



Die Auswirkungen des Klimawandels für Wien: eine ökonomische Bewertung

Willi Haas

Nikolai Jacobi

Karl W. Steininger (Koordination)

Graz/Wien, im August 2017



Im Auftrag von



Magistrat Wien – MD Klimaschutzdirektion

Die Auswirkungen des Klimawandels für Wien: eine ökonomische Bewertung

Der überwiegend durch die Menschheit ausgelöste Klimawandel ist bereits Realität. In Österreich ist etwa die Durchschnittstemperatur seit 1880 um rund 2 Grad im jährlichen Mittel gestiegen, Extremereignisse werden in geänderter Frequenz und Stärke beobachtet. Der bereits durch bisherige Emissionen ausgelöste Klimawandel ist dabei durch die Trägheit des Systems noch nicht vollständig sichtbar und wird diese Entwicklung noch verstärken. Es gilt daher zum einen uns an den Klimawandel anzupassen, um schädliche Auswirkungen möglichst gering zu halten, zum anderen den zukünftigen Klimawandel durch drastische Emissionsminderung zu begrenzen, um nicht nur die Symptome zu bekämpfen, sondern die Ursache (Paris Agreement, UNFCCC 2015).

Als eine Grundlage für diesbezügliche Entscheidungen – sowohl im Hinblick auf Anpassung als auch auf Minderung des Klimawandels – ist eine Evaluierung der erwarteten Klimawandelfolgen wesentlich, auch in Form der Größenordnung ökonomischer Klimawandelfolgekosten. Eine Großstadt wie Wien ist in vielerlei Hinsicht betroffen, rechtzeitige adäquate Anpassung und kluge Treibhausgasreduzierung sind zentrale Aufgabenfelder.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Klimawandelfolgen und -folgekosten für Wien für den Zeithorizont bis zur Jahrhundertmitte ermittelt und dargestellt. Methodisch greifen wir dabei auf die umfassende österreichweite Untersuchung „Cost Of INaction (COIN)“ zurück¹, verwenden als Basis sowohl die darin entwickelten Klimaszenarien und deren Bandbreite, als auch jene der sozioökonomischen Entwicklungen. Der Grundansatz gemäß COIN ist dabei, dass die Folgen ohne zusätzliche Anpassungsmaßnahmen (d.h. über bereits vereinbarte hinaus) abgeschätzt werden. Für den für Wien besonders relevanten Bereich der Gesundheitsfolgen durch mehr Hitzetage wird eine darüberhinausgehende feingliedrigere Analyse auf Bezirksebene mit einem zeitlichen Horizont bis 2100, auch unter Zugrundelegung seither verfügbar gewordener neuerer demographischer Szenarien, durchgeführt. Ein Überblick zur methodischen Vorgehensweise dazu wird im Anhang gegeben.

¹ Diese Untersuchung ist verfügbar als

Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), [*Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria*](#), Springer, 2015.

Kurzfassungen sind verfügbar in deutscher Sprache:

sowie als Faktenblätter abrufbar auf <http://coin.ccca.at>

Steininger, K.W., Die gesamtwirtschaftlichen Folgekosten klimapolitischen Nicht-Handelns am Beispiel Österreich, in Schulev-Steindl, E., Schnedl, G., Kirchengast, G. (Hrsg.): Klimaschutzrecht zwischen Wunsch und Wirklichkeit, Böhlaus (im Erscheinen).

als Narrativ: Steininger, K.W., Haas, W., König, M., Pech, M., Prettenthaler, F., Prutsch, A., Themessl, M., Wagner, G., Wolf, A. (2015), [*Die Folgeschäden des Klimawandels in Österreich*](#), ACRP in essence.

Die Kurzfassung in der internationalen wissenschaftlichen Literatur (in englischer Sprache):

Steininger, K.W., Bednar-Friedl, B., Formayer, H., König, M. (2016), Consistent economic cross-sectoral climate change impact scenario analysis: method and application to Austria, *Climate Services* 1: 39-52; [doi: 10.1016/j.cliser.2016.02.003](https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.02.003)

Executive Summary

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Präventionskosten eines Anstiegs des Wärmeinseleffekts für Wien sowie die durch den Klima- und soziodemographischen Wandel ansteigende Zahl an hitze(wellen)-bedingten vorzeitigen Todesfälle für Wien lokalspezifisch ermittelt, sowie die weiteren Folgekosten des Klimawandels im Zeithorizont 2050, soweit für Wien relevant, aus der österreichweiten Untersuchung Cost of INaction (COIN) auf Wien anteilig umgelegt. Da auch die österreichweite Untersuchung einerseits nur bereits modellmäßig quantifizierbare Schadenskosten einbeziehen konnte, andererseits aber primär auf die auf Österreich-Ebene relevantesten Folgekosten fokussierte, ergeben sich hier für die vorliegenden Wien-Ergebnisse die korrespondierenden Einschränkungen:

- Es sind in der hier vorliegenden Darstellung bei weitem nicht alle Folgekosten enthalten (es handelt sich somit um konservative Kostenwerte)
- Es sind spezifische Klimawandelfolgekosten gerade auch durch Entwicklungen, die für Wien wesentlich sind, nicht enthalten. Dies sind Gesundheitskosten über vorzeitige Mortalität hinaus (z.B. Spitalskosten durch Morbidität), geänderte Straßenerhaltungskosten (etwa durch Hitze) und Folgekosten von Extremwetterereignissen wie Sturm oder Hagel

Die – unter diesen Einschränkungen – grob abschätzbaren Folgekosten für Wien können für eine mittlere Szenario-Kombination monetär bewertet und aggregiert werden und liegen für den Zeitraum um das Jahr 2030 bei 375 bis 660 Mio € im jährlichen Durchschnitt (je nach Bewertungsansatz für die nicht-marktlichen Folgen), sowie zur Jahrhundertmitte bei einer halben bis knapp 1 Mrd €.

Wird ein erweitertes Set an Klimaszenarien (schwächere bzw. stärkere regionale Ausprägung) und soziodemographischen Szenarien hinterlegt, so kann eine Bandbreitenabschätzung vorgenommen werden, mit dem Ergebnis für die Periode um 2030 an jährlichen Schäden im Durchschnitt im Bereich von 300 Mio € bis 1 Mrd €, sowie zur Jahrhundertmitte im Bereich von 490 Mio € bis 2,7 Mrd €.

Aus den hier im Detail untersuchten Klimawandelfolgen sind darin insbesondere die hitzebedingten vorzeitigen Todesfälle von besonderer Bedeutung, auch in wesentlich höherer relativer Bedeutung als für Österreich insgesamt, für sie wurde daher eine detaillierter Analyse sowohl nach Bezirken als auch für einzelne extremere Jahre durchgeführt. Aus den Ergebnissen ist bezirksspezifisch ablesbar, inwiefern die jeweiligen Komponenten lokale Klimaentwicklung und demographische Entwicklung zur Erhöhung der spezifischen hitzebedingten Mortalität beitragen.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass hier jeweils nur die jährlichen Durchschnitte ausgewiesen sind. Dadurch können die Belastungen in einzelnen Jahren wesentlich höher sein – es sind etwa klimatisch extreme Jahre zu erwarten in denen die vorzeitigen Todesfälle auf über 2.600 ansteigen (zur Mitte des Jahrhunderts) bzw. auf rund 3.800 (im Zeithorizont 2100). Anzumerken ist auch, dass alle ökonomischen Ergebnisse Netto-Werte sind, d.h. positive Effekte des Klimawandels (etwa verringerter Heizbedarf) ist bereits gegengerechnet.

Städtische Wärmeinsel

Der städtische Wärmeinsel-Effekt beschreibt die aufgrund der stärkeren Erwärmung von verbauten Strukturen und weniger Kühlung durch Vegetation in urbanen Gebieten gemessene höhere Temperatur als im ländlichen Umfeld. Durch sozioökonomische Entwicklung (weitere Verbauung) und weitere Klimaerwärmung würde dieser Wärmeinseleffekt stärker werden, wenn keine Gegenmaßnahmen gesetzt werden. Die Folgen sind vielfältig, direkte Kosten betreffen die Verstärkung von anderen Stressfaktoren für bestehende Grünanlagen (Luftverschmutzung, Wasserknappheit, Bodenschadstoffe), indirekte Kosten umfassen Hitzestress, Kühlungskosten, Gesundheitsauswirkungen. Da beide Kostenkategorien sehr schwierig zu quantifizieren sind, greifen wir hier auf den einen robusten Ansatz zurück, der vielfach als Untergrenze der Kosten gesehen wird. Ermittelt werden die Vermeidungskosten, als jene Kosten, die für Maßnahmen aufzuwenden sind, die erforderlich sind, um das Ansteigen des städtischen Wärmeinseleffekts zu vermeiden. Während dafür mehrere Maßnahmen möglich sind, wird hier zur Kostenabschätzung unterstellt, dass dies durch die Ausweitung von städtischen Grünanlagen erfolgt, also den Temperaturkomfort durch den Ausbau bestehender und die Anlage neuer Parks, sowie durch die Umwandlung von Straßen in Alleen so zu erhöhen, dass eine Verstärkung des städtischen Wärmeinseleffekts verhindert wird.

Abbildung 1 zeigt als Basisszenario der sozioökonomischen Veränderung und des Gefahrenpotenzials des Klimawandels eine Zusammenfassung aus den Karten des Urban Atlas. Die Karten zeigen Landnutzungsmuster wie für Städte typisch: kompakte Zentren mit mehrgeschossiger Verbauung, die den städtischen Wärmeinseleffekt verstärken.

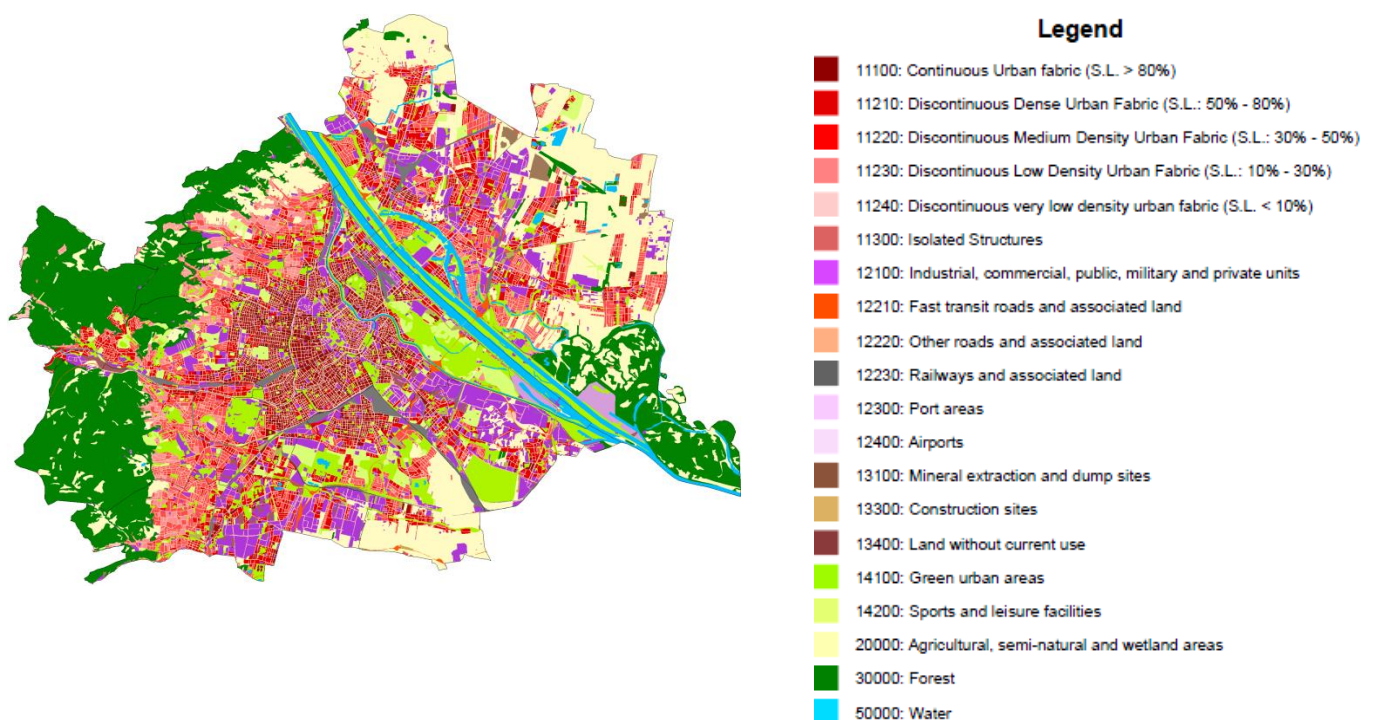


Abbildung 1: Landnutzungsverteilung in Wien. Quelle: Loibl et al. (2015), Kapitel 17 in Steininger et al. (2015) Bereitstellung: AIT.

Tabellen 2 bis 4 zeigen die erforderlichen zusätzlichen Investitionen in städtische Grünflächen (Ankauf der Grundstücke, Bepflanzungskosten) sowie der zusätzlichen Pflanzung von Straßenbäumen (Bodenaufbereitung, Pflanzung), und Erhaltungskosten der zusätzlichen Grünanlagen für Wien,

jeweils in durchschnittlichen jährlichen Beträgen. Das Basisszenario bildet dabei die sozioökonomische Entwicklung ab (ohne Klimawandel), die Auswirkungen des Klimawandels (in einem mittleren Szenario) werden getrennt davon dargestellt.

Tabelle 1 Durchschnittliche jährliche Investitionskosten durch zusätzliche Parkanlagen, Wien

Investitionen in zusätzliche Parks*		Basis (mit sozioökonomischer Veränderung)**	mit Klimawandel
Ø 2011-30	Physik. Einh.	70 ha	108 ha
	Kosten (Mill. €)	61	95
Ø 2031-50	Physik. Einh.	31 ha	88 ha
	Kosten (Mill. €)	27	77

*Grundstückpreise und Kosten der Anlage der Parks **Basisszenario = klimainduzierte ökonomische Wirkungen der sozioökonomischen Entwicklung ohne zusätzlichen Klimawandel

Tabelle 2 Durchschnittliche jährliche Investitionskosten durch zusätzliche Straßenbäume, Wien

Investitionen in zusätzliche Straßenbäume*		Basis (mit sozioökonomischer Veränderung)**	mit Klimawandel
Ø 2011-30	Physik. Einh.	0	2.700 Bäume
	Kosten (Mill. €)	0	0,7
Ø 2031-50	Physik. Einh.	0	2.700 Bäume
	Kosten (Mill. €)	0	0,7

*Kosten der Anpflanzung, Bodenvorbereitung **Basisszenario = klimainduzierte ökonomische Wirkungen der sozioökonomischen Entwicklung ohne zusätzlichen Klimawandel

Tabelle 3 Durchschnittliche jährliche Erhaltungs- (bzw. Betriebs)kosten durch zusätzliche Parks, Wien

Erhaltung zusätzlicher Parks*		Basis (mit sozioökonomischer Veränderung)**	mit Klimawandel
Ø 2011-30	Physik. Einh.	70 ha	108 ha
	Kosten (Mill. €)	2,6	4,2
Ø 2031-50	Physik. Einh.	101 ha	196 ha
	Kosten (Mill. €)	3,8	7,7

*Kumulative Kosten (Erhaltung jeweils aller bisher angelegten Parks) **Basisszenario = klimainduzierte ökonomische Wirkungen der sozioökonomischen Entwicklung ohne zusätzlichen Klimawandel

Die Vermeidungskosten für einen Anstieg des Wärmeineffekts in Wien betragen somit im Durchschnitt rund 100 Mio € pro Jahr (bzw. für 2031-2050 rund 85 Mio € pro Jahr, durch die dann unterstellte vergleichsweise geringere demographische Entwicklung und damit geringeres Stadtwachstum).

Menschliche Gesundheit

Die menschliche Gesundheit ist durch den Klimawandel und durch das komplexe Zusammenspiel mit anderen sozioökonomischen Entwicklungen auf vielfältigste Weise betroffen. Direkte Auswirkungen werden von extremen Wetterereignissen wie Hitzewellen, starker Niederschlag, Überschwemmungen, Stürme und (global auch) tropische Wirbelstürme verursacht. Indirekte Auswirkungen sind zu erwarten wo der Klimawandel die Ausbreitungsbedingungen für übertragbare Krankheiten begünstigt (z. B. Wasser-, Lebensmittel- und vektorübertragene Krankheiten). Aber auch nicht übertragbare Krankheiten wie Allergien oder Erkrankungen durch Luftverschmutzung können durch den Klimawandel zunehmen. In einer Großstadt wie Wien, wo mit einem stärkeren Temperaturanstieg zu rechnen ist, ist der zunehmende Hitzestress für die Bevölkerung ein besonders großer Risikofaktor. Da Hitzestress speziell ältere Personen betrifft und diese Gruppe in den nächsten Jahrzehnten noch weiter zunehmen wird, können diese Folgen, wenn nicht rechtzeitig zusätzliche Gegenmaßnahmen getroffen werden, hohe hitzebedingte Mortalität erwarten lassen.

In der vorliegenden Studie wurde speziell die hitzebedingte Mortalität (Sterbefälle und *Life Years Lost* – YLL, das sind verlorene Lebensjahre durch vorzeitigen Tod²) untersucht. Aus Analysen der Vergangenheit ist bekannt, wie die Sterberate älterer Personen an sogenannten Kysely-Tagen gegenüber normalen Tagen zunimmt (‘normal’ definiert als außerhalb, also vor und nach solchen Perioden mit Kysely-Tagen). Der so ermittelte Faktor ist eine wichtige Grundlage für die Berechnung und geht auf eine Studie von Moshhammer et al. 2006 zurück (siehe auch Darstellung der Methode im Anhang). Ein „Kysely-Tag“ bezeichnet einen Tag in einer Periode von mindestens drei aufeinanderfolgende Tagen, in denen die tägliche Maximaltemperatur ≥ 30 °C beträgt. Die Hitzewelle bleibt bestehen, solange die mittlere maximale Temperatur der gesamten Periode über 30 °C bleibt und die tägliche Maximaltemperatur niemals unter 25 °C sinkt. Dazu wurden die drei Klimaszenarien (low-, mid- and high-range) aus dem Projekt COIN-Österreich für Wien verwendet, welche die Kysely-Tage für die Referenzperiode 2003-2012, und die Perioden 2016-2045 (Klimaperiode um 2030) und 2036-2065 (2050) ausweisen. Da die Sterbefälle aber auch von sozioökonomischen Entwicklungen abhängen (hier Demographie und spontane Anpassung), haben wir drei sozioökonomische Szenarien entwickelt und mit den drei verschiedenen Klimaszenarien verschnitten (siehe Tabelle 4). Die drei sozioökonomischen Szenarien sind:

- *Erhöhend*: Hier wurde ein erhöhtes Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger durch eine gesteigerte Lebenserwartung angenommen, bei gleichzeitiger Stagnation, beziehungsweise Abnahme der Wiener Gesamtbevölkerung³. Gleichzeitig wurde angenommen, dass keine spontanen Klimaanpassungsmaßnahmen wie die Beschaffung von Klimageräten durch private Personen vorgenommen werden.
- *Mittel*: Hier nehmen wir ein moderates Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger mit mittlerer Lebenserwartung an. Die Wiener Gesamtbevölkerung wächst nahezu

² Siehe hierzu WHO Definition, verfügbar online auf der WHO Webseite:

<http://www.who.int/whosis/whostat2006YearsOfLifeLost.pdf>

³ Annahmen zur Bevölkerung im erhöhenden Szenario basieren auf Statistik Austria, Bevölkerungsprognose 2016, Alterungsszenario: Ausführliche Tabellen für Österreich. Online verfügbar unter:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.

proportional⁴. Die spontane technische Klimaanpassungsmaßnahme wird hier so unterstellt, dass 10% der Risikogruppe durch z.B. mobile Klimageräte im Vergleich zu jenen ohne Raumklimatisierung nur mehr ein 50%iges Sterberisiko haben.

- *Mindernd*: Hier wurde ein sehr moderates Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger mit niedriger Lebenserwartung verwendet. Die Wiener Gesamtbevölkerung wächst nahezu proportional⁵. Die spontane technische Klimaanpassungsmaßnahme wird hier so angenommen, dass 20% der Risikogruppe durch z.B. mobile Klimageräte im Vergleich zu jenen ohne Raumklimatisierung nur mehr ein 50%iges Sterberisiko haben.

Die Ergebnisse zeigen, dass Wien als Großstadt besonders von hitzebedingter Mortalität betroffen ist. Rund ein Drittel der für Österreich errechneten Sterbefälle, fällt auf die Stadt Wien zurück. Dieser Anteil wird sogar noch etwas größer wenn man die YLL als Indikator betrachtet⁶. Die Zahlen deuten auf eine (möglicherweise stark) zunehmende Belastungen des lokalen Gesundheitssystems hin, aufgrund alternder Bevölkerung – vor allem aber, aufgrund der wachsenden Hitzebelastung durch den Klimawandel.

⁴ Annahmen zur Bevölkerung im mittleren Szenario basieren auf ÖROK, Bevölkerungsprognose 2014. Online verfügbar unter: <http://www.oerok.gv.at/index.php?id=1152>.

⁵ Annahmen zur Bevölkerung im mindernden Szenario basieren auf Statistik Austria, Bevölkerungsprognose 2016, Hauptvariante. Wien: Ausführliche Tabellen der Hauptvariante. Online verfügbar unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.

⁶ Vergleiche dazu Ergebnisse der COIN-Österreich Studie in Haas et al. (2015).

Tabelle 4: COIN-Wien Ergebnisse: Hitzebedingte Sterbefälle und Life Years Lost (YLL) bis Ende des 21. Jahrhunderts, alle Szenarien

			Jährlicher Effekt	Ohne Klimaw.	Klimaszenarien		
					niedrig	Mittel	hoch
2030	Sozioökonomisches Szenario	erhöhend*	Hitzetote	118	215	120	403
			YLL	1.282	2.325	1.298	4.348
		mittel**	Hitzetote	106	193	107	361
			YLL	1.027	1.864	1.040	3.485
		mindernd***	Hitzetote	86	156	87	292
			YLL	735	1.334	745	2.495
2050	Sozioökonomisches Szenario	erhöhend*	Hitzetote	232	422	509	1.406
			YLL	3.416	6.198	7.478	20.636
		mittel**	Hitzetote	131	237	287	792
			YLL	1.396	2.532	3.055	8.431
		mindernd***	Hitzetote	116	211	255	703
			YLL	1.212	2.198	2.653	7.320
2100	Sozioökonomisches Szenario	erhöhend*	Hitzetote	272	793	1.129	2.827
			YLL	5.137	14.969	21.292	53.320
		mittel**	Hitzetote	159	465	661	1.656
			YLL	2.098	6.112	8.694	21.773
		mindernd***	Hitzetote	136	398	567	1.420
			YLL	1.744	5.083	7.231	18.107
Referenzperiode (2003-2012)			Hitzetote	80			
			YLL	655			

* Erhöhend: Erhöhtes Bevölkerungswachstum der Risikogruppe 65+ durch gesteigerte Lebenserwartung. Stagnierende, bzw. abnehmende Gesamtbevölkerung (Alterungsszenario). Keine technischen Klimaanpassungsmaßnahmen.

** Mittel: Moderates Bevölkerungswachstum der Risikogruppe 65+, sowie der Gesamtbevölkerung. Mittlere Lebenserwartung. Technische Klimaanpassungsmaßnahmen 10% der Risikogruppe (reduziert das Risiko für die Risikogruppe um 50%).

*** Mindernd: Sehr moderates Bevölkerungswachstum der Risikogruppe 65+, sowie der Gesamtbevölkerung. Niedrige Lebenserwartung. Technische Klimaanpassungsmaßnahmen im Ausmaß von 20% der Risikogruppe (reduziert das Risiko für die Risikogruppe um 50%).

Tabelle 5 zeigt die hitzebedingten Sterbefälle und YLL für Wien in einem *worst-case* Szenario. Dabei wurde ein extremes Klimasignal, aus einem der heißesten Jahre aus der jeweiligen Periode herangezogen. Übernommen wird das Bevölkerungswachstum des soziodemographischen Szenarios „Schaden erhöhend“. Neben den älteren Personen zählen – durch das stärkere Hitzesignal – jedoch auch 10% der 20-64-jährigen, die durch chronische Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen beeinträchtigt sind, zur vulnerablen Gruppe⁷. Im *worst-case* werden keine Klimaanpassungsmaßnahmen wie der Ankauf von Klimageräten unterstellt. Anhang D (siehe Anhang) zeigt im Vergleich die Bevölkerungs- und Hitzeentwicklung, sowie assoziierte Mortalität im *worst-case* Szenario und im *reference*- und *mid-range*-Szenario, beziehungsweise in der mittleren Szenarien-Kombination. Während der Anstieg der vulnerablen Gruppe im *worst-case* im

⁷ Annahme 10% basiert auf BMG (2009).

Wesentlichen proportional ausfällt und durch das Berücksichtigen der chronisch Kranken zu erklären ist, steigt das Klimasignal in allen Projektionszeiträumen stark an, verglichen zum *mid-range* Szenario. Resultierend steigt die hitzebedingte Mortalität (Sterbefälle pro 10 000) um die Faktoren 11 und 10 in den Perioden um 2030 und 2050, sowie um den Faktor 7 bis zum Ende des Jahrhunderts, verglichen mit den jeweils gleichen Projektionszeiträumen in der mittleren Szenarien-Kombination (vgl. Anhang D).

Tabelle 5: COIN-Wien Ergebnisse für ein *worst-case* Szenario („fat tail“)

			2030	2050	2100
Szenario	Worst-case	Hitzetote	1.111	2.628	3.847
		YLL	11.979	38.570	72.552

Im Allgemeinen weichen die empirischen Ergebnisse ab von jenen, die in COIN-Österreich für gesamt Wien errechnet wurden. Aufgrund der Verfügbarkeit einer aktuelleren (höheren) Bevölkerungsprognose für die 65- und Mehrjährigen, welche der vorliegenden Studie COIN-Wien zugrunde liegt, sind die Sterbefälle hier höher, auch bei gleichem Klimasignal. Die hitzebedingten Sterbefälle in absoluten Zahlen für alle drei Perioden und alle drei sozioökonomischen Szenarien sind im Anhang A-C aufgegliedert.

Die Interpretation aus der Analyse auf Bezirksebene für die mittlere Szenarien-Kombination (*erhöhend, mid-range*) (siehe Anhang D), ergibt zusammenfassend folgende Schwerpunkte:

- (1) Es wird deutlich, dass einige Bezirke (13. Hietzing und 19. Döbling) von Beginn des Referenzzeitraums an, im *reference* Szenario einen hohen Anteil älterer Menschen aufweisen und diesen auch halten, während die Änderung des Klimasignals für alle Zeitperioden moderat ausfällt. Die Sterbefälle im 13. Bezirk sind fast ausschließlich abhängig von den klimatischen Veränderungen. Im 19. Bezirk fallen die Sterbefälle in der Periode um 2030 (2016-2045) mit einem Rückgang der über 65-jährigen pro 10 000 Einwohner zusammen.
- (2) Der Bevölkerungseffekt (also die Zunahme des Anteils der älteren Bevölkerung auf die Sterbefälle) ist in den Bezirken 5., 6., 7., 8., und 9. – besonders aber in 6. und 7. – zu beobachten, wo die Sterbefälle pro 10 000 Einwohner von der Referenz- bis zur Periode um 2030 aufgrund der Bevölkerung zunehmen (von ca. 0,5 auf 0,65 pro 10 000 Einwohner), bei gleichbleibendem Klimasignal für den gleichen Zeitraum.
- (3) Der Anteil an 65- und Mehrjährigen pro 10 000 steigt in den westlichen Bezirken über den Betrachtungszeitraum stark an, sodass die Bezirke 19., 18., 14., 13., 23. in der Periode um 2050 (Durchschnitt der Klimaperiode 2036-2065) den höchsten Anteil älterer Personen aufweisen (gemeinsam mit einigen inneren Bezirken). Gleichzeitig gibt es in diesen Bezirken eine moderate Entwicklung des Klimasignals, was zu einer relativ geringen Anzahl an Sterbefällen pro 10 000 Einwohner führt (mit Ausnahme 23. Liesing, in dem die Klimaveränderung stärker ist).
- (4) In den südöstlichen Bezirken, ist ein mittel bis starker Anstieg des Anteils der 65- und Mehrjährigen im gesamten Betrachtungszeitraum bis zur Periode um 2100 zu beobachten, bei gleichzeitig starker Veränderung des Klimasignals. Die kombinierte Wirkung beider Effekte (Bevölkerung und Klima), führt zu vergleichsweise vielen Sterbefällen pro 10 000 Einwohner in diesen Bezirken. Eine Ausnahme bildet der 10. Bezirk Favoriten, wo der starke Klimaeffekt durch einen vergleichsweise geringen Anstieg des Anteils der 65- und

Mehrjährigen etwas ausgeglichen wird (möglicherweise durch verstärkte Migration unter 65-jähriger).

- (5) Die inneren Bezirke (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. und 9.) sind am stärksten von der Hitzeentwicklung betroffen. Dazu kommt, dass in einigen Bezirken (3., 4., 5., 6. und 7.) ein sehr starker Anstieg des Anteils der 65- und Mehrjährigen zu beobachten ist. In diesen Bezirken ist die hitzebedingte Sterberate pro 10 000 Einwohner am höchsten.

Eine solche *Dekompositions-Analyse* zeigt, wo welche Effekte (zusammen)wirken (Klima und /oder Bevölkerung) und kann somit zur Setzung von etwaigen Hitzeschutzmaßnahmen auf mikro-lokaler Ebene herangezogen werden. In Kombination mit einer räumlich fein aufgelösten Analyse von Bebauung und vulnerablen Gruppen kann genau bestimmt werden (1) wo der Bedarf am größten ist und (2) wie die Bebauungsdichte und Grünflächenverteilung vor Ort gestaltet ist, um somit gezielt Maßnahmen setzen zu können. In manchen Fällen kann dabei auch herausgearbeitet werden, wo Maßnahmen auch auf Objektebene sinnvoll erscheinen. Ein Beispiel aus den empirischen Ergebnissen sind die Bezirke 3., 4., 5., 6. und 7., wo sowohl ein starker Anstieg des Klimasignals, als auch ein sehr starker Anstieg der betroffenen Bevölkerungsgruppe in Relation zur Gesamtbevölkerung des Bezirks zu beobachten ist (siehe Anhang E). In diesen Bezirken ist der Bedarf Maßnahmen zu setzen, am größten. Bei der Maßnahmenplanung der Stadt Wien sollte berücksichtigt werden, dass Bevölkerungsgruppen mit geringeren Einkommen über eine eingeschränkte individuelle Anpassungskapazität verfügen und daher vulnerabler gegenüber Hitzebelastung sind.

Marktliche Folgekosten

Die nicht-marktlichen Bewertungsbereiche Städtische Wärmeinseln und Gesundheitsfolgen stellen sich für Wien signifikant anders dar als im Österreich-Schnitt, und wurden daher in der vorliegenden Bewertung für Wien in den vorangegangenen Abschnitten orts-spezifisch ausgewertet. Anders stellt sich die Situation für die im nunmehr folgenden dargestellten marktlichen Bereiche dar. Hier kann eine erste Abschätzung der Folgekosten für Wien anhand einer direkteren und vereinfachten Bezugnahme zu den österreichweiten Folgewirken erfolgen, wie sie aus der Studie COIN-Österreich verfügbar sind.

Wir verwenden zur Strukturierung der Klimawandelfolgen die Gliederung in Wirkungsfelder des Klimawandels der österreichischen Klimawandelanpassungsstrategie (BMLFUW, 2012), wie sie auch der Studie COIN-Österreich zugrunde gelegt wurde. In der Studie COIN-Österreich wurden in jedem dieser Wirkungsfelder die Wirkungsketten für Klimawandelfolgen umfassend identifiziert, und jene daraus auch quantitativ abgeschätzt, für die bereits Modellierungen verfügbar sind. Es handelt sich damit um keine vollständige Abschätzung, insbesondere in den Bereichen Ökosystemdienstleistungen und Gesundheitsfolgen besteht hoher weiterer Forschungsbedarf.

Für Wien können diese über Märkte direkt wirksamen und quantifizierbaren, sogenannten marktlichen Klimafolgen, wie folgt abgeleitet werden:

Wasserver- und entsorgung

In der Wasserver- und entsorgung fallen zusätzliche Investitionskosten an, die anhand des Bevölkerungsschlüssels (vgl. Tabell 6) proportional für Wien aus den österreichweiten Ergebnissen ermittelt werden.⁸

Energie

Die für die Raumtemperierung (Heizung und Kühlung) aufzuwendende Energie ändert sich netto und verschiebt sich aus dem Winter stärker in den Sommer, die Ermittlung erfolgt ebenso anhand des Bevölkerungsschlüssels aus den österreichweiten Ergebnissen.⁹ Verschiebungen in den Elektrizitätsgestehungskosten durch eine veränderte Wasserführung der Flüsse (etwa verringertes Gletscherschmelzwasser im Frühjahr und Sommer) werden dem Elektrizitätspreis zugeschlagen und können somit anhand des Bevölkerungsschlüssels den Konsumentinnen und Konsumenten der Stadt Wien zugerechnet werden.

Industrie, Gewerbe und Handel

Gleiches wie für die Energiepreise gilt für die Arbeitsproduktivitätsveränderungen (insbesondere durch Hitzetage), die zu erhöhten Produktionskosten in Industrie, Gewerbe und Handel führen, und können letztere ebenso anhand des Bevölkerungsschlüssels auf die Konsumentinnen und Konsumenten der Stadt Wien umgelegt werden, die diese durch höhere Preise tragen.

⁸ Eine höhere Besiedlungsdichte senkt zwar einerseits die Leitungslängen, erhöht aber über die Komplexität der Bauvorhaben deren spezifische Kosten, wir unterstellen vereinfachend eine Kompensation dieser Effekte.

⁹ Dies ist insofern zulässig, als die aus dem allfälligen Anstieg des städtischen Wärmeinsel-Effekts durch den Klima- und soziodemographischen Wandel folgenden Kosten an anderer Stelle ermittelt (und damit berücksichtigt) werden (Abschnitt Städtische Wärmeinseln), und somit für den Raumtemperierungsbedarf keine vom österreichweiten Schnitt abweichende Entwicklung auch für die Stadt Wien hier zu unterstellen ist.

Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität

Die direkte Bedeutung der Landwirtschaft in der Wirtschaftsstruktur der Stadt Wien ist zwar gering, für die Klimawandelfolgen zeigte sich in der österreichweiten Analyse jedoch, dass diese überwiegend nicht vom Landwirtschaftssektor getragen werden, sondern an Fertigung und Handel weitergegeben werden, sowohl was durch längere Vegetationszeiten bedingte Produktivitätssteigerungen als auch durch verringerte Ökosystemdienstleistungen (quantifiziert wurden Bestäubungsdienstleistungen und natürliche Schädlingskontrolle) bedingte Schäden betrifft. Auch hier wird somit vereinfachend auf eine Umlegung anhand des Bevölkerungsschlüssels zurückgegriffen. Die forstwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs liegen stark überproportional nicht in Wien, aus den in der österreichweiten Analyse quantifizierten Wirkungsketten (Produktivitätsreduktion, Borkenkäferschäden, Ersatzinvestitionen für die verringerte Schutzwaldfunktion) wird im Folgenden nur die letztgenannte für Wien herangezogen, und dabei berücksichtigt, dass die Finanzierung aus Bundesmitteln erfolgt (etwa aus dem Katastrophenfonds), die sich aus allgemeinen Steuermitteln speisen.¹⁰

Verkehrsinfrastruktur

Zum Verkehrsbereich wurden in der COIN-Österreichstudie die niederschlagsbedingten Schadenskosten für das österreichische Straßennetzwerk ermittelt bzw. für die Zukunft abgeschätzt. Da diese praktisch ausschließlich Landes- und Gemeindestraßen der anderen Bundesländer betreffen, werden diese Folgekosten für Wien nicht weiter berücksichtigt.¹¹

