



Maßnahmen gegen Überhitzung in Städten am Beispiel Wien

Übersichtsbroschüre für EntscheidungsträgerInnen und StadtplanerInnen

Synopsis aus neuesten Ergebnissen des Projektes URBANIA und aus Erkenntnissen anderer
wissenschaftlicher Quellen

P. Weihs^a, H. Formayer^a, J. Preiss^b, H. Trimmel^a, M. Revesz^a, K. Hasel^a

Wien im Oktober 2019

a = Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur, Wien

b = Umweltabteilung MA 22 der Stadt Wien

Diese Broschüre ist entstanden im Rahmen des Projektes

"Influence of the development of outlying districts and urban growth on the urban heat

island of the city of Vienna in the context of climate change" (URBANIA, Projektnummer B567119, ACRP
8th call for Proposals) gefördert von dem Klima- und Energiefond

Einleitung

Worum geht es? – In jüngster Zeit häufen sich weltweit neue Hitzerekorde. 2019 wurden in Deutschland erstmals Temperaturen über 42 °C gemessen und in Frankreich sogar über 45 °C. Menschen werden im Sommer immer öfter hohen Lufttemperaturen ausgesetzt, die weit jenseits ihrer "Wohlfühltemperatur", dem „thermischen Komfort“ liegen, und die Hitzebelastung und der Hitzestress nehmen zu. Der menschliche Organismus ist dabei vor allem während anhaltenden Hitzewellen einer starken Belastung ausgesetzt, da sich die Belastung aufsummiert. Dies gilt besonders für die Bewohner in Städten, da durch den „städtischen Wärmeinseleffekt“ die nächtliche Abkühlung stark reduziert ist und sich damit die Erholung in den Nachtstunden verschlechtert.

Die beobachtete Zunahme der Hitzebelastung steht in direktem Zusammenhang mit dem vom Menschen verursachten Klimawandel. Dieser wird sich selbst bei der Umsetzung umfassender Klimaschutzmaßnahmen noch mehrere Jahrzehnte fortsetzen. Darüber hinaus findet ein starkes Wachstum der Städte weltweit und auch bei uns in Österreich statt. Dadurch sind immer mehr Menschen der erhöhten Hitzebelastung in Städten ausgesetzt und der „städtische Wärmeinseleffekt“ wird durch das Wachsen der Städte erhöht.

Um dieser Entwicklung entgegen wirken zu können müssen Maßnahmen identifiziert werden, welche in der Lage sind die gesundheitliche Hitzebelastung der Menschen in der Stadt zu reduzieren. Die vorliegende Broschüre soll EntscheidungsträgerInnen und PlanerInnen einen Überblick verschaffen, welche Wirkungen verschiedene Maßnahmen haben und daher geeignet sind, die Belastung der Bevölkerung durch Hitzestress langfristig zu reduzieren.

Was kann man hier nachlesen? – In dieser Broschüre werden meteorologische Phänomene erläutert, die den thermischen Komfort und das Wärmeempfinden des Menschen beeinflussen und die wichtigsten Zusammenhänge beschreiben. Weiters werden einzelne Maßnahmen dargestellt und deren Einfluss auf das Stadtklima und die Wärmebelastung der Menschen beschrieben.

Charakteristika einer Wärmeinsel bzw. Hitzeperiode

- "Die städtische **Wärmeinsel** ist ein typisches Merkmal des Stadtklimas. Dabei handelt es sich um eine Differenz der Lufttemperatur zwischen der wärmeren Stadt und ihrem kühleren Umland. Diese Differenz erreicht ihr Maximum bei wolkenlosen und windschwachen Wetterbedingungen während der Nacht" (dwd.de) und in den frühen Morgenstunden (siehe Abb. 1.)
- Hitzewellen werden weltweit unterschiedlich definiert. Bei uns in Europa wird häufig eine Mindesttemperatur von 30 °C für das Tagestemperaturmaximum angenommen und das Auftreten muss an mehreren Tagen hintereinander erfolgen, etwa zumindest 3 Tage nach Kysely (1) oder 5 Tage nach WMO (World Meteorological Organization).

