



Katharina Kaelin

Wärmebelastung im Kanton Zürich

Eine Analyse zur räumlichen Verteilung der betroffenen Bevölkerung

Das Wichtigste in Kürze

Hitzewellen beeinträchtigen nicht nur die Schlafqualität, sondern auch die Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden. Besonders bei vulnerablen Personen kann Hitze sogar das Sterberisiko erhöhen. Allerdings ist das Ausmass der Hitzeeinwirkung vor allem von lokalen Gegebenheiten geprägt und variiert deshalb räumlich stark. Aus diesem Grund liess der Kanton Zürich die Wärmebelastung während sommerlicher Hitzeperioden mittels eines kleinräumigen Klimamodells umfassend analysieren. Das Modell bildet dabei die Belastung im Freien ab. Die Situation im Innenraum kann aufgrund verschiedener Faktoren, wie z.B. Klimaanlage, durchaus davon abweichen

Die Modellrechnung zeigt: Während einer sommerlichen Hitzewelle ist tagsüber praktisch die ganze Zürcher Bevölkerung einer erhöhten Wärmebelastung ausgesetzt. Nachts leidet fast jede zweite Person unter Temperaturen, die für einen erholsamen Schlaf zu hoch sind. Es gibt jedoch deutliche regionale Unterschiede. Diese lassen sich weitgehend durch klimatische Einflussgrößen wie Höhenlage, Exposition, Landnutzung, Seenähe oder Kaltluftströme erklären. In städtischen Gebieten wird die Wirkung von Hitzeperioden aufgrund des Wärmeinseleffekts verstärkt.

Je nach Alter reagieren Menschen unterschiedlich stark auf Hitze. Besonders für Babys, Kleinkinder und ältere Menschen stellen Hitzeperioden eine grosse Belastung dar. Diese Altersgruppen leben gleichermassen in wärmebelasteten Gebieten wie der Rest der Bevölkerung. Die vulnerablen Altersgruppen machen in allen Zürcher Regionen mindestens einen Fünftel der Gesamtbevölkerung aus.

Die Wärmebelastung im Freien ist ein Problem, welches alle Bevölkerungsschichten betrifft: Selbst ein beträchtlicher Anteil der einkommensstarken Haushalte leidet darunter. Tagsüber erleben Haushalte mit hohem Einkommen weniger oder höchstens gleich viel Wärmebelastung wie Haushalte mit niedrigem Einkommen. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass wohlhabende Haushalte öfter in Einfamilienhaus-Quartieren leben, die aufgrund verschiedener mikroklimatischer Faktoren weniger wärmebelastet sind als Mehrfamilienhaus-Quartiere. Nachts ist mit Ausnahme der Stadt Zürich, des Zimmerbergs und des Pfannenstiels dasselbe Muster erkennbar. In diesen Regionen hingegen sind Haushalte mit hohem Einkommen einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt als jene mit niedrigem Einkommen. Dies lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass mehrere Faktoren, welche die Wärmebelastung fördern, eine Wohnlage gleichzeitig auch begehrter machen. Dazu gehören beispielsweise zentrale und vorwiegend südlich exponierte Lagen sowie Seenähe.

Prognosen zufolge wird die Wärmebelastung bis Mitte des Jahrhunderts weiter zunehmen. Dies ist nachts besonders in jenen Regionen der Fall, wo die Wärmebelastung schon heute hoch ist.

Einleitung

Das Klima in der Schweiz hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich verändert. Gemäss Aktionsplan 2020–2025 des Bundesamts für Umwelt erlebten wir in den letzten 20 Jahren eine Häufung von Hitzeperioden, wie sie noch Mitte des 20. Jahrhunderts sehr unwahrscheinlich war (BAFU 2020). Klimaszenarien sagen voraus, dass Hitzewellen in der Schweiz künftig noch häufiger und ausgeprägter werden dürften (NCCS n.d. a). Bei ungebremst steigenden Treibhausgasemissionen (*Szenario: kein Klimaschutz*) dürfte die mittlere Sommertemperatur bis Mitte des Jahrhunderts gegenüber der Referenzperiode 1981–2010 um bis zu 4.4 Grad zunehmen. Gelingt eine rasche und weltweite Senkung der Treibhausgasemissionen (*Szenario: konsequenter Klimaschutz*), wird die Sommertemperatur zwar trotzdem steigen, doch die Zunahme lässt sich auf maximal 2.5 Grad gegenüber der Referenzperiode begrenzen. Dies führt dazu, dass künftig mit deutlich mehr Hitzetagen – *Tage mit mindestens 30°C* – und Tropennächten – *Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C fällt* – zu rechnen ist (NCCS n.d. b). Gemäss Hitzeindikatoren des Bundes (NCCS n.d. c) werden die Hitzetage in der Zürcher Innenstadt Mitte des Jahrhunderts im Szenario «konsequenter Klimaschutz» rund eineinhalbmals häufiger auftreten als in der Referenzperiode. Bei den Tropennächten ist im selben Szenario und Zeitraum von einer Verdoppelung gegenüber der Referenzperiode auszugehen.

Für die Bevölkerung bergen Hitzeperioden diverse Herausforderungen. So beeinträchtigt Hitze unsere Schlafqualität, wie auch unsere Leistungsfähigkeit und unser Wohlbefinden. Studien zeigen auch, dass in Hitzesommern die Sterblichkeit besonders bei vulnerablen Bevölkerungsgruppen deutlich steigt (Swiss TPH 2023, Lüthi et al. 2023). Nicht nur aufgrund der gesundheitlichen Auswirkungen ist es nützlich zu verstehen, wie viele Menschen wärmebelastet sind. Die Zahl der Wärmebelasteten gibt auch einen Hinweis darauf den potenziellen Bedarf nach Massnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung in Wohngebäuden.

Allerdings ist die Wärmebelastung nicht überall gleich stark und wird von lokalen Begebenheiten geprägt. Aus diesem Grund liess der Kanton Zürich die klimatische Situation während sommerlichen Hitzeperioden mithilfe eines kleinräumigen Klimamodells umfassend analysieren (GEO-NET 2018). Das Modell zeigt, an welchen Orten im Sommer tagsüber und auch nachts mit einer stärkeren Wärmebelastung zu rechnen ist. Die resultierenden, frei verfügbaren Karten bilden damit eine wichtige Grundlage für die Siedlungsplanung. In der vorliegenden Analyse werden die Klimakarten mit Bevölkerungs-, Einkommens- und Gebäudedaten des Kantons Zürich verknüpft, um ein Bild davon zu bekommen, an welchen Wohnorten die Bevölkerung besonders unter der Hitze leidet und wer die Betroffenen sind. Konkret geht es um folgende Fragestellungen:

- Wie viele Personen leben an Orten mit hoher Wärmebelastung?
- Welche regionalen Unterschiede gibt es bei der Wärmebelastung und wie lassen sie sich erklären?
- Wer wohnt an Orten mit hoher Wärmebelastung?
- Welche Arten von Wohngebäuden befinden sich an Orten mit hoher Wärmebelastung?
- Wie gut kann die Bevölkerung Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität erreichen?
- Wie viele Personen leben an Orten mit hoher Wärmebelastung, wenn zukünftige Klimaszenarien berücksichtigt werden?

Die Analyse richtet sich an kantonale und kommunale Behörden, Politiker, Planer sowie an die interessierte Öffentlichkeit. Für ein besseres Verständnis der Lektüre wird dem Leser empfohlen, die [Karte der Wärmebelastung im kantonalen GIS-Browser](#) zu öffnen.

Datengrundlage

Bei der verwendeten Datengrundlage der Wärmebelastung handelt es sich nicht um gemessene, sondern um modellierte Werte. Die Wärmebelastung für jedes Quartier zu messen, wäre äusserst aufwendig, weshalb der Kanton 2018 eine Simulationsstudie anhand eines Klimamodells¹ in Auftrag gab. (GEO-NET 2018). Die Resultate dieses Klimamodells liegen in [Kartenform](#) vor, flächendeckend in einer Auflösung von 25x25 Metern. Dabei wurden verschiedene meteorologische Parameter bei einer windschwachen, austauscharmen, sommerlichen Hochdruckwetterlage modelliert. Diese Wetterlage geht häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung im Siedlungsraum einher. Diese sommerliche Hitzesituation ist für die Gesundheit des Menschen besonders belastend und wird deshalb zur Beurteilung der bioklimatischen Situation herangezogen. Da das Rasterformat für die Planung unpraktisch ist², liess der Kanton Zürich die Resultate unter dem Namen «[Planhinweiskarten](#)» für Zonen, in denen Wohnen erlaubt ist³, auf Quartiersebene⁴ aggregieren (AWEL 2018). Dieser Datensatz wird im Folgenden verwendet, um die Wärmebelastung im Kanton Zürich zu analysieren. Um die oben genannten Fragestellungen zu beantworten, werden zudem kantonale Daten zu Bevölkerung, Einkommen und Gebäuden⁵ verwendet.

Für die Modellierung der Wärmebelastung wurden die Landnutzung, das Geländemodell und die Vegetationshöhe als Input-Variablen verwendet. Wie gross der Einfluss einzelner Faktoren auf die Wärmebelastung im Quartier ist, hängt stark von lokalen Begebenheiten und den Eigenschaften der Umgebung ab. Da das Klimamodell komplexe physikalische Prozesse abbildet, ist der Zusammenhang zwischen den Input-Daten und der modellierten Wärmebelastung nicht direkt nachvollziehbar. In der vorliegenden Analyse geht es darum, diesen Zusammenhang v.a. im Hinblick auf das Siedlungsgebiet besser zu verstehen und auf regionaler Ebene zu diskutieren. Es sollen plausible Erklärungen für auffällige Muster identifiziert werden. Um die beobachteten Unterschiede abschliessend zu erklären, fehlen allerdings oftmals die dafür notwendigen Datengrundlagen. Da die Bevölkerung im Siedlungsgebiet nicht gleich verteilt ist, wird nicht die Quartierfläche, sondern die Anzahl betroffener Personen betrachtet.

¹ Verwendet wurde das Klimamodell FITNAH-3D.

² Häuser und Quartiere liegen in unterschiedlichen Rasterzellen.

³ Hierbei handelt es sich um Wohn- und Mischzonen. Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen, Industrie- und Gewerbezone sowie Reservezone werden nicht berücksichtigt.

⁴ Ein Quartier ist hier definiert als eine zusammenhängende Gruppe von Parzellen im Siedlungsgebiet, welches dieselbe kommunale Zonenbezeichnung trägt und durch Trennelemente (Strassen, Flüsse etc.) abgegrenzt wird.

⁵ Konkret werden das «Einwohnerregister» sowie das «Gebäude- und Wohnungsregister (GWR)» für die Auswertung verwendet. Bei beiden Registern wird der Stichtag 31.12.2022 angewendet. Daten zu den Einkommen stammen aus der Zürcher Haushaltsfinanzstatistik, die auf Steuerdaten für das Jahr 2018 basiert.

Die Wärmebelastung ist tagsüber anders definiert als nachts

In den Daten des Klimamodells wird die Wärmebelastung tagsüber um 14 Uhr und nachts um 4 Uhr ausgewiesen. Dafür werden jeweils unterschiedliche Indikatoren benutzt, weil die Faktoren, die das thermische Wohlbefinden steuern, zu unterschiedlichen Tageszeiten anders ins Gewicht fallen (siehe Grafik 1).

Tagsüber erleben Menschen die Wärmebelastung als besonders stark, wenn sie sich an besonnten und windschwachen Orten aufhalten. Die Wärmeempfindung hängt dabei nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von weiteren meteorologischen Faktoren ab. Der PET-Index (Höppe 1999), der die physiologisch (P) äquivalente (E) Temperatur (T) abbildet, versucht, dem Rechnung zu tragen, indem er durch die Kombination von Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und direkter Sonneneinstrahlung das thermische Empfinden einer Normperson⁶ um zwei Uhr nachmittags beschreibt. Auch wenn der Tageshöchststand der Temperatur zu dieser Zeit noch nicht erreicht ist, wird in Kombination mit dem Sonnenstand zu diesem Zeitpunkt üblicherweise der stärkste Hitzestress verspürt (Ackermann 2022). Die Bewertungsskala des PET-Indexes orientiert sich an einer Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) (GEO-NET 2018).

Nachts hängt das thermische Wohlbefinden hingegen vor allem von der Lufttemperatur ab (GEO Partner AG 2022). Dies vor allem weil die direkte Sonneneinstrahlung fehlt, die tagsüber erheblich zur Wärmebelastung beitragen kann. Nachts sind in der betrachteten Wetterlage üblicherweise auch die Windgeschwindigkeiten geringer. Deshalb wird nachts nur die Lufttemperatur betrachtet. Ausgewiesen wird die Lufttemperatur für vier Uhr morgens, was typischerweise dem Zeitpunkt der stärksten Abkühlung entspricht. Für die Bewertung der nächtlichen Wärmebelastung gibt es keine formellen Richtlinien analog dem PET-Index. Die verwendete Bewertungsskala orientiert sich an Schwellenwerten, die bezüglich der Schlafqualität gemeinhin als optimal (16–18°C) oder besonders belastend ($\geq 20^\circ\text{C}$) gelten (GEO-NET 2018).

Zu beachten ist, dass immer die Belastung im Freien gemeint ist. Im Innenraum wird die Wärmebelastung durch verschiedene Faktoren (z.B. Gebäudedämmung, Klimatisierung, Lüftung, Nutzung) stark beeinflusst. Da es für diese Faktoren keine Daten auf Gebäudeebene gibt, kann die Wärmebelastung derzeit für Innenräume nicht ausgewiesen werden. Aber selbst wenn Bewohner im Innenraum gut vor Hitze geschützt sind, können die Verhältnisse im Freien ganz anders sein. Man denke hierbei an den Weg zur Arbeit, Einkäufe, Arztbesuche und Spaziergänge. Nachts kann gemäss VDI-Richtlinien von einem direkten Zusammenhang zwischen Aussen- und Innentemperatur ausgegangen werden. Auch wenn Gebäudeeigenschaften diesen Zusammenhang beeinflussen, wird im Klimamodell deshalb die Aussentemperatur als Näherung für die Innentemperatur betrachtet (GEO-NET 2018).

⁶ Die Wärmebelastung wird im Modell anhand des sogenannten «Klima-Michel» berechnet. Der «Klima-Michel» ist 175 cm gross, wiegt 75 Kilogramm, hat eine Körperoberfläche von 1.9 Quadratmetern und ist 35 Jahre alt (GEO-NET 2018).

Grafik 1: Bewertungsskala der Wärmebelastung tagsüber und nachts

Wärmebelastung (PET) tagsüber (14:00)	Wärmebelastung (Lufttemperatur) nachts (04:00)
 mässig: ≥ 29 bis < 35 °C	 nicht vorhanden: $< 17,5$ °C
 stark: ≥ 35 bis < 37 °C	 schwach: $\geq 17,5$ °C bis $< 18,0$ °C
 sehr stark: $\geq 37,0$	 mässig: $\geq 18,0$ °C bis $< 19,0$ °C
 Belastung nicht bekannt	 hoch: ≥ 19
	 Belastung nicht bekannt

Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Hinweis: Der Grafik sind folgende Anmerkungen zuzufügen:

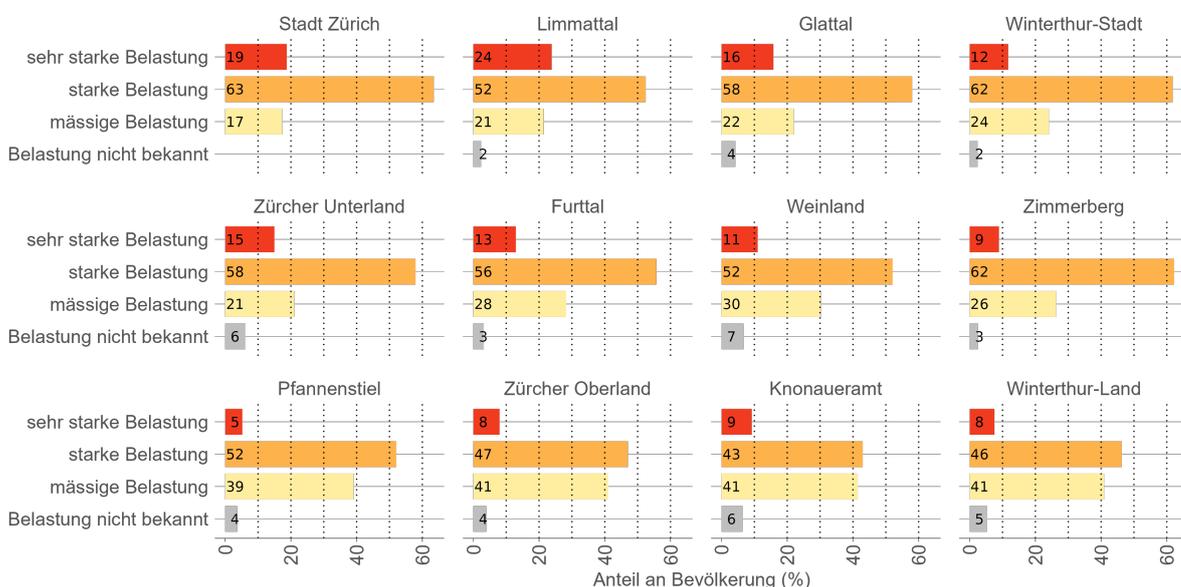
- *Anmerkung 1:* Bei der hier aufgeführten Bewertungsskala handelt es sich um die Klassierung, die in den «Planhinweiskarten» verwendet wird. Allerdings wurden Klassen, die weniger als 1 Prozent der Einwohner betreffen, mit einer häufiger vorkommenden Nachbarklasse zusammengefasst. Deshalb sind in dieser Analyse weniger Klassen vorhanden als in den Planhinweiskarten. Bei der Wärmebelastung tagsüber wurden erstens die Klassen «keine Belastung» und «schwache Belastung» mit der Klasse «mässige Belastung», und zweitens die Klasse «extreme Belastung» mit der Klasse «sehr starke Belastung» zusammengefasst. Bei der nächtlichen Wärmebelastung wurde die Klasse «sehr hoch» mit der Klasse «hoch» zusammengefasst.

- *Anmerkung 2:* Die «Planhinweiskarten» sind nicht flächendeckend. Es sind nur Quartiere in Wohn- & Mischzonen abgebildet. Dies bedeutet, dass nicht alle Gebäude bzw. Einwohner einer Wärmebelastungsklasse zugeordnet werden können. Vor allem in Siedlungen, die seit 2016 entstanden sind, fallen viele Einwohner in die Klasse «Belastung nicht bekannt». Dies lässt sich dadurch erklären, dass Quartiere mit Datenstand 2015 als Grundlage für die «Planhinweiskarten» verwendet wurden.

Die Mehrheit leidet tagsüber unter starker Wärmebelastung

Um zu ermitteln, wie viele Menschen wärmebelastet sind, wurden die Einwohnerdaten mit den Quartieren der Planhinweiskarten verknüpft⁷. Tagsüber ist an einem heissen Sommertag nahezu die gesamte Bevölkerung im Kanton Zürich einer Wärmebelastung ausgesetzt⁸ (Grafik 2). Mit 70 Prozent ist die grosse Mehrheit der Bevölkerung sogar einer *starken* bis *sehr starken* Wärmebelastung ausgesetzt. Das kantonale Gesamtbild ist natürlich von den bevölkerungsreichen Regionen geprägt (siehe Anhang 1). Zwischen den Regionen (Grundlage bilden die Planungsregionen des Kantons, siehe Anhang 2) zeigen sich jedoch grosse Unterschiede bei der Wärmebelastung. Während beispielsweise tagsüber in der Stadt Zürich 17 Prozent der Bevölkerung nur *mässig* belastet sind, sind es in den ländlichen Regionen⁹ Oberland, Knonaueramt und Winterthur-Land¹⁰ knapp über 40 Prozent. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die Klassierung der Wärmebelastung tagsüber am thermischen Empfinden einer Normperson im Freien orientiert. Das individuelle Befinden kann durchaus davon abweichen.

Grafik 2: Bewertungsskala der Wärmebelastung tagsüber



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

⁷ Berücksichtigt werden alle Einwohner, die am Stichtag 31.12.2022 im Kanton Zürich leben. Die Einwohner wurden mithilfe des Gebäuderegisters geokodiert.

⁸ Weniger als 0.3 Prozent der Bevölkerung wohnen in Quartieren mit *keiner* bzw. *schwacher* Wärmebelastung.

⁹ In dieser Analyse werden Regionen mit einem Versiegelungsgrad von mehr als 20 Prozent als städtisch bezeichnet (Siehe Grafik 5). Dieses Kriterium erfüllen die Regionen Stadt Zürich, Glattal, Limmattal und Winterthur-Stadt.

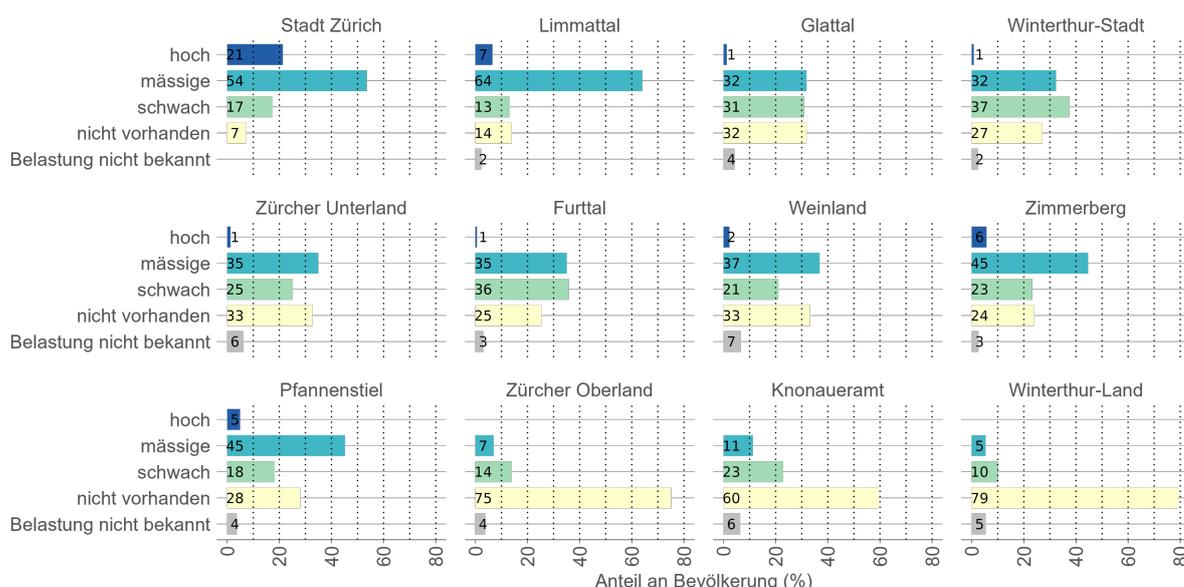
¹⁰ Um die Effekte von städtischen Umgebungen auf die Wärmebelastung gezielter zu untersuchen, wird in dieser Analyse die Stadt Winterthur separat betrachtet. Die übrigen Gemeinden der Region «Winterthur und Umgebung» werden hier als «Winterthur-Land» ausgewiesen.

Hitzeperioden sind auch nachts belastend

Wenn die Temperaturen nachts hoch bleiben, stellt dies eine zusätzliche Belastung dar. Da die optimale Schlaftemperatur gemeinhin zwischen 16 und 18°C liegt (GEO-NET 2018), ist die Schlafqualität an Orten mit höheren Temperaturen beeinträchtigt. Dies führt dazu, dass die Erholung zu kurz kommt, was sich negativ auf die Hitzetoleranz am folgenden Tag auswirkt (Stadt Zürich n.d. a). Im Klimamodell liegt die nächtliche Aussentemperatur an Orten mit *mässiger* bis *hoher* nächtlicher Wärmebelastung über der optimalen Schlaftemperatur. Nachts leiden rund 45 Prozent der Bevölkerung darunter, sofern es keine Massnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung im Wohngebäude gibt. Da sich die ausgewiesene Wärmebelastung auf die Situation um 4 Uhr morgens, also auf den Zeitpunkt der stärksten Abkühlung bezieht, kann davon ausgegangen werden, dass die effektive Wärmebelastung zuvor höher ist. Es soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass sich die nächtliche Klassierung der Wärmebelastung auf Schwellenwerte bezieht, die gemeinhin als relevant für die Schlafqualität gelten. Das individuelle Wärmeempfinden kann durchaus davon abweichen.

Auch in der Nacht gibt es deutliche regionale Unterschiede. Der Anteil der *mässig* bis *hoch* belasteten Einwohner schwankt von 5 Prozent in Winterthur-Land bis 75 Prozent in der Stadt Zürich (Grafik 3). Der Unterschied der Wärmebelastung tagsüber und nachts weist darauf hin, dass die nächtliche Abkühlung vielerorts etwas Entspannung für den menschlichen Körper bringt.

Grafik 3: Wärmebelastung der Bevölkerung nachts



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

Die Höhenlage beeinflusst die Wärmebelastung massgeblich

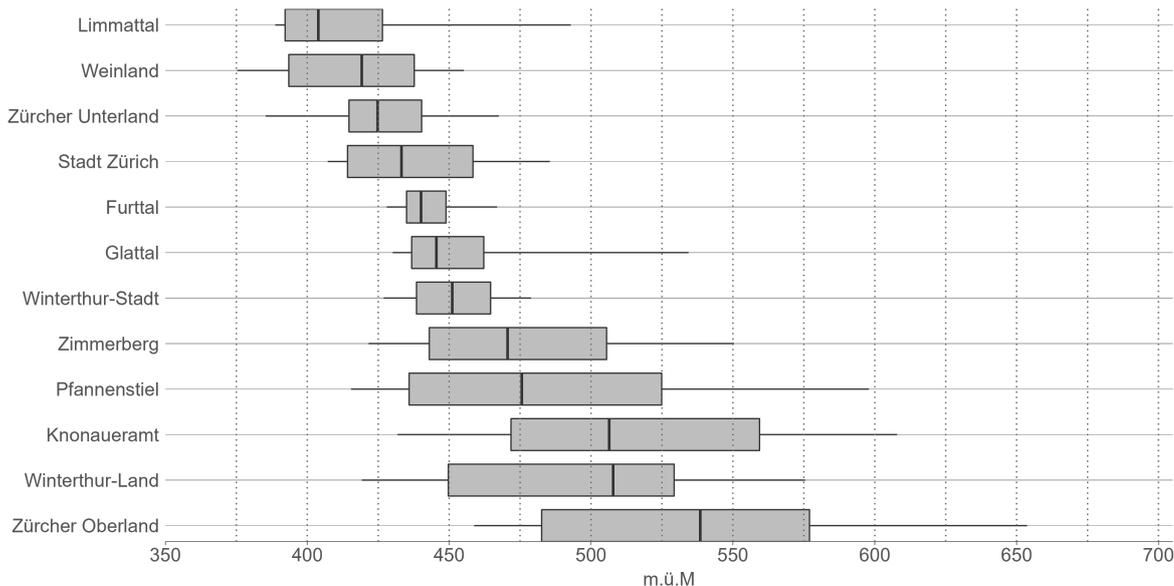
Tendenziell ist es in höher gelegenen Gebieten kühler als in tieferen Lagen. Im Durchschnitt sinkt die Temperatur in der betrachteten Ausgangslage pro 100 Meter Höhenunterschied um 1°C ¹¹. Aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen der Regionen sind deshalb deutliche Unterschiede bei der Wärmebelastung zu erwarten. Grafik 4 illustriert die regionalen Unterschiede der Höhenlagen der Wohnorte: der Medianwert des Wohnsitzes der Einwohner und Einwohnerinnen reicht von rund 400 Meter über Meer im Limmattal bis fast 540 Meter über Meer im Zürcher Oberland. Des Weiteren zeigt die Grafik, dass die Bevölkerung in einem relativ breiten Band an unterschiedlichen Höhenlagen lebt: Im Zürcher Oberland und Pfannenstiel lebt 80 Prozent der Bevölkerung innerhalb einer Höhendifferenz von fast 200 Meter, im Furttal hingegen beträgt diese Bandbreite weniger als 40 Meter. Bei der Betrachtung der Wärmebelastung auf Regions- und Kantonebene ist diese Heterogenität zu berücksichtigen.

Ein Vergleich der Wärmebelastung zwischen den Regionen (Grafik 2 und 3) bestätigt den oben beschriebenen Zusammenhang mit der Höhe: In den drei höchstgelegenen Regionen Zürich Oberland, Winterthur-Land und Knonaueramt (Median > 500 Meter über Meer, siehe Grafik 4) ist die Bevölkerung sowohl tagsüber als auch nachts der geringsten Wärmebelastung ausgesetzt: Tagsüber sind in diesen Regionen knapp über 40 Prozent der Bevölkerung einer *mässigen* Wärmebelastung ausgesetzt, und nachts ist sogar bei über 60 Prozent der Bevölkerung *keine* Wärmebelastung zu verzeichnen. In den tiefer gelegenen Regionen (Median < 450 Meter über Meer, siehe Grafik 4) ist die Wärmebelastung der Bevölkerung hingegen grösser: Tagsüber sind in diesen Regionen jeweils höchstens 30 Prozent der Bevölkerung einer *mässigen* Wärmebelastung ausgesetzt. In der Nacht spürt in diesen Regionen maximal ein Drittel der Bevölkerung *keine* Wärmebelastung.

Da im Kanton Zürich in tieferen Höhenlagen sowohl städtische (Limmattal, Stadt Zürich, Glattal, Winterthur-Stadt) als auch ländlichere Regionen (Weinland, Zürcher Unterland, Furttal) zu finden sind, erklärt der Höhenunterschied allein nicht die Unterschiede in der Wärmebelastung der tiefer gelegenen Regionen. Weitere Faktoren, welche die Wärmebelastung beeinflussen, werden untenstehend diskutiert.

¹¹ Trockenadiabatischer Temperaturgradient

Grafik 4: Verteilung der Bevölkerung nach Höhe über Meer



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Digitales Höhenmodell (Swisstopo)

Lesehilfe: Die Hälfte der Einwohner im Limmattal wohnt tiefer als der Medianwert von rund 400 m.ü.M. und die Hälfte wohnt höher. Der Medianwert ist mit dem schwarzen vertikalen Strich im Rechteck eingezeichnet. Das Rechteck selbst markiert den mittleren Bereich, in dem 50 Prozent der Einwohner leben (390 bis 425 m.ü.M.). Das Ende der vertikalen schwarzen Striche bezeichnet die Grenze zu den 10 Prozent der Einwohner, die am tiefsten (tiefer als 390 m.ü.M.) respektive am höchsten (höher als 490 m.ü.M.) leben.

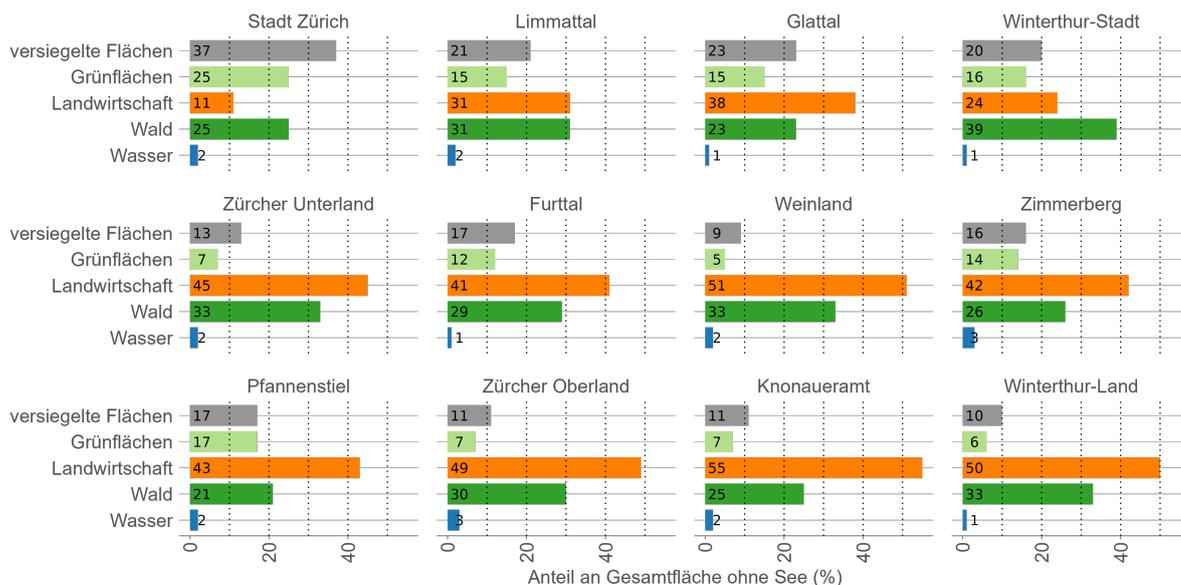
Der Wärmeinseleffekt führt zu hoher Wärmebelastung

Das Lokalklima in Städten weicht oft von jenem im Umland ab (BAFU 2012). Faktoren, die dazu führen, sind eine infolge dichter Bebauung eingeschränkte Windzirkulation, fehlende Grünflächen, die Abwärme von Industrie, Gebäude und Verkehr sowie die Absorption der einfallenden Sonnenstrahlen durch die vielen versiegelten Flächen – wie auch deren spätere Abgabe in Form von Wärmestrahlung. All diese Faktoren führen dazu, dass die Wirkung von Hitzewellen in urbanen Regionen verstärkt wird: Tagsüber findet eine stärkere Erwärmung statt, und nachts strahlen die versiegelten Flächen die gespeicherte Wärme wieder ab und erwärmen damit die Umgebungsluft. Das Ergebnis des unterschiedlichen Wärmehaushalts zwischen Stadt- und Landflächen wird als Wärmeinseleffekt bezeichnet. In der Stadt Zürich liegt die mittlere Lufttemperatur über das Jahr gesehen um 1 bis 3 Grad über den Werten des Umlands oder grosser innerstädtischer Grünflächen. In windschwachen Sommernächten mit wolkenlosem Himmel kann dieser Unterschied bis zu 7 Grad betragen (Stadt Zürich 2020 & Stadt Zürich n.d.b).

Betrachtet man die Regionen, in denen die versiegelte Fläche mindestens 20 Prozent ausmacht – namentlich die Stadt Zürich, das Glattal, das Limmattal und Winterthur-Stadt (siehe Grafik 5) –, so ist zu erkennen, dass die Wärmebelastung in der Stadt Zürich und im Limmattal am stärksten ist (Grafik 2 und 3): Vor allem nachts sind in diesen beiden Regionen anteilmässig so viele Menschen von der Hitze betroffen wie sonst nirgends im Kanton.

In der Stadt Winterthur und im Glattal, in denen tagsüber ebenfalls ein Grossteil der Bevölkerung einer *starken* bis *sehr starken* Wärmebelastung ausgesetzt ist, sorgt die nächtliche Abkühlung für Entspannung: Nachts ist in diesen Regionen praktisch niemand einer *hohen* Wärmebelastung ausgesetzt. Die Bevölkerung dieser Regionen wohnt etwas höher als im Limmattal und in der Stadt Zürich. Allerdings ist der Höhenunterschied gering: Die Medianwerte des Limmattals und der Stadt Winterthur unterscheiden sich um knapp 50 Meter. Die Unterschiede in der Wärmebelastung dürften also nicht nur auf die Höhenlage zurückzuführen sein. Weitere Faktoren, die zu Unterschieden in der Wärmebelastung beitragen, sind u.a. Unterschiede in der Landnutzung und Topographie, wie nachfolgend erklärt.

Grafik 5: Landnutzungsklassen nach Region



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Bodenbedeckung (Amtliche Vermessung Kanton Zürich 2024)

Hinweis: Für die hier dargestellten Landnutzungsklassen wurden die «Einzelobjekte» (ART) wie folgt zusammengefasst:

- *versiegelte Flächen*: Gebäude, befestigte Fläche, Strasse Weg, Trottoir, Verkehrsinsel, Abbau, Deponie, Bahngelände, Flugplatz
- *Grünflächen*: humusreiche Fläche, Gartenanlage
- *Landwirtschaft*: Acker, Wiese, Weide, Intensivkultur, Reben
- *Wald*: bestockte Fläche geschlossener Wald
- *Wasser*: fließendes Gewässer, Hoch-, Flachmoor, Schilfgürtel, Wasserbecken. Stehende Gewässer (See) wurden nicht betrachtet, da die grossen Seen in mehreren Regionen liegen.

Da die Einzelobjekte Fels und Geröll & Sand zusammen nur 0.03 Prozent der Kantonsfläche ausmachen, werden sie in dieser Analyse nicht betrachtet.

Der Zürichsee trägt zur nächtlichen Wärmebelastung bei

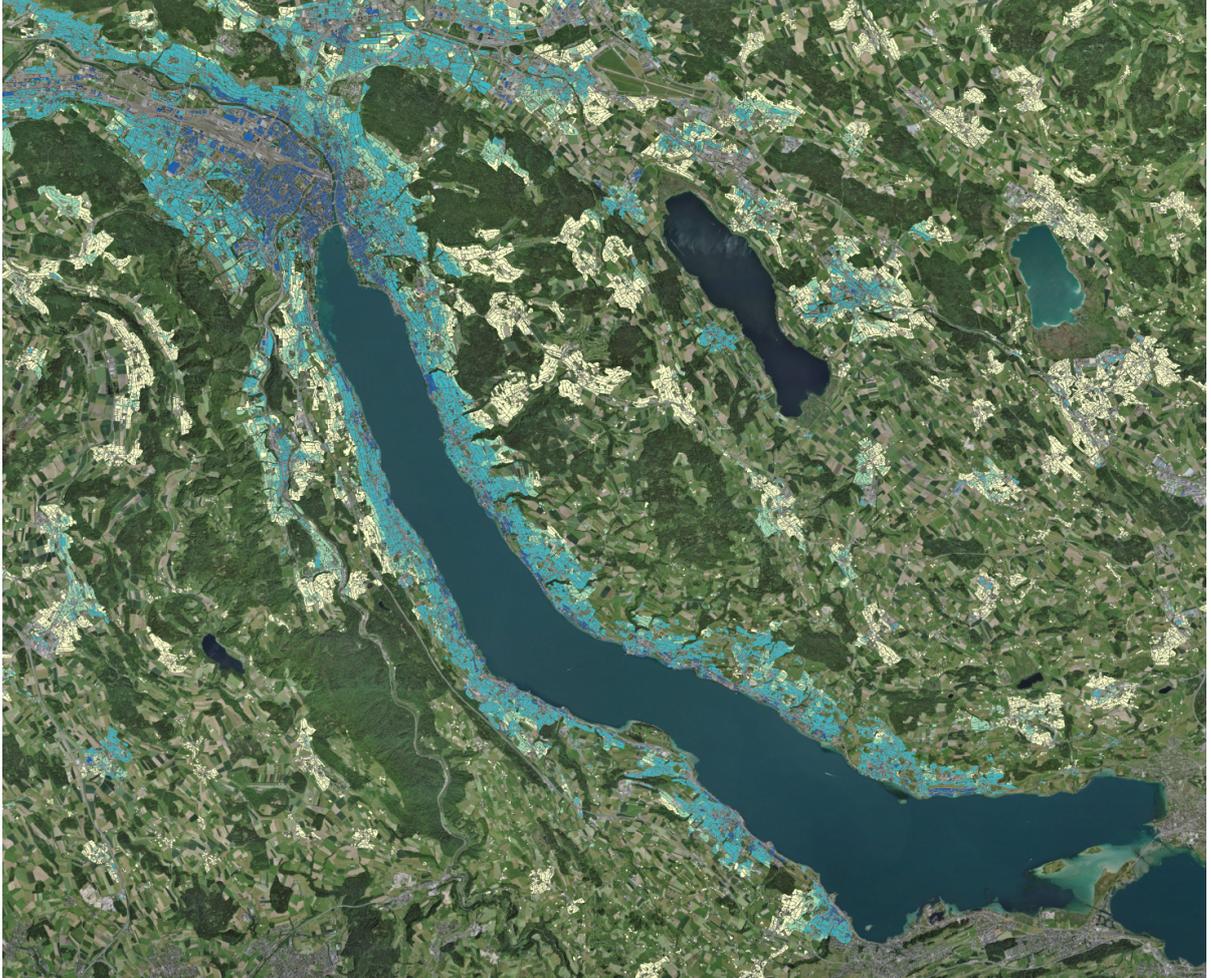
Als grosses Gewässer ist der Zürichsee ein Wärmespeicher und sorgt für eine ziemlich konstante Temperatur. Tagsüber wirkt er eher kühlend und nachts eher wärmend (Stadt Zürich 2020). Wie stark der wärmende nächtliche Effekt dieses Wasserbeckens ist, kann in den Regionen rund um den Zürichsee - dem Zimmerberg, Pfannenstiel und der Stadt Zürich - beobachtet werden. Mindestens 50 Prozent der Bevölkerung sind nachts einer *mässigen* bis *hohen* Wärmebelastung ausgesetzt. Nur im Limmattal liegt die nächtliche Wärmebelastung der Bevölkerung in derselben Grössenordnung (siehe Grafik 3).

In den Regionen Pfannenstiel und Zimmerberg gibt es beträchtliche Unterschiede zwischen Gemeinden mit Siedlungsgebieten in Seenähe und Gemeinden mit etwas höher gelegenen Siedlungsgebieten wie z.B. Hombrechtikon (siehe Anhang 3). In Hombrechtikon ist nachts nur sieben Prozent der Bevölkerung einer *mässigen* und praktisch niemand einer *hohen* Wärmebelastung ausgesetzt.

Der Greifensee und der Pfäffikersee hingegen scheinen die nächtliche Wärmebelastung kaum zu beeinflussen: In den umliegenden Gemeinden ist praktisch niemand einer *hohen* Wärmebelastung ausgesetzt. Es gibt mehrere Unterschiede zwischen diesen Seebecken und dem Zürichsee, welche die unterschiedlichen Wärmebelastungen erklären können: Erstens sind der Greifensee und der Pfäffikersee wesentlich kleiner als der Zürichsee, sowohl was die Fläche als auch was das Volumen angeht. Zweitens kann die Höhe eine Rolle spielen: während der Höhenunterschied zwischen dem Greifensee und dem Zürichsee nur 30 Meter beträgt, ist der Pfäffikersee 130 Meter höher gelegen als der Zürichsee. Drittens fällt auf, dass die Umgebung des Greifensees und des Pfäffikersees weniger dicht bebaut ist als die Ufer des Zürichsees, wie Grafik 6 illustriert: Bei den meisten Gemeinden rund um den Greifen- und Pfäffikersee liegt das Siedlungsgebiet nicht direkt am Ufer. Somit ist vorstellbar, dass der Wärmeinseleffekt am Ufer des Zürichsees grösser ist und sich dort mit der Wirkung des Sees überlagert¹². Der jeweilige Einfluss dieser Faktoren kann anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht beziffert werden.

¹² In der Stadt Zürich sind nachts über 70 Prozent der Bevölkerung einer *mässigen* bis *hohen* Wärmebelastung ausgesetzt. Dies sind deutlich mehr als in den Regionen Pfannenstiel und Zimmerberg, wo nur etwa die Hälfte der Bevölkerung derselben Wärmebelastung ausgesetzt ist, und lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass sich in der Stadt Zürich der wärmende Einfluss des Sees und der Wärmeinseleffekt überlagern. Aus der Forschung ist bekannt, dass die Grösse des zusammenhängenden Siedlungsgebiets den Wärmeinseleffekt verstärkt (Oke, T. R. 1973).

Grafik 6: Wärmebelastung nachts in Seenähe



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

Hinweis: Hier werden nur bewohnte Quartiere dargestellt. Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Kaltluftströme führen zur Abkühlung

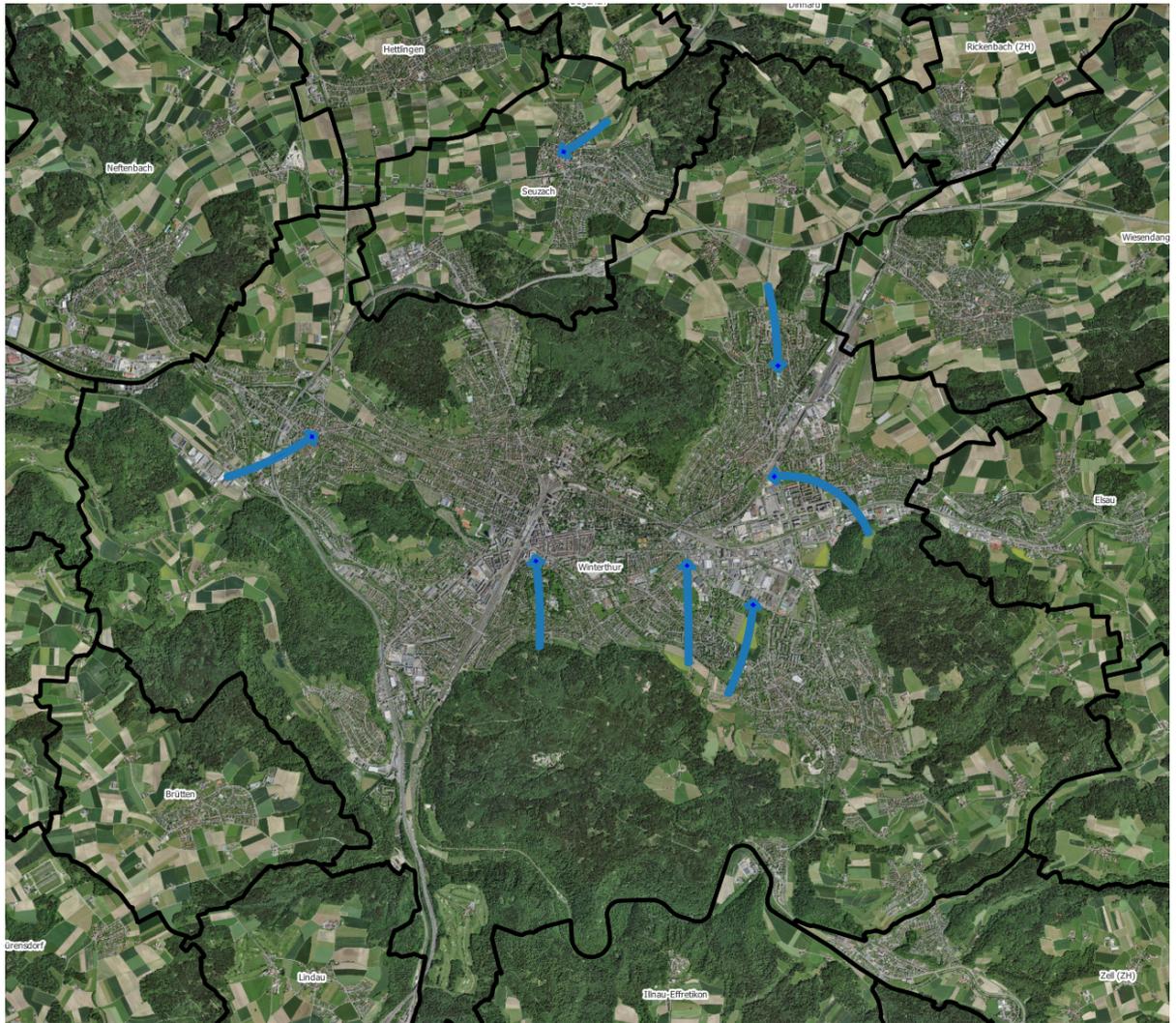
Tagsüber, aber vor allem nachts, ist die Wärmebelastung in Winterthur geringer als in Zürich. Dies mag überraschen, denn obwohl Zürich wesentlich mehr Einwohner hat, lässt die Grösse Winterthurs dennoch einen ausgeprägten nächtlichen Wärmeinseleffekt erwarten. Die Einwohner des Winterthurer Stadtgebiets sind zwar nachts wesentlich stärker wärmebelastet als jene in den meisten umliegenden Gemeinden, aber im Gegensatz zu Zürich und dem Limmattal ist kaum jemand *hoch* belastet (siehe Anhang 3).

Es wurde bereits festgestellt, dass der Zürichsee wesentlich zur nächtlichen Erwärmung in Zürich beiträgt. Dieser Einfluss fehlt in Winterthur. Beide Städte sind jedoch von vegetationsgeprägten Hügeln umgeben. Diese prägen das Stadtklima massgeblich, denn vegetationsgeprägte Oberflächen kühlen schneller ab als bebaute Flächen. Da kalte Luft sinkt, entstehen sogenannte Kaltluftströme, die für Abkühlung sorgen¹³. Ob und wie stark eine Stadt von Kaltluftströmen profitiert, hängt von der Grösse und Lage der Vegetationsflächen und der Oberflächenstruktur des Siedlungsgebietes ab, welche das Eindringen von Kaltluft erleichtern oder bremsen kann (GEO-NET 2022).

Die grosse Bedeutung der nächtlichen Kaltluftströmung für die Wärmebelastung in Winterthur wurde in einer Studie belegt, die auf demselben Modell basiert, mit dem die Wärmebelastung für den Kanton Zürich modelliert wurde (GEO-NET 2022). Einen solchen Kaltluftstrom gibt es auch in der Stadt Zürich. Betrachtet man jedoch die Landnutzung (Grafik 5), so ist zu erkennen, dass die Wald- und Landwirtschaftsflächen der Stadt Zürich anteilmässig weniger gross sind als in der Stadt Winterthur. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass diese Flächen dazu beitragen, dass die nächtliche Wärmebelastung in Winterthur weniger stark ausgeprägt ist als in Zürich. Auch Grünflächen wie Parks, Gärten und Friedhöfe können Kaltluft produzieren. Solche Flächen sind in Zürich häufiger als in Winterthur. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass der Effekt dieser Flächen meist lokal begrenzt ist.

¹³ Kaltluft entsteht in der Regel nachts über vegetationsgeprägten Oberflächen, die ihre gespeicherte Wärme schneller an die Atmosphäre abgeben. Dies ist vor allem bei Flächen mit niedriger Vegetation, wie z.B. Äcker oder Wiesen, der Fall. Wälder kühlen die Luft nachts nicht im gleichen Ausmass. Allerdings können grosse Waldflächen trotzdem wesentlich zur Kaltluftproduktion beitragen. Versiegelte Flächen können mehr Energie speichern und produzieren somit praktisch keine Kaltluft.

Grafik 7: Kaltluftleitbahnen in der Stadt Winterthur



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Swisstopo

Deutliche Unterschiede in der nächtlichen Wärmebelastung zwischen Limmattal und Glattal

Tagsüber ist die Bevölkerung im Limmat- und im Glattal ähnlich stark wärmebelastet. Nachts gibt es jedoch deutliche Unterschiede: Während im Limmattal rund 70 Prozent der Bevölkerung eine *mässige* bis *hohe* Wärmebelastung erleiden, ist dies im Glattal nur bei rund 30 Prozent der Bevölkerung der Fall (siehe Grafik 2 und 3). Die stark wärmebelasteten Gemeinden im Limmattal liegen alle im Talboden (Dietikon und Schlieren) oder am Südhang des Haupttals (Oetwil a.d.L., Geroldswil, Weiningen, Unterengstringen, Oberengstringen): Während in diesen Gemeinden mehr als 70 Prozent der Bevölkerung einer *mässigen* bis *hohen* nächtlichen Wärmebelastung ausgesetzt sind, sind es in den höher gelegenen Gemeinden (Urdorf, Birmensdorf, Aesch, Uitikon) maximal etwas über 30 Prozent (siehe Anhang 3). Im Glattal wird die maximale nächtliche Wärmebelastung in den Gemeinden Wallisellen, Opfikon und Rümlang¹⁴ erreicht: Maximal 60 Prozent der Bevölkerung wohnen hier an Lagen mit *mässiger* bis *hoher* nächtlicher Wärmebelastung.

Weder die Höhe noch die Landnutzung erklären diesen regionalen Unterschied abschliessend. Die Bevölkerung im Glattal lebt zwar etwas höher als jene des Limmattals, der Unterschied ist relativ gering (siehe Grafik 4). Ferner ist der Anteil der Landnutzungsklassen in beiden Regionen sehr ähnlich (siehe Grafik 5). Die hohe nächtliche Wärmebelastung des Limmattaler Talbodens lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass die eine Talseite südlich exponiert ist. Obwohl die Exposition vor allem tagsüber einen direkten Effekt auf die Wärmebelastung hat, beeinflusst dies das Ausmass der nächtlichen Temperaturabweichung (GEO-NET 2018). Auch die Grösse und Dichte des Siedlungsgebiets am Talboden dürfte sich positiv auf das Ausmass der nächtlichen Temperaturabweichung auswirken (GEO-NET 2018). Im Gegensatz zum Limmattaler Talboden gibt es zwischen den Siedlungsgebieten des Glattals grössere Landwirtschafts- und Waldflächen, welche Kaltluft produzieren.

Manchmal ist die Wärmebelastung auch anders als erwartet

In der als sonnig bekannten Region Pfannenstiel ist die Bevölkerung tagsüber einer etwas tieferen Wärmebelastung ausgesetzt als auf der anderen Seeseite am Zimmerberg (siehe Grafik 2). Auf den ersten Blick mag diese Tatsache erstaunen, da der Ruf als sonnige Gegend einen wichtigen Grund für die Attraktivität der zum See geneigten Hänge des Pfannenstiels – auch als Goldküste bekannt – darstellt. Dies insbesondere in Abgrenzung zur gegenüberliegenden Seeseite, welche als Pfnüselküste bezeichnet wird. Aber Achtung: Nicht alle Gemeinden in diesen beiden Regionen zählen zu diesen "Küsten", da einige Gemeinden keinen Seeanstoss haben. Ein Blick auf die Wärmebelastung der Gemeinden mit Seeanstoss (siehe Anhang 3) bestätigt jedoch den Eindruck der höheren Wärmebelastung am Zimmerberg. Ein Vergleich der Landnutzungsbedeckung der beiden Regionen (Grafik 5) gibt nur wenige Anhaltspunkte für einen Erklärungsansatz: Der Anteil der versiegelten Fläche ist in beiden Regionen ähnlich. Eine mögliche Erklärung für die beobachteten Unterschiede der Wärmebelastung ist der gewählte Indikator: Tagsüber wird die Wärmebelastung für 2 Uhr nachmittags modelliert. Zu dieser Tageszeit wurden die östlich exponierten Hänge der Pfnüselküste bereits stärker von der Sonne aufgewärmt als der gegenüberliegende Hang. Der Ruf der Gold- und Pfnüselküste stammt jedoch vor allem von der abendlichen Lage: tatsächlich sind die Siedlungsgebiete der Pfnüselküste abends schneller im Schatten als auf der gegenüberliegenden Seeseite. Eine weitere Erklärung liefern der ausgeprägte Höhenzug und die ausgeprägten Geländeeinschnitte (Küsnachter-, Erlenbacher-, und Meilemer Tobel) der Goldküste,

¹⁴ Sowohl Wallisellen als auch Opfikon liegen unmittelbar neben dem Stadtzürcher Kreis 11 (Oerlikon). In diesem Stadtteil ist der Wärmeinseleffekt besonders ausgeprägt, da dieser Stadtteil nicht von Kaltluft durchströmt wird (GEO-NET 2018). Es ist daher denkbar, dass die Wärmeinsel in Oerlikon auch die Temperatur in diesen Gemeinden beeinflusst. Die Gemeinde Rümlang liegt unmittelbar neben den Flugpisten des Zürcher Flughafens.

welche Kaltluftströme begünstigen. Auf der Pfäfersküste vermindert das Sihltal die Kaltluftströmung Richtung See.

Auch vulnerable Altersklassen sind betroffen

Je nach Alter reagieren Menschen unterschiedlich stark auf Hitze: Als besonders vulnerabel gelten Babys und Kleinkinder (0- bis 4-Jährige)¹⁵ sowie Senioren (> 65-Jährige)¹⁶. Nachfolgend wird untersucht, wie stark diese Bevölkerungsgruppen von der Wärmebelastung betroffen sind (siehe Grafik 8 und 9). Zum Vergleich wird die Wärmebelastung auch für die übrigen Altersgruppen ausgewiesen: Kinder und Jugendliche (5- bis 17-Jährige) sowie Erwachsene im erwerbsfähigen Alter (18- bis 64-Jährige). Es soll hier nochmals erwähnt werden, dass sich die Klassierung der Wärmebelastung tagsüber am thermischen Empfinden einer Normperson und nachts auf gemeinhin gültige Schwellenwerte der Schlafqualität bezieht. Das individuelle Befinden kann durchaus davon abweichen.

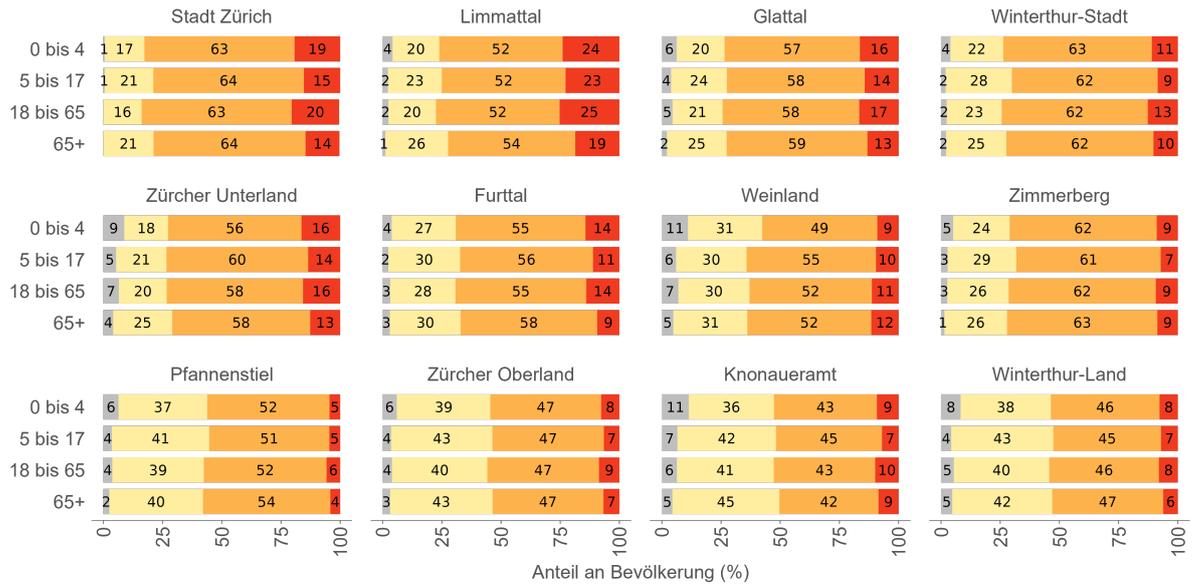
Gesamtkantonal sind sowohl tagsüber als auch nachts nur geringe Differenzen in der Wärmebelastung der eben beschriebenen Altersklassen ersichtlich. Es fällt auf, dass Senioren, vor allem in städtischen Regionen, etwas weniger oft in wärmebelasteten Gebieten leben als Erwachsene im erwerbsfähigen Alter. Weiter ist zu erkennen, dass Kinder und Jugendliche leicht weniger stark wärmebelastet sind als Babys und Kleinkinder oder Erwachsene im erwerbsfähigen Alter. Dieser Unterschied zeigt sich vor allem in den Städten Zürich und Winterthur und ist nachts etwas ausgeprägter. Es liegt somit die Vermutung nahe, dass Familien weniger stark wärmebelastet sind als kinderlose Erwachsene. Die Vermutung bestätigt sich, wenn man die Wärmebelastung der erwerbsfähigen Erwachsenen nach familiärer Situation, d.h. mit oder ohne Kinder (siehe Grafik 10 und 11), in den Städten Zürich und Winterthur betrachtet. In den übrigen Regionen sind sowohl tagsüber als auch nachts kaum Unterschiede zu erkennen.

Die Wohnortwahl nach Altersklasse detaillierter zu untersuchen, sprengt den Rahmen der vorliegenden Studie und wäre Gegenstand einer weiteren Analyse. Insbesondere ist nicht bekannt, ob und inwiefern die Wärmebelastung die Wohnortwahl beeinflusst. Obwohl tagsüber wie auch nachts kaum ein Unterschied in der Verteilung der verschiedenen Altersgruppen auf wärmebelastete Gebiete erkennbar ist, dürften vulnerable Altersklassen trotzdem stärker unter der Wärmebelastung leiden, da sie unter denselben Hitzebedingungen empfindlicher auf die Belastung reagieren als die übrigen Altersklassen. Die vulnerablen Altersklassen machen in allen Regionen mindestens ein Fünftel der Gesamtbevölkerung aus (siehe Anhang 4), wobei der Anteil der Senioren rund drei- bis viermal höher ist als der Anteil der Babys und Kleinkinder. Somit ist ein beträchtlicher Anteil der Bevölkerung den Risiken, die mit einer höheren Wärmebelastung einhergehen, ausgesetzt.

¹⁵ Ihre Haut ist wärmeempfindlicher, ihre Schweißproduktion geringer und das Verhältnis von Hautoberfläche zu Körpergewicht größer als bei erwachsenen Menschen (BZgA n.d. a).

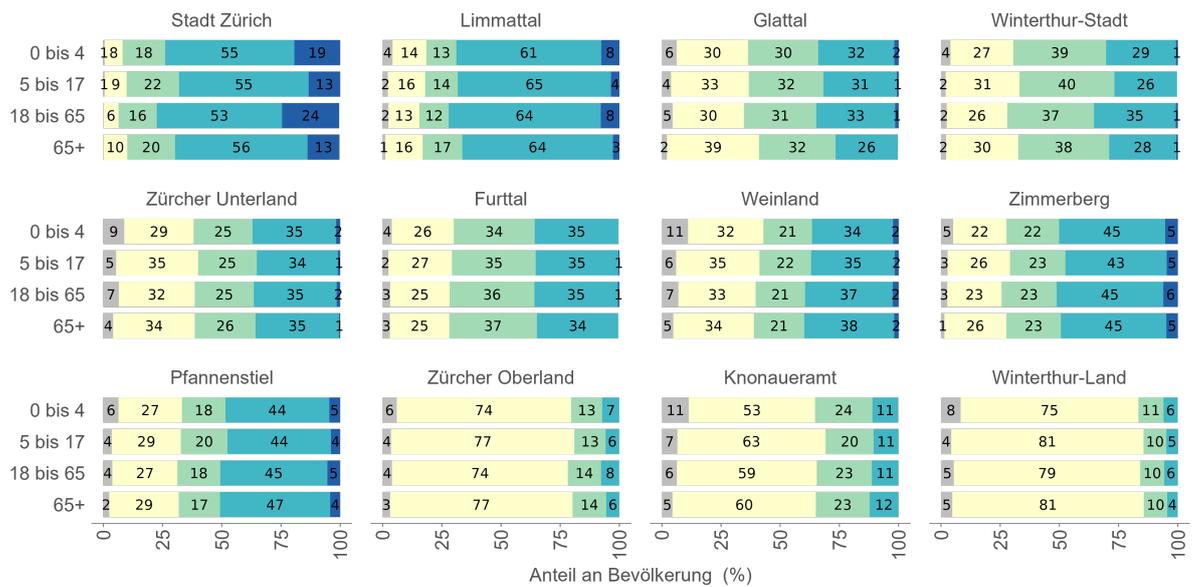
¹⁶ Mit steigendem Lebensalter verlangsamt sich die Körpertemperaturregulierung und reduziert sich das Durstgefühl (BZgA n.d. b).

Grafik 8: Wärmebelastung nach Altersklasse tagsüber



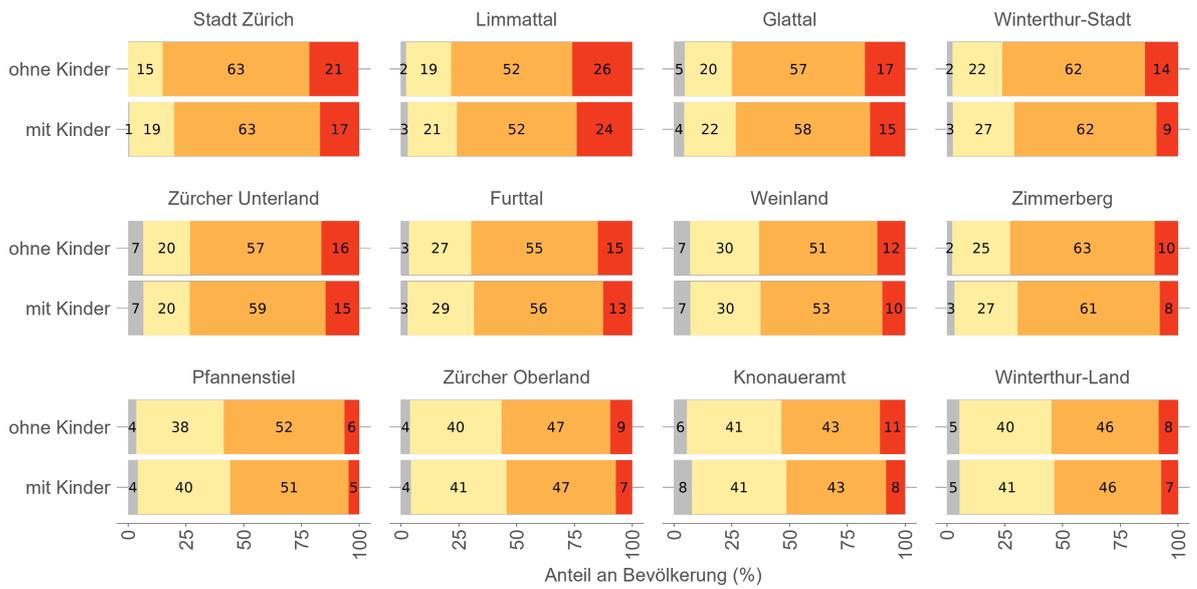
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grafik 9: Wärmebelastung nach Altersklasse nachts



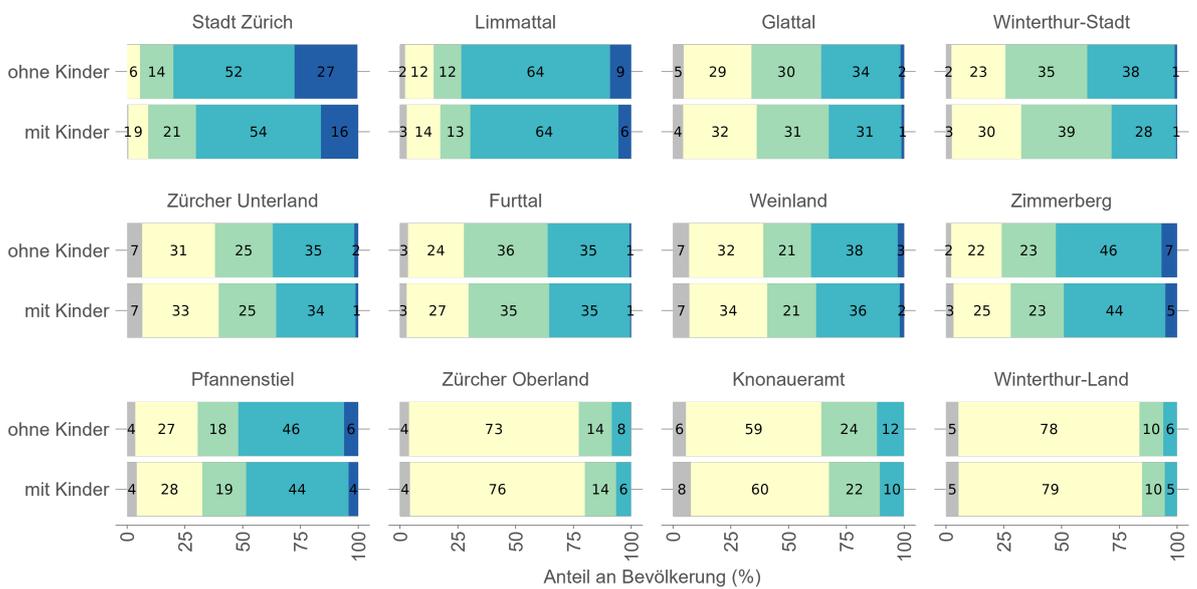
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grafik 10: Wärmebelastung der erwerbsfähigen Erwachsenen nach familiärer Situation: tagsüber



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grafik 11: Wärmebelastung der erwerbsfähigen Erwachsenen nach familiärer Situation: nachts



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Alle Bevölkerungsschichten leiden unter der Hitze

Verschiedene Studien, z.B. aus den USA oder Kanada zeigen, dass ärmere Quartiere stärker von der Wärmebelastung betroffen sind als wohlhabendere Gegenden (Mitchell & Chakraborty 2018, Fan & Sengupta 2022). Um dies für den Kanton Zürich zu untersuchen, wurde das Bruttoeinkommen der Haushalte¹⁷ zusammen mit der Wärmebelastung der Quartiere gemäss der Planhinweiskarte betrachtet. Die Daten zum Bruttoeinkommen stehen auf Hektarebene zur Verfügung: für jeden Gitterpunkt wird die Anzahl Haushalte nach Einkommensklasse ausgewiesen. Damit die Wärmebelastung der Haushalte geschätzt werden kann, wurde jedem Gitterpunkt die Wärmebelastung des nächstgelegenen Quartiers zugeordnet. Die Identifikation von Haushalten mit niedrigen und hohen Einkommen folgt dem Vorgehen des Bundesamtes für Statistik (BFS n.d.). Als Haushalte mit niedrigen Einkommen werden Haushalte klassifiziert, deren Bruttohaushaltseinkommen weniger als 70% des medianen Bruttohaushaltsäquivalenzeinkommens¹⁸ beträgt. Haushalte mit hohem Einkommen sind Haushalte, deren Bruttohaushaltseinkommen mehr als 150% des medianen Bruttohaushaltsäquivalenzeinkommens beträgt.

Grundsätzlich ist Wärmebelastung ein Problem, welches alle Bevölkerungsschichten betrifft. Auch ein wesentlicher Anteil der wohlhabenden Haushalte ist wärmebelastet: Tagsüber sind fast 70 Prozent der wohlhabenden Haushalte einer *starken* bis *sehr starken* Wärmebelastung ausgesetzt und nachts leben fast 50 Prozent an Orten mit *mässiger* bis *hoher* Wärmebelastung (siehe Grafiken 12 und 13).

Tagsüber leiden Haushalte mit hohem Einkommen gleich oder weniger stark unter der Hitze wie Haushalte mit niedrigem Einkommen und die Grundgesamtheit der Haushalte. Besonders deutlich ist der Wärmebelastungs-Unterschied tagsüber im Limmattal zu erkennen: von den Haushalten mit niedrigem Einkommen sind tagsüber 84 Prozent einer *starken* oder *sehr starken* Belastung ausgesetzt. Bei den Haushalten mit hohem Einkommen beträgt dieser Anteil nur 60 Prozent. Auch in den Regionen Glattal, Zürcher Unterland, Winterthur Stadt, Furttal und Knonaueramt sind tagsüber Unterschiede von über 10 Prozentpunkten zu verzeichnen¹⁹. Doch wie ist zu erklären, dass wohlhabendere Haushalte vielerorts weniger wärmebelastet sind als Haushalte mit geringerem Einkommen? Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass wohlhabende Haushalte öfter in Einfamilienhäusern leben als Haushalte mit geringerem Einkommen. Einfamilienhaus-Quartiere sind aufgrund verschiedener Faktoren, wie geringere Dichte oder grössere Grünflächen weniger wärmebelastet. Auf diesen Unterschied wird im nachfolgenden Abschnitt detaillierter eingegangen.

Auch nachts sticht das Limmattal hervor: Fast 80 Prozent der Haushalte mit niedrigem Einkommen sind dort einer *mässigen* bis *hohen* nächtlichen Wärmebelastung ausgesetzt. Bei Haushalten mit hohem Einkommen ist nur etwas mehr als die Hälfte davon betroffen. Dieses Muster ist auch in den Regionen Glattal, Winterthur Stadt und Knonaueramt sichtbar, auch

¹⁷ In dieser Auswertung wird nur das Einkommen berücksichtigt, denn Alter und Vermögen sind korreliert. Die Wärmebelastung der Altersklassen wird bereits oben ausführlich diskutiert. Ausgewertet wurde das Bruttoeinkommen für das Jahr 2018. Für 15 Prozent der Haushalte sind keine Daten vorhanden. Dabei handelt es sich erstens um quellenbesteuerte Haushalte und zweitens um Haushalte, für die eine definitive Steuererklärung noch nicht vorliegt (v.a. sehr wohlhabende Haushalte). Vergleicht man jedoch die Wärmebelastung der Grundgesamtheit der Haushalte (räumliche Auflösung: Hektar) mit der Wärmebelastung der Einwohner (räumliche Auflösung: Gebäude) nach Region, so ist das Ergebnis praktisch identisch. Dies ist ein gutes Zeichen, denn es bedeutet, dass die Bruttoeinkommensdaten zu guten Resultaten führen.

¹⁸ Die finanzielle Situation von Haushalten wird nicht nur vom Einkommen, sondern auch vom Alter und der Anzahl der Haushaltsmitglieder beeinflusst. Ein Jahreseinkommen von Fr. 85'000 bedeutet für die finanziellen Möglichkeiten eines Einpersonenhaushalts nicht das Gleiche wie für ein Elternpaar mit zwei Kindern. Um Haushalte unterschiedlicher Grösse und Zusammensetzung besser miteinander vergleichen zu können, wird das sogenannte Äquivalenzeinkommen berechnet, welches die Anzahl und das Alter der Haushaltsmitglieder berücksichtigt.

¹⁹ Der Anteil der wohlhabenderen Haushalte, die in Einfamilienhäusern leben ist in den Regionen Limmattal, Furttal und Glattal mehr als dreimal so gross wie derselbe Anteil bei den Haushalten mit geringerem Einkommen.

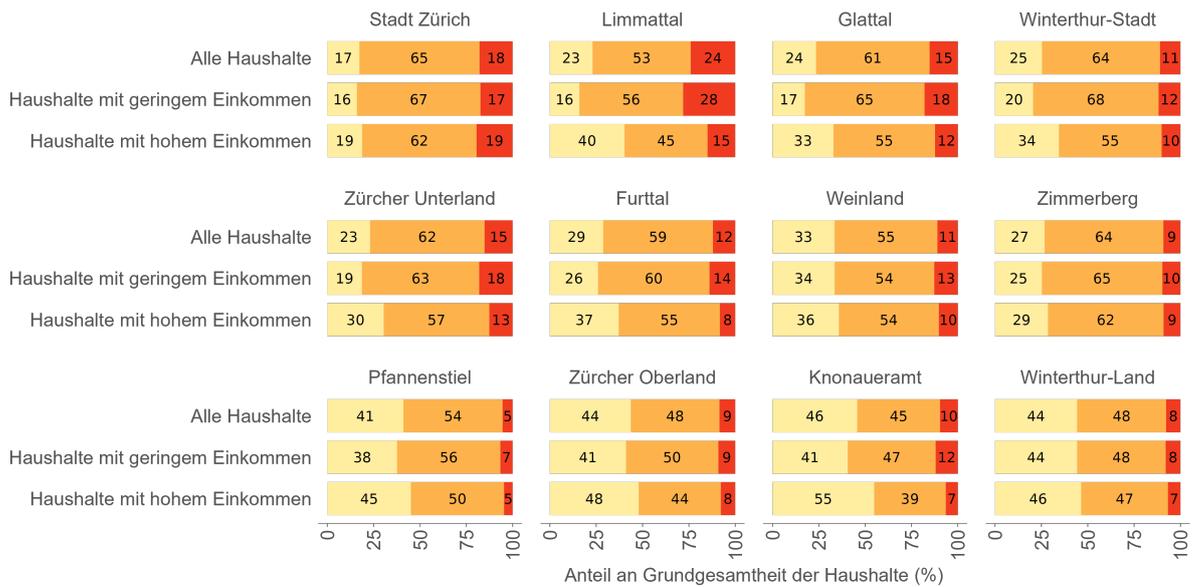
wenn weniger stark ausgeprägt. In den Regionen Stadt Zürich, Zimmerberg und Pfannenstiel ist das Muster nachts jedoch umgekehrt²⁰: Haushalte mit hohem Einkommen sind einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt als Haushalte mit niedrigem Einkommen und die Grundgesamtheit der Haushalte. Dies ist auch in den Gemeinden Schlieren, Dietikon und Wallisellen zu erkennen, die nicht in diesen Regionen liegen. Die eben beschriebene Beobachtung lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass mehrere Faktoren, welche die Wärmebelastung fördern, eine Wohnlage gleichzeitig auch begehrter machen. Dazu gehören z.B. zentrale Lagen, vorwiegend südlich exponierte Lagen sowie Seenähe.

Der in verschiedenen Ländern beobachtete Zusammenhang zwischen Einkommen und Wärmebelastung kann für den Kanton Zürich somit nur teilweise bestätigt werden. Vor allem folgende zwei Beobachtungen relativieren dies: Erstens ist Wärmebelastung ein Problem, das alle Bevölkerungsschichten betrifft, auch ein wesentlicher Anteil der wohlhabenden Haushalte leidet unter der Wärmebelastung. Zweitens gibt es im Kanton Zürich Regionen, bei denen die Wärmebelastung für höhere Einkommen stärker ist. Abschliessend sei noch festgehalten, dass die erwähnten internationalen Studien oftmals an Orten durchgeführt wurden, in denen deutlich grössere sozioökonomische Unterschiede als in der Schweiz bestehen, und die räumliche Trennung von einkommensschwachen und einkommensstarken Haushalten ausgeprägter ist.

Es soll an dieser Stelle auch nochmals erwähnt werden, dass mit Wärmebelastung die Belastung im Freien gemeint ist und dass sich die Belastung im Innenraum davon unterscheiden kann. Da Massnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung im Innenraum kostspielig sind, ist es trotz der relativ geringen Unterschiede in der Wärmebelastung zwischen den hier betrachteten Einkommensgruppen möglich, dass Haushalte mit niedrigeren Einkommen im Innenraum einer grösseren Belastung ausgesetzt sind als jene mit höherem Einkommen. Dies kann anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht untersucht werden.

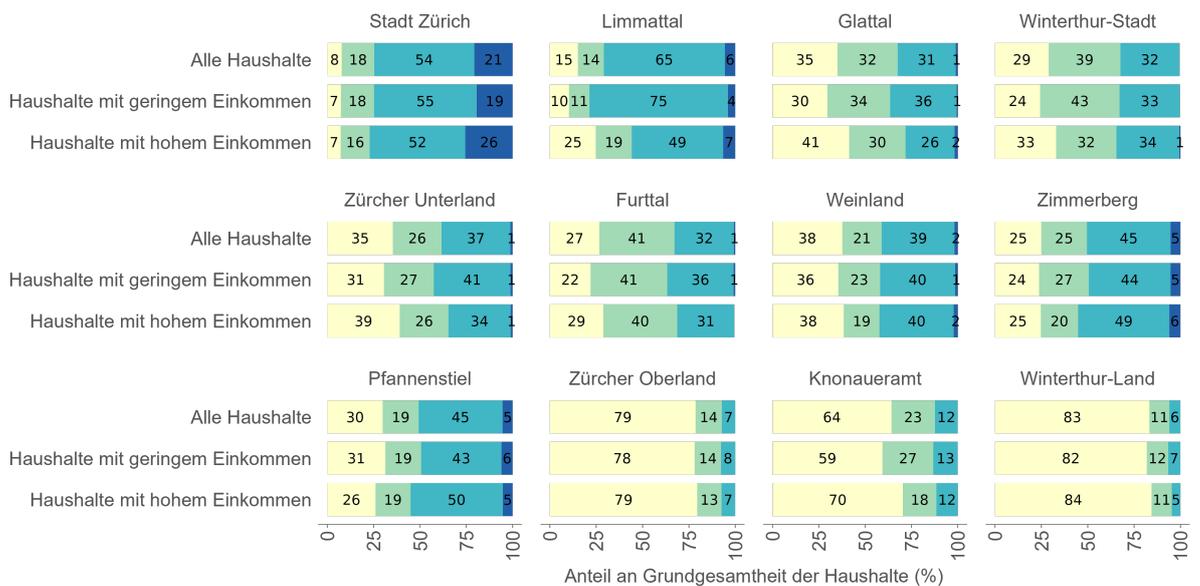
²⁰ Vergleicht man den Anteil der Haushalte, die in Mehrfamilienhäusern leben, so sind die Unterschiede zwischen einkommensschwachen und einkommensstarken Haushalten in den Regionen Stadt Zürich, Zimmerberg und Pfannenstiel am geringsten.

Grafik 12: Wärmebelastung nach Einkommen tagsüber



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Haushaltsfinanzstatistik Kanton Zürich (2018)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grafik 13: Wärmebelastung nach Einkommen tagsüber



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Haushaltsfinanzstatistik Kanton Zürich (2018)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Die Umgebung von Mehrfamilienhäusern ist wärmer als jene von Einfamilienhäusern

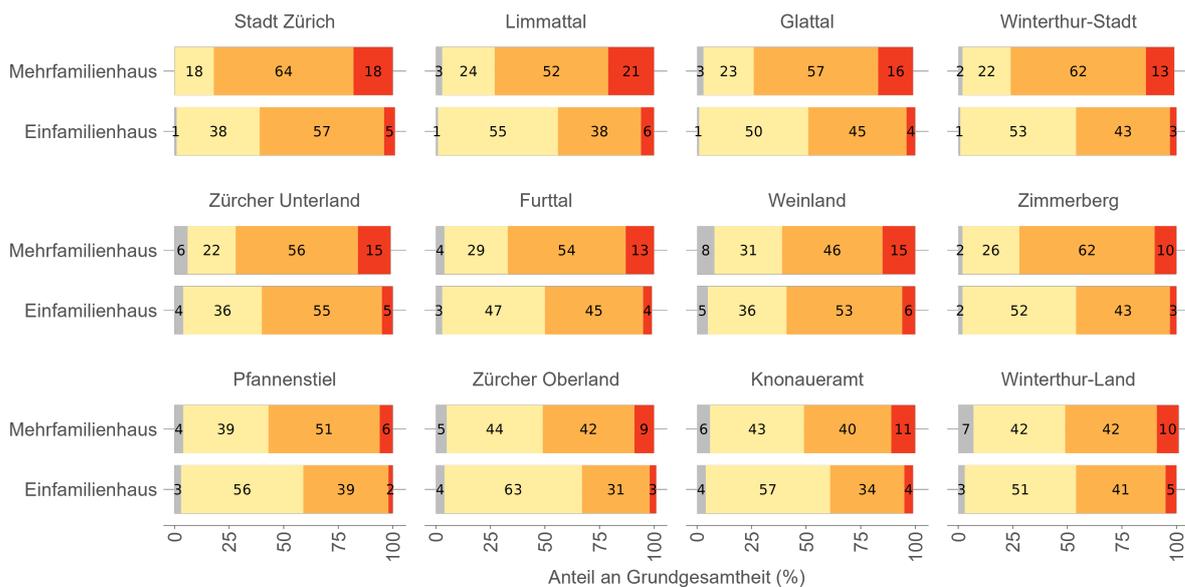
Um zu prüfen, ob Einfamilienhäuser tatsächlich weniger stark belastet sind, wurden die Gebäudetypen «Einfamilienhaus» und «Mehrfamilienhaus» des Gebäuderegisters²¹ mit den Quartieren der Planhinweiskarten verknüpft.

Die Auswertung zeigt, dass Mehrfamilienhaus-Quartiere in allen Regionen sowohl tagsüber als auch nachts einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt sind als Einfamilienhaus-Quartiere (siehe Grafik 14 und 15). Das Ergebnis ist allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da sie auch auf Annahmen des Klimamodells zurückzuführen sind: Wichtige mikrometeorologische Einflussgrössen, wie z.B. Versiegelungsgrad, Strukturhöhe, oder Gebäudegeometrie variieren kleinräumig und lassen sich nur schwer erheben. Zur Vereinfachung wird deshalb im Modell davon ausgegangen, dass diese Einflussgrössen je nach Nutzungskategorie einheitlich sind. Es ist aber davon auszugehen, dass eine solche Vereinfachung physikalisch vertretbar ist: In Mehrfamilienhaus-Quartieren ist somit, unter sonst gleichen Bedingungen, eine grössere Wärmebelastung zu erwarten als in Einfamilienhaus-Quartieren.

Ein direkter Vergleich der Wärmebelastung von Ein- und Mehrfamilienhäusern innerhalb einer Region ist daher nur bedingt aussagekräftig. Es fällt allerdings auf, dass das Ausmass der Wärmebelastungsdifferenz je nach Region stark variiert: Im Weinland sind die Wärmebelastungs-Unterschiede zwischen Ein- und Mehrfamilienhaus-Quartieren beispielsweise sowohl tagsüber als auch nachts deutlich geringer als im Limmattal. Dies deutet darauf hin, dass neben kleinräumigen mikrometeorologischen Einflussgrössen auch grossräumige Einflussgrössen wie Höhe über Meer, Exposition, Geländeneigung und umliegende Landnutzung eine wichtige Rolle für die Wärmebelastung spielen. Es soll abschliessend nochmals erwähnt werden, dass mit Wärmebelastung die Belastung im Freien gemeint ist und dass nicht bekannt ist, wie die Situation im Innenraum aussieht. Es ist zudem denkbar, dass Gebäude sich je nach Region bezüglich Gebäudeeigenschaften oder Verhaltensweisen, welche die Wärmebelastung im Innenraum beeinflussen, unterscheiden.

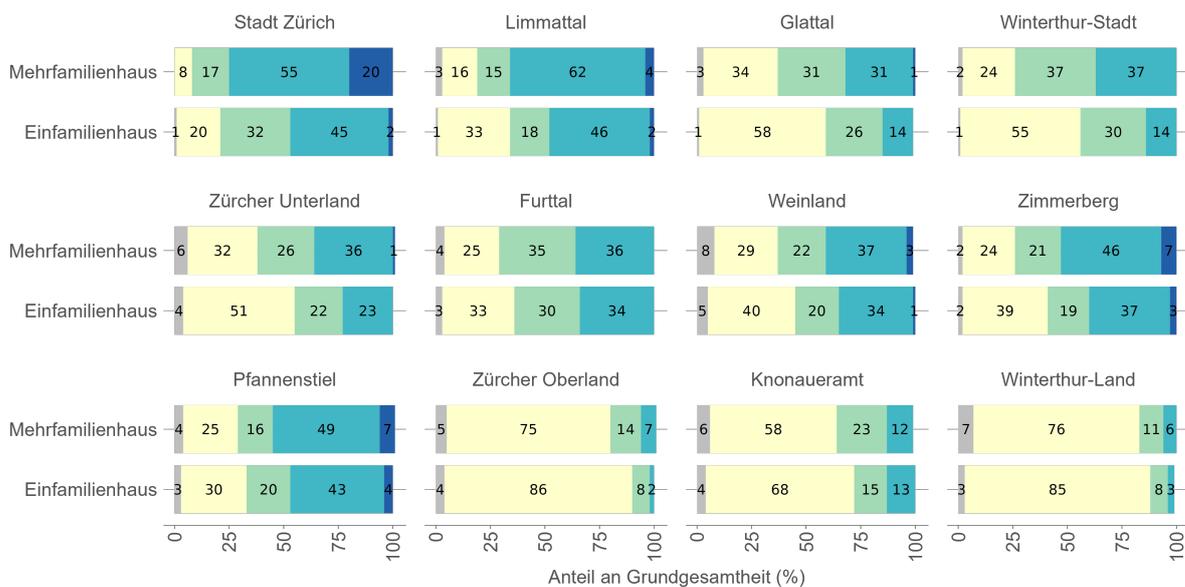
²¹ Berücksichtigt werden alle Gebäude, die am Stichtag 31.12.2022 im Kanton Zürich stehen.

Grafik 14: Wärmebelastung nach Gebäudetyp tagsüber



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Gebäuderegister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grafik 15: Wärmebelastung nach Gebäudetyp nachts



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Gebäuderegister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität werden von einem Grossteil der Bevölkerung in maximal einem Kilometer erreicht

Grünflächen geben die Möglichkeit, sich von der Wärmebelastung zu erholen. Aus diesem Grund wird in den Planhinweiskarten auch die Aufenthaltsqualität von Grünflächen tagsüber ausgewiesen. Die Grünflächen wurden anhand von Bodenbedeckungsdaten und Luftbildern ausgedehnt²².

Um die Erreichbarkeit von Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität²³ zu schätzen, wurde berechnet, welcher Anteil der Bevölkerung die eben beschriebenen Grünflächen in maximal 100 Meter, 500 Meter oder 1000 Meter Luftlinie erreicht (siehe Grafik 16). Da die Luftlinie als Distanzmass verwendet wurde, ist der Weg, der effektiv zurückgelegt werden muss, in der Regel länger: Hindernisse wie Gewässer, Autobahnen oder Zuglinien können grosse Umwege erfordern. Dies wird in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Auswertung ergibt, dass in den meisten Regionen weniger als 10 Prozent der Bevölkerung in unmittelbarer Nähe einer Grünfläche mit hoher Aufenthaltsqualität leben, d.h. in einer Entfernung von maximal 100 Metern. Allerdings erreicht, mit Ausnahme der Stadt Zürich, mehr als die Hälfte der Bevölkerung diese Grünflächen in maximal 500 Metern Luftlinien-Entfernung. In den meisten Regionen muss jedoch mehr als ein Viertel der Bevölkerung bis zu einem Kilometer Luftlinien-Entfernung zurücklegen, um in Grünflächen Abkühlung zu finden. Nach einem Kilometer Luftlinien-Entfernung erreicht, wieder mit Ausnahme der Stadt Zürich, praktisch die gesamte Bevölkerung eine Grünfläche mit guter Aufenthaltsqualität. In der Stadt Zürich hingegen muss ein Fünftel der Bevölkerung sogar mehr als einen Kilometer dafür zurücklegen.

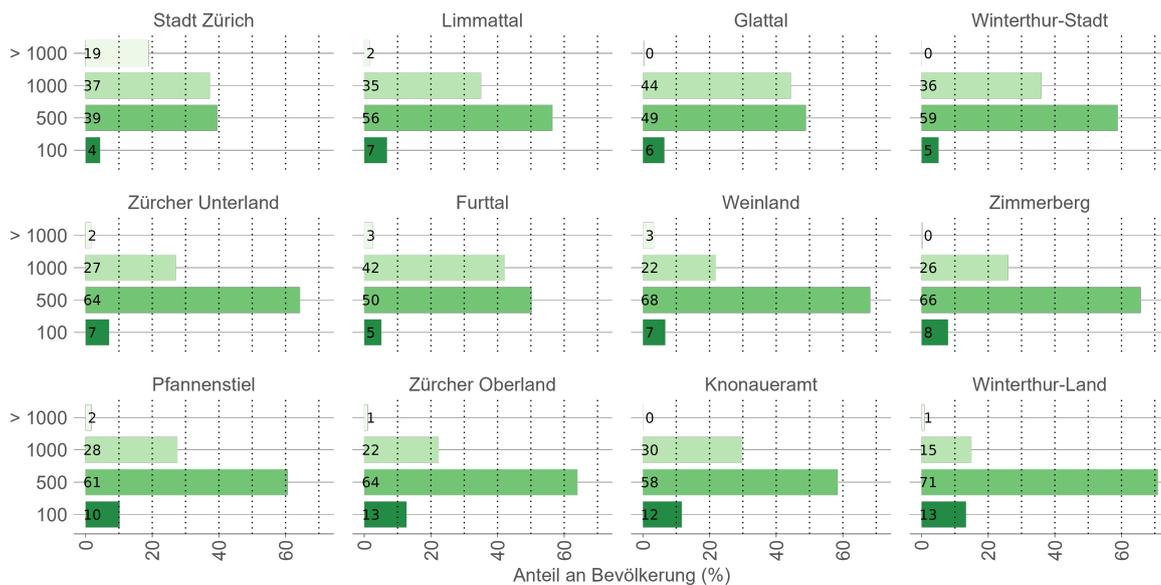
Wie oben erwähnt, ist tagsüber die Mehrheit der Bevölkerung einer starken Wärmebelastung ausgesetzt. Deshalb ist die Erreichbarkeit von Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität sehr wichtig. In flachem Terrain beträgt die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit rund 4 Kilometer pro Stunde (MZMV 2021). Mit Ausnahme der Stadt Zürich bedeutet dies, dass praktisch die gesamte Bevölkerung im Kanton Zürich die Grünflächen mit guter Aufenthaltsqualität in maximal 15 Minuten erreicht, wenn die Laufdistanz ca. der Luftlinie-Distanz entspricht und das Terrain flach ist. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass die Gehgeschwindigkeit auch je nach Alter stark variiert²⁴.

²² Die Grünflächen beinhalten Äcker, Wiesen, Weiden, bestockte Flächen, Felsen, gewisse Gartenanlagen, Geröll und Sandflächen, Waldflächen, Moore, gewisse humusierte Flächen, Intensivkulturen, Reben, gewisse Schilfgürtel und gewisse Wasserbecken. Achtung: Diese Grünflächen-Definition unterscheidet sich von der Grünflächen-Definition in Grafik 5.

²³ mittlere PET tagsüber < 23°C

²⁴ Die Erreichbarkeit von Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität ist für alle oben definierten Altersklassen sehr ähnlich.

Grafik 16: Erreichbarkeit der Grünflächen mit hoher Aufenthaltsqualität tagsüber: Luftdistanz in Meter



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

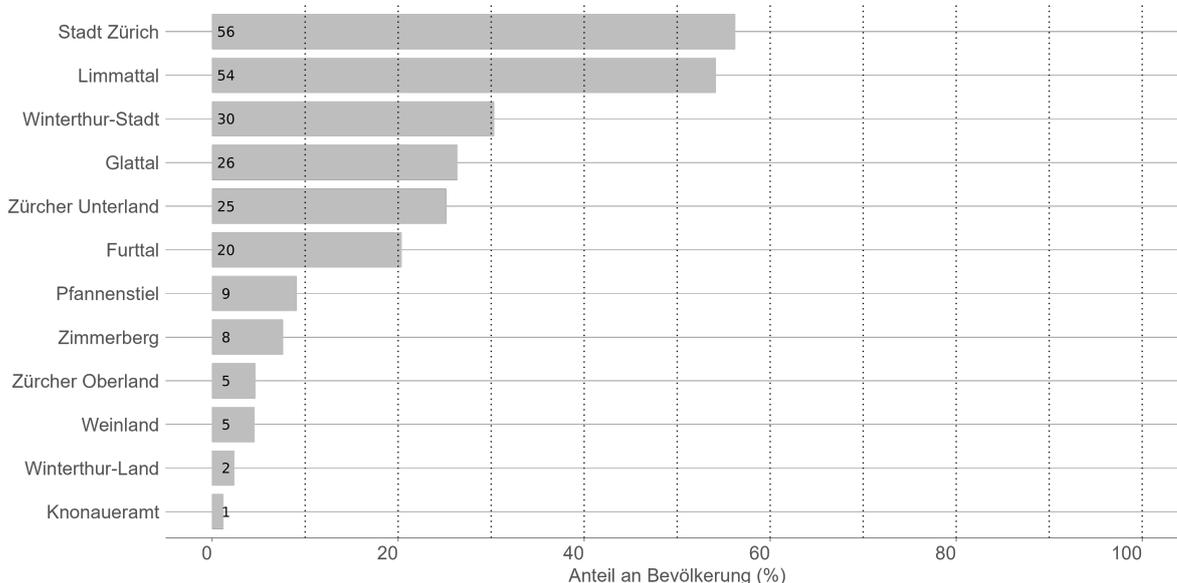
Die nächtliche Wärmebelastung dürfte in Zukunft zunehmen

Wie eingangs erwähnt, müssen wir künftig mit deutlich mehr Hitzetagen und Tropennächten rechnen. Zusätzlich zur heutigen Wärmebelastung wurde auf Quartiersebene ausgewertet, wo die Anzahl Tropennächte im Zeitraum 2021–2040²⁵ um mehr als 13 Tage zunehmen wird (im Folgenden «*T+13d*» genannt). Auf Quartiersebene wurde nur die Prognose für die Anzahl Tropennächte erstellt, da diese Entwicklung eine höhere gesundheitliche Relevanz hat als die Entwicklung der Anzahl Hitzetage. Um zu quantifizieren, wie viele Einwohner derzeit in Quartieren mit erwarteter «*T+13d*» leben, wurden die Einwohner mit den Prognosedaten räumlich verschnitten.

Betrachtet man die oben genannte Prognosen auf regionaler Ebene (siehe Grafik 17), so ist zu erkennen, dass die «*T+13d*»-Gebiete vor allem in der Stadt Zürich und im Limmattal besonders häufig vorkommen, also dort, wo die nächtliche Wärmebelastung derzeit bereits am höchsten ist: In diesen Regionen leben über 50 Prozent der Bevölkerung in Quartieren, für die eine Zunahme der Anzahl Tropennächte um 13 Nächte pro Jahr oder mehr erwartet wird. In der Stadt Winterthur, dem Glattal, dem Unterland und im Furttal, in denen derzeit praktisch niemand von einer hohen nächtlichen Wärmebelastung betroffen ist, wird eine «*T+13d*» bei mindestens 20 Prozent der Bevölkerung erwartet.

Die nächtliche Abkühlung führt bei unseren klimatischen Bedingungen oftmals zu einer Entspannung (siehe oben). Die «*T+13d*» zeigt, dass dieser Effekt künftig in der Hälfte der Regionen bei mindestens einem Viertel der Einwohner deutlich vermindert wird. Für die Referenzperiode (1961–1990) wurden bisher keine Daten zur Anzahl Tropennächte auf Quartiersebene publiziert. Somit ist es nicht möglich, die zukünftig erwartete Belastung durch Tropennächte in absoluten Zahlen auszudrücken und einen regionalen Vergleich vorzunehmen.

Grafik 17: Anteil der derzeitigen Einwohner, für die eine starke Zunahme der Zahl der Tropennächte²⁶ prognostiziert wird



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

²⁵ Als Referenzperiode wurde der Zeitraum 1961–1990 verwendet.

²⁶ Tropennächte nehmen im Zeitraum 2021–2040 um mehr als 13 Tage gegenüber der Referenzperiode 1961–1990 zu.

Fazit und Ausblick

Die vorliegende Auswertung verknüpft die Planhinweiskarten mit Daten zu Bevölkerung, Einkommen und Gebäuden. Damit lässt sich das Ausmass der Wärmebelastung erstmals für die Bevölkerung quantifizieren. Betrachtet man die Wärmebelastung im Freien, so ist tagsüber praktisch die gesamte Bevölkerung einer Wärmebelastung ausgesetzt. Nachts leidet, sofern es keine Massnahme zur Reduktion der Wärmebelastung in Wohngebäuden gibt, fast jede zweite Person unter Temperaturen, die über der optimalen Schlaftemperatur liegen. Da Hitze unsere Schlafqualität, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden beeinträchtigt, ist dies ein ernstzunehmendes Problem.

Auf Regionalebene sind deutliche Unterschiede erkennbar. Dies lässt sich weitgehend dadurch erklären, dass klimatische Einflussgrössen wie Höhenlage, Exposition, Wärmeinselleffekt, Landnutzung, Seenähe sowie Kaltluftströme räumlich stark variieren. Besonders vulnerable Altersklassen – Babys, Kleinkinder und Senioren – leben gleichermassen in wärmebelasteten Gebieten wie die übrigen Altersklassen. Trotzdem dürften sie stärker unter der Wärmebelastung leiden, da davon auszugehen ist, dass sie unter denselben Hitzebedingungen empfindlicher auf die Belastung reagieren als die übrigen Altersklassen. Grundsätzlich betrifft die Wärmebelastung im Freien alle Bevölkerungsschichten: auch ein beträchtlicher Anteil der einkommensstarken Haushalte leidet darunter. Wie die Situation im Innenraum aussieht, kann jedoch nicht untersucht werden, da es keine Daten zu Massnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung im Wohngebäude gibt.

Gemäss Projektionen wird die Wärmebelastung bis Mitte Jahrhundert weiter zunehmen. Dies ist nachts insbesondere in Regionen der Fall, wo die Wärmebelastung schon heute hoch ist. Massnahmen zur Hitzereduktion können die Wärmebelastung in Zukunft mindern. Das Planungswerkzeug «[Hitze im Siedlungsraum](#)», das auf der Planhinweiskarte basiert, hilft dabei: Es enthält hitzemindernde Empfehlungen für beliebige Standorte im Siedlungsraum des Kantons Zürich.

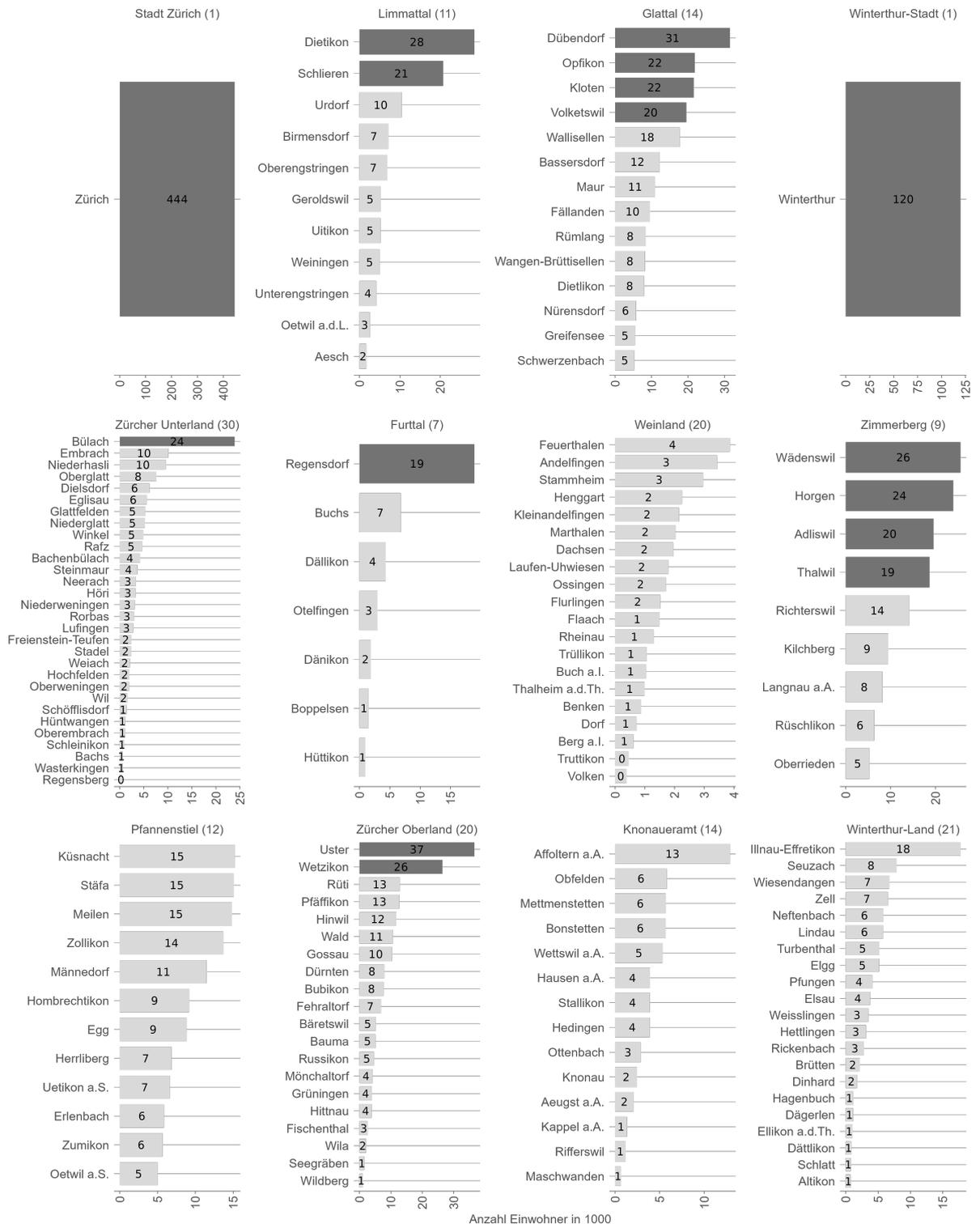
2024 lässt der Kanton Zürich seine Klimakarten aktualisieren und räumlich verfeinern. Um zu verstehen, inwiefern sich altes und neues Modell unterscheiden, wäre es sinnvoll, die in der vorliegenden Analyse dargestellten Kennzahlen erneut zu berechnen. Mit einem Modell, das auf aktuelleren Datenbeständen basiert, lassen sich auch Quartiere, die seit 2015 entstanden sind, genauer bezüglich ihrer Wärmebelastung analysieren.

Literaturverzeichnis

- [Ackermann \(2022\): Die höchste Temperatur gibt es meist erst gegen Abend](#)
- [AWEL \(2018\): Klimamodell ZH: Planhinweiskarten](#)
- [BAFU \(2012\): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz](#)
- [BAFU \(2020\): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020-2025](#)
- [BFS \(n.d.\): Einkommensmitte](#)
- [BZgA \(n.d. a\): Tipps für Eltern von Babys und Kleinkindern](#)
- [BZgA \(n.d. b\): Tipps für Menschen ab 65 und Angehörige](#)
- [Fan & Sengupta \(2022\): Montreal's environmental justice problem with respect to the urban heat island phenomenon](#)
- [GEO-NET \(2018\): Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich](#)
- [GEO-NET \(2022\): Modellgestützte Klimaanalyse für das Stadtgebiet von Winterthur - Schwerpunkt Kaltlufthaushalt](#)
- [GEO Partner AG \(2022\): Stadtklimasimulation Oberstadt+: Modellierungen, Analysen und Schlussfolgerungen](#)
- [Höppe \(1999\): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment](#)
- [Lüthi et al. \(2023\): Rapid increase in the risk of heat-related mortality](#)
- [Mitchell & Chakraborty \(2018\): Exploring the relationship between residential segregation and thermal inequity in 20 US cities](#)
- [MZMV \(2021\): Mittlere Geschwindigkeit der Benutzer/innen der Landverkehrsmittel](#)
- [NCCS \(n.d. a\): Mehr Hitzetage](#)
- [NCCS \(n.d. b\): Temperatur](#)
- [NCCS \(n.d. c\): Klimawandel in den Städten](#)
- [Oke, T. R. \(1973\): City size and the urban heat island](#)
- [Stadt Zürich \(n.d. a\): Stadtklima: Hohe Wärmebelastung im Stadtzentrum](#)
- [Stadt Zürich \(n.d. b\): Stadtklima](#)
- [Stadt Zürich \(2020\): Programm Klimaanpassung: Fachplanung Hitzeminderung](#)
- [Swiss TPH \(2023\): Monitoring hitzebedingte Todesfälle 2000 bis 2022](#)

Anhang 1

Grafik 18: Anzahl Einwohner pro Gemeinde (in Tausend)



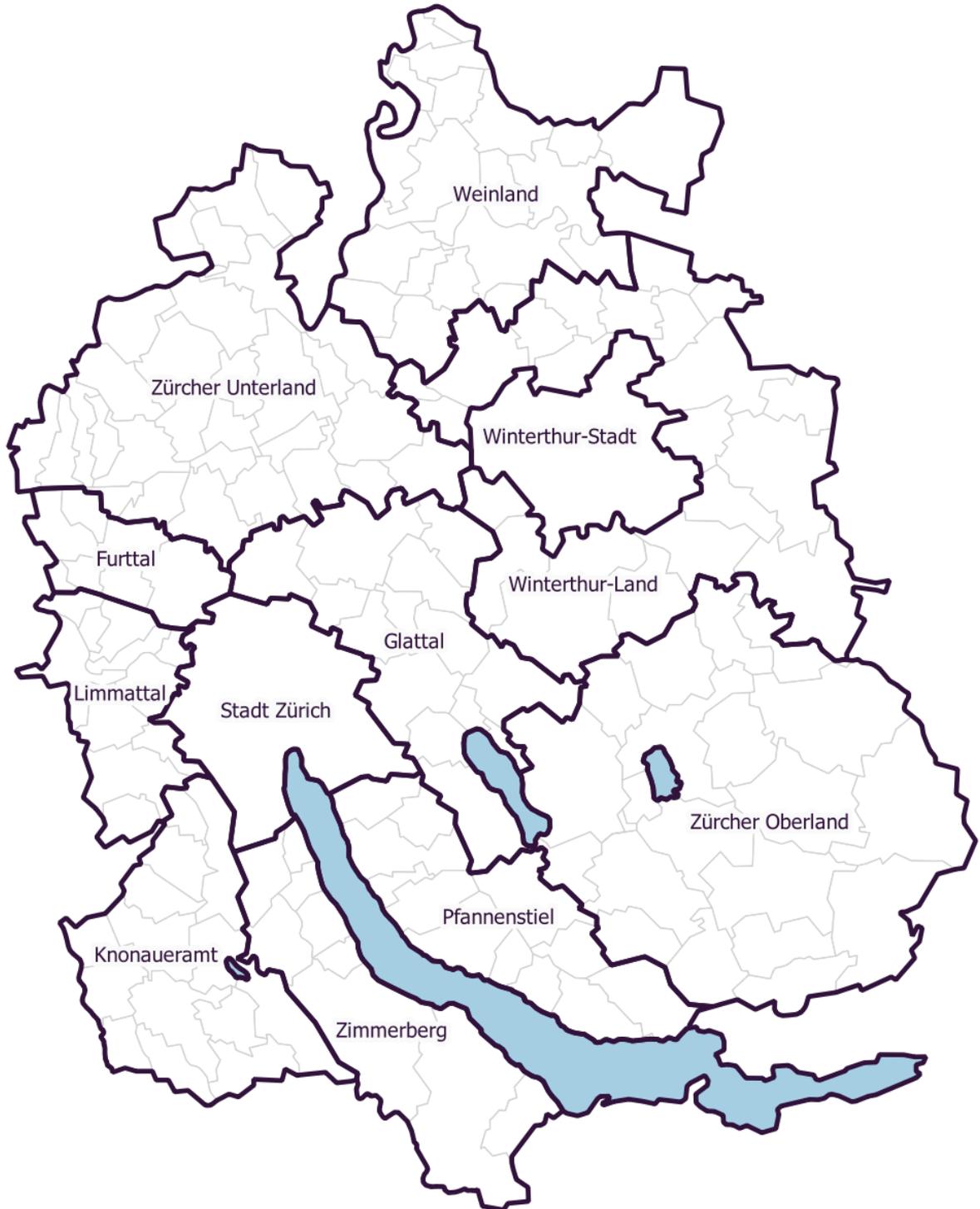
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Quelle: Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

Hinweis: Bei den Gemeinden mit dunkelgrauem Balken handelt es sich um die 10 Prozent der einwohnerstärksten Gemeinden.

Anhang 2

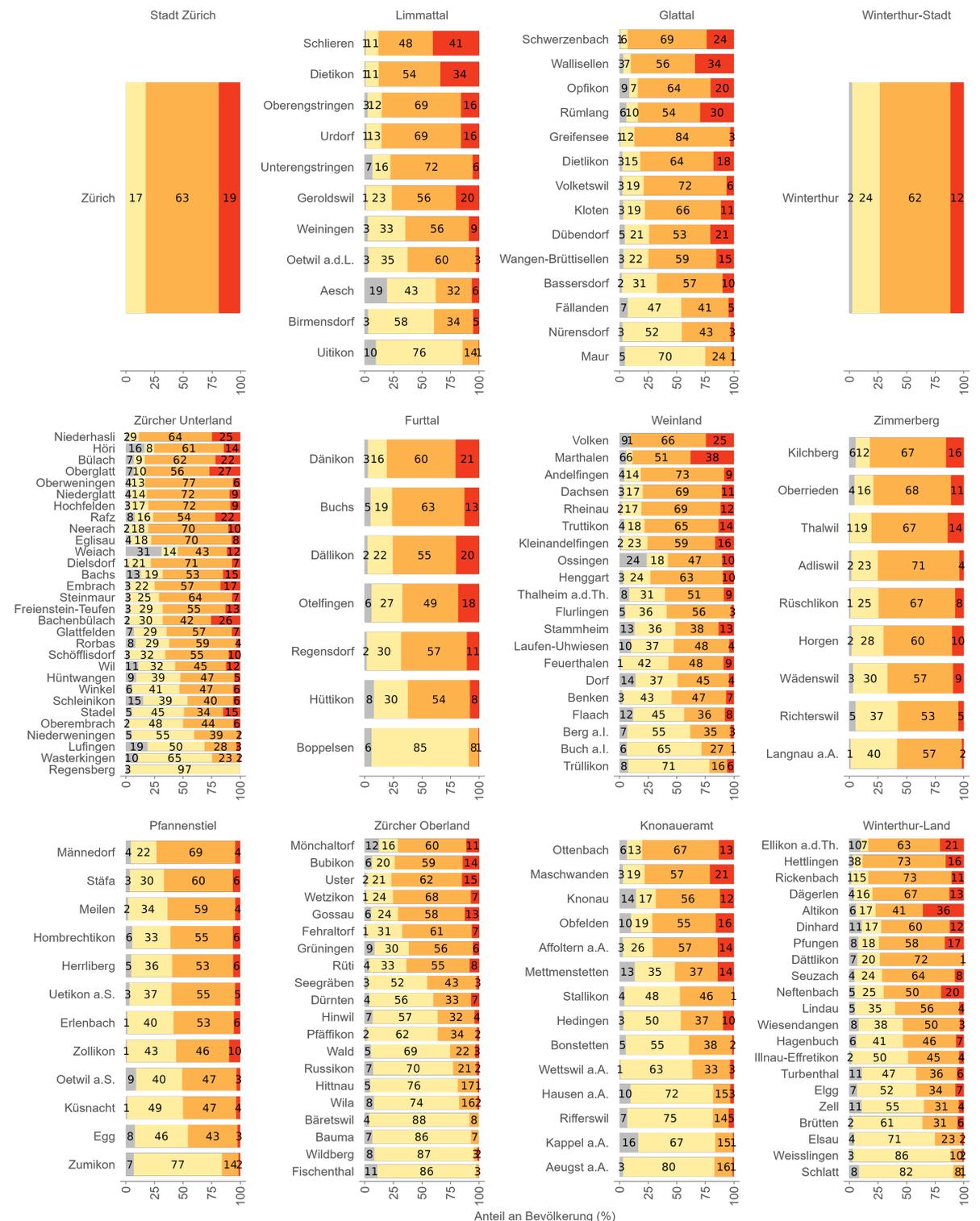
Grafik 19: Planungsregionen des Kantons Zürich



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

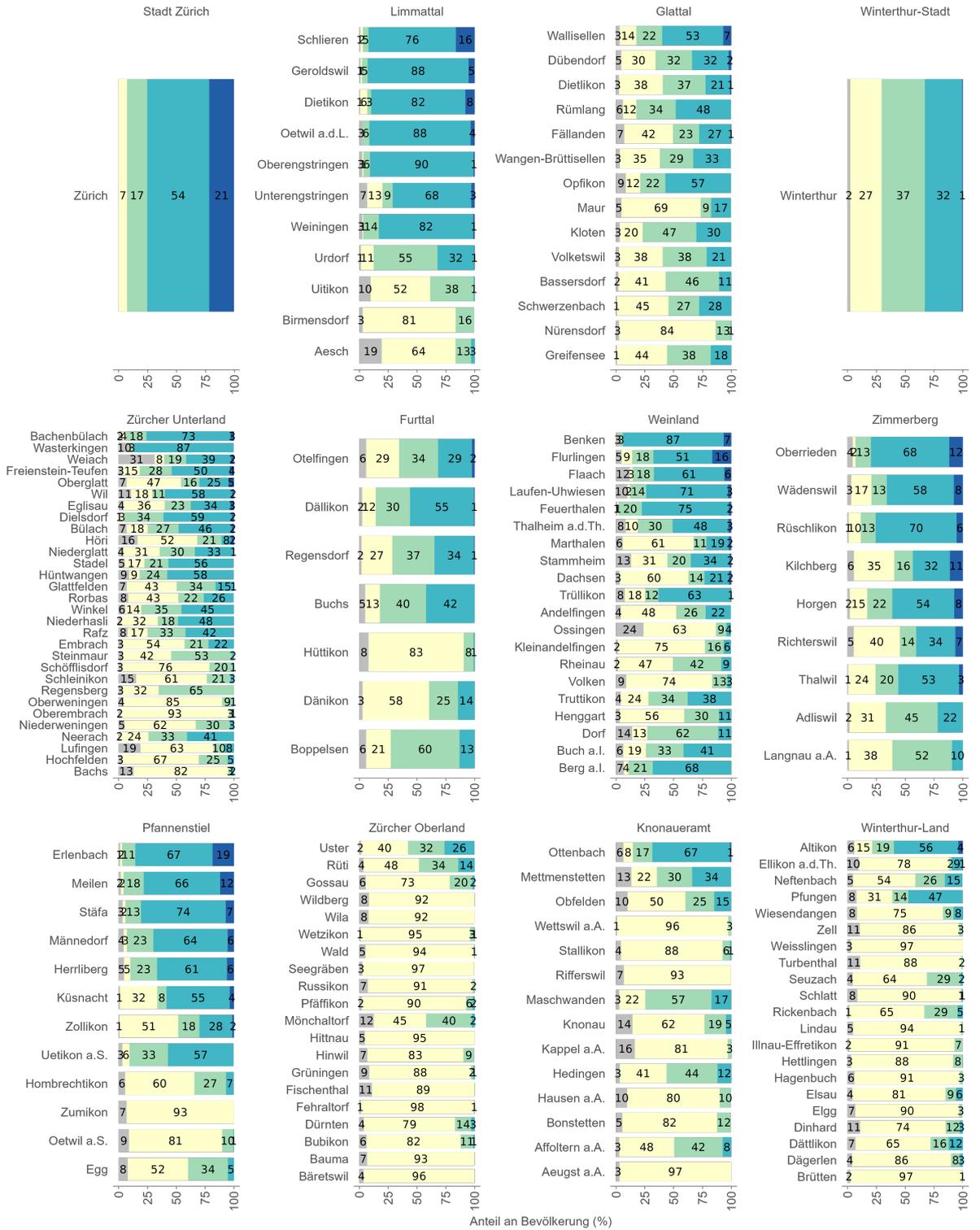
Anhang 3

Grafik 20: Wärmebelastung der Bevölkerung tagsüber nach Gemeinde



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

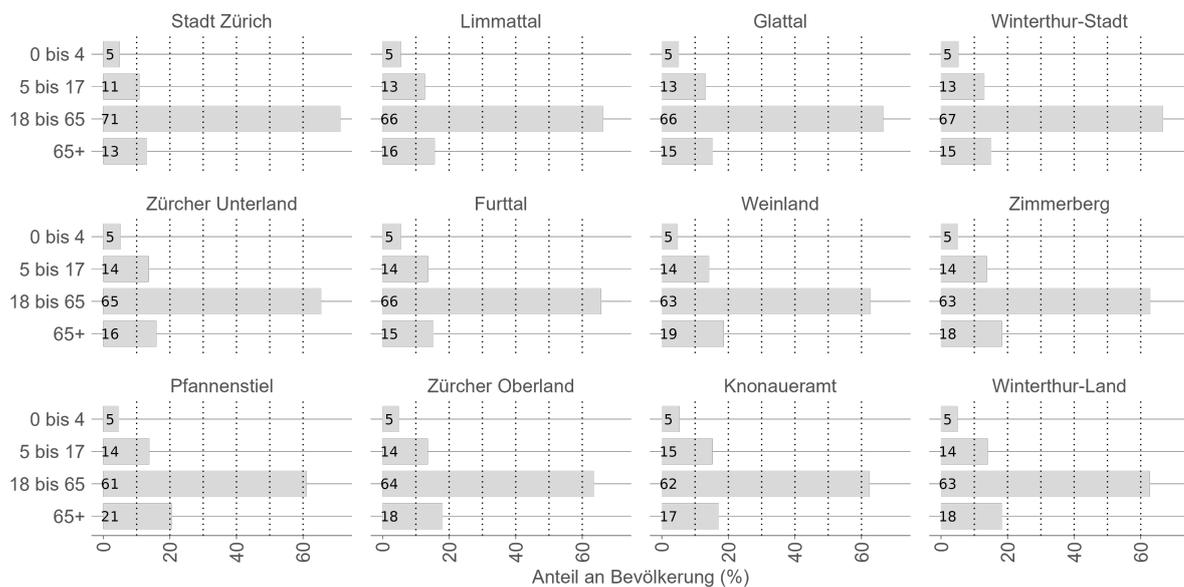
Grafik 21: Wärmebelastung der Bevölkerung nachts nach Gemeinde



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Planhinweiskarten (AWEL 2018), Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)
 Hinweis: Die Legende der Wärmebelastung ist in Grafik 1 zu finden.

Anhang 4

Grafik 22: Altersklasse an Grundgesamtheit der Bevölkerung



Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich
 Quelle: Einwohnerregister Kanton Zürich (31.12.2022)

Das Statistische Amt des Kantons Zürich ist das Kompetenzzentrum für Datenanalyse der kantonalen Verwaltung. In unserer Online-Publikationsreihe «statistik.info» analysieren wir für ein breites interessiertes Publikum wesentliche soziale und wirtschaftliche Entwicklungen in Kanton und Wirtschaftsraum Zürich. Über Neuigkeiten aus unserem Publikations- und Datenangebot informiert twitter.com/statistik_zh.

Fragen, Anregungen, Kritik?

Verfasserin: Katharina Kaelin
Telefon: 043 259 75 66
E-Mail: katharina.kaelin@statistik.ji.zh.ch

Kanton Zürich
Statistisches Amt
Analysen & Studien
Schöntalstrasse 5
8090 Zürich

Telefon: 043 259 75 00
E-Mail: datashop@statistik.zh.ch

www.zh.ch/statistik-daten

© 2024 Statistisches Amt Kanton Zürich, Abdruck mit Quellenangabe erlaubt.