

Klimawandel ist jetzt.

Maßnahmen gegen die Hitze in der Stadt

Climate change is now.

Measures against the heat in the city.

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering (BSc)

der FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Architektur - Green Building

Vorgelegt von:

Alexander Magrutsch

Personenkennzeichen

1610733030

Erstbegutachter:

DI Tobias Steiner

Eingereicht am:

03.07.2019

Erklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Bachelorarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Ich versichere, dass ich dieses Bachelorarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Weiters versichere ich, dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Datum: 03.07.2019

Unterschrift: 

Kurzfassung

Klimawandel ist jetzt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Städte, mit dem Phänomen der Urbanen Hitzeinseln (UHI) und der Suche nach Maßnahmen gegen die Hitze in der Stadt. Es werden die Ursachen der Überhitzung der Städte und die Folgen der Hitze für Mensch, Tier und Umwelt behandelt. Weiters sind Maßnahmen zusammengefasst, die vorhandene bauliche Gegebenheiten an die neuen klimatischen Bedingungen anpassen können, als auch solche, die bei der Planung neuer Stadtteile, Straßenzüge und Wohnhausanlagen berücksichtigt werden sollten. Besonderes Augenmerk wurde auf die Maßnahmen, die die Stadt Wien gegen die Überhitzung der Stadt bereits in Angriff genommen hat bzw. plant, gelegt.

Abstract

Climate change is now. This thesis deals with the effects of climate change on cities, with the phenomenon of urban heat islands (UHI) and the search for measures against the heat in the city. The causes of intense heat in cities and the effects of heat on humans, animals and the environment are addressed. Furthermore, measures are summarized that can adapt existing buildings to the new climatic conditions, as well as those measures that should be considered when planning new neighborhoods, streets and residential complexes. Particular attention was paid to the structural measures that the city of Vienna has already taken or is recommending to take against the heat in the city.

Schlüsselbegriffe

Auswirkungen	effects
Hitze	heat
Klimawandel	climate change
Maßnahmen	measures
Treibhauseffekt	greenhouse effect
Urbane Hitze Insel	urban heat island

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	I
Abstract.....	II
Schlüsselbegriffe	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1. Welche Ursprünge hat die Hitze in der Stadt	1
1.1. Gründe für den Klimawandel	1
1.1.1. Was versteht man unter Klima?	1
1.1.2. Was bedeutet Klimawandel?.....	2
1.1.3. Der Treibhauseffekt.....	2
1.1.4. Der anthropogene Treibhauseffekt	3
1.1.5. Rückkoppelungsprozesse	5
1.2. Vergleich einiger Kenndaten.....	6
1.2.1. Vergleiche der Eis- und Frosttag.....	6
1.2.2. Vergleich der Hitzetage.....	6
1.2.3. Vergleich der Heizgradtage.....	7
1.2.4. Änderung der Ausdehnung der arktischen Eiskappen	7
1.2.5. Änderung der Ausdehnung der Pasterze seit 1969	9
1.2.6. Globales Bevölkerungswachstum seit 1950.....	10
2. In welcher Form heizen sich Städte auf?	11
2.1. Was sind UHI? Warum heizen sich Städte auf?	11
2.2. Messung der Temperaturwerte	14
2.3. Standort – Topographie.....	15
3. Welche Auswirkungen haben die steigenden Temperaturen?.....	17
3.1. Auswirkung auf Menschen.....	17
3.1.1. Gesundheitliche Auswirkungen.....	17

3.1.1.1. Direkte Auswirkungen.....	17
3.1.1.2. Indirekte Auswirkungen	19
3.1.2. Tourismus	20
3.2. Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen	20
3.2.1. Auswirkungen auf Pflanzen.....	20
3.2.2. Auswirkungen auf Tiere	21
3.3. Energie	22
3.4. Wasser	22
3.5. Luftqualität.....	23
4. Welche Maßnahmen kann man gegen die Überhitzung der Stadt treffen?	24
4.1. Präventive Maßnahmen	24
4.1.1. Awareness schaffen.....	24
4.1.2. Abwärme aus Industrie und Gebäuden reduzieren	24
4.1.3. Aktive Solarnutzung und Photovoltaik.....	25
4.1.4. Gebäudehöhe	25
4.1.5. Freiraumvernetzung	25
4.1.6. Gewässerbegleitende Grünräume	25
4.1.7. Berücksichtigung der Straßenausrichtung und des Straßenquerschnitts	26
4.1.8. Einplanen von Parkanlagen und Grünflächen.....	26
4.1.9. Begrünung von Dach und Fassadenelementen	26
4.1.10. Beachtung der Windrichtung und entsprechende Ausrichtung der Gebäude.....	26
4.1.11. Helle Freiflächen und Fassaden bzw. Dächer.....	27
4.1.12. Wasser.....	27
4.1.13. Parkhäuser.....	27
4.1.14. Beschattung von Straßenflächen und Gehwegen	27

4.1.15. Speichermasse von Gebäuden erhöhen.....	27
4.1.16. Orientierung von Gebäuden.....	28
4.1.17 Isolierung der Gebäude.....	28
4.2. Nachträgliche Maßnahmen	28
4.2.1. Bäume.....	29
4.2.2. Begrünung von Freiflächen und Parkplätzen	29
4.2.3. Entsiegelung von Freiflächen.....	29
4.2.4. Aufhellung von Objektflächen und Fassaden.....	29
4.2.5. Anlage von Straßenbegrünungen und Zulassung von Spontangrün.....	29
4.2.6. Dachbegrünung	30
4.2.7. Regenwassermanagement	30
4.2.8. Schaffung von Wasserinstallationen – Sprühwasser	30
4.2.9. Nachträgliche Fassadenbegrünungen	31
5. Welche Maßnahmen werden gegen die Überhitzung der Stadt Wien getroffen?.....	32
5.1. Lage und Klima Wiens.....	32
5.2. Derzeitige Situation.....	33
5.3. Maßnahmen, die bereits in Angriff genommen wurden.....	33
5.4. Prognosen für die Zukunft	34
5.4.1. Klima.....	34
5.4.2. Wie wird sich die Stadt verändern?.....	35
5.5. Strategische Maßnahmen für eine klimasensible Stadtplanung in Wien.....	35
5.5.1. Erhaltung der Städtischen Luftzirkulation und Vernetzung der Freiraumflächen	35
5.5.2. Anpassung der Stadtstruktur und der Siedlungsformen.....	36
5.5.3. Aufhellen von Gebäuden und Oberflächenmaterialien sowie Entsiegelung.....	36
5.5.4. Sicherung und Erweiterung von Grün- und Freiräumen.....	36
5.5.5. Erhaltung und Ausweitung des Bestandes an Bäumen (an Straßen)	37

6. Zusammenfassung.....	38
Quellenverzeichnis.....	41
Abbildungsverzeichnis	44
Tabellenverzeichnis	45

1. Welche Ursprünge hat die Hitze in der Stadt

1.1. Gründe für den Klimawandel

1.1.1. Was versteht man unter Klima?

Die Definition der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) für Klima lautet:

“Das Klima beschreibt den typischen Zustand der Atmosphäre über lange Zeiträume von Jahren bis zu Jahrmillionen im Wechselspiel mit Gewässern, Landmassen, Eisflächen und Lebewesen. Es bestimmt nicht nur den Naturraum, sondern hat entscheidenden Einfluss auf die Gesellschaft. Klima lässt sich statistisch aus langjährigen Wetterdaten lesen.“¹

Klima ist also die Gesamtheit der über einen bestimmten Beobachtungszeitraum feststellbaren durchschnittlichen Wetterzustände. Diesen Beobachtungszeitraum bezeichnet man als Klimareferenzperiode oder Normalperiode. Er wurde von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) auf 30 Jahre festgelegt, damit die statistischen Kenngrößen der verschiedenen klimatologischen Parameter mit befriedigender Genauigkeit bestimmt werden können. Die von der WMO festgelegte, aktuelle Normalperiode läuft seit 1991 und dauert bis 2020, Referenzzeitspanne ist die Periode von 1961 bis 1990.²

Registriert und verglichen werden zum Beispiel Daten über Lufttemperatur, Niederschlagsmenge und -Verteilung, Sonnenscheindauer, Luftfeuchtigkeit, Windstärke und -Richtung, Sonneneinstrahlung und Verdunstung. Diese Klimaparameter

¹ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Klima. In: URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

² Deutscher Wetterdienst: Klimatologische Referenzperiode. In: URL: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101456> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

werden als Durchschnittswerte angegeben und Abweichungen vom langjährigen Mittelwert werden als Maß der Veränderungen im Klima herangezogen.³

Man unterscheidet zwischen Makro-, Meso- und Mikroklima hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung der beobachteten Gebiete, wobei das Mikroklima zweier benachbarter beobachteter Gebiete auf Grund ihrer unterschiedlichen Bedingungen (Beschattung, Pflanzenbewuchs, usw.) stark abweichen kann.⁴

1.1.2. Was bedeutet Klimawandel?

Aus der obigen Definition ist ersichtlich, dass das Klima auf Grund der verschiedenen Parameter nicht konstant sein kann. Die Auswirkungen von Schwankungen in den beobachteten Parametern haben immer schon zu Veränderungen im Bereich des Mikroklimas als auch des globalen Klimas beigetragen. Abgesehen von Einflüssen auf Grund von plattentektonischen Vorgängen haben Änderungen in der Sonneneinstrahlung, Zusammensetzung der Atmosphäre, Meeresströmungen oder Vulkanausbrüche das Klima beeinflusst.⁵

Heute kann man aber auch einen anthropogenen Einfluss auf den Klimawandel nicht mehr leugnen. Dieser beruht hauptsächlich auf einer durch den Menschen bewirkten Zunahme der Treibhausgase.

1.1.3. Der Treibhauseffekt

Der natürliche Treibhauseffekt wird durch die in der Atmosphäre vorkommenden Treibhausgase, Wasserdampf und Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Distickstoffmonoxid und Ozon hervorgerufen.⁶

³ Umweltbundesamt: Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt November 2016. S.99f.

⁴ Umweltbundesamt: Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt Februar 2012. S.142f.

⁵ Umweltbundesamt: Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt Februar 2012. S.11f.

⁶ Umweltbundesamt: Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt November 2016. S.99f.

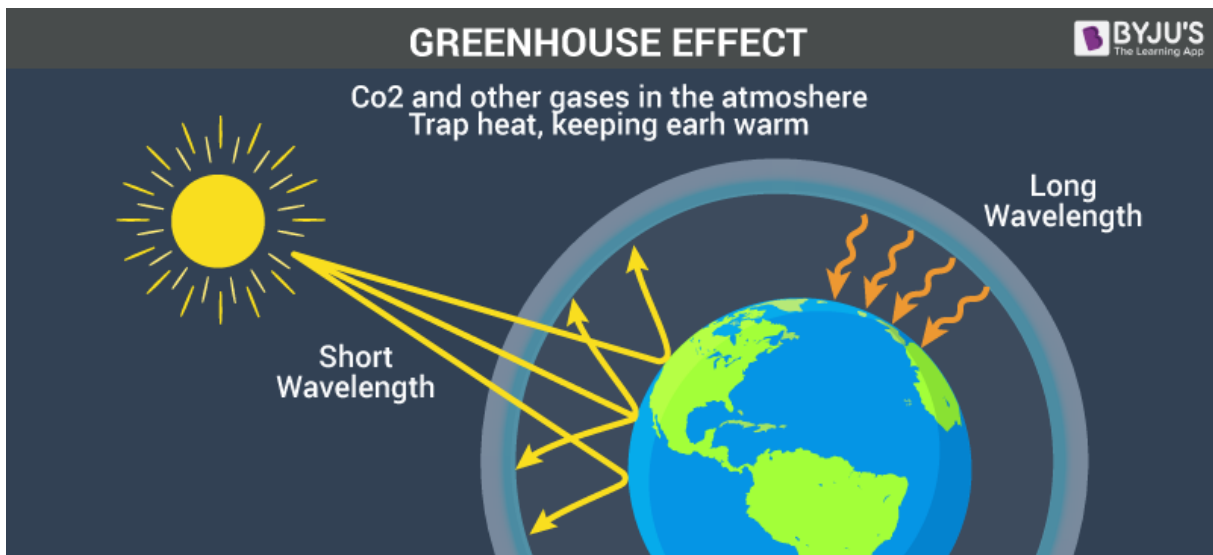


Abb.1: Treibhauseffekt

Ohne diesen Treibhauseffekt wäre die durchschnittliche globale Erdoberflächentemperatur um 32°C niedriger, würde also nicht die derzeitigen 15°C betragen, sondern -18°C. Dieser natürliche Treibhauseffekt macht also die Erde erst bewohnbar.⁷

Seit Beginn der Industrialisierung kann man auch menschliche Einflüsse auf die globale Temperatur registrieren. Durch diese menschlichen Einflüsse – dazu gehören die Verbrennung fossiler Energieträger, die vermehrte Nutztierhaltung, die intensive Landwirtschaft, die Umwandlung von Wald in Ackerland usw. - kommt es zu einem zusätzlichen (anthropogenen) Treibhauseffekt. Nimmt die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre zu, wird die Reflexion der Sonneneinstrahlung vermindert und die Temperatur auf der Erde steigt an.

1.1.4. Der anthropogene Treibhauseffekt

Hauptverursacher für diesen Effekt ist die vermehrte Emission von Kohlendioxid (CO₂) zu 60%, Methan (CH₄) zu 15%, Lachgas (N₂O) zu 4% und von Halogenwasserstoffen zu 11%.⁸

⁷ Umweltbundesamt: Wie funktioniert der Treibhauseffekt? In: URL: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt> (letzter Zugriff: 02. 09. 2018)

⁸ Endlicher, Wilfried/Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm: Treibhausgase. In: URL: <https://www.klima-und-raum.org/treibhausgase-engl-green-house-gases> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

Die hohe CO₂-Emission entsteht durch den Verbrauch fossiler Brennstoffe, vor allem in den Industrieländern. Dabei ist Kohle mit 40%, Erdöl mit 36%, Erdgas mit 20% und die Zementproduktion mit 8% (Bei der Zementherstellung wird Kalk zu Zementklinker umgewandelt und dabei wird CO₂ frei) beteiligt. Einen weiteren Beitrag zur Vermehrung von CO₂ leistet die großflächig veränderte Landnutzung. Wenn die große, CO₂-absorbierende Biomasse der Wälder zu Gunsten von landwirtschaftlichen Flächen, Siedlungen und Straßen gerodet wird, steigt das CO₂ ungehindert in die Atmosphäre.⁹

An der vermehrten Produktion von Methangas ist einerseits die Rinderhaltung mit ca. 10% beteiligt, da es beim Verdauungsprozess im Verdauungstrakt der Rinder gebildet wird, und andererseits mit 17% der Nassreisenanbau, bei dem im nassen Boden durch Bakterien Methan freigesetzt wird.¹⁰

Der drittgrößte Verursacher ist Lachgas N₂O (Distickstoffmonoxid) und insofern gefährlicher, weil es wesentlich besser Wärme bindet als Methan oder Kohlendioxid. Lachgas wird aus überdüngten Böden freigesetzt und entsteht in Kläranlagen und in der Landwirtschaft aus stickstoffhaltigem Kunstdünger. Außerdem entweicht es aus auftauenden Permafrostböden.¹¹

⁹ Umweltbundesamt: Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt Februar 2012. S.11f.

¹⁰ EINE WELT LADEN: Alles über den Klimawandel. Globale Umweltprobleme. In: URL: https://www.eineweltladen.info/downloads/climate_change.pdf (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

¹¹ Umweltbundesamt: Lachgas und Methan. In: URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

1.1.5. Rückkoppelungsprozesse

Viele Faktoren, die zur Klimaerwärmung beitragen, nehmen mit der Klimaerwärmung automatisch zu, sodass es zu einer weiteren Erwärmung kommt. Im Folgenden einige Beispiele:

- Reflexion

Eis und Schneeflächen reflektieren Sonnenstrahlen und heizen sich sehr langsam auf. Kommt es zu einem verstärkten Abschmelzen des Dauereises, nimmt auch die Reflexion der Sonneneinstrahlung ab, was wiederum zu einer Erwärmung und damit zu einem weiteren Abschmelzen des Eises führt.

- Erwärmung der Ozeane

Die Ozeane speichern Wärme und geben sie langsam an die Atmosphäre ab. Außerdem binden sie CO₂. Mit zunehmender Erwärmung der Ozeane nimmt die Fähigkeit, Gase zu binden, ab, und die Menge an CO₂ nimmt zu, was zu einer weiteren Erwärmung der Ozeane führt.

- Wasserdampf

Durch die höhere Lufttemperatur steigt die Verdunstung von Wasser und der Wasserdampfgehalt der Erdatmosphäre nimmt zu, was wiederum den Treibhauseffekt erhöht.

- Permafrost

Außerdem kommt es durch die Erderwärmung zu einer Verschiebung der Permafrostgrenze in nördliche Richtung. Dadurch wird Methan, das in den Permafrostböden gebunden war, freigesetzt, was zu einer Verzwölfachung des heutigen Wertes führen kann und die Erwärmung der Atmosphäre und somit das weitere Auftauen der Permafrostböden beschleunigt.¹²

¹² Claußen, Martin: Die Rolle der Vegetation im Klimasystem. In: Promet. Nr. 29 von 2003. S.80-89.

1.2. Vergleich einiger Kenndaten

Verglichen werden Kenndaten seit 1961 sowohl im zeitlichen als auch im geografischen Bezug zueinander.

1.2.1. Vergleich der Eis- und Frosttage¹³

Eistag bedeutet, die Maximaltagestemperatur liegt unter 0°C

Frosttag bedeutet, die minimale Tagestemperatur liegt unter 0°C

Beobachtungszeitraum	Frosttage		Eistage	
	Wien	Wien - Innere Stadt	Wien	Wien - Innere Stadt
1961 - 1990	75	56	25	21
1976 – 2005	70,6	54	22,2	18
1987 – 2016	64,5	k.A.	19,4	k.A.
2015	41	k.A.	2	k.A.

Tab. 1: Vergleich der Eis- und Frosttage

Sowohl Eis- als auch Frosttage nehmen laut Beobachtungen der ZAMG ab.

1.2.2. Vergleich der Hitzetage¹⁴

Hitzetag bedeutet ein Tagesmaximum von mindestens 30°C.

Unter Hitzeperioden versteht man mindestens drei aufeinanderfolgende Hitzetage mit über 30°C, wobei die Temperatur nachts nicht unter 18°C fällt.

Beobachtungszeitraum	Hitzetage Wien - Innere Stadt, Durchschnittswerte über Periode	Hitzeperioden Wien - Innere Stadt, Durchschnittswerte über Periode
1961 - 1990	13	6
1976 – 2005	17	10
2007 - 2016	21	k.A.
2017	40	28

Tab. 2: Vergleich der Hitzetage

¹³ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Klimatologische Kenntage in Wien 1955 bis 2017. In: URL: <https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/eis-hitze-tage-zr.html> (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

¹⁴ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Heiße Tage. In: URL: https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/ungewoehnliche-hitzewelle-und-trockenheitmedien/static/aussendungen/zamg_heisse-tage-2017_stand_20170829.pdf (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

Sowohl Hitzetage als auch Hitzeperioden nehmen laut Beobachtungen der ZAMG zu.

1.2.3. Vergleich der Heizgradtage¹⁵

Unter Heizgradtagen versteht man die Summe der Differenz von 20°C minus der Tagesmitteltemperatur, solange die Tagesmitteltemperatur kleiner oder gleich 12 ist. Es wird angenommen, dass an diesen Tagen geheizt wird.

Beobachtungszeitraum	Heizgradtage- Durchschnittswert Wien- Innere Stadt
1961 - 1990	2872
1976 – 2005	2769
2015/16	1190

Tab. 3: Vergleich der Heizgradtage

Die Heizgradtage nehmen laut Beobachtungen der ZAMG ab.

1.2.4. Änderung der Ausdehnung der arktischen Eiskappen

“In keiner Weltregion zeigen sich die Folgen des Klimawandels so stark wie in der Arktis. Eines der auffälligsten Merkmale ist die Veränderung der Meereisausdehnung. Dessen Fläche schwankt zwar auch aus natürlichen Gründen. Seit Jahrzehnten aber lässt sich eine stark abnehmende Eisbedeckung erkennen (wie der Vergleich 1980 und 2012 illustriert), die allein mit natürlichen Faktoren nicht annähernd erklärt werden kann.“¹⁶

¹⁵ Energie- und Umweltagentur Niederösterreich: Heizgradtage ausgewählter Standorte. In: URL: <http://enu.marmara.or.at/images/doku/404>; https://www_umweltgemeinde_at:443/images/doku/hgt_kalend_erjahr.pdf (letzter Zugriff: 10. 07. 2018)

¹⁶ Diercke: Arktis - Wandel der Eisbedeckung. In: URL: <https://www.diercke.de/content/arktis-wandel-der-eisbedeckung-978-3-14-100870-8-204-2-1> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)



Abb.2: Abschmelzen der Polkappen

Das Abschmelzen der Polkappen wird durch die Eis-Albedo-Rückkoppelung beschleunigt. Die Abnahme der Eisflächen verringert die Abstrahlung, was zu einer zusätzlichen Erwärmung führt.¹⁷

¹⁷ Diercke: Arktis - Wandel der Eisbedeckung. In: URL: <https://www.diercke.de/content/arktis-wandel-der-eisbedeckung-978-3-14-100870-8-204-2-1> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

1.2.5. Änderung der Ausdehnung der Pasterze seit 1969

“Die Pasterze schmilzt immer schneller: Die Eisdicke im Bereich der Gletscherzunge ging zunächst im Mittel um 1,8 Meter pro Jahr zurück (Zeitraum 1969-1998), dann um 4,3 Meter (1998-2012) und schließlich um 5,1 Meter pro Jahr (Zeitraum 2012-2015).“¹⁸

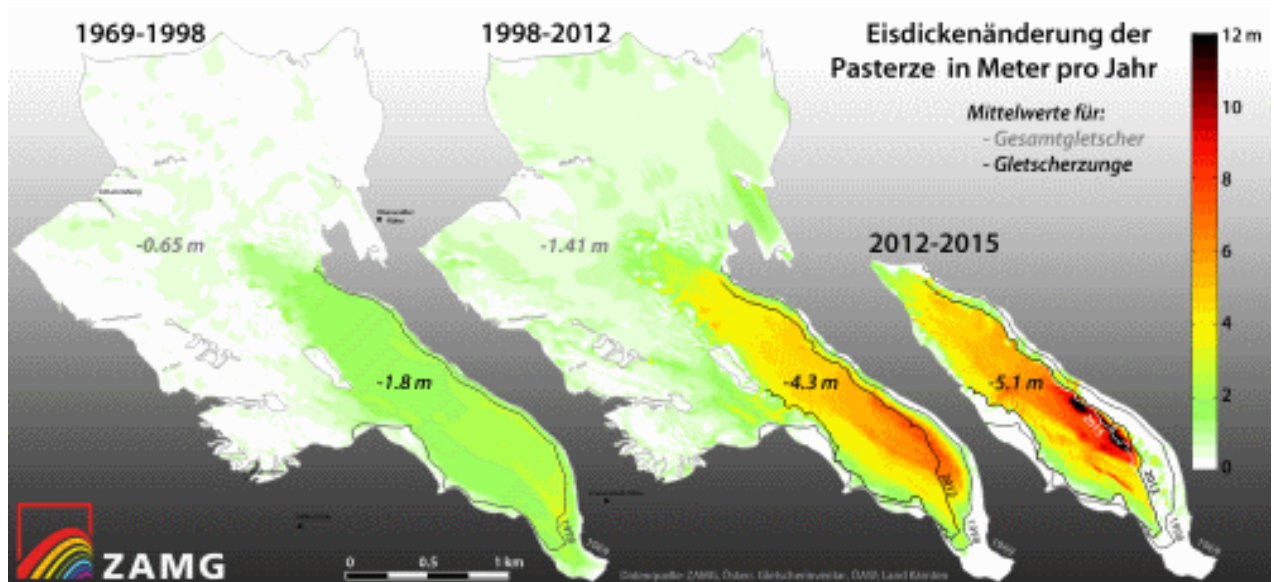


Abb.3: Abschmelzen der Pasterze

Einige Klimaforscher erwarten bis zum Ende dieses Jahrhunderts für die Nordhalbkugel einen Anstieg der Durchschnittstemperatur um bis zu 4°C und ein komplettes Abschmelzen der arktischen Eismassen (inklusive Grönlands Gletscher), was zu einer Erhöhung des Meeresspiegels um einen Meter führen wird.¹⁹

¹⁸ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Gletscher sehr stark geschmolzen. In: URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/gletscher-sehr-stark-geschmolzen> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

¹⁹ Umweltbundesamt: Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt Februar 2012. S.11.

1.2.6. Globales Bevölkerungswachstum seit 1950²⁰

Beobachtungszeitraum	1950	2000	2010	2017
Bevölkerung in Milliarden	2,529	6,115	6,909	7,505
Anteil der Stadtbevölkerung an der Gesamtzahl	28%	46,4%	k.A.	53.4%

Tab. 4: Bevölkerungswachstum

Anzahl der Millionenstädte:

Noch 1950 zählte man weltweit nur 30 Millionenstädte, von denen New York als einzige Stadt der Welt mehr als zehn Millionen und weitere sieben Städte mehr als fünf Millionen Einwohner beherbergten.

Heute gibt es ca. 500 Millionenstädte, von denen 36 mehr als 10 Millionen und davon wiederum 8 mehr als 20 Millionen Einwohner haben.²¹

²⁰ Österreichischer Rundfunk: Mehr als 470 Millionenstädte auf der Welt. In: URL: <https://science.orf.at/stories/2895847/> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

²¹ TERRAGlobal: Millionenstädte. In: URL: https://www2.klett.de/sixcms/media.php/8/27530_186_187.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

2. In welcher Form heizen sich Städte auf?

2.1. Was sind UHI? Warum heizen sich Städte auf?

Der Begriff (UHI = urban heat island) bedeutet, dass Städte inmitten des sie umgebenden ruralen Gebietes wie Inseln wirken, die aus diesem Umland herausragen und die um mehrere Grad heißer sind als die ländliche Umgebung.²²

Dieser Temperaturunterschied zwischen unbebautem Land und dicht bebautem Stadtgebiet kann im Höchstfall bis zu 12°C betragen. Man kann beobachten, dass im Laufe der letzten Jahre die durchschnittlichen Temperaturen in den Städten im Vergleich zu ländlichen Gebieten stärker angestiegen sind. (2-3°C gegenüber 0,6°C)²³

Die Hauptursachen für das Entstehen dieser Hitzeinseln sind:

- Überbauung natürlicher Oberflächen:

Dadurch, dass sowohl die Dachflächen der Gebäude, als auch die Verkehrswege dazwischen aus wasserundurchlässigen Materialien bestehen, kann kein Regenwasser aufgenommen werden. Wasser benetzt die Oberflächen und verdunstet von diesen rasch, während das überschüssige Wasser sofort in Kanäle abgeleitet wird und somit ebenfalls schnell verschwindet, ohne dass es einen länger anhaltenden Kühlungseffekt haben kann. Vegetation und unversiegelte Flächen hingegen nehmen das Wasser auf und speichern es. Das Wasser wird dann langsam über die Vegetation wieder an die Umgebung abgegeben. Dadurch steigt einerseits die Luftfeuchtigkeit und andererseits kommt es durch die Verdunstungskälte zu einer Abkühlung der Luft.

²² Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

²³ McPherson, Gregory: Cooling urban heat islands with sustainable landscapes. In: The Ecological City. Preserving and Restoring Urban Biodiversity. University of Massachusetts Press. Amherst: 1994. S.151f.

- Die Orientierung:

Die vertikalen Oberflächen der Gebäude nehmen die Sonneneinstrahlung direkt auf und speichern sie als Wärme. Zusätzlich reflektieren sie einen Teil der Einstrahlung, der wiederum auf die benachbarten Gebäude trifft und somit die Gesamteinstrahlung vermehrt. Diese Wärmeabstrahlung erfolgt auch noch nachts, wodurch es zu Sommernächten kommt, in denen die Temperaturen kaum geringer sind als die Tagestemperaturen. Auch die Anordnung der Gebäude kann eine Wärmeabstrahlung verhindern.

- Das Material:

Dunkle Flächen absorbieren Wärme und heizen sich stark auf. Daher können dunkle Materialien wie Straßen- und Gehwegbelag sowie Dächer in dunklen Farben um 50°C wärmer sein als die umgebende Lufttemperatur.

- Der Grünraum:

Die Abnahme von Grünflächen innerhalb der Stadt, also die Verbauung von Parkanlagen, begrünten Innenhöfen, brachliegenden Grundstücke und verkehrsfreien nicht versiegelten Flächen trägt zur Erwärmung der Städte bei.

- Der Verkehr:

Ein weiterer Faktor ist die Produktion von Abwärme aus dem Autoverkehr, dem Betreiben von Klimaanlage und aus verschiedenen industriellen Prozessen im Stadtgebiet.

- Der Windstopp:

Durch die Bebauung wird die Oberflächenrauigkeit erhöht, was zu einer Abnahme der Windgeschwindigkeit und dadurch zu einer Abnahme des kühlenden Effektes führt.

Im Allgemeinen kann man feststellen, dass es durch all diese Faktoren zu einer signifikanten Zunahme der Temperaturen vom Stadtrand zum Stadtzentrum kommt. Besonders kommt dieser Effekt in windstillen, klaren Sommernächten zum Tragen, in denen die Lufttemperatur in der Nacht gegenüber der Tagestemperatur nur gering absinkt. (Paradoxe Weise kann man beobachten, dass die höchsten Temperaturen in – dem Stadtzentrum angrenzenden – Gebieten mit niedrigerer Bauhöhe gemessen werden können, da der Wind offenbar Luft mit hoher Temperatur aus dem Stadtzentrum in die benachbarten Gebiete trägt). Andererseits trifft die warme Luft auf Gebäude und verbaute Flächen, deren Zusammensetzung und Strukturen das thermale Verhalten bestimmen. Es bildet sich ein spezielles Mikroklima, das von Ort zu Ort verschieden sein und auch in der Größe variieren kann. Dadurch können auch im Stadtzentrum durchaus Gebiete mit niedrigeren Temperaturen entstehen. Im Winter bewirkt die Hitzeabstrahlung der Städte eine Inversionswetterlage (Smog), wobei sich in den unteren Kaltluftschichten Schadstoffe sammeln. Die Stärke des UHI-Effektes hängt natürlich auch von der Größe der Stadt ab und ist in kleineren Städten weniger ausgeprägt.²⁴

²⁴ McPherson, Gregory: Cooling urban heat islands with sustainable landscapes. In: The Ecological City. Preserving and Restoring Urban Biodiversity. University of Massachusetts Press. Amherst: 1994. S.151f.

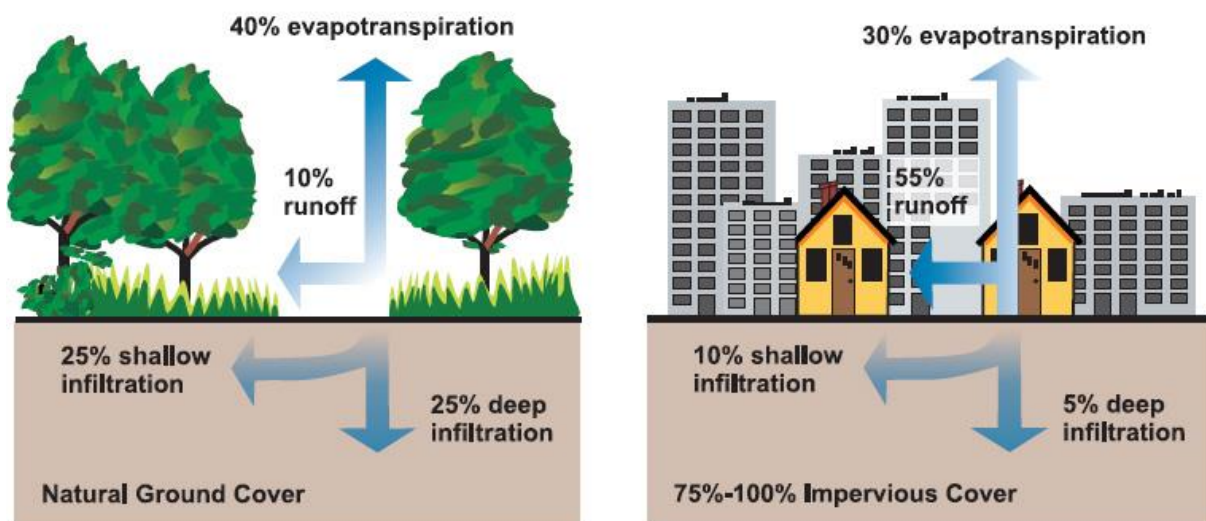


Abb.4: Vergleich Stadt – Land

2.2 Messung der Temperaturwerte

Man kann die Temperaturen in städtischen Wärmeinseln auf zweierlei Arten messen:

- Die eine Möglichkeit ist, die Temperatur der Oberflächen im Tagesverlauf zu beobachten.

Dabei lässt sich ein Temperaturanstieg während des Tages verfolgen. Der Verlauf dieses Anstieges hängt von der Wetterlage ab. Im Sommer, bei wolkenlosem, klarem Himmel und schwacher Windstärke, steigt die Temperatur stark an. Wolken halten die Strahlung ab, Winde sorgen für eine vertikale und horizontale Durchmischung der Luft und damit für eine Kühlung der Oberflächen. Natürlich erfolgt diese Oberflächenerwärmung auch in ruralen Gebieten, aber natürliche Oberflächen nehmen Wärme nicht so stark auf wie bebaute Flächen. Die Oberflächentemperatur hat auch einen indirekten Einfluss auf die Lufttemperatur. Die Oberflächen strahlen Hitze ab, die die Luft besonders in den unteren Lufttemperaturschichten erwärmt.²⁵

²⁵ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.2f.

- Die zweite Möglichkeit, Temperatur in der Stadt zu messen, ist die Messung der Lufttemperatur.

Dabei lässt sich ebenfalls eine Differenz zwischen der Lufttemperatur in verbauten Gebieten und der Lufttemperatur in ländlichen Gebieten feststellen. Diese Unterschiede sind am Morgen eher gering, steigen während des Vormittags schwach an, nehmen im Lauf des Tages stärker zu und sind abends und nachts am höchsten. Besonders in den Wintermonaten ist die Lufttemperatur in der Nacht signifikant höher als im Umland. Die daraus resultierenden geringeren Heizkosten und die frühere Schneeschmelze können man als eine der wenigen positiven Effekte der UHIs angesehen werden. Die Messung erfolgt an fixen Wetterstationen. Die Werte werden in Form von Isothermen auf Karten oder in Form von Temperaturkurven dargestellt. Um die Messwerte vergleichen zu können, wird eine horizontale Gliederung vorgenommen.²⁶

Gliederung:

- Boden bis Baumkronen, also die Zone, die belebt ist.
- Baumkronen (Häuserdächer) bis Atmosphäre.

2.3. Standort – Topographie

Die Lage einer Stadt hat natürlich auch einen Einfluss auf die Entwicklung der Temperatur.

Temperaturbeeinflussend wirken dabei:

- Wälder in der Umgebung der Stadt
- Wasserflächen – Meer oder Seen in der Nähe, da sie nicht nur für einen Temperatúrausgleich sorgen, sondern durch die unterschiedlichen Luftschichten über dem Wasser auch Wind entstehen lassen.

²⁶ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.2f.

- Berge oder Bergketten können Wind blockieren oder aber Windschneisen erzeugen, durch die der Wind in die Stadt geleitet wird.²⁷

Relevanz der Breitengradabhängigkeit

Laut einer Studie von Wienert und Kuttler aus 2005 hängt die Entwicklung von UHI nicht signifikant vom Breitengrad der Stadt ab. Die Zunahme mit höheren Breitengraden wird eher durch die Größe der in nördlicheren Staaten liegenden Städte, der Bevölkerungsdichte und dem Energieverbrauch der Stadt verursacht, und nicht durch die geografische Lage selbst. Natürlich ist die Ausgangstemperatur in südlichen Gebieten höher, die Unterschiede zwischen Stadt und Land bleiben aber gleich.²⁸

²⁷ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.13f.

²⁸ Kuttler, Wilhelm/Wienert, Uwe: The dependence of the urban heat island intensity on latitude - A statistical approach. In: Meteorologische Zeitschrift. Bad Münden: Gebrüder Borntraeger 2005. Vol.14 Nr.5. S.677.

3. Welche Auswirkungen haben die steigenden Temperaturen?

3.1. Auswirkung auf Menschen

3.1.1. Gesundheitliche Auswirkungen

Bei den gesundheitlichen Auswirkungen der Klimaerwärmung muss man zwischen den direkten und den indirekten Auswirkungen unterscheiden.

3.1.1.1. Direkte Auswirkungen

- Thermische Belastungen:

Es existiert, vom jeweiligen Breitengrad abhängig, ein Temperaturbereich, in dem die Mortalitätsrate am niedrigsten ist. Oberhalb und unterhalb dieses Bereiches steigt die Sterberate. Bei einer Temperaturerhöhung von einem Grad Celsius nimmt die Mortalitätsrate um 1 – 6% zu. Betroffen sind vor allem alleinstehende ältere Menschen, Menschen mit gesundheitlicher Vorbelastung und Kleinkinder, deren Temperaturregulationsmechanismen noch nicht ausgereift sind. Besondere Risikofaktoren sind kardiovaskuläre (z.B. Bluthochdruck) und zerebrovaskuläre (z.B. Mangeldurchblutung des Gehirns) Vorerkrankungen sowie Diabetes, Fettleibigkeit und psychiatrische Vorgeschichten.²⁹

Weitere verstärkende Faktoren sind das Wohnumfeld. Menschen in Wohnungen innerhalb der urbanen Wärmeinseln sind stärker belastet. Wohnen in älteren Gebäuden ohne Wärmedämmung und geringer Wohnkomfort erhöht ebenso wie Wohnen in Obergeschosswohnungen oder Dachgeschosswohnungen und in

²⁹ Hutter, Hans-Peter: Hitze wird Gefahr für die Gesundheit. In: URL: <https://wien.orf.at/news/stories/2724983/> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Wohnungen mit großen, nicht isolierten Glasflächen das Risiko von gesundheitlichen Folgen.³⁰

Die direkten Folgen der Hitzebelastung sind Hitzekrampf, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag.

Für unsere Breiten gilt³¹:

Bis 26,7°C	Komfortbereich
26,7°C – 32,1°C	Müdigkeit, Mattigkeit
32,2°C – 40,5°C	Hitzschlag, Hitzekrämpfe und Hitzeerschöpfung bei längerer Exposition oder physischer Beanspruchung möglich
40,6°C – 54,3°C	Hitzschlag, Hitzekrämpfe und Hitzeerschöpfung bei längerer Exposition oder physischer Beanspruchung wahrscheinlich

Tab. 5: Auswirkungen der Hitze auf den Menschen

Zusätzlich verstärkt werden diese Einflüsse durch den Wärmeinseleffekt und eine erhöhte Luftschadstoffkonzentration. Außerdem hängt die Auswirkung der Temperaturen von der Luftfeuchtigkeit ab. Bei hoher Luftfeuchtigkeit wird die natürliche Temperaturregulation des Körpers durch Schweißabgabe und daraus resultierende Verdunstungskälte gehemmt.³²

- Extreme Wetterereignisse:

Durch die Klimaänderung hervorgerufene extreme Wetterereignisse wie Starkregenereignisse und daraus folgende Überschwemmungen, lange Dürreperioden und orkanartige Stürme und Tornados können direkt die Gesundheit gefährden.

³⁰ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.15.

³¹ Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Eis, Dieter u.a. Berlin: Robert Koch-Institut 2010. S.97.

³² National Weather Service: What is the heat index? In: URL: <https://www.weather.gov/ama/heatindex#> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

- Erhöhte UV-Strahlung:

Durch verstärkte Sonneneinstrahlung nimmt langsam die UV-Belastung zu. Mit einer Erhöhung der UV-Strahlung nimmt auch die Zahl der Hautkrebsfälle und die Häufigkeit der Augenschäden (Grauer Star, Katarakt) zu.³³

3.1.1.2. Indirekte Auswirkungen

- Veränderungen der Allergen-Exposition:

Durch die Einwanderung fremder Pflanzenarten gelangen neue Allergene in unsere Breiten, die zu einer zusätzlichen Allergie - Belastung führen können. Außerdem verlängern der früher einsetzende Frühling und der später beginnende Herbst die Vegetationsperiode. Das führt zu einer längeren Zeit mit Pollenflug. Dadurch können mehr Menschen sensibilisiert werden und Menschen, die bereits an einer Allergie leiden, werden stärker belastet.³⁴

- Erhöhte Luftschadstoffe:

Hitze und Niederschlagsmangel können zu einer höheren Feinstaubbelastung führen, was ein Ansteigen von Lungenkrankheiten sowie Erkrankungen von Herz-Kreislaufsystem bewirkt.

- Zunehmende hygienische Lebensmittel- und Trinkwassergefahren:

Höhere Temperaturen begünstigen die Vermehrung von Bakterien (z.B. Salmonellen) in schlecht gekühlten Lebensmitteln und im Trinkwasser.³⁵

- Günstige Vermehrungsbedingungen für Krankheitsüberträger:

Auf Grund der Verschiebung der Klimazonen kommt es zum Vorrücken von krankheitsübertragenden Tieren aus wärmeren Gebieten. Vor allem Nagetiere und

³³ Stadt Wien: WIENER HITZE RATGEBER. In: URL:

<https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/hitzeratgeber.pdf> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

³⁴ Rumpf, Sabine u.a.: Climate-driven range dynamics and potential current disequilibrium in Alpine vegetation. In: 18. KLIMATAG. Climate Change Center AUSTRIA. Wien, Mai 2017. S.18f.

³⁵ Umweltbundesamt: Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt November 2016. S.59f.

Insekten erweitern ihren Lebensraum und bringen dabei neue Krankheitserreger mit. Zu den bedeutendsten Überträgern von Infektionskrankheiten zählen Insekten wie zum Beispiel die Sandfliege, die Leishmaniose überträgt. Der Leishmaniose-Erreger braucht Wintertemperaturen über 5°C und Sommertemperaturen von 20°C bis 30°C. Zudem kommt es durch die verlängerte Vegetationsperiode zu mehr als einer neuen Sandfliegen-Generation pro Jahr, was zu einer Zunahme der Krankheit führt. Stechmücken, Läuse, Flöhe, Spinnentiere (Zecken, die unter anderem die Lyme-Borreliose und Frühsommermeningoencephalitis übertragen) und Nagetiere (Ratten, Mäuse) zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, sich relativ schnell veränderten Umweltbedingungen anpassen zu können. Kurzfristige und längerfristige Klimavariabilität kann damit deutliche Auswirkungen auf die Ausbreitung von Überträgern und damit auch auf die Ausbreitung der von ihnen übertragenen Erkrankungen haben.³⁶

3.1.2. Tourismus

In Wien sind die beliebtesten Tourismusmonate Juli und August. Besonders die Hauptgruppe der Touristen, nämlich die hitzesensible Bevölkerungsgruppe der 60 bis 79-Jährigen, leidet unter der urbanen Hitze. Die Klimaerwärmung verlangt daher eine flächendeckende Klimatisierung der Hotelzimmer, Restaurants, Museen und vor allem der öffentlichen Verkehrsmittel. Da Touristen bei Hitzebelastung ihr Besichtigungsprogramm an die Temperaturen anpassen bzw. einschränken, werden weniger attraktive bzw. hitzeexponierte Besichtigungspunkte in Zukunft weniger häufig besucht werden.³⁷

3.2. Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen

3.2.1. Auswirkungen auf Pflanzen

“Der Anstieg der globalen Mitteltemperatur macht sich in mittleren und höheren Breiten durch eine Verschiebung des jahreszeitlichen Zyklus von Pflanzen und Tieren zu

³⁶ Jendritzky, Gerd: FOLGEN DES KLIMAWANDELS FÜR DIE GESUNDHEIT. In: URL: <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/2633/108.pdf?sequence=1> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

³⁷ Kromp-Kolb, Helga/Schwarzl, Ingeborg: StartClim2010. „Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich“. Wien, September 2011. S.18f.

früheren Beginnzeiten im Frühling und zu einem späteren Ende der aktiven Zeit im Herbst bemerkbar.“³⁸

Die Klimaerwärmung bewirkt eine Verschiebung der Klimazonen. Es kommt auf der Nordhalbkugel zu einer Verschiebung der Klimazonen weiter nach Norden. Dadurch wandern Pflanzen, die bisher in südlicheren Breiten und im Mittelmeerraum endemisch waren, in Mitteleuropa ein. Diese fremden Pflanzen verdrängen einheimische Arten. Besonders Arten, die in unseren Breiten die südliche Grenze ihres Toleranzbereiches haben, können sich an die veränderten Lebensbedingungen nicht anpassen und verschwinden in unseren Breiten.

Unter den neu einwandernden Pflanzen, die jetzt in unseren Breiten auftreten, können auch bisher unbekannte giftige (z.B. *Heracleum mantegazzianum*, Riesen-Barenklau) oder hochallergene Pflanzen (z.B. *Ambrosia artemisiifolia*) sein.³⁹

3.2.2. Auswirkungen auf Tiere

Die gleiche Problematik gilt auch für Tiere. Besonders gefährdet sind solche Arten, deren Population auf enge klimatische Zonen – z.B. alpine Regionen – beschränkt ist. Andere, wärmeliebende Arten wandern aus den südlichen Gebieten ein. Beispiele dafür sind *Aedes japonicus*, eine Mosquitoart, die auch als Überträger nicht-heimischer Krankheitserreger wirkt. Manche heimischen Insekten können durch die verlängerte Vegetationsperiode mehr als eine Nachkommengeneration pro Jahr erzeugen, was die Anzahl der Individuen stark vermehrt. Durch fehlende Frostperioden im Winter überleben mehr Insekten und Spinnentiere (Zecken) als bisher, was zu einem Ansteigen der Populationsgrößen führt. Dadurch gibt es mehr Fälle von Meningitis, Borreliose und Leishmaniose. Andererseits werden Insekten, die eine hohe Luftfeuchtigkeit brauchen, bzw. Tiere, die Hitze, Dürre und vermehrte Sonneneinstrahlung nicht vertragen, in unseren Breiten verschwinden.⁴⁰

³⁸ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Pflanzen- und Tierwelt. In: URL: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimafolgen/pflanzen-und-tierwelt> (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

³⁹ Nehring, Stefan: Invasive Arten profitieren vom Klimawandel. In: URL: <http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2017/01/nehring.pdf> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

⁴⁰ Klimpel, Sven/Kuhn, Thomas: Klimawandel, Zika-Virus & Co. Können eingeschleppte Erreger bei uns heimisch werden? In: URL: http://www.forschung-frankfurt.uni-frankfurt.de/64239502/FoFra_2016_02_Konkurrenz_der_Arten_Klimawandel_Zika_Virus_und_Co.pdf (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

3.3. Energie

Steigende Sommertemperaturen verlangen einen verstärkten Einbau von Kühlgeräten, was einen höheren Energieverbrauch bedingt. Besonders bei Temperaturspitzen kommt es zu einem Anstieg im Energieverbrauch, und zwar um 1,5-2% je 0,6°C⁴¹.

Treten die Voraussagen über das Abschmelzen der Gletscher ein, wird in gletschernahen Gebieten verstärkt Wasserkraft erzeugt werden können, aber in anderen Gebieten, wo es auf Grund von Niederschlagsmangel trockener wird, kann Wasserkraft an Bedeutung verlieren.

Ein weiteres Problem tritt bei kalorischen Kraftwerken und bei Atomkraftwerken auf. Das Kühlen dieser Anlagen wird energieaufwändiger je höher die Außentemperaturen sind.⁴²

3.4. Wasser

Die verstärkte direkte Sonneneinstrahlung und die vermehrten Sonnenstunden bewirken eine direkte Erwärmung der Gewässer. Dazu kommt aber im städtischen Bereich auch eine indirekte Erwärmung über versiegelte Oberflächen. Trifft Regenwasser auf aufgeheizte Dachflächen und Straßenbeläge, die um bis zu 50°C wärmer sind als die Lufttemperatur, erwärmt sich das Wasser und wird durch den Kontakt mit diesen aufgeheizten Flächen um bis zu 17°C wärmer als Regenwasser in ruralen Gebieten. Dieses warme Wasser rinnt in die Kanalisation ab. Dadurch wird auch der Abwasserstrom aufgewärmt und somit das Grundwasser, Wasser, das zur Kläranlage und in Flüsse und Seen gelangt. Somit tragen Städte auch zu einer Aufheizung der Gewässer in der Umgebung der Städte bei, was wiederum die Lufttemperatur im Umkreis der Städte erhöht.⁴³

⁴¹ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.13.

⁴² Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.16.

⁴³ Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018. S.15f.

Durch die steigenden Temperaturen kommt es zu einer Beschleunigung des Wasserkreislaufs. Es verdunstet schneller mehr Wasser und dadurch ändert sich das Niederschlagsverhalten. Es treten mehr Stürme, Dürreperioden, Starkniederschläge und in der Folge Hochwasser bzw. Überschwemmungen auf.⁴⁴

3.5. Luftqualität

Durch die Klimaänderung kommt es auch zu einer Veränderung der Luftschadstoffkonzentration. Besonders hervorzuheben ist dabei die Belastung durch bodennahes Ozon und Feinstaub.

Bodennahes Ozon bildet sich durch photochemische Prozesse unter Beteiligung der Sonneneinstrahlung aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen. Für beide Ausgangsstoffe kann man den Kfz-Verkehr verantwortlich machen. Ozon reizt die Schleimhäute und kann zu chronischen Atemwegserkrankungen führen. Davon sind hauptsächlich ältere und kranke Menschen betroffen.

Die Feinstaubbelastung nimmt dann zu, wenn durch länger anhaltende Trockenheit der Regen, der die Partikel aus der Luft bindet und dem Boden zuführt, ausbleibt.⁴⁵

⁴⁴ Umweltbundesamt: Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt November 2016. S.92f.

⁴⁵ Ärzteblatt: Klimawandel: Mehr Todesfälle durch Ozon und Feinstaub vorhergesagt. In: URL: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/77335/Klimawandel-Mehr-Todesfaelle-durch-Ozon-und-Feinstaub-vorhergesagt> (letzter Zugriff: 15. 06. 2018)

4. Welche Maßnahmen kann man gegen die Überhitzung der Stadt treffen?

4.1. Präventive Maßnahmen

4.1.1. Awareness schaffen

Bei der Errichtung neuer Stadtteile oder bei großflächigen Neugestaltungen einzelner Gebiete kann bereits durch die richtige Planung eine allzu große Überhitzung verhindert werden.

Grundvoraussetzung für all diese Maßnahmen ist aber, dass einerseits die planenden Architekten, die Baubehörden, die Baustoffhersteller und die Bauträger die dringende Notwendigkeit dieser Maßnahmen verstehen und bereit sind, sie auch in der Planung vorrangig zu berücksichtigen, und dass andererseits entsprechende Gesetze von den Gemeinden oder Ländern verabschiedet und in den lokalen Bauordnungen verankert werden, wie es zum Teil bereits in der ÖNORM B 8110-3 (Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung) geregelt ist.⁴⁶

4.1.2. Abwärme aus Industrie und Gebäuden reduzieren

Abwärme aus industriellen Prozessen einfach in die Umwelt zu entlassen, ist nicht nur für die Wärmebilanz der Stadt negativ, sondern ist auch für die Firmen ein Verlust von nutzbarer Energie. Die Abwärme kann nämlich durch den Einsatz entsprechender Technologien in Kälte für Kühlung, in Wärmeenergie zur Erwärmung von Räumen oder Brauchwasser oder in elektrische Energie umgewandelt werden. Auf diese Weise könnten Betriebe Energiekosten sparen.⁴⁷

⁴⁶ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁴⁷ Deutsche Energie-Agentur: Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen. In: URL: https://ago.ag/fileadmin/content/default/downloads/broschueren/1445_Broschuere_Abwaermenutzung_web_final.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

4.1.3. Aktive Solarnutzung und Photovoltaik

Gerade an Tagen, an denen die Sonneneinstrahlung besonders hoch ist, kann mit Hilfe von Photovoltaikanlagen elektrische Energie erzeugt werden, die bei starker Sonneneinstrahlung und entsprechender Raumtemperatur automatisch zum Betreiben von Klimageräten verwendet wird.

4.1.4. Gebäudehöhe

Um die Bodenversiegelung möglichst gering zu halten, sollte bei der Erstellung der Bauklasseneinteilung die zulässige Gebäudehöhe für Wohngebiete und gemischte Baugebiete nach oben angeglichen werden.

4.1.5. Freiraumvernetzung

Vorhandene Grünflächen – also landwirtschaftliche Flächen, Wiesen, Brachland, Baumgruppen oder natürliche Gewässerränder – müssen bei der Neubebauung sinnvoll beibehalten werden.⁴⁸

“Wie eine Perlenschnur soll sich der Grünraum vom Bisamberg über den Rendezvousberg, den "Norbert-Scheed-Wald" bis hin zum Nationalpark Donau-Auen erstrecken.“⁴⁹

Dadurch werden unversiegelte Kaltluftflächen direkt mit den bebauten Gebieten verbunden und die kühle Luft aus den freien Flächen kann zur Abkühlung, besonders in der Nacht, beitragen.

4.1.6. Gewässerbegleitende Grünräume

Fließgewässer bilden Schneisen. Entlang dieser wird kühle Luft kanalisiert und kann in die Stadt strömen. Sowohl die kühle Luftfeuchte aus den Gewässern, als auch die unversiegelten Flächen entlang der Gewässer tragen zur Kühlung bei.

⁴⁸ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁴⁹ Magistrat der Stadt Wien: Neue Erholungsgebiete für Wien - Fachkonzept Grün- und Freiraum. In: URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/fachkonzepte/gruen-freiraum/erholungsgebiete.html> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

4.1.7. Berücksichtigung der Straßenausrichtung und des Straßenquerschnitts

Straßenzüge sind imstande, Luftströmungen zu kanalisieren oder zu hemmen. Bei der Neuanlage von Straßen kann auf die vorherrschende Hauptwindrichtung Rücksicht genommen werden, sodass Windschneisen gebildet werden. Der Straßenquerschnitt bei neuen Straßen soll so geplant werden, dass Platz für Baumreihen, die nahe an den Gebäuden stehen, berücksichtigt wird.

4.1.8. Einplanen von Parkanlagen und Grünflächen

Parkanlagen und Grünflächen stellen unversiegelte Flächen dar, die Regenwasser aufnehmen, speichern und langsam über die Verdunstung abgeben. Das führt zu einer Abkühlung durch die entstehende Verdunstungskälte.⁵⁰

4.1.9. Begrünung von Dach und Fassadenelementen

Gründächer können flächenmäßig die durch das Gebäude versiegelte Fläche teilweise ersetzen. Sie speichern das Regenwasser und kühlen durch Verdunstung ihre Umgebung. Aber nicht nur die Umgebung wird gekühlt, sondern auch die unter dem Dach liegenden Räume heizen sich im Sommer nicht so stark auf. Außerdem wird die Luftfeuchtigkeit erhöht, was wiederum das Mikroklima der Umgebung verbessert. Das gleiche gilt für begrünte Fassaden.

4.1.10. Beachtung der Windrichtung und entsprechende Ausrichtung der Gebäude

Die Anordnung der Gebäude kann die Luftströme innerhalb der Stadt massiv beeinflussen. Sind die Häuser so angeordnet, dass sie parallel zur Hauptwindrichtung stehen, kann der Wind ungehindert zwischen den Häusern bis ins Stadtzentrum gelangen. Stehen die Gebäude quer zur Windrichtung, können sie die Luftströme ablenken und unterbrechen.

⁵⁰ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

4.1.11. Helle Freiflächen und Fassaden bzw. Dächer

Beim Neubau von Gebäuden ist darauf zu achten, dass die Fassaden nicht grau, sondern weiß sind. Je heller die Flächen sind, umso mehr Wärme wird reflektiert.

4.1.12. Wasser

Es können auch von Anfang an Springbrunnen oder Wasserzerstäuber eingeplant werden, die durch den feinen Wassernebel für mehr Verdunstungskälte als stehende Gewässer sorgen.

4.1.13. Parkhäuser

Durch die Errichtung von mehrstöckigen Parkhäusern, in denen die Stellfläche pro Fahrzeug reduziert wird, kann die Versiegelung der Flächen als Parkplatz zugunsten von unversiegelten Grünflächen verhindert werden.⁵¹

4.1.14. Beschattung von Straßenflächen und Gehwegen

Bei der Erbauung von neuen Gebäuden können vorspringende Dächer und beschattende Balkone eingeplant werden, sodass die angrenzenden Straßen nicht der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.

4.1.15. Speichermasse von Gebäuden erhöhen

Gebäude mit schwerer Bauweise reagieren langsamer auf Temperaturänderungen. Sie können langsam viel Wärme aufnehmen, die aber nicht bis in die Räume gelangt. Es muss allerdings nachts für die Abkühlung der Mauern gesorgt werden, damit sie am nächsten Tag wieder Wärme aufnehmen können. Gebäude in Leichtbauweise heizen sich schneller auch bis ins Gebäudeinnere auf. Zusätzlich kann Wärmedämmung eine Abgabe der Wärme in der Nacht verhindern. Was also im Winter zur Reduktion der Heizenergie ein Vorteil ist, kann im Sommer die Abstrahlung der Wärme verhindern. Der Temperatenausgleich kann z.B. durch die Möglichkeit der Nachtlüftung erfolgen.

⁵¹ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

4.1.16. Orientierung von Gebäuden

Bei Neubauten ist nicht nur auf die richtige Lage zur Hauptwindrichtung, sondern wenn möglich auch auf die Orientierung zur Sonne zu achten. Da die Sonne im Süden am höchsten steht, kann durch entsprechende horizontale Sonnenschutzmaßnahmen die Einstrahlung in nach Süden gerichteten Räumen geringgehalten werden. Im Osten und Westen steht die Sonne tiefer, daher ist eine Aufheizung der entsprechenden Räume schwer zu verhindern. Wichtig wäre auch die Möglichkeit einer zweiseitigen Belüftung durch einander gegenüberliegende Räume.⁵²

4.1.17 Wärmedämmung der Gebäude

“Die Bautechnik hat sich in den letzten Jahren sukzessive geändert und die Qualität der Gebäudehülle wird kontinuierlich verbessert. Grund dafür sind die steigenden Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle, die zur Erhöhung der Wohnqualität bei gleichzeitiger Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs führen. Um die Wärmeverluste im Winter zu minimieren, wird die Gebäudehülle mit einer durchgehenden Dämmebene gebaut. Im Sommer kann dadurch die im Gebäude entstehende Wärme weniger rasch durch die Gebäudehülle abströmen. Demzufolge sind zusätzliche Maßnahmen zur Abminderung der externen Wärmegewinne (z.B. durch Sonnenschutz) und zur Abführung der im Gebäude entstehenden Wärme (z.B. durch Nachtlüftung) von großer Bedeutung“.⁵³

4.2. Nachträgliche Maßnahmen

Nachträgliche Maßnahmen versuchen, durch die Sanierung von Gebäuden bestehende Mängel auszubessern und auf die nachträgliche Einbindung der Natur zu achten.

⁵² Iñigo, Carmen Vicente/Österreicher, Doris/Treberspurg, Martin: Hitze! vermeiden. Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau. In: URL:

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/ueberwaermung.pdf> (letzter Zugriff: 10. 09. 2018)

⁵³ Iñigo, Carmen Vicente/Österreicher, Doris/Treberspurg, Martin: Hitze! vermeiden. Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau. In: URL:

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/ueberwaermung.pdf> (letzter Zugriff: 10. 09. 2018)

4.2.1. Bäume

Wenn es die Straßenbreite erlaubt, kann durch das nachträgliche Pflanzen von Bäumen entlang der Straßen und nahe zu den Gebäuden eine Beschattung und Kühlung durch Verdunstung bewirkt werden.

4.2.2. Begrünung von Freiflächen und Parkplätzen

Wo es die Gegebenheiten erlauben, können Grasflächen angelegt oder Bäume gepflanzt werden.⁵⁴

4.2.3. Entsiegelung von Freiflächen

Viele Plätze vor öffentlichen Gebäuden wurden in den letzten 20 Jahren sukzessive durch Betonplatten oder Fliesen versiegelt. Diese Flächen können entsiegelt und begrünt werden. Wo das nicht möglich ist, kann man zumindest vorhandene dunkle Bodenelemente durch weiße ersetzen.⁵⁵

4.2.4. Aufhellung von Objektflächen und Fassaden

Helle Oberflächen weisen höhere Albedo auf. Das bedeutet, dass die Sonneneinstrahlung reflektiert wird und somit nicht zur Erwärmung der Flächen führt. Daher sind die Oberflächentemperaturen heller Objekte geringer als die von dunklen. Dies führt in Folge auch zu einer geringeren Erwärmung der Innenräume und der Lufttemperatur.⁵⁶

4.2.5. Anlage von Straßenbegrünungen und Zulassung von Spontangrün

Wenn der Straßenquerschnitt die Pflanzung von neuen Bäumen erlaubt, ist es günstig, auch nachträglich Bäume am Straßenrand zu setzen. An Stellen, wo kein Platz für Bäume ist, kann trotzdem durch die Entsiegelung freier, wenn auch kleiner Flächen für

⁵⁴ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁵⁵ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁵⁶ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Reduktion des Kühlenergiebedarfs durch optimierte Bebauungsstrukturen und Prozess- und Entwurfsoptimierung in der Gebäudeplanung. In: URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/berichte/endbericht_1515c_smart_kb_planungsleitfaden_kuehle_gebaeude_ohne_technik_langfassung.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Begrünung gesorgt werden. Unbebaute Flächen und freie Baugründe können ebenfalls durch Spontanbegrünung für eine Verbesserung des Mikroklimas sorgen.

4.2.6. Dachbegrünung

Vorhandene Flachdächer auf Wohngebäuden, Industriegebäuden und Hallen können begrünt werden. Der Vorteil von Dachbegrünung ist, dass das Regenwasser langsamer abfließt und die Erde sich nicht so rasch erwärmt wie Blech oder Ziegel, aber Wasser speichert. Durch das langsame Verdunsten wird die Luftfeuchtigkeit erhöht. Ein begrüntes Dach kann um bis zu 40° kälter als ein dunkles, unbegrüntes Dach sein. Bei Begrünung von 50km² Dachflächen bzw. 90% aller Dächer würde die Temperatur einer Stadt insgesamt um 0,5 bis 2° C sinken. Die Begrünung trägt aber nicht zur Kühlung der Gebäude in der Nacht bei. Ein bewachsenes Dach gibt sogar die tagsüber gespeicherte Wärme nachts langsamer ab.

Die Gefahr bei hohen Häusern ist, dass der Wind auch die gekühlte Luft verwehen kann, noch bevor sie den Boden zwischen den Häusern berührt. Die Dachbegrünung kann somit auch nicht auf das Klima wirken. Wirksamer sind in diesem Fall Bäume und Grünflächen.⁵⁷

4.2.7. Regenwassermanagement

Regenwasser, das auf versiegelte Flächen fällt, verdunstet entweder sehr rasch oder wird in die Kanalisation abgeleitet. Die Folge ist, dass Regen in der Stadt kaum zur längerfristigen Abkühlung beiträgt. Wenn es Grünflächen gibt, können diese Wasser aufnehmen, speichern und langsam abgeben.

4.2.8. Schaffung von Wasserinstallationen – Sprühwasser

Kühlung kann auch mittels Wasserdunst künstlich erzeugt werden, unter anderem durch „Wasserinstallationen im öffentlichen Raum z. B. durch Hydranten mit Sprühaufsätzen, Sprühnebel, Splash Pads, Springbrunnen, etc., andererseits die Gestaltung der Abflüsse von Trinkbrunnen auf die Weise, dass das Wasser oberirdisch

⁵⁷ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

abläuft und erst später versickert. Eine weitere Möglichkeit ist die Schaffung von mehr (Kinder-)Freibädern sowie Wasserspielplätzen.“⁵⁸

4.2.9. Nachträgliche Fassadenbegrünungen

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Fassaden zu begrünen. Die eine Möglichkeit ist die Verwendung von Kletterpflanzen, die entweder alleine durch Haftorgane klettern oder die ein Rankgerüst als Kletterhilfe brauchen. Eine weitere Möglichkeit ist das Anbringen von Pflanzkästen oder Rinnen für wandgebundene Pflanzen, was in der Pflege allerdings aufwändiger ist.

Generell tragen alle Begrünungsarten zu einer zusätzlichen Wärmedämmung bei und begünstigen, wenn in der Nacht durch das Öffnen von Fenstern gelüftet wird, eine Befeuchtung und Kühlung der Luft vor den Fenstern.⁵⁹

⁵⁸ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁵⁹ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

5. Welche Maßnahmen werden gegen die Überhitzung der Stadt Wien getroffen?

5.1. Lage und Klima Wiens

Die Stadt Wien hat eine Fläche von etwa 414km². Auf Grund ihrer besonderen Lage – der Westen Wiens liegt auf den Ausläufern der Alpen, im Norden wird die Stadt durch den Donaudurchbruch zwischen Leopoldsberg und Bisamberg begrenzt, im Osten und Süden liegt Wien an der Grenze zur Pannonischen Tiefebene – gibt es unterschiedliche Klimazonen.

Im Westen wird das Klima noch durch atlantisch-ozeanische Einflüsse geprägt, während im Osten das niederschlagsärmere Kontinentalklima vorherrscht.

Durch die besondere Lage dominiert in Wien im Sommer der Westwind. In den ohnehin heißen Sommermonaten treten aber an mehreren Tagen trockene Südostwinde auf, die sich in der Pannonischen Tiefebene aufgeheizt haben und die Temperaturen in der Stadt verstärken.⁶⁰

Die Messstellen der ZAMG zeigen, dass die Temperaturen im Stadtzentrum im Jahresdurchschnitt um 1,2 Grad Celsius höher sind als in den Außenbezirken⁶¹.

⁶⁰ Wiener Umwelt Anwaltschaft: Naturschutz und Stadtökologie. In: URL: <http://wua-wien.at/naturschutz-und-stadtoekologie/weiterfrende-informationen-zum-thema17/klima-wiens> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

⁶¹ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Hitzetage werden immer häufiger. In: URL: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/hitzetage-werden-immer-haeufiger> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

5.2. Derzeitige Situation

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich die Jahresdurchschnittstemperatur in Wien bereits um zwei Grad Celsius erhöht. Dies führt zu einer Zunahme von Hitzewellen, Starkregenereignissen und länger anhaltenden Trockenperioden.

Zum Vergleich:

Im Zeitraum von 1961 bis 1990 gab es im Durchschnitt etwa 9,6 Hitzetage.

Im Zeitraum von 1981 bis 2010 stieg die Zahl auf 15,2 an⁶².

5.3. Maßnahmen, die bereits in Angriff genommen wurden

Laut dem 1999 beschlossenen Klimaschutzprogramm (KLiP), das 2009 bis 2020 fortgeschrieben wurde, gibt es bereits folgende Maßnahmen⁶³:

- Dach- und Fassadenbegrünungen werden von der Wiener Umweltschutzabteilung in Zusammenarbeit mit der MA42 (Stadtgartenamt) forciert und gefördert.
- Nachhaltiger Umgang mit Regenwasser, insbesondere die Erhöhung des Verdunstungsanteils, wird propagiert.
- Im Wiener Flächenwidmungsplan wird auf den Versiegelungsgrad und die Ausrichtung von Gebäuden sowie auf die Errichtung von Grünflächen Rücksicht genommen und es ist möglich, entsprechende Vorgaben zu erstellen.

Leider müssen die straßenbaulichen und städtebaulichen Maßnahmen, die zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen könnten, meist auf vorhandene Topografien, Verkehrsachsen und Nutzungsschwerpunkte Rücksicht nehmen.

⁶² Magistrat der Stadt Wien: Stadtklimauntersuchung Wien. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/stadtklimauntersuchung-wien.pdf> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

⁶³ Magistrat der Stadt Wien: Klimaschutzprogramm der Stadt Wien. Fortschreibung 2010–2020. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/klip2-lang.pdf> (letzter Zugriff: 01.05.2018)

5.4. Prognosen für die Zukunft

5.4.1. Klima

Es gibt für den Großraum Wien Zukunftsszenarien, die Prognosen für den Zeitraum bis 2050 bzw. sogar 2100 erstellen. Dabei werden die bestmöglichen Werte – für den Fall, dass die Klimaschutzmaßnahmen wie geplant greifen – und ein worst case Szenario definiert.

Wie soll sich also das Klima ändern?

- Die Temperatur wird im Winter um 1,3°C bis 1,8°C zunehmen, und im Herbst um 2.5°C bis 3°C.
- 2050 wird im Sommer durchschnittlich jeder vierte Tag ein Hitzetag mit mehr als 30°C Lufttemperatur werden.
- Man muss mit saisonaler Verlagerung der Niederschläge rechnen und auch mit einer zunehmenden Intensität der einzelnen Niederschläge.
- Trockenperioden werden länger und häufiger, was zu einer Erhöhung der Verdunstung und zu einer Verringerung des Bodenwassers führt.
- Die Zahl der Heizgradtage wird bis 2050 um 20% abnehmen, dafür werden die Kühlgradtage um 117% zunehmen.

Falls die Klimaänderung im gleichen Maß wie bisher fortschreitet, es also zu einer ungebremsten Emission von Treibhausgasen kommt, rechnet man mit folgendem Szenario:

- Temperaturanstieg: bis 2050 um 1,5°C, bis 2100 um 3,8°C
- Jahresniederschlagsmenge nimmt bis 2050 um 9,1%, bis 2100 um 12,7% zu
- Die Temperatur im Winter soll um 30% zunehmen.
- 2050 soll es 5,3 und bis 2100 bereits 23,3 Hitzeepisoden geben.
- Kälteepisoden könnten 2050 um 7,2 Tage abnehmen, und 2100 sogar um 14 Tage.⁶⁴

⁶⁴ Magistrat der Stadt Wien: Klimaschutzprogramm der Stadt Wien. Fortschreibung 2010–2020. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/klip2-lang.pdf> (letzter Zugriff: 01.05.2018)

5.4.2. Wie wird sich die Stadt verändern?

Laut Statistik Austria werden 2030 zwei Millionen Menschen in Wien leben.

Der Wiener Stadtentwicklungsplan STEP2025⁶⁵ beinhaltet unter anderem auch Pläne zur Weiterentwicklung städtischer Siedlungsräume, zur Adaptierung des öffentlichen Raumes und zur Zurverfügungstellung ausreichender Freiflächen.

In diesem Plan ist die positive Beeinflussung des Stadtklimas durch mehr Grün als zentrale Strategie verankert. Dies soll durch die Begrünung von Dächern, die Errichtung von Freiräumen und die Pflanzung von Alleen erreicht werden. Auch die EU fordert im Rahmen der Grünen Biodiversitätsstrategie 2020 die Nutzung grüner Infrastruktur⁶⁶.

5.5. Strategische Maßnahmen für eine klimasensible Stadtplanung in Wien

5.5.1. Erhaltung der städtischen Luftzirkulation und Vernetzung der Freiraumflächen

Grünräume der Stadt sind für die Abkühlung der Luft und ihre Verteilung verantwortlich. Deshalb ist es von Vorteil, wenn die Grünflächen einerseits miteinander vernetzt und andererseits mit den dicht bebauten Arealen der Stadt verbunden sind. Der positive kühlende Effekt kommt besonders dann zum Tragen, wenn diese Vernetzung entlang der Hauptwindrichtung erfolgen kann. Dabei ist es auch wichtig, das Umland und die Kaltluftströme aus der ländlichen Umgebung Wiens sowie den Wienerwald einzubeziehen.

⁶⁵ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁶⁶ Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union: Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Luxemburg, 2011. In: URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_de.pdf (letzter Zugriff: 01.05.2018)

Auch Gewässer tragen zur Klimaregulierung bei. Deshalb sollten die Ufer von Gewässern vor Verbauung geschützt werden, da diese tagsüber eine Kaltluftschneise darstellen, nachts aber Wärme speichern.

Des Weiteren sollen kühle Fallwinde aus den westlichen Wienerwaldregionen nicht durch parallel zum Hang verlaufende Gebäudezeilen aufgehalten werden.

5.5.2. Anpassung der Stadtstruktur und der Siedlungsformen

Bei der Neuanlage von Straßen und Gebäuden ist darauf zu achten, dass die Straßen wegen ihrer besseren Durchlüftung breit sind, gleichzeitig muss aber durch Bepflanzung der Straßenränder für eine Beschattung der Gebäude gesorgt werden. In Wiens engen Gassen ist die Durchlüftung schlecht und die Abstrahlung der Wärme durch die Gebäude hoch, sodass sich diese Bauweise insgesamt schlecht auf das Mikroklima auswirkt. Daher ist Fassadenbegrünung zu empfehlen. Bei der Ausrichtung neuer Gebäude muss auf die Windrichtung, die Sonneneinstrahlung und die bestehenden Nachbargebäude Rücksicht genommen werden.

5.5.3. Aufhellen von Gebäuden und Oberflächenmaterialien sowie Entsiegelung

Da dunkle Flächen und Metallfassaden mehr Wärme absorbieren, ist darauf zu achten, dass die Gebäudeoberflächen und die Straßenbeläge hell und reflektierend sind. In Wien ist häufig Gussasphalt als Straßenbelag anzutreffen, der besonders negativ als Wärmespeicher fungiert.

Versiegelte Oberflächen leiten das Wasser sehr schnell in die Kanalisation ab, wodurch der kühlende Verdunstungseffekt naturbelassener Flächen verloren geht.

5.5.4. Sicherung und Erweiterung von Grün- und Freiräumen

Wien ist in der glücklichen Lage, nur zu ca. 50% verbaut zu sein. Die Bebauungsdichte variiert aber stark. Auf jeden Fall sollen bestehende land- und forstwirtschaftliche Flächen erhalten bleiben. Wien ist bereits dabei, die vorhandenen Grünflächen auszubauen bzw. neue Parkanlagen zu errichten. Diese haben ab 2,5ha messbaren Einfluss auf das Mikroklima. Dieses Prinzip wurde bereits beim Bau des Zentralbahnhofes und der Seestadt Aspern berücksichtigt.⁶⁷

⁶⁷ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands.

5.5.5. Erhaltung und Ausweitung des Bestandes an Bäumen (an Straßen)

Wien verfügt über 180.000 Bäume im Wiener Stadtgebiet. Dieser Baumbestand soll auf jeden Fall erhalten bleiben. Bei Neupflanzungen sollen Arten gewählt werden, die an die besondere Stresssituation in der Stadt angepasst sind.⁶⁸

Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

⁶⁸ Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

6. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Frage nachgegangen, warum es im Sommer im Wiener Stadtgebiet wärmer ist, als im Umland und warum diese Temperaturdifferenzen in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben. Im Anschluss wurden Maßnahmen zu Verhinderung dieser Erwärmung behandelt.

Diese Problematik beschäftigt allerdings nicht nur regionale Wissenschaftler, sondern ist ein weltweites Problem, das seit 1810 bekannt ist, aber in den letzten Jahren immer aktueller wird. Daher wurden für diese Arbeit die neuesten Studien und Strategiepläne relevanter Forschungseinrichtungen und Universitäten sowie Werte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien herangezogen.

Alle Arbeiten kommen zu dem Schluss, dass die immer rascher steigenden Temperaturen eine Folge des Klimawandels sind. Die Auswirkungen dieses Temperaturanstiegs sind nicht nur höhere Tagestemperaturen, sondern auch längere Hitzeperioden. Daher ist es die Aufgabe von Städteplanern, Maßnahmen zu ergreifen, die der Erwärmung der Städte und den daraus folgenden negativen Auswirkungen für Menschen und Umwelt entgegenwirken.

Hohe Temperaturen wirken sich negativ auf die Gesundheit der Menschen aus. Nicht nur, dass Tropennächte zu weniger Erholung in den Nachtstunden führen, die Hitze beeinflusst auch am Tag das Wohlbefinden. Auswirkungen wie Müdigkeit und Mattheit sowie Hitzekrämpfe und Hitzeerschöpfung beeinträchtigen die Gesundheit. Außerdem kommt es zu einer erhöhten UV-Belastung und zu einem vermehrten Schadstoffgehalt der Luft. Besonders betroffen sind alte Menschen und Kleinkinder. In weiterer Folge können durch die Hitze auch gute Lebensbedingungen für eingewanderte Tiere und Pflanzen mit neuen Allergenen sowie für Krankheitsreger geschaffen werden.

Die Ursachen für die Erwärmung und die dadurch entstehenden UHIs sind die wasserdichte Versiegelung natürlicher Oberflächen, die vertikale Orientierung von großen wärmeabsorbierenden Gebäudefronten, dunkle, absorbierende Flächen, die Abnahme von Grünflächen wie Parkanlagen, die Abwärme aus Verkehr und Industrie und die Reduzierung der Windgeschwindigkeit durch raue Oberflächen.

All diese negativen Folgen der Hitzeinseln verlangen neue Maßnahmen bei der Stadtplanung und Sanierung.

Um bestehende Stadtteile an die neuen Anforderungen anzupassen, gibt es verschiedene Ansätze:

- Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen und Parkplätzen
- Pflanzen von Bäumen entlang von Straßenzügen nahe an den Gebäuden
- Aufhellung von Fassaden
- Zulassung von Spontangrün
- Dachbegrünungen und nachträgliche Fassadenbegrünungen
- Schaffung von Wasserinstallationen (Sprühwasser)

Schon bei der Planung von neuen Stadtteilen, Straßenzügen oder Wohnhausanlagen müssen die Gefahren der sommerlichen Überwärmung vermieden und baulich berücksichtigt werden. Wichtige Aspekte sind:

- Straßenausrichtung, die die vorherrschende Hauptwindrichtung berücksichtigt
- Einplanen von Parkanlagen und Grünflächen und die Vernetzung derselben, um die Zirkulation zu fördern
- Gebäudehöhe und -Orientierung, die auf die Hauptwindrichtung und auf die Richtung der Sonneneinstrahlung abgestimmt ist
- Beschattung von Straßen und Gehwegen durch Dächer oder Balkone
- Helle Fassaden und Flächen
- Einbau von Wasserinstallationen wie Brunnen und Zerstäuber
- Solaranlagen auf Dächern, die die bestrahlte Fläche reduzieren und deren Energie für Klimageräte verwendet wird

Spätestens seit dem Wiener UHI-Strategieplan 2015, der alle baulichen Erfordernisse zur Reduktion der Hitze in der Stadt beinhaltet, sollte zumindest unter den Verantwortlichen die Awareness geschaffen worden sein, dass der Klimawandel jetzt

besondere städteplanerische Maßnahmen verlangt. Leider haben alle diese Maßnahmen auch Nachteile, die die Umsetzung erschweren.

Zum Beispiel neigen helle Fassaden zu stärkerer Verschmutzung, was ihre Qualität mindert bzw. Reinigungsaufwand erfordert. Wasserinstallationen erhöhen den Wasserverbrauch, mehr Bäume erhöhen die Pollenbelastung, viele Maßnahmen sind gerade in der Innenstadt wegen Denkmalschutzauflagen kaum möglich, Dachbegrünungen sind nur bei geringer Bauhöhe für die Verbesserung des Klimas auf der Straße sinnvoll und auch das Anlegen von Luftschneisen und die Vermeidung von Sonneneinstrahlung sind im Winter eher von Nachteil.

Trotz dieser Nachteile ist es sinnvoll, die erwähnten Maßnahmen in Angriff zu nehmen, da die Erwärmung, wie der Sommer 2018 wieder gezeigt hat, tendenziell zu- und nicht abnimmt.

Quellenverzeichnis

Umweltbundesamt: Klimaschutz in der räumlichen Planung. Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt Februar 2012.

Umweltbundesamt: Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt November 2016.

Claußen, Martin: Die Rolle der Vegetation im Klimasystem. In: Promet. Nr. 29 von 2003.

Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Eis, Dieter u.a. Berlin: Robert Koch-Institut 2010.

Kromp-Kolb, Helga/Schwarzl, Ingeborg: StartClim2010. „Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich“. Wien, September 2011.

Kuttler, Wilhelm/Wienert, Uwe: The dependence of the urban heat island intensity on latitude - A statistical approach. In: Meteorologische Zeitschrift. Bad Münders: Gebrüder Borntraeger 2005. Vol.14 Nr.5.

McPherson, Gregory: Cooling urban heat islands with sustainable landscapes. In: The Ecological City. Preserving and Restoring Urban Biodiversity. University of Massachusetts Press. Amherst: 1994.

Rumpf, Sabine u.a.: Climate-driven range dynamics and potential current disequilibrium in Alpine vegetation. In: 18. KLIMATAG. Climate Change Center AUSTRIA. Wien, Mai 2017

Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics. Wong, Eva u.a. USA und Kanada, Oktober 2018.

Internet

Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union: Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Luxemburg, 2011. In: URL:
http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_de.pdf (letzter Zugriff: 01.05.2018)

Ärzteblatt: Klimawandel: Mehr Todesfälle durch Ozon und Feinstaub vorhergesagt. In: URL:
<https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/77335/Klimawandel-Mehr-Todesfaelle-durch-Ozon-und-Feinstaub-vorhergesagt> (letzter Zugriff: 15. 06. 2018)

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Reduktion des Kühlenergiebedarfs durch optimierte Bebauungsstrukturen und Prozess- und Entwurfsoptimierung in der Gebäudeplanung. In: URL:
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/berichte/endbericht_1515c_smart_kb_planung_sleitfaden_kuehle_gebaeude_ohne_technik_langfassung.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Deutsche Energie-Agentur: Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen. In: URL: https://ago.ag/fileadmin/content/default/downloads/broschueren/1445_Broschuere_Abwaermenutzung_web_final.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Deutscher Wetterdienst: Klimatologische Referenzperiode. In: URL: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101456> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

Diercke: Arktis - Wandel der Eisbedeckung. In: URL: <https://www.diercke.de/content/arktis-wandel-der-eisbedeckung-978-3-14-100870-8-204-2-1> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

EINE WELT LADEN: Alles über den Klimawandel. Globale Umweltprobleme. In: URL: https://www.eineweltladen.info/downloads/climate_change.pdf (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

Endlicher, Wilfried/Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm: Treibhausgase. In: URL: <https://www.http://www.klima-und-raum.org/treibhausgase-engl-green-house-gases> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

Energie- und Umweltagentur Niederösterreich: Heizgradtage ausgewählter Standorte. In: URL: http://enu.marmara.or.at/images/doku/404;https://www_umweltgemeinde_at:443/images/doku/hgt_kalenderjahr.pdf (letzter Zugriff: 10. 07. 2018)

Hutter, Hans-Peter: Hitze wird Gefahr für die Gesundheit. In: URL: <https://wien.orf.at/news/stories/2724983/> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Iñigo, Carmen Vicente/Österreicher, Doris/Treberspurg, Martin: Hitze! vermeiden. Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau. In: URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/ueberwaermung.pdf> (letzter Zugriff: 10. 09. 2018)

Jendritzky, Gerd: FOLGEN DES KLIMAWANDELS FÜR DIE GESUNDHEIT. In: URL: <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/2633/108.pdf?sequence=1> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

Klimpel, Sven/Kuhn, Thomas: Klimawandel, Zika-Virus & Co. Können eingeschleppte Erreger bei uns heimisch werden? In: URL: http://www.forschung-frankfurt.uni-frankfurt.de/64239502/FoFra_2016_02_Konkurrenz_der_Arten_Klimawandel_Zika_Virus_und_Co.pdf (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

Magistrat der Stadt Wien: Klimaschutzprogramm der Stadt Wien. Fortschreibung 2010–2020. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/klip2-lang.pdf> (letzter Zugriff: 01.05.2018)

Magistrat der Stadt Wien: Stadtklimauntersuchung Wien. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/stadtklimauntersuchung-wien.pdf> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22: Urban Heat Islands. Strategieplan Wien. Wien 2015. In: URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

National Weather Service: What is the heat index? In: URL:
<https://www.weather.gov/ama/heatindex#> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Nehring, Stefan: Invasive Arten profitieren vom Klimawandel. In: URL: <http://www.klimawarnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2017/01/nehring.pdf> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

Österreichischer Rundfunk: Mehr als 470 Millionenstädte auf der Welt. In: URL:
<https://science.orf.at/stories/2895847/> (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Stadt Wien: WIENER HITZE RATGEBER. In: URL:
<https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/hitzeratgeber.pdf> (letzter Zugriff: 03. 09. 2018)

TERRAGlobal: Millionenstädte. In: URL:
https://www2.klett.de/sixcms/media.php/8/27530_186_187.pdf (letzter Zugriff: 05. 09. 2018)

Umweltbundesamt: Lachgas und Methan. In: URL:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

Umweltbundesamt: Wie funktioniert der Treibhauseffekt? In: URL:
<https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt> (letzter Zugriff: 02. 09. 2018)

Wiener Umwelt Anwaltschaft: Naturschutz und Stadtökologie. In: URL: <http://wua-wien.at/naturschutz-und-stadtoekologie/weiterfhrende-informationen-zum-thema17/klima-wiens> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Gletscher sehr stark geschmolzen. In: URL:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/gletscher-sehr-stark-geschmolzen> (letzter Zugriff: 04. 09. 2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Heiße Tage. In: URL:
https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/ungewoehnliche-hitzewelle-und-trockenheitmedien/static/aussendungen/zamg_heisse-tage-2017_stand_20170829.pdf (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Hitzetage werden immer häufiger. In: URL:
<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/hitzetage-werden-immer-haeufiger> (letzter Zugriff: 10.05.2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Klimatologische Kenntage in Wien 1955 bis 2017. In: URL: <https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/eis-hitze-tage-zr.html> (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Klima. In: URL:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima> (letzter Zugriff: 01. 09. 2018)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Pflanzen- und Tierwelt. In: URL:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimafolgen/pflanzen-und-tierwelt> (letzter Zugriff: 09. 07. 2018)

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Treibhauseffekt. Quelle: <https://s3-ap-southeast-1.amazonaws.com/subscriber.images/biology/2018/03/20105713/0green-house-effects.png>.....3

Abb.2: Abschmelzen der Polkappen. Quelle:
https://media.diercke.net/omeda/800+/U0337_1_deutsch_D3-1_Web.jpg.....8

Abb.3: Abschmelzen der Pasterze. Quelle:
<https://www.flickr.com/photos/zamg/23622169926/in/album-72157652636617806/>.....9

Abb.4: Vergleich Stadt – Land. Quelle: http://stormwater.allianceforthebay.org/wp-content/uploads/2013/07/Natural__impervious_cover_diagrams_EPA.jpg.....13

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich der Eis- und Frosttage.....	6
Tab. 2: Vergleich der Hitzetage.....	6
Tab. 3: Vergleich der Heizgradtage.....	7
Tab. 4: Bevölkerungswachstum.....	10
Tab. 5: Auswirkungen der Hitze auf den Menschen.....	17