



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Standortplanung für Kühlareas in Wien“

Verfasst von

Arta Shaqiri-Nasufi

angestrebter akademischer Grad

Master of Science, MSc.

Wien, im September 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 915

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Betriebswirtschaft

Betreut von: ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gabriele Uchida

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe“.

Wien, am 27.04.2015

Arta Shaqiri-Nasufi

Danksagung

Einen besonderen Dank möchte ich an ao. Univ.-Prof. Dr. Walter Gutjahr aussprechen, der mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu verfassen, und mir wertvolle Anregungen gegeben hat.

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gabriele Uchida möchte ich für die Betreuung meiner Masterarbeit und für ihre hilfreichen Anregungen danken.

Von ganzem Herzen bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mir immer volles Vertrauen entgegengebracht und mich bei allen kleineren und größeren Problemen unterstützt haben.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich während meines Studiums und meiner Masterarbeit so tatkräftig unterstützt haben und ohne die die vorliegende Arbeit nicht hätte entstehen können.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung	II
Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Notationsverzeichnis	VI
Listingverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Abstract	VIII
Kurzfassung	IX
Einleitung	1
1. Klimawandel	5
1.1. Klimaänderungen in den letzten 100 Jahren	5
1.2. Zu erwartende Klimaänderungen bis 2100	6
1.3. Klimaveränderungen Wien	6
1.3.1. Sommertage	7
1.3.2. Heiße Tage	7
1.3.3. Hitzetperiode nach Kysely	8
2. Hitzewellen, Gesundheitsrisiken der	10
Hitzeperioden und Hitzeerkrankungen	10
2.1. Hitzewelle 2003	12
2.1.1. Hitzewelle Wien	13
2.1.2. Hitzewelle Frankreich	15
2.1.3. Hitzewelle Deutschland	17
2.2. Gesundheitsrisiken der Hitzewellen	17
2.2.1. Vulnerable Bevölkerungsgruppe	18
2.3. Hitzeerkrankungen	20
2.3.1. Sonnenstich	20
2.3.2. Hitzschlag	20
2.3.3. Hitzekrampf	20
2.3.4. Hitzekollaps	20
3. Wiener Demographie	22
3.1. Bevölkerungsanzahl	22
3.2. Bevölkerungsprognose	23
4. Toronto - Vorbild für die Kühlareas in Wien	26

4.1. Hitze-Risikogruppe	26
4.2. Sommertemperatur	27
4.3. Kühlzentren in Toronto	28
4.3.1 Kühlzentrenbesucher	28
4.3.2. Berechnung Anteil der Kühlzentrenbesucher.....	29
5. Standortplanung für Kühlareas in Wien.....	35
5.1. Nachfrage- Hitzegefährdete	36
5.2. Das Angebot- Kapazität der Kühlareas	39
5.3. Kostenvoranschlag	42
5.3.1. Personalkosten.....	42
5.3.2. Kinokosten	43
5.3.3. Geschäftsentfallkosten	45
5.4. p- Median Probleme	48
5.5. Geöffnete Kühlareas in Wien.....	52
5.5.1. MATLAB-Programmierung	52
5.5.2. Vulnerability Map	66
Ausblick	67
Literaturverzeichnis	68
Anhang A Demographische Daten.....	72
Anhang B Kühlareas Daten	73
Anhang C MATLAB Ergebnisse.....	79
Anhang D Lebenslauf.....	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedeutende Naturkatastrophen 1980- 2011	10
Tabelle 2: Top 10 Naturkatastrophen in Österreich (1990 bis 2013) (Sortiert nach Anzahl der Todesopfer).....	11
Tabelle 3: Bevölkerungsprognose Wien 2010 bis 2050.....	25
Tabelle 4: Bevölkerung nach Altersgruppen in Toronto und Wien 2012	26
Tabelle 5: Sommertemperaturen 1999 - 2013 in Toronto und Wien	27
Tabelle 6: Anzahl der Kühlzentrenbesucher während verschiedener Hitzewellen im Zeitraum 2005- 2013 in Toronto	29
Tabelle 7: Die geschätzte Nachfrage nach Kühlzentrumsplätzen in Wien	38
Tabelle 8: Das Angebot für die Hitzegefährdeten für jeden Bezirk in Wien.	41
Tabelle 9: Personalkosten für jeden Standort	42
Tabelle 10: Mietpreise von vier verschiedenen Kinos in Wien	43
Tabelle 11: Kinoticketpreise von 5 verschiedenen Kinos in Wien	44
Tabelle 12: Projektkostenplan für Kühlareas in Wien	47
Tabelle 13: Transportproblem (MATLAB Ergebnis)	60
Tabelle 14: Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten.....	64
Tabelle 15: Vier ausgewählten Kühlareas - Angebot, Nachfrage und Kosten	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung der relativen Häufigkeit von Sommer/Hitzetage in Wien- Hohe Warte	8
Abbildung 2: Zahl der Kysely Tage pro Jahr in Wien, Hohe Warte.....	9
Abbildung 3: Anzahl der Hitzetage in Wien	14
Abbildung 4: Verteilung der Übersterblichkeit in Bezug auf Geschlecht und Alter, Frankreich, August 2003.....	16
Abbildung 5: Hitzekrankheiten und ihre Symptome	21
Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung seit 1961 nach Bundesländern.....	22
Abbildung 7: Bevölkerungsentwicklung Österreichs 2011 bis 2060 nach speziellen Altersgruppen...	24
Abbildung 8. Standortproblem- Beispielgraph.....	36
Abbildung 9: Ausgegebenes Geld in 2 Std. pro Person- Donauzentrum Wien	46
Abbildung 10: Dummy- Populationsknoten.....	51
Abbildung 11: Die vier ausgewählten Kühlareas in Wien	66

Notationsverzeichnis

Notation 1: Anteil der Kühlzentren-Besucher (KZB) in Toronto.....	30
Notation 2: Erweiterte Notation für KZB in Toronto	31
Notation 3: Erweiterte Notation für KZB in Toronto	33
Notation 4: Schätzung der Nachfrage für einen Kühlzentrumplatz in Wien.....	37
Notation 5: Das Angebot für Hitzegefährdete in Wien.....	40
Notation 6: Notation für p-Median Problem	48
Notation 7. Erweiterte Notation (Transportproblem).....	50

Listingverzeichnis

Listing 1: Euklidische Distanz.....	53
Listing 2: Transportproblem.....	56
Listing 3: Auswahl von 4 aus 20 Standorten.....	62

Abkürzungsverzeichnis

EM-DAT	Emergency Events Database
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
et al.	und andere (u.a.)
ebd.	Ebenda
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KA	Kühlarea
KZB	Kühlzentrenbesucher
Münich RE	Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft Aktiengesellschaft
OFDA	Office of Foreign Disaster Assistance
TP	Transportproblem
TPH	Toronto Public Health
u.d.N.	unter den Nebenbedingungen
UN	United Nations
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
z.B.	zum Beispiel
ZF	Zielfunktion

Abstract

This paper investigates potential locations for cooling centers in Vienna. It is assumed that temperatures are quickly rising worldwide as well as in Vienna, which is why this topic has gained more and more importance during the last years.

Heat periods are dangerous to health and can even cause death. The establishment of cooling centers would lower the number of fatal casualties. Suitable location for cooling centers – cooling areas in this case – would be public buildings like shopping malls and cinemas equipped with air conditioning as refreshing areas for places endangered by heat in Vienna.

The aim of this master thesis is the development of a discrete choice model for the planning of locations for cooling centers in Vienna. The number of people endangered by heat will be modeled on Toronto and compared with the capacity for cooling centers in Vienna.

In order to decide how many cooling centers should be opened in Vienna during heat periods, there will be a comparison between the demand and the capacities for cooling centers.

The decision on the exact number of cooling centers during heat periods in Vienna will be based on the following premises:

- The cooling centers should be in reach of the parties involved. In the model, the distance between the population vertex i (center point of district) and the locations j (cooling areas in Vienna) will be minimized and
- the demand should be accommodated with minimal expense.

With the aid of the MATLAB program (Version R2013a 8.1.0.604) a discrete choice model will be established, which will show that the opening of a cooling center is not necessary in every district, but that the number and location of potential cooling centers are in line with the demand.

Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Standortplanung für Kühlzentren in Wien. Es wird davon ausgegangen, dass die Temperaturen weltweit und auch in Wien rasch steigen, deshalb hat dieses Thema in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen.

Hitzewellen sind sehr gefährlich für die Gesundheit und können Todesfälle verursachen. Die Einrichtung von Kühlzentren würde die Hitzesterblichkeit senken. Als Standort für die Kühlzentren, in unserem Fall Kühlareas genannt, eignen sich öffentliche Gebäude wie Einkaufszentren und Kinos, die mit Klimaanlage ausgestattet sind und als erfrischende Areas für hitzegefährdete Areale in Wien dienen.

Ziel dieser Masterarbeit ist die Entwicklung eines Entscheidungsmodells für die Standortplanung der Kühlareas in Wien.

Die Schätzung der Hitzegefährdung für Wien wird nach dem Vorbild Torontos berechnet und dann mit der Kühlareas-Kapazität in Wien verglichen.

Um zu entscheiden, welche und wie viele Kühlareas in der Hitzeperiode in Wien geöffnet werden sollten, wurde ein Vergleich von Kühlareas-Kapazitäten und Nachfrage gemacht.

Die Entscheidung, welche und wie viele Standorte (Kühlareas) in der Hitzeperiode in Wien geöffnet werden sollten, wird unter diesen Voraussetzungen getroffen:

- die sogenannten Kühlareas sollten sich möglichst in erreichbarer Nähe der Betroffenen befinden. Im Modell wird die Luftdistanz zwischen den Populationsknoten i (Mittelpunktbezirk) und den Standorten j (Kühlareas in Wien) minimiert und
- die Nachfrage sollte mit möglichst geringen Kosten abgedeckt werden.

Mithilfe der MATLAB-Software (Version R2013a 8.1.0.604) wird ein Entscheidungsmodell erstellt, das zeigen wird, dass nicht in jedem Bezirk die Einrichtung eines Kühlzentrums sinnvoll ist, aber die gesamte Nachfrage nach einem Kühlplatz gedeckt werden kann.

„Katastrophenhilfe ist teuer. Katastrophenvorsorge dagegen nicht. Wir müssen zukünftig agieren, bevor der Wirbelsturm kommt, nicht erst danach“.¹

DR. RUDOLF SEITERS

¹ Deutsches Rotes Kreuz, 2008 [Zugriff am: 10.01.2013].

Einleitung

Die Umweltveränderungen, die in der letzten Zeit schnell und unberechenbar passieren, können Naturkatastrophen verursachen. Naturkatastrophen haben in den letzten Jahrzehnten in einem dramatischen Ausmaß zugenommen. Jeden Tag ereignen sich Tragödien mit menschlichen Verlusten auf der ganzen Welt. Die Anzahl der Todesfälle steigt von Jahr zu Jahr an.

Welche Auswirkungen große Naturkatastrophen haben können, zeigen die Daten von Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft Aktiengesellschaft in München (Münich RE), wo es nur im Jahr 2010, dem „Jahr der Naturkatastrophen“, 950 Ereignisse auf der ganzen Welt gab, in Folge derer 296.000 Menschen gestorben sind, davon 200.000 Todesopfer bei dem Erdbeben in Haiti.² Diesem folgte das Jahr 2011, das Jahr der teuersten Naturkatastrophen als Folge des Tsunamis in Japan. 2012 dagegen waren weniger folgenschwere Katastrophen zu verzeichnen. Trotz einer relativ hohen Gesamtzahl von 905 Ereignissen waren die menschlichen Verluste vergleichsweise gering.³

Die erschreckend hohen Zahlen der Betroffenen durch Naturkatastrophen sollten endlich ausreichen, um wirksame Maßnahmen gegen den Klimawandel zu ergreifen, aber es scheint, dass der Mensch als Haupttreiber der globalen Erwärmung noch nicht davon überzeugt ist, dass es notwendig ist, Energie effizienter zu nutzen.

Kohlenstoffdioxid (CO₂), ein Treibhausgas, das bei der Verbrennung kohlestoffhaltiger Brennstoffe freigesetzt wird, gilt als einer der Verursacher des Klimawandels. Durch steigenden Energiebedarf und -verbrauch nehmen daher auch die Umweltbelastungen zu. Verglichen mit dem Jahr 2000 muss der Ausstoß von CO₂ bis Mitte des Jahrhunderts um 50 bis 80 Prozent gesenkt werden, um die Erderwärmung im regulierbaren Bereich von etwa zwei Grad Celsius zu halten. Zu diesem Ergebnis kam der UN-Klimabericht aus dem Jahr 2007.⁴

Die dramatischen Auswirkungen von Naturkatastrophen hat auch die Hitzewelle im Jahr 2003 gezeigt, die mehr Todesopfer als alle anderen Naturkatastrophen in Europa forderte. Doch nicht nur im Jahr 2003 wurde das Risiko, das Hitzewellen darstellen, unter Beweis gestellt. In den meisten Regionen der mittleren Breiten wie in den USA und Europa gehören Hitzewellen

² MunichRe [Zugriff am: 02.02.2013].

³ MunichRe [Zugriff am: 10.12.2013].

⁴ Vgl. Niesing (2010: 5-7).

zu den tödlichsten aller Naturkatastrophen im globalen Maßstab, was die Anzahl der Todesfälle betrifft.⁵

Dennoch hat der bisherige Umgang mit dieser Art von Katastrophenereignis gezeigt, dass zu wenig in diese Richtung geforscht wurde. Es gibt leider nur wenige Studien zu diesem Thema, besonderes für Wien wurde nur eine Studie über Mortalität (*Heatwaves in Vienna: effects on mortality*)⁶ geschrieben und bis jetzt kein praktikabler Vorfeldplan erstellt. Wie fast auf alle anderen Naturgefahren wird auch auf Hitzewellen nicht schon im Vorfeld reagiert, sondern erst danach als Katastrophenbewältigung.

Um die Zahl der Hitzeopfer zu minimieren, ist es besonders wichtig, ein Bewusstsein für die Gefahren von Hitzeperioden zu schaffen. Für viele Wienerinnen und Wiener ist Hitze noch kein Thema, deshalb sollte mehr in diesem Bereich gearbeitet werden.⁷

In Toronto scheint dies anders zu sein, weil die Hitzesommer-Temperaturschäden schon bekannt sind. Um sich gegen die Hitze im Sommer zu schützen, ergreifen Hitzegefährdete in Toronto folgende Maßnahmen: z.B. gehen sie in Einkaufszentren, Schwimmbäder, ausgewiesene kühle Räume in der Wohnung, usw.

Es wurde auch eine Umfrage mit 1100 Personen (842 mit und 259 ohne Klimaanlage) durchgeführt. Bei diesen Interviews wurde in Erfahrung gebracht, dass die EinwohnerInnen Torontos auch eine Vielzahl der von Toronto Public Health (TPH) empfohlenen Maßnahmen anwenden, wenn es sehr heiß ist, z.B. Dusche zur Abkühlung (55% vs. 70% bei Personen ohne Klimaanlage), im Keller schlafen (41% vs. 51%), geschlossene Vorhänge und Jalousien (88% vs. 78%), viel Flüssigkeit zu sich nehmen (87% vs. 90%), usw.⁸

Indirekt beinhalten alle Hitzewelle-Studien den Effekt, Bewusstsein zu schaffen. Je mehr in diese Richtung gelesen und geschrieben wird, desto mehr werden die Gefahren und Risiken ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt. Für diese Arbeit ist außer der Schaffung von Bewusstsein die Zahl der Hitzegefährdeten für Wien sehr wichtig.

⁵ Vgl. Kysel'y & Huth (2008: 243-249).

⁶ Vgl. Hutter, Moshhammer, Wallner, Leitner, & Kundi (2007).

⁷ Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

⁸ Vgl. Gower, Mee, Campbell [Zugriff am: 28.05.2013].

Dass, der größte Teil der Betroffenen durch Naturkatastrophen alte Menschen sind, wurde von vielen Fällen auf der ganzen Welt bestätigt. Die Hitzewelle 2003 forderte 14.800 Todesopfer nur in Frankreich, wobei 70% der Betroffenen über 75 Jahre alt waren. Durch Hurrikans kamen etwa 1330 Menschen ums Leben, ebenfalls überwiegend alte Menschen. Der dritte Fall: In Louisiana waren 71% der Verstorbenen älter als 60 Jahre und 47% dieser Gruppe über 77 Jahre alt.⁹

Durch Naturkatastrophen sind auch Kleinkinder stark betroffen. Bei den beiden Risikogruppen, die für diese Arbeit besonders relevant sind, weil sie von Hitze hochgefährdet sind, handelt es sich um Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren sowie über 65jährige.

Das Angebot entspricht den Kapazitäten der Kühlareas. Die *Kühlareas* (vom Roten Kreuz benannt) sind klimatisierte Räume (für diese Arbeit die Einkaufszentren und Kinos).

Die Kühlareas sollten sich möglichst in der Nähe der Hitzegefährdeten befinden. Sie dienen als erfrischende Orte an extrem heißen Tagen. Um die Risiken durch Hitze zu reduzieren, reicht es bereits, sich an extrem heißen Tagen ein bis drei Stunden in einer klimatisierten Area aufzuhalten.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Kleinkinder und alte Menschen über 65 stärker von der Hitze betroffen sind, deshalb wird für diese Arbeit der Rest der Bevölkerung nicht berücksichtigt.

Gliederung der Arbeit

Die theoretische und praktische Dokumentation dieser Arbeit gliedert sich in 5 Kapitel:

Der theoretische Teil wird in den Kapiteln 1, 2 und 3 behandelt.

Kapitel 1 konzentriert sich auf Klimawandel, die Klimaänderungen der letzten 100 Jahre und das zukünftige Klima.

Kapitel 2 beschreibt Hitzewellen und Gesundheitsrisiken in Hitzeperioden.

Kapitel 3 konzentriert sich auf die Wiener Demographie, die sehr wichtig für diese Arbeit ist. Der zweite Teil (Kapitel 4) beschäftigt sich mit den Daten Torontos. Toronto ist Vorbild für diese Arbeit, weil die Berechnung des Anteils der Kühlzentrenbesucher in Toronto für die Schätzung der Nachfrage in Wien eine große Bedeutung hat. Eine mathematische Formulierung ist in diesem Kapitel ebenfalls angegeben.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Standortplanung für Kühlareas in Wien. Die Beschreibung

⁹ Vgl. Hutton [Zugriff am: 25.08.2013].

beginnt mit der Schätzung der Nachfrage nach dem Vorbild Torontos, gefolgt von der Berechnung der vorhandenen Räume, die mit Klimaanlage ausgestattet sind wie Kinos und Einkaufszentren (Angebot) in Wien. Es folgen die Kostenvoranschläge. Das Kapitel endet mit der MATLAB (Version R2013a 8.1.0.604) Implementierung für die Standortauswahl der Kühlareas in Wien und der Darstellung der Vulnerability Map.

1. Klimawandel

Über das Thema Klimawandel wurde lange Zeit diskutiert und letztendlich konkludiert, dass es sich bei Klimawandel um eine reale Entwicklung handelt. Klimawandel konfrontiert uns mit neuen unbekanntem Phänomenen. Die Folgen des Klimawandels für das Leben auf der Erde vorherzusagen und mögliche Störungen abzuschätzen, gehört heute zu den wichtigsten Aufgaben der Wissenschaft.

In diesem Kapitel wird die klimatische Veränderung unseres Planeten Erde analysiert. Es wird sowohl die Klimaveränderung der letzten 100 Jahre als auch die zukünftige Klimaveränderung bis 2100 erläutert. Das Klima als komplexes System wird aus globaler Sichtweise, aber auch lokal für Österreich/ Wien betrachtet.

1.1. Klimaänderungen in den letzten 100 Jahren

Das Klima ist ein komplexes System, das sich im Laufe der Erdgeschichte wiederholt gewandelt hat. Diese Veränderungen gingen jedoch langsam vonstatten, dadurch hatten die Organismen genügend Zeit, sich an die veränderte Umgebung anzupassen.

Anders als damals hat sich das Klima in den letzten 100 Jahren rasant geändert, leider eine bittere Realität.

In den letzten Jahren ist die Mitteltemperatur um etwa 0,74 Grad Celsius gestiegen. Die größten Temperaturänderungen haben in den mittleren und höheren Breiten der Nordhemisphäre stattgefunden, wobei der Niederschlag um 0,5-1% pro Dekade zugenommen und über den subtropischen Breiten abgenommen hat.¹⁰

Die wärmste Dekade war die Dekade von 2001-2010, gefolgt von der Dekade der 90er Jahre, die wiederum wärmer war als die der 80er. Im 20. und während des bisherigen Verlaufs des 21. Jahrhunderts trat auf der Nordhalbkugel die stärkste Erwärmung der letzten 1 300 Jahre auf.¹¹

¹⁰ Vgl. IPCC [Zugriff am: 28.12.2012].

¹¹ Vgl. Umweltbundesamt [Zugriff am: 10.10.2013].

1.2. Zu erwartende Klimaänderungen bis 2100

Laut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Wissenschaftler werden wir in den kommenden Jahren mit einem rasanten Temperaturanstieg konfrontiert werden. Im nächsten Jahrhundert wird es extreme Wetterereignisse geben. Da die Temperatur in den letzten Jahren um etwa 0,74 Grad Celsius gestiegen ist, halten die UN-Klimaforscher einen Temperaturanstieg um bis zu 6,4 Grad Celsius für möglich. Davon werden wir nur insofern profitieren, dass es keine frostigen Winter mehr geben wird. Die Winter werden milder und die Temperatur der Frosttage wird nicht die derzeitigen Minima erreichen. Natürlich ist eine solche Temperaturveränderung auch mit Veränderungen der Vegetationsperiode verbunden. Daraus resultiert eine verlängerte Vegetationsperiode (frühere Erwärmung im Frühjahr um ca. 2 Wochen und späterer Wintereinbruch um ca. eine Woche).¹²

Andererseits wird es wärmere und trockenere Sommer geben. Das Wetter in Zeiten des Klimawandels wird extremer und bringt dadurch Risiken mit sich. Wenn der Klimawandel tatsächlich zu deutlich mehr tödlichen Hitzewellen führt, wird uns das schmerzlich treffen.

1.3. Klimaveränderungen Wien

Das Klima der Erde, auch das Wiener Klima, verändert sich, weil die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre steigt.

Das Klima von Wien ist ein Übergangsklima mit ozeanischen Einflüssen aus dem Westen und kontinentalen Einflüssen aus dem Osten. Die Winter sind eher mild. Wien hat nur geringe Niederschlagsmengen und längere Trockenperioden zu verzeichnen.¹³

In Wien ist die Durchschnittstemperatur in den letzten 40 Jahren um etwa 1,7 °C in den Perioden Mai bis September gestiegen.¹⁴

Die Wahrscheinlichkeit, dass Wien in der Zukunft wärmer wird, ist sehr hoch.

Von einem der besten derzeit existierenden globalen Klimamodellen (HadCM3) wurde für Wien ein Anstieg bis 5°C der Sommertemperaturen bis 2100 vorhergesagt.¹⁵

Viele Statistiken haben gezeigt, dass die Anzahl an Frosttagen (Minimum der Lufttemperatur unter null Grad Celsius liegt) seit 1872 um mehr als 30 Tage abgenommen hat, während sich die jährliche Anzahl an Eistagen (Lufttemperatur stets unter null Grad Celsius) verglichen mit

¹² Vgl. Umweltbundesamt [Zugriff am: 13.01.2013].

¹³ Vgl. wien.at [Zugriff am: 15.08.2013].

¹⁴ Vgl. Hutter, Moshhammer, Wallner, Leitner, & Kundi (2007: 223-227).

¹⁵ Vgl. Berger & Ehrendorfer (2011: 101-103).

dem Maximum nahezu halbiert hat. Andererseits hat die jährliche Anzahl an Sommertagen (siehe Kapitel 1.3.1) zwischen 1872 und 2000 zugenommen.¹⁶

1.3.1. Sommertage

Von einem Sommertag wird dann gesprochen, wenn das Temperaturmaximum bei mehr als 25°C liegt. Die Anzahl der Sommertage nimmt auch in Wien rasch zu, wobei die Betrachtung der Zeitreihe 1872 bis 2000 zeigt, dass die jährliche Zahl der Sommertage seit 1910 um rund 35 Tage zugenommen hat.¹⁷

1.3.2. Heiße Tage

Auch bei den heißen Tagen zeigt sich ein Anstieg. Wenn das Temperaturmaximum bei mehr als 30°C liegt, handelt es sich um heiße Tage (Hitzetage). Die Untersuchung des Zeitraums 1872-2000 hat gezeigt, dass die jährliche Anzahl an heißen Tagen seit 1910 um rund 15 Tage zugenommen hat.¹⁸

Einerseits nimmt der Anzahl der heißen Tage zu, andererseits steigt die Anzahl der warmen Nächte. Als warme Nacht wird eine Nacht definiert, die auf ein Tagesmaximum von $\geq 30^\circ\text{C}$ folgt und in der das Temperaturminimum nicht weniger als 18°C erreicht. Eine weitere Untersuchung ergab, dass die Anzahl der warmen Nächte in Wien an der Station Hohe Warte im Vergleich zum Zeitraum 1961–1990 in der Periode 2019–2048 von 9,9 auf 33,6 steigen wird.¹⁹

Die Abbildung 1 zeigt die relativen Häufigkeiten der Sommer- bzw. Hitzetage in Wien-Hohe Warte für die Periode 1961 bis 2049 bezogen auf die Sommermonate Juni, Juli und August.

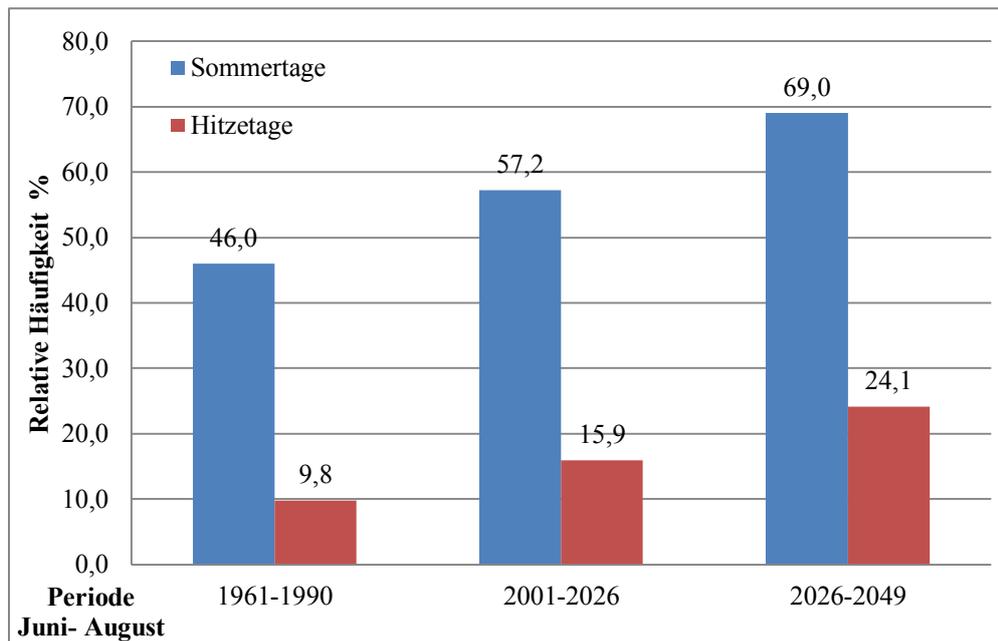
¹⁶ Vgl. Kromp-Kolb, Formayer& Clementschitsch (2007) [Zugriff am: 14.02.2013].

¹⁷ Vgl. Kromp-Kolb et al.(2007) [Zugriff am: 14.02.2013].

¹⁸ *ebenda* [Zugriff am: 14.02.2013].

¹⁹ Vgl. ZAMG [Zugriff am: 01.10.2013].

Abbildung 1: Veränderung der relativen Häufigkeit von Sommer/Hitzetage in Wien- Hohe Warte



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Kromp-Kolb et al. 2007²⁰

In der Abbildung 1 ist klar zu erkennen, dass die Häufigkeit der Sommertage (Sommermonate: Juni, Juli und August) von 46% auf 70% innerhalb des Zeitraums von 1961 bis 2049 steigen wird. Die Hitzetage pro Sommerperiode nehmen deutlich zu. Im Zeitraum 1961-1990 waren im Durchschnitt 9,8% und von 2001-2026 sind 15,9% Hitzetage zu erwarten. Für die zukünftige Periode wird jeder vierte Tag ein heißer Tag im Sommer sein.

1.3.3. Hitzetperiode nach Kysely

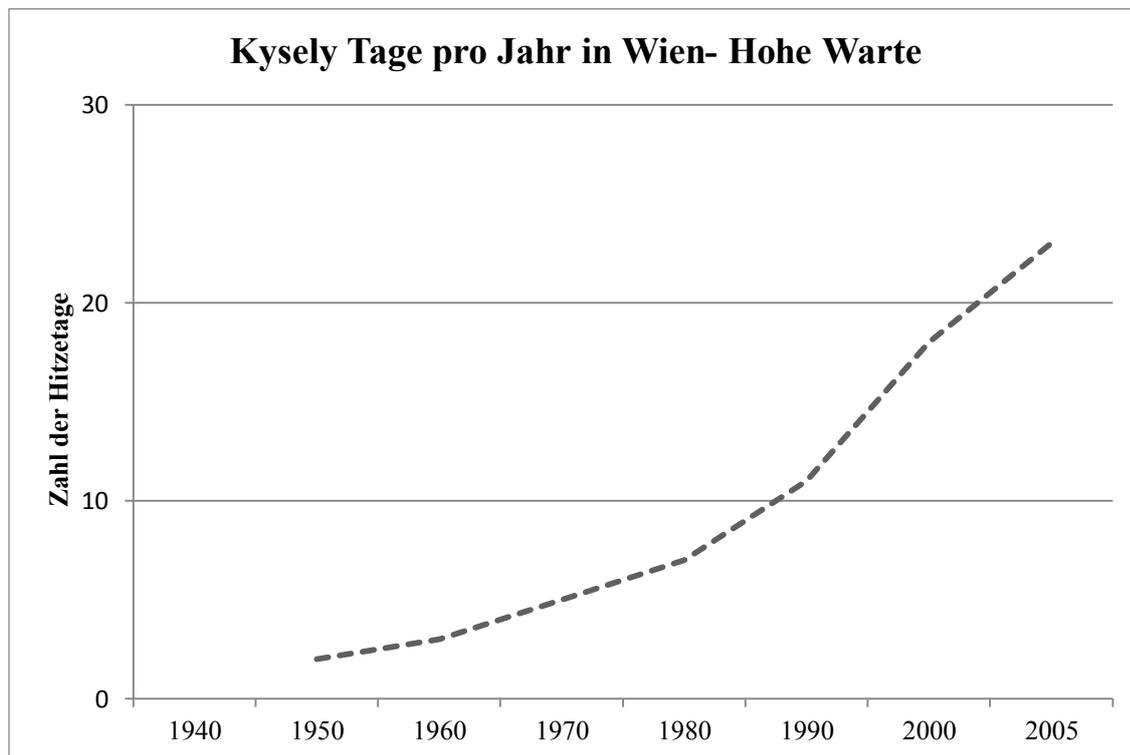
Kysely-Hitzeperioden sind für die Gesundheit des Menschen belastender als Hitzetage. Von einer Hitzeperiode nach Kysely spricht man bei einer Maximaltemperatur von 30°C mindestens drei Tage in Folge, einem Mittelwert TMax von mindestens 30°C und einer Minimaltemperatur von 25°C während des gesamten Zeitraums.²¹

Die nächtliche Abkühlung wurde nicht berücksichtigt, obwohl es für die Hitzegefährdete von großer Bedeutung ist.

²⁰ Vgl. Kromp-Kolb et al. (2007) [Zugriff am: 14.02.2013].

²¹ Vgl. Kysely, Kalvova, & Kvétoň (2000).

Abbildung 2: Zahl der Kysely Tage pro Jahr in Wien, Hohe Warte



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Kromp-Kolb et al. 2007²²

Abbildung 2 zeigt die Zahl der Kysely-Tage pro Jahr in Wien. Die Angaben in der Abbildung beziehen sich auf die Jahre 1950 bis 2005, Wien, Hohe Warte. Während es in der Periode von 1961 bis 1990 durchschnittlich 5,1 Kysely-Tage pro Jahr gab, wurden in der Periode 1976 bis 2005 durchschnittlich 9,1 solcher Tage beobachtet. Die Abbildung lässt eine deutliche Tendenz in Richtung exponentieller Anstieg der Anzahl an Kysely-Tagen erkennen. Die Prognosen sind in diese Richtung pessimistisch.²³

²² Vgl. Kromp-Kolb et al. (2007) [Zugriff am: 14.02.2013].

²³ ebenda

2. Hitzewellen, Gesundheitsrisiken der Hitzeperioden und Hitzeerkrankungen

Die Erde ist vielen verschiedenen klimatischen Extremen wie Hitze, Überschwemmungen, klirrender Kälte und Eiszeiten unterworfen. Schon kleine Veränderungen des Klimas können dramatische Auswirkungen haben, aber das Leben auf der Erde hat immer seinen Weg gefunden. Der Mensch kämpft um seine Existenz, die jedoch nicht so stabil ist, wie es scheint.

Laut Jan Egeland, Uno-Koordinator für humanitäre Einsätze seien weltweit Jahr für Jahr 250 Millionen Menschen direkt von Naturkatastrophen betroffen. Etwa die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in gefährdeten Regionen. Naturkatastrophen, so Jan Egeland weiter, seien für die Menschheit sogar bedrohlicher als Krieg und Terror.²⁴

Die 10 tödlichsten Ereignisse weltweit

Tabelle 1: Bedeutende Naturkatastrophen 1980- 2011

Datum	Ereignis	Gebiet	Todesopfer
12.1.2010	Erdbeben	Haiti:	222.570
26.12.2004	Erdbeben, Tsunami	Sri Lanka, Indonesien, Thailand, Indien, Bangladesch, Myanmar, Malediven, Malaysia	220.000
2.-5.5.2008	Zyklon Nargis, Sturmflut	Myanmar	140.000
29.-30.4.1991	Tropischer Zyklon, Sturmflut	Bangladesch	139.000
8.10.2005	Erdbeben	Pakistan, Indien, Afghanistan	88.000
12.5.2008	Erdbeben	China	84.000
Juli-Aug. 2003	Hitzewelle, Dürre	Frankreich, Deutschland, Italien, Portugal, Rumänien, Spanien, Großbritannien	70.000
Juli- Sept.2010	Hitzewelle	Russland	56.000
20.6.1990	Erdbeben	Iran	40.000
26.12.2003	Erdbeben	Iran	26.200

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an MunichRe [Zugriff am: 02.01.2013].²⁵

Tabelle 1 zeigt die bedeutendsten Naturkatastrophen weltweit. Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf die Jahre 1998 bis 2011.

²⁴ Vgl. SpiegelOnline [Zugriff am: 19.01.2013].

²⁵ Vgl. MunichRe [Zugriff am: 02.01.2013].

Laut dieser Naturkatastrophensauflistung von Ländern nach Anzahl der Todesfälle und Schäden, sind Hitzewellen eines der 10 tödlichsten Ereignisse der Welt. Die Zahlen legte die Münchener Rückversicherungsgesellschaft vor.

Wie die Tabelle zeigt, hat die Hitzewelle 2003 in Europa rund 70.000 Menschenleben gekostet, davon circa 9000 in Deutschland und laut Statistiken auch hunderte in Österreich. Es fällt auf, dass katastrophale Ereignisse häufiger in armen Ländern (Asien und Afrika) auftreten und dort eine größere Zahl an Todesopfern fordern.

Tabelle 2: Top 10 Naturkatastrophen in Österreich (1990 bis 2013)

(Sortiert nach Anzahl der Todesopfer)

Naturkatastrophe	Datum	Anzahl der Todesopfer
Extreme Temperatur	Juli, 2003	345
Überschwemmung	12. 01.1954	200
Überschwemmung	24.02.1999	50
Überschwemmung	09.02.1984	30
Überschwemmung	Dezember, 1952	28
Überschwemmung	April, 1975	15
Überschwemmung	28.03.2000	13
Überschwemmung	Februar, 1982	12
Unwetter	12.07.1984	12
Flut	07.08.1985	12

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an EM-Dat.²⁶

Während Tabelle 1 die 10 tödlichsten Ereignisse der Welt listet, gibt Tabelle 2 Auskunft über Naturkatastrophen in Österreich unter Berücksichtigung der Zahl der Todesfälle. Die Daten stammen vom The OFDA/CRED International Disaster Database aus den Jahren 1900 bis 2012. Wie Tabelle 2 zeigt, traten extreme Temperaturen nur im Jahr 2003 auf. Mit 345 Todesopfern (circa 130 nur in Wien) verzeichneten diese mehr Todesfälle als alle anderen Naturkatastrophen in Österreich. Im Vergleich zu anderen Ländern, wie Deutschland und Frankreich, war die Zahl der Toten im Jahr 2003 in Österreich niedriger, weil es glücklicherweise nicht so heiß war, sonst hätten auch die Österreicher unter Stresshitze zu leiden gehabt.

²⁶ von EM-DAT The International Disaster Database CRED [Zugriff am: 06.02.2013].

Für Hitzewellen gibt es verschiedene Definitionen. Manche Fachwissenschaftler definieren sie als eine lange Periode mit mehreren aufeinanderfolgenden heißen Tagen. Eine andere Definition von Sheridan und Kalkstein lautet: „A heat wave is a prolonged period of excessively hot and sometimes also humid weather relative to normal climate patterns of a certain region“.²⁷

Hitzewellen gehören zu den gefährlichsten Naturkatastrophen in Bezug auf Sterblichkeit und die Auswirkungen der Wärme. Diesbezüglich wurden in zahlreichen Regionen in Nordamerika Untersuchungen durchgeführt.²⁸

Jedes Jahr sterben in den USA 400 Menschen an Hitze, weil die notwendige Hilfe fehlt.²⁹

Die inneren Stadtgebiete sind stärker von der Hitze betroffen als die Stadtrandgebiete. Die Betonflächen sind sehr gute Wärmespeicher – je mehr Beton desto mehr Betroffene. „Je mehr grau desto wärmer, je mehr Grün desto kühler“, so Jürgen Högl.³⁰

Es ist unablässig, die Bevölkerung über die Risiken von Naturkatastrophen ausreichend zu informieren, nur dann kann im Vorfeld agiert werden. Jede nicht ernstgenommene Situation kann dazu führen, dass nicht rechtzeitig reagiert wird und jede Hilfe zu spät kommt.

2.1. Hitzewelle 2003

Naturkatastrophen treffen uns meist völlig überraschend, was dramatische Folgen für Betroffene haben kann. Zu einem solchen Fall kam es im August 2003, als Europa unter einer unerwarteten Hitzewelle litt. Die extrem hohen Temperaturen haben zehn Tage lang andauert.

Diese Hitzewelle hatte um die 70.000 Todesfälle in ganz Europa zur Folge. Nicht alle Gebiete Europas waren gleichermaßen von der Hitze betroffen. Einige Gebiete wie Frankreich, Deutschland oder Portugal leiden stärker unter Naturkatastrophen als Österreich, aber das Jahr 2003 hat seit Beginn der Wetteraufzeichnungen alle Sommertemperaturrekorde gebrochen. Die Auswirkungen der Hitzewelle waren deutlich, weil im Frühling und Frühsommer eine ungewöhnliche Trockenheit geherrscht hat.³¹

²⁷ von EM-DAT The International Disaster Database CRED [Zugriff am: 06.02.2013].

²⁸ Vgl. Sheridan & Kalkstein (2004: 1931-1941).

²⁹ Vgl. Centers for Disease Control and Prevention (2002: 1979-1999).

³⁰ Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

³¹ Vgl. Bündnis Entwicklung Hilft (2011: 17-18).

All dies ist auf die Erderwärmung zurückzuführen, die unter Klimaexperten völlig unumstritten ist, ebenso wie die Tatsache, dass der Mensch Haupttreiber der globalen Erwärmung der letzten 30 Jahren gewesen ist.

Der Klimaforscher und Ozeanograph, Herr Prof. Stefan Rahmstorf bestätigt, dass es durch die menschengemachte globale Erwärmung in den letzten Jahren zu monatlichen Hitzerekorden gekommen ist, die 5-fach über den zu erwartenden Temperaturen eines stationären Klimas hinausgehen. Die Folgen der globalen Erwärmung drohen, katastrophale Ausmaße anzunehmen – stärkere oder häufigere Wetterextreme wie tödliche Hitzewellen, Dürren, Hunger, Krankheiten, Überschwemmungen, usw. können die Folge sein.³²

2.1.1. Hitzewelle Wien

2003 war einer der wärmsten Sommer in der Messgeschichte. Glücklicherweise war die Hitze in Österreich weniger gravierend als in Deutschland und Frankreich, sonst hätten noch viele Kinder und alte Menschen unter Stresshitze gelitten.

„In Österreich war der August 2012 einer der wärmsten Sommer der 246-jährigen Messgeschichte. Erst zweimal in dieser Messgeschichte war es noch heißer, nämlich im Juni, Juli und August in den Jahren 1992 und 2003“.³³

2003 sind circa 130 Personen an den Folgen der Temperaturen in Wien gestorben, weil es zu einer unerwarteten Hitzewelle kam und die sofortige Hilfe fehlte.³⁴ Naturkatastrophen sind nicht verhinderbar, aber Schadensbegrenzung mit Hilfe eines Frühwarnsystems wäre sicher möglich.

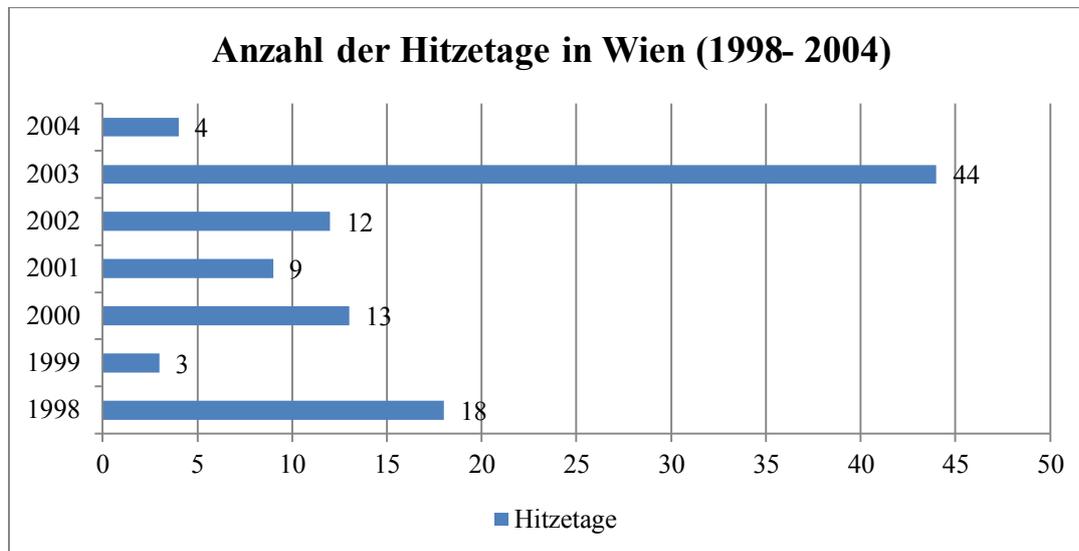
³² Rahmstorf [Zugriff am: 31.05.2013].

³³ Vgl. DerStandard [Zugriff am: 05.01.2013].

³⁴ Vgl. Hutter et al. (2007: 223-227).

Die untere Abbildung zeigt die Hitzetage von 1998 bis 2004 für die Sommermonate in Wien.

Abbildung 3: Anzahl der Hitzetage in Wien



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hutter, 2007³⁵

Abbildung 3 zeigt die Hitzetage in Wien von 1998 bis 2004. 1999 war das Jahr mit den wenigsten Hitzetagen in Wien, das Jahr 2003 hingegen hat mit 44 Hitzetagen im Sommer alle Hitzerekorde gebrochen. Die Anzahl der Todesfälle hat dies bestätigt. Die Zahl der Todesfälle ist während der Hitzewelle um 13% gestiegen. Das Mortalitätsrisiko war vor allem bei Säuglingen (25% Risikoerhöhung) und der Generation +65 massiv erhöht. Ferner waren mehr Frauen als Männern betroffen.³⁶ Die hohen Temperaturen sind besonders für die genannten Gruppen belastend.

Durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) erfolgen Warnungen vor Hitzebelastung, und zwar ab zwei Tagen mit hoher Belastung, wenn die mittlere gefühlte Temperatur ≥ 35 Grad Celsius beträgt, oder extremer Belastung bei einer mittleren gefühlten Temperatur von ≥ 40 Grad Celsius. Im Jahr 2012 wurden im Sommer zwei Hitzewarnungen an die Wiener Landessanitätsdirektion gesendet: ab 30. Juni bis 10. Juli, mit dem heißesten Tag der Saison mit einem Tageshöchstwert von 36,8 Grad Celsius in Wien (Innere Stadt), und vom 19. bis 24. August.³⁷

³⁵ Vgl. Hutter et al. (2007: 223-227).

³⁶ ebenda

³⁷ wien.at [Zugriff am: 15.08.2013].

2.1.2. Hitzewelle Frankreich

Der Sommer 2003 war für Frankreich einer der heißesten Sommer seit 1500. Nur vom 4. bis 18. August haben die mittleren maximalen Temperaturen die Normalwerte um 11 bis 12° C überschritten, von 25° C bis 37°C. Die extremen Sommertemperaturen dauerten neun Tage und die Auswirkung der Hitzewelle wurde durch erhöhte Temperaturen in der Nacht verstärkt. Fast die gesamte Bevölkerung war von der Hitzewelle betroffen. Frankreich ist ein Land mit einem der besten finanzierten Gesundheit-Sozial-Systeme der Welt, trotzdem hatte es die größte Zahl an Todesfällen mit circa 14 987 Todesopfern und eine um 55 % erhöhte Sterblichkeit zu verzeichnen.³⁸

Die vulnerable Bevölkerung waren sozial isolierte Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Die Todesursachen waren die unerwarteten Sommertemperaturen, Mangel an Klimageräten, Ferienzeit (Abwesenheit der Familie bzw. von Betreuungsmitarbeitern) und schlechte Zusammenarbeit zwischen Notfall, Gesundheit und sozialen Diensten.³⁹

In diesem Abschnitt soll ein Überblick über klassische Hitzewellenzielgruppen in Frankreich gegeben werden. Ein typisches Opfer von Hitze könnte wie folgt beschrieben werden: „eine alte Frau, im 7. Stock Südseite, wohnt alleine, exponiert und isoliert“.⁴⁰

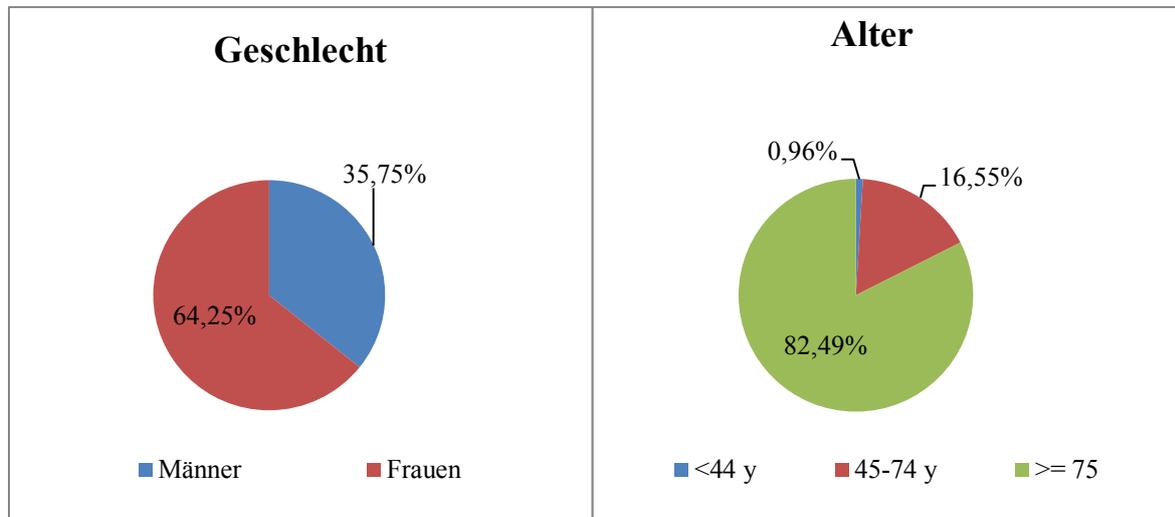
Frauen waren auch in Frankreich stärker von der Hitzewelle betroffen als Männer. Die folgende Abbildung beinhaltet nähere Informationen.

³⁸ Vgl. Poumadère, Mays, Le Mer, & Blong (2005: 1483-1492).

³⁹ Vgl. UNAIDS & WHO (2008).

⁴⁰ Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

Abbildung 4: Verteilung der Übersterblichkeit in Bezug auf Geschlecht und Alter, Frankreich, August 2003



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Poumadère, Mays, Le Mer, & Blong⁴¹

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Mortalität in Bezug auf Geschlecht und Alter in Frankreich. Wie bereits erwähnt, sind Frauen stärker von Hitzewellen betroffen als Männer, dies bestätigt auch der Todesprozentsatz (Frauen 64,25 %, Männer 35,75%). Wie die Abbildung zeigt, waren ältere Personen, besonders die Altersgruppe +75, am stärksten gefährdet.

Bemerkung: die Kleinkinder hier nicht detailliert erfasst.

Die beispiellose Hitzewelle 2003 hatte hohe Sterberaten in Frankreich zur Folge, weil sie unerwartet kam und die Behörden unvorbereitet traf (Mangel an Kühlanlagen in Pflegeheimen, Krankenhäusern, undefinierte Rollen der beteiligten Behörden, usw.). Die ungewöhnliche Hitzeperiode dauerte 7-8 Tage. Erst danach haben die französischen Behörden die Situation ernst genommen und in kurzer Zeit den „Nationalen Hitzewellen-Plan“ als Prävention von Mortalität und Morbidität in Hitzeperioden entwickelt.

Eine andere Maßnahme, um Betroffene vor den Auswirkungen von Hitzewellen zu schützen, besonders alleinlebende, kranke Senioren, wäre, Risikogruppen zu ermutigen, sich mit ihren Telefonnummern in eine Liste einzutragen, sodass sie im Falle eines Hitzewellen-Alarmes kontaktiert werden können, um sie zu unterstützen und ihnen zu helfen. In Frankreich wird dieses System bereits angewendet und funktioniert, und es wäre ratsam, einen ähnlichen Service auch in Wien anzubieten.⁴²

⁴¹ Vgl. Poumadère, Mays, Le Mer, & Blong (2005: 1483-1492).

⁴² Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

2.1.3. Hitzewelle Deutschland

Deutschland ist ein Land in Mitteleuropa, das zwar nicht im Mittelmeerraum liegt, aber dennoch sehr hohe Sommertemperaturen aufweist. Besonders hoch waren sie im August 2003.

Das Jahr 2003 zählte 53 Hitzetage und liegt damit deutlich vor dem nachfolgenden Jahr 1947, in dem 44 Hitzetage verzeichnet wurden. Bei der Betrachtung der Tage mit einer Maximaltemperatur über 35°C zeigt sich, dass 2003 mit 16 Tagen deutlich vor 1952 (10 Tage) und 1947 (9 Tage) liegt. Bemerkenswert ist auch, dass vor dem Hitzesommer 1947 im gesamten 20. Jahrhundert nur an 10 Tagen eine Maximaltemperatur von über 35°C in Karlsruhe gemessen wurde.⁴³

In Deutschland wurde die Höchsttemperatur von 40,2°C am 9. August 2003 in Karlsruhe, am 13. August 2003 in Freiburg und Karlsruhe und am 27. Juli 1983 in Gärmersdorf/Oberpfalz gemessen.⁴⁴

Die extremen Sommertemperaturen sind eine große Belastung für die menschliche Gesundheit, besonders bei einer Hitzewelle, die mehr als 3 Tage dauert.

Allein im August 2003 wurde die Zahl der hitzebedingten Todesfälle in Deutschland auf etwa 9.000 geschätzt.⁴⁵

Aus diesem Grund wurde im Anschluss daran die Mortalität in Frankfurt am Main in den Monaten Juni bis August 2003 untersucht, um das Risiko zu bewerten und Präventionsmaßnahmen für zu erwartende Hitzeperioden zu treffen. Die Sterberate lag in Juni und Juli bei 14 Todesfällen pro Tag, während sie im August auf 20,4 stieg. In dieser Periode gab 200 Hitzeverstorbene mehr als erwartet. Die Gruppe der Hitzeverstorbenen bestand zu etwa gleichen Teilen aus Menschen aus Altenpflegeheimen und in häuslicher Pflege. Dabei konnte gezeigt werden, dass auch bei Hitzeperioden in Deutschland das Sterblichkeitsrisiko älterer Menschen erhöht ist.⁴⁶

2.2. Gesundheitsrisiken der Hitzewellen

Obwohl es sehr wenige Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen von Sommertemperaturen gab, sind die Gesundheitsrisiken seit der Hitzewelle 2003 in Europa gut bekannt.

Der tendenziell heiße und trockene Sommer ist mit Gesundheitsrisiken verbunden. Schuld daran ist unter anderem der Klimawandel, der schwerwiegende Folgen für die Gesundheit der

⁴³ Vgl. Schönwiese, Staeger, Trömel, & Jonas (2005).

⁴⁴ Vgl. wetterdienst.de [Zugriff am: 17.10.2013].

⁴⁵ Vgl. Statista.com [Zugriff am: 01.05.2013].

⁴⁶ Vgl. Heudorf & Meyer (2005: 369-374).

Weltbevölkerung haben wird. Eines ist klar: An extremen Hitzesommertagen sind alle Personen betroffen. Nicht jede Person reagiert gleich auf Hitze, die Auswirkungen sind von der Empfindlichkeit des Organismus‘ gegenüber Hitze abhängig. Manche Personen stehen die Hitze leichter durch, manche schwerer, und für manche kann sie tödlich wirken. Empfindlichkeit gegenüber Hitze hängt jedoch nicht nur vom Organismus allein, sondern auch von anderen Faktoren ab.

Viele Studien über Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Sterblichkeit zeigen, dass alte Menschen, chronisch Kranke, Säuglinge, Kinder und isoliert Lebende hoch gefährdet sind. In diesem Kapitel werden die Risikogruppen, die von der Hitze am stärksten betroffen sind, und Hitzeerkrankungen erläutert.

2.2.1. Vulnerable Bevölkerungsgruppe

Hitzeperioden können sich auf die Gesundheit aller Personen jeden Alters schädlich auswirken, aber die, die zuerst an den Folgen einer Hitzewelle sterben, sind gesundheitlich vorbelastete Menschen. Am stärksten gefährdet sind ältere Personen, chronisch Kranke, sozial isolierte Personen, Einkommensschwache, Obdachlose und Kleinkinder. Deswegen braucht diese Gruppe besondere Aufmerksamkeit.⁴⁷

In diesem Kapitel werden nähere Informationen über ältere Personen ab 65 und Kindern von 0-4 Jahren dargelegt.

2.2.1.1. Kleinkinder

Aufgrund der instabilen Thermoregulation sind Säuglinge und Kleinkinder in Hitzeperioden besonders gefährdet.

Wenn Säuglinge und Kleinkinder bei heißem Wetter sogar kurz auf dem Spielplatz spielen oder in einer geschlossenen Umgebung bleiben, ohne genug zu trinken, besonders, wenn sie zu warm angezogen sind, besteht das Risiko eines Hitzeschlags.⁴⁸

Um die Gefahr für Säuglinge und Kleinkinder in Hitzeperioden zu verringern, sollte auf folgende Maßnahmen geachtet werden: luftige und leichte Kleidung anziehen, Kopfbedeckung tragen, ausreichend trinken, gelegentlich ausruhen, nicht nach draußen, wenn die Sonne richtig brennt. Aber wenn es in der Wohnung sehr heiß ist, dann sollte möglichst auf nahe klima-

⁴⁷ Vgl. Feenstra & Pollhammer (2011: 12-13).

⁴⁸ Vgl. BabyCenter [Zugriff am: 31.08.2013].

tisierte Areas wie Kinos, Einkaufszentren oder eine Gemeindeeinrichtung ausgewichen werden.⁴⁹

2.2.1.2. Alte Menschen

Das Altern ist ein biologischer Prozess, der bei Menschen viele körperliche aber auch geistige Veränderungen mit sich bringt. Der Mensch ist nicht mehr so fit und leistungsfähig, deshalb sind die Hitzesommerperioden eine besondere Belastung für seinen Organismus.

Laut einer kanadischen Untersuchung mit dem Titel „Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases“ sind Menschen über 60 empfindlicher als andere Generationen. Während Hitzesommerperioden sterben 82 bis 92 Prozent mehr 60jährige als an normalen Tagen. Organismen älterer Menschen spüren und reagieren langsamer auf Hitzebelastung, deswegen sind sie hitzegefährdet. Haben sie jedoch Zugang zu Klimaanlage, sinkt ihr Gesundheitsrisiko um bis zu 80%, bei Ventilatoren um bis zu 30%. Besonders gefährdet sind ältere Menschen, die zusätzlich an Übergewicht, Asthma, Herzinsuffizienz, Diabetes oder physiologischen Störungen leiden.⁵⁰

Eine besondere Risikogruppe stellen Frauen über 75 dar, die allein leben, weil:

- die Schweißdrüsen nicht mehr so gut funktionieren
- sie unter geistigen Einschränkungen leiden können, durch die sie die Hitze weniger spüren
- Medikamente sich negativ auf die temperaturregulierenden Fähigkeiten des Körpers auswirken können
- Schluckbeschwerden die Flüssigkeitsaufnahme erschweren
- Sie unter sozialer Isolation leiden können
- Oft finanziellen Restriktionen unterliegen.⁵¹

2.2.1.3. Andere

In diese Arbeit wird nur die Gruppe der Kleinkinder und Senioren betrachtet, aber es gibt auch andere Bevölkerungsgruppen, die besonders stark von der Hitze betroffen sind, wie z.B. chronisch Kranke (Diabetiker, Personen mit Asthma oder mit Erkrankungen der Atemorgane), sozial isolierte Personen, Einkommensschwache, Obdachlose, usw.

⁴⁹ Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

⁵⁰ Vgl. Kenny, Glen; Yardley, Jane; Brown, Candice; Sigal, Ronald; Jay, Ollie (2010: 1053-1059).

⁵¹ Vgl. Feenstra& Pollhammer (2011: 12-13).

2.3. Hitzeerkrankungen

Tendenziell heiße und trockene Temperaturen können zu ernststen Gesundheitsstörungen führen und stellen eine Herausforderung für Herz und Kreislauf dar, oft mit tödlichem Ausgang. Hitzeerkrankungen wie Sonnenstich, Hitzekrampf und Hitzekollaps treten im Sommer auf und entstehen durch die akute Überwärmung (Hyperthermie) des Körpers.

2.3.1. Sonnenstich

Zu einem Sonnenstich kann es bei direkter Sonnenstrahlung auf den ungeschützten Körper (insbesondere Kopf und Nacken) kommen. Eine akute Übererwärmung des Gehirns kann die Folge sein. Symptome für einen Sonnenstich sind: Kopfschmerzen, Ohrensausen und Schwindel sowie der Anstieg des Hirndruckes, der zu Bewusstseinsstörungen und sogar zum Koma führen kann. Auch eine generalisierte Hyperthermie, verbunden mit Kreislaufkollaps und Bewusstlosigkeit, ist eine der möglichen Auswirkungen.⁵²

2.3.2. Hitzschlag

Ein Hitzschlag führt zu einer Schädigung von Organsystemen aufgrund eines Anstiegs der Körpertemperatur, die auf gestörte Temperaturregulationsmechanismen bei starker innerer (körperliche Anstrengung, Fieber) oder äußerer Wärmezufuhr zurückzuführen sind. Zu den Risikofaktoren zählen u.a. hohe Luftfeuchtigkeit, zu warme Kleidung und Alkoholisierung. Steigt die Körpertemperatur über 42°C, ist von einem lebensbedrohlichen Zustand zu sprechen, der zu Kreislaufkollaps und Hitzekrämpfen führen kann. Hauptsächlich Betroffene sind Kleinkinder im überhitzten PKW oder alte Menschen in der Sonne im Rollstuhl.⁵³

2.3.3. Hitzekrampf

Menschen, die mehr schwitzen, erleiden schneller einen Hitzekrampf, weil der Körper durch das Schwitzen mehr Flüssigkeit und Salz verliert. Symptome sind Muskelschmerzen oder Krämpfe im Bauch sowie in den Armen und Beinen, die auch ein Anzeichen von Hitzerschöpfung sind.⁵⁴

2.3.4. Hitzekollaps

Bei anhaltender Hitze besteht durch die verstärkte Durchblutung der Haut zwecks Wärmeabgabe das Risiko einer kritischen Blutdrucksenkung. Die Durchblutung des Gehirns wird dabei

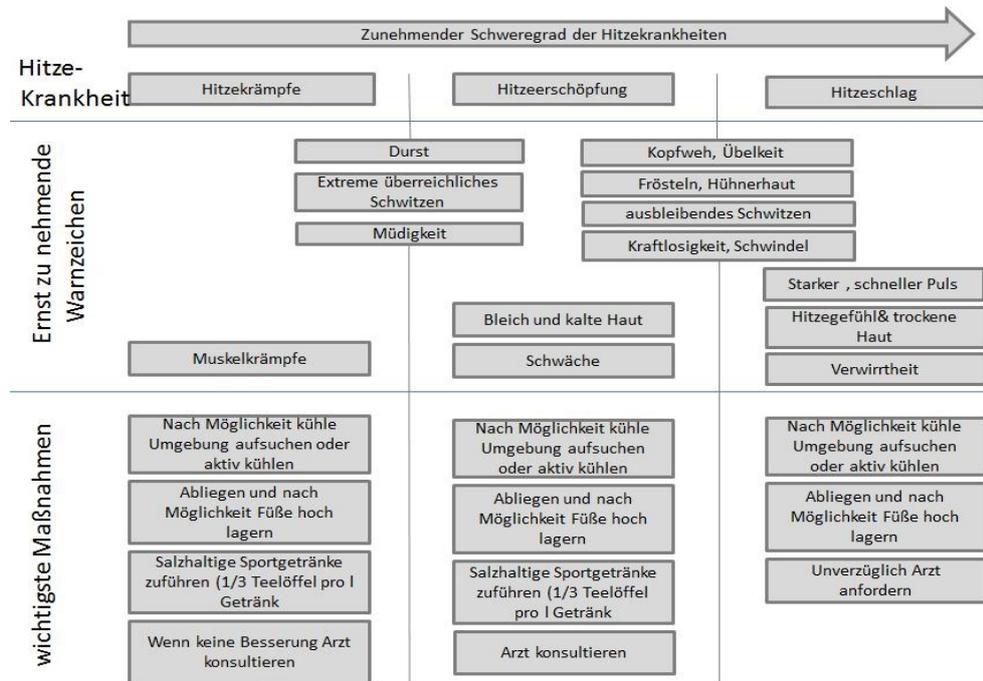
⁵² Vgl. Grassberger & Schmid (2009: 173).

⁵³ *ebenda*

⁵⁴ Vgl. Umweltbundestamt [Zugriff am: 20.04.2013].

so stark reduziert, dass es zu kurzfristiger Bewusstlosigkeit und/oder zum Kollaps kommen kann.⁵⁵

Abbildung 5: Hitzeerkrankungen und ihre Symptome



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an BundesamtSport, 2007⁵⁶

Abbildung 5 gibt einen Überblick über Hitzeerkrankungen und deren Symptome. Zusätzlich beschreibt sie die wichtigsten Maßnahmen sowie ernstzunehmende Warnzeichen.

Hitzeerkrankungen können verhindert werden, wenn rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergriffen werden, z.B. kühle Umgebungsmöglichkeiten, die Erhöhung der Flüssigkeitszufuhr, Überwachung von Personen, die Medikamente einnehmen, Verringerung von sportlichen Aktivitäten, etc. Alle obengenannten Maßnahmen verringern das Risiko von hitzebedingten Krankheiten.

⁵⁵ Vgl. Umweltbundesamt [Zugriff am: 20.04.2013].

⁵⁶ BundesamtSport [Zugriff am: 07.10.2013].

3. Wiener Demographie

Wie die Weltbevölkerung insgesamt nimmt auch die Bevölkerung Österreichs stetig zu. Nach der Bevölkerungsberechnung der Statistik Austria lebten 2012 im Jahresdurchschnitt rund 8,43 Millionen Menschen in Österreich, davon 4,32 Millionen Frauen und 4,11 Millionen Männer. Insgesamt leben in Österreich mehr Frauen als Männer, aber nicht in allen Altersgruppen gleichermaßen.⁵⁷

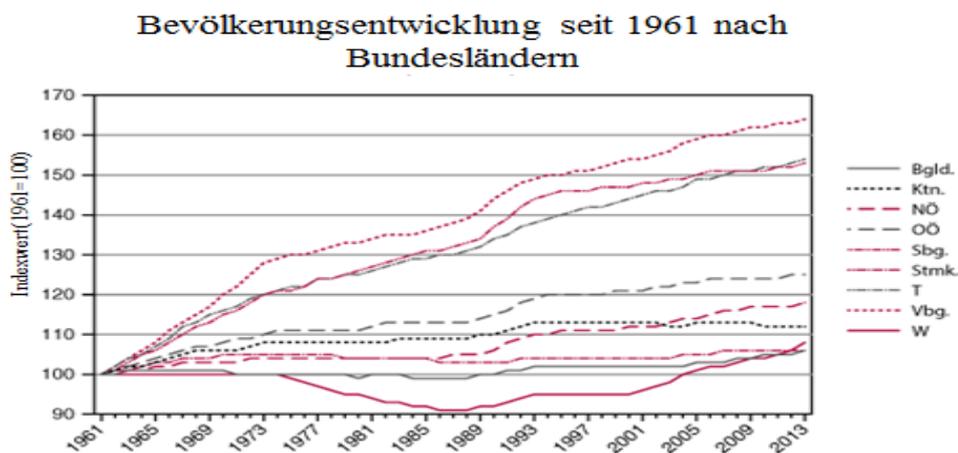
Das Kapitel Wiener Demographie hat eine große Bedeutung für diese Arbeit, weil die Größe der hitzegefährdeten Gruppe und dadurch die Nachfrage nach hitzeregulierenden Maßnahmen nur mithilfe der Einwohnerinformationen geschätzt werden kann.

3.1. Bevölkerungsanzahl

Die Bevölkerungsanzahl in Wien steigt von Jahr zu Jahr an. Wien ist die Stadt mit den zweitmeisten Einwohnerinnen und Einwohnern im deutschsprachigen Raum.⁵⁸

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Einwohnerzahl nach Bundesländern.

Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung seit 1961 nach Bundesländern



Quelle: Statistik Austria [Zugriff am: 05.06.2014].⁵⁹

⁵⁷ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 05.06.2014].

⁵⁸ Vgl. wien.at [Zugriff am: 15.08.2013].

⁵⁹ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 05.06.2014].

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Einwohnerzahl nach Bundesländern von 1961 bis 2013, wobei bei allen Bundesländern außer Kärnten eine Steigerung zu sehen ist. Zwischen den Jahren 1961 und 2008 ist die Bevölkerung um 1,2 Mio. Personen bzw. 17,6% gestiegen.

In Wien lebten 2012 im Jahresdurchschnitt rund 1.727.330 Millionen Menschen, davon 898.343 (52%) Frauen und 828. 987 (48%) Männer.⁶⁰

Abteilungsleiter der Abteilung Wirtschaft, Arbeit und Statistik (MA 23) Klemens Himpele sagte: „Wien wächst seit Jahren mit enormen Raten. Seit dem Jahr 2000 haben wir fast 200.000 Einwohnerinnen und Einwohner hinzugewonnen – das entspricht der Einwohnerschaft von Linz. Es zeigt einmal mehr, dass Wien eine attraktive Stadt ist und viele Menschen anzieht.“⁶¹

Die Tabelle (Anhang A-1), die von der Statistik Austria erstellt wurde, bietet genaue Einwohnerinformationen für alle Altersklassen in fünf Jahresgruppen für das Jahr 2012 in Wien, unterteilt in Bezirke.

Die Lebenserwartung, die 2012 in Wien für einen weiblichen Säugling bei 82,28 und für einen männlichen Säugling bei 77,14 Jahren lag, ist auch eine sehr wichtige Information für diese Arbeit. Je höher die Lebenserwartung ist, desto mehr Hitzegefährdete wird es zukünftig in Wien geben.⁶²

3.2. Bevölkerungsprognose

Die Bevölkerungsprognose spielt eine sehr wichtige Rolle, um etwas Langfristiges in Bezug auf Schutz vor Hitze zu planen. Klimawissenschaftler bestätigten, dass die Sommer in Zukunft heißer werden, deshalb sollten im Vorfeld präventive Maßnahmen getroffen werden.

In Österreich wird die Zahl der Bevölkerung bis 2030 auf 9,0 Mio. und bis 2060 auf 9,38 Mio (+11%) ansteigen, was bedeutet, dass auch eine der Risikogruppe von Hitzewellen, nämlich Säuglinge und Kleinkinder, wachsen wird. Im Vergleich zu 2011 mit 235.000 Säuglingen und Kleinkindern zwischen 0 und 2 Jahren wird der Anteil der Säuglinge und Kleinkinder im Jahr 2020 auf 5,6 % angewachsen sein.⁶³

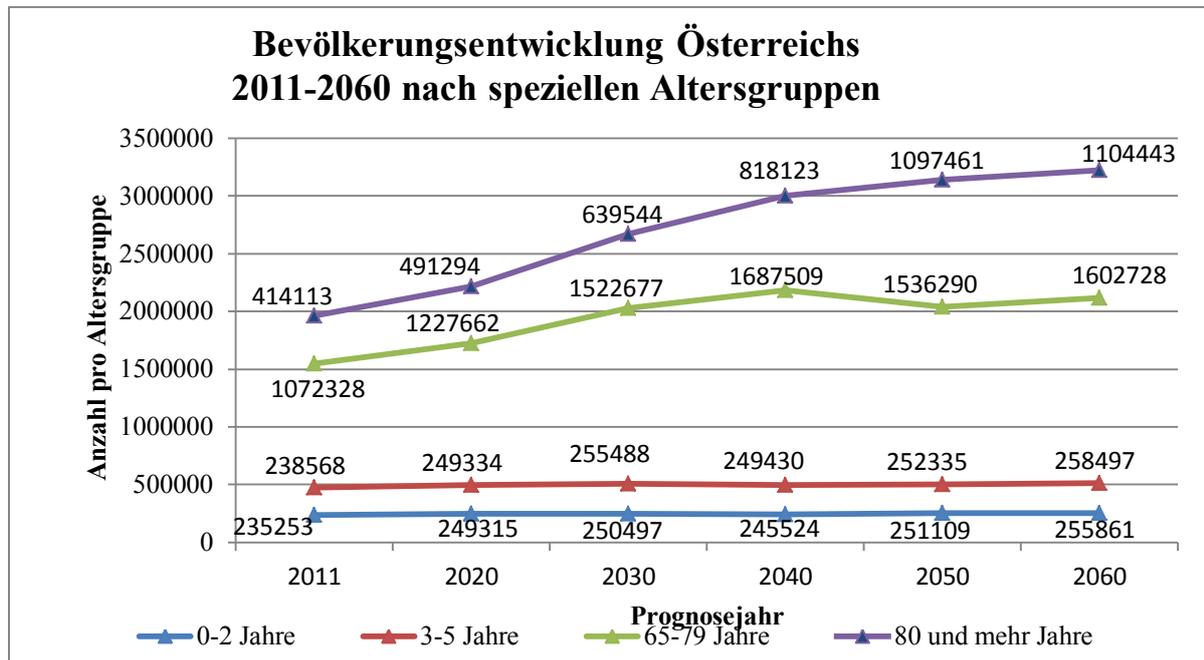
⁶⁰ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 05.06.2014].

⁶¹ Vgl. wien.at [Zugriff am: 15.08.2013].

⁶² Statistik Austria [Zugriff am: 22.09.2014].

⁶³ Statistik Austria [Zugriff am: 11.07.2013].

Abbildung 7: Bevölkerungsentwicklung Österreichs 2011 bis 2060 nach speziellen Altersgruppen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Statistik Austria [Zugriff am: 11.07.2013].⁶⁴

Abbildung 7 stellt die Bevölkerungsentwicklung Österreichs in Bezug auf bestimmte Altersgruppen dar. Die Angaben in der Abbildung beziehen sich auf die Jahre 2011 bis 2060. Die prognostizierten Daten legte die Statistik Austria vor. Wie die Abbildung zeigt, wird die Gruppe der + 65jährigen (inklusive 80 und mehr Jahre) von 1,486.441 im Jahr 2011 bis 2030 voraussichtlich auf 2,162.221 Mio. anwachsen. Danach folgt die Säuglingsgruppe zwischen 0 und 2 Jahren mit einem Anstieg von 6% im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 2011. Die gesamte Bevölkerung in Österreich soll bis zum Jahr 2060 laut Prognose auf 9, 4 Mio. wachsen.⁶⁵

Die Zukunft gehört den älteren Menschen, wobei für das Jahr 2030 prognostiziert wurde, dass ein Viertel der gesamten Bevölkerung +65 sein wird. Sehr stark wird die Gruppe der 65- bis 79jährigen wachsen, wobei die Statistik für 2030 eine Erhöhung von +42% gegenüber 2011 voraussagt. Noch stärker wird die Zahl der letzten Altersgruppe der über 80jährigen steigen, mit einer Erhöhung von 54%. Der Grund für diesen Anstieg der älteren Generation in der

⁶⁴ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 11.07.2013].

⁶⁵ ebenda

Bevölkerungsprognose ist die Baby- Boom-Generation, die in 2030 bereits in Pension sein wird.⁶⁶

In Wien wird die Bevölkerung vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2030 voraussichtlich um 15% wachsen. Im Jahr 2040 wird die Zwei-Millionen-Grenze überschritten werden, und 2050 wird die Bevölkerung im Vergleich zu 2010 um 25% angewachsen sein.

Durch die starke Zuwanderung wächst die Wiener Bevölkerung schneller als die aller anderen 9 Bundesländer, gleichzeitig hat Wien die jüngste Altersstruktur.

Tabelle 3: Bevölkerungsprognose Wien 2010 bis 2050

Jahre	Bevölkerungsentwicklung
2010	1,689.955
2015	1,792.979
2020	1,896.837
2025	1,970.878
2030	2,025.805
2040	2,096.250
2050	2,146.880

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an STATCube [Zugriff am: 11.07.2013]⁶⁷

Tabelle 3 zeigt die Prognose für die Bevölkerungsentwicklung zwischen 2010 bis 2050. Bis zum Jahr 2050 soll die Zahl der Einwohner auf 2,146.880 steigen. Die Daten wurden von Statistische Datenbank (Statistik Austria) erhoben und bearbeitet.

⁶⁶ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 11.07.2013].

⁶⁷ STATCube [Zugriff am: 11.07.2013].

4. Toronto - Vorbild für die Kühlareas in Wien

Für diese Arbeit wurde Toronto als Vorbild genommen, weil Toronto ein ähnliches Klima wie Wien sowie eine ähnliche Bevölkerungsdichte hat und im Rahmen der Hitzeschutzpläne zu den fortgeschrittensten Städten gehört.

4.1. Hitze-Risikogruppe

Toronto ist eine Stadt in Nordamerika (Kanada) mit mehr als 2,791.140 Einwohnern. Statistisch gesehen hat Toronto circa 1 Million Einwohner mehr als Wien (1,731.236).

Der Anteil an Männern ist in Toronto um einen Prozent höher als in Wien und die Bevölkerung ist durchschnittlich etwas jünger. Während in Toronto 3,9 % der Bevölkerung 65-69jährig sind, sind es in Wien 5,07 %. Bei der Gruppe der 70- bis 74jährigen finden wir eine ähnliche Verteilung (3,1% vs. 4,8%).^{68 69}

Tabelle 4: Bevölkerung nach Altersgruppen in Toronto und Wien 2012

Altersgruppe	Toronto		Wien	
	Anzahl	%	Anzahl	%
0-4	147,730	5.3	87,833	5.1
65-69	111,500	3.9	87,689	5.1
70-74	85,180	3.1	82,779	4.8
75+	195,050	7.9	122,138	7.1
Risikogruppe	539,460	20.2	380,439	22.1
Gesamtbevölkerung	2,791,140	100	1,727.330	100

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Statistik Austria und Ontario Ministry of Finance⁷⁰
71

Tabelle 4 zeigt den Bevölkerungsanteil der hitzegefährdeten Altersgruppen Torontos und Wiens. Im Jahr 2012 waren rund 5,3% vs. 5,1% bzw. 147.730 vs. 87. 833 Personen der Bevölkerung zwischen 0 und 4 Jahre alt, rund 14,9% vs. 16,97% (391.730 vs. 292.606 Personen)

⁶⁸ Vgl. www.fin.gov.on.ca [Zugriff am: 18.12.2013].

⁶⁹ Vgl. Statistik Austria (Demographisches Jahrbuch 2012: 46-49).

⁷⁰ Vgl. Statistik Austria [Zugriff am: 11.01..2013].

⁷¹ Vgl. www.fin.gov.on.ca [Zugriff am: 18.12.2013].

waren 65 Jahre und älter. Diese zwei Altersgruppen sind sowohl in Toronto als auch in Wien am stärksten durch Hitzewellen gefährdet.

4.2. Sommertemperatur

Sowohl in Toronto als auch in Wien herrscht das kontinentale Klima, wo die Winter kühl und die Sommer heiß sind. Die Sommerperiode beginnt im Juni und endet im September, aber in Wien sind die Temperaturen durchschnittlich etwas heißer als in Toronto.

Die nachfolgende Tabelle listet die Sommertemperaturen, den heißesten Tag, die Höchsttemperatur und die durchschnittliche Höchsttemperatur für die ausgewählten Jahre in Wien und Toronto.

Tabelle 5: Sommertemperaturen 1999 - 2013 in Toronto und Wien

Jahre/ Sommer	Heißester Tag		Höchsttemperatur		Heißeste Monat		Durchschnittstemperatur (Tag) des heißesten Monat	
	Wien(W)	Toronto(T)	W	T	W	T	W	T
1999	06. Jul	4. Jul	35°C	34°C	Jul/Jul		26°C	27°C
2001	15. Jul	07. Aug	36 °C	35°C	Aug/Aug		27°C	26°C
2003	13. Aug	14. Aug	38 °C	30°C	Aug/Aug		30°C	25°C
2005	29. Jul	25. Jul	34 °C	34°C	Jul/Jul		26°C	27°C
2006	21. Jul	15. Jul	34°C	32°C	Jul/Jul		29°C	25°C
2008	23. Jun	9. Jun	33°C	28°C	Aug/Jul		25°C	24°C
2010	12. Jul	8. Jul	33°C	33°C	Jul/Jul		27°C	27°C
2011	26. Aug	21. Jul	34°C	36°C	Aug/Jul		26°C	28°C
2012	03. Jul	17. Jul	36°C	34°C	Aug/Jul		27°C	28°C
2013	08. Aug	17. Jul	38°C	35°C	Jul/Jul		28°C	25°C

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an weatherspark.com [Zugriff am: 11.12.2013]⁷²

⁷² Vgl. WeatherSpark [Zugriff am: 11.12.2013].

Tabelle 5 zeigt die Sommertemperaturen für Wien und Toronto für verschiedene Jahre. Nur in den Sommerzeiten 2011 war es in Toronto etwas heißer als in Wien, sonst ist die durchschnittliche Sommertemperatur in Wien um 1 bis 2°C höher als in Toronto.

4.3. Kühlzentren in Toronto

Toronto Public Health (TPH) und Environment Canada haben geschätzt, dass es zwischen den Jahren 1954 und 2000 im Durchschnitt 120 vorzeitige Todesfälle pro Jahr durch Hitzewellen gab. Laut Fachwissenschaftlern wird es in Zukunft auch in Toronto mehr Hitzewellen geben, und die Zahl der Opfer von Hitzeauswirkungen wird weiter steigen.⁷³ Deshalb wurde im Sommer 2001 der Hitzeaktionsplan auf den Prüfstand gesetzt.

In Toronto gibt es sieben Kühlzentren, die nur im Falle einer Hitzewelle geöffnet werden: Centennial Recreation Centre, Driftwood Community Centre, East York Civic Centre, Etobicoke Civic Centre, McGregor Community Centre, North York Civic Centre (Öffnungszeiten von 07:00 bis 19:00) und die Metro Hall (24 Std. geöffnet).⁷⁴

Die Kühlzentren dürfen nicht nur von Menschen, sondern auch von Tieren besucht werden.

4.3.1 Kühlzentrenbesucher

2001 gab es drei Not- und sechs Hitzewarnungen. Während der sechs Hitzewarnungen wurden 401 Anrufe vom Call Center registriert, davon 28 Rettungshilfen und 23 Hausbesuche. Im Durchschnitt haben 1700 Personen pro Tag die Kühlzentren besucht und 20 bis 36 davon haben in einem der Zentren übernachtet. Der Sommer 2002 war noch heißer, und an nur zwei Hitzewarnungstagen wurden die Kühlzentren von 1800 Personen aufgesucht.⁷⁵

Über die Anzahl der Besucher der obengenannten Kühlzentren in Toronto bietet die untere Tabelle genaue Informationen. Die Daten stammen direkt vom TPH- Emergency Management Koordinator.⁷⁶

⁷³ Toronto Public Health [Zugriff am: 06.12.2013].

⁷⁴ Johnston (2013), E-Mail Auskunft, 12.12.2013.

⁷⁵ Vgl. Kirch, Menne, & Bertollini (2006:169).

⁷⁶ Johnston (2013), E-Mail Auskunft, 12.12.2013.

Tabelle 6: Anzahl der Kühlzentrenbesucher während verschiedener Hitzewellen im Zeitraum 2005- 2013 in Toronto

Jahr/ Sommer	Kühlzentren- besucher (Men- schen)	Anzahl der Alarmtage	Besucher über Nacht @Metro Hall	Kühlzentren- besucher (Tiere)
2005	13.080	4 Alarme /19 Tage	0	27
2006	3.437	4 Alarme/11 Tage	0	12
2008	1.696	3 Alarme/ 6 Tage	46	7
2009	611	2 Alarme /3 Tage	6	2
2010	6.675	3 Alarme/ 11 Tage	57	22
2011	2.956	1 Alarm/ 5 Tage	41	12
2012	4.973	4 Alarme/ 9 Tage	35	14
2013	2.810	2 Alarme /2 Tage	61	28
Total	36.966	23 Alarme /66 Tage	246	124

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Johnston (2013)⁷⁷

Tabelle 6 zeigt die Anzahl der Kühlzentrenbesucher in Toronto. Die meistbesuchten Jahre waren 2005 mit 13.080 und 2010 mit 6.675 Besuchern. 2005 wies mit 19 Hitzetagen die längste Hitzeperiode auf, was die hohe Zahl der Besucher erklärt. Der Rest (Hitzegefährdete, die die Kühlzentren nicht besucht haben) besitzt entweder Klimaanlage oder hat andere Kühlmöglichkeiten bzw. Kühlplätze ausgewählt.

4.3.2. Berechnung Anteil der Kühlzentrenbesucher

Um hitzebedingte Erkrankungen und Sterbefälle zu verhindern, sollten sich die Hitzegefährdeten eine bis drei Stunden am Tag in einer klimatisierten Area erfrischen. Je mehr Zeit während der Hitzesommerperioden in Toronto in einer klimatisierten Area verbracht wurde, desto niedriger war die Hitzesterblichkeit.

Den Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto zu kennen, ist für diese Masterarbeit sehr wichtig, weil das Endergebnis auf Wien umgelegt wird, um den Bedarf für Wien ungefähr schätzen zu können.

⁷⁷ Johnston (2013), E-Mail Auskunft, 12.12.2013.

Schätzung.

Um den durchschnittlichen Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto zu bestimmen, werden die folgenden Daten benötigt:

- Die Anzahl der Kühlzentrenbesucher während verschiedener Hitzewellen in den Jahren 2005-2013 in Toronto (siehe Tabelle 6).
- Die Anzahl der Gefährdeten -Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren und Senioren ab 65 (siehe Tabelle 4).

Notation	Beschreibung
y	die Jahre/ Hitzewelle in denen Torontos Bevölkerung die Kühlzentren besucht hat
J	Menge der Jahre $J = \{2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013\}$
v	Anzahl der Personen, die die Kühlzentren besucht haben
Ω	Torontos Hitzegefährdete (Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren und über 65 jährige)
\bar{p}	durchschnittlicher Anteil der Hitzegefährdeten, die Kühlzentren in Toronto besucht haben.

Notation 1: Anteil der Kühlzentren-Besucher (KZB) in Toronto

Mit den oben eingeführten Notationen lässt sich der durchschnittliche Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto ermitteln:

$$\bar{p} = \frac{1}{|J|} \sum_{y \in J} \frac{v(y)}{\Omega} \quad (4.1)$$

$$\bar{p} = \frac{36.966}{8 * 538.600} \quad (4.2)$$

$$\bar{p} = 0,0086$$

(4.3)

Während verschiedener Hitzewellen im Sommer in Toronto hat die hitzegefährdete Bevölkerung (Schätzung: Kleinkinder und Senioren) mit dem Anteil von 0,0086 bzw. circa 0,86% die Kühlzentren besucht.

Bemerkung 1.

- Im gegensatz zu der Tabelle 4 wo die Zahlen der Hitzegefährdeten (Toronto und Wien) von 2012 drinnen stehen, wurde in unserem Fall der Durschnitt für die Jahre 2005-2013 genommen.
- In der obigen Formulierung wurde nicht ausgedrückt, dass in Toronto ein großer Teil der Bevölkerung mit Klimaanlage versorgt ist.

Einige Studien zeigen, dass 85% der Bevölkerung Torontos in irgendeiner Form in ihren Häusern kühle und angenehme Luft im Sommer haben. Entweder besitzen sie zentrale Kühlung (2/3) oder Klimageräte (1/3). Aber nicht alle, die eine Klimaanlage haben, schalten diese auch ein. 59% benutzen das Gerät jeden Tag, 25% 2-3 Mal in der Woche und 14% weniger als einmal pro Woche. Der Rest der Bevölkerung, der keine Klimaanlage hat (15%), übersteht die Sommerhitze durch verschiedene andere Wege wie den Aufenthalt in Einkaufszentren, Bibliotheken, bei Freunden, Nachbarn oder Familie, in Cafés, Kühlzentren, Schwimmbädern, durch Duschen, auf dem Boden Schlafen, usw.⁷⁸

Es wird davon ausgegangen, dass die Daten der Einschaltung der Klimaanlage nur Schätzzahlen sind, aus denen sich ungefähr ableiten lässt, dass nur die Hälfte der hitzegefährdeten Bevölkerung Kühlzentren in Anspruch nimmt. Zunächst wird die Notation noch ein wenig erweitert:

Notation	Beschreibung
Ω'	Anzahl der Hitzegefährdeten Torontos (Kleinkinder von 0-4 Jahren und über 65 jährige), die <u>keine Klimaanlage haben oder benutzen würden</u>

Notation 2: Erweiterte Notation für KZB in Toronto

⁷⁸ Toronto Public Health [Zugriff am: 06.12.2013].

Auch für die Anzahl der Hitzegefährdeten (Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren und über 65jährige), die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden, ist eine Formulierung möglich:

$$\Omega' = 0,5 * \Omega \quad (4.4)$$

$$\Omega' = 0,5 * 538.600 \quad (4.5)$$

$$\Omega' = 269.300 \quad (4.6)$$

269.300 ist die Anzahl der Hitzegefährdeten, die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden.

Nachbemerkung 1.

Der durchschnittliche Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto ist jetzt:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{|J|} \sum_{y \in J} \frac{v(y)}{\Omega'} \quad (4.7)$$

$$\bar{p}_1 = \frac{36.966}{8 * 269.300} \quad (4.8)$$

$$\bar{p}_1 = 0,017158 \quad (4.9)$$

Während verschiedener Hitzewellen im Sommer in Toronto hat die hitzegefährdete Bevölkerung (Schätzung: Kleinkinder und Senioren, die keine Klimaanlage haben oder einschalten würden) mit dem Anteil von 0,017158 oder 1,71% die Kühlzentren besucht.

Bemerkung 2.

Damit ein Kind ein Kühlzentrum/eine Kühlarea besuchen kann, bedarf es der Begleitung von Erwachsenen. Bis jetzt wurde dieser Umstand nicht in die Berechnungen mit einbezogen, deshalb wird im nächsten Schritt bei den Hitzegefährdeten noch eine Begleitperson für jedes Kind dazugerechnet.

Dazu erweiterte Notation:

Notation	Beschreibung
α	Anteil der Kleinkinder
b_t	Anzahl der Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren. (siehe Tabelle 4).
$\tilde{\Omega}$	Anzahl der Gefährdeten (Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren <u>inklusive Begleitperson</u> und über 65jährige) in Toronto, die <i>keine Klimaanlage haben oder benutzen würden</i>

Notation 3: Erweiterte Notation für KZB in Toronto

Daraus abgeleitet lautet die Formel:

$$\alpha = \frac{b_t}{\Omega} = \frac{147.600}{538.600} = 0,274 \tag{4.10}$$

0,274 ist der Anteil der Kleinkinder in Toronto.

Bemerkung 3.

Im Gegensatz zu der Tabelle 4 wo die Zahlen der Kleinkinder (Toronto und Wien) von 2012 drinnen stehen, wurde in unserem Fall der Durschnitt für die Jahre 2005-2013 genommen

Um die Anzahl der Gefährdeten (Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren inklusive Begleitperson und über 65jährige) in Toronto, *die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden*, zu finden, gilt die folgende Formel:

$$\tilde{\Omega} = \Omega' * (1 + \alpha) \tag{4.11}$$

$$\tilde{\Omega} = 269.300(1 + 0,274) = 269.300 + 73788,2 \sim 343.089 \tag{4.12}$$

$\tilde{\Omega} \sim 343.089$ ist die Anzahl der Hitzegefährdeten, *die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden*, inklusive Begleitperson.

Mit den obigen Daten lässt sich der Anteil der hitzegefährdeten Kühlzentrenbesucher, *die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden* inkl. Begleitperson in Toronto wie folgt berechnen:

$$\bar{p}_2 = \frac{1}{|J|} \sum_{y \in J} \frac{v(y)}{\tilde{\Omega}} \quad (4.13)$$

$$\bar{p}_2 = \frac{36.966}{8 * 343.089} \quad (4.14)$$

$$\bar{p}_2 = 0,0135 \quad (4.15)$$

0,0135 ist der Anteil der Nachfrage für Toronto (Nachfrage= Hitzegefährdete, *die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden*, inkl. Begleitperson pro Kind bis 4 Jahre).

5. Standortplanung für Kühlareas in Wien

Es ist möglich hitzebedingte Erkrankungen und Sterberaten auch in Wien zu minimieren, wenn Hitzegefährdete ein bis drei Stunden am Tag in einer gekühlten Area verbringen. In Wien gibt es leider keinen Hitzeaktionsplan und deshalb auch keine geplanten Kühlzentren für Hitzetage, andererseits gibt es schon genug klimatisierte Plätze, die als Kühlareas dienen können, z.B. Kinos, Bibliotheken, klimatisierte Restaurants, Einkaufszentren, usw.

In diesem Kapitel wird die Nachfrage für jeden Wiener Bezirk berechnet sowie die vorhandenen klimatisierten Räume und deren Kosten analysiert. Am Ende wird entschieden, welche und wie viele Standorte aufzumachen sind (*Facility Location*).

Standortplanung (Facility Location) ist die Auswahl von Standorten für Einrichtungen (facilities) aus einer gegebenen Menge möglicher Plätze (Locations).⁷⁹

Die Einrichtungen können z.B. sein: öffentliche Einrichtungen wie Krankenhäuser, Feuerwehrestationen, Polizeistationen, Kaufhäuser. Solche Einrichtungstypen sollten sich in möglichst erreichbarer Nähe der Wohnorte befinden, während Einrichtungen wie z.B. Mülldeponien und chemische Fabriken möglichst weit weg liegen sollten. Mathematisch lassen sich diese beide Problemklassen ähnlich behandeln, wir beschränken uns auf die erste.

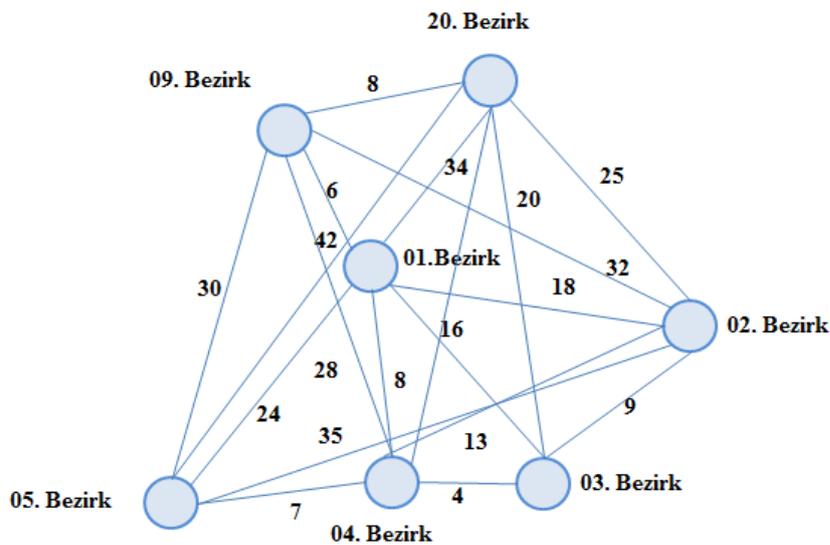
Zur Modellierung von Standortproblemen werden die Graphen verwendet. Die Knoten dieser Graphen sind die potenziellen Standorte sowie die Plätze, an denen die Kunden sitzen. Die Kanten repräsentieren Verkehrswege oder Entfernungen.⁸⁰

Um dies zu verdeutlichen folgt ein Beispielgraph:

⁷⁹ Vgl. Gutjahr (2009: S.19-23)

⁸⁰ *ebenda*.

Abbildung 8. Standortproblem- Beispielgraph



Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, ist der Beispielgraph kein vollständiger Graph für die Fragestellung dieser Masterarbeit, weil der Rest der Wiener Bezirke und genaue Daten fehlen, aber er kann zu einem vollständigen Graphen erweitert werden.

Knoten: Ortschaften und gleichzeitig mögliche Standorte(z.B. für Kühlareas)

Kanten: Entfernung

Etwas in dieser Richtung für Wien planen zu können, ist nur dann möglich, wenn:

- der Bedarf an Kühlplätzen ungefähr bekannt ist
- die euklidische Distanz zwischen Populationsknoten i (Bezirke) und Standort j (Kühlarea)
- Kosten für die Eröffnung eines Standortes bekannt sind und
- genug klimatisierte Plätze (Standorte j) vorhanden sind.

5.1. Nachfrage- Hitzegefährdete

Für Wien gibt es im Moment keinen Hitzeaktionsplan, deshalb ist es unmöglich, den Bedarf ohne Schätzungen zu definieren. Um den Bedarf für Wien schätzen zu können, wurde zuerst der Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto berechnet. Dieses Ergebnis wird nun auf Wien umgelegt.

0,0135 ist der Anteil der Kühlzentrenbesucher in Toronto (siehe Berechnung im Kapitel 4.3.2). (Angenommen: Kleinkinder zwischen 0 und 4 Jahren, Senioren ab 65, die keine Klimaanlage haben oder benutzen würden, inkl. Begleitperson pro Kind bis 4 Jahre)

Notation	Beschreibung
i	Bezirke in Wien $i= 1,2,3\dots23$
b_i	Anzahl der Kinder zwischen 0 und 4 Jahren von Bezirk Nr. i . (siehe Tabelle 7)
s_i	Anzahl der Generation 65 Plus von Bezirk Nr. i . (siehe Tabelle 7)
\bar{p}_2	Anteil der gesamten Nachfrage für Toronto, inklusive einer Begleitperson pro Kind bis 4 Jahre ($\bar{p}_2 = 0,0135$).
D_i	Nachfrage für einen Kühlzentrumsplatz von Bezirk Nr. i

Notation 4: Schätzung der Nachfrage für einen Kühlzentrumplatz in Wien

Bei dieser Berechnung

$$D_i = \sum_{i=1}^{23} (2b_i + s_i) * \bar{p}_2 \quad (5.1)$$

geht es darum, die gesamte Nachfrage für jeden Wiener Bezirk zu bestimmen.

Tabelle 7: Die geschätzte Nachfrage nach Kühlzentrumsplätzen in Wien

i	b_i	s_i	$2b_i+s_i$	$D_i = (2b_i+s_i) * \bar{p}_2$ $\bar{p}_2 = 0,0135$
1. Innere Stadt	612	4.064	5.288	71,39
2. Leopoldstadt	5.317	15.049	25.683	346,72
3. Landstraße	4.085	14.476	22.646	305,72
4. Wieden	1.415	5.399	8.229	111,09
5. Margareten	2.644	7.356	12.644	170,69
6. Mariahilf	1.247	4.455	6.949	93,81
7. Neubau	1.303	4.294	6.900	93,15
8. Josefstadt	930	3.667	5.527	74,61
9. Alsergrund	1.628	6.266	9.522	128,55
10. Favoriten	9.940	29.827	49.707	671,04
11. Simmering	5.272	13.106	23.650	319,28
12. Meidling	4.742	14.487	23.971	323,61
13. Hietzing	2.231	12.812	17.274	233,20
14. Penzing	4.012	16.166	24.190	326,57
15. Rudolfsh.-Fünfh.	3.719	9.654	17.092	230,74
16. Ottakring	5.061	14.755	24.877	335,84
17. Hernals	2.804	8.479	14.087	190,17
18. Währing	2.427	8.943	13.797	186,26
19. Döbling	3.103	16.183	22.389	302,25
20. Brigittenau	4.733	12.934	22.400	302,40
21. Floridsdorf	7.072	25.331	39.475	532,91
22. Donaustadt	8.408	24.375	41.191	556,08
23. Liesing	4.525	18.925	27.975	377,66
Total	87.230	291.003	465.463	6.284,00

Tabelle 7 zeigt die geschätzte Nachfrage nach Kühlzentrumsplätzen in Wien. Die demographischen Daten in der Tabelle beziehen sich auf das Jahr 2012. Die Zahlen legte die Statistik Austria vor, (siehe Anhang A-1). Sowohl Kleinkinder als auch Senioren leben überwiegend im 10., 22., 21. und 2. Bezirk. Wie die Tabelle zeigt, lebten 2012 circa 87.230 Kleinkinder von 0-4 und 291.003 Senioren ab 65 in Wien. Von insgesamt 465.463 Hitzegefährdeten (dabei auch eine Begleitperson pro Kind) ergibt sich eine Nachfrage von 6.284 Personen für Wien. D.h. während einer Hitzeperiode benötigen 6.284 Personen einen klimatisierten Platz, um sich mindestens ein bis drei Stunden am Tag zu erfrischen.

5.2. Das Angebot- Kapazität der Kühlareas

Um die geschätzte Nachfrage während einer Hitzeperiode in Wien zu decken, muss auf unsere vorhandenen klimatisierten Gebäude zurückgegriffen werden. In Wien gibt es ausreichend öffentliche und private klimatisierte Gebäude, wie Einkaufszentren, Bibliotheken, Universitäten, Kinos, usw.

Bei dieser Arbeit werden als potenzielle vollklimatisierte Plätze (das geschätzte Angebot) sowohl Kinos als auch Einkaufszentren betrachtet (siehe Anhang B-3 und B-4).

Weil es unmöglich ist, die genaue Anzahl der Besucher pro Einkaufszentrum in Wien zu ermitteln, sollte eine Lösungsmöglichkeit ausgewählt werden:

- Es wurde geschätzt, dass $p=5\%$ von der entsprechenden Fläche als Nutzfläche für die Besucher dient und pro Person $3m^2$ reserviert werden sollten.

Notation	Beschreibung
E_i	Summe der freien Plätze in den betrachteten Einkaufszentren von Bezirk Nr. i. (siehe Tabelle 8)
f_i	Gesamtfläche der betrachteten Einkaufszentren in Quadratmeter von Bezirk Nr. i
$p = 5\%$	bezeichnet die in Anspruch genommene Nutzfläche (Schätzung)
$3m^2 = 1Person$	Entspricht den Anzahl der m^2 pro Person für jedes Einkaufszentrum (Schätzung)

K_i Anzahl der Kino Sitzplätze von Bezirk Nr. i .

S_i Angebot (Kino & Einkaufszentrum)
(unten Tabelle 8)

Notation 5: Das Angebot für Hitzegefährdete in Wien

Erklärung: E_i wurde wie unten berechnet: $E_i = (f_i * 0,05)/3$, sodass 5% der entsprechenden Fläche als Nutzfläche für die Besucher dient und pro Person $3m^2$ reserviert wird.

Tabelle 8: Das Angebot für die Hitzegefährdeten für jeden Bezirk in Wien.

i	f_i	E_i	K_i	$S_i = E_i + K_i$
1. Innere Stadt	13.000	217	4.185	4.402
2. Leopoldstadt	27.000	450	175	625
3. Landstraße	30.000	500	1.910	2.410
4. Wieden			100	100
5. Margareten			254	254
6. Mariahilf	4.000	67	2.706	2.773
7. Neubau	30.000	500	410	910
9. Alsergrund			330	330
10. Favoriten	16.000	267	2.328	2595
11. Simmering	22.000	367	3.106	3.473
14. Penzing	20.000	333	1668	2.001
15. Rudolfsh.-Fünfh.	59.437	991	1928	2.919
19. Döbling	12.000	200		200
20. Brigittenau	50.000	833	3.524	4.357
21. Floridsdorf	32.000	533	2.119	2.652
22. Donaustadt	100.750	1.679	2.717	4.396
23. Liesing	15.000	250		250
Total	431.187	7.187	27.460	34.647

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Vienna4u.at sowie E-Mail/Telefonische Auskünfte ⁸¹

Tabelle 8 bietet nähere Informationen für jeden Bezirk in Wien. Das Angebot beinhaltet die Kinositzeplätze von Bezirk Nr. i . (K_i) und Summe der freien Plätze in den betrachteten Einkaufszentren von Bezirk Nr. i . (E_i).

Misst die Gesamtfläche der betrachteten Einkaufszentren (f_i) in Wien 431.187m², gibt es Platz für 7.187 Personen. Klimatisierte Kinos gibt es circa 30 in Wien, insgesamt bieten sie Platz für 27.460 Besucher. Aus diesen Zahlen lässt sich schließen, dass es für jene, die wirklich hitzegefährdet sind (Schätzung Kleinkinder mit Begleitperson und über 65jährige),

⁸¹ Vienna4u.at [Zugriff am: 03.05.2013] sowie E-Mail/ Telefonische Auskünfte

während einer Hitzeperiode kein Problem sein sollte, einen vollklimatisierten Platz bzw. eine Kühlarea (Kino oder Einkaufszentrum) in Wien zu nutzen. Allgemein gibt es in Wien Kapazitäten für circa 34.647 Hitzegefährdete.

5.3. Kostenvoranschlag

Bei dieser Arbeit, wie auch bei jedem Projekt, fallen Kosten an. Von den wichtigsten Kostenarten wird sich diese Arbeit auf die Personalkosten und sonstige Kosten wie Miete/Tagesticket und auf Geschäftsentfall konzentrieren.

5.3.1. Personalkosten

In jeder Kühlarea (Standort in Wien: Kino und Einkaufszentrum) muss aus verschiedenen Gründen Personal anwesend sein. Das Personal ist für jeden jeweiligen Standort zuständig und verantwortlich. Dazu zählen:

- 2 Pflege- und Betreuungspersonalmitarbeiter
- 1 Administrations/ Call Center Personalmitarbeiter
- 2 Securitymitarbeiter (Sicherheitsdienst)
- 1 Reinigungspersonalmitarbeiter

Die nachfolgende Tabelle bietet Ihnen einen Überblick über die Personalkosten für jeden Standort in Wien.

Tabelle 9: Personalkosten für jeden Standort

Kostenart	Menge * 8Std	€ à Std	€ Gesamt
Personalkosten:			
Pflege-/Betreuungspersonal	2*8 Std.	14	224
Administration/ Call Center	1*8 Std.	13	104
Sicherheit	2*8 Std.	11	176
Reinigung	1*8 Std.	10	80
Total			584

Die Personalkosten variieren allerdings je nach Branche und Qualifikation in jedem Unternehmen. Die Stundenpreise der zuständigen Mitarbeiter wurden in Kombination von Kollekt-

tivverträgen und Marktangebot berechnet. Daraus ergibt sich die Summe von € 584 (Fixkosten) pro Tag von 10:00- 18:00 Uhr für jeden Standort in Wien.

5.3.2. Kinokosten

Die gemütlichen Kinosäle vermitteln eine gemeinschaftliche Atmosphäre und bieten ideale Möglichkeiten, nicht nur als Veranstaltungsort für Geburtstagsfeste, Betriebsausflüge oder Tagungen, sondern auch als erfrischende Orte für Hitzegefährdete. Nicht umsonst wurden Kinos vom Roten Kreuz als „Kühlareas“ angeführt.⁸²

Es ist überhaupt kein Problem, in Wien einen Kinosaal gegen Aufpreis zu mieten, besonders am Tag, außerhalb der regulären Betriebszeiten. Natürlich gibt es bei verschiedenen Kinos verschiedene Säle und es fallen verschiedene Mietpreise und Ticketpreise für verschiedene Zeiträume an.

Laut einer Studie wurde 2013 in Österreich durchschnittlich 17,00 Euro pro Zweier-Ticket verlangt. Unter der Woche kosten die Karten durchschnittlich 13,62 Euro.⁸³

Fast in allen Kinos gibt es Ermäßigungen für Schüler, Studenten unter 27 Jahren, Behinderte und Senioren, sodass die Kinoticketpreise zwischen 5,00 bis 12,00 Euro pro Person variieren.

5.3.2.1. Mietpreise

Die Mietpreise sind auch unterschiedlich, abhängig von Tag und Uhrzeit. Beim Vergleich der Mietpreise von verschiedenen Kinos in Wien zeigt sich: von Montag bis Donnerstag und von 08:00 bis 16:00 Uhr sind die Mietpreise deutlich niedriger als nach 16:00 Uhr, an Feiertagen, freitags und am Wochenende.

Tabelle 10: Mietpreise von vier verschiedenen Kinos in Wien

Mietpreise/ 2Std	Kino 1	Kino 2	Kino 3	Kino 4
10:00-16:00 Uhr	3,20 €	2,60 €	2,00 €	1,00 €
Nach 16:00 Uhr	4,80 €	5,00 €	3,50 €	2,50 €
Total	8,00 €	7,60 €	5,50€	3,50 €
Durchschnitt/Person	4,00 €	3,80 €	2,75 €	1,75 €

Quelle: Telefonische/ E-Mail Auskünfte

Tabelle 10 zeigt die Mietpreise für einen 2stündigen Aufenthalt in einem Kinosaal in Wien. Die Daten wurden durch telefonische und per Mailumfrage gesammelt und dann bearbeitet

⁸² Vgl. Högl (2013), Interview, 26.03.2013.

⁸³ Vgl. diePresse [Zugriff am: 27.12.2013].

(siehe Anhang B-2). Verschiedene Kinos bieten verschiedene Mietpreise an, aber bei jedem Kino ist Vorreservierung Voraussetzung.

Durchschnittlicher Mietpreis Kinoticket=

$$= \frac{\text{Summe des durchschnittlichen Mietpreises der ausgewählten Kinos}}{\text{Anzahl der Kinos}} \quad (5.2)$$

$$\text{Durchschnittlicher Mietpreis Kinoticket} = \frac{4,00 + 3,80 + 2,75 + 1,75}{4} = 3,075 \quad (5.3)$$

$$\text{Tagesaufenthalt pro Person} = \text{Durchschnittlicher Mietpreis Kinoticket} * 4 = 12,3 \text{ €} \quad (5.4)$$

Während der durchschnittliche Preis für ein Kinoticket pro Person für einen 2stündigen Aufenthalt in einem Kino 3,075 € beträgt, fällt für einen Tagesaufenthalt (8 Stunden) eine Miete von 12,30 € an.

5.3.2.2. Kinoticketpreise

Sowohl der Mietpreis als auch der Preis für Kinotickets ist von Tag und Uhrzeit abhängig. Untertags und vormittags kostet ein Kinoticket etwas weniger als abends, feiertags, freitags und am Wochenende.

Auch an Feiertagen oder Wochenenden gibt es bei allen Kinos in Wien Ermäßigung für Studenten und Senioren. Entweder kostet ein Kinoticket nur 5 € oder vom Normalpreis werden ungefähr 1,50 € abgezogen.

Für diese Arbeit wurden die Kinoticketpreise von fünf Kinos in Wien verglichen.

Tabelle 11: Kinoticketpreise von 5 verschiedenen Kinos in Wien

Kino	Kino 1	Kino 2	Kino 3	Kino 4	Kino 5
Normalpreis	8,00 €	9,20 €	9,20 €	9,20 €	7,50 €
Mo-Mittwoch	6,10 €	6,60 €	6,60 €	6,60 €	
Kinder unter 14J	6,00€	6,70 €	6,70 €	6,70 €	
Senioren/Studenten	5,00 €	5,00 €	5,00 €	5,00 €	5,00 €
Total	25,10 €	27,50€	27,50€	27,50€	12,50 €
Durschnitt pro Person 2 Std.	6,28 €	6,88 €	6,88 €	6,88 €	6,25 €

Quelle: Telefonische/ E-Mail Auskünfte

Tabelle 11 vergleicht die Kinoticketpreise von 5 ausgewählten Kinos in Wien. Für einen Film, der im Durchschnitt 2 Std. dauert, kostet ein Kinoticket im Durchschnitt 6,63 € $((6,28+6,88+6,88+6,88+6,25)/5)$ pro Person.

$$\begin{aligned} \text{Durchschnittlicher Kinoticketpreis} &= \\ &= \frac{\text{Summe der durchschnittlichen Kinoticketpreise der ausgewählten Kinos}}{\text{Anzahl der Kinos}} \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$\text{Durchschnittlicher Kinoticketpreis} = \frac{6,28 + 6,88 + 6,88 + 6,25}{5} = 6,63 \quad (5.6)$$

$$8 \text{ Std. Kinoticketpreis} = \text{Durchschnittlicher Kinoticket Preis} * 4 = 26,50 \text{ €} \quad (5.7)$$

Geplante Öffnungszeiten der Kühlareas wären von 10:00-18:00 Uhr, sodass ein Tagesaufenthalt (8 Stunden am Tag) circa 26,50 € kosten würde.

Schätzung a)

Bei der Kino-Kostenschätzung wurden die folgenden Punkte berücksichtigt:

- Kinosäle mit einer bestimmten Anzahl von Sitzplätzen wären zu mieten (sehr günstig), wenn 2 Wochen vorher eine Hitzealarmung ausgesendet wurde, weil ein Kinosaal 1 bis 2 Wochen im Vorhinein reserviert werden müsste,
- Kinoticket pro Person (im Durchschnitt: Normalpreis, Senioren, Kinder, Schüler)

Ein Kinoticket für Senioren, die den größten Anteil der Hitzegefährdeten ausmachen, kostet 5 €, deshalb beträgt die Schätzung für einen Kinositzplatz pro 2 Std. 5 € und für 8 Std. 20 € pro Person.

5.3.3. Geschäftsentfallkosten

Sowohl die Kinos, als auch die Einkaufszentren dienen als Kühlareas für Hitzegefährdete im Sommer. Während für eine Kinovorstellung/einen Sitzplatz in unserem Fall, ein Tagesaufenthalt pro Person bezahlt werden muss, würde das Management der Einkaufszentren auch etwas verlangen, wenn zusätzliche Besucher im Sommer eingeplant werden müssen. Es wird davon ausgegangen, dass Hitzegefährdete passive Kunden sind, deshalb werden im Anschluss die Geschäftsentfallkosten pro Hitzegefährdeten berechnet.

Für die Geschäftsentfallkosten wurde eine Umfrage mit circa 40 Kunden im Donauzentrum durchgeführt. Ziel dieser Umfrage war es, zu ermitteln, wie viel ein Kunde im Durchschnitt innerhalb von 2 Std. in einem Einkaufszentrum ausgeben würde, um die Kosten pro Hitzegefährdeten am Tag für das Management schätzen zu können.

Die gestellte Frage: *Wie viel Geld würden Sie in 2 Stunden in einem Einkaufszentrum ausgeben?*

Abbildung 9 zeigt das Endergebnis der Umfrage.

Abbildung 9: Ausgegebenes Geld in 2 Std. pro Person- Donauzentrum Wien

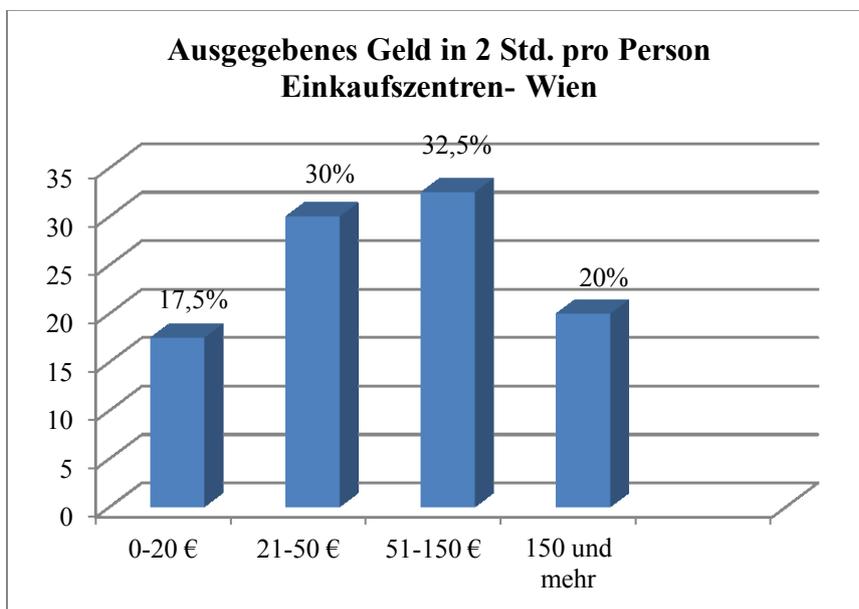


Abbildung 9 zeigt das Ergebnis der Befragung von 40 Kunden über ausgegebenes Geld in 2 Stunden in einem Einkaufszentrum in Wien.

Die Befragung hat ergeben, dass

- nicht alle Kunden aktive Einkäufer sind
- das Einkaufszentrum besucht wird, um Kaffee oder Essen zu konsumieren
- viele sich nur in den Geschäften umsehen oder nur kaufen, wenn es Angebote gibt
- die Kinder zum Spielen bringen
- es Kaufsucht gibt
- einige der Befragten mehr als 250€ in 2 Std. ausgeben, usw.

$$\begin{aligned} \text{Durchschnittskauf} \triangleq \text{Geschäftentfall} &= \frac{\text{Summe der Einzelmerkmale}}{\text{Gesamtanzahl der Teilnehmer}} = \\ &= \frac{\sum x_i}{n} \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$\frac{\sum x_i}{n} = \frac{3420}{40} = 85,50\text{€} \quad (5.9)$$

Ein durchschnittlicher Einkauf liegt bei 85,50 € in 2 Stunden (Infobefragung, siehe Anhang B-5) und die Schätzung geht davon aus, dass das Management circa 85,50 € am Tag pro Hitzegefährdeten verlangen würde.

Die folgende Tabelle zeigt den Projektkostenplan

Tabelle 12: Projektkostenplan für Kühlareas in Wien

Kostenart	Menge * 8Std	€ à Tag	€ Gesamt
Personalkosten:			
Pflege/Betreuungspersonal	2*8 Std.	14	224
Administration/ Call Center	1*8 Std.	13	104
Sicherheit	2*8 Std.	11	176
Reinigung	1*8 Std.	10	80
Fixkosten			584
Sonstige Kosten (Wasserent-sorgung...)			80
Total Fixkosten			664
Kino-Kosten	1*8 Std.	20	20
Einkaufszentrum-Kosten	1*8 Std.	85	85

Tabelle 12 zeigt sowohl die Fixkosten pro Standort, als auch die variablen Kosten pro Person. Für das Personal fallen Personalkosten in Höhe von 584€ und sonstige Kosten von 80€ an jedem Standort an. Die variablen Kosten sind unterschiedlich, für einen Kinositzplatz am Tag fallen 20€ und für einen Platz in einem Einkaufszentrum 85€ an.

Extra Kühlkosten fallen nicht an, weil die Einkaufszentren und Kinos sowieso im Sommer gekühlt sind.

Wegen Kostengründen werden die Kinos bevorzugt, und wenn es notwendig ist, werden auch die Einkaufszentren benutzt.

Natürlich werden bei längeren Hitzeperioden die Kühlareas von Gesundheitsinspektoren kontrolliert (sowie in Toronto), um festzustellen, ob die Kühlsituation nach Plan läuft. Eventuell werden bei Bedarf auch Klappbetten (in Kooperation mit dem roten Kreuz) zur Verfügung gestellt.

5.4. p- Median Probleme

Es gibt zahlreiche Typen von Standortplanungsproblemen, aber in dieser Arbeit wird das p-Median-Problem genauer betrachtet.

Aus den n möglichen Plätzen sollen j Plätze als Standorte für Kühlareas ausgewählt werden. ($1 \leq j \leq n$). Es wird davon ausgegangen, dass die Summe der Distanzen der Klienten zu den Kühlareas minimiert wird (p -Median-Kriterium).

Das p -Median-Problem lässt sich als lineares Optimierungsproblem formulieren.

Notation	Beschreibung
x_{ij}	Anteil der Klienten in Knoten i , die zu Standort j gehen (Entscheidungsvariable)
w_i	Anzahl der Klienten in Knoten i
d_{ij}	Distanz zwischen i und j
γ_j	Kapazität einer Kühlarea an Standort j
z_j	Entscheidungsvariable, die angibt, ob Kühlarea an Standort j geöffnet wird ($z_j=1$) oder sonst ($z_j=0$)

Notation 6: Notation für p-Median Problem

dann lautet das Optimierungsproblem

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_i \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \quad (5.10)$$

und folgende Nebenbedingungen (u.d.N.)

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall_i \quad (5.11)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_{ij} \leq z_j \cdot \gamma_j \quad \forall_j \quad (5.12)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall_{i,j} \quad (5.13)$$

In der Zielfunktion in (5.10) wird die Summe aller kürzesten Distanzen ausgedrückt. Diese Distanz muss mit der Anzahl der w_i der Klienten und x_{ij} multipliziert werden. Die Summation liefert die Zielfunktion.

Die erste Nebenbedingung (5.11) garantiert, dass die gesamte Nachfrage abgedeckt werden kann. Jedem Klienten wird ein Standort zugeordnet.

Die nächste Nebenbedingung (5.12): Für jeden Standort wurde die gesamte Anzahl der Personen, die diesen Standort aufsuchen würden (das ist der relative Anteil) *Anzahl der Personen, die sich an den betreffenden Populationsknoten aufhalten, berücksichtigt, aufsummiert auf alle Populationsknoten. Damit wird ermittelt, wie viele Personen insgesamt hinkommen. Es muss wenn ($z_j=0$), 0 sein, sonst \leq den Kapazitäten sein (linear).

(5.13) verlangt $x_{ij} \geq 0$ für alle Elemente i und j .

Das ist linear und die Variablen sind x_{ij} und z_j .

Zur Abkürzung:

$$y_{ij} := w_i \cdot x_{ij}$$

Das ergibt

min

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot y_{ij} \quad (5.14)$$

u.d.N.

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = w_i \quad \forall_i \quad (5.15)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ij} \leq \gamma_j \quad \forall_j \quad (5.16)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall_{i,j} \quad (5.17)$$

Derzeit ergibt sich Folgendes: Von den einzelnen Populationsknoten gehen die Flüsse hin zu den einzelnen Kühlareas. Im allgemeinen Fall ist es so, dass die Kapazitäten der Kühlareas nicht voll ausgeschöpft sind. Um das auszugleichen, wird 0 als „Dummy“-Knoten eingesetzt. In diesem Fall gibt es ein ganz klassisches Transportproblem (kontinuierlich linear).

Zunächst wird die Notation noch ein wenig erweitert

Notation	Beschreibung
y_o	Schlupfvariable
0	Dummy Populationsknoten

Notation 7. Erweiterte Notation (Transportproblem)

Die Schlupfvariable

$$y_{oj} := \gamma_j - \sum_{i=1}^n y_{ij} \geq 0 \quad (5.18)$$

eingeführen und

$$d_{oj} \geq 0 \quad \forall_j \quad (5.19)$$

einsetzen, daraus ergibt sich:

min

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot y_{ij} \quad (5.20)$$

u.d.N.

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = w_i \quad \forall_i \quad (5.21)$$

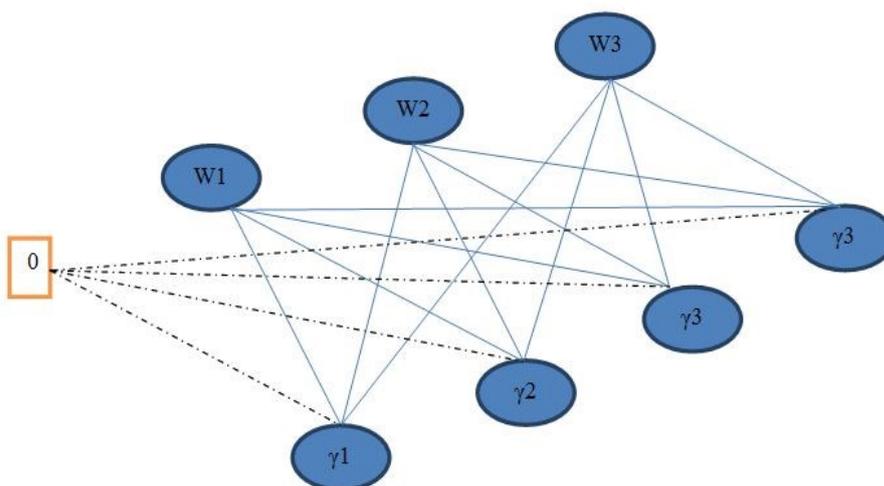
$$\sum_{j=1}^n y_{oj} = \sum_{j=1}^n \gamma_j - \sum_{i=1}^m w_i \quad (5.22)$$

$$\sum_{i=0}^n y_{ij} = \gamma_j \quad \forall_j \quad (5.23)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall_{i,j} \quad (5.24)$$

In unserem Fall kann es sein, dass nicht die ganze Kapazität ausgeschöpft ist. Aus diesem Grund wurde der 0 „Dummy“-Knoten eingeführt (die Kapazität ist größer und es kommen weniger Leute).

Abbildung 10: Dummy- Populationsknoten



Im Transportproblem ist es so, dass das Gesamtangebot gleich der Gesamtnachfrage sein muss. Der „Dummy“-Knoten 0 ergänzt die Mengen in jeder Einrichtung auf genau γ_j .

Die Transportkosten von 0 zu j sind 0 .

W_i sind die Populationsknoten (Hitzegefährdete), die ein Kühlzentrum γ_j aufsuchen.

5.5. Geöffnete Kühlareas in Wien

Die Kühlareas, in dieser Arbeit Kinos und Einkaufszentren, werden während der Hitzewellen nicht in jedem Wiener Bezirk eröffnet werden.

Es gibt viele Gründe dafür:

- zu hohe Kosten, beziehungsweise Personalkosten. (An jedem Standort muss Personal hinzugezogen werden, egal wie groß der Standort ist)
- die Nachfrage überschreitet das Angebot in manchen Wiener Bezirken
- das Angebot ist zu groß für den entsprechenden Bezirk.

Aus diesen Gründen wird jeder Hitzegefährdete dem Angebotsort zugeordnet, dem er am nächsten liegt.

Die Wahrscheinlichkeit für das Aufsuchen des Angebotsortes durch die Hitzegefährdeten variiert in Abhängigkeit von Entfernung des Angebotsortes.

Deshalb wird der Mittelpunkt jedes Bezirks (Populationsknoten) und die Koordinaten der Kühlzentren (abstrakt) ermittelt.

5.5.1. MATLAB-Programmierung

Mit Hilfe von MATLAB (kommerzielle Software zur Lösung mathematischer Probleme) werden:

1. Euklidische Distanz
2. Transportproblem
3. Standortauswahl berechnet.

Bei der Standortauswahl muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Bedarf abdeckbar
- Kosten minimal halten und später
- Aufruf Transportproblem

In unserem Fall werden nur die größten Kinos als mögliche Standorte ausgewählt. Die größten Kinos befinden sich in Einkaufszentren, deshalb ist es sowohl aus Kostengründen als auch kapazitätsmäßig besser, ein Kino statt ein Einkaufszentrum aufzumachen, deshalb werden die Einkaufszentren nicht ins Modell einbezogen.

Die unteren Listings bieten detaillierte Informationen.

Euklidische Distanz (MATLAB Code)

```
% Euklidische Distanz
%
% geschrieben von Artta Shaqiri-Nasufi
%
%           Standortplanung für Kühlareas in Wien
%           Universität Wien
%           artashaqiri@gmail.com
%           Dezember, 2014

% output - Matrix der euklidischen Distanz (d)
% input - Populationszentren (Bezirk) Mittelpunkt Koordinate(p)
% input - Standorte (Kühlarea) Koordinaten (s)
function [d] = distance(p,s) % Funktion definiert

np = size(p,1); % Populationszentren
ns = size(s,1); % Standortkoordinaten
for k = 1:np
    for r = 1:ns
        % Formel zum Berechnen der euklidischen Distanz
        % zwischen jedem Bezirk und jeder Kühlarea
        d(k,r) = sqrt((p(k,1)-s(r,1))^2 + (p(k,2)-s(r,2))^2);
    end
end
end
```

Listing 1: Euklidische Distanz

Die euklidische Distanz in diesem Fall entspricht der Entfernung zwischen p - Populationszentren (Wiener Bezirke) und s Kühlareas (klimatisierte Kinos in Wien). Die Matrix besteht aus 23 Spalten (Wiener Bezirke) und 20 Zeilen (Kinos). Das Ergebnis der 460 Komponenten der Matrix sehen Sie im Anhang C-2.

Anmerkung:

Die Mittelpunktkoordinaten der Wiener Bezirke und die Koordinaten der Kinos in Wien wurden abstrakt mithilfe von kariertem A4-Papier und Lineal formell gemessen.

Transportproblem (MATLAB Code)⁸⁴

```
% Dieses Programm enthält ein Beispiel des Transportproblems.
% Behandelt wird ein Transportproblem von 23 Nachfragen zu 20 Angeboten.
% Die euklidische Distanz von Bezirk i zu Standort j soll hierbei
% minimiert werden.
%
% geschrieben von Arta Shaqiri-Nasufi
%
% Standortplanung für Kühlareas in Wien
% Universität Wien
% artashaqiri@gmail.com
% Dezember, 2014

% Output Y => Gewichtete Distanz
% Output X => Bewegungen der Hitzegefährdeten
% Input d => Distanzmatrix
% Input nachfrageB => Nachfrage für jeden Wiener Bezirk
% Input anbotCC => Angebot der Kühlareas
function [Y, X] = TransProblem(d, nachfrageB, anbotCC)

% clear all;
% Länge des Vektors des Angebots
m = length(anbotCC);

% Länge des Vektors der Nachfrage
n = length(nachfrageB);

% Überprüfen, ob die Summe der Nachfrage und Summe des Angebots gleich
sind
if sum(anbotCC) ~= sum(nachfrageB)
    disp ('Summe der Lieferanten ungleich Summe der Verbraucher !!!');
end
```

⁸⁴ Angermann, Beuschel, Rau, & Wohlfarth (2011: 260-263).

```

% Matrix der euklidischen Distanz
% C => Distanz vom Populationsknoten i (Mittelpunkt Bezirk) zu
% Standort j (Cooling Center)
C = d;

% Umwandlung der Distanzmatrix in einen Vektor g
g = C(:)';
[m1,n1] = size(C);
% Überprüfen, ob die Matrixspalten der Anzahl dem Angebot entsprechen
% und die Zeile Anzahl der Nachfrage
if (m ~= m1) | (n ~= n1)
    disp('error in format !!!');
end

% Matrix der Gleichungsnebenbedingungen
Aeq = [];
Aeq = [Aeq; repmat(eye(n), 1, m)]
beq = nachfrageB;

% Matrix der Ungleichungsnebenbedingungen
A = [];
ID = eye(m);
for i = 1:m
    A = [A, repmat(ID(:,i), 1, n)];
end
A = [A; -1.*eye(length(nachfrageB) * length(angebotCC))]
b = [angebotCC zeros(1, length(nachfrageB) * length(angebotCC))].';

% Lösen des Transportproblems als lineares Programm
[x, fval] = linprog(g, A, b, Aeq, beq);

% Eintragen der Lösung in das Tableau
X = [];
for i = 1:m
    X = [X; x((i-1)*n+1:i*n)'];
end
disp('Lösung');

```

```

% Matrix transponieren
X = X.'
% Gewichtete Distanz ausrechnen
Y = 0;
% index der positiven Werte
index = find(X > 1);

% mittels Index die Distanzen in Distanzmatrix zusammenzählen
% daraus ergibt sich die Summe der gewichteten Distanz
for t = 1 : length(index)
    Y = Y + d(index(t));
end

```

Listing 2: Transportproblem

Beim Transportproblem (TP) wird eine Zielfunktion (ZF) mittels *linprog* (Funktion des Optimierungspakets MATLAB Version R2013a 8.1.0.604) ermittelt, und die ZF drückt die Kosten aus.

Als Ergebnis des TP werden die Variablen X und Y ausgegeben (Tabelle 13). Y - gesamte von Hitzegefährdeten zu den Kühlareas zurückzulegende Distanz (in unserem Fall 40,3). X - Anzahl und Bewegung der Hitzegefährdeten in angebotenen Kühlareas (siehe die nächste Matrix, Tabelle 13).

p/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Nachfrage
1010	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,4
1020	340,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	346,7
1030	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	305,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	305,7
1040	0,0	111,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,1
1050	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,7
1060	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,8
1070	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,2
1080	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,4	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,6
1090	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,6
1100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	671,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	671,0
1110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	319,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	319,3
1120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	323,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	323,6
1130	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	233,2	0,0	0,0	0,0	0,0	233,2
1140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	326,6	0,0	0,0	0,0	0,0	326,6
1150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	230,7	0,0	0,0	0,0	230,7
1160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	335,8	0,0	0,0	0,0	335,8
1170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	190,2	0,0	0,0	0,0	190,2
1180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	186,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	186,3
1190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	302,3	0,0	0,0	302,3
1200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	302,4	0,0	0,0	302,4
1210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	532,9	0,0	532,9
1220	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	556,1	556,1
1230	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	377,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	377,7
Dummy	0,0	251,9	491,6	268,0	750,0	287,0	1425,6	83,3	1732,2	306,0	574,0	42,4	1,0	955,7	2786,7	940,2	1171,3	2919,4	1586,1	2160,9	
Total																					6283,7

ZF-Y 40,3

Tabelle 13: Transportproblem (MATLAB Ergebnis)

Kühlareas Auswahl (MATLAB Code)

```
% Auswahl von 4 aus 20 möglichen Standorten/Kühlareas
%
% geschrieben von Arta Shaqiri-Nasufi
%
% Standortplanung für Kühlareas in Wien
% Universität Wien
% artashaqiri@gmail.com
% Dezember, 2014

function [bewegungenHG, auswahlKA, gewichteteD] = CC_Auswahl(d, anbotCC,
nachfrageB)
% N -> Kühlzentren
N = 20;
% Summe der Nachfrage
sumNachfrage = sum(nachfrageB);
% Von welchem Bezirk wird das Kühlzentrum besucht.
bewegungenHG = zeros(24, N);
% 4 ausgewählte Kühlzentren
auswahlKA = zeros(1, N);
% temporäre initiale Distanz, am Anfang mit der kleineren Distanz zu
% vergleichen, dann immer mit der letztkleinsten Distanz
gewichteteD = sum(d(:)); % Summe aller Distanzen der Matrix d

% Auswahl von 4 aus 20 Kühlareas
for i1 = 1 : N
    for i2 = (i1 + 1) : N
        for i3 = (i2 + 1) : N
            for i4= (i3 + 1) : N
                % Angebot-Summe für die ausgewählten Zentren
                sumAngebot = anbotCC(i1) + anbotCC(i2) + anbotCC(i3)+ anbotCC(i4);
                % überprüfen, ob das Angebot der 4 ausgewählten Zentren
                % die Nachfrage erfüllt
                if (sumAngebot >= sumNachfrage)
                    z = zeros(1, N);
                    % Vektor mit 4 gefundene Angebote
                    z(i1) = anbotCC(i1);
                    z(i2) = anbotCC(i2);
                    z(i3) = anbotCC(i3);
                    z(i4) = anbotCC(i4);
```

```

        % Dummy Knoten (0), anbot = nachfrage
        nachfrageB(24) = sumAngebot - sumNachfrage;
        % Gewichtete Distanz mittels Transportproblem ermit-
teln,
        % und die Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten
        [sumGewichteteDistanzen, bezirkVerteiler] = TransProb-
lem(d, nachfrageB, z);
        % wenn die gewichtete Distanz kürzer ist, dann in Er-
gebnis schreiben
        if (sumGewichteteDistanzen < gewichteteD)
            % 4 Ausgewählte Angebote bzw. Kühlzentren
            auswahlKA = z;
            % Gewichtete Distanz
            gewichteteD = sumGewichteteDistanzen;
            % Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten
            bewegungenHG = bezirkVerteiler;
        end
    end
end
end
end
end
bewegungenHG
auswahlKA
gewichteteD
pause;

```

Listing 3: Auswahl von 4 aus 20 Standorten

In unserem Fall reicht offensichtlich die Kapazität von vier Kühlareas aus und dazu werden die vier Optimalen ausgewählt (Tabelle 14).

In dem Fall ist die Nachfrage gedeckt und die Kosten in Proportion zu den Bewegungen (Entfernung – Mittelpunktbezirk zu Kühlarea) der Hitzegefährdeten minimal gehalten.

Es werden alle Möglichkeiten der Kühlareas durchgegangen, um 4 aus 20 Standorten anhand von bestimmten Kriterien auszuwählen.

Zuerst wird überprüft:

- ob Bedarf abdeckbar ist. Die Summe der angebotenen Kühlareas (KA) darf nicht kleiner als die gesamte Nachfrage sein. Der „Dummy“ Knoten 0 wurde eingeführt, weil beim Transportproblem die Summe des Angebots mit der Summe der Nachfrage iden-

tisch sein muss. Transportkosten vom „Dummy“ Knoten 0 zu jeder Kühlarea sind 0. In diesem Fall wird eine Matrix der Form 24x20 geben.

- Aufruf Transportproblem: durch das Transportproblem werden die gewichtete Distanz und die Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten für die ausgewählten 4 KA ermittelt.
- Zur Auswahl kommen die 4 KA mit der kleinsten gewichteten Distanz.

Endergebnis:

Aus unseren Daten ergibt sich als kürzeste gewichtete Distanz = 56,97.

Die Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten (siehe unten Tabelle 14).

Vier ausgewählten Kühlareas Angebot, Nachfrage und Kosten (unten Tabelle 15).

Tabelle 14: Matrix der Bewegungen der Hitzegefährdeten

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1010	0	0	0	0	0	0	0	0	71,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	346,72	0	0
1030	0	0	0	0	0	0	0	0	305,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1040	0	0	0	0	0	0	0	0	111,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1050	0	0	0	0	0	0	0	0	170,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1060	0	0	0	0	0	0	0	0	93,81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1070	0	0	0	0	0	0	0	0	93,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1080	0	0	0	0	0	0	0	0	74,61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128,55	0	0
1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	671,04	0	0	0	0	0	0
1110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	319,28	0	0	0	0	0	0
1120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	323,61	0	0	0	0	0	0
1130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233,20	0	0	0	0
1140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326,57	0	0	0	0
1150	0	0	0	0	0	0	0	0	230,74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1160	0	0	0	0	0	0	0	0	335,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190,17	0	0	0	0
1180	0	0	0	0	0	0	0	0	186,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302,25	0	0
1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	302,40	0	0
1210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	532,91	0	0
1220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556,08	0	0
1230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	377,66	0	0	0	0	0	0
Dummy	0	0	0	0	0	0	0	0	152,70	0	0	0	0	636,41	0	750,06	0	1355,09	0	0

Tabelle 15: Vier ausgewählten Kühlareas - Angebot, Nachfrage und Kosten

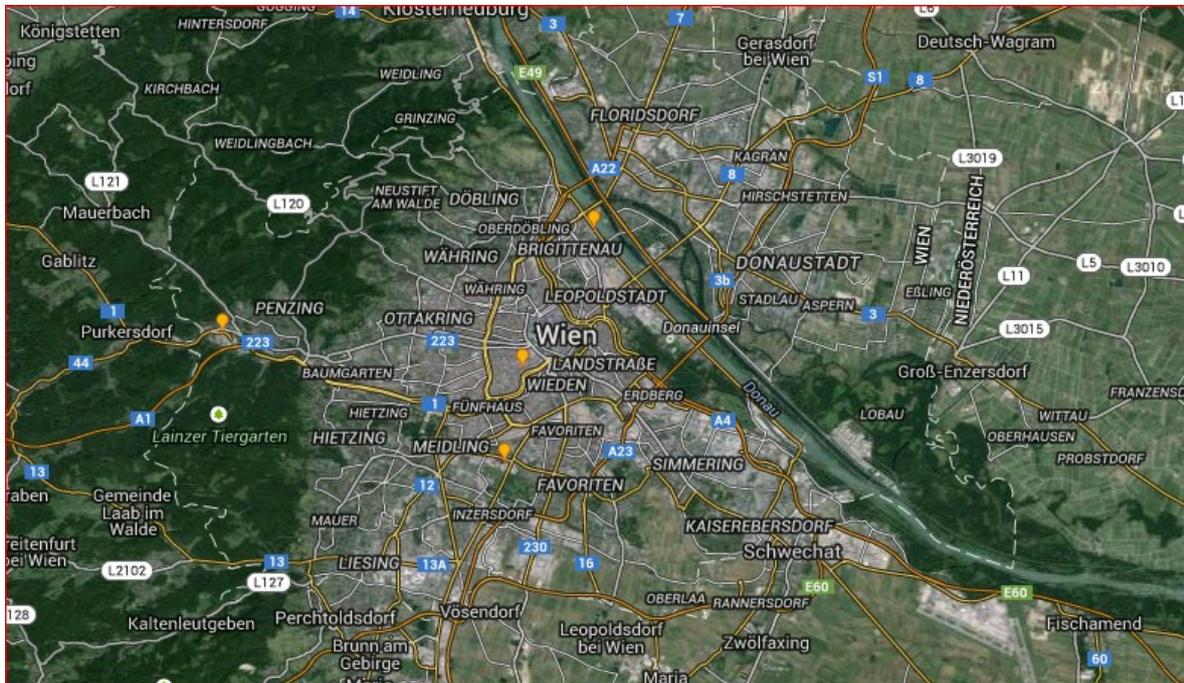
Bezirk (i)	Kühlarea (j)	Angebot (S)	Nachfrage (D)	Kosten pro Tag
1060	Apollo Kino	1826,00	1673,30	34 130,00 €
1100	Cineplexx Wienerberg	2328,00	1691,60	34 495,80 €
1140	Cineplexx Auhof	1500,00	749,94	15 662,80 €
1200	UCI Kinowelt Millenium City	3524,00	2168,90	44 042,20 €
Summe		9178,00	6283,70	128 330,80 €

Tabelle 15 zeigt die 4 ausgewählten Kühlareas. Das Angebot entspricht den Kinokapazitäten (siehe Anhang B-1), während die Nachfrage die Bewegung der Hitzegefährdeten pro Kühlarea zeigt (siehe Tabelle 14).

Die Kosten entsprechen den Fixkosten (Kosten pro Standort) und den variablen Kosten (Kinoticket pro Person, siehe Kostendetails in der Tabelle 12).

5.5.2. Vulnerability Map

Abbildung 11: Die vier ausgewählten Kühlareas in Wien



Quelle: eigener Screenshot aus Google Map Maker⁸⁵

Die Abbildung 11 zeigt das Endergebnis, also die vier ausgewählten Kühlareas in Wien. Auf dieser Karte ist ersichtlich (in orange gekennzeichnet), wie die Kühlareas verteilt sind. Oben (Nord-Ost) befindet sich die UCI Kinowelt Millenium City mit einer Kapazität von 3524 Personen (Sitzplätzen), im Zentrum das Apollo Kino mit einem Angebot von 1826 Personen, unten in Süd-West das Cineplexx Wienerberg mit einer Kapazität von 2328 Personen und das Cineplexx Auhof (Nord-West) mit einer Kapazität von 1500 Personen. Die vier Kühlareas decken die geschätzte Nachfrage von 23 Wiener Bezirken ab.

⁸⁵ GoogleMapMaker [Zugriff am: 14.02.2015].

Ausblick

In der vorliegenden Arbeit „Standortplanung für Kühlzentren in Wien“ wurden die Bedingungen für die in Zukunft (im Sommer) geöffneten Kühlareas in Wien untersucht. Viele verschiedene Daten, die nicht einfach zu ermitteln waren, spielen eine sehr bedeutende Rolle für diese Arbeit. Das Interview mit Herrn Jürgen Högl vom Roten Kreuz und besonders das E-Mail Interview mit Herrn Jonston von Toronto waren sehr wichtig für die vorliegenden Ergebnisse.

Beim Transportproblem, ohne das keine Endergebnisse möglich wären, wurde die Distanz zwischen Wiener Bezirken und Kühlareas abstrakt geschätzt, weil es unmöglich ist, die genaue Distanz zwischen jedem Hitzegefährdeten zu jeder Kühlarea zu berechnen.

Laut Wissenschaftlern wird in Zukunft auch Wien stark von Hitzewellen betroffen sein, und dafür sollten präventive Maßnahmen ergriffen werden, weil die Risiken von Hitzeperioden vielen Wiener und Wienerinnen noch nicht bekannt sind. Deswegen wurde das Thema in dieser Arbeit behandelt und vier Kühlareas für die Region Wien wurden ausgewählt.

Die vier ausgewählten Kühlareas sind für hitzeempfindliche Personen sehr wichtig, um Hitzeerkrankungen und Todesraten in Wien zu reduzieren.

Es gibt gewiss noch andere geeignete Software, aber bei dieser Arbeit wurde das MATLAB-Programm verwendet.

Ein offener Punkt dieser Arbeit ist die mangelnde Bekanntheit von Hitzegefährdung. Eine Lösung dafür wäre das in Frankreich verwendete sogenannte „Aktive System“. Bei diesem System melden sich Hitzegefährdete aktiv an. Falls eine Hitzewelle kommt, werden sie kontaktiert und in verschiedenen Formen unterstützt, z.B. mit Ratschlägen, Wasserversorgung, Transport ins Kühlzentrum, usw.

Dieses System wäre auch für Wien sehr interessant, aber zurzeit sind die Wiener und Wienerinnen wegen Datenschutz sehr skeptisch. Vielleicht könnte ein solches System in der Zukunft umgesetzt werden.

Der Normalbetrieb der Kühlareas, in unserem Fall der Kinos, kann vielleicht im Sommer durch Hitzegefährdete gestört werden, deshalb bleibt auch offen, spezielle Kühlzentren wie in Toronto auch in Wien einzurichten.

Literaturverzeichnis

- Angermann, A., Beuschel, M., Rau, M., & Wohlfarth, U. (2011). *MATLAB-Simulink-Stateflow*. München, Deutschland: Oldebourg-Verlag.
- BabyCenter. (15. Juni 2010). *babycenter*. Abgerufen am 31. August 2013 von babycenter: http://www.babycenter.com/0_heat-stroke_68289.bc
- Berger, R., & Ehrendorfer, F. (2011). *Ökosystem Wien- Die Naturgeschichte einer Stadt* (2. Ausg., Bd. II). Wien, Österreich: Böhlau.
- BundesamtSport. (01. Oktober 2007). <http://www.baspo.admin.ch>. Abgerufen am 7. Oktober 2013 von <http://www.baspo.admin.ch>: http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/fr/home/themen/forschung/fachgruppen_sportwissenschaft/fachgruppe_ausdauer.parsys.66035.downloadList.70331.DownloadFile.tmp/heatsmogjetlagdt.pdf#page=41
- Bündnis Entwicklung Hilft. (2011). Angst vor Naturkatastrophen. *Sind Katastrophen vermeiderbar?*, 17- 18. (B. E. Hilft, Hrsg.) Berlin, Berlin, Deutschland: Bündnis Entwicklung Hilft.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2002). *Heat-Related Deaths Four States, July--August 2001 and United States, 1979--1999*. USA: CDC.
- DerStandard. (28. August 2012). *Österreich: Einer der wärmsten Sommer aller Zeiten geht zu Ende*. Abgerufen am 5. Januar 2013 von DerStandard: <http://derstandard.at/1345165398647/Einer-der-waermsten-Sommer-aller-Zeiten-geht-zu-Ende>
- Deutsches Rotes Kreuz. (2008). *Deutsches Rotes Kreuz*. Abgerufen am 10. Januar 2013 von <http://www.drk.de/weltweit/katastrophenhilfe/weltkatastrophenbericht-2011/weltkatastrophenbericht-2008.html>
- diePresse. (21. November 2013). *diePresse*. Abgerufen am 27. Dezember 2013 von <http://diepresse.com/home/meingeld/verbraucher/1485094/Kinokarten-werden-immer-teurer>
- EM-DAT The International Disaster Database CRED. (05. July 2012). *EM-DAT*. (D. Guha-Sapir, F. Vos, R. Below, & S. Ponserre, Hrsg.) Abgerufen am 06. Februar 2013 von EM-DAT: http://cred.be/sites/default/files/2012.07.05.ADSR_2011.pdf
- EM-DAT The International Disaster Database CRED. (05. Juli 2012). Abgerufen am 06. Februar 2013 von http://www.emdat.be/country_profile/index.html
- Feenstra, H. O., & Pollhammer, C. (01. April 2011). Hitzeschutzplan Steiermark. *Hitzeschutzplan Steiermark, I*, 12-13. Graz, Österreich.
- GoogleMapMaker. (14. Februar 2015). <https://www.google.com/mapmaker>.
- Gower, Stephanie; Mee, Carol; Campbell, Monika. (01. Juli 2011). *www.climateontario.ca*. (T. P. Health, Hrsg.) Abgerufen am 28. Mai 2013 von http://www.climateontario.ca/doc/ORAC_Products/TPH/Protecting%20Vulnerable%20People%20from%20Health%20Impacts%20of%20Extreme%20Heat.pdf

- Grassberger, M., & Schmid, H. (2009). *Todesermittlung*. (M. Grassberger, & H. Schmid, Hrsg.) Wien, Österreich: Springer.
- Gutjahr, W. (1. Oktober 2009). Operations-Research-Methoden in Produktion. *Operations-Research-Methoden in Produktion und Logistik I*, 19-23. (W. Gutjahr, Hrsg.) Wien, Wien, Österreich: Institut für Statistik und Decision Support Systems.
- Heudorf, U., & Meyer, C. (02. Mai 2005). Heat Waves and Health - Analysis of the Mortality in Frankfurt, Germany, During the Heat Wave in August 2003. *Das Gesundheitswesen*(5), S. 369-374.
- Högl, J. (26. März 2013). Hitzewellen in Wien. (Shaqiri-Nasufi, & Arta, Interviewer)
- Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., Leitner, B., & Kundi, M. (9. November 2007). Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 119/ 7-8, S. 223-227.
- Hutton, D. (2008). *Older People in Emergency: considerations for action and policy development*. (W. H. Organization, Herausgeber) Abgerufen am 25. August 2013 von World Health Organization: http://www.who.int/ageing/publications/Hutton_report_small.pdf
- IPCC. (10. September 2007). *Intergovernmental panel on climate change*. (Cambridge University Press) Abgerufen am 28. Dezember 2012 von Intergovernmental panel on climate change: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spms1.html
- Johnston, S. (12. Dezember 2013). Communications Co-ordinator. *E-Mail: sjohnsto@toronto.ca*. (A. Shaqiri-Nasufi, Interviewer)
- Kenny, Glen; Yardley, Jane; Brown, Candice; Sigal, Ronald; Jay, Ollie. (13. July 2010). Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. (vol. 182 no. 10), S. 1053-1059.
- Kirch, W., Menne, B., & Bertollini, R. (2006). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Berlin, Deutschland: Springer.
- Kromp-Kolb, Helga; Formayer, Herbert; Clementschitsch, Lukas. (01. Dezember 2007). <http://www.wien.gv.at/>. (M. d. Klimaschutzkoordination, Hrsg.) Abgerufen am 14. Februar 2013 von <http://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/klimawandel.pdf>
- Kysel'y, J., & Huth, R. (2008). *Relationships of surface air temperature anomalies over Europe to persistence*. Prague, Czech Republic: Adv. Geosci.
- Kyselý, J., Kalvová, J., & Květoň, V. (2000). *Heat Waves in the South Moravian Region During the Period 1961-1995* (Bd. 44). Prague, Czech Republic: Studia Geophysica et Geodaetica.
- MunichRe. (03. Januar 2011). *www.munichre.com*. Abgerufen am 02. Februar 2013 von www.munichre.com: <http://www.munichre.com/de/media-relations/publications/press-releases/2011/2011-01-03-press-release/index.html>
- MunichRe. (10. Januar 2013). *www.munichre.com*. Abgerufen am 10. Dezember 2013 von www.munichre.com: http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents_E-1298550519/mr/assetpool.shared/Documents/0_Corporate%20Website/6_Media%20Relations/Press%20Releases/2013/natural-catastrophes-2012-wold-map_de.pdf

- MunichRe. (kein Datum). *www.munichre.com*. Abgerufen am 02. januar 2013 von *www.munichre.com*:
http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents_E164543678/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch_NatCatService/Significant-Natural-Catastrophes/2014/10-t%C3%B6dlichste-Ereignisse-weltweit.pdf
- Niesing, B. (2010). Erneuerbare Energien. *Mit neuer Energie*, S. 5-7.
- Poumadère, M., Mays, C., Le Mer, S., & Blong, R. (15. November 2005). The 2003 Heatwave in France: Dangerous Climate Change HERE and Now. *Risk Analysis*, S. 1483-1492.
- Rahmstorf, S. (kein Datum). *www.pik-potsdam.de*. (S. Rahmstorf, Hrsg.) Abgerufen am 31. Mai 2013 von <http://www.pik-potsdam.de/~stefan/>: http://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Other/klimawandel_fact_sheet.pdf
- Schönwiese, C.-D., Staeger, T., Trömel, S., & Jonas, M. (2005). *Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland*. Deutschland: Deutsche Wetter Dienst.
- Sheridan, S. C., & Kalkstein, L. S. (09. Juni 2004). Progress in heat watch- warning system technology. *Bull Am Meteorol Soc 85 1931-1941*. Kent, Ohio, USA.
- SpiegelOnline. (14. Jänner 2005). *www.spiegel.de*. Abgerufen am 19. Jänner 2013 von *www.spiegel.de*: <http://www.spiegel.de/politik/ausland/uno-naturkatastrophen-treffen-jaehrlich-250-millionen-menschen-a-336697.html>
- STATCube. (kein Datum). *statcube.at*. Abgerufen am 11. Juli 2013 von <http://statcube.at/superwebguest/autoLoad.do?db=debevjahresanf>
- Statista.com. (2013. März 2013). *Statista GmbH*. Abgerufen am 1. Mai 2013 von Statista: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/154864/umfrage/anzahl-der-todesopfer-bedeutender-naturkatastrophen-in-deutschland/>
- Statistik Austria. (31. Dezember 2012). Abgerufen am 11. Jänner 2013 von http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/bevoelkerungsstruktur/bevoelkerung_nach_alter_geschlecht/index.html
- Statistik Austria. (14. Mai 2012). *Statistik Austria*. Abgerufen am 11. Juli 2013 von Statistik Austria: http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/067546
- Statistik Austria. (25. Januar 2013). DEMOGRAPHISCHES JAHRBUCH 2012. *DEMOGRAPHISCHES JAHRBUCH 2012*, 46-49. (S. Austria, Hrsg.) Wien, Wien, Österreich: Statistik Austria.
- Statistik Austria. (24. Juni 2014). Abgerufen am 22. September 2014 von file:///C:/Users/nasufi/Downloads/lebenserwartung_bei_der_geburt_1970_bis_2013_nach_bundeslaendern_und_gesch_022522.pdf
- Statistik Austria. (28. Mai 2014). *Statistik Austria*. Abgerufen am 05. Juni 2014 von Statistik Austria: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/bevoelkerungsstand_und_veraenderung/bevoelkerung_im_jahresdurchschnitt/

- Toronto Public Health. (30. Juli 2011). *Protecting Vulnerable People from Health Impacts of Extreme Heat*. Abgerufen am 06. Dezember 2013 von www.toronto.ca: <http://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2011/hl/bgrd/backgroundfile-39469.pdf>
- Umweltbundesamt. (19. April 2011). www.umweltbundesamt.at. Abgerufen am 13. Jänner 2013 von www.umweltbundesamt.at: http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/newsarchiv_2011/news110419/
- Umweltbundesamt. (25. Juli 2013). *Umweltbundesamt*. (B. Deutschland, Hrsg.) Abgerufen am 10. Oktober 2013 von Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/beobachteter-klimawandel>
- Umweltbundesamt. (August 2008). *Umweltbundesamt*. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Abgerufen am 20. April 2013 von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3519.pdf>
- UNAIDS, & WHO. (2008). *Older Persons in Emergencies: An Active Ageing Perspective*. World Health Organization.
- Vienna4u.at*. (2006-2014). Abgerufen am 03. Mai 2013 von [Vienna4u.at](http://www.vienna4u.at): http://www.vienna4u.at/kino_wien.html
- Vienna4u.at*. (2006-2014). www.vienna4u.at. Abgerufen am 03. Mai 2013 von <http://www.vienna4u.at/shoppingmalls.html>
- wetterdienst.de. (2003). www.wetterdienst.de. Abgerufen am 17. Oktober 2013 von www.wetterdienst.de: <http://www.wetterdienst.de/Klima/Wetterrekorde/Deutschland/Temperatur/>
- wien.at. (30. September 2012). <http://www.wien.gv.at/>. Abgerufen am 15. August 2013 von <http://www.wien.gv.at/>: <http://www.wien.gv.at/gesundheit/sandirektion/hitzebericht2012.html>
- wien.at. (30. Januar 2012). [wien.at](http://www.wien.gv.at). Abgerufen am 15. August 2013 von <http://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/wetter/>
- wien.at. (kein Datum). www.wien.gv.at. Abgerufen am 15. August 2013 von www.wien.gv.at: <http://www.wien.gv.at/statistik/wien-wachstum.html>
- www.fin.gov.on.ca. (20. July 2012). www.fin.gov.on.ca. Abgerufen am 18. Dezember 2013 von www.fin.gov.on.ca: <http://www.fin.gov.on.ca/en/economy/demographics/projections/table10gta.html>
- www.weatherspark.com. (kein Datum). *WeatherSpark*. Abgerufen am 11. Dezember 2013 von WeatherSpark: <http://weatherspark.com/history/28384/2012/Toronto-Ontario-Canada>
- ZAMG. (1. Januar 2010). *ZAMG*. Abgerufen am 1. Oktober 2013 von ZAMG: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/alpenraum/hitze>

Anhang A Demographische Daten

A-1 Einwohnerzahl in fünf Jahresgruppen für das Jahr 2012, Wien, geteilt in Bezirke.

Bundesland, Politischer Bezirk		Alter in 5-Jahresgruppen								Alter in 5- Jahresgruppen
		Insgesamt	0 bis 4 Jahre	5 bis 9 Jahre	10 bis 14 Jahre	15 bis 19 Jahre	20 bis 24 Jahre	25 bis 29 Jahre	30 bis 34 Jahre	
	Österreich	8.443.018	393.847	406.309	424.205	489.618	531.963	555.674	545.679	567.151
	Wien	1.731.236	87.230	81.335	77.705	87.624	120.935	135.689	131.694	125.877
901	Wien 1., Innere Stadt	16.797	612	519	531	621	870	998	1.056	1.139
902	Wien 2., Leopoldstadt	97.677	5.317	4.623	4.318	4.870	7.420	8.400	8.340	7.481
903	Wien 3., Landstraße	85.713	4.085	3.353	3.318	3.756	6.095	7.437	6.973	6.553
904	Wien 4., Wieden	31.187	1.415	1.158	1.019	1.327	2.375	2.813	2.630	2.445
905	Wien 5., Margareten	53.101	2.644	2.058	1.913	2.332	4.205	5.438	5.276	4.490
906	Wien 6., Mariahilf	29.769	1.247	953	936	1.168	2.279	3.020	2.869	2.419
907	Wien 7., Neubau	30.515	1.303	997	911	1.137	2.501	3.124	3.039	2.662
908	Wien 8., Josefstadt	23.955	930	766	748	1.061	2.190	2.483	2.297	1.916
909	Wien 9., Alsergrund	39.895	1.628	1.339	1.235	1.640	3.742	4.645	3.718	2.984
910	Wien 10., Favoriten	179.179	9.940	9.199	8.585	9.717	12.368	13.607	13.207	12.428
911	Wien 11., Simmering	91.606	5.272	5.107	4.800	5.175	6.233	7.159	6.942	6.969
912	Wien 12., Meidling	89.172	4.742	4.505	4.103	4.664	6.460	7.028	6.935	6.439
913	Wien 13., Hietzing	51.014	2.231	2.179	2.255	2.278	2.743	2.919	2.921	3.274
914	Wien 14., Penzing	85.443	4.012	3.777	3.633	4.070	5.458	5.962	5.965	5.958
915	Wien 15., Rudolfsb.-Fünfh.	72.593	3.719	3.221	3.114	3.632	6.023	7.030	6.598	5.625
916	Wien 16., Ottakring	96.377	5.061	4.424	4.104	4.730	7.297	8.242	7.731	7.252
917	Wien 17., Hernals	53.409	2.804	2.383	2.214	2.540	3.925	4.510	4.388	4.048
918	Wien 18., Währing	48.147	2.427	2.146	1.930	2.099	3.366	4.014	3.804	3.638
919	Wien 19., Döbling	69.324	3.103	3.057	2.957	3.082	4.469	4.676	4.481	4.599
920	Wien 20., Brigittenau	84.159	4.733	4.084	3.704	4.061	6.598	7.501	6.913	6.179
921	Wien 21., Floridsdorf	144.811	7.072	7.293	7.434	8.633	9.381	9.474	9.173	9.310
922	Wien 22., Donaustadt	162.592	8.408	9.303	9.334	10.061	9.445	9.783	10.468	11.865
923	Wien 23., Liesing	94.801	4.525	4.891	4.609	4.970	5.492	5.426	5.970	6.204

35 bis 39 Jahre	40 bis 44 Jahre	45 bis 49 Jahre	50 bis 54 Jahre	55 bis 59 Jahre	60 bis 64 Jahre	65 bis 69 Jahre	70 bis 74 Jahre	75 bis 79 Jahre	80 bis 84 Jahre	85 Jahre und älter
567.151	677.979	714.875	633.398	523.036	480.380	403.773	415.388	262.189	218.044	199.510
125.877	138.819	139.854	119.600	98.530	95.341	87.299	80.038	43.092	38.792	41.782
1.139	1.313	1.362	1.280	1.212	1.220	1.272	1.040	556	509	687
7.481	7.668	7.527	6.360	5.412	4.892	4.279	3.906	2.304	2.195	2.365
6.553	6.914	6.880	6.095	5.195	4.583	4.134	3.860	2.178	2.048	2.256
2.445	2.443	2.408	2.189	1.844	1.722	1.576	1.387	689	787	960
4.490	4.125	3.891	3.537	3.069	2.767	2.159	1.936	1.091	1.024	1.146
2.419	2.413	2.445	2.137	1.797	1.631	1.434	1.151	573	549	748
2.662	2.584	2.429	2.180	1.847	1.507	1.357	1.148	580	514	695
1.916	1.810	1.807	1.623	1.389	1.268	1.188	953	508	446	572
2.984	2.893	2.831	2.638	2.277	2.059	1.876	1.660	844	782	1.104

12.428	14.009	14.115	12.209	9.989	9.979	8.835	8.240	4.805	4.119	3.828
6.969	7.667	7.341	6.062	4.752	5.021	4.158	3.955	2.005	1.599	1.389
6.439	6.844	6.899	6.060	5.151	4.855	4.056	3.797	2.182	2.061	2.391
3.274	3.916	4.047	3.445	2.897	3.097	3.446	3.312	1.713	1.909	2.432
5.958	6.740	7.161	6.287	5.189	5.065	4.937	4.410	2.244	2.053	2.522
5.625	5.595	5.502	4.815	4.313	3.752	3.001	2.614	1.467	1.191	1.381
7.252	7.513	7.592	6.663	5.743	5.270	4.403	4.065	2.215	2.028	2.044
4.048	4.195	4.148	3.675	3.161	2.939	2.613	2.271	1.242	1.129	1.224
3.638	3.959	3.690	3.092	2.543	2.496	2.498	2.315	1.254	1.258	1.618
4.599	5.335	5.206	4.558	3.743	3.875	4.329	4.075	2.305	2.326	3.148
6.179	6.496	6.548	5.523	4.646	4.239	3.760	3.654	2.146	1.785	1.589
9.310	12.030	12.896	10.626	7.878	8.280	7.963	7.456	3.976	3.231	2.705
11.865	14.810	15.154	11.713	8.919	8.954	8.184	7.347	3.520	2.876	2.448
6.204	7.547	7.975	6.833	5.564	5.870	5.841	5.486	2.695	2.373	2.530

Anhang B Kühlareas Daten

B-1 Die 20 größte Kinos in Wien

Bezirk	Kino	Anschrift	Koordinaten		Sitzplätze
1010	Urania Kino	Uraniastraße 1	13,9	7,9	340
1010	Burg Kino	Opernring 19	12,9	7	363
1010	Cine Center	Fleischmarkt 6	13,3	7,8	563
1010	Cinemagic	Friedrichstraße 4	12,90	7,10	268
1010	Gartenbau Kino	Parkring 12	13,3	7,3	750
1010	Künstlerhaus Kino	Akademiestraße 13	12,8	9	287
1030	Village Cinemas Wien3	Landstrasser Hauptstraße 2a	13,6	7,1	1738
1050	Filmcasino	Margaretenstraße 78	12,00	6,20	254
1060	Apollo Kino	Gumpendorferstraße 63	11,8	6,7	1826
1060	Topkino	Rahlgasse 1	11,9	6,9	306
1060	Haydn English Cinema	Mariahilfer Straße 57	12	7	574
1070	Bellaria Kino	Museumstrasse 3	11,8	7,00	196
1090	Votivkino	Währinger Straße 12	12,2	8,40	330
1100	Cineplexx Wienerberg	Wienerbergstraße 11	11,4	4,50	2328
1110	Hollywood Megaplex Gasometer	Guglgasse 43	16	5,7	3106
1140	Cineplexx Auhof	Albert Schweitzer Gasse 6	5,2	7,4	1500
1150	Lugnercity Kino	Gablengasse 1-3	10,5	7,2	1928
1200	UCI Kinowelt Millenium City	Wehlistraße 66	13,7	10,30	3524
1210	Hollywood Megaplex SCN	Ignaz-Köck-Straße 1	14,4	12,20	2119
1220	Cineplexx Donauplex	Wagramer Straße 79	17	10,10	2717

B-2 Mietpreise

Kino UCI Millennium City

KINO	UCI Millennium City (MC)	UCI MC	UCI MC	UCI MC	UCI MC
Saal/ 3Std.	E- 132 Plätze	A -192 Plätze	6 -310 Plätze	5 -352 Plätze	4 -747 Plätze
Mo-Do (ausgenommen Feiertage & Vorfeiertage)	528,00 €	768,00 €	1.240,00 €	1.408,00 €	2.988,00 €
Freitags (& Vorfeiertage)	792,00 €	1.152,00 €	1.860,00 €	2.112,00 €	4.482,00 €
Samstags, sonntags & Feiertage	792,00 €	1.152,00 €	1.860,00 €	2.112,00 €	4.482,00 €
Alle Preise exkl. 20% USt.	20%	20%	20%	20%	20%

Admiral Kino und Lugner Kino

Kino	Admiral Kino	Lugner Kino
Saal/ 3Std.	114 Sitzplätze	362 Sitzplätze
Mo-Do (btto) ab 16Uhr	372 €	
Fr-Sa-So ab 16Uhr	540 €	
außerhalb Betriebszeit 10-16 Uhr	336 €	
Mo- Fr 09:00- 13:00 Uhr inkl. Ust		288,00 €

B-3 Kinos in Wien

Bezirk	Kino	Sitzplätze
1010	Urania Kino	340
1010	De France	189
1010	Metro Kino	221
1010	Artis International	758
1010	Burg Kino	363
1010	Cine Center	563
1010	Cinemagic	268
1010	Filmmuseum	225
1010	Gartenbau Kino	750
1010	Künstlerhaus Kino	287
1010	Actor´s Studio Wien	221
1020	UCI KINOWELT	175
1030	Village Cinemas Wien3	1738
1030	Stadtkino Wien	172
1040	Schikaneder	100
1050	Filmcasino	254
1060	Apollo Kino	1826
1060	Topkino	306
1060	Haydn English Cinema	574
1070	Admiral Kino	114
1070	Bellaria Kino	196
1070	Filmhaus Kino	100
1090	Votivkino	330
1100	Cineplexx Wienerberg	2328
1110	Hollywood Megaplex Gasometer	3106
1140	BSL Kino (<i>Breitenseer Lichtspiele</i>)	168
1140	Cineplexx Auhof	1500
1150	Lugnercity Kino	1928
1200	UCI Kinowelt Millenium City	3524
1210	Hollywood Megaplex SCN	2119
1220	Cineplexx Donauplex	2717
Total		27460

B-4 Einkaufszentren Wien

Bezirk	Einkaufszentrum	Fläche m2
1. Innere Stadt	Steffl	13.000
2. Leopoldstadt	Stadion Center	27.000
3. Landstraße	The Mall	30.000
6. Mariahilf	Generali Center	4.000
7. Neubau	Gerngross Kaufhaus	30.000
10. Favoriten	Columbuss Center	16.000
11. Simmering	Gasometer	22.000
14. Penzing	Auhof Center	20.000
15. Rudolfsh.-Fünfh.	Lugner City & Europaplatz (42.437 & 17000)	59.437
19. Döbling	Q19	12.000
20. Brigittenau	Millenium City	50.000
21. Floridsdorf	Shopping Center Nord	32.000
22. Donaustadt	Donauzentrum	100.750
23. Liesing	Riverside	15.000
Total		431.187

B-5 Befragung -Ausgegebenes Geld in 2 Std. pro Person- April, 2014 Wien, Donauzentrum.

Befragte Personen(n=40)	Kaufsumme/ Antwort
1	€ 50,00
2	€ 30,00
3	€ 30,00
4	€ 50,00
5	€ 100,00
6	€ 25,00
7	€ 0,00
8	€ 10,00
9	€ 10,00
10	€ 10,00
11	€ 10,00
12	€ 200,00
13	€ 170,00
14	€ 180,00
15	€ 100,00
16	€ 60,00
17	€ 300,00
18	€ 50,00
19	€ 50,00
20	€ 100,00
21	€ 50,00
22	€ 100,00
23	€ 120,00
24	€ 70,00
25	€ 30,00
26	€ 60,00
27	€ 70,00
28	€ 0,00
29	€ 0,00
30	€ 70,00
31	€ 200,00
32	€ 100,00
33	€ 300,00
34	€ 100,00
35	€ 50,00
36	€ 100,00
37	€ 50,00

38	€ 180,00
39	€ 80,00
40	€ 155,00
Summe	€ 3.420,00
Kaufsumme im Durchschnitt	€ 85,50

Anhang C MATLAB Ergebnisse

Anhang C-1 Koordinaten: Mittelpunktbezirk (p) und Kühlarea (s)

p	Mittelpunktkoordinaten		s	Koordinaten	
1010	12,8	7,8	1	13,9	7,9
1020	15,4	7,9	2	12,9	7
1030	14,4	6,6	3	13,3	7,8
1040	12,9	6,4	4	12,9	7,1
1050	12	6	5	13,3	7,3
1060	11,4	6,7	6	12,8	9
1070	11,4	7,2	7	13,6	7,1
1080	11,3	7,9	8	12	6,2
1090	12,1	9	9	11,8	6,7
1100	14	3,4	10	11,9	6,9
1110	17,6	4	11	12	7
1120	10,1	4,7	12	11,8	7
1130	5,8	5	13	12,2	8,4
1140	5,8	8	14	11,4	4,5
1150	10,3	6,6	15	16	5,7
1160	8,8	8,1	16	5,2	7,4
1170	8,1	9,6	17	10,5	7,2
1180	9,9	9,9	18	13,7	10,3
1190	10,4	11,9	19	14,4	12,2
1200	13,3	10,2	20	17	10,1
1210	15	13,5			
1220	20	8,8			
1230	8,1	2,6			

Anhang C-2 Matrix der Euklidische Distanz

Bezirk/Kühlarea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1010	1,1045	0,8062	0,5	0,7071	0,7071	1,2	1,063	1,7889	1,4866	1,2728	1,1314	1,2806	0,8485	3,5847	3,8275	7,6105	2,377	2,6571	4,6819	4,7885
1020	1,5	2,6571	2,1024	2,6249	2,184	2,8231	1,9698	3,8013	3,7947	3,6401	3,5171	3,7108	3,2388	5,2498	2,2804	10,212	4,9497	2,9411	4,4147	2,7203
1030	1,3928	1,5524	1,6279	1,5811	1,3038	2,8844	0,9434	2,4331	2,6019	2,5179	2,4331	2,6306	2,8425	3,662	1,8358	9,2347	3,9459	3,7656	5,6	4,36
1040	1,8028	0,6	1,456	0,7	0,9849	2,6019	0,9899	0,922	1,1402	1,118	1,0817	1,253	2,119	2,4207	3,178	7,7647	2,5298	3,9812	5,9908	5,5227
1050	2,687	1,3454	2,2204	1,4213	1,8385	3,1048	1,9416	0,2	0,728	0,9055	1	1,0198	2,4083	1,6155	4,0112	6,9426	1,9209	4,6239	6,6483	6,4661
1060	2,7731	1,5297	2,1954	1,5524	1,9925	2,6926	2,2361	0,781	0,4	0,5385	0,6708	0,5	1,8788	2,2	4,7074	6,2394	1,0296	4,272	6,265	6,5513
1070	2,5962	1,5133	1,9925	1,5033	1,9026	2,2804	2,2023	1,1662	0,6403	0,5831	0,6325	0,4472	1,4422	2,7	4,8384	6,2032	0,9	3,8601	5,831	6,3063
1080	2,6	1,8358	2,0025	1,7889	2,0881	1,8601	2,4352	1,8385	1,3	1,1662	1,1402	1,0296	1,0296	3,4015	5,1894	6,1205	1,063	3,3941	5,3009	6,1098
1090	2,1095	2,1541	1,6971	2,0616	2,0809	0,7	2,4207	2,8018	2,3195	2,1095	2,0025	2,0224	0,6083	4,5541	5,1088	7,0831	2,4083	2,0616	3,9408	5,022
1100	4,5011	3,7643	4,4553	3,8601	3,9623	5,7271	3,7216	3,4409	3,9661	4,0817	4,1183	4,219	5,3141	2,8231	3,048	9,6664	5,1662	6,9065	8,8091	7,341
1110	5,3759	5,5758	5,7385	5,6303	5,4203	6,9311	5,0606	6,0166	6,3977	6,3953	6,353	6,5299	6,9656	6,2201	2,3345	12,858	7,7878	7,4095	8,8023	6,1294
1120	4,9679	3,6235	4,4553	3,6878	4,1231	5,0774	4,2438	2,4207	2,6249	2,8425	2,9833	2,8601	4,2544	1,3153	5,9841	5,5946	2,5318	6,6573	8,6452	8,7618
1130	8,6035	7,3763	8,0056	7,4041	7,8447	8,0623	8,0777	6,3151	6,2362	6,3891	6,5146	6,3246	7,2471	5,6223	10,224	2,4739	5,1894	9,5131	11,216	12,307
1140	8,1006	7,1701	7,5027	7,1568	7,5326	7,0711	7,8518	6,456	6,1392	6,1984	6,2801	6,0828	6,4125	6,6038	10,456	0,8485	4,7676	8,228	9,5708	11,395
1150	3,8275	2,6306	3,2311	2,6476	3,0806	3,4655	3,3377	1,7464	1,5033	1,6279	1,7464	1,5524	2,6173	2,3707	5,7706	5,1624	0,6325	5,0249	6,9405	7,5591
1160	5,1039	4,245	4,51	4,2202	4,5706	4,1	4,9031	3,7216	3,3106	3,3242	3,3838	3,1953	3,4132	4,4407	7,5895	3,6674	1,9235	5,3712	6,9405	8,4404
1170	6,044	5,4589	5,5027	5,412	5,6859	4,7381	6,0415	5,174	4,7011	4,6615	4,6872	4,5222	4,272	6,0745	8,8102	3,6401	3,3941	5,6436	6,8154	8,914
1180	4,4721	4,1725	3,9962	4,1037	4,2802	3,0364	4,64	4,2544	3,7216	3,6056	3,5805	3,467	2,7459	5,6045	7,4061	5,3235	2,7659	3,821	5,0537	7,1028
1190	5,3151	5,5009	5,022	5,412	5,4378	3,7643	5,7689	5,9203	5,3852	5,2202	5,1546	5,0961	3,9357	7,4673	8,3546	6,8768	4,7011	3,6674	4,0112	6,8411
1200	2,377	3,2249	2,4	3,1257	2,9	1,3	3,1145	4,2059	3,8079	3,5847	3,454	3,5341	2,1095	6,0083	5,2479	8,5703	4,1037	0,4123	2,2825	3,7014
1210	5,707	6,8308	5,9481	6,7357	6,4288	5,009	6,5513	7,8924	7,5153	7,2918	7,1589	7,245	5,8181	9,6933	7,8638	11,543	7,7421	3,454	1,4318	3,9446
1220	6,166	7,3246	6,7742	7,3007	6,8659	7,2028	6,6219	8,4119	8,4646	8,3199	8,2	8,3952	7,8102	9,6151	5,0606	14,866	9,6338	6,4761	6,5513	3,2696
1230	7,8568	6,5115	7,3539	6,5795	7,0093	7,9404	7,1063	5,3075	5,5227	5,7385	5,8796	5,7489	7,1028	3,8079	8,4865	5,608	5,1884	9,521	11,483	11,639

Anhang D Lebenslauf

PERSÖNLICHE DATEN

Name: Arta Shaqiri-Nasufi

Geburtsdatum/-ort: 28.05.1983 in Presheve, Serbien

Familienstand: verheiratet / 2 Kinder *2012, *2015

Nationalität: Albanerin

STUDIUM

2009/03 – laufend	Universität Wien, Wien Österreich Betriebswirtschaftslehre Masterstudium Spezialisierungen: Operation Research und Electronic Business Titel der Masterarbeit: Standortplanung für Kühlareas in Wien
2002/10 – 2006/09	South East European University, Tetovo- Mazedonien Diplomstudium Betriebswirtschaftslehre Fachrichtung: Finanz
1998/09 – 2002/06	Gymnasium mit Maturaabschluss, Serbien

WEITERE KENNTNISSE

Sprachen

Albanisch	Muttersprache
Deutsch	sehr gut (Wort und Schrift)
Englisch	gut (Wort und Schrift)
Serbisch	gut (Wort und Schrift)

EDV

MS-Office, MATLAB, SAP, MS Project, HTML, PHP, MySQL

INTERESSEN

Liebe zur Natur, Lesen, Schwimmen