Katastrophenmanagement

Im Bereich des Naturkatastrophenmanagement wurden in der COIN-Österreichstudie die für Österreich diesbezüglich besonders relevanten Flusshochwässer in ihren zukünftigen Schadensvolumina in verschiedenen Szenarien abgeschätzt. Zwar ist ob des extrem hohen Hochwasserschutzniveaus von Wien in keinem Szenario mit einem Anstieg der direkten Hochwasserschäden für Wien zu rechnen, allerdings ist die Republik Österreich eine Solidargemeinschaft und werden die Schäden im derzeitigen Risikoteilungssystem teilweise aus dem Katastrophenfonds getragen (der sich aus allgemeinen Steuermitteln speist). Auch wenn in Hinkunft ein besser anreizkompatibles Risikoteilungssystem installiert werden sollte, etwa eine Pflichtversicherung, die zB an die Feuerschutzversicherung gekoppelt ist, so ist auch dann von einer Teilumlegung der Kosten auf die gesamte Bevölkerung (bzw. alle Versicherungsnehmer) in Österreich auszugehen (zB höhere allgemeine Prämien). Für die nunmehrige Abschätzung der Folgekosten aus diesem Wirkungsbereich unterstellen wir im Ausmaß der durchschnittlichen Schadenskompensation aus dem Katastrophenfonds (30%¹²) eine Finanzierung durch die österreichische Bevölkerung (entweder wie aktuell durch Steuern, oder allenfalls zukünftig durch

¹⁰ Aus den österreichweit ermittelten Schäden für die Forstwirtschaft und forstwirtschaftlich bedingtem erhöhten Schutzbauten-Bedarf werden 50% (durchschnittlicher jährlicher Anteil des erhöhten Schutzbauten-Finanzierungsbedarfs) mit dem Bevölkerungsschlüssel auf Wien umgelegt.

¹¹ Nicht ermittelt wurden in COIN-Österreich hitzebedingte Straßenschäden, wie sie wohl für Wien umgekehrt überproportional relevant werden könnten. Sie bleiben hier ebenfalls unberücksichtigt.

¹² Die aktuellen Schadensauszahlungen kompensieren 20-50% der tatsächlichen Schadenshöhen (Prettenthaler et al., 2015, Supplementary Material). Als konservativer Wert werden in der vorliegenden Studie insgesamt im Durchschnitt 30% unterstellt.

höhere allgemeine Versicherungsprämien), und legen diese Klimawandelfolgekosten in diesem Anteil gemäß dem Bevölkerungsschlüssel (vgl. Tabelle 6) auf Wien um.

Tabelle 6 Bevölkerungsszenario Österreich und Wien (gemäß COIN-Österreich, auf Basis Bevölkerungsprognose 2010)

Bevölkerung	Österreich			Wien		
	mindernd	mittel	erhöhend	Mindernd	mittel	erhöhend
2030	8.926.000	9.013.000	9.385.000	1.873.197	1.901.723	1.988.442
2050	9.113.000	9.334.000	10.456.000	1.891.844	2.052.114	2.213.000

Quelle: König et al. (2015)

Zusammenfassung der Folgekosten des Klimawandels für Wien

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Präventionskosten eines Anstiegs des Wärmeinseleffekts für Wien sowie die durch den Klima- und soziodemographischen Wandel ansteigende Zahl an hitze(wellen)-bedingten vorzeitigen Todesfälle für Wien lokalspezifisch ermittelt, sowie die weiteren Folgekosten des Klimawandels im Zeithorizont 2050, soweit für Wien relevant, aus der österreichweiten Untersuchung Cost of INaction (COIN) auf Wien anteilig umgelegt. Da auch die österreichweite Untersuchung einerseits nur bereits modellmäßig quantifizierbare Schadenskosten einbeziehen konnte, andererseits aber primär auf die auf Österreich-Ebene relevantesten Folgekosten fokussierte, ergeben sich hier für die vorliegenden Wien-Ergebnisse die korrespondierenden Einschränkungen:

- Es sind in der hier vorliegenden Darstellung bei weitem nicht alle Folgekosten enthalten (es handelt sich somit um konservative Kostenwerte)
- Es sind spezifische Klimawandelfolgekosten gerade auch durch Entwicklungen, die für Wien wesentlich sind, nicht enthalten. Dies sind Gesundheitskosten über vorzeitige Mortalität hinaus (z.B. Spitalskosten durch Morbidität), geänderte Straßenerhaltungskosten (etwa durch Hitze) und Folgekosten von Extremwetterereignissen wie Sturm oder Hagel

Die – unter diesen Einschränkungen – grob abschätzbaren Folgekosten für Wien sind in Tabelle 7 für eine mittlere Szenario-Kombination aufgegliedert dargestellt (jährliche Durchschnittswerte für die Perioden um 2030 bzw. 2050), und belaufen sich insgesamt, monetär quantifiziert für den Zeitraum um das Jahr 2030 auf 375 bis 660 Mio € im jährlichen Durchschnitt (je nach Bewertungsansatz für die nicht-marktlichen Folgen), und zur Jahrhundertmitte auf 550 bis 915 Mio €.

Wird ein erweitertes Set an Klimaszenarien (schwächere bzw. stärkere regionale Ausprägung) und soziodemographischen Szenarien hinterlegt, so kann eine Bandbreitenabschätzung vorgenommen werden (dargestellt in Tabelle 8), mit dem Ergebnis für die Periode um 2030 an jährlichen Schäden im Durchschnitt im Bereich von 300 Mio € bis 1 Mrd €, sowie zur Jahrhundertmitte im Bereich von 490 Mio € bis 2,7 Mrd €.

Aus den hier im Detail untersuchten Klimawandelfolgen sind darin insbesondere die hitzebedingten vorzeitigen Todesfälle von besonderer Bedeutung, auch in wesentlich höherer relativer Bedeutung als für Österreich insgesamt, für sie wurde daher eine detaillierter Analyse sowohl nach Bezirken als auch für einzelne extremere Jahre durchgeführt.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass hier jeweils nur die jährlichen Durchschnitte ausgewiesen sind. Dadurch können die Belastungen in einzelnen Jahren wesentlich höher sein – es sind etwa klimatisch extreme Jahre zu erwarten in denen die vorzeitigen Todesfälle auf über 2.600 ansteigen (zur Mitte des Jahrhunderts) bzw. auf rund 3.800 (im Zeithorizont 2100). Anzumerken ist auch, dass alle ökonomischen Ergebnisse Netto-Werte sind, d.h. positive Effekte des Klimawandels (etwa verringerter Heizbedarf) ist bereits gegengerechnet.

Tabelle 7: Klima- und wetterinduzierte Schäden, gesamt, nur quantifizierbare Wirkungsketten, jährliche Durchschnittswerte für Wien (für Perioden 2016-2045 und 2036-2065)

Schäden in Mill € p.a. (Preise Niveau 2010, undiskontiert)	2016-2045	2036-2065
A) Bestand derzeitige Schäden (Extrema)		
Beobachtete Schäden (Markt & nicht-Markt)	82 bis 173	82 bis 173
Jährlicher Durchschnitt Extremwetterereignisse Schäden (MunichRe, nur große Schäden Ø für Periode 2001 to 2010)	44	44
<i>Nicht-Markt Schäden:</i>		
Hitzeinduzierte vorzeitige Todesfälle (monetärer Wert)	41 bis 129	41 bis 129
Bewertung anhand Value of Statistical Life	129	129
Bewertung anhand Value of Life Years Lost	41	41
B) Zusätzliche zukünftige Schäden		
Schäden durch zukünftigen Klimawandel	85	150
Wohlfahrtsverlust (reference socioeconomic development, mid-range climate change, angepasst aus COIN Österreich, Chapter 21, inkl. Wärmeinseleffekt-Präventionsansatz)		
Zusätzliche Schäden induziert durch sozioökonomische Entwicklung	94	130
Investitionen im Energiesektor	21	66
Städtische Wärmeinsel – Prävention	63	31
Finanzierung Schadenskompensation zusätzliche Flusshochwässer in Österreich	10	33
<i>Nicht-Markt Schäden:</i>		
Hitzeinduzierte vorzeitige Todesfälle (monetärer Wert)	117 bis 309	192 bis 459
Bewertung anhand Value of Statistical Life (€ 1.6m pro SL)	309	459
Bewertung anhand Value of Life Years Lost (€ 63000 pro YLL)	117	192
C) Gesamter jährlicher Schaden (Ø)		
(beinhaltet aktuelles Niveau plus zusätzliche zukünftige Schäden)	378 bis 661	554 bis 912

Anmerkung: Werte für VSL and YLL basierend auf Watkiss (2011).

Tabelle 8: Klima- und wetterinduzierte Schäden, gesamt, nur quantifizierbare Wirkungsketten, geringere und höhere Bandbreiten zu jährlichen Durchschnittswerten für Wien (für Perioden 2016-2045 und 2036-2065)

Schäden in Mill € p.a. (Preise Niveau 2010, undiskontiert)	2016-2045	2036-2065
D) Bestand derzeitige Schäden (Extrema)		
Beobachtete Schäden (Markt & nicht-Markt)	82 bis 173	82 bis 173
Jährlicher Durchschnitt Extremwetterereignisse Schäden (MunichRe, nur große Schäden Ø für Periode 2001 to 2010)	44	44
<i>Nicht-Markt Schäden:</i>		
Hitzeinduzierte vorzeitige Todesfälle (monetärer Wert)	41 bis 129	41 bis 129
Bewertung anhand Value of Statistical Life	129	129
Bewertung anhand Value of Life Years Lost	41	41
E) Zusätzliche zukünftige Schäden		
Schäden durch zukünftigen Klimawandel	[79 bis 96]	[144 bis 166]
Wohlfahrtsverlust (reference socioeconomic development, mid-range climate change, angepasst aus COIN Österreich, Chapter 21, inkl. Wärmeinseleffekt- Präventionsansatz)		
Zusätzliche Schäden induziert durch sozioökonomische Entwicklung	[94 bis 97]	[130 bis 137]
<i>Nicht-Markt Schäden:</i>		
Hitzeinduzierte vorzeitige Todesfälle (monetärer Wert)	47 bis 645	138 bis 2.250
Bewertung anhand Value of Statistical Life (€ 1.6m pro SL)	[139 bis 645]	[338 bis 2.250]
Bewertung anhand Value of Life Years Lost (€ 63000 pro YLL)	[47 bis 247]	[138 bis 1.300]
F) Gesamter jährlicher Schaden (Ø) (beinhaltet aktuelles Niveau plus zusätzliche zukünftige Schäden)	302 bis 991	494 bis 2.697

Anmerkung: Werte für VSL and YLL basierend auf Watkiss (2011).

Literatur:

- BMG (ed.) (2009) Gesundheitsbericht Österreich 2009. Verfasst von Gesundheit Österreich GmbH, Wien
- Formayer, H., Nadeem, I., Anders, I. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 5 in: Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- Haas, W., Weisz, U., Maier, P., Scholz, F. (2015), Human Health, Chapter 11 in: Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- König, M., Loibl, W., Haas, W., Kranzl, L. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 6 in: Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- Loibl, W., Tötzer, T., Köstl, M., Nabernegg, S., Steininger, K.W. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 17 in: Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- Moshhammer, H., Hutter, H.P., Frank, A., Gerersdorfer, T., Hlava, A., Sprinzl, G., Leitner, B. (2006), Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. Projektbericht: StartClim2005.A1a, 2006.
- Prettenthaler, F., Kortschak, D., Hochrainer-Stigler, S., Mechler, R., Urban, H., Steininger, K.W. (2015), Catastrophe Management: Riverine Flooding, Chapter 19 in Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Prettenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.
- UNFCCC (2015). Adoption of the Paris Agreement. 21st Conference of the Parties, Paris: United Nations. Verfügbar online: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
- Watkiss P (ed) (2011) The ClimateCost project. Final report, vol 1: Europe. Stockholm Environment
- WHO (2015). Whostat. verfügbar online auf der WHO Webseite: <http://www.who.int/en/>.Institute, StockholmZuvela-Aloise, M.. (2013), FOCUS-I. Future of Climatic Urban Heat Stress Impact. ACRP, 2nd Call for Proposals. Verfügbar online: <https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Projektberichte/ACRP-2009/03032015FOCUSZuvela-AloiseEBACRP2B060373.pdf>

Datenquellen:

- Statistik Austria (2016). Bevölkerungsprognose 2016, Alterungsszenario: Ausführliche Tabellen für Österreich. Online verfügbar unter:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.

Statistik Austria (2016). Bevölkerungsprognose 2016, Hauptvariante. Wien: Ausführliche Tabellen der Hauptvariante. Online verfügbar unter:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.

ÖROK (2014). Hauptvariante für die Bundesländer, NUTS3-Regionen und Bezirke (Prognoseregionen). Online verfügbar unter: <http://www.oerok.gv.at/index.php?id=1152>.

ANHANG: Methoden und Datengrundlagen

Städtische Wärmeinseln

Das methodische Vorgehen, alle Datengrundlagen, deren Quellen, und Annahmen sind im Detail dargestellt in Loibl et al. (2015). Für Wien wurden die Folgekosten in der vorliegenden Studie separat ermittelt und dargestellt.

Menschliche Gesundheit

Bevölkerung

Bevölkerungszahlen basieren auf Daten der ÖROK-Prognose 2014: 65 und Mehrjährige zu Jahresanfang 2014 bis 2075¹³ für das mittlere Bevölkerungsszenario, sowie auf Daten der Statistik Austria für das erhöhende und mindernde Bevölkerungsszenario¹⁴.

Die in COIN-Österreich verwendete Bevölkerungsprognose von 2010, wurde in COIN-Wien durch die neueren 2014 ÖROK- und 2016 Daten der Statistik Austria aktualisiert. Die Schätzungen der Anzahl der 65- und Mehrjährigen, fallen deutlich höher aus als in den zugrundeliegenden COIN-Österreich Annahmen. Weiteres, ist die Migration in der 2014 Prognose besser berücksichtigt. Allerdings beinhaltet die kleinräumige ÖROK Prognose keine unterschiedlichen Bevölkerungsszenarien. Um Konsistenz zwischen den beiden Studien sicherzustellen, wurden für die vorliegende Studie ähnliche demografische Entwicklungstendenzen angenommen wie in COIN-Österreich¹⁵. Die sozioökonomischen Szenarien (*erhöhend*, *mittel* und *mindernd*), wurden im Prinzip für COIN-Wien übernommen, allerdings auf Basis der aktuelleren 2014 und 2016 Zahlen. Vereinfachte Annahmen zu den einzelnen sozioökonomischen Szenarien sind im Folgenden aufgelistet.

- *Erhöhend*: erhöhtes Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger durch erhöhte Lebenserwartung – im Durchschnitt 10-18 Jahre (2030-2100), bei stagnierender und später abnehmender Wiener Gesamtbevölkerung. Es findet keine technische Adaption in Form von spontanen Klimaanpassungsmaßnahmen durch die betroffene Bevölkerung statt.
- *Mittel*: Moderates Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger und proportional wachsende Wiener Gesamtbevölkerung. Mittlere Lebenserwartung (durchschnittlich 9 Jahre um 2030 und 13 Jahre um 2100) und 10% technische Adaption (Klimaanpassungsmaßnahmen) durch die betroffenen Bevölkerungsteile in Form von Klimaanlagen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Anpassungsmaßnahmen das hitzebedingte Risiko für die Betroffenen um 50% senken.

¹³ ÖROK Bevölkerungsprognosen sind unter folgendem Link verfügbar: [Link zur Webseite](#).

¹⁴ Statistik Austria 2016 Prognosen sind unter folgendem Linke verfügbar:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.

¹⁵ Vergleiche hierzu Kapitel 6 zu den sozioökonomischen Szenariennarrativen im COIN-Österreich:

König, M., Loibl, W., Haas, W., Kranzl, L. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 6 in: Steininger, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Pretenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.

- *Mindernd*: Sehr moderates Wachstum der Risikogruppe 65- und Mehrjähriger bei nahezu proportional wachsender Wiener Gesamtbevölkerung, niedrigere Lebenserwartung (8-12 Jahre für die Perioden 2030 bis 2100). Rund 20% technische Adaption erfolgt durch die betroffenen Bevölkerungsteile. Diese reduziert das Risiko um 50% wie im Referenzszenario.

Klima

Beobachtete und prognostizierte Hitzewellen (Kyselytage) beruhen auf den im COIN-Österreich verwendeten Klimamodellen für die NUTS 3 Region Wien¹⁶. Eine Differenzierung auf Bezirksebene erfolgte unter Zuhilfenahme der FOCUS-I Studie des ZAMG und des DWD (ACRP 2nd Call for Proposals, 2009)¹⁷.

Um die für Wien vorliegenden Durchschnittswerte auf Bezirksebene herunter zu brechen, wurden „Hitzetage“ herangezogen, welche in der FOCUS-I Studie in 100m² Auflösung für Wien berichtet sind. Anhand des erkennbaren Verteilungsschlüssels dieser Hitzetage für die Bezirke, wurden die Kyselytage den Bezirken zugeordnet – allerdings so, dass der sich daraus ergebende Durchschnitt dem im COIN –Österreich errechneten Durchschnittswert für Wien entspricht.

Kalkulation: Mortalität und Life Years Lost

Die hitzebedingte Übersterblichkeit (heat deaths und life years lost) in Wien, wurde im Wesentlichen mit denselben Kalkulationsschritten wie im COIN-Österreich berechnet¹⁸. Als Grundlage für die Berechnung, wurde die von Moshhammer und Kollegen berechnete Mortalitätsrate für Wien bei Hitzeperioden herangezogen¹⁹. Moshhammer et al. haben in ihrer Studie die Übersterblichkeit an Hitzetagen modelliert und in einem weiteren Schritt gezählt. Die Diskrepanz zwischen diesen beiden Werten, so das Argument Mosahmmer et al.'s, ergibt die Übersterblichkeit, welche ausschließlich einem kontinuierlichen Temperaturanstieg geschuldet ist, während der modellierte niedrigere Wert,

¹⁶ Die detaillierte Beschreibung der Klimamodelle und Szenarien sind hier für COIN-Österreich, Annahmen und Ergebnisse ist hier verfügbar:

Formayer, H., Nadeem, I., Anders, I. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 5 in: Steining, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Pretenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.

¹⁷ Die vom ZAMG und DWD durchgeführte Studie ist online verfügbar:

Zuvela-Aloise, M.. (2013), FOCUS-I. Future of Climatic Urban Heat Stress Impact. ACRP, 2nd Call for Proposals. Verfügbar online: <https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Projektberichte/ACRP-2009/03032015FOCUSZuvela-AloiseEBACRP2B060373.pdf>

¹⁸ Vergleiche hierzu:

Haas, W., Weisz, U., Maier, P., Scholz, F. (2015), Cities and Urban Green, Chapter 11 in: Steining, K.W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Pretenthaler, F. (eds.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts: Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer, 2015.

¹⁹ Vergleiche Methode zur Berechnung der hitzebedingten Mortalität:

Moshhammer, H., Hutter, H.P., Frank, A., Gerersdorfer, T., Hlava, A., Sprinzl, G., Leitner, B. (2006), Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. Projektbericht: StartClim2005.A1a, 2006.

nur die Übersterblichkeit an Hitzetagen abbildet und der Höhere, gezählte, den kontinuierlichen Temperaturanstieg plus Hitzetage. Alle Ergebnisse in der vorliegenden Studie, sind grundsätzlich für beide Koeffizienten gerechnet worden, allerdings sind die Zahlen in der vorliegenden Zusammenfassung aus Konsistenzgründen mit dem letzteren Koeffizienten (Hitzewelle + kontinuierlicher Temperaturanstieg) gerechnet und dargestellt.

Zur Berechnung der YLL, der verlorenen Lebensjahre pro Sterbefall, wurde die durchschnittliche Lebenserwartung unterschiedlicher Alterskohorten herangezogen²⁰

ANHANG A: Ergebnistabelle, Sterbefälle (absolut) für die Periode 2016-2045 (2030)

Sozioökonomisch	2014	erhöhend			mittel			mindernd		
Klimaszenario	'03-'12	Niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch
Wiener Bezirke	Hitzetote	Hitzetote			Hitzetote			Hitzetote		
Wien 1., Innere Stadt	1,5	2,7	1,5	5,0	2,4	1,3	4,4	1,9	1,1	3,6
Wien 2., Leopoldstadt	3,1	8,6	4,8	16,1	7,7	4,3	14,4	6,3	3,5	11,7
Wien 3., Landstraße	5,3	14,1	7,9	26,3	12,6	7,0	23,6	10,2	5,7	19,1
Wien 4., Wieden	2,0	5,3	2,9	9,8	4,7	2,6	8,8	3,8	2,1	7,1
Wien 5., Margareten	2,7	7,9	4,4	14,8	7,1	4,0	13,2	5,7	3,2	10,7
Wien 6., Mariahilf	1,6	4,8	2,7	9,0	4,3	2,4	8,0	3,5	1,9	6,5
Wien 7., Neubau	1,6	5,0	2,8	9,3	4,4	2,5	8,3	3,6	2,0	6,7
Wien 8., Josefstadt	1,3	4,0	2,2	7,5	3,6	2,0	6,7	2,9	1,6	5,4
Wien 9., Alsergrund	2,3	6,3	3,5	11,7	5,6	3,1	10,5	4,5	2,5	8,5
Wien 10., Favoriten	8,5	22,4	12,5	41,9	20,1	11,2	37,5	16,3	9,1	30,4
Wien 11., Simmering	4,2	12,0	6,7	22,4	10,7	6,0	20,0	8,7	4,9	16,2
Wien 12., Meidling	4,5	11,8	6,6	22,0	10,5	5,9	19,7	8,5	4,8	16,0
Wien 13., Hietzing	2,0	3,8	2,1	7,2	3,4	1,9	6,4	2,8	1,6	5,2
Wien 14., Penzing	2,6	6,5	3,6	12,1	5,8	3,2	10,8	4,7	2,6	8,8
Wien 15., Rudolfsheim- Fünfhaus	3,1	9,4	5,3	17,6	8,4	4,7	15,7	6,8	3,8	12,8
Wien 16., Ottakring	2,7	7,4	4,1	13,8	6,6	3,7	12,3	5,3	3,0	10,0
Wien 17., Hernals	1,4	3,9	2,2	7,3	3,5	2,0	6,5	2,8	1,6	5,3
Wien 18., Währing	2,4	5,7	3,2	10,7	5,1	2,9	9,6	4,1	2,3	7,7
Wien 19., Döbling	3,1	6,0	3,4	11,3	5,4	3,0	10,1	4,4	2,4	8,2
Wien 20., Brigittenau	3,2	8,6	4,8	16,0	7,7	4,3	14,4	6,2	3,5	11,6
Wien 21., Floridsdorf	7,9	21,2	11,8	39,6	19,0	10,6	35,5	15,4	8,6	28,8
Wien 22., Donaustadt	7,7	24,3	13,6	45,5	21,8	12,2	40,8	17,7	9,9	33,0
Wien 23., Liesing	5,9	14,2	7,9	26,5	12,7	7,1	23,7	10,3	5,7	19,2
Total	80	215	120	403	193	107	361	156	87	292

²⁰ Quelle: Statistik Austria, Bevölkerungsprognosen 2016.

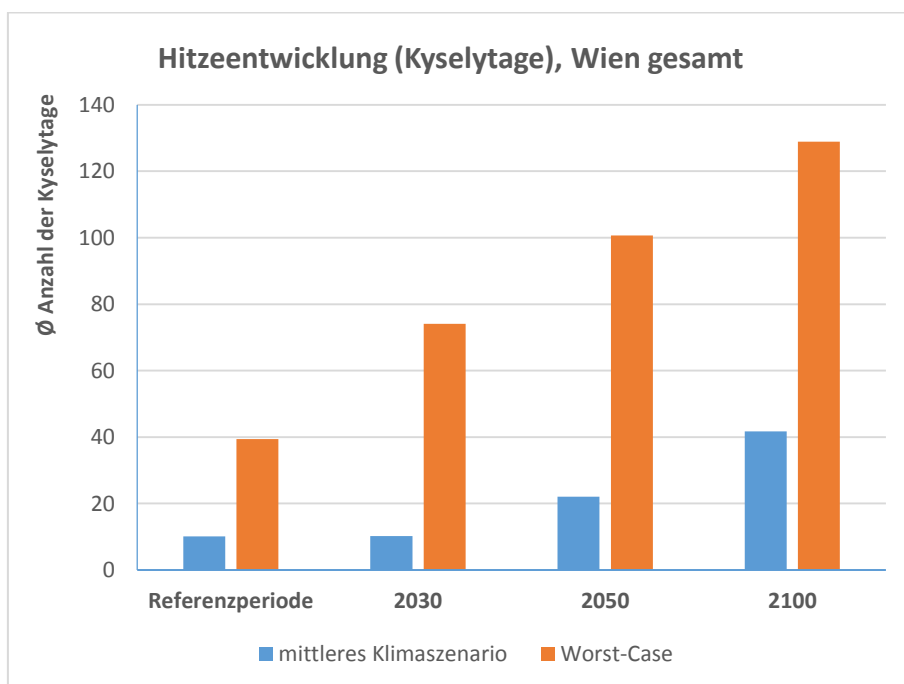
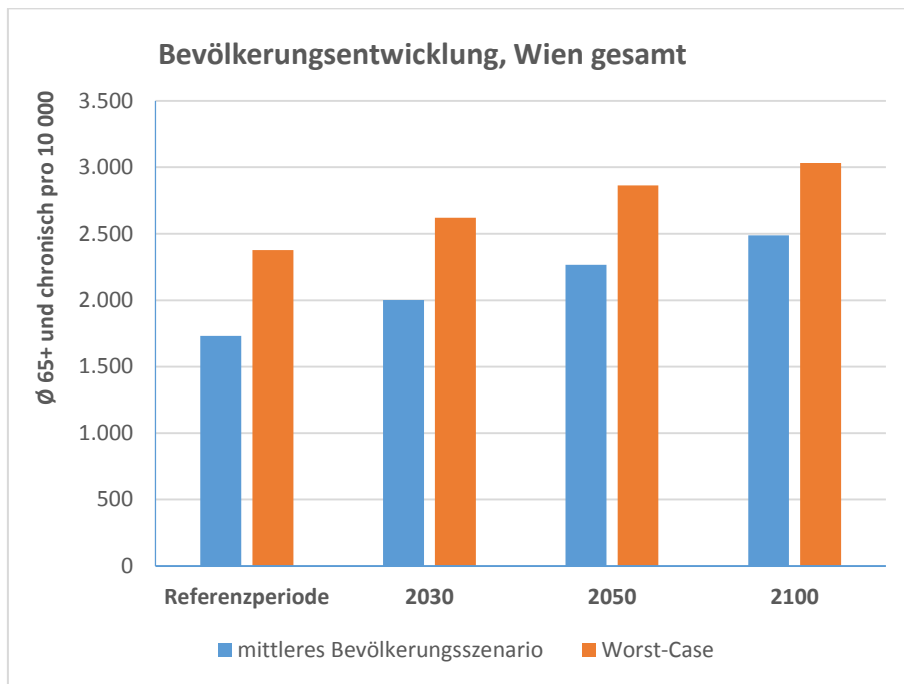
ANHANG B: Ergebnistabelle, Sterbefälle (absolut) für die Periode 2035-2065 (2050)