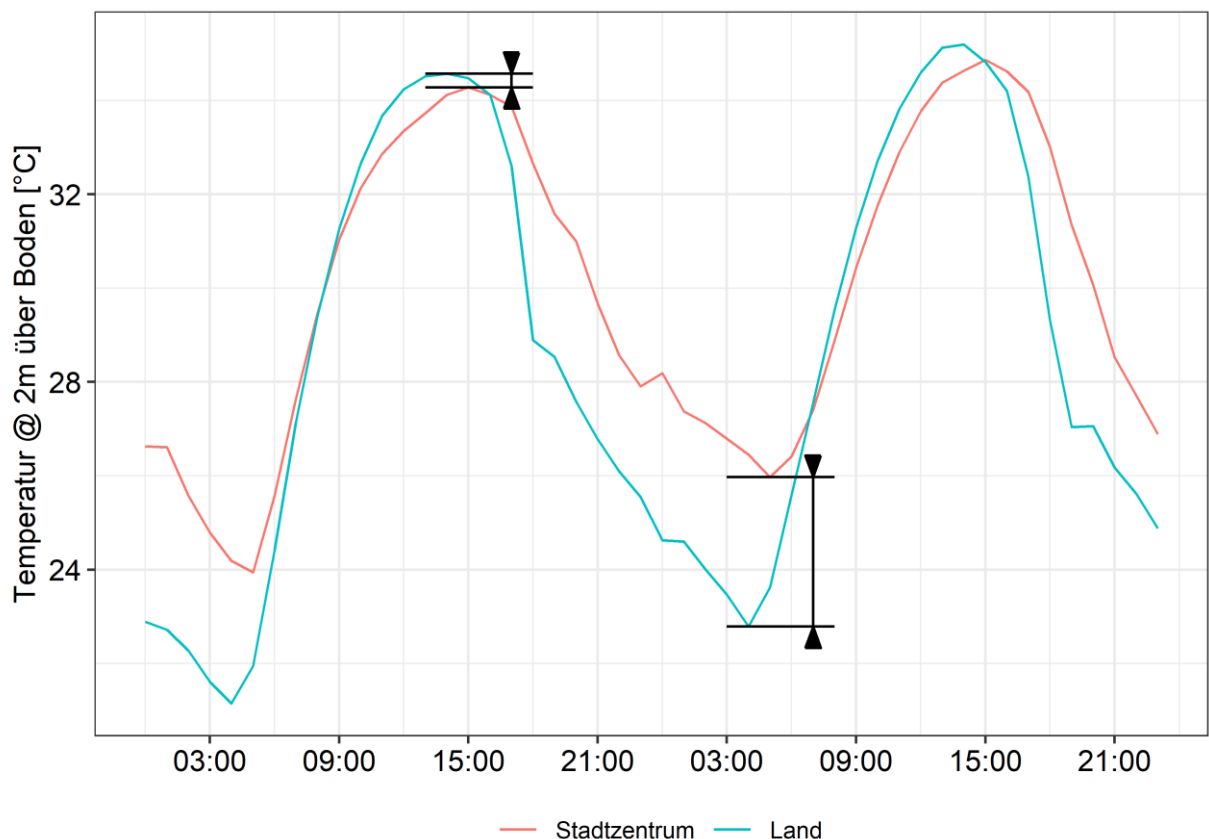


Abbildung 1 Tagesgang der Lufttemperatur im innerstädtischen Gebiet (rot) sowie im Umland von Wien (Türkis) während einer Hitzewelle. Die städtische Wärmeinsel zeigt sich durch die viel geringere nächtliche Abkühlung. Die Unterschiede der Tageshöchsttemperatur sind vergleichsweise gering. (Simulationen im Rahmen vom Projekt URBANIA)

Tabelle 1: 5 tägiges Mittel des Temperaturmaximums für Hitzewellen die alle 2 Jahre bzw. alle 15 Jahre in Wien auftreten. Dies für das heutige Klima (aktuell) sowie für die Mitte des 21. Jahrhunderts bei extrem starkem Klimawandel (stärkstes Erwärmungsszenario des ÖKS15 Ensembles (2)).

Typische Hitzewellen Maximaltemperatur [°C]	2-jährig	15-jährig
Aktuell	31,6	36,3
Extremszenario 2050	35,4	41,2

Beispiel: Einfluss ausgewählter Stadtentwicklungsszenarien auf den urbanen Wärmeineffekt bei Hitzeperioden

Im Forschungsprojekt URBANIA (8) wurden die Temperaturverhältnisse in Wien während extremer Hitzewellen (Tabelle 1) für die heutige Bebauungsstruktur (REF) und zwei zukünftige Szenarien mit gleichem Bevölkerungswachstum modelliert (Abb. 2). Bei einem Szenario wurde nur durch Schutzgebiete reglementiertes Flächenwachstum bzw. Zersiedlung („urban sprawl“ - SPR) angenommen. Das zweite Szenario ist ein optimiertes Szenario (OPT), bei dem der Bevölkerungsanstieg durch Umnutzung und Gebäudeverdichtung bewältigt wird. Zudem werden in diesem Szenario die Gebäudeoberflächen heller (Albedo) und die Isolierung wird erhöht. Zersiedlung erhöht die Temperatur in der Wiener Innenstadt durch den Anstