

StartClim2008.A

Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme

Institut für Umwelthygiene
Medizinische Universität Wien, ZPH



Universität für Bodenkultur



Institut für Meteorologie 

Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko
in Wien durch Temperaturextreme

Impacts of Adaptation measures on the acute Mortality risk
due to extreme Temperature in Vienna

Projektleitung:

Dr. Hanns Moshhammer, MUW, Institut für Umwelthygiene

Projektmitarbeiter

DI Dr. Hans-Peter Hutter, MUW, Institut für Umwelthygiene

Dipl.-Ing. Thomas Gerersdorfer, BOKU, Institut für Meteorologie

Wien, im Mai 2009

StartClim2008.A

Teilprojekt von StartClim2008

Projektleitung von StartClim2008:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2008 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, des BMWFJ, der ÖBF und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Abstract	4
A-1 Einleitung	5
A-2 Material und Methoden	6
A-2.1 Verwendete Daten	6
A-2.2 Definition der Hitzewelle	6
A-2.3 Untersuchungsplanung (statistisches Modell und Hypothese)	7
A-3 Ergebnisse	9
A-3.1 Hinweise auf einen bereits erfolgten Adaptationsprozess	9
A-3.2 Welche Bevölkerungsgruppen sind besonders gefährdet	11
<i>A-3.2.1 Wohnbezirk</i>	<i>11</i>
<i>A-3.2.2 Geschlecht</i>	<i>13</i>
<i>A-3.2.3 Alter</i>	<i>14</i>
<i>A-3.2.4 Sterbeort</i>	<i>14</i>
A-3.3 Wahl des Temperaturparameters	14
A-3.4 Minimal- oder Maximaltemperatur zur Definition der Hitzewelle	15
A-3.5 Dauer der Hitzewelle	15
A-3.6 Verschiedene Cut-Off-Werte für die Definition von Hitzetagen	16
A-3.7 Zeitpunkt der Hitzewelle im Jahr	16
A-3.8 Luftschadstoffe	17
A-4 Ergänzende Befunde	18
A-4.1 Splines im GAM	18
A-4.2 Literaturstudium	20
A-4.3 Expertenbefragung	21
A-5 Empfehlungen	22
A-5.1 Allgemeine Überlegungen	22
A-5.2 Empfehlungen an das Gesundheitssystem	22
A-5.3 Sonstige Empfehlungen	23
Literaturverzeichnis	25
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	27

Kurzfassung

Wir analysierten Wiener Daten von 1990 bis 2007. Die tägliche Anzahl an Sterbefällen nimmt ab moderaten Temperaturen am gleichen Tag linear zu. Die Durchschnittstemperatur der vergangenen Wochen weist bis zu hohen Temperaturen einen gegenläufigen ebenfalls angenähert linearen Verlauf auf, der sich jedoch nicht sicher von einem allgemeinen saisonalen Sterberisiko unterscheiden lässt.

Von der Hitzesterblichkeit besonders betroffen sind Frauen, ältere Menschen und Personen in „ärmeren“ Bezirken. Bei der Kälte- bzw. Winter-Sterblichkeit fanden sich hingegen keine Bezirksunterschiede.

Das Sterberisiko unter Hitzeeinwirkung ist relativ für Krankenhauspatienten gleich hoch wie für andere Personen, in absoluten Zahlen überwiegen jedoch die Krankenhaus-Todesfälle. Ab einer prognostizierten Minimaltemperatur von 19°C sollten Akutmaßnahmen in Form von Warnhinweisen und Verhaltensempfehlungen ergriffen werden.

Abstract

We analysed Viennese data from 1990 till 2007. The number of daily deaths increases when same day temperatures rise above moderate levels. The adverse effect of cold is better represented by the average temperature over several weeks. This displays an inverse nearly linear relationship with mortality up to high temperatures but cannot be discerned with certainty from a more general seasonal mortality risk.

The mortality risk under heat stress affects predominantly women, elderly people and people in „poorer“ districts. The latter interaction by district is not observed in winter-deaths.

Hospitalised patients have the same relative risk regarding heat-related mortality as others, but in absolute numbers the hospitalised patients account for most cases.

We propose to deliver heat alarms and advertise preventive behaviour when weather forecasts indicate minimum temperatures above 19°C.

A-1 Einleitung

Im Zuge von StartClim2005 haben wir [1] in Übereinstimmung mit internationalen Untersuchungen [2] gezeigt, dass das tägliche Sterblichkeitsrisiko auch in Wien sowohl bei hohen wie bei niedrigen Temperaturen erhöht ist. Einen zusätzlichen Anstieg des Sterberisikos fanden wir im Zuge von Hitzewellen. Da die Definition der Hitzewelle für mitteleuropäische Verhältnisse erstmals von Kysely [3] vorgeschlagen worden ist, bezeichneten wir derartige Episoden als „Kysely-Episoden“ (siehe A-2.2).

Einen vergleichbaren U-förmigen Zusammenhang mit der Temperatur fanden wir auch für Rettungseinsätze, nicht jedoch für Krankenhausaufnahmen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen stellten wir uns die Frage, welche Maßnahmen die massive Übersterblichkeit bei Hitze verhindern können. Die gegenständliche Studie befasst sich daher mit Adaptationsmaßnahmen betreffend gesundheitlicher Auswirkungen des Klimawandels. Im Einzelnen lässt sich die Fragestellung in zwei Teilbereiche gliedern:

1. Gibt es bereits Hinweise auf einen (erfolgreichen) Adaptationsprozess?
2. Welche Bevölkerungsgruppen sind besonders risikobehaftet, damit geplante Adaptationsmaßnahmen gezielter erfolgen können?

Den Begriff der Adaptation fassten wir bewusst sehr weit. Im Detail verstanden wir darunter:

- Physiologische Vorgänge (Kreislauf und Schweiß-Sekretion)
- Verhaltensadaptation (des Einzelnen: Essen, Trinken, Kleidung, körperliche Aktivität, Orte aufsuchen oder meiden)
- Verhaltensadaptation (Maßnahmen der Gesellschaft: Empfehlungen und Aufklärung / Warnungen, Ressourcen an Kühlung und Nachbarschaftshilfe bereitstellen, Arbeitszeitregelungen)
- Langfristige Maßnahmen (Bauliche und stadtplanerische Maßnahmen)

Damit konnten auch durchaus komplementäre Vorgänge unter „Adaptation“ zusammengefasst werden:

- Geschieht „von selbst“: Physiologie, Verhalten, reaktiv
- Geschieht „geplant“: Vorausschauend, institutionalisiert, abgestimmt
- Dient der Mitigation: Reduziert Treibhausgasemissionen
- Schadet der Mitigation: Erhöht Treibhausgasemissionen

Hinsichtlich der risikobehafteten Bevölkerungsgruppen fragten wir nach dem Wohnbezirk (geordnet nach den Immobilienpreisen als Marker des sozioökonomischen Status [4]) und nach dem „Sterbeort“ (Krankenanstalt, Pflegeheim, Privathaushalt, Sonstiges) sowie nach Alter und Geschlecht.

Ergänzend stellten wir uns folgende Fragen:

3. Sind die täglichen Minimaltemperaturen eventuell ein besseres Maß zur Definition von Hitzewellen?
4. Sind Hitzeperioden von mindestens 3 Tagen Dauer tatsächlich bedeutsamer als einzelne Hitzetage?
5. Trifft es auch auf Wien zu, dass Hitzewellen früh im Sommer gefährlicher sind als derartige Episoden später im Jahr (Zeichen für kurzfristige Adaptation)?

Aus diesen Ergebnissen sowie aus Literaturstudium und Expertenbefragungen wollten wir Empfehlungen zur gezielten Adaptation ableiten.

A-2 Material und Methoden

A-2.1 Verwendete Daten

a) Klimadaten der Station „Wien-Hohe Warte“, 1.1.1990 – 31.12.2007, zur Verfügung gestellt vom Institut für Meteorologie der BOKU:

- Temperatur: tägliches Maximum, tägliches Minimum, Temperatur um 7:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr
- Relative Feuchte (%) um 7:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr
- Luftdruck
- Hitzewelle-Episoden (zur Definition siehe unten)

b) Mortalitätsdaten (tägliche Sterblichkeit) zur Verfügung gestellt von STAT-AT (1.1.1990 – 31.12.2007). Jeder Todesfall mit folgenden Angaben:

- Datum
- Alter (vollendetes Lebensjahr) und Geschlecht
- 3-stelliger Diagnoseschlüssel (ICD10 oder ICD9) der Haupttodesursache
- Wohnbezirk
- Sterbe-„Ort“ (Krankenanstalt, Pflegeheim, Privathaushalt, Sonstiges)

c) Luftschadstoffe (Tagesmittelwerte von O₃ und NO₂) aus AirBase [5].

A-2.2 Definition der Hitzewelle

Eine einheitliche Definition scheint schwierig, auch die WMO hat den Begriff Hitzeperiode noch nicht definiert. Bisherige Definitionen betrachten absolute oder relative Schwellenwerte von Witterungsparametern bzw. Kombinationen von beidem. Die meist verwendeten Definitionen von Hitzeperioden basieren auf

- einem Schwellenwert der Lufttemperatur oder auf
- einem Schwellenwert der Lufttemperatur und einer Mindestdauer, oder auf
- Indices, die aus einer Kombination von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte errechnet werden.

Die in Europa verwendeten Temperaturschwellenwerte haben einen Nord-Süd und einen West-Ost Gradienten, je weiter im Südosten gelegen, desto höher der Schwellenwert. Die Sommer sind in Südeuropa wärmer als in den vom Atlantik beeinflussten Teilen Europas.

Für den Zweck unseres Projektes haben wir uns für die Definition nach Kysely [3] entschieden: Eine „Hitzeperiode“ wird festgestellt, sobald an mindestens 3 Tagen in Folge die Maximaltemperatur 30°C überschreitet und hält so lange an, als die mittlere Maximaltemperatur über die gesamte Periode über 30°C bleibt und an keinem Tag eine Maximaltemperatur von 25°C unterschritten wird.

Diese Definition basiert auf der täglichen Maximaltemperatur. Im Rahmen von StartClim2005 [6] haben wir gezeigt, dass die tägliche Minimaltemperatur eine etwas bessere Prognose der täglichen Sterblichkeit erlaubt als die tägliche Maximaltemperatur. Die einzelnen Temperaturparameter waren jedoch hoch miteinander korreliert, so dass der Unterschied in der Güte des jeweiligen Modells nicht groß war. Wir hatten darüber hinaus in allen Modellen die Hitzewellen nach Kysely und somit auf Basis der Maximaltemperatur definiert. Unterschiedliche Temperaturparameter verwendeten wir nur für den kontinuierlichen Temperatureinfluss. Im

gegenständlichen Projekt versuchten wir alternative Definitionen einer Hitzewelle, um gezieltere Maßnahmen in Reaktion auf derartige Extremereignisse zu ermöglichen:

„Kysely-Episoden“ sind Episoden, in denen die Maximaltemperatur an mindestens 3 aufeinander folgenden Tagen 30°C überschreitet und so lange andauert, als die mittlere Maximaltemperatur über die gesamte Periode über 30°C bleibt und an keinem Tag eine Maximaltemperatur von 25°C unterschritten wird. „Tmax30“ sind Tage mit einer Maximaltemperatur von mindestens 30°C ohne Rücksicht auf die Dauer der Episode.

„K-min“ sind analog zu Kysely-Episoden definiert. 30°C entsprechen ungefähr dem 95. Perzentil der Maximaltemperaturen. Der analoge Wert bei den Minimaltemperaturen liegt bei 18°C.¹ „K-min-Episoden“ sind daher Episoden von mindestens 3 Tagen Dauer mit einer Minimaltemperatur von mindestens 18°C.

„Tmin18“ sind Tage mit einer Minimaltemperatur von mindestens 18°C ohne Rücksicht auf die Dauer der Episode. In weiterer Folge wurden verschiedene Cut-Off-Werte für die Definition eines Hitzetages auf Basis der Minimaltemperatur verglichen.

A-2.3 Untersuchungsplanung (statistisches Modell und Hypothese)

Im Zuge der Studie im Rahmen von StartClim2005 [1] wurde als Hauptmodell ein General Additive Model (GAM) gewählt. Dieses erlaubte große Flexibilität in der Modellierung der saisonalen Einflüsse und der Wettereinflüsse über einen weiten kontinuierlichen Bereich. Diese Entscheidung war gerechtfertigt, da das Hauptinteresse nicht dem Einfluss kontinuierlicher Temperaturunterschiede galt, sondern dem Einfluss extremer Ereignisse (Hitzewellen).

Obwohl auch in dieser Studie extreme Temperaturereignisse von Interesse sind, gilt doch das Hauptaugenmerk der Adaptation an die sich ändernden (durchschnittlichen) Temperaturen. Obzwar eine weitere Fragestellung darauf zielt, ob die (noch zu untersuchende) Adaptation auch bei Temperaturextremen entscheidend ist, muss doch zu aller erst die Adaptation unter „normalen“ Wetterverhältnissen untersucht werden. Deshalb ist es notwendig, die Einflüsse der Temperatur gerade unter häufigen („moderaten“) Bedingungen möglichst genau und parametrisiert wiederzugeben. Ein GAM ist für diese Fragestellung weniger geeignet.

Zur Untersuchung der primären Fragestellungen boten sich vielmehr an:

Zur Abklärung bereits erfolgter Adaptation, die sich in zwei Teilfragen gliedert – (1) Gibt es Hinweise auf eine Verschiebung der „optimalen“ Temperatur, also jener Temperatur, bei der die wenigsten Todesfälle zu beobachten sind, nach oben? (2) Gibt es Hinweise auf eine Abflachung der Risikozunahme mit dem Temperaturanstieg oberhalb der optimalen Temperatur? – boten sich einfache Poisson-Modelle an, wobei die saisonalen Schwankungen durch eine Sinus-Kosinus-Funktion modelliert wurden. Bereits in der StartClim2005-Untersuchung wurde (in Übereinstimmung mit internationalen Untersuchungen) gezeigt, dass die Hitze relativ kurzfristig (gleicher und Folgetag) zu einem Mortalitätsanstieg führt, während für den Kälteeffekt die langfristige Belastung (etwa das gleitende 14-Tage-Mittel vor dem Indextag) viel entscheidender ist.

Für die Modellierung der Temperatur wurden daher zwei Parameter verwendet: Um den Einfluss der Kälte abzubilden, wurde das gleitende 14-Tage-Mittel gewählt. Es zeigte sich, dass dieser Parameter hinreichend gut in einem linearen Zusammenhang mit der täglichen Sterblichkeit steht. Für den Hitzeeffekt wurde die (Minimal-)Temperatur des gleichen Tages gewählt, die in der Regel in den frühen Morgenstunden auftritt. Um den Zusammenhang mit der täglichen Sterblichkeit darzustellen, wurden verschiedene Modelle ausprobiert und das beste Modell mittels Aikike Informationskriterium (AIC) ausgewählt. Im Detail wurde ein Polynom 3. Grades und Schwellenwert-Modelle mit unterschiedlichem Schwellenwert untersucht. Die Schwellenwert-Modelle erlaubten zwei lineare Fits oberhalb und unterhalb des Schwellen-

¹ Genau beträgt das 95. Perzentil bei den Maximaltemperaturen 29,9°C und bei den Minimaltemperaturen 17,8°C.

werts mit unterschiedlicher Steigung (Koeffizienten). Die Schwellenwertmodelle wurden mittels Interaktionsterm zwischen binärem Wert (Temperatur unterhalb/oberhalb der Schwelle) und einem linearen Temperaturterm modelliert.

Diese Poisson-Modelle wurden für die gesamte Zeitspanne (1990 bis 2007) und für 14 gleitende einander überlappende 5-Jahres-Spannen (1990 bis 1994, 1991 bis 1995, usw. bis 2003 bis 2007) gerechnet.

Die Frage nach bestimmten Risikogruppen (Wohnbezirk, Sterbeort) erforderte einen anderen Zugang. Mathematisch handelt es sich dabei um eine Frage nach Interaktionen zwischen Temperatur und den individuellen Determinanten. Erfahrungsgemäß ist die Power von Modellen zur Aufdeckung einer Interaktion geringer als für die Haupteffekte. Daher wurde für diese Fragestellung ein Case-Cross-Over (CCO) Design gewählt, dessen Power bekanntlich höher ist als das herkömmlicher Zeitreihenuntersuchungen. Kurz gesagt vergleicht CCO nicht einzelne Tage, sondern einzelne (Sterbe-)Fälle: Für jeden einzelnen Sterbefall fragt es (konditionale logistische Regression), in welcher Hinsicht sich der Sterbetag von einem oder mehreren Vergleichstagen unterscheidet. Durch die Wahl der Vergleichstage können Störeinflüsse wie der langjährige Trend oder saisonale Schwankungen ausgeschlossen werden. In der gegenständlichen Untersuchung wurden als Vergleichstage die beiden Tage jeweils eine Woche vor und nach dem Indextag gewählt.

Lediglich für die Frage, ob die Definition nach Kysely für das Extremereignis „Hitzewelle“ für Wiener Verhältnisse am besten geeignet ist, wurde alternativ auch auf das altbewährte GAM zurückgegriffen, wobei auch hier die einzelnen Definitionen von „Hitze“ mittels AIC verglichen wurden. Im Wesentlichen folgte dieses Modell dem in [1] beschriebenen Aufbau.

A-3 Ergebnisse

A-3.1 Hinweise auf einen bereits erfolgten Adaptationsprozess

In den letzten Jahrzehnten ist auch in Wien die durchschnittliche Temperatur um beinahe ein Grad gestiegen. Man könnte daher erwarten, dass in den letzten Jahren auch die optimale Temperatur um diesen Betrag gestiegen ist, falls eine Adaptation bereits eingetreten ist. Darüber hinaus wäre es denkbar, dass die Zunahme des Sterberisikos pro Grad Temperaturzunahme oberhalb der optimalen Temperatur in den letzten Jahren flacher verläuft.

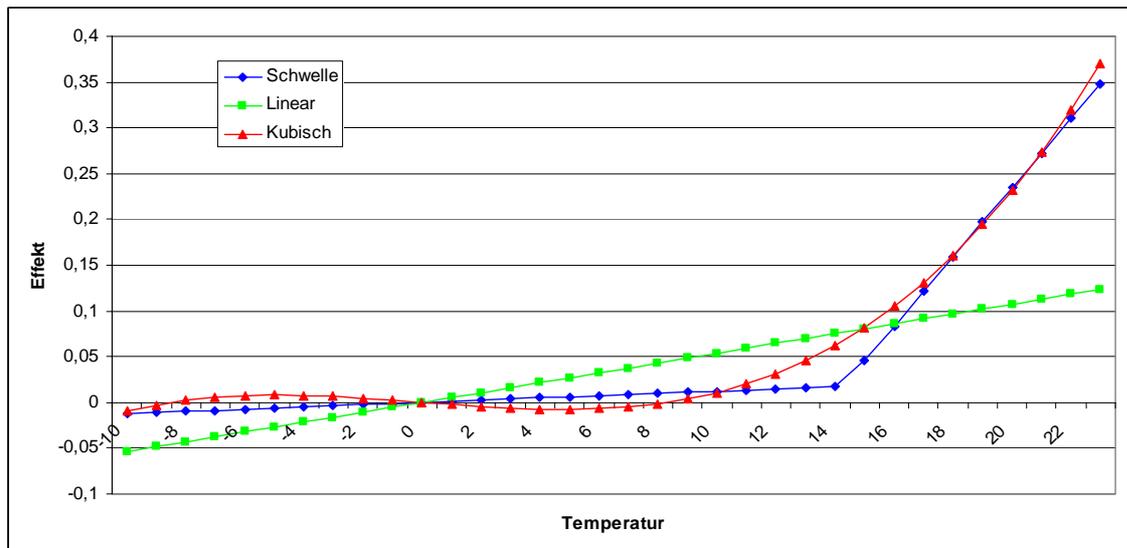


Abb. A- 1: Vergleich verschiedener Modelle

Um derartige Effekte der Adaptation zu studieren, bot sich ein Schwellenwertmodell mit zwei unterschiedlichen Effektschätzern (Risikoanstieg je Grad Temperaturänderung) oberhalb und unterhalb der Schwelle an. Ein solches Schwellenmodell wurde mit einem einfachen linearen Modell und einem Modell mit Darstellung des akuten Temperatureinflusses als Polynom 3. Grades verglichen. Ansonsten gingen in das Modell langfristige Trends durch eine Sinus-Kosinusfunktion mit der Amplitude eines Jahres und mit einem linearen Term für die Zeit ein. Zusätzlich wurde der Wochentag berücksichtigt. Den verzögerten Effekt der Kälte berücksichtigten wir durch Einführung eines gleitenden 14-Tage-Mittelwertes der Temperatur. Weiters wurde der aktuelle Luftdruck als Polynom 3. Grades aufgenommen. Für die aktuelle Temperatur verwendeten wir die Empfundene Temperatur (AT), die Schwelle bestimmten wir nach der Minimaltemperatur.

Unter diesen Bedingungen schnitt das Schwellenmodell (AIC = 45254.39) sogar besser ab als das kubische Modell (AIC = 45255.29). Für die gesamte Zeitreihe (1990 bis 2007) lag die Schwelle zwischen 13,7 und 13,8°C.

Für einzelne 5-Jahres-Reihen (1990 bis 1994, 1991 bis 1995, usw. bis 2003 bis 2007) war das Schwellenmodell nicht immer besser als das kubische Modell. Die einzelnen Schwellenmodelle (mit Schwellenwerten in 0,1°C-Schritten) unterschieden sich auch nur gering in ihrer Güte. Daher ist der Trend in der Änderung des Schwellenwerts auch nicht sehr deutlich ausgeprägt (Abb. A-2). Der Koeffizient der steileren Geraden (bei einem auf 13,8°C fixierten Schwellenwert) weist hingegen einen sehr deutlichen Trend auf: Über die Jahre ist dieser Koeffizient geringer geworden (Abb. A-3), was ebenfalls auf eine Anpassung an höhere Temperaturen hinweist.

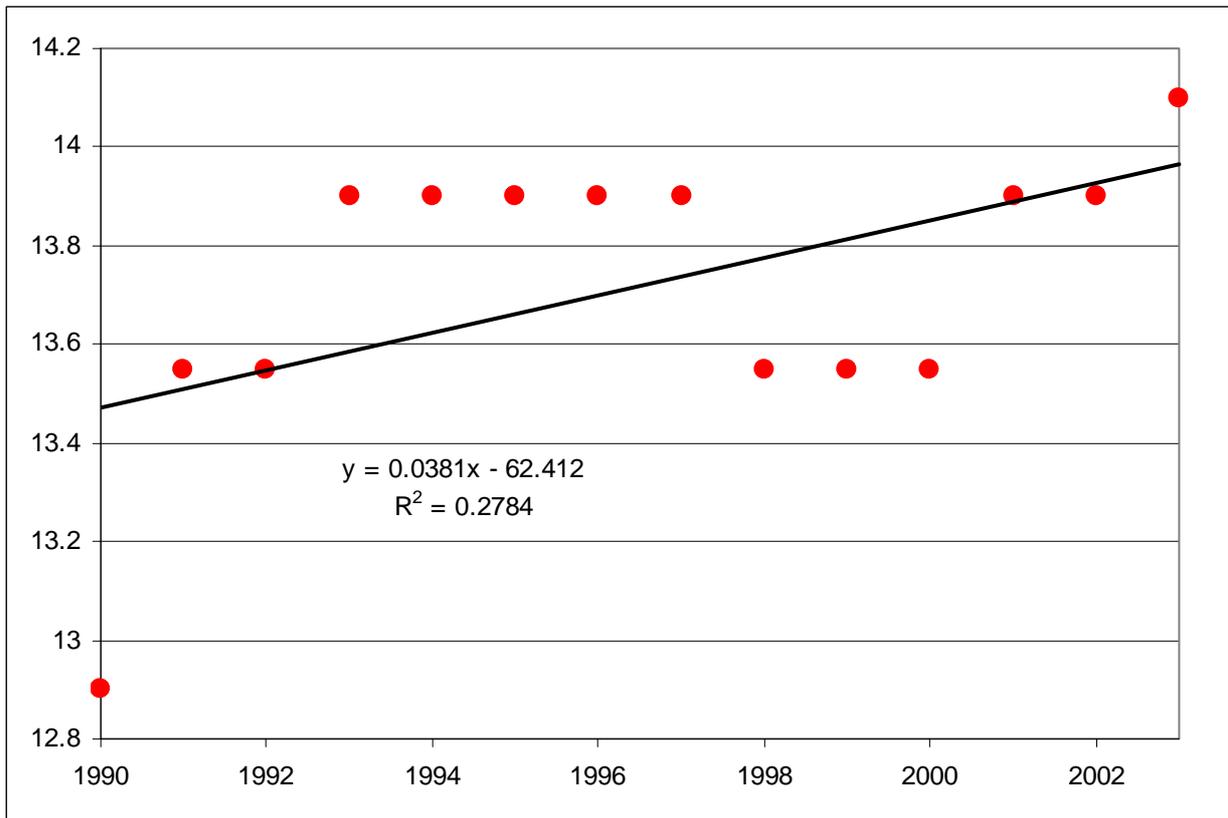


Abb. A- 2: Änderung des Schwellenwertes über die Zeit

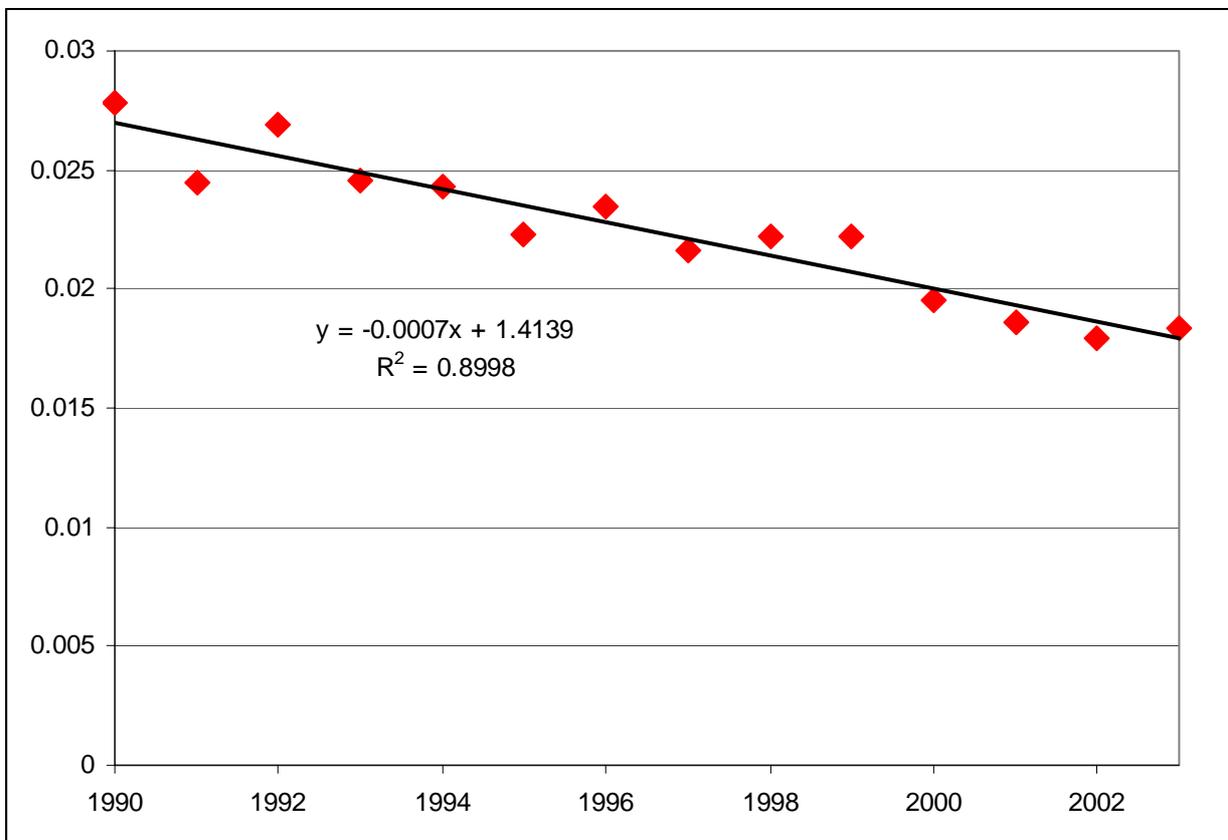


Abb. A- 3: Änderung des Koeffizienten über die Zeit (Modell mit Schwelle bei 13,8°C)

A-3.2 Welche Bevölkerungsgruppen sind besonders gefährdet

Hinsichtlich der empfindlichen bzw. gefährdeten Bevölkerungsgruppen untersuchten wir verschiedene Determinanten. Die Auswahl diente dem Ziel Kriterien festzulegen, nach denen gezielte Adaptationsmaßnahmen wie z.B. Warnhinweise und Hilfsmaßnahmen bei extremen Temperaturereignissen erfolgen könnten. Insbesondere untersuchten wir:

- Wohnbezirk
- Geschlecht
- Alter und
- Sterbeort (Krankenanstalt, Pflegeheim, Wohnung)

A-3.2.1 Wohnbezirk

Bereits im StartClim2005-Projekt hatten wir gezeigt, dass die Erhöhung des Sterberisikos während Hitzewellen in den inneren, dichter verbauten Bezirken tendenziell höher war. Der Unterschied war nicht auf dem 5%-Level signifikant, aber ein derartiges Signifikanzniveau ist für die Untersuchung von Interaktionen relativ streng. Diesmal wollten wir die Frage untersuchen, ob es einen Unterschied im Risiko je nach Sozialstatus des Bezirkes gibt. Als Maß für den Sozialstatus des Bezirkes wählten wir die durchschnittlichen Immobilienpreise (Miet- und Kaufpreis für Wohnungen je Quadratmeter Wohnfläche). Wir hatten früher [4] gezeigt, dass diese Immobilienpreise mit der durchschnittlichen Lebenserwartung je Bezirk korrelierten.

Wir hatten vermutet, dass eher die Winterübersterblichkeit als das Sterberisiko an Hitzetagen mit niedrigerem Sozialstatus verknüpft ist. Wir definierten „Sommer“ als die Monate April bis Oktober (das sind die Monate mit Hitzetagen nach der Definition $T_{\text{MIN}} > 19^\circ\text{C}$ sowie jeweils 1 Monat davor und danach) und die restlichen Monate als „Winter“. Wir definierten „Wintersterblichkeit“ als das Verhältnis von „Winter“- zu „Sommertodesfällen“.

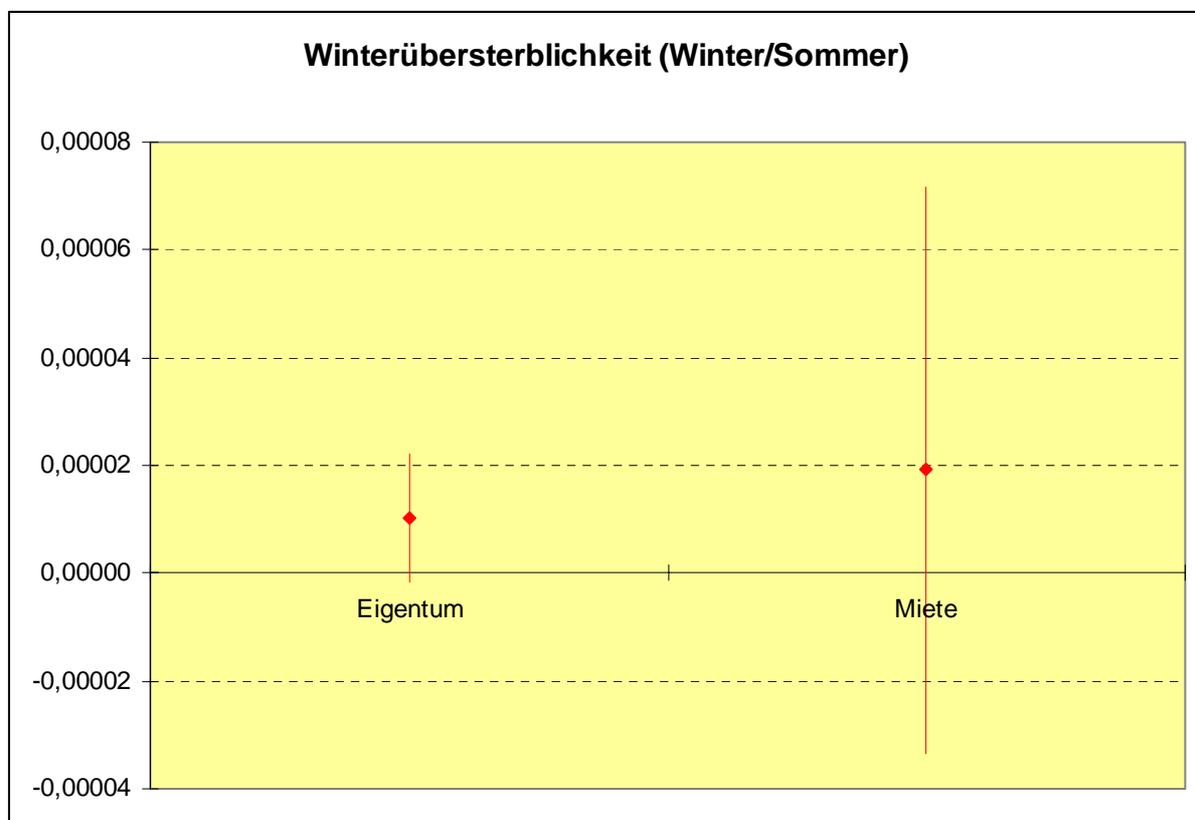


Abb. A- 4: Einfluss der Immobilienpreise je Bezirk auf die „Wintersterblichkeit“

Abb. A-4 legt nahe, dass in den „teureren“ Bezirken tendenziell ein höherer Anteil der Todesfälle in den Winter fällt, und nicht, wie internationale Untersuchungen zu „Heizkostenarmut“ vermuten ließen, ärmere Menschen besonders von der Winterübersterblichkeit betroffen sind. Hingegeben fanden wir (Abb. A-5) Hinweise auf ein höheres Risiko in „ärmeren“ Bezirken an Hitzetagen (T_{MIN19}).

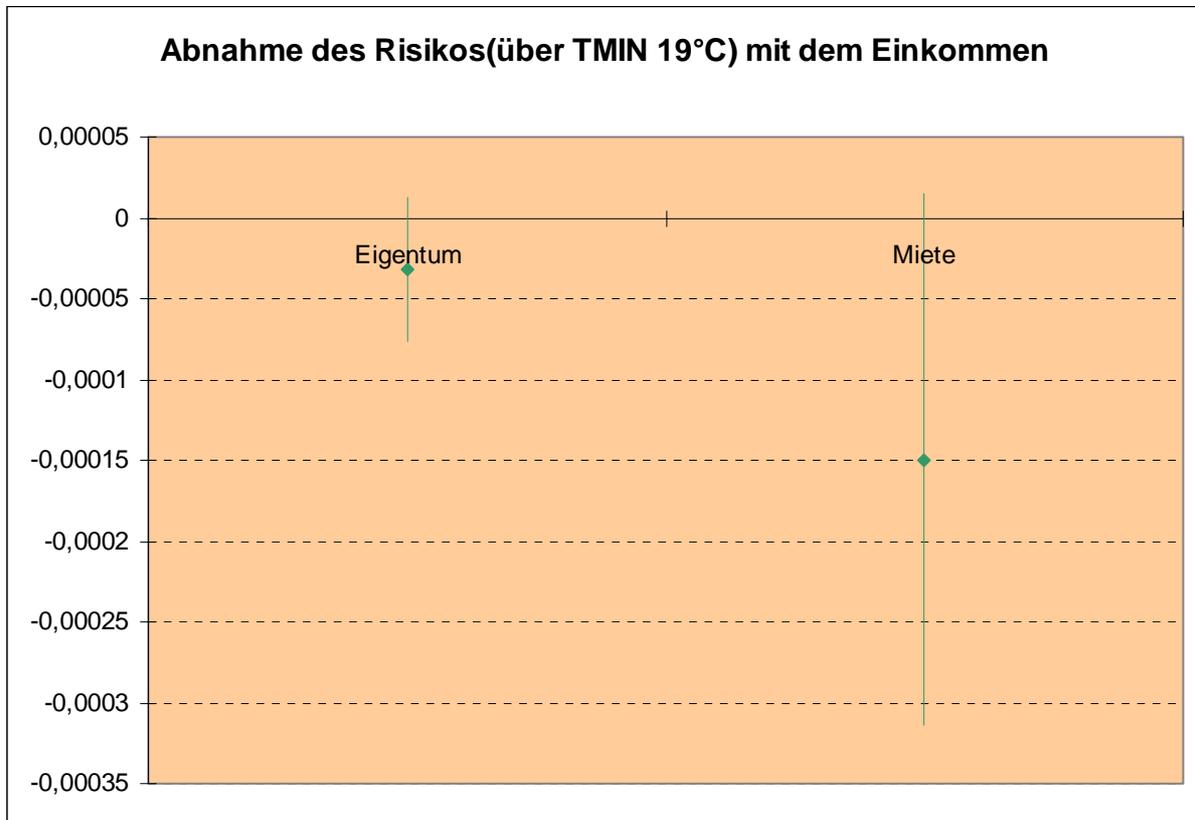


Abb. A- 5: Einfluss der Immobilienpreise je Bezirk auf die „Hitzesterblichkeit“

Das niedrigere Verhältnis zwischen Winter- und Sommersterblichkeit in den „ärmeren“ Bezirken würden wir somit nicht als Hinweis auf eine größere „Winteranfälligkeit“ der „reichen“ sondern als eine Folge der größeren „Hitzeempfindlichkeit“ der „ärmeren“ Bezirke deuten.

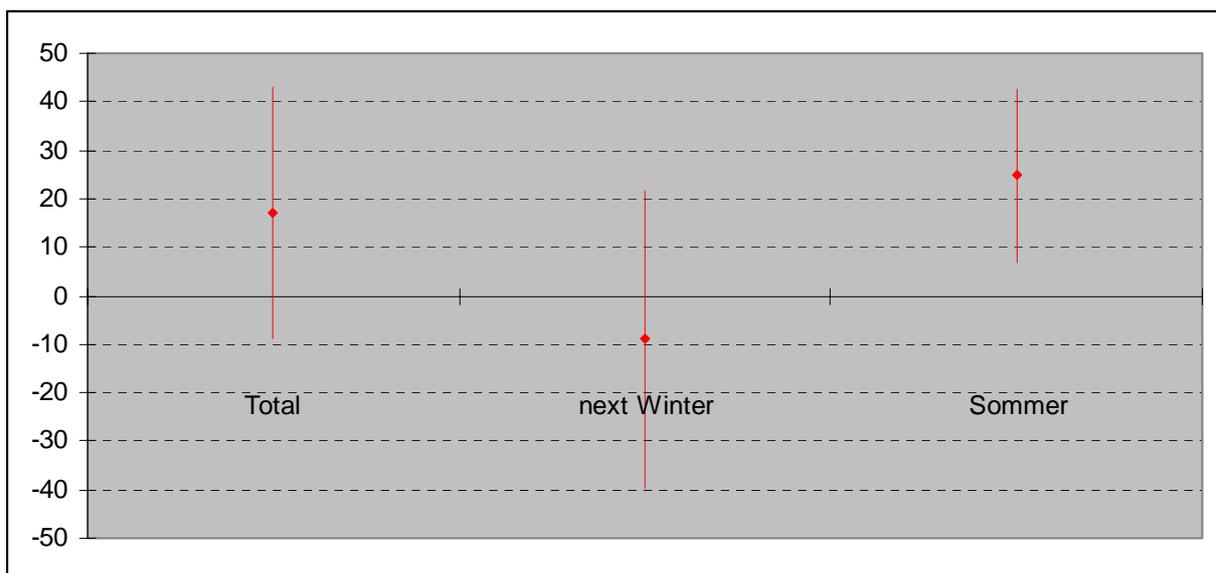


Abb. A- 6: „Saisonaler Harvesting-Effekt“? – Zusätzliche Sterbefälle pro Hitzetag (T_{MIN19})

Eine Studie aus Schweden [7] hat unlängst gezeigt, dass die winterliche Übersterblichkeit nach einem (extremen) Hitze-Sommer reduziert ist. Dies legt nahe, dass bereits im Sommer die „temperaturempfindlichen“ Personen vorzeitig gestorben sind und daher weniger an der Kälte starben. Dies würde bedeuten, dass beide Temperaturextreme die im Wesentlichen selbe Risikogruppe betreffen. Das kurzfristige Vorverlegen von Todesfällen durch äußere Ereignisse wird in der Epidemiologie als „Harvesting“ (treffend, aber vielleicht etwas zynisch) bezeichnet. In der Regel wird damit aber nicht eine Vorverlegung um Monate bzw. ein halbes Jahr, sondern eher nur um Tage verstanden. Wir haben dieses „saisonale Harvesting“ in einer einfachen Annäherung (Abb. A-6) untersucht: Pro zusätzlichem Hitzetag ($T_{MIN} > 19$) stieg im betreffenden Sommer die Zahl der Todesfälle insgesamt um durchschnittlich ca. 25 Personen (bereinigt für langjährigen Trend, Definition von „Sommer“ siehe oben!). Auch auf das gesamte Jahr gerechnet betrug die Zahl der zusätzlichen Todesfälle pro Hitzetag noch fast 20. Im darauffolgenden Winter zeigte sich tatsächlich eine leichte Reduktion der Todesfälle. Diese Abnahme war jedoch nicht signifikant und fiel deutlich geringer aus als die zusätzliche Sterblichkeit im Sommer. Die Überlappung der Risikogruppen scheint in Wien daher nicht so hoch zu sein.

A-3.2.2 Geschlecht

Bereits in StartClim2005 haben wir gezeigt, dass Frauen auf die Hitze empfindlicher reagieren. Das ist nach den Wiener Daten sicher nicht nur Folge des höheren Durchschnittsalters der weiblichen Bevölkerung, da der Unterschied auch zwischen den 5-Jahres-Altersgruppen sehr ausgeprägt ist. Etwas anders, aber mit der gleichen Aussage, stellt sich der Sachverhalt in Abb. A-7 dar: Der Anstieg des Sterberisikos an Hitzetagen ist für die männliche Bevölkerung (aller Altersgruppen) nicht signifikant. Der Risikoanstieg in der weiblichen Bevölkerung unterscheidet sich signifikant vom Risikoanstieg bei der männlichen Bevölkerung.

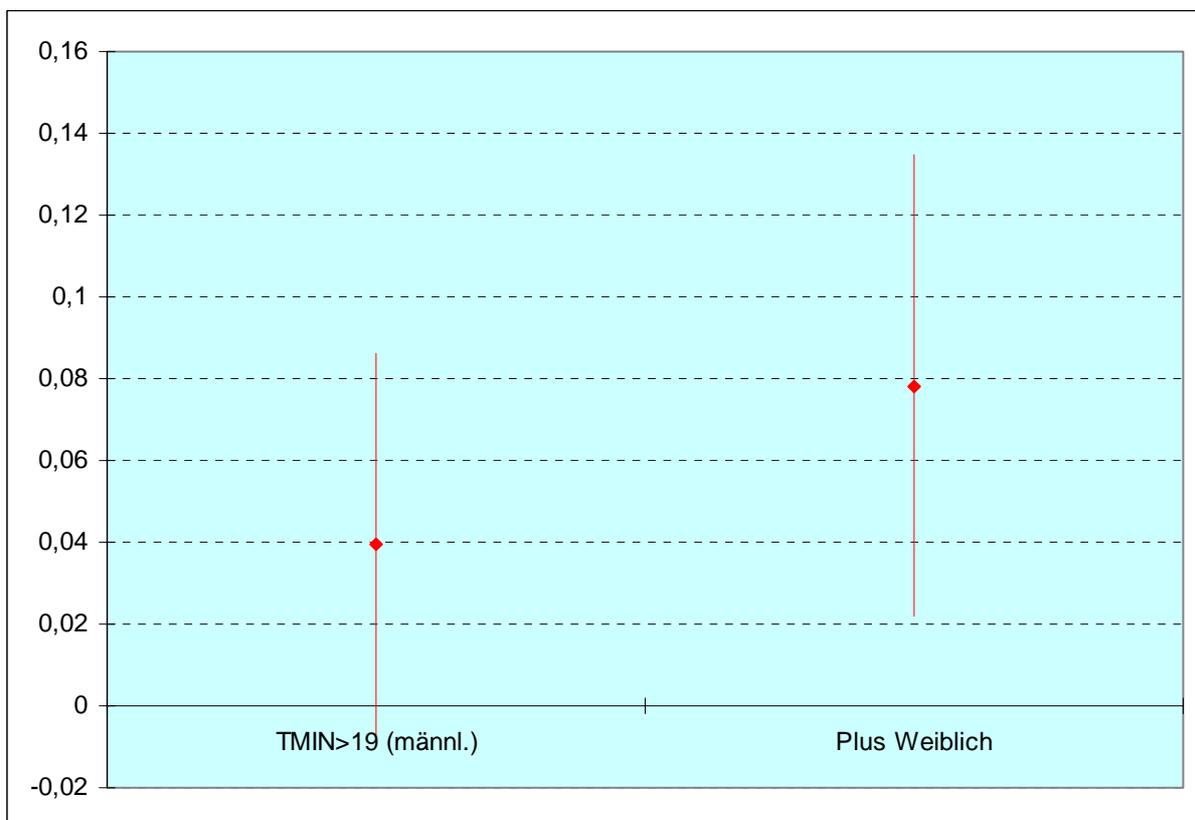


Abb. A- 7: Einfluss des Hitzetages und Interaktion mit dem Geschlecht (Risiko bei Männern und ZUSÄTZLICHES Risiko bei Frauen)

A-3.2.3 Alter

Auch der Risikoanstieg mit dem Alter ist hinreichend bekannt. Im Case-Cross-Over Modell erwies sich die Interaktion zwischen Hitzetag ($T_{\text{MIN}19}$) und Alter als signifikant ($p=0,01$).

A-3.2.4 Sterbeort

Aus französischen [8] Untersuchungen zum Hitzesommer 2003 ist bekannt, dass gerade auch Personen in Krankenanstalten und Pflegeheimen durch die Hitzewelle sehr gefährdet waren. Andere Ergebnisse liegen aus den Vereinigten Staaten [9] und Italien [10] vor, wo eher die alleinstehenden Menschen in ärmeren Wohnverhältnissen in den Hitzewellen starben.

Die Wiener Daten zeigen keinen Unterschied im Sterberisiko durch Hitzetage (Abb. A-8). In absoluten Zahlen sterben allerdings die meisten Wiener in Krankenanstalten, was sich auch in dem engen Konfidenzintervall widerspiegelt. Angesichts der großen Zahl Betroffener ist es vielleicht nicht ausreichend, dass die Betreuung in den Krankenanstalten nicht schlechter ist als in häuslicher Umgebung.

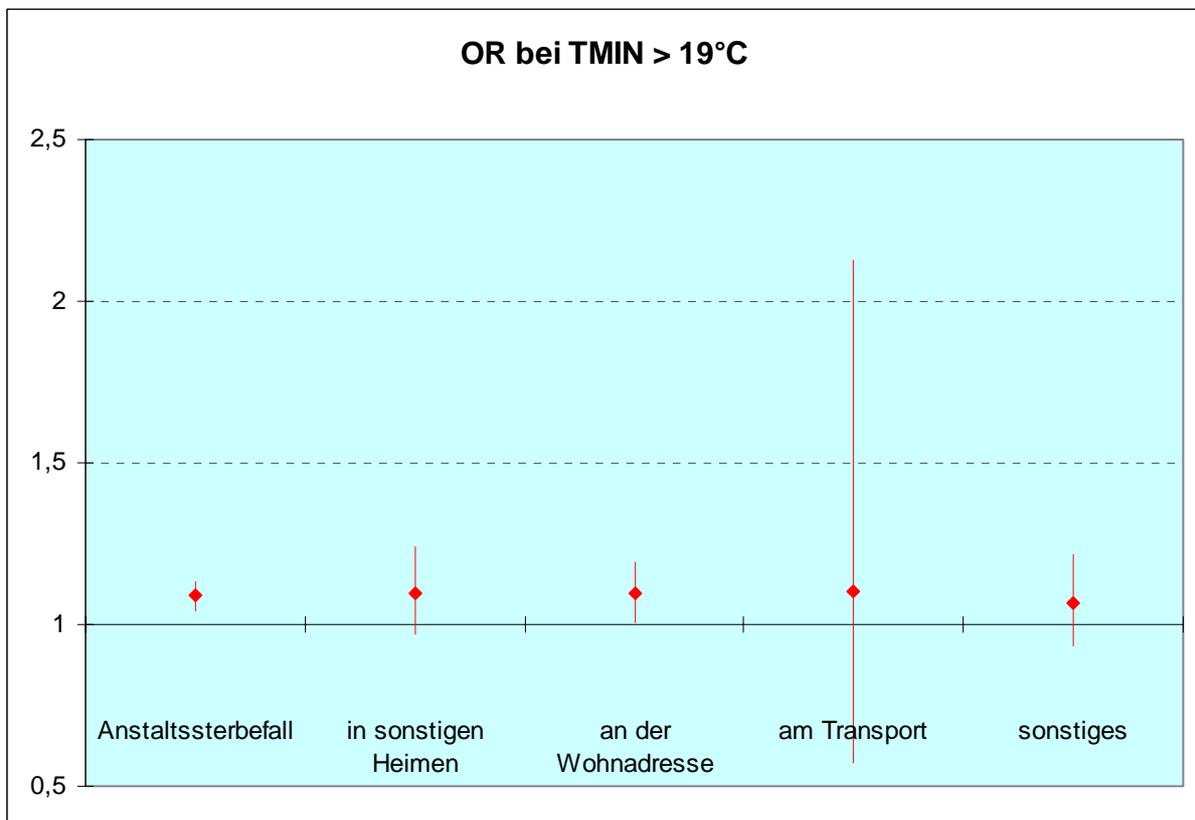


Abb. A- 8: Relatives Sterberisiko an Hitzetagen je nach Sterbeort.

A-3.3 Wahl des Temperaturparameters

Im Zuge der Untersuchungen zu StartClim2005 haben wir gezeigt, dass in Kombination mit der Hitzewellen-Definition nach Kysely die Minimaltemperatur als kontinuierlicher, mittels Spline modellierter Einflussfaktor unter den damals vorhandenen Parametern (Minimal- und Maximaltemperatur, Temperatur um 7:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr, sowie dem Mittelwert der Temperaturen zu den drei Uhrzeiten) neben der Morgen- und Abendtemperatur den besten Fit mit der täglichen Sterblichkeit ergab. Alle täglichen Temperaturparameter waren hoch miteinander korreliert (alle $R > 0.9$). Damals standen Temperaturreihen von der Hohen Warte und von der Inneren Stadt zur Verfügung. Auch zwischen diesen beiden Stationen war die Korrelation sehr hoch (stets größer 0.9). Dennoch wies die Minimaltemperatur von der

Station Innere Stadt den besten Fit im Modell mit und ohne Kysely-Episode auf. Obwohl in der ANOVA signifikant war der Unterschied zwischen den einzelnen Parametern dennoch nicht sehr ausgeprägt.

Diesmal beschränkten wir uns auf die Temperaturreihe von der Hohen Warte. Auch wenn diese Station durch ihre Lage im Westen von Wien nicht ganz repräsentativ für die Temperaturbelastung der Wiener Bevölkerung ist, so war sie dennoch zu bevorzugen, weil wir uns diesmal unter anderem auch für die Änderung des Effektschätzers im Zeitverlauf interessierten. Die Hohe Warte ist DIE validierte Wetterstation in Österreich und somit für Langzeitvergleiche prädestiniert.

Zusätzlich zu den Parametern, die uns 2005 zur Verfügung standen, untersuchten wir diesmal auch die Empfundene Temperatur (Apparent Temperature, AT), in die auch die Luftfeuchte mit einfließt (Formel 1). Dies erlaubte uns, in diesem Modell auf die relative Feuchte zu verzichten und somit die Zahl der Parameter zu reduzieren. Angesichts der großen Zahl von Datenpunkten (tägliche Sterblichkeit über 18 Jahre) fällt diese Parameterreduktion allerdings kaum ins Gewicht.

Formel 1: Empfundene Temperatur

$$AT = -2,653 + 0,994 T + 0,0153 * Td^2$$

T ...Lufttemperatur
Td...Taupunkttemperatur

Im Unterschied zu 2005 modellierten wir diesmal eine Poisson-Regression. Langfristige Trends wurden durch eine Sinus-Kosinusfunktion mit der Amplitude eines Jahres und mit einem linearen Term für die Zeit dargestellt. Zusätzlich wurde der Wochentag berücksichtigt. Den verzögerten Effekt der Kälte berücksichtigten wir durch Einführung eines gleitenden 14-Tage-Mittelwertes der Temperatur. Da die einzelnen Temperaturparameter derart hoch miteinander korreliert sind, spielt die Wahl des Parameters beim Mittelwert über 14 Tage erst recht keine Rolle mehr. Tatsächlich verwendeten wir den Maximalwert.

Temperatur (minimale, maximale und empfundene), Luftdruck und Feuchte (nicht bei der empfundenen Temperatur) des gleichen Tages wurden jeweils als Polynom dritten Grades modelliert, um nichtlineare Zusammenhänge besser darstellen zu können. In diesem Modell schnitt die Maximaltemperatur am besten ab (Tab. A-1).

Tab. A- 1: Vergleich der drei Temperaturparameter (siehe Text)

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
tmin	6574	-25452.2	-22656.62	18	45349.24	45471.47
tmax	6574	-25452.2	-22647.07	18	45330.13	45452.37
at	6574	-25452.2	-22604.82	15	45239.63	45341.5

A-3.4 Minimal- oder Maximaltemperatur zur Definition der Hitzewelle

Das unter A-3.3 beschriebene Modell wurde um einen binären Parameter zur Hitzewelle erweitert. Es wurde die auf der Maximaltemperatur beruhende Definition nach Kysely einer analogen Definition (K-min) gegenübergestellt, die auf der Minimaltemperatur beruhte. Als Basismodell wurde das Modell mit der Empfundenen Temperatur (AT) gewählt, wobei allerdings für die aktuelle Temperatur nur die 2. und 3. Potenz aufgenommen wurden, da der lineare Term nicht mit der aktuellen Sterblichkeit korrelierte. Wie Tab. A-2 zeigt, ist die Kysely-Definition der alternativen Definition überlegen.

A-3.5 Dauer der Hitzewelle

Ebenso wurde die Bedeutung einzelner isolierter Hitzetage derjenigen von Episoden mit mindestens 3 Tagen gegenübergestellt. Tab. A-2 zeigt, dass die Modelle mit den Episoden besser sind.

Tab. A- 2: Vergleich unterschiedlicher Definitionen zur Hitzewelle

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
basic	6574	-25452.2	-22604.82	14	45237.64	45332.71
tmax30	6574	-25452.2	-22598.53	15	45227.06	45328.93
tmin18	6574	-25452.2	-22601.14	15	45232.29	45334.15
k-min	6574	-25452.2	-22596.17	15	45222.34	45324.2
kysely	6574	-25452.2	-22584.75	15	45199.49	45301.36

A-3.6 Verschiedene Cut-Off-Werte für die Definition von Hitzetagen

In einem anderen Rechenansatz gingen wir von einem Case-Cross-Over Modell aus: Wir verglichen den Sterbetag mit den gleichen Wochentagen jeweils eine Woche vorher und nachher. Ins Modell gingen die Durchschnittstemperatur und die relative Feuchte (jeweils als Polynom dritten Grades) und der durchschnittliche Luftdruck (linear) ein. Zusätzlich wurden verschiedene Definitionen von „Hitze“ (als binäre Variable) miteinander verglichen.

Tab. A- 3: Vergleich unterschiedlicher Definitionen zur Hitze (geordnet nach AIC)

Model	AIC	BIC	Kommentar
tmin19	719959,9	720042,5	Tag mit $T_{MIN} > 19^{\circ}C$
tmin18	719967,1	720049,7	Tag mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$
tmin20	719968,4	720051	Tag mit $T_{MIN} > 20^{\circ}C$
t18_17	719970	720052,6	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $17^{\circ}C$
t19_18	719970,4	720053	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 19^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $18^{\circ}C$
tmin17,8	719970,7	720053,3	Tag mit $T_{MIN} > 17,8^{\circ}C$
tmin21	719974,1	720056,7	Tag mit $T_{MIN} > 21^{\circ}C$
t20_17	719974,6	720057,2	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 20^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $17^{\circ}C$
t19_17	719975,2	720057,7	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 19^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $17^{\circ}C$
t18_16	719975,6	720058,1	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $16^{\circ}C$
t20_18	719975,9	720058,5	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 20^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $18^{\circ}C$
t18_15	719976,4	720059	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $15^{\circ}C$
t20_30	719977,7	720060,3	Tag mit $T_{MIN} > 20^{\circ}C$ und $T_{MAX} > 30^{\circ}C$
t19_16	719978,4	720061	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 19^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $16^{\circ}C$
kysely	719980,1	720062,7	Mind. 3 Tage mit $T_{MAX} > 30^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $27^{\circ}C$
t20_19	719980,8	720063,4	Mind. 3 Tage mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$, weitere Tage mit mind. $17^{\circ}C$
basis	719982	720052,8	Keine „Hitze“-Variable
tmin22	719982,2	720064,8	Tag mit $T_{MIN} > 22^{\circ}C$
tmax29.9	719983,2	720065,8	Tag mit $T_{MAX} > 29,9^{\circ}C$
t18_30_18_30	719983,4	720066	Mindestens zwei Tage mit $T_{MIN} > 18^{\circ}C$ und $T_{MAX} > 30^{\circ}C$
tmax30	719983,5	720066,1	Tag mit $T_{MAX} > 30^{\circ}C$
t20_30_20_30	719983,9	720066,5	Mindestens zwei Tage mit $T_{MIN} > 20^{\circ}C$ und $T_{MAX} > 30^{\circ}C$

Tab. A-3 zeigt, dass mit diesem Modellansatz einzelne auf Basis der Minimaltemperatur gewählte Hitzetage besser abschneiden (kleinstes AIC). (AIC und BIC unterscheiden sich nur insoweit, als im BIC das Basismodell ohne Inkludierung jeglicher binären „Hitze“-Variablen um einige Ränge besser abschneidet.) In den Case-Cross-Over Modellen wurde darauf regelmäßig auf T_{MIN19} zurückgegriffen.

A-3.7 Zeitpunkt der Hitzewelle im Jahr

In einigen Studien [11-13] wurde berichtet, dass Hitzeereignisse früh im Jahr (Mai, Juni) bei gleicher Temperatur einen stärkeren Effekt aufweisen als solche später im Verlauf des Sommers. Daraus wurde abgeleitet, dass die Bevölkerung im Laufe eines Sommers einem Adaptationsprozess unterliegt und daher am Ende des Sommers besser mit hohen Temperaturen zurechtkommt. Die Daten aus Wien unterstützen (wie solche aus den USA: [14]) diese Vermutung nicht. Im Case-Cross-Over Modell für jeden Monat einzeln gerechnet zeigt sich eher das Gegenteil, wie Abb. A-4 am Beispiel von T_{MIN19} zeigt: Der Effektschätzer für

Hitzetage ist vor allem durch deren Wirkung im August und September geprägt. Die seltenen Hitzetage im Mai haben keinen Einfluss auf den Schätzer für das Gesamtjahr.

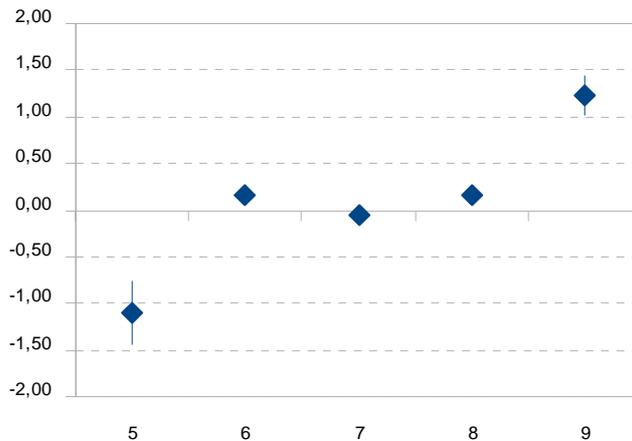


Abb. A-9: Zusätzliches Sterberisiko eines „Hitzetages“ ($T_{\text{MIN}} > 19^\circ\text{C}$) je Monat (Mai-September)

A-3.8 Luftschadstoffe

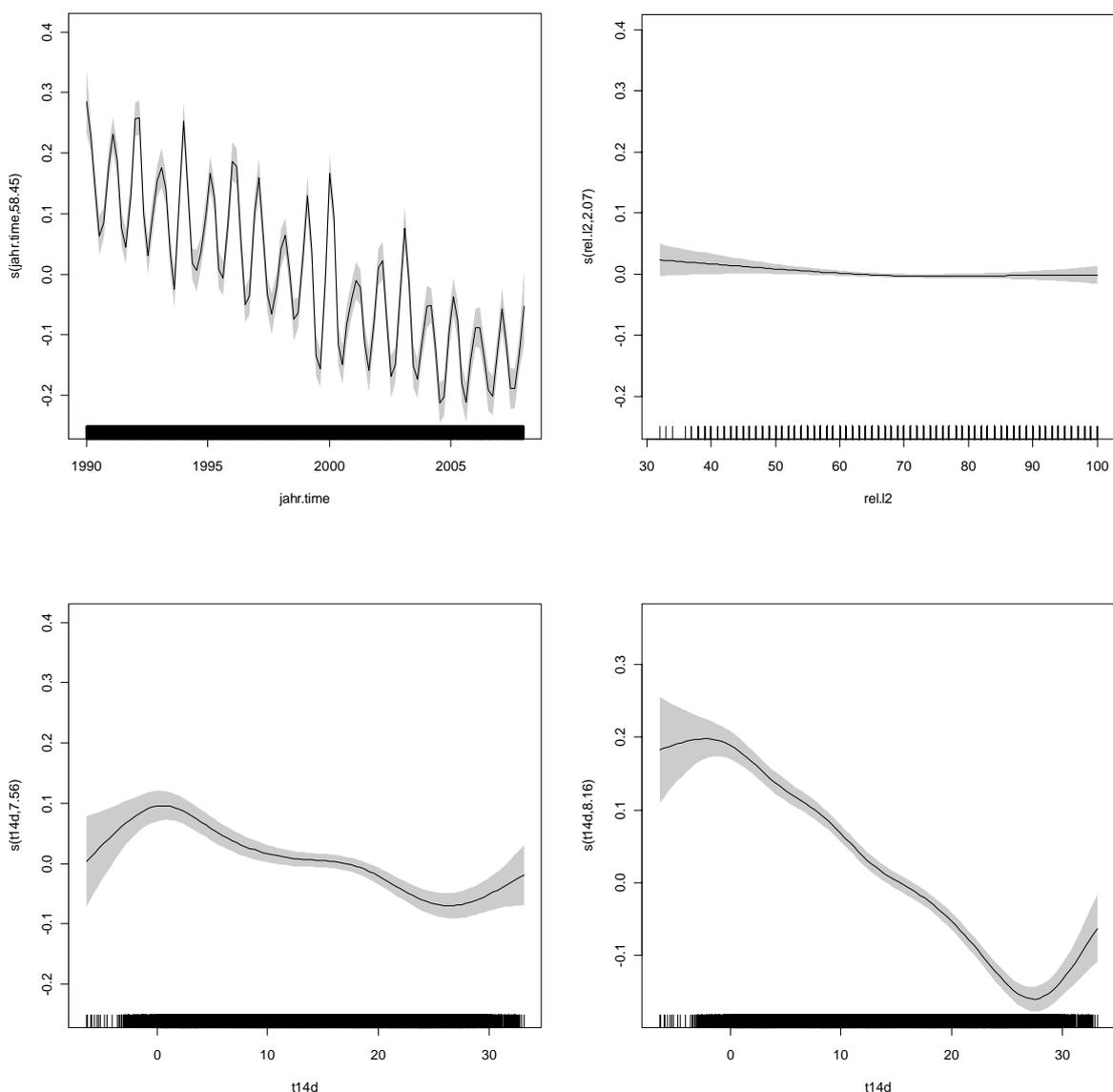
Der Einfluss der Luftschadstoffe NO_2 und O_3 auf die Effektschätzer der Temperatur wurden geprüft. Während der Einfluss insbesondere von NO_2 auf die akute Sterblichkeit auch in Wien außer Zweifel steht (Neuberger et al., 2007; Moshhammer, 2009), fand sich erneut (wie schon in [15] gezeigt) kein klarer Hinweis auf eine Interaktion zwischen Temperatur und Luftschadstoffen.

A-4 Ergänzende Befunde

A-4.1 Splines im GAM

General Additive Models (GAM) wurden diesmal mittels Statistikpaket „mgcv“ in R erstellt. Dieses Paket stellt die Splines parametrisch dar, so dass auch Konfidenzintervalle für die Splines angenähert angegeben werden können. Die nachfolgenden Abbildungen illustrieren das Ergebnis.

Der Einfluss des Luftdrucks wird nicht abgebildet. Der Luftdruck des aktuellen Tages ergab den besten Fit. Der Spline entsprach nahezu einer Geraden, die ähnlich wie für Rel (Lag 2) sanft abfiel. Im Case-Cross-Over Modell zeigte sich über das ganze Jahr ebenfalls eine Tendenz zu geringerem Sterberisiko bei hohem Luftdruck. Diese Tendenz war aber hauptsächlich durch die Risikoverteilung im Juli und August geprägt, während die Ergebnisse für die anderen Monate uneinheitlich waren.



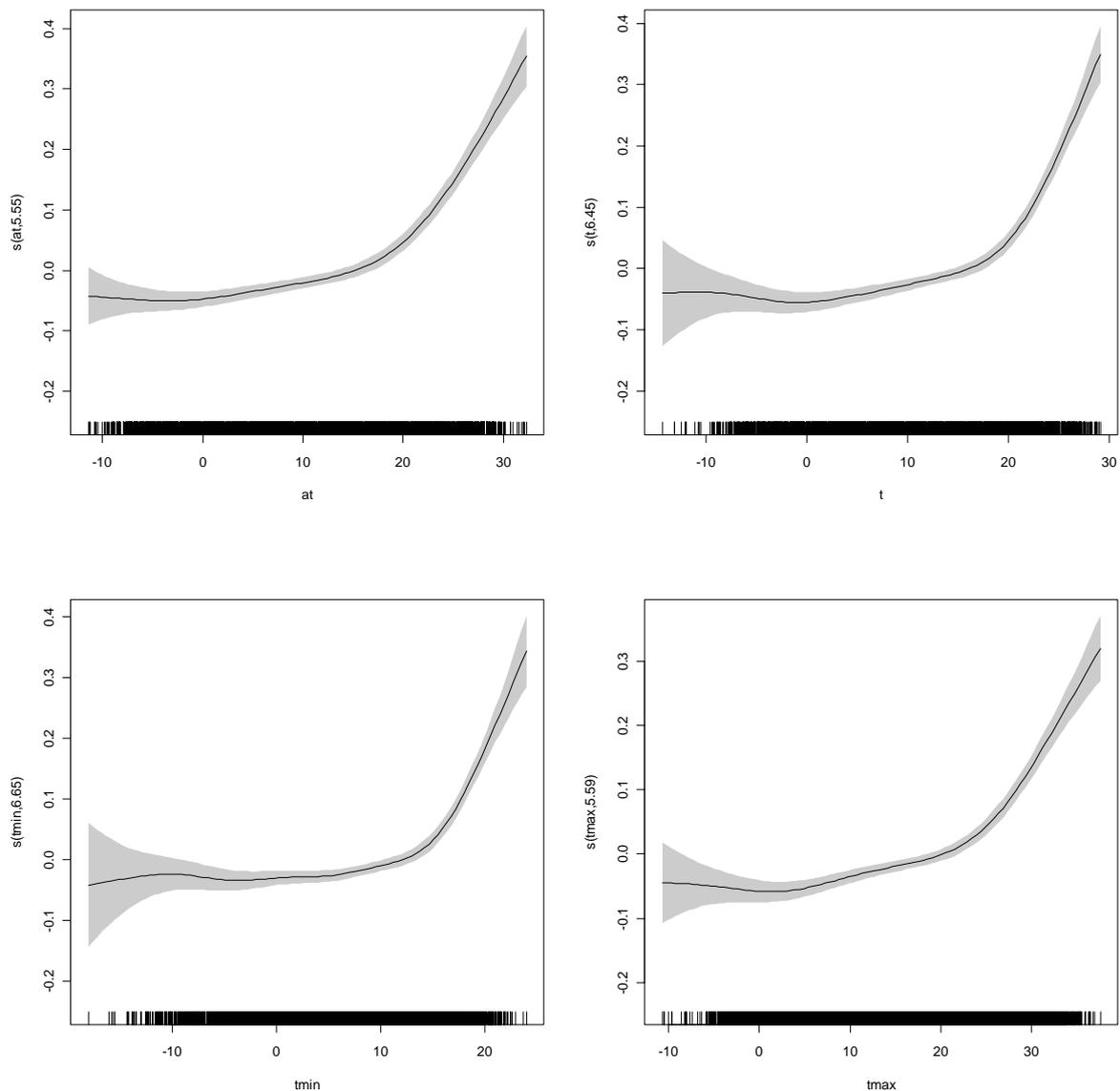


Abb. A-10 (a-h): Beispiele für nicht-lineare Assoziationen zwischen Wetterparametern und Mortalität.

Die erste Abbildung zeigt den langjährigen und saisonalen Verlauf der Sterbefälle, die zweite den Einfluss der relativen Feuchte 2 Tage vor dem Ereignis (bester Fit nach AIC). In der zweiten Reihe sieht man den Einfluss der Durchschnittstemperatur der letzten 14 Tage: Jedenfalls ist das Sterberisiko in kalten Perioden erhöht. Der Effekt schwächt sich jedoch ab, wenn gleichzeitig die saisonalen Schwankungen mit ins Modell aufgenommen werden (linkes Bild). In der dritten und vierten Zeile sieht man den Einfluss verschiedener Temperaturmaße (am gleichen Tag): Empfundene Temperatur (at), durchschnittliche Temperatur (t), minimale ($tmin$) und maximale Temperatur ($tmax$). Die Form der 4 Kurven ist sehr ähnlich und nur jeweils entlang der X-Achse parallel verschoben. Alle 4 Kurven weisen einen mehr oder weniger deutlichen „Knick“ auf, ab welchem das Risiko steil ansteigt. Dieser Knick findet sich aber durchaus nicht bei „extremen“ Temperaturwerten, sondern bereits im „angenehmen“ Bereich. Dieser Cut-Off ist daher nicht geeignet, als Auslöser für besondere Warn- und Abwehrmaßnahmen zu dienen. Ab welchen Temperaturen daher besondere Maßnahmen gesetzt werden, kann daher nicht aus den vorliegenden Daten „wertneutral“ abgeleitet werden, sondern muss aus Überlegungen zur Praktikabilität und in Abwägung von Aufwand und Nutzen festgesetzt werden.

A-4.2 Literaturstudium

Seit dem Jahre 2003 ist die Zahl der Publikationen zum Klimawandel und zu Hitzewellen sprunghaft angestiegen. Auch die eigene Arbeitsgruppe () konnte nicht umhin einen Beitrag zu liefern. Unter anderem haben sich auch mehrere europäische Projekte mit der Thematik „Hitzewelle“ befasst, wobei einer von uns (HM) an drei davon am Rande beteiligt war:

Canicule [16] untersuchte die Auswirkungen der Hitzewelle von 2003 auf die Mortalität in Europa. Die statistische Methodik war eher einfach gestrickt, beeindruckte allerdings durch die grafische Aufbereitung mittels farbiger Landkarten. Die Forderungen beschränkten sich auf ein besseres Hitze-Warnsystem für Europa und die online bzw. on time Verfügbarkeit von europäischen Mortalitätsdaten. Die Notwendigkeit dieser Daten für regional bzw. lokal maßgeschneiderte Akutmaßnahmen erscheint uns aber nicht nachvollziehbar. Zur Abschätzung des drohenden Temperaturstress benötigt man vielmehr eine gute lokale Wetterprognose für die nächsten Tage. Die Zahl der Todesfälle von gestern oder heute ist hingegen für die Kurzzeitprognose von untergeordneter Bedeutung.

EuroHEAT [17] verwendete Daten der APHEA-Städte, um den Einfluss der „Hitze“ auf die Mortalität und Morbidität (Krankenhausaufnahmen) der beteiligten Städte zu untersuchen [18-21]. Das Projekt präsentierte einerseits Splines, um den kontinuierlichen Zusammenhang zwischen Temperatur und den Gesundheitsendpunkten zu zeigen, andererseits eine binäre Variable für Hitze, wobei die 95. Perzentile der jeweiligen Stadt gewählt wurde. Auch dieses Projekt konnte zeigen, dass die (aktuelle) Temperatur und die Sterblichkeit mittels „U“- bzw. „V“-förmiger Funktion zusammen hängen. Die verzögerte Wirkung niedriger Temperaturen wurde in diesem Projekt meines Wissens nicht untersucht. Geografische Unterschiede zwischen den Städten wurden analysiert, wobei sich generell das bekannte Muster zeigte, dass in wärmeren (südlicheren) Städten die „optimale“ Temperatur, bei der die wenigsten Todesfälle auftraten, höher liegt als in nördlicheren Städten. Die Stratifizierung der Städte in „mediterrane“ und „nordeuropäische“ war allerdings etwas fragwürdig (so wurde Ljubljana als mediterrane und Budapest als nordeuropäische Stadt gelistet), so dass allein dadurch die formale statistische Auswertung etwas wenig überzeugend war.

Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Krankenhauseinweisungen war übrigens (wie auch bei [1]) auch im EuroHEAT-Projekt contraintuitiv: generell waren bei extremen Temperaturen (sowohl Kälte als auch Hitze) weniger Krankenhausaufnahmen zu verzeichnen. Lediglich bei der Untergruppe der Atemwegserkrankungen fand sich (zumindest bei einigen Städten) eine Zunahme bei extremen Temperaturen.

Die binäre Definition von „Hitze“ wurde insbesondere zur Untersuchung von Interaktionen zwischen Hitze und Luftschadstoffen verwendet. Wie bereits bei () ausgeführt, wird die gefundene Interaktion mit Ozon weitgehend vom Modell bestimmt, so dass eine kausale Interpretation mit Vorsicht vorzunehmen ist.

EuroHEAT und Canicule veranstalteten eine gemeinsame Tagung in Bonn, die leider ohne gemeinsame Empfehlungen zu Ende ging.

Die Weltgesundheitsorganisation organisierte auch das Projekt cCASHh [22], das unter anderem eine Tagung in Bratislava seine Ergebnisse präsentierte. Projekt und Tagung führten zu Büchern [23-25], die wichtige Empfehlungen und Schlussfolgerungen zu extremen Wetterereignissen für das öffentliche Gesundheitswesen zusammenfasst. Über die Tagung in Bratislava haben wir an anderer Stelle [26] berichtet.

Die Frage, ob es seit der verheerenden Hitzewelle von 2003 bereits Anzeichen einer Adaptation gibt, haben für Frankreich Fouillet et al. [27] gestellt. Sie kommen zum Schluss, dass im Hitzesommer 2006 in Frankreich weniger Todesfälle aufgetreten sind als es nach der langjährigen Hitzeübersterblichkeit zu erwarten gewesen wäre. Dies sei entweder auf Adaptationsmaßnahmen zurückzuführen oder darauf, dass in der Hitzewelle 2003 eine große Zahl hitzeempfindlicher Menschen frühzeitig gestorben sind.

A-4.3 Expertenbefragung

Es wurden Experteninterviews mit Vertretern aus der Gastronomie und aus der Baubranche zur Frage der Anpassung an die vermehrt auftretenden Hitzewellen in Wien geführt.

A-4.4 Gastronomie

Es wurden insgesamt 8 Wirte von Wiener Gaststätten befragt. Die Fragen lauteten:

- Ändern Sie die Speisekarte während der heißen Sommermonate (Erweitertes Angebot in Richtung leichter Speisen wie z.B. Salate)?
- Ist Ihnen aufgefallen, dass die Gäste mehr leichte Speisen während dieser Monate bestellen?
- Inwiefern ändert sich der Getränkekonsum (z.B. hinsichtlich Menge an alkoholfreien Getränken, Nachfrage nach Leitungswasser) der Gäste während dieser Monate?

Die erste Frage wurde von der Hälfte der Befragten verneint: Es gebe keine saisonalen Änderungen der Speisekarte. Die restlichen Wirte ändern die Speisekarte, indem sie weniger „schwere Gerichte“ (z.B. Fleischspeisen) und mehr leichte Kost wie Salate anbieten. In einem Lokal wird im Sommer ein spezielles Salat-Menü offeriert.

Den meisten Wirten (5) ist aufgefallen, dass die Gäste vermehrt leichte Speisen bestellen. Zwei konnten dazu keine Angaben machen, ein Wirt verneinte.

Ein ähnliches Bild bot sich hinsichtlich der Frage über den Getränkekonsum der Gäste. Auch in diesem Fall ist fünf Wirten aufgefallen, dass mehr alkoholfreie Getränke bestellt werden.

Zusammengefasst ist festzustellen, dass es in der Mehrzahl der Fälle eine Trend der Gäste gibt, ihre Ernährungsgewohnheiten im Sommer den hohen Temperaturen anzupassen (vermehrt leichte Kost, weniger alkoholische Getränke).

A-4.5 Baubranche

Fünf Architekten und Baumeister im Großraum Wien wurden zu Anpassungsstrategien auf Baustellen kontaktiert. Gefragt wurde, ob es in den letzten Jahren in den Sommermonaten

- zu tageszeitlichen Änderungen von Pausenzeiten kam,
- häufigere, kürzere Pausenzeiten in der Zeit zwischen 11.00 und 15.00 Uhr angeordnet wurden,
- Empfehlungen an die Arbeiter hinsichtlich Trinkverhalten gegeben wurden,
- im Sommer seitens der Firma alkoholfreie Getränke bereitgestellt werden.

Alle Befragten erklärten, dass es keine Änderungen der Pausenzeiten bzw. Pausengewohnheiten in den letzten Jahren gab. Es sind nach wie vor zwei Pausen (Gabelfrühstück um 9.00 Uhr; Mittag um 12.00 bis 13.00 Uhr) vorgesehen. Über eine etwaige Einführung einer „Siesta“ wurde bisher noch nicht nachgedacht. Man nimmt seitens der Geschäftsführung jedoch an, dass die Arbeiter einem solchen Vorschlag eher negativ gegenüber stehen, zumal sich die Arbeitszeiten dadurch in den Abend hin verlängern würden.

Empfehlungen hinsichtlich Trinkverhalten wie z.B. über Rundschreiben wurden ebenfalls nicht gegeben. Alkoholfreie Getränke werden nicht bereitgestellt.

Nur eine größere Firma erläuterte, dass es mehrere Empfehlungen gibt, die im Zusammenhang mit Hitze stehen. Dazu zählen Empfehlungen wie z.B. mehr Flüssigkeit zu sich zu nehmen und während der Mittagshitze zumindest Gesicht und Extremitäten mit kaltem Wasser abzuduschen.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Mehrzahl der Befragten aus der Baubranche keine Anpassungen hinsichtlich Baustellen-Management an die geänderten sommerlichen Temperaturverhältnisse vornehmen. Ein einzelner Betrieb jedoch setzt Maßnahmen und gibt mehrere Empfehlungen an seine Arbeiter weiter. Diese wurden in den letzten Jahren sogar verstärkt „beworben“.

A-5 Empfehlungen

Dramatische Änderungen bewirkt die Forschung selten, es sei denn im Sinne der Zerstörung, denn es ist leicht, Macht zu missbrauchen. Die Ergebnisse der Forschung schöpferisch und segensreich anzuwenden, erfordert dagegen meist nicht weniger Scharfsinn und mühevollen Kleinarbeit als ihre Gewinnung. (Lorenz K, 1974) [28]

A-5.1 Allgemeine Überlegungen

In Kapitel 3.1 sahen wir Hinweise darauf, dass sich in Wien bereits ein erster Adaptationsprozess vollzogen hat. Es ist allerdings auf Grund der Daten nicht zu entscheiden, in wie weit die Abnahme der Relativen Empfindlichkeit je Temperaturzunahme tatsächlich ein Zeichen von Adaptation oder von Selektion ist. Ersteres wäre eine aktive Anpassungsleistung des selben Bevölkerungskollektivs über die Zeit, während zweiteres die Änderung des Kollektivs durch vorzeitige Todesfälle unter der empfindlicheren Subpopulation bedeutete.

Auch eine jährlich stattfindende Adaptation im Laufe jedes Sommers lässt sich aus den Daten nicht herauslesen. [11] zeigte, dass die erste Hitzewelle im Jahr 2003 relativ mehr Tote forderte als die zweite. Über einen längeren Zeitraum betrachtet konnten wir diese Beobachtung in Kapitel 3.7 nicht bestätigen. Es scheint also eher so zu sein, dass eine frühere Hitzewelle, aber nicht der „normale“ Sommer zu einer „Abhärtung“ führt. Auch diese Form der Abhärtung wird sich wohl aus Adaptation und Selektion zusammensetzen.

Analoge Beobachtungen, allerdings mit umgekehrten Vorzeichen, sind bei Luftschadstoffen zu beobachten. So haben [29] für Kanada gezeigt, dass bei abnehmenden Durchschnittskonzentrationen von NO₂ gleichzeitig das relative Sterberisiko je Änderung der Konzentration im Tagesmittel zunahm. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da bei abnehmender Schadstoffbelastung die Lebenserwartung und somit der Bevölkerungsanteil derjenigen Personen zunimmt, die gegenüber der Schadstoffbelastung am empfindlichsten reagieren. In diesem Sinn ist somit die in Kapitel 3.1 beschriebene „Abhärtung“ nicht als Erfolg zu sehen und darf keinesfalls bedeuten, dass man sich beruhigt zurücklehnen kann um den Dingen ihren Lauf zu lassen.

In der Tat führen Hitzeperioden ja bereits in der Vergangenheit und auch jetzt zu zahlreichen vermeidbaren vorzeitigen Todesfällen. Kapitel 3.1 zeigt bestenfalls, dass deren Anzahl im Falle einer kontinuierlichen Zunahme in der Häufigkeit und Intensität der Hitzeperioden nicht im selben Ausmaß sondern nur gedämpft ansteigen wird.

Bereits in Kapitel 1 haben wir angedeutet, dass der Begriff der Adaptation sehr weit zu verstehen ist. Hier jedoch, wo es um Empfehlungen geht, können wir weder auf ungeplante Maßnahmen von Einzelpersonen eingehen noch auf die physiologische Adaptation, die unabhängig davon stattfindet, ob irgendwelche Empfehlungen befolgt werden.

Unserem fachlichen Schwerpunkt entsprechend sind wir besonders an Empfehlungen an das Gesundheitssystem interessiert. Wir teilen dieses Kapitel daher in Empfehlungen für das Gesundheitswesen und in andere Empfehlungen ein.

A-5.2 Empfehlungen an das Gesundheitssystem

Der Klimawandel findet statt. Dadurch werden extreme Hitzeperioden in Zukunft häufiger und intensiver stattfinden. Die Häufigkeit extremer Kälteperioden dürfte hingegen zurückgehen, ohne dass Kälteepisoden ganz verschwinden werden [30]. Die winterliche Übersterblichkeit lässt sich jedoch an Hand des Datenmaterials nicht mit Sicherheit auf die winterliche Kälte allein zurückführen. Vielmehr könnten andere Charakteristika des Winters wie verringerte Sonnenscheindauer, vitaminärmere Ernährung oder höhere durchschnittliche Konzentrationen diverser Luftschadstoffe ihren Beitrag leisten. Allein schon deshalb sollte man nicht von einem Nullsummenspiel zwischen heißeren Sommern und weniger kalten Wintern ausgehen. Unsere Untersuchung zeigte zusätzlich, dass sich die von Hitze- und Wintersterblichkeit be-

troffen Gruppen nur teilweise überlappen: Für die Hitzesterblichkeit fanden wir im Gegensatz zur Wintersterblichkeit einen sozioökonomischen Gradienten und eine erhöhte Hitzesterblichkeit reduzierte die Übersterblichkeit im folgenden Winter nur unwesentlich. Das Gesundheitssystem sollte sich daher auf das Phänomen einer zusätzlichen Sterblichkeit durch Hitzestress einstellen und vorbereiten. Auch wenn das relative Risiko während einer Hitzewelle zu sterben, nicht höher ist als in der eigenen Wohnung, was in Anbetracht der generell höheren Empfindlichkeit von Krankenhaus- und Pflegeheiminsassen durchaus auch als ein Erfolg gesehen werden kann, so sind doch in absoluten Zahlen die Patienten in Krankenanstalten am meisten von der Hitzesterblichkeit betroffen, so dass hinsichtlich diesem Teilkollektiv weitere Anstrengungen notwendig sind.

Es wurde uns berichtet, dass die basalen Betreuungsnotwendigkeiten wie ausreichende Flüssigkeitszufuhr und Flüssigkeitsbilanzierung in den Wiener Spitälern durchgehend gewährleistet sind. Sollte dies tatsächlich bereits vollständig zutreffen, wären als nächster Schritt die baulichen Gegebenheiten zu überprüfen. Ganz sicher sind nicht alle Krankenanstalten bzw. einzelne Pavillons gleich gut auf eine Hitzewelle vorbereitet. Hier wären aus energetischen Gründen Maßnahmen wie passiver Kühlung (Wärmespeicherung und Beschattung) der Vorzug zu geben. Wo dies aus baulichen Gründen nicht möglich ist, sollten gerade in Krankenanstalten und Pflegeheimen wenigstens einzelne Bauteile mit Klimatisierung ausgestattet werden und bestehende Klimaanlage gewartet, kontrolliert und allenfalls optimiert werden.

Bereits in [1] haben wir beobachtet, dass die Spitalsaufnahmen nicht adäquat auf Hitze (und Kälte-)Stress reagieren. Zu Zeiten, wo Ambulanz- und Notarzteinsätze und sogar Todesfälle zunehmen, sinken die Neuaufnahmen sogar. Dies könne auch darauf zurückzuführen sein, dass Krankheiten schwerer verlaufen bzw. Heilungsprozesse verzögert werden und daher die Aufenthaltsdauer jedes einzelnen „Falls“ sich tendenziell verlängert. Bei einer durch Sachzwänge bedingten Strategie der (nahezu) Vollauslastung der Betten bedeutet dies, dass im Bedarfsfall weniger Betten für Neuaufnahmen zur Verfügung stehen. Erschwerend kommt hinzu, dass gerade in die wahrscheinlichsten Extrempereoden des Sommers wie des Winters traditionell die Urlaubszeiten fallen, so dass gerade dann eventuell auch weniger Personal zur Verfügung steht. Organisatorische Maßnahmen, die eine höhere Leistungsbereitschaft gerade in derartigen Extrempereoden sicherstellen wie auch eine entsprechende Planung nicht akuter Aufnahmen / Operationen usw. könnte hier doch Entlastung bringen.

Jedenfalls sollte das Gesundheitswesen auch seinen Beitrag in der Information und Aufklärung der Bevölkerung leisten. Darauf wird jedoch im nächsten Kapitel näher eingegangen.

A-5.3 Sonstige Empfehlungen

Der Effekt der Hitze stellt sich im Gegensatz zur Kälte rasch, das heißt binnen Tagen, ein. Somit sind Sofortmaßnahmen bei drohenden Hitzeepisoden auch sinnvoll und wirksam. Die meisten Sofortmaßnahmen werden eine Vorlaufzeit von lediglich wenigen Tagen benötigen. Damit sind sie sicherlich der Steuerung durch die konventionelle Wetterprognose zugänglich. Es ist daher eine direkte Verbindung zwischen Wetterdienst und Gesundheitswesen anzustreben und zu institutionalisieren. In den regelmäßigen Wetterprognosen sind auf Risiken wie Hitze und andere Extremereignisse, aber auch etwa UV-Strahlung vermehrt einzugehen. In den letzten Jahren beobachtete man in Österreich erfreulicher Weise bereits einen Trend in diese Richtung. Gerade die mit den Warnhinweisen ausgegebenen Empfehlungen müssen aber regelmäßig überarbeitet und auch regelmäßig wiederholt werden. Dies sollte in jeweils abgewandelter Form erfolgen, um einerseits auch neue Informationen vermitteln zu können, und um andererseits nicht durch Monotonie das Interesse der Bevölkerung zu verlieren.

Unsere Daten gaben keinen Hinweis auf eine Schwelle der Wirkung bei sehr hohen Temperaturen, ab der das Risiko sprunghaft stärker ansteigt. Vielmehr steigt das Risiko bereits ab relativ moderaten Temperaturen kontinuierlich und weitgehend linear an. Warnhinweise bei derart moderaten Temperaturen werden jedoch als eher kontraproduktiv angesehen. Ab

welchen Temperaturen nun tatsächlich gewarnt werden sollte, lässt sich eher nur pragmatisch beantworten: Es sollte nicht zu häufig sein, aber doch bei deutlichen Risikozunahmen nicht unterbleiben. Tendenziell erwies sich die Minimaltemperatur als das beste Maß und ein Wert von 18 bis 19°C würde sich als „Alarmschwelle“ anbieten. 18°C entspricht ungefähr der 95. Perzentile der Minimaltemperatur für Wien-Hohe Warte. Dieser Wert wird daher durchschnittlich pro Jahr 15 bis 20-mal überschritten, wobei in Zukunft eher mit häufigeren Überschreitungen gerechnet werden kann. Diese Temperatur ist daher als Warnschwelle eher zu niedrig. Auch in unseren Modellen hat sich die Minimaltemperatur von 19°C besser bewährt.

Über die Information und Warnung der Allgemeinbevölkerung hinaus sind sicher für einzelne Berufsgruppen gesonderte Maßnahmen zu überlegen. Die Urlaubsplanung für die Gesundheitsberufe wurde bereits angesprochen. Von Hitzewellen stark betroffen sind insbesondere auch im Freien schwer körperlich arbeitende Personen, insbesondere also in der Landwirtschaft und der Bauwirtschaft. Eine Diskussion wäre zu beginnen bzw. anzuregen, ob bzw. in welchem Ausmaß beispielsweise am Bau Arbeitsrhythmen, die aus südlicheren Ländern wohlbekannt sind (längere Mittagsruhe) umgesetzt werden könnten.

Freizeitgestaltung und sportliche Betätigung sind für viele insbesondere beruflich wenig körperlich aktive Personen von hoher gesundheitlicher Bedeutung. Es wäre zu prüfen, in wie weit kommunal bereitgestellte Freizeiteinrichtungen an geänderte klimatische Bedingungen anzupassen wären. Es werden im Folgenden einige Beispiele genannt, die keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit erheben: künstliche Eisflächen im Winter zum Schlittschuhlaufen erfreuen sich in der Stadt ungebremsster Beliebtheit. Der Energiebedarf zur notwendigen Kühlung nimmt mit zunehmendem Klimawandel zu. Es wäre auszuprobieren, in welchem Ausmaß Plätze und Strecken zum Inline-Skaten angenommen werden, falls sie in ausreichendem Maße angeboten werden. Diese Sportart würde die gleichen gesundheitlich wertvollen Bewegungsabläufe abrufen. Freibäder öffnen in Wien traditionell am ersten Mai. In den letzten Jahren war wiederholt zu beobachten, dass bereits im April angenehme Badetemperaturen herrschten, während Anfang Mai wieder Kälteeinbrüche zu verzeichnen waren. Es wäre zu klären, ob Wetterprognosen derzeit ausreichend gut und langfristig möglich sind, um eine flexiblere Planung des Badebetriebes zu ermöglichen. Es geht hier eher um mittelfristige Prognosen (vielleicht 1 Monat im Voraus), die nicht für einzelne Tage, aber doch für Wochen angenähert richtig sein müssten. Bei verschiedenen anderen Freizeiteinrichtungen wäre zu prüfen, ob ihr Angebot hinsichtlich täglicher Öffnungszeiten (eventuell Mittagspause, dafür längere abendliche Öffnung) dem sich ändernden Klima noch adäquat ist.

Die Ernährung sollte sich auch besser auf die jeweiligen Temperaturen einstellen. Während wir bei einzelnen Gaststätten durchaus Verständnis und Bereitschaft vorfanden, wird in vielen anderen die Jahreszeit in keiner Weise in der Speisekarte reflektiert. Eine Aufklärungskampagne der Wirtschaftskammer wäre hier eventuell zu überlegen.

Langfristigere Maßnahmen sollten sich auf bauliche Maßnahmen konzentrieren, die den passiven Hitzeschutz der Häuser erhöhen (größere Wärmespeicherfähigkeit, Beschattungen) und für ein angenehmeres Mikroklima sorgen (bessere Belüftung, Grünoasen, Wasserflächen). Details dieser Maßnahmen sind mit den entsprechenden Experten zu konkretisieren.

Literaturverzeichnis

- [1] Moshhammer H, Hutter H-P, Frank A, Gerersdorfer T, Hlava A, Sprinzl G, Leitner B. Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2006. pp. A1-a -48.
- [2] Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology* 2009;20 (2):205-13.
- [3] Kysely J. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol* 2004;49 (2):91-7.
- [4] Simic S, Schmalwieser AW, Moshhammer H. Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons. In: Kromp-Kolb H, Schwarzl I, editors. StartClim2007. Vienna: Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, 2008. pp. 2007B 1-42.
- [5] EEA. AirBase. European Topic Centre on Air and Climate Change.
- [6] Moshhammer H. Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2006. pp. A1-a -48.
- [7] Rocklöv J, Forsberg B, Meister K. Winter mortality modifies the heat-mortality association the following summer. *Eur Respir J* 2009;33 (2):245–51.
- [8] Vandentorren S, Suzan F, Medina S, Pascal M, Maulpoix A, Cohen JC, Ledrans M. Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *Am J Public Health* 2004;94 (9):1518-20.
- [9] O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. *Am J Epidemiol* 2003;157 (12):1074-82.
- [10] Michelozzi P, Donato Fd, Accetta G, Forastiere F, D'Ovidio M, Perucci C. Impact of Heat Waves on Mortality --- Rome, Italy, June--August 2003. *MMWR* 2004;53 (17):369-71.
- [11] Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Leitner B, Kundi M. Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wien Klin Wochenschr* 2007;119 (7-8):223-7.
- [12] Hajat S, Kovats R, Atkinson R, Haines A. Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2002;56:367-72.
- [13] Paldy A, Bobvos J, Vamos A, Kovats R, Hajat S. The effect of temperature and heat-waves on daily mortality in Budapest, Hungary 1970-2000. In: Kirch W, Menne B, Bertoline R, editors. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Heidelberg: Springer, 2005.
- [14] Davis RE, Knappenberger PC, Michaels PJ, Novicoff WM. A mortality-based heat wave climatology for U.S. cities. 16th Conference on Applied Climatology. San Antonio, Texas, USA: American Meteorological Society, 2007. pp. 2.4.
- [15] Krüger BC, Schicker I, Formayer H, Moshhammer H. Feinstaub und Klimawandel – gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich? In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim2006. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2007. pp. A 2-48.
- [16] INSERM. Canicule. 2007.
- [17] WHO_Europe. EuroHEAT. Kopenhagen.
- [18] Ishigami A, Hajat S, Kovats S, Bisanti L, Rognoni M, Russo A, Paldy A. An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environmental Health* 2008;7:5.
- [19] Bouchama A, Dehbi M, Chaves-Carballo E. Cooling and hemodynamic management in heatstroke: practical recommendations. *Critical Care* 2007;11:R54.
- [20] Hajat S, Kovats R, Lachowycz K. Heat related and cold related death in England and Wales: who is at risk? *Occupational and Environmental Medicine* 2007;64:93-100.
- [21] Kovats R, Johnson H, Griffiths C. Mortality in southern England during the 2003 heat wave by place of death. *Health Statistics Quarterly* 2006;No 29.

- [22] WHO_Europe. climate Change and Adaptation Strategies for Human health in Europe (cCASHh). Kopenhagen: WHO Europe.
- [23] Kirch W, Menne B, Bertoline R, (Eds.). Extreme Weather Events and Public Health Re-sponses. Heidelberg: Springer, 2005.
- [24] Menne B, Ebi KL, (Eds.). Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Heidelberg: Springer, 2006.
- [25] WHO_Europe. HEALTH AND CLIMATE CHANGE: the “now and how” - A policy action guide. Kopenhagen: WHO, 2005.
- [26] Moshammer H. Nur heiße Luft? Ökobiotikum 2004;2004 (1):10-1.
- [27] Fouillet A, Rey G, Wagner V, Laaidi K, Empereur-Bissonnet P, Tertre AL, Frayssinet P, Bessemoulin P, Laurent F, Crouy-Chanel PD, Jouglu E, Hémon D. Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. International Journal of Epidemiology 2008;37 (2):309-17.
- [28] Lorenz K. Das sogenannte Böse. München: dtv, 1974.
- [29] Shin HH, Stieb DM, Jessiman B, Goldberg MS, Brion O, Brook J, Ramsay T, Burnett RT. A Temporal, Multicity Model to Estimate the Effects of Short-Term Exposure to Ambient Air Pollution on Health. Environmental Health Perspectives 2008;116 (9):1147–53.
- [30] Formayer H, Haas P, Hofstätter M, Radanovics S, Kromp-Kolb H. Räumlich und zeitlich hochaufgelöste Temperaturszenarien für Wien und ausgewählte Analysen bezüglich Adaptionsstrategien. Im Auftrag der Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22 der Stadt Wien gemeinsam mit der MA 27 - EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung, 2007.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. A- 1:	Vergleich verschiedener Modelle.....	9
Abb. A- 2:	Änderung des Schwellenwertes über die Zeit.....	10
Abb. A- 3:	Änderung des Koeffizienten über die Zeit (Modell mit Schwelle bei 13,8°C) 10	
Abb. A- 4:	Einfluss der Immobilienpreise je Bezirk auf die „Wintersterblichkeit“.....	11
Abb. A- 5:	Einfluss der Immobilienpreise je Bezirk auf die „Hitzesterblichkeit“.....	12
Abb. A- 6: ($T_{MIN}19$)	„Saisonaler Harvesting-Effekt“? – Zusätzliche Sterbefälle pro Hitzetag 12	
Abb. A- 7:	Einfluss des Hitzetages und Interaktion mit dem Geschlecht (Risiko bei Männern und ZUSÄTZLICHES Risiko bei Frauen).....	13
Abb. A- 8:	Relatives Sterberisiko an Hitzetagen je nach Sterbeort.....	14
Abb. A-9:	Zusätzliches Sterberisiko eines „Hitzetages“ ($T_{MIN}>19^{\circ}C$) je Monat (Mai- September).....	17
Abb. A-10 (a-h):	Beispiele für nicht-lineare Assoziationen zwischen Wetterparametern und Mortalität.....	19

Tabellen

Tab. A- 1:	Vergleich der drei Temperaturparameter (siehe Text).....	15
Tab. A- 2:	Vergleich unterschiedlicher Definitionen zur Hitzewelle	16
Tab. A- 3:	Vergleich unterschiedlicher Definitionen zur Hitze (geordnet nach AIC)	16