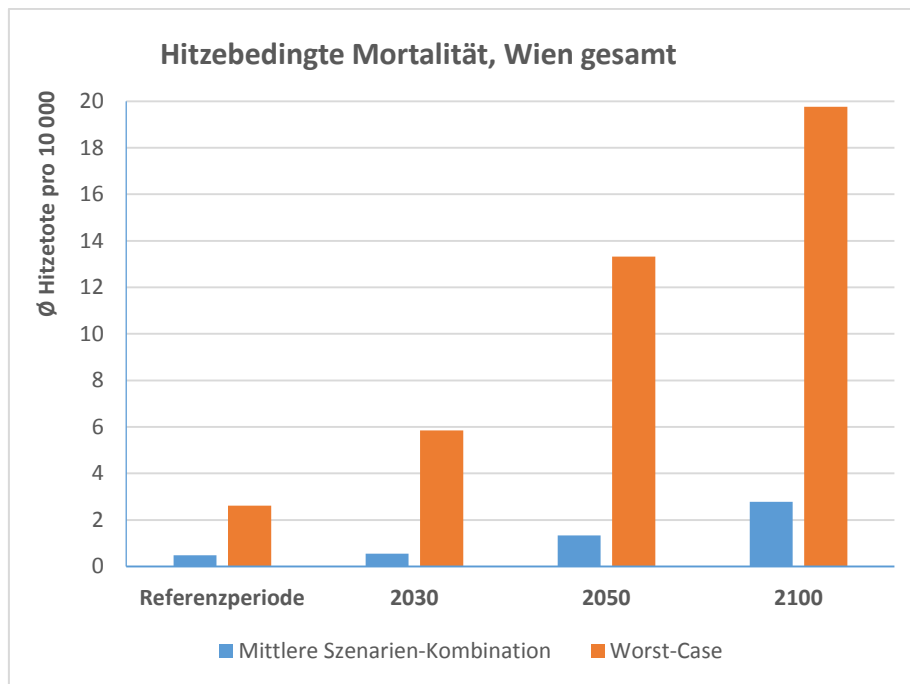
Sozioökonomisch	2014	erhöhend			mittel			mindernd		
Klimaszenario	'03-'12	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch
Wiener Bezirke	Hitzetote	Hitzetote			Hitzetote			Hitzetote		
Wien 1., Innere Stadt	1,5	4,2	5,0	13,9	2,4	2,8	7,8	2,1	2,5	7,0
Wien 2., Leopoldstadt	3,1	17,4	21,0	57,8	9,8	11,8	32,6	8,7	10,5	28,9
Wien 3., Landstraße	5,3	27,2	32,8	90,4	15,3	18,5	50,9	13,6	16,4	45,3
Wien 4., Wieden	2,0	10,0	12,1	33,4	5,6	6,8	18,8	5,0	6,1	16,7
Wien 5., Margareten	2,7	15,9	19,2	53,1	9,0	10,8	29,9	8,0	9,6	26,6
Wien 6., Mariahilf	1,6	9,5	11,4	31,6	5,3	6,4	17,8	4,7	5,7	15,8
Wien 7., Neubau	1,6	9,8	11,9	32,8	5,5	6,7	18,4	4,9	5,9	16,4
Wien 8., Josefstadt	1,3	7,7	9,3	25,5	4,3	5,2	14,4	3,8	4,6	12,8
Wien 9., Alsergrund	2,3	12,3	14,8	40,8	6,9	8,3	23,0	6,1	7,4	20,4
Wien 10., Favoriten	8,5	44,6	53,8	148,6	25,1	30,3	83,7	22,3	27,0	74,4
Wien 11., Simmering	4,2	24,0	29,0	80,0	13,5	16,3	45,1	12,0	14,5	40,0
Wien 12., Meidling	4,5	23,1	27,9	77,0	13,0	15,7	43,3	11,6	14,0	38,5
Wien 13., Hietzing	2,0	6,5	7,9	21,8	3,7	4,4	12,3	3,3	4,0	10,9
Wien 14., Penzing	2,6	12,0	14,4	39,8	6,7	8,1	22,4	6,0	7,2	19,9
Wien 15., Rudolfsheim-Fünfhaus	3,1	19,1	23,0	63,5	10,7	13,0	35,8	9,5	11,5	31,8
Wien 16., Ottakring	2,7	14,5	17,5	48,2	8,2	9,8	27,1	7,2	8,7	24,1
Wien 17., Hernals	1,4	7,5	9,1	25,1	4,2	5,1	14,1	3,8	4,6	12,6
Wien 18., Währing	2,4	10,8	13,0	35,9	6,1	7,3	20,2	5,4	6,5	17,9
Wien 19., Döbling	3,1	10,7	12,9	35,7	6,0	7,3	20,1	5,4	6,5	17,9
Wien 20., Brigittenau	3,2	17,2	20,8	57,3	9,7	11,7	32,3	8,6	10,4	28,7
Wien 21., Floridsdorf	7,9	41,9	50,6	139,7	23,6	28,5	78,7	21,0	25,3	69,9
Wien 22., Donaustadt	7,7	50,4	60,8	167,8	28,4	34,3	94,5	25,2	30,4	84,0
Wien 23., Liesing	5,9	26,0	31,4	86,6	14,6	17,7	48,8	13,0	15,7	43,3
Total	80	422	509	1406	237	287	792	211	255	703

ANHANG C: Ergebnistabelle, Sterbefälle (absolut) für die Periode 2071-2100 (2100)

Sozioökonomisch	2014	erhöhend			mittel			mindernd		
Klimaszenario	'03-'12	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mitte	hoch
Wiener Bezirke	Hitzetot	Hitzetote			Hitzetote			Hitzetote		
Wien 1., Innere Stadt	1,5	6,8	9,6	24,0	4,0	5,6	14,1	3,4	4,8	12,1
Wien 2., Leopoldstadt	3,1	32,9	46,8	117,2	19,3	27,4	68,7	16,5	23,5	58,9
Wien 3., Landstraße	5,3	49,3	70,1	175,5	28,9	41,1	102,8	24,8	35,2	88,2
Wien 4., Wieden	2,0	17,8	25,4	63,5	10,4	14,9	37,2	9,0	12,7	31,9
Wien 5., Margareten	2,7	29,9	42,5	106,4	17,5	24,9	62,4	15,0	21,4	53,5
Wien 6., Mariahilf	1,6	17,1	24,3	60,9	10,0	14,2	35,7	8,6	12,2	30,6
Wien 7., Neubau	1,6	17,3	24,7	61,8	10,2	14,5	36,2	8,7	12,4	31,1
Wien 8., Josefstadt	1,3	13,3	18,9	47,4	7,8	11,1	27,8	6,7	9,5	23,8
Wien 9., Alsergrund	2,3	22,3	31,7	79,3	13,0	18,6	46,5	11,2	15,9	39,9
Wien 10., Favoriten	8,5	88,0	125,1	313,3	51,5	73,3	183,5	44,2	62,9	157,5
Wien 11., Simmering	4,2	45,9	65,2	163,4	26,9	38,2	95,7	23,1	32,8	82,1
Wien 12., Meidling	4,5	43,9	62,5	156,4	25,7	36,6	91,6	22,1	31,4	78,6
Wien 13., Hietzing	2,0	11,0	15,6	39,1	6,4	9,2	22,9	5,5	7,9	19,7
Wien 14., Penzing	2,6	21,1	30,0	75,0	12,3	17,5	43,9	10,6	15,1	37,7
Wien 15., Rudolfsheim-Fünfhaus	3,1	36,5	51,9	129,9	21,4	30,4	76,1	18,3	26,1	65,3
Wien 16., Ottakring	2,7	27,1	38,6	96,7	15,9	22,6	56,6	13,6	19,4	48,6
Wien 17., Hernals	1,4	13,7	19,4	48,6	8,0	11,4	28,5	6,9	9,8	24,4
Wien 18., Währing	2,4	18,9	26,9	67,3	11,1	15,7	39,4	9,5	13,5	33,8
Wien 19., Döbling	3,1	18,7	26,6	66,5	10,9	15,6	39,0	9,4	13,3	33,4
Wien 20., Brigittenau	3,2	33,7	47,9	119,9	19,7	28,0	70,2	16,9	24,1	60,2
Wien 21., Floridsdorf	7,9	81,7	116,2	291,1	47,9	68,1	170,5	41,1	58,4	146,3
Wien 22., Donaustadt	7,7	100,3	142,7	357,4	58,8	83,6	209,4	50,4	71,7	179,6
Wien 23., Liesing	5,9	46,8	66,5	166,6	27,4	39,0	97,6	23,5	33,4	83,7
Total	80	793	1129	2827	465	661	1656	398	567	1420

ANHANG D: Bevölkerungs- und Hitzeentwicklung sowie assoziierte Mortalität. Vergleich: Mid-range/Referenzszenario mit Worst-Case-Szenario





COIN Wien

Bevölkerungsentwicklung, Hitzetage und hitzebedingte Sterbefälle auf Bezirksebene (mittleres Klimaszenario; mittleres sozioökonomisches Szenario)

