert seit Jahren Dach- und Fassadenbegrünungen. Auch nachhaltiges Regenwassermanagement und die Erhöhung der Verdunstungsrate ist Gegenstand zahlreicher Studien, Präsentationen, Tagungen, internationaler Kongresse, Publikationen und Beratungen bei Einzelprojekten. Sie verfügt sogar über ein Testprojekt mit mehreren Arten der Dachbegrünung auf dem eigenen Verwaltungsgebäude. (Damyanovic et al. 2016: 259; Magistrat der Stadt Wien 2015: 17f.)

Positive Wechselwirkungen ergeben sich mit den Programmen „ÖkoKauf“ zur nachhaltigen Beschaffung und „ÖkoBusinessplan“, einer Kooperation der Umweltschutzabteilung und der Wirtschaftskammer zur Beratung von Unternehmen im Hinblick auf ökologische Maßnahmen. All diese Programme und Projekte werden in der „Smart City“-Strategie und im Klimaschutz- und Anpassungsprogramm (KliP II) zusammengefasst und entsprechen den Anforderungen des Umweltschutzprogrammes „Netzwerk Natur“, einer Checkliste für die nachhaltige Gestaltung von urbanen Gebieten. (Damyanovic et al. 2016: 259) Es ist im Wiener Naturschutzgesetz verankert und es schützt, pflegt und fördert seltene Tier- und Pflanzenarten sowie naturnahe Lebensräume. (Netzwerk Natur, <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/naturschutz/biotop/netzwerk.html>)

Stadtverwaltung, Bauherren und Projektentwickler sollen das Recht haben, eigenständig Maßnahmen zur Reduzierung des UHI-Effekts zu ergreifen. Die Art der Konzepte und der gesetzten Aktionen und Maßnahmen variieren entsprechend der Projektgegebenheiten. (Damyanovic et al. 2016: 259)

In der „**EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel**“ (2013) (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:DE:PDF>) wird klargestellt, dass neben zukunftsweisenden Klimaschutzmaßnahmen auch Anpass-

sungsmaßnahmen erforderlich sind, um den Herausforderungen des Klimawandels optimal zu begegnen. Aus Sicht der EU-Kommission ist es günstiger, frühzeitig durchdachte Maßnahmen zu ergreifen, als letztendlich den Preis dafür zu bezahlen, dass keine Anpassung erfolgt ist. Ziel muss es sein, die Klimabeständigkeit in Europa zu erhöhen. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 17)

Im Rahmen der **Biodiversitätsstrategie 2020** (http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_de.pdf) wird von der EU gefordert, das Potenzial grüner Infrastruktur und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen zu nutzen. Sie wurde als Teil des neuen mehrjährigen Finanzrahmens der EU (2014 – 2020) aufgenommen und soll als fixer Bestandteil der Raum- und Stadtplanung den Naturschutz zum Zwecke des ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Nutzens forcieren.

Auch die vom Ministerrat verabschiedete "**Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel**" (2012) macht deutlich, dass neben den Maßnahmen zur Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs rechtzeitig geeignete Anpassungsmaßnahmen gesetzt werden müssen. Sie ist ein umfassendes Leitdokument für alle Aktivitäten Österreichs zur Anpassung an den Klimawandel. (Kronberger-Kießwetter et al. 2017) Insbesondere „grüne“ und „blaue“ Infrastruktur in dicht bebautem Gebiet können helfen, die bioklimatische Belastung und negative Auswirkungen von Hitzewellen auf die Lebensqualität der Bevölkerung zu reduzieren. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 17)

Die 2014 vom Wiener Gemeinderat festgelegte „**Smart City Wien Rahmenstrategie**“ ist eine langfristige Dachstrategie bis 2050, die schrittweise umgesetzt wird, wobei die einzelnen Maßnahmen einem kontinuierlichen Monitoring unterzogen werden. (Homeier, Magistratsabteilung 18, Stadtentwicklung und Stadtplanung 2014, https://smartcity.wien.gv.at/site/wp-content/blogs.dir/3/files/2014/08/Langversion_SmartCityWienRahmenstrategie_deutsch_doppelseitig.pdf) Zentrales Ziel ist es, die CO₂-Emissionen von derzeit 3,1 Tonnen pro Kopf auf rund 1 Tonne pro Kopf (minus 80 % von 1990 bis 2050) zu reduzieren. Im Gegensatz zu vergleichbaren Strategien anderer Städte umfasst sie darüber hinaus Umweltschutzziele,

wie z.B. die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs von derzeit 28 % auf 15 % bis 2030 oder die Erhaltung des hohen Grünflächenanteils von 50 %. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 18)

Das aktuelle **Klimaschutzprogramm der Stadt Wien (KliP II)** definiert als Hauptziel die Reduktion von Treibhausgasen und schlägt Maßnahmen zur Minderung und Anpassung an die Folgen des Klimawandels vor. ([Magistrat der Stadt Wien 2009, Klimaschutzprogramm der Stadt Wien, Fortschreibung 2010 – 2020, Wien, <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/programm/klip2/index.html>](#))

Der Fokus liegt in erster Linie auf der Reduktion des Energieverbrauchs aber auch auf stadtplanerischen Maßnahmen wie der Begrünung von Straßenräumen, Höfen und Dächern, der Reduktion der Flächenversiegelung und der Aufwertung von Grün- und Freiräumen mit dem Ziel einer Verbesserung der Lebensqualität der Wiener Bevölkerung. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 18)

Der **Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP 2025) – Stadtgrün statt Klimaanlage** befasst sich insbesondere mit Fragen des Stadtklimas und des Klimaschutzes. (Magistrat der Stadt Wien: Stadtentwicklungsplan 2025, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/kurzfassung/lebt-auf.html>) Ziel ist, dass die Aspekte Klimaschutz und Klimawandelanpassung zu einem integralen Bestandteil bei der Planung, Umsetzung und Weiterentwicklung von Stadtquartieren und Freiräumen werden. Dazu gehören unter anderem die Schaffung von qualitätsvollen Frei- und Grünräumen, die Dach- und Fassadenbegrünung und die Pflanzung von Bäumen und Alleen. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 18)

Mithilfe des **Wiener Naturschutzgesetzes** soll die Natur in all ihren Formen in der ganzen Stadt geschützt werden. (Wiener Naturschutzgesetz 2014) Der Schutz von Grün- und Naturgebieten umfasst auch das Stadtklima. Alle Maßnahmen sind so zu planen und umzusetzen, dass sie nicht das Gleichgewicht der Landschaft, ihre Struktur oder die Erholungseffekte auf den Menschen gefährden. Im Wesentlichen sollen Grünflächen und ihre positive Wirkung auf das Klima in Wien langfristig erhalten werden. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 19)

Die **Wiener Bauordnung** regelt die Grundsätze der Stadtplanung, der Flächennutzung und des Bauingenieurwesens. (Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien (LGBl. Nr. 71/2018)) Sie enthält Ziele für die Festlegung oder Änderung der Flächenwidmungs- und Bebauungspläne. Diese beziehen sich nur indirekt auf klimarelevante Themen.

Um dem Phänomen der urbanen Hitzeinseln optimal zu begegnen, ist eine durchgängige Berücksichtigung UHI-relevanter Aspekte in allen Phasen und Aspekten der Stadtplanung und -entwicklung entscheidend.

Einerseits werden je nach Umfang und Zeithorizont groß angelegte langfristige strategische Maßnahmen für die gesamte Stadt, andererseits spezifische Maßnahmen umgesetzt. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 20)

Folgende zentrale Handlungsebenen wurden festgelegt:

1) Masterpläne und städtebauliche Wettbewerbe

Stadtentwicklungsleitbilder und Masterpläne haben einen wesentlichen Einfluss auf die weiteren Planungs- und Erschließungsschritte in Stadtteilen. Sie harmonisieren öffentliche und private Interessen und schaffen die Grundlage für weitere Maßnahmen. Stadtentwicklungsstrukturen, Gebäudedichte und Verteilung von Grünflächen werden festgelegt. Diese Planungsebene ist zwar rechtlich nicht verbindlich, sie wird aber in der Regel durch einen Beschluss des Stadtrates bestätigt, der als Leitlinie für nachfolgende Entwicklungen dient. (Damyanovic et al. 2016: 266; Stadt Wien 2015: 20)

2) Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung

Großprojekte, die wesentliche Auswirkungen auf die Umwelt haben, erfordern eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und eine strategische Umweltprüfung (SUP). (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: 7. UVP-Bericht an den Nationalrat 2018) Beide Bewertungsmethoden untersuchen die Auswirkungen der Pro-

jekte auf folgende Schutzgüter: Menschen, Tiere, Pflanzen und ihren Lebensraum, Böden, Wasser, Luft und Klima, Landschaft, materielle Güter und Kulturgüter sowie die Wechselwirkungen zwischen ihnen. (Damyanovic et al. 2016: 266; Stadt Wien 2015: 20)

3) Flächenwidmungs- und Bebauungspläne

Die Flächenwidmungs- und Bebauungspläne legen rechtsverbindliche Rahmenbedingungen für alle nachfolgenden Planungs- und Entwicklungsprozesse fest. Neben Gebäudetypen und -höhen, Ausrichtung und Versiegelungsgrad können unter den „Besonderen Bedingungen“ auch eine Reihe von UHI-relevanten Maßnahmen festgelegt werden. So kann ein bestimmtes Ausmaß an Grünflächen oder auch eine Dach- oder Fassadenbegrünung vorgesehen sein. (Damyanovic et al. 2016: 267; Stadt Wien 2015: 21)

4) Planung und Entwicklung von öffentlichen Grün- und Freiräumen

Die Planung und Entwicklung von öffentlichen Grün- und Freiflächen ist im Hinblick auf die Umsetzung langfristiger und qualitativ hochwertiger UHI-reduzierender Maßnahmen unerlässlich. Immer mehr Stellenwert nimmt die Integration UHI-sensitiver Kriterien in Designwettbewerben ein. (Damyanovic et al. 2016: 267; Stadt Wien 2015: 21)

5) Bauträgerwettbewerbe, Wohnbauinitiativen und öffentlicher Wohnbau

Rund 60 % der Wiener Haushalte leben in geförderten Wohnungen. Bauträgerwettbewerbe haben sich als effizient erwiesen, um die Qualität von Wohnobjekten zu verbessern. (Presse-Service Rathauskorrespondenz 2017, <https://www.wien.gv.at/presse/2017/07/04/ad-wohncosten-vergleich-wer-wer-aepfel-mit-birnen-vergleicht-wird-niemals-aussagekraeftige-fakten-gewinnen>) Vier Hauptkriterien werden zur Beurteilung der Qualität herangezogen: Architektur, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und soziale Nachhaltigkeit. Darüber hinaus gibt es "Themen"-Wettbewerbe für die Bereiche Niedrigenergie- und Passivhäuser oder für autofreie

Wohnanlagen. Wettbewerbe berücksichtigen zunehmend die Auswirkungen auf das Mikroklima durch die Gestaltung von Freiräumen und verfolgen die Vision der "klimaneutralen Stadt". (Damyanovic et al. 2016: 267; Magistrat der Stadt Wien 2015: 21)

6) Planung und Entwicklung von öffentlichen Bauwerken

Durch die Realisierung von Vorzeigeprojekten hat die Stadt Wien Vorbildwirkung und kann auf kommerzielle Entwicklungen und Wettbewerbe positiv Einfluss nehmen. Z.B. bei Kindergärten, Schulen und Campusstandorten, Verwaltungsgebäuden und anderen städtischen Gebäuden wird im Rahmen eines Qualitätskriterienkataloges eine Anzahl an UHI-relevanten Aspekten und Maßnahmen berücksichtigt. (Damyanovic et al. 2016: 268; Magistrat der Stadt Wien 2015: 21)

7) Fördermaßnahmen

Förderungen schaffen Anreize für Privatpersonen und Unternehmen. Aktuell fördert die MA 42 (Wiener Stadtgärten) Dachbegrünungen sowie Innenhof- und Fassadenbegrünungen. Damit gelingt es, Qualität und mikroklimatische Wirksamkeit der Maßnahmen zu steuern. Die Förderhöhe bei Dachbegrünungen wird entsprechend der Stärke der aufgetragenen Substratschicht und der Anzahl an klimatisch wirksamen Pflanzen berechnet. (Damyanovic et al. 2016: 268; Magistrat der Stadt Wien 2015: 22)

Im Kreta-Viertel, das zu einem sehr dicht besiedelten Stadtteil im 10. Wiener Gemeindebezirk zählt, wird aktuell die Begrünung von Fassaden mit der Verteilung von 50 kostenlosen Bepflanzungsmodulen gefördert.

(Konsortium „50 Grüne Häuser“ 2019, <https://wien.orf.at/m/news/stories/2971826/>)

Bei der Umsetzung der Maßnahmen ist es wichtig, die Hierarchie der Planungsebenen sowie deren zeitliche Abfolge zu berücksichtigen. Die diversen Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Werkzeugen erfordern eine integrative Planung und Harmonisierung. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 20)



Abbildung 2: Planungsebenen in der Stadt, die für die Reduzierung des UHI-Effekts relevant sind (Damyanovic et al. 2016: 268)

"Grüne" Maßnahmen erweisen sich für die Stadt Wien als besonders effektiv. Angesichts des starken Wachstums und der Zunahme der Gebäudedichte in bebauten Gebieten ist es notwendig, Maßnahmen zur Schaffung von Grün- und Erholungsgebieten für die Einwohner zu setzen mit dem Ziel, den UHI-Effekt zu reduzieren. Es gibt teilweise starke Synergien zwischen diesen und anderen Strategien der Stadt Wien, z.B. der Eindämmung des Verkehrs, der Förderung der biologischen Vielfalt, der Verbesserung der Wasserversorgung und der Errichtung eines Netzwerks an Freiflächen. (Damyanovic et al. 2016: 279)

2.5. Vor- und Nachteile sowie Auswirkungen von Gebäudebegrünungen

Gebäudebegrünungen leisten einen aktiven Beitrag zum Umwelt- und Naturschutz. Durch ihre kühlende Wirkung im Sommer und wärmedämmende Eigenschaften im Winter führen Sie mittel- bis langfristig zu einer Senkung der Betriebskosten. Ihre positiven Eigenschaften auf das Mikroklima machen sich vor allem durch die Feinstaubbindung, Befeuchtung und Kühlung der Luft und die positiven Eigenschaf-

ten auf die menschliche Gesundheit bemerkbar. Sie können die Funktion einer „naturnahen Klimaanlage“ übernehmen. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 61ff.)

Je nachdem, ob es sich um eine Dach-, Fassaden- oder Innenhofbegrünung handelt, treten die Vorteile in unterschiedlicher Intensität auf. Auch die Bauart (z.B. bodengebundene oder fassadengebundene Begrünung, Höhe der Substratschicht – extensive und intensive Dachbegrünung, bewässerte oder unbewässerte Begrünungsmaßnahme,...) hat Einfluss auf die Auswirkungen. Extensive Dachbegrünungen weisen eine Substratschicht von ca. 15 cm auf und werden mit niedrigwüchsigen Pflanzen versehen. Sie haben ein geringes Gewicht, eignen sich für viele Dächer und benötigen wenig Pflege, sind allerdings nicht begehbar. Intensive Dachbegrünungen haben eine dickere Substratschicht und aufgrund der Bepflanzung mit Gräsern, Sträuchern und Bäumen führen sie zu statisch höheren Belastungen. Sie sind dafür aber umfassend begeh- und nutzbar. (Magistrat der Stadt Wien 2015: 61ff.)

In nachfolgender Tabelle wurden die wesentlichen Vorteile und Auswirkungen, die durch Gebäudebegrünungen erreicht werden können, übersichtlich zusammengestellt:

Mikroklimatische Verbesserungen	<p>CO₂-Bindung und Sauerstoffproduktion, Verdunstungsleistung von Pflanzen und Substrat,</p> <p>Kühlungseffekt auf die Umgebungstemperaturen (Reduktion der Sonneneinstrahlung, Vermeidung der Wärmespeicherung und Abtransport der aufgenommenen Sonnenenergie),</p> <p>Entlastung des Kanalnetzes durch Wasserrückhalt (der Gebäude-Regenwasserabfluss kann um 60 % bis 79 % reduziert werden), Hochwasserschutz, Wärmedämmungseffekt,</p> <p>Kostenersparnis durch Kühlungs- und Wärmedämmungseffekt,</p> <p>Verlängerung der Lebensdauer von Fassaden durch das Wirken als Schutzschild gegen Regen, Hagel und UV-Strahlung, Feinstaubbindung und Luftreinigung (Schadstoff- und Staubfilter),</p> <p>Beitrag zur Schallminderung,</p> <p>Förderung von umweltfreundlichen und passiven Kühlmethoden und indirekte positive Klimateffekte</p>
Lebensraum für Wildtiere	Geschützter Lebensraum für viele Tierarten, Rückzugs- und Lebensraum für unterschiedliche Insekten- und Vogelarten, positiver Beitrag zum Artenschutz
Ästhetischer Aspekt, Attraktivitätssteigerung des Stadtbildes	Positive Auswirkungen grüner Pflanzen auf den menschlichen Organismus und auf das Wohlbefinden und die Gesundheit, raumerweiternde und beruhigende Wirkung, Luftqualitätsverbesserung, positive Effekte auf die urbane Lebensqualität, Bewirken von Naturerlebnissen und Wahrnehmung der Jahreszeiten
Aufwertung der Bausubstanz	Steigerung des Verkehrswertes der Liegenschaft samt Gebäude und der Beliebtheit sowie der Marktgängigkeit von Immobilien
Schutz der Gebäudesubstanz	<p>Schutz vor Wind und Schlagregen, Erhalt trockener Fundamente durch den Drainageeffekt der Wurzeln,</p> <p>Temperaturausgleich,</p> <p>Schutz vor UV-Strahlung, Schadstoffen und Schmutz,</p> <p>Vermeidung von Materialermüdung, wirksamer und preiswerter Fassadenschutz (z.B. vor Graffiti),</p>

	oft können Spechtlöcher durch Fassadenbegrünungen vermieden werden
--	--

Tabelle 1: Vorteile und Auswirkungen von Gebäudebegrünungen (Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen „ÖkoKauf Wien“ 2013: 7ff. und Piringer und Geissberger 2018: 9f.)

Gebäudebegrünungen bringen allerdings auch Nachteile mit sich. Es müssen erst geeignete und ausreichende Flächen für die Begrünungsmaßnahmen gefunden werden und bei Dachbegrünungen sollte die Dachneigung weniger als 20 Grad sein. Die Begrünungsmaßnahmen verursachen teilweise hohe Einmalkosten und auch der regelmäßige Pflege- und Bewässerungsaufwand sowie die laufenden Erhaltungskosten können erheblich sein. (Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen „ÖkoKauf Wien“ 2013: 7ff.)

2.6. Ökonomische Bewertung von Begrünungsmaßnahmen

Interessant erscheint die Möglichkeit, ökonomische Auswirkungen, somit die in Verbindung mit Begrünungsmaßnahmen entstehenden Kosten und Nutzen einzuschätzen. Eine Studie an der TU Wien, die auf mehreren Projekten des Forschungsbereichs für ökologische Bautechnologien basiert, beschäftigte sich mit dieser Thematik. Insbesondere zwei Diplomarbeiten entstanden im Zusammenhang mit der genannten Studie. (Hollands 2017 und Pamminger 2016) Ziel war, ein Modell zu entwickeln, mit Hilfe dessen die ökonomischen, ökologischen und energetischen Auswirkungen von Gebäudebegrünungen, eingeschätzt werden können. Die Auswirkungen von Kosten und Nutzen wurde einerseits auf persönlicher Ebene betrachtet, andererseits wurden die sozialen, also die volkswirtschaftlichen Effekte von Gebäudebegrünungen analysiert. Insbesondere erwies sich eine Unterscheidung in die Kategorien Gebäude, Mensch und Umwelt hilfreich, je nachdem für wen die Auswirkungen den größten Nutzen darstellen. (Hollands/Korjenic 2019: 38f.)

Messdaten und Erkenntnisse aus drei Schulprojekten in Wien, die bereits im Jahr 2015 mit Begrünungssystemen versehen wurden, dienten als Datengrundlage. Zur Einschätzung der ökonomischen Auswirkungen wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse angewandt. Kosten und Nutzen über den gesamten Lebenszyklus einer Gebäudebe-

grünung, von der Errichtung über die Nutzung bis zur Entsorgung wurden mittels Kapitalwertmethode über den gesamten Betrachtungszeitraum vergleichbar bemacht und bewertet. Dabei wurden die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen in unterschiedlicher Art monetär eingeschätzt. Die quantitative Bewertung zahlreicher positiver Effekte stieß an ihre Grenzen. Zum Beispiel können Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung sowie Effekte auf die Biodiversität einer Stadt nicht oder sehr schwer monetär eingeschätzt werden.

Der entscheidungsrelevante Barwert der Kapitalwertmethode ist dabei stark von der Art der Bewertung der diversen Kosten und Nutzen und dem gewählten Kalkulationszinssatz abhängig. (Hollands/Korjenic 2019: 39ff.)

Es zeigte sich, dass zwischen den analysierten Begrünungssystemen und Projekten große Unterschiede hinsichtlich der ökonomischen Bewertung und umfassendes Potenzial betreffend einer Systemoptimierung bestehen. Während die Kosten von Begrünungen bereits großteils abgeschätzt werden können, bestehen hinsichtlich der Einschätzung und der Bewertung des Nutzens aktuell noch keine geeigneten Möglichkeiten. Insbesondere Auswirkungen auf den Menschen und das Klima sind sehr komplex und schwer einschätzbar. Auch der Zustand der Gebäudehülle und der Baustanz haben auf die Lebenszykluskosten wesentlichen Einfluss. Das Modell stellt die Basis für künftige weitere Studien und Forschungsprojekte dar. (Hollands/Korjenic 2019: 47)

3. SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse (**S**trengths (Stärken), **W**eaknesses (Schwächen), **O**pportunities (Chancen) und **T**hreats (Risken) ist ein Instrument der strategischen Planung und dient der Positionsbestimmung und der Strategieentwicklung. Ihre Anwendung wird seit Jahren über Unternehmen hinaus auf Länder und Branchen ausgedehnt und sie wird zur Bewältigung komplexer strategischer Situationen durch Reduzierung der Informationsmenge verwendet, um die Entscheidungsfindung zu verbessern. (Helms/Nixon 2015: 215f.; Pelz 2018: 1f.)

Um eine erfolgreiche Strategie umzusetzen, sollte man sich der eigenen Stärken und Schwächen bewusst sein und das Umfeld auf Chancen und Risiken oder Gefahren sorgfältig analysieren. Strategisch ist dann zu entscheiden, welche Stärken genutzt werden und welche Schwächen vorhanden sind, um Chancen zu ergreifen, die wiederum mit Risiken behaftet sind. Manchmal können im Zuge des Prozesses der SWOT-Analyse Schwächen in Stärken und Risiken in Chancen umgewandelt bzw. Risiken oder Schwächen neutralisiert werden.

Stärken und Schwächen beziehen sich auf das Unternehmen, die Organisation oder die untersuchende Einheit selbst. Es handelt sich um Eigenschaften, die intern vorhanden sind.

Gegenstand der Umweltanalyse ist die Untersuchung von Chancen und Gefahren, die sich extern ergeben, wie z.B. Marktveränderungen, Technologiesprünge und soziale oder ökologische Anpassungen. Die externen Rahmenbedingungen sind weitgehend unbeeinflussbar und exogen vorgegeben.

Hat man sich die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken bewusst gemacht, sind Maßnahmen festzulegen und diese zu budgetieren. Die Bestimmung geeigneter Kennzahlen ist zur Fortschritts- und Erfolgskontrolle essentiell.

SWOT-Analysen sollten immer auf ein Ziel gerichtet sein. (Helms/Nixon 2010: 218)

Auf Basis der bis dato vorgenommenen Literaturrecherche wird versucht, in nachfolgender Matrix durch Brainstorming Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Begrünungsmaßnahmen in Form einer SWOT-Analyse darzustellen. Diese kann als Grundlage für öffentliche Entscheidungsträger dienen, um lokale Unternehmer dazu zu ermutigen, Investitionen in Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des UHI-Effektes zu tätigen. Aus der Analyse lassen sich nach einer Priorisierung Maßnahmen (Aktionen) für die strategische Planung ableiten.

Strengths (Stärken):

Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas und zur Steigerung des menschlichen Wohlbefindens - Image
 Zugang zu natürlichen Ressourcen
 Potentieller wirtschaftlicher Nutzen
 Aktuell noch geringe Anzahl an Konkurrenten im Bereich Gebäudebegrünungen (aus Sicht potentieller Unternehmer im Bereich Gebäudebegrünung)
 Steigerung der Attraktivität von Gebäuden und damit einhergehend Erhöhung des Verkehrswertes/Wiederverkaufswertes von Immobilien
 Verzicht auf konventionelle Klimatisierung und Reduktion des Wärmeverlustes im Winter und dadurch Betriebskostensparnis
 Verbesserung der Luftqualität
 Verlängerung der Lebensdauer von Fassaden (bei Fassadenbegrünungen)

Weaknesses (Schwächen):

Beschränktes Know-How im Bereich Gebäudebegrünungen
 Erforderliche finanzielle Ressourcen
 Fehlen eines geeigneten öffentlichen Regulierungssystems
 Kosten für die Grünraumschaffung und -erhaltung wie Bewässerung und Pflege

Opportunities (Chancen):

Starkes Wachstum der Städte und signifikanter Temperaturanstieg

Threats (Risiken):

Nicht ausreichende Kundennachfrage
 Konkurrenzanbieter

Globaler Klimawandel	Technologische Veränderungen
Erhöhte Bewusstseinsbildung der Bevölkerung	Möglicher wirtschaftlicher Abschwung
Konkurrenzvorteil gegenüber anderen lokalen Unternehmen	Unausreichende praktische Erfahrungen im Bereich Gebäudebegrünungen
Förderungen	
Erhaltung und Ausweitung von Gebäudebegrünungen im Siedlungsraum ist ein wesentlicher Bestandteil von umfangreichen kommunalen und regionalen Klimaanpassungsstrategien	
Gebäudebegrünungen werden zunehmend in Flächenwidmungs- und Bebauungsbestimmungen aufgenommen	
Erhöhung der Attraktivität des Gebiets	
Verbesserte Umweltqualität	
Entstehen eines Nischenmarktes	

Tabelle 2: SWOT-Analyse: Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des UHI-Effektes (Eigene Darstellung)

Die Ausgestaltung des inhaltlichen Rahmens der SWOT-Analyse hat erhebliche Auswirkungen auf die strategische Ausrichtung öffentlicher Entscheidungsträger. Sie kann lokalen öffentlichen Akteuren helfen, Finanzmittel effektiver einzusetzen und notwendige Infrastruktur für Begrünungsmaßnahmen zu schaffen. Öffentliche Stellen sollten die Grundlagen dafür schaffen, dass eine Reihe von Unternehmern in Gebäudebegrünungen investieren und den Rahmen schaffen, dass nationale und europäische Finanzmittel effektiv eingesetzt werden. Neue Geschäftsvorhaben im Zusammenhang mit Begrünungsmaßnahmen können die treibende Kraft für die Schaffung zusätzlicher Beschäftigungsmöglichkeiten und weiteres Wirtschaftswachstum darstellen. (Nikolaou et al. 2011: 1)

Im Rahmen gegenständlicher Arbeit dient die SWOT-Analyse dazu, sich der Stärken und Schwächen von Gebäudebegrünungen bewusst zu werden, das Umfeld auf

Chancen und Risiken sorgfältig zu analysieren und darauf aufbauend, Strategien zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts zu entwickeln. Insbesondere sollte versucht werden, Schwächen in Bezug auf Gebäudebegrünungen in Stärken und Risiken in Chancen umzuwandeln.

Aufgrund des starken Wachstums der Städte und den damit verbundenen signifikanten Temperaturanstieg in Verbindung mit dem globalen Klimawandel versucht die Stadt Wien durch zahlreiche Maßnahmen, das Know-How im Hinblick auf Begrünungsmaßnahmen zu verbessern. Auch wird durch das Angebot von Förderungen versucht, Anreize sowohl für die Realisierung weiterer Dach- und Fassadenbegrünungen zu bieten und den zusätzlichen Kosten für die Schaffung von Grünraum und den damit verbundenen Erhaltungskosten entgegenzuwirken als auch weitere Marktteilnehmer für das gegenständliche Thema zu begeistern. In den Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen werden unter den „Besonderen Bedingungen“ eine Reihe von UHI-relevanten Maßnahmen festgelegt.

Aufgrund der Bewusstseinsbildung der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken im Zusammenhang mit Gebäudebegrünungen können seitens der Stadt Wien Strategien entwickelt und geeignete Maßnahmen für ihre Erreichung festgelegt und budgetiert werden. Kennzahlen sind für laufende Fortschritts- und Erfolgskontrollen wesentlich. Lokale Unternehmer und private Haushalte werden ermutigt, Investitionen in Gebäudebegrünungen zu tätigen.

Die im Rahmen der Arbeit in Kapitel 5 vorgenommenen qualitativen Befragungen von Gebäudenutzern sollen nähere Aufschlüsse über die von ihnen wahrgenommenen Stärken und Schwächen im Zusammenhang mit Gebäudebegrünungen geben und runden daher die durch die Literaturrecherche gewonnenen theoretischen Erkenntnisse ab. Sie sind hilfreich, um strategische Konsequenzen besser ableiten zu können.

4. Gestaltungsbeispiele – Vorzeigeprojekte

Es gibt zahlreiche technische Möglichkeiten von Gebäudebegrünungen, sodass für fast alle Bauwerke eine sinnvolle Gestaltungsmöglichkeit besteht. Zu beachten sind die rechtlichen und technischen Voraussetzungen für deren Implementierung. In der Folge werden namhafte Beispiele von Dach-, Fassaden- und Hofbegrünungen aufgezeigt. Durch Literatur- und Internetrecherchen zu den Vorzeigeprojekten soll analysiert werden, ob die Begrünungsmaßnahmen Einflüsse auf das Mikroklima haben und ob sich das physische Wohlbefinden der Personen in der Gebäudeumgebung nachhaltig verbessert. Wenn die Projekte wissenschaftlich begleitet wurden, wird in der Folge näher darauf eingegangen und es werden die bisherigen Erkenntnisse dargestellt.

4.1. Büroturm der MA 48, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien



Abbildung 3 Amtsgebäude der MA 48 vor und nach der erfolgten Begrünung im Jahr 2010 (Voraberger 2010, MA48: Pilotprojekt Grüne Fassade auf der Zentrale der MA48 – Vertikalbegrünung als aktiver Beitrag zur Lebensqualität in Wien, http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20100912_OT0003) – abgefragt am 10.12.2018)

Das Gebäude der MA 48 stellt ein besonders gelungenes Praxisbeispiel einer umfassenden Fassadenbegrünung dar. Es handelt sich um ein Pilotprojekt der MA 48 mit der BOKU und den Wiener Stadtgärten. Wissenschaftlich begleitet und dokumentiert wird es vom Institut für Meteorologie. (GrünstattGrau 2018, <https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2018/10/ma48.pdf>) Ziel der im Jahr 2010 erfolgten Planung war, den Ziegelbau aus den 1960er-Jahren ohne konventio-

nelle Wärmedämmung innovativ zu sanieren sowie den Grünflächenanteil im Bezirk zu erhöhen. Auf einer Gebäudefläche von rd. 850 m² wurden zunächst 2.850 Laufmeter Pflanzentröge aufgebracht. Anschließend wurden sechs Typen, gesamthaft rd. 17.000 Pflanzen in die Tröge eingepflanzt. Es handelt sich um Stauden, Gräser und Kräuter mit einer Höhe von 15 bis 60 cm. Die fassadengebundene Begrünung wird mit 3.500 Laufmetern Tropfschläuchen bewässert, wobei die Wasserversorgung in fünf bis sieben Gießvorgängen pro Woche rund 10 Minuten lang erfolgt. Die begrünte Fassade bietet einen Regen- und Windschutz und hat positive Auswirkungen auf die Schall- und Wärmedämmung. (Voraberger 2010, MA48: Pilotprojekt Grüne Fassade auf der Zentrale der MA48 – Vertikalbegrünung als aktiver Beitrag zur Lebensqualität in Wien, http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20100912_OTS0003.)

Seit 2010 werden mikroklimatische Auswirkungen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Wärmeabstrahlung, Wasserhaushalt, bauphysikalische Auswirkungen und Wasserverbrauch laufend mit Messsensoren überwacht. Seitens BOKU erfolgt eine genaue wissenschaftliche Dokumentation. Auch die Artenzusammensetzung der sich teilweise selbst verbreitenden Pflanzen wird laufend beobachtet. Eine Vielzahl an Sensoren analysieren die Transpirationsleistung der begrünten Fassade in den Sommermonaten. (Green4cities 2018: Developing urban green visions, <http://www.green4cities.com>.)

Wesentlich sind Referenzmessungen am unbegrünten Teil der Fassade, die unmittelbare Vergleiche der Messergebnisse ermöglichen. Erste wissenschaftliche Aussagen kommen zu folgenden Erkenntnissen (GrünstattGrau 2018, <https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2018/10/ma48.pdf>):

- der Wärmeverlust des Gebäudes im Winter vermindert sich um bis zu 50 %
- die Verdunstungsleistung im Sommer entspricht einer Kühlleistung von vier ausgewachsenen Buchen bzw. 45 Klimakühlgeräten mit einer Betriebsdauer von acht Stunden sowie einer Leistung von 3.000 Watt
- die Oberflächentemperatur des begrünten Fassadenbereiches unterscheidet sich an heißen Sommertagen von der des unbegrünten Bereiches um bis zu 15 Grad Celsius.

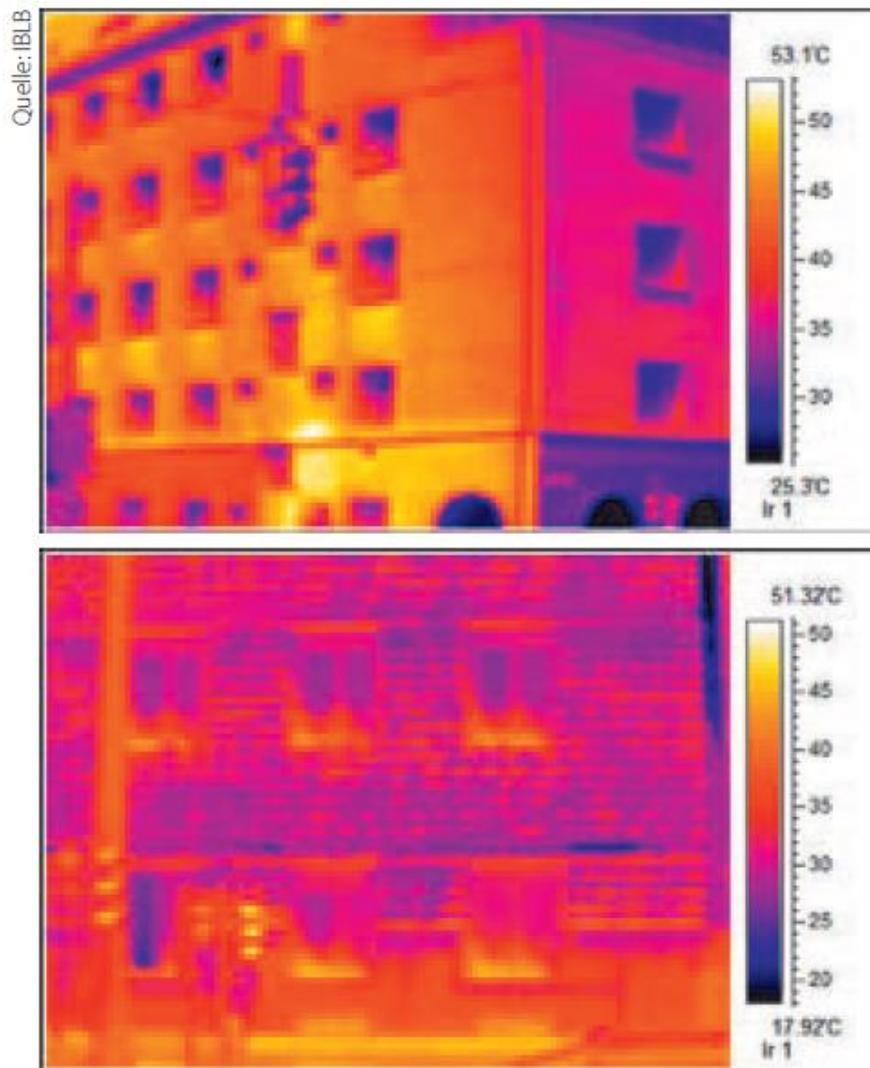


Abbildung 4 Thermographie - Oberflächentemperaturen eines nebenstehenden Hauses mit Putzfassade (Durchschnittstemperatur rd. 45 Grad Celsius) und der begrünten Fassade der MA 48 (Durchschnittstemperatur rd. 30 Grad Celsius) im August 2011 (Green4cities 2018: Developing urban green visions, <http://www.green4cities.com>.)

Aufgrund der laufenden Temperaturmessungen erfolgt eine bedarfsgerechte Bewässerung entsprechend der unterschiedlichen Fassadenausrichtung nach Süden und Westen.

Die begrünte Fassade stellt über den gesamten Jahresverlauf eine optische Bereicherung dar. Das Erscheinungsbild lässt sich mit dem einer Blumenwiese in höherer

Lage vergleichen. Aufgrund der Verwendung von Pflanzenarten, die sich selbst ausbreiten, werden manche Gewächse im Lauf der Zeit durch konkurrenzstärkere Arten ersetzt, wodurch sich die Fassadenbegrünung nachhaltig und naturnah entwickelt. (GrünstattGrau 2018,

<https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2018/10/ma48.pdf>)

4.2. Bezirksamt Margareten, Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien



Abbildung 5 Fassadenbegrünung Amtshaus Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien (<https://wien.gv.at/stadtentwicklung/architektur/oeffentliche-bauten/stadt/amtshaus-gruen.html>) – abgefragt am 3.1.2018

Als eines der ersten Fassadenbegrünungen auf öffentlichen Gebäuden wurde dieses Projekt von der Bezirksvorstehung Margareten in Zusammenarbeit mit der Gebietsbetreuung, der MA 22 (Umweltschutz), der MA 42 (Wiener Stadtgärten), der MA 34 (Bau- und Gebäudemanagement) und der MA 14 (Architektur und Stadtgestaltung) im Jahr 2012 umgesetzt. Drei Arten von Kletterpflanzen (Blauregen, Trompetenblu-

me und Jungfernebe) wurden in große Stahltröge auf dem Gehsteig gepflanzt und über nichtrostende Stahlseile die Fassade entlanggezogen. Weiters wurden Rosen und Lavendel eingesetzt, um die Wurzelstöcke der Pflanzen vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Neben dem Kühlungs- und Luftbefeuchtungseffekt bietet die begrünte Fassade einen natürlichen Lebensraum für Vögel und Insekten und einen Schutz vor Graffiti. Die Tröge werden durch eine automatisch gesteuerte Tropfleitung aus dem Keller mit Wasser versorgt. (Stadt Wien 2018, Fassadenbegrünung Amtshaus Schönbrunner Straße 54, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/architektur/oeffentliche-bauten/stadt/amtshaus-gruen.html>.)

Als weitere Maßnahme gegen den UHI-Effekt wurde im Innenhof des Amtshauses ein Kräutergarten angelegt. Der Asphaltbelag wurde geöffnet und teilweise durch eine Grünfläche ersetzt. Drei Hochbeete ergänzen den Garten des Amtshauses. (Stadt Wien 2018, Mehr Platz für die Natur, <https://www.wien.gv.at/bezirke/margareten/umwelt/gruenraum.html>.)

4.3. Boutiquehotel Stadthalle, Hackengasse 20, 1150 Wien



Abbildung 6 Fassaden- und Dachbegrünung samt Solaranlage Boutiquehotel Stadthalle (www.zerowasteaustria.at/boutiquehotel-stadthalle.html) - abgefragt am 16.1.2019

Seit 2009 ist das Boutiquehotel Stadthalle das weltweit erste „Null-Energie-Bilanz“-Hotel. Der Eigentümerin und Betreiberin ist der bewusste und umweltfreundliche Umgang mit natürlichen Ressourcen sehr wichtig.

Ein bestehender Bauteil wurde saniert, beim angeschlossenen Neubau handelt es sich um ein Passivhausbauwerk, wobei ein Großteil der Fassade begrünt ist. Das Hotel erzeugt über das Jahr verteilt mit einer 130 Quadratmeter großen Solaranlage, einer 93 Quadratmeter großen Photovoltaikanlage und einer Wasser-Wärmepumpe so viel Energie, wie es verbraucht. (www.zerowasteaustria.at/boutiquehotel-stadthalle.html)



Abbildung 7 Innenhofgestaltung Boutiquehotel Stadthalle (GrünstattGrau 2013, <https://gruenstattgrau.at/projekt/gruenfassade-am-boutique-hotel-stadthalle-in-wien/>) – abgefragt am 17.1.2019)

Nicht nur durch die Null-Energie-Bilanz kann man „klimaneutral“ Urlaub machen. Gäste, die mit dem Zug oder dem Fahrrad anreisen, erhalten einen Rabatt von 10 Prozent auf den Zimmerpreis.

Im Keller wird Brunnenwasser gesammelt und für die Toiletten und Grünanlagen des Hotels verwendet. Am Flachdach wurden Lavendel angepflanzt und Bienenstöcke

aufgebaut. Lavendel und Honig können als Mitbringsel erworben werden. Ein Teil des Grünschnitts wird am Dach kompostiert. (Zerowaste Austria 2019, Boutiquehotel Stadthalle: Das erste „Null-Energie-Bilanz“ Hotel, <https://www.zerowasteaustria.at/boutiquehotel-stadthalle.html>)



Abbildung 8 Begrünte Fassade Boutiquehotel Stadthalle (GrünstattGrau 2013, <https://gruenstattgrau.at/projekt/gruenfassade-am-boutique-hotel-stadthalle-in-wien/>) – abgefragt am 17.1.2019)

Der Vertikalgarten an der Außenfassade ist nicht nur für die Hausgäste, die direkt vom Fensterbrett aus frische Erdbeeren ernten können, ein Gewinn, sondern auch für die Anrainer. Er wurde durch die Anbringung von 10 cm hohen Aluminiumwannen an der Fassade gestaltet. Zwischen den Geschoßen werden die Grünabschnitte mit einem horizontalen Metallband zum Zwecke des Brandschutzes abgetrennt. Die Steuerung der Tröpfchenbewässerung erfolgt über Bodensensoren. Schon vor der Umsetzung der begrünten Außenfassade entschied man sich für die Erhaltung des bestehenden wilden Weines im Innenhof. Auf einem niedrigeren Gebäudeteil im Innenhof wurde ein Lavendel-Rosendach errichtet.

Es handelt sich um ein vorgehängtes, fassadengebundenes Begrünungssystem mittels Aluminiumpflanzwannen in Kaskadenbauweise. Die Pflanzen sind mehrjährige Staudenarten wie Storchenschnabel, Purpurglöckchen, Lavendel, Walderdbeeren und selbstklimmende Kletterpflanzen wie Efeu, Wilder Wein und Kletterhortensien. (GrünstattGrau 2013, <https://gruenstattgrau.at/projekt/gruenfassade-am-boutique-hotel-stadthalle-in-wien/>.)

Die Vertikalbegrünung soll einen aktiven Beitrag zur Beschattung und Kühlung des Gebäudes sowie zur Verbesserung des Mikroklimas leisten. Es handelt es sich um ein Forschungsprojekt der Firma Grünwand und der Universität für Bodenkultur. Untersucht wird, wie sich eine Fassadenbegrünung auf das Raumklima auswirkt. Um geeignete Vergleichswerte zu erzielen, wurde die Hausfassade vorerst nur teilweise begrünt. Das Projekt wurde finanziell seitens der Geschäftsgruppe Umwelt und der Geschäftsgruppe Verkehr/Energieplanung mit EUR 40.000,- gefördert und von der MA 42 – Wiener Stadtgärten fachlich beraten und unterstützt. (Vassilakou 2014, Begrünte Fassaden: Gut fürs Klima, <https://wien.gruene.at/umwelt/begruente-fassaden-gut-fuers-klima>.)

4.4. Seestadt Aspern: Wohnpark „Living Garden“



Abbildung 9 Wohnpark „Living Garden“ in der Seestadt Aspern (<https://living-garden-j3b-at/>) – abgefragt am 16.1.2019

Das Projekt Living Garden ist eines der grünsten in der Seestadt Aspern in Wien. Terrassenförmig angelegt rankt sich ein Grünbewuchs im Innenhof spiralförmig in einem mitlaufenden Erdkörper nach oben. Aufgrund der Kletterpflanzen, die im Zeitablauf immer weiter wachsen, wird das Haus immer grüner.

Das Gebäude wird sich dadurch zu einem grünen Haus entwickeln. Die größte gemeinschaftlich genutzte Terrasse im zweiten Obergeschoss können alle Bewohner für Urban Gardening nutzen. Aufgrund der stufenartigen Anordnung der Geschosse bietet sich nebenbei ein optimaler Seeblick von allen Stockwerken aus.

Die Gemeinschaftsterrassen laden zum gemeinsamen Gärtnern ein und stärken ein harmonisches Miteinander. *„Living Garden ist ein gutes Beispiel dafür, wie man ein Stück Natur in die Stadt bringen kann und den Bewohnern somit ein besseres Lebensgefühl bietet“*, meinte Bezirksvorsteher-Stv. Karl Gasta. (o. V. 2018: 68)

Das Projekt zeigt auf, dass auch größere Wohnanlagen CO₂-neutral betrieben werden können. Es wurde mit klimaaktiv Gold Standard ausgezeichnet. (VI-Engineers Bauträger GmbH & CoKG 2018, Living Garden Seeparkquartier Aspern, <https://living-garden-j3b.at>)

Nach 12 Monaten Bauzeit wurde im August 2018 die Fertigstellung des Rohbaus gefeiert. Mit dem Projekt entstanden 56 neue Mietwohnungen, fünf Büros und fünf Geschäftslokale auf einer Fläche von rd. 2.174 Quadratmetern. (o. V. 2018: 68)

4.5. Mailand: Bosco verticale



Abbildung 10 Bosco verticale, Mailand (ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften 2018: 16)

Das Projekt „Bosco Verticale“ oder „Vertical Forests“ ist ein Hochhauskomplex mit zwei umfassend mit Bäumen begrüntem Zwillingstürmen in Mailand. Es wurde vom italienischen Architekten Stefano Boeri geplant und bildet ein gutes Beispiel für ein nachhaltiges Wohngebäude. Die vertikale Verdichtung der Natur innerhalb der Stadt trägt zur Umweltregeneration und zur urbanen Biodiversität bei. Ende 2014, ca. fünf Jahre nach Baubeginn, öffneten die beiden bepflanzten Wohntürme mit einer Höhe von 80 und 110 Metern seine Türen für die Bewohner. Mit dem Einzug in die Zwillingstürme hat das Experiment „Zusammenleben von Menschen und Bäumen“ begonnen. Die Türme befinden sich im Stadtteil Porta Nuova im Norden des Zentrums von Mailand neben dem Bahnhof Milano Porta Garibaldi. Zuvor befand sich in diesem Bereich ein Arbeiterwohnviertel. Der Bosco Verticale setzt weltweit neue Maßstäbe für begrünte Hochhäuser und weitere Gebäude dieser Art sind weltweit im Bau oder im Entwurf. Bei den meisten Projekten wird mittels Einbringung vieler unterschiedlicher Pflanzenarten eine hohe Gründiversität erreicht. Der Bau und die In-

standhaltung der Gebäude erfolgen auf nachhaltige Weise. Die Bandbreite reicht weltweit von Appartements in Luxustürmen bis zu Wohnungen im sozialen Wohnbau. Auch urban gardening oder bedrohte heimische Pflanzen kommen zum Einsatz. Das Projekt steht symbolisch für die Wiederbesiedelung der Städte mit Pflanzen und Tieren und es soll Vorbildwirkung für zahlreiche weitere Bauwerke dieser Art weltweit haben. (ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften 2018: 16f.)

Etwa 900 Bäume von drei bis neun Meter Höhe und 2000 weitere Pflanzen wurden in 1,3 Meter tiefe Betonwannen auf den Terrassen und Balkonen an der Fassade der Türme gepflanzt. Wären die Bäume eines der Hochhäuser in einer Ebene eingesetzt worden, wäre eine Waldfläche von rd. 7.000 Quadratmetern entstanden. Die Botanikerin Laura Gatti wählte ca. 20 unterschiedliche Laub- und Nadelbaumarten und weitere 80 zusätzliche Pflanzenarten aus. Bei der Pflanzenanordnung wurde Wert darauf gelegt, dass im Jahreszeitenablauf immer neue Farbakzente gesetzt werden. Die Planung der Bepflanzung dauerte mehr als zwei Jahre, das Einsetzen mithilfe von Kränen nahm fast ein Jahr in Anspruch. Auf dem Dach wurde ein Kran für die Pflegemaßnahmen errichtet, von dem aus sich drei angestellte Gärtner abseilen. Sie pflegen die Pflanzen von außen und schneiden sie vier Mal im Jahr. Die Bewässerung erfolgt über ein Schlauchsystem, das von einem Becken im Keller gespeist wird. In den Wasserbehältern wird das Brauchwasser der Häuser gesammelt. So wurden neue Lebens- und Nahrungsräume für Insekten und Vögel geschaffen und soll das Mikroklima in den Wohnungen und auf den Balkonen verbessert werden. Weiters sollen die Pflanzen Lärm, Staub und Hitze mildern. Dadurch verbessern sich die Lebensqualität der Bewohner und ihr Bezug zur Natur.



Abbildung 11 Bosco verticale, Mailand – Terrassenperspektive (<https://images.app.goo.gl/h8xHYxBchY2HKXDJ7> - abgefragt am 15.1.2019)

In Lausanne entsteht gerade ein ähnliches Hochhaus mit dem Namen Tour des Cèdres, das ebenfalls vom selben Architekten, Stefano Boeri, geplant wurde. (https://de.wikipedia.org/wiki/Bosco_Verticale.)

5. Beschreibung des Experteninterviews und der Befragungen von Gebäudenutzern

Gegenstand der Arbeit war, aufbauend auf den theoretischen Erkenntnissen die im Hinblick auf die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen aufgestellten Hypothesen durch Experteninterviews und Befragungen von Gebäudenutzern praktisch zu verifizieren:

1) Wird durch Gebäudebegrünung das Mikroklima verändert?

Dabei sind vor allem nachfolgende Parameter für eine Veränderung des Mikroklimas ausschlaggebend:

Verdunstung: erhöhte Luftfeuchtigkeit, Senkung der gefühlten Temperatur

Luftverbesserung: Sauerstoffproduktion

Feinstaubbindung über Blattoberfläche

Verdunstungskälte

2) Wird durch Gebäudebegrünung das physische Wohlbefinden der Personen in der Gebäudeumgebung nachhaltig verbessert?

Das physische Wohlbefinden wird dabei durch nachfolgende Eigenschaften und Auswirkungen beschrieben:

Thermischer Komfort

Lärmschutz: Schallreduktion

Behaglichkeit: Gefühl von Sicherheit, ästhetische Wirkung

Die in Kapitel 1 Einleitung und Problemstellung und Kapitel 2.1. Übersicht über diverse vorliegende Studien zitierten Literaturquellen und ein Experteninterview vom 16.5.2018 mit Herrn Dipl.-Ing. Jürgen Preiss, Magistratsabteilung 22 Wiener Umweltschutzabteilung, Bereich Räumliche Entwicklung, Projektkoordination Ur-

ban Heat Islands, Strategieplan Wien, führten zur eigenen Erkenntnis, dass zur Untersuchung der Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf den UHI-Effekt vor allem drei Methoden eingesetzt werden:

- Simulationsverfahren
- Messverfahren
- Befragungen.

Wien ist auf nationaler und internationaler Ebene ein Vorreiter im Bereich Gebäudebegrünungen. Es wurden bereits zahlreiche öffentliche Gebäude begrünt und auch für private Projekte werden Förderprogramme angeboten. Modellprojekte werden im Hinblick auf ihre klimatologische Wirksamkeit laufenden Untersuchungen unterzogen.

Eine **Simulationsmethode** stellt ENVI-MET (ENVIRONMENTAL METEOROLOGY SIMULATION PROGRAM) dar. Es handelt sich um ein Planungstool für die Simulation von energetisch-meteorologischen Prozessen im urbanen Raum, das mikroklimatische Auswirkungen geplanter Bau- oder Umbaumaßnahmen analysiert. Dieses Tool ermöglicht, bauliche Maßnahmen bereits während der Planungsphase auf ihre mikroklimatischen Auswirkungen hin zu untersuchen und zu optimieren. Mit Hilfe dieses Simulationsprogramms haben TU Wien und BOKU in Zusammenarbeit mit der MA 22 bereits diverse Forschungsprojekte durchgeführt, die positive Auswirkungen von Gebäudebegrünungen bestätigen. (Jacob-Funck 2017: 247)

Weiters wurde in Zusammenarbeit mit den Entwicklern von ENVI-MET der GreenPass-Editor modelliert. Es handelt sich um das weltweit erste standardisierte Planungstool für klimasensitive Stadt- und Objektplanung, das auf die Optimierung des thermischen Komforts und auf eine Verbesserung der Lebensqualität abzielt. Es ermöglicht, eine Planungsgrundlage auf Basis CAD oder GIS in ein Mikroklimamodell umzuwandeln und die mikroklimatischen Auswirkungen eines Bauvorhabens zu beurteilen. Die Anordnung der Gebäudestruktur, die Gestaltung von Oberflächenmaterialien (inkl. deren Farbe), der Versiegelungsgrad sowie die Einbindung von grüner

und blauer Infrastruktur werden in den entsprechenden Planungsschritten (Vorentwurf, Entwurf, Detailplanung) simuliert. (Jacob-Funck 2017: 249f.)

Damit werden die diversen Planungsvarianten im Hinblick auf ihre Gebäudegestaltung durch Klimasimulationen optimiert. Analysen führen zu detaillierten Aussagen der Wirkung von Baukörpern, Begrünungs- und Oberflächenbefestigungsmaßnahmen auf den thermischen Komfort, das Windfeld, die Wasser- und CO₂-Speicherung, Kühlgradstunden, Lufttemperatur, Wasserbedarf, etc. und setzen diese Maßnahmen in Relation zu den Errichtungs-, Wartungs- und Pflegekosten.

PROGreenCity war ein Forschungsprojekt über wandgebundene Begrünungen in Wien, Madrid und Frankfurt/Main von 2011 bis 2014. Messungen wurden bei einem neu errichteten Mikrohaus durchgeführt und Erlebnisberichte von Bewohnern analysiert. Auch wurden mit ENVI-MET Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Straßenraum untersucht. An einem Sommertag im August 2013 wurden Gebäude in der Mariahilfer Straße in Wien simuliert. Im Vergleich zum Status Quo wurde angenommen, dass diese mit einer durchgehenden Fassadenbegrünung ausgestattet werden. Festgestellt wurde eine Reduktion der berechneten PET (gefühlten Temperatur) von 6 – 7 Grad Celsius durch die Begrünungsmaßnahmen. (Jacob-Funck 2017: 247f.)

Durch die Anwendung dieser Tools von Immobilienentwicklern und Planern konnte veranschaulicht werden, dass auch mit vergleichsweise kleinen und kostengünstigen Begrünungsmaßnahmen der thermische Komfort und die Lebensqualität der Bewohner gesteigert und die Biodiversität und der Lebensraum für Tiere gefördert werden kann. Darüber hinaus führen Gebäudebegrünungen oftmals zu einer Wertsteigerung der Bauwerke. Seitens der MA 22 besteht Interesse, Klimasimulationen auch bei Bauträgerwettbewerben in die Wettbewerbskriterien einfließen zu lassen. (Jacob-Funck, J. 2017: 250)

Mithilfe der Greenpass-Technologie kann somit der thermische Komfort von Gebäuden verbessert und die Lebensqualität der Bewohner signifikant gesteigert werden, wobei für das Mikroklima einer Stadt die Optimierung jedes Gebäudes relevant ist.

Durch eine Kosten-Nutzen-Analyse während der Gebäudeplanung kann die kosteneffizienteste und ressourcenschonendste Lösung gefunden werden. In Abhängigkeit des Gesamterfüllungsgrades kann ein Greenpass-Zertifikat Silber, Gold oder Platin erworben werden. (Scharf 2017: 10 – 13, www.green4cities.com) Die Verbesserung des thermischen Komforts wurde z.B. im Falle der oben dargestellten ENVI-MET-Simulation auf der Mariahilfer Straße beschrieben. (Enzi 2015: The Power of Surface. How green building infrastructure contributes to Cities Climate Change Adaptation,

https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/klimawandel/Dokumente/ECBCC2015/2015-11-17/16.00_-_Vera_Enzi_-_20151116_Bonn_Enzi-web.pdf)

Neben Simulationsverfahren werden auch **Messverfahren** zur Beurteilung der Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf den UHI-Effekt angewandt, wobei keine einheitlichen Messverfahren vorliegen. Problematisch erscheinen die zahlreichen Einflüsse auf die gefühlte Temperatur des Durchschnittsmenschen, da neben der tatsächlichen Temperatur die Luftfeuchtigkeit, die Windverhältnisse und die Strahlung entscheidenden Einfluss haben. Auch sind durch den Klimawandel Messungen in zeitlicher Abfolge untereinander nicht seriös vergleichbar.

Befragungen stellen eine weitere Möglichkeit dar, den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima und das physische Wohlbefinden von Personen zu beurteilen. Im Zuge der Literaturrecherche hat sich gezeigt, dass es im Vergleich zu anderen Methoden wenige Arbeiten gibt, die auf Basis von Fragebögen Rückschlüsse darauf ziehen.

Durch die gezielte Befragung von Mitarbeitern in Gebäuden, die über eine Gebäudebegrünung verfügt, sollte daher im Rahmen der Master Thesis in Erfahrung gebracht werden, welche Einstellungen und Meinungen sie hinsichtlich der Wirkung von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima und das physische Wohlbefinden haben.

Herr Dipl.-Ing. Jürgen Preiss, Magistratsabteilung 22 Wiener Umweltschutzabteilung, mit dem ein Experteninterview geführt wurde, war bei der Verteilung eines

Fragebogens behilflich. Er richtete sich einerseits an Mitarbeiter des Büroturms der MA 48, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien, der über eine begrünte Fassade verfügt, andererseits an Beschäftigte im Bezirksamt Margareten, Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien, dessen Fassade und Innenhof begrünt ist. Diese beiden Bürogebäude, die in Kapitel 4 Gestaltungsbeispiele – Vorzeigeprojekte bereits beschrieben wurden, wurden für die Befragung mittels Fragebogens ausgewählt, weil alle Mitarbeiter mit dem Fragebogen per e-mail adressiert werden konnten. Bei den anderen in Kapitel 4 aufgeführten Begrünungsprojekten wäre eine Befragung aus nachfolgenden Gründen schwierig oder wenig aussagekräftig gewesen: Das Boutiquehotel Stadthalle wird von ständig wechselnden Gästen genützt, die sich nur vorübergehend, manchmal nur einzelne Tage, im Gebäude aufhalten. Der Wohnpark „Living Garden“ in der Seestadt Aspern wurde erst vor kurzem (Frühjahr 2019) fertiggestellt und die Wohnungen und Geschäftslokale noch nicht alle an ihre Nutzer übergeben. Beim internationalen Projekt „Bosco Verticale“ in Mailand wäre eine Adressierung der Bewohner der Zwillingstürme nicht zuletzt aus sprachlichen Gründen schwierig gewesen.

Eine Befragung der Mitarbeiter der beiden Bürogebäude im 5. Bezirk erschien daher sinnvoll, obgleich sie mit dem Nachteil verbunden ist, dass die Angestellten das Gebäude nur zu den Bürozeiten (und nicht in der Nacht) nützen.

Ein Fragebogen mit 16 Fragen (siehe Anhang) wurde entsprechend der beiden Hypothesen in zwei Teilbereiche gegliedert. Die Fragen 1 – 4 gehen auf die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima ein, die Fragen 5 – 16 untersuchen die Beurteilung hinsichtlich des physischen Wohlbefindens der Personen im Gebäude und in der Gebäudeumgebung.

Das Antwortverhalten konnte in vier Kategorien erfolgen. Um eine Verzerrung der Ergebnisse in Richtung einer positiven Beurteilung möglichst zu vermeiden, wurden bewusst auch negativ formulierte Fragen als Korrektiv integriert (Frage 6, 12 und 16).

Der Fragebogen wurde an rund 200 Personen verteilt. 23 Fragebögen wurden retourniert. Das entspricht einer Rücklaufquote von 11,5 %. Aufgrund der geringen Rück-

laufquote ist zu beachten, dass die Antworten statistisch nicht repräsentativ und aussagekräftig sind. Die kleine Stichprobengröße kann daher nur Indikationen über das mögliche Empfinden von Bewohnern begrünter Häuser geben.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte zunächst durch Einfügen der Antwortausprägungen in unten angeführte Tabelle 3.

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
Frage 1	17	5	1	0
Frage 2	4	18	1	0
Frage 3	6	16	1	0
Frage 4	6	17	0	0
Frage 5	18	5	0	0
Frage 6	4	19	0	0
Frage 7	11	12	0	0
Frage 8	5	17	1	0
Frage 9	19	4	0	0
Frage 10	17	5	1	0
Frage 11	19	4	0	0
Frage 12	4	18	1	0
Frage 13	19	3	1	0
Frage 14	18	5	0	0
Frage 15	17	5	1	0
Frage 16	4	18	1	0

Tabelle 3: Antwortverhalten und Ergebnisse der Befragung (eigene Darstellung)

Wie o.a. wurden, um ein Bias der Ergebnisse in Richtung einer positiven Beurteilung möglichst zu vermeiden, bewusst auch negativ formulierte Fragen als Korrektiv integriert (Frage 6, 12 und 16). Sie wurden in der Tabelle rot markiert. Um die gleiche Logik auch hinsichtlich der negativ formulierten Fragen im Diagramm widerzuspiegeln, wurde bei diesen Fragen ebenfalls die positivste Beurteilung unter Kategorie 1

und die negativste unter Kategorie 4 dargestellt. Frage 6 ist daher beispielsweise wie folgt zu interpretieren: 6) Führen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach zu einer Verdunkelung der Zimmer im Hausinneren? Vier Personen haben diese Frage mit „nein“ und 19 Personen mit „eher nein“ beantwortet. Es ist daher bei den negativ formulierten Fragen erkennbar, dass die Beeinträchtigungen eher verneint werden.

Um das Antwortverhalten auch grafisch zu veranschaulichen, wurde die Anzahl der jeweiligen Kategorieausprägungen anschließend in ein Balkendiagramm (Abbildung 12) und in ein Netzdiagramm (Abbildung 13) übertragen.

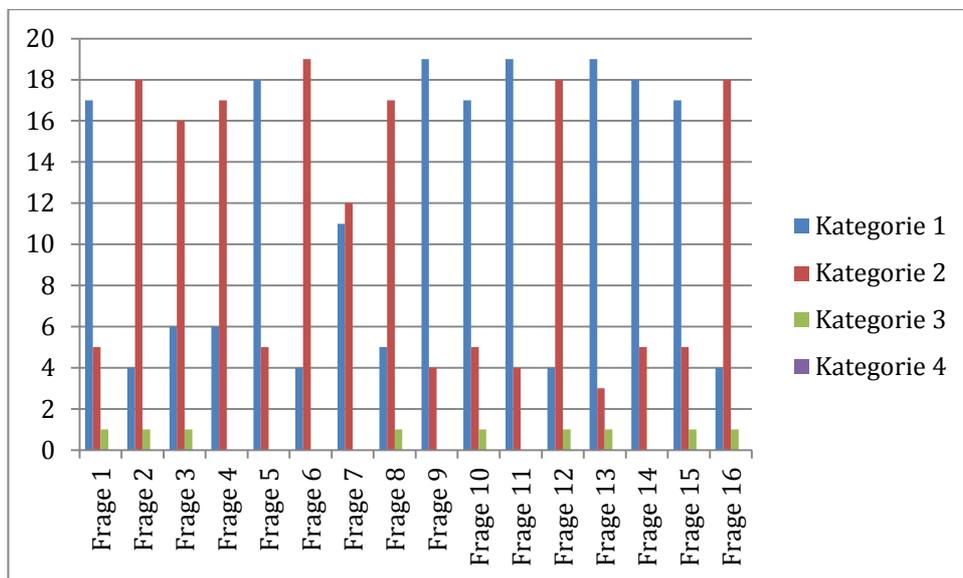


Abbildung 12: Balkendiagramm Auswirkungen von Gebäudebegrünungen (eigene Darstellung)

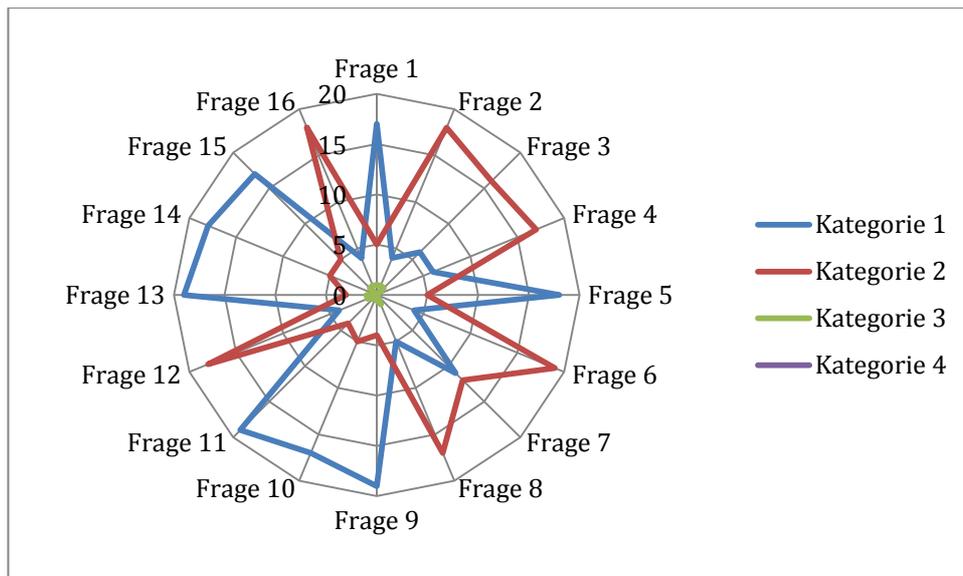


Abbildung 13: Netzdiagramm Auswirkungen von Gebäudebegrünungen (eigene Darstellung)

Die Diagramme eignen sich zur grafischen Darstellung und zum Vergleich von Werten mehrerer, gleich angeordneter Kategorien von zuvor festgelegten Kriterien. Kategorie 1 entspricht der positivsten Beurteilung, Kategorie 2 der zweitbesten Beurteilung, Kategorie 3 der zweitschlechtesten Beurteilung und Kategorie 4 der schlechtesten Beurteilung. Die Anzahl der Rückmeldungen hinsichtlich jeder Fragenkategorie wurde sowohl in das Balkendiagramm als auch in das Spinnennetz übertragen.

Aus den eingegangenen Antworten der Befragung konnten folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

Im Großen und Ganzen werden die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima (Fragen 1 – 4) als starke (Kategorie 1 – blau) oder geringfügige Verbesserung (Kategorie 2 – rot) eingeschätzt. Nur sehr wenige Einstufungen als „geringfügige Verschlechterung“ (Kategorie 3 – grün) liegen vor. Eine Einschätzung als „starke Verschlechterung“ (Kategorie 4 – violett) erfolgte durch keinen der rückgesandten Fragebögen.

Auch hinsichtlich des physischen Wohlbefindens von Personen im Gebäude und in der Gebäudeumgebung (Fragen 5 – 16) ist das Antwortverhalten der befragten Mit-

arbeiter im Großen und Ganzen positiv (vorwiegend Antwortverhalten Kategorie 1 – blau oder Kategorie 2 – rot).

Wie allerdings bereits oben beschrieben, ist die Aussagekraft der Befragung aufgrund der geringen Rücklaufquote und der damit verbundenen kleinen Stichprobe möglicherweise nicht repräsentativ. Die statistische Signifikanz ist zu gering und die Befragung wissenschaftlich nicht ausreichend fundiert.

6. Darstellung der Ergebnisse der Arbeit, Zusammenfassung und Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen und Ausblick

Sowohl die Literaturrecherche als auch das Expertengespräch haben gezeigt, dass Gebäudebegrünungen eine geeignete Möglichkeit darstellen, um dem in Städten auftretenden UHI-Effekt entgegenzuwirken. Sie leisten einen Beitrag zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung in urbanen Gebieten.

Auch im Rahmen der Befragung von Gebäudenutzern werden die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima und auf das physische Wohlbefinden von Personen im Gebäude und in der Gebäudeumgebung grundsätzlich positiv eingeschätzt. Die Aussagekraft ist jedoch aufgrund der kleinen Stichprobe nicht ausreichend wissenschaftlich fundiert.

Fassaden-, Dach- und Innenhofbegrünungen haben durch die Senkung der gefühlten Temperatur einerseits positive Auswirkungen auf das Mikroklima. Die Begrünungsmaßnahmen führen zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit und einer Senkung der gefühlten Temperatur. Die Sauerstoffproduktion der Pflanzen führt nachweislich zu einer Luftverbesserung. Neben einer Feinstaubbindung über der Blattoberfläche entsteht Verdunstungskälte.

Andererseits werden durch Gebäudebegrünungen auch das physische Wohlbefinden und die Behaglichkeit von Personen im Gebäude und in der unmittelbaren Umgebung verbessert. Menschen fühlen eine Erhöhung des thermischen Komforts und eine Steigerung der Behaglichkeit und begrünte Fassaden können auch eine Schallreduktion mit sich bringen.

Die Vor- und Nachteile sowie die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen wurden im Rahmen der Master Thesis herausgearbeitet.

Klimaanpassungsmaßnahmen wurden in den städtebaulichen Planungen der Vergangenheit noch vielfach zu wenig berücksichtigt. Gebäudebegrünungsmaßnahmen sollten daher künftig aktiv und verstärkt in die Stadtplanung integriert werden.

Die Stadt Wien gilt als Vorreiter auf diesem Gebiet und hat in den letzten Jahren bereits wichtige strategische Ansatzpunkte gesetzt. Der von der Wiener Umweltschutzabteilung - MA22 erarbeitete Urban Heat Island-Strategieplan Wien wird konsequent umgesetzt. Er ist in den Stadtentwicklungsplan (STEP 2025), der die positive Beeinflussung des Stadtklimas durch mehr Grün als zentrale Strategie verankert, eingebettet. Dieser wiederum ist als Teilplan der langfristigen Dachstrategie bis 2050 („Smart City“-Strategie“) und des Klimaschutz- und Anpassungsprogrammes der Stadt Wien anzusehen.

Auf EU-Ebene fördert die EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (2013) und die Biodiversitätsstrategie 2020 die Schaffung von grüner Infrastruktur.

Weltweit gibt es bereits zahlreiche positive Gestaltungsbeispiele von Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünungen. Im Rahmen der Master Thesis wurden einerseits zwei in Wien umgesetzte Begrünungsprojekte von Bürogebäuden im 5. Bezirk dargestellt. Auf sie bezieht sich auch die Befragung mittels Fragebogen. Als weitere Vorzeigeprojekte wurden das umfassend begrünte Boutiquehotel Stadthalle und der Wohnpark „Living Garden“ in der Seestadt Aspern beschrieben. Als bedeutendes internationales Begrünungsprojekt wurde der „Bosco Verticale“ in Mailand aufgezeigt.

Die im Rahmen der Master Thesis aufgestellten beiden Hypothesen, die die Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima und auf das physische Wohlbefinden von Personen in der Gebäudeumgebung untersucht haben, können sowohl durch die vorgenommene Literaturrecherche als auch aufgrund des Expertengesprächs bestätigt werden. Die im Anschluss durchgeführte Befragung hat im Großen und Ganzen ebenfalls zu positiven Ergebnissen geführt, wobei diese Erkenntnis aber aufgrund der geringen Rücklaufquote an Fragebögen bei der Befragung wissenschaftlich nicht ausreichend abgesichert ist.

Wichtig erscheint, dass die gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen der Neugestaltung und Sanierung von Stadtteilen künftig auf allen Planungsebenen umfassend berücksichtigt und umgesetzt werden. Mittels SWOT-Analyse sollten sich Entscheidungsträger der eigenen Stärken und Schwächen bewusst werden und das Umfeld auf Chancen und Risiken oder Gefahren sorgfältig analysieren. Öffentliche Entscheidungsträger müssen lokale Unternehmer dazu ermutigen, Investitionen in Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des UHI-Effektes zu tätigen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

Akbari Hashem/Cartalis Constantinos/Kolokotsa Denia/Muscio Alberto/Pisello Anna Laura/Rossi Federico/Santamouris Matheos/Synnefa Afroditi/Wong Nyuk Hien/Zinzi Michele (2016): Local climate change and urban heat island mitigation techniques – the state of the art, *Journal of Civil Engineering and Management* 22 (1), 1 - 16.

Akbari Hashem/Kolokotsa Dionysia (2016): Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research, *Energy Build.* 133, 834 - 842.

Bauordnung für Wien – BO für Wien (LGBl. Nr. 71/2018).

Berardi Umberto/GhaffarianHoseini AmirHosein/GhaffarianHoseini Ali (2014): State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs, *Applied Energy* 115, 411 - 428.

Böttner Rudolf/Fischer Reinhard/Kuhr Detlef (2012): Abgrenzung und Intensität der urbanen Hitzeinsel und der Überwärmungsgebiete. Zustand und Perspektive für Bielefeld hergeleitet aus Infrarot-Satellitenaufnahmen und numerischen Extrapolationen bis 2100, Hrsg. Frohn, J., Gebhardt, K., Decker, R., *Diskussionspapier Nr. 55*.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BMVBS/BBR) (2007): Die demografische Entwicklung in Ostdeutschland und ihre Auswirkungen auf die öffentlichen Finanzen, *Forschungen*, Heft 128, Bonn.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): 7. UVP-Bericht an den Nationalrat, Bericht der Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus an den Nationalrat gemäß § 44 UVP-G 2000 über die Vollziehung der Umweltverträglichkeitsprüfung in Österreich, Wien.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Alles im Wandel: Demografische und klimatische Veränderungen im Kontext der integrierten Stadtentwicklung, BMVBS-Online-Publikation 23/2013.

Cameron Ross W. F./Taylor Jane E./Emmett Martin R. (2014): What's "cool" in the world of green facades? How plant choice influences the cooling properties of green walls, *Building and Environment*, 73, 198 – 207.

Chen Dong/Wang Xiaoming/Thatcher Marcus/Barnett Guy/Kachenko Anthony/Prince Robert (2014): Urban vegetation for reducing heat related mortality, *Environmental pollution*, 192, 275 - 284.

Chun B./Guldmann J.-M. (2014): Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities, *Landscape and urban planning*, 125, 76 - 88.

Damyanovic Doris/Reinwald Florian/Brandenburg Christiane/Alex Brigitte/Gantner Birgit/Morawetz Ulrich/Preiss Jürgen (2016): Pilot Action City of Vienna – UHI-STRAT Vienna. In: Musco Francesco (ed.), *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*, Springer International Publishing AG Switzerland, Venice.

Depietri Yaella/McPhearson Timon (2017): Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In: Kabisch Nadja/Korn Horst/Stadler Jutta/Bonn Aletta: *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas, Linkages between Science, Policy and Practice*, Springer.

Europäische Kommission (2013): EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:DE:PDF>).

Franck Enke/Overbeck Gerhard (2012): Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Birkmann Jörg/Schanze Jochen/Müller Peter/Stock Manfred (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente, E-Paper der ARL Nr. 13, Hannover, 89 – 105, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0156-73192>.

Georgakis Ch./Zoras S./Santamouris M. (2014): Studying the effect of “cool” coatings in street urban canyons and its potential as a heat island mitigation technique, *Sustainable Cities and Society* 13, 20 - 31.

Greiving Stefan (2012): Die integrierte Betrachtung von Klimawandel und demografischem Wandel als zentrale Herausforderung für Raumplanung, Metropolis und Region – Aktuelle Herausforderungen für Stadtforschung und Raumplanung, Verlag Rohn, Band 8.

Gronau Lotta (2012): Klimawandelanpassung im städtebaulichen Kontext – Bewertung des Rahmenplans Krückau-Vormstegen hinsichtlich der Klimaangepasstheit und Nachhaltigkeit, Bachelor Thesis, Hafen City Universität Hamburg, Hamburg.

Haluza Daniela (2010): Feinstaubminderung durch Gebäudebegrünung, *Galabau Praxis*, Das digitale Journal für den Garten- und Landschaftsbauer, 03/2010.

Helms, M.M./Nixon J. (2010): Exploring SWOT analysis – where are we now? A review of academic research from the last decade, *Journal of Strategy and Management*, Vol. 3 Iss 3, 215 - 235.

Heusinger Jannik/Weber Stephan (2015): Comparative microclimate and dewfall measurements at an urban green roof versus bitumen roof, *Building and Environment*, 92, 713 – 723.

Ho Hung Chack/Knudby Anders/Sirovyak Paul/Xu Yongming/Hodul Matus/Henderson Sarah B. (2014): Mapping maximum urban air temperature on hot summer days, *Remote Sensing of Environment*, 154, 38 - 45.

Hollands Jutta (2017): Entwicklung eines Modells zur Bewertung der ökologischen, ökonomischen und energetischen Auswirkungen fassadengebundener Begrünungssysteme, Diplomarbeit, TU Wien, Wien.

Hollands Jutta/Korjenic Azra (2019): Ansätze zur ökonomischen Bewertung vertikaler Begrünungssysteme, *Bauphysik* 41 (2019), Heft 1, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 38 - 54.

Howard Luke (1833): *The climate of London*, three volumes, London.

Hu Leiqiu/Brunsell Nathaniel A. (2015): A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles, *Remote Sensing of Environment*, 158, 393 - 406.

Jacob-Funck Jasmin (2017): *Begrünte Fassaden. Wie erfolgreich kann die Stadtplanung sie mit ihren Instrumenten voranbringen?*, Masterthesis, HafenCity Universität Hamburg, Hamburg.

König Klaus W. (2017): Naturnahe Prozesse sparen 90 % Energie – Beschattung und Kühlung von (halb-)öffentlichen Gebäuden mit Verwendung von Regenwasser, *fbr-wasserspiegel*, 3/17, 10 - 13.

Kronberger-Kießwetter Barbara/Balas Maria/Prutsch Andrea (2017): *Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel*, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.

Krüger Eduardo/Drach Patricia/Emmanuel Rohinton/Corbella Oscar (2013): Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK, *Theoretical Applied Climatology*, 112(1-2), 127 - 141.

Kuttler Wilhelm (2010): Urbanes Klima, Teil 1, Umweltmeteorologie, Nr. 7/8 – Juli/August, 70. Jg., 329 - 340.

Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen “ÖkoKauf Wien”, Arbeitsgruppe 25, Grün- und Freiräume (2013): Leitfaden Fassadenbegrünung, I/2013, Wien.

Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2003): Wildwuchs: Vom Wert dessen, was von selbst ist, Wien.

Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2010): Wiens Stadtnatur im Überblick, Ein Bericht zum Grünraummonitoring, Wien.

Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2013): Regenwassermanagement. Nachhaltiger Umgang mit wertvollem Regenwasser, Wien.

Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (2015): Urban Heat Islands Strategieplan Wien, Wien.

Magli Susanna/Lodi Chiara/Lombrosco Luca/Muscio Alberto/Teggi Sergio (2014): Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 6(1), 91 -99.

Masson Valéry (2000): A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models, Boundary-Layer Meteorology, 94(3), 357 - 397.

Mirzaei Parham A./Haghighat Fariborz/Nakhaie Arya A./Yagouti Abderrahmane/Giguère Mélissa/Keusseyan Raffi/Coman Alexandru (2012): Indoor thermal condition in urban heat island – development of a predictive tool, Building Environment, 57, 7 - 17.

Mirzaei Parham A. (2015): Recent challenges in modeling of urban heat island, *Sustainable Cities and Society*, 19, 200 - 206.

Nikolaou Ioannis/Ierapetritis Dimitris/Tsagarakis Konstantinos P. (2011): An evaluation of the prospects of green entrepreneurship development using a SWOT analysis, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 18:1, 1 - 16.

o. V. (2018): Seestadt wächst, *REAL:ESTATE*, 14.9.2018.

Pamminger M. (2016): Entwicklung eines ökologischen Bewertungsmodells für Begrünungssysteme in Kombination mit PV-Modulen unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, Diplomarbeit, TU Wien, Wien.

Pelz Waldemar (2018): SWOT-Analyse, Definition, Beispiele und Vorlagen zum Erstellen einer SWOT-Analyse. In: Pelz Waldemar, *Strategisches und Operatives Marketing, Leitfaden zur Erstellung eines professionellen Marketingplans*, Nordstedt.

Piringer Dominik/Geissberger Merle (2018): Dachbegrünung als urbane Klimawandelanpassung, *Wasserland Steiermark, Die Wasserzeitschrift der Steiermark*, 1/2018.

Pisello Anna Laura/Castaldo Veronica Lucia/Piselli Cristina/Pignatta Gloria/Cotana Franco (2015): Combined thermal effect of cool roof and cool façade on a prototype building, *Energy Procedia* 78, 1556 - 1561.

Quan Jinling/Chen Yunkao/Zhan Wenfeng/Wang Jinfei/Voogt James/Wang Mengjie (2014): Multi-temporal trajectory of the urban heat island centroid in Beijing: China based on a Gaussian volume model, *Remote Sensing of environment*, 149, 33 - 46.

Rüdiger Andrea (2018): Klimawandelgerechte Strategien als Baustein einer integrierten Stadtentwicklung. In: Baumgart Sabine/Köckler Heike/Ritzinger Anne/Rüdiger Andrea (Hrsg.): *Planung für gesundheitsfördernde Städte*, Verlag der

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, 332 – 349, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-0853275>.

Sailor David J. (2014): Risks of summertime extreme thermal conditions in buildings as a result of climate change and exacerbation of urban heat islands, *Building and Environment*, 78, 81 - 88.

Stadt Nürnberg – Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie, Nürnberg.

Steiner Marianne (2017): Fit für den Klimawandel: Wie passt sich Wien an?, REAL CORP 2017 Proceedings/Tagungsband, 12. – 14. September 2017, Wien.

Sun Yuming/Augenbroe Godfried (2014): Urban heat island effect on energy application studies of office buildings, *Energy and Buildings*, 77, 171 - 179.

Taha Haider (2013): The potential for air-temperature impact from large-scale deployment of solar photovoltaic arrays in urban areas, *Solar Energy*, Volume 91, 358 - 367.

Tiller Nikolaus (2015): Urbaner Hitzeinseleffekt und altersspezifische Vulnerabilität - Eine Typisierung von Raumeinheiten in Wien, Masterarbeit, Universität Wien, Wien.

van Ham Chantal/Klimmek Helen (2017): Partnerships for Nature-Based Solutions in Urban Areas – Showcasing Successful Examples. In: Kabisch Nadja/Korn Horst/Stadler Jutta/Bonn Aletta: Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas, Linkages between Science, Policy and Practice, Springer.

van Hove L. W. A./Jacobs C. M. J./Heusinkveld B. G./Elbers J. A./van Driel B. L./Holtslag A. A. M. (2015): Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration, *Building and Environment*, 83, 91 - 103.

Voogt, James A./Oke T. R. (2003): Thermal remote sensing of urban climates, *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370 - 384.

Vuckovic Milena/Maleki Aida/Mahdavi Ardeshir (2018): Strategies for Development and Improvement of the Urban Fabric: A Vienna Case Study, *Climate* 2018, 6, 1 – 13, <https://doi.org/10.3390/cli6010007>.

Wang Yupeng/Berardi Umberto/Akbari Hashem (2015): Comparing the effects of Urban Heat Island Mitigation Strategies for Toronto, Canada, *Energy and Buildings*, Toronto, 2 - 19.

Wang Yupeng/Akbari Hashem (2016): The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal, *Sustainable Cities Society*, Elsevier, 122 - 128.

Wiener Naturschutzgesetz (2014): Gesetz mit dem das Wiener Naturschutzgesetz erlassen wird (WNSG), L 480-000.

Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch Bauordnung für Wien – BO für Wien (LGBL. Nr. 71/2018).

Wong, Johnny Kwok Wai/Lau Leo Siu-Kit (2013): From the “urban heat island” to the “green island”? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs in Mongkok district of Hong Kong, *Habitat International*, 39, 25 - 35.

ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (2018): Tagung Grünflächenmanagement 2018, Stafettenlauf durchs Stadtgrün, Tagungsdokumentation 15. November 2018, Zürcher Fachhochschule, Beitrag: Gatti, L: Vertikale Gärten – Wenn Häuser wachsen, Zürich.

Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) (2008): Klimaänderung 2007, Synthesebericht, Deutsche Übersetzung durch die deutsche IPCC Koordinationsstelle, Berlin.

ONLINE – QUELLEN:

Austrian Panel on Climate Change (APCC) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, <http://www.apcc.ac.at> – abgefragt am: 03.01.2019.

Biodiversitätsstrategie (2020),
http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_de.pdf – abgefragt am: 15.04.2019.

Enzi Vera (2015): The Power of Surface. How green building infrastructure contributes to Cities Climate Change Adaptation,
<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/klimawandel/Dokumente/ECBCC2015/2015-11-17/16.00 - Vera Enzi - 20151116 Bonn Enzi-web.pdf> - abgefragt am: 20.04.2019.

Green4cities (2018): Developing urban green visions, <http://www.green4cities.com>.
– abgefragt am: 18.12.2018.

GrünstattGrau (2013): <https://gruenstattgrau.at/projekt/gruenfassade-am-boutique-hotel-stadthalle-in-wien/>. – abgefragt am: 17.01.2019.

GrünstattGrau (2018): Grünfassade am Gebäude der MA 48 in Wien,
<https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2018/10/ma48.pdf> – abgefragt am: 19.04.2019.

Homeier Ina, Magistratsabteilung 18, Stadtentwicklung und Stadtplanung (2014): Smart City Wien Rahmenstrategie, Magistrat der Stadt Wien, Wien,
https://smartcity.wien.gv.at/site/wp-content/blogs.dir/3/files/2014/08/Langversion_SmartCityWienRahmenstrategie_deutsch_doppelseitig.pdf – abgefragt am: 17.04.2019.

<http://www.eu-uhi.eu/de/>. – abgefragt am: 03.12.2018.

https://de.wikipedia.org/wiki/Bosco_Verticale. – abgefragt am: 15.01.2019.

<https://images.app.goo.gl/h8xHYxBchY2HKXDJ7> - abgefragt am 15.01.2019.

Konsortium „50 Grüne Häuser“ (2019): Gratis-Grünfassaden für 50 Häuser, <https://wien.orf.at/m/news/stories/2971826/> - abgefragt am: 25.03.2019.

[Magistrat der Stadt Wien \(2009\): Klimaschutzprogramm der Stadt Wien, Fortschreibung 2010 – 2020, Wien,](#)

<https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/programm/klip2/index.html> - abgefragt am: 17.04.2019.

Magistrat der Stadt Wien: Stadtentwicklungsplan 2025, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/kurzfassung/lebt-auf.html> – abgefragt am: 20.04.2019.

Netzwerk Natur,

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/naturschutz/biotop/netzwerk.html> – abgefragt am: 15.04.2019.

Presse-Service Rathauskorrespondenz (2017): Ad Wohnkosten-Vergleich: Wer Äpfel mit Birnen vergleicht, wird niemals aussagekräftige Fakten gewinnen, <https://www.wien.gv.at/presse/2017/07/04/ad-wohnkosten-vergleich-wer-wer-aepfel-mit-birnen-vergleicht-wird-niemals-aussagekraeftige-fakten-gewinnen> - abgefragt am: 20.04.2019.

Scharf Bernhard/Schnepf Doris/Kraus Florian (2017): Greenpass Certification, Wien, www.green4cities.com – abgefragt am 18.12.2018.

Stadt Wien (2018): Fassadenbegrünung Amtshaus Schönbrunner Straße 54, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/architektur/oeffentliche-bauten/stadt/amtshaus-gruen.html>. – abgefragt am: 03.01.2018.

Stadt Wien (2018): Mehr Platz für die Natur, <https://www.wien.gv.at/bezirke/margareten/umwelt/gruenraum.html>. – abgefragt am: 19.12.2018.

Stiles R./Gasienica-Wawrytko B./Hagen K./Trimmel H./Loibl W./Köstl M./Tötzer T./Pauleit S./Schirmann A./Feilmayr W. (2014): Urban fabric types and microclimate response – assessment and design improvement, Endbericht, <http://urbanfabric.tuwien.ac.at/documents/SummaryReport.pdf> – abgefragt am: 15.04.2019.

Vassilakou Maria (2014): Begrünte Fassaden: Gut fürs Klima, <https://wien.gruene.at/umwelt/begrueente-fassaden-gut-fuers-klima>. – abgefragt am: 29.12.2018.

VI-Engineers Bauträger GmbH & CoKG (2018): Living Garden Seeparkquartier Aspern, <https://living-garden-j3b.at>. – abgefragt am: 16.01.2019.

Voraberger Anita (2010): MA48: Pilotprojekt Grüne Fassade auf der Zentrale der MA48 – Vertikalbegrünung als aktiver Beitrag zur Lebensqualität in Wien, http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20100912_OTS0003. – abgefragt am: 10.12.2018.

Zerowaste Austria (2019): Boutiquehotel Stadthalle: Das erste „Null-Energie-Bilanz“ Hotel, <https://www.zerowasteaustria.at/boutiquehotel-stadthalle.html>. – abgefragt am: 16.01.2019.

Zuvela-Aloise Maja (2013), Future of Climatic Urban Heat Stress Impacts – Adaption and mitigation of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model, <http://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/stadtklima/focus-i> - abgefragt am: 15.04.2019.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Simulation der mittleren Anzahl an Sommertagen in Wien und Umgebung	25
Abbildung 2	Planungsebenen in der Stadt, die für die Reduzierung des UHI-Effekts relevant sind	34
Abbildung 3	Amtsgebäude der MA 48 vor und nach der erfolgten Begrünung im Jahr 2010	44
Abbildung 4	Thermographie - Oberflächentemperaturen eines nebenstehenden Hauses mit Putzfassade (Durchschnittstemperatur rd. 45 Grad Celsius) und der begrünten Fassade der MA 48 (Durchschnittstemperatur rd. 30 Grad Celsius) im August 2011	46
Abbildung 5	Fassadenbegrünung Amtshaus Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien	47
Abbildung 6	Fassaden- und Dachbegrünung samt Solaranlage Boutiquehotel Stadthalle	48
Abbildung 7	Innenhofgestaltung Boutiquehotel Stadthalle	49
Abbildung 8	Begrünte Fassade Boutiquehotel Stadthalle	50
Abbildung 9	Wohnpark „Living Garden“ in der Seestadt Aspern	51
Abbildung 10	Bosco verticale, Mailand	53
Abbildung 11	Bosco verticale, Mailand – Terrassenperspektive	55
Abbildung 12	Balkendiagramm Auswirkungen von Gebäudebegrünungen	62
Abbildung 13	Netzdiagramm Auswirkungen von Gebäudebegrünungen	63

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Vorteile und Auswirkungen von Gebäudebegrünungen („ÖkoKauf Wien“ 2013: 7 – 13 und Piringer und Geissberger 2018: 9 – 10)	37
Tabelle 2	SWOT-Analyse: Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des UHI-Effektes (Eigene Darstellung)	41
Tabelle 3	Antwortverhalten und Ergebnisse der Befragung (eigene Darstellung)	61

ANHANG

Fragebogen Auswirkungen von Gebäudebegrünungen auf das Mikroklima und auf das physische Wohlbefinden der Personen im Gebäude und in der Gebäudeumgebung (eigene Darstellung)

Wien, im März 2019

UMFRAGE ZUR GEBÄUDEBEGRÜNUNG

Im Rahmen meiner Master Thesis an der Technischen Universität Wien führe ich eine **Befragung zu Gebäudebegrünungen als eine Strategie zum Entgegenwirken des urbanen Hitzeinseleffekts (UHI-Effekt)** durch.

Insbesondere soll untersucht werden, ob Gebäudebegrünungen dazu geeignet sind, das Mikroklima zu verändern und das physische Wohlbefinden der Personen in der Gebäudeumgebung nachhaltig zu verbessern.

Ziel der Befragung ist es zu erfahren, welche Einstellungen und Meinungen NutzerInnen von begrünten Gebäuden haben.

Ihre Mitarbeit ist von großer Bedeutung. Die Beantwortung der Fragen wird **nicht mehr als 10 Minuten Zeit** erfordern und ist natürlich freiwillig.

Für das Gelingen der Untersuchung ist jeder einzelne Fragebogen wichtig.

Daher bitte ich Sie, den Fragenbogen gleich auszufüllen. Tragen Sie durch Ihre Teilnahme dazu bei, dass diese Umfrage tatsächlich repräsentative Ergebnisse für Gebäudebegrünungen in Wien liefert!

Ihre Angaben werden selbstverständlich **vertraulich** behandelt und bleiben **anonym**.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung und Ihren Beitrag zu einer ökologischen Stadtgestaltung.

Mit freundlichen Grüßen,
Sylvia Holzmüller

UMFRAGE ZUR GEBÄUDEBEGRÜNUNG

Füllen Sie diesen Fragebogen bitte aus. Sollte eine der Fragen auf Sie nicht zutreffen, gehen Sie bitte zur nächsten Frage weiter. Bei der Beantwortung geht es um Ihre persönliche Meinung: Es gibt also keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten

AUSWIRKUNGEN VON GEBÄUDEBEGRÜNUNGEN AUF DAS MIKROKLIMA

- 1) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Senkung der gefühlten Temperatur in unmittelbarer Gebäudenähe und die Luftfeuchtigkeit?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

- 2) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Luftqualität/Sauerstoffproduktion in der unmittelbaren Umgebung?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

- 3) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Filtration von Staub aus der Luft?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

- 4) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Isolierung im Winter?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

AUSWIRKUNGEN VON GEBÄUDEBEGRÜNUNGEN AUF DAS PHYSISCHE WOHLBEFINDEN DER PERSONEN IM GEBÄUDE UND IN DER GEBÄUDEUMGEBUNG

5) Welche optischen Auswirkungen auf das Erscheinungsbild des Hauses hat Ihrer Meinung nach eine Gebäudebegrünung?

Starke optische Verbesserung	Geringe optische Verbesserung	Geringe optische Verschlechterung	Starke optische Verschlechterung

6) Führen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach zu einer Verdunkelung der Zimmer im Hausinneren?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

7) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf den thermischen Komfort im Gebäude und in der unmittelbaren Gebäudeumgebung?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

8) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Schallreduktion/den Schutz vor Lärm?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

9) Wie beurteilen Sie den Einfluss von Gebäudebegrünungen auf die Behaglichkeit?

Wird stark verbessert	Wird geringfügig verbessert	Wird geringfügig verschlechtert	Wird stark verschlechtert

10) Betonen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach den individuellen Charakter des Hauses und der BewohnerInnen?

Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu

11) Wie beurteilen Sie die Bedeutung von Gebäudebegrünungen zur Schaffung eines Lebensraumes für Vögel und Insekten in der Stadt?

Von großer Bedeutung	Von mittlerer Bedeutung	Von geringer Bedeutung	Unbedeutend

12) Bringen Ihrer Meinung nach durch Gebäudebegrünungen angezogene Vögel und Insekten Lärm- und andere Belästigungen mit sich?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

13) Wird durch Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach ein Stück Natur in die Stadt zurückgeholt?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

14) Bringen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach angenehme Geräusche und Gerüche mit sich?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

15) Führen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach zu einer erhöhten Lebensqualität?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

16) Führen Gebäudebegrünungen Ihrer Meinung nach zu einer stärkeren Verschmutzung im Gebäude?

Ja	Eher ja	Eher nein	Nein

Bitte geben Sie abschließend für **statistische Zwecke** einige Angaben zu Ihrer Person an:

Alter:

Geschlecht: männlich weiblich

Herzlichen Dank für die Beantwortung der Fragen und Ihre Mitarbeit!

Anmerkungen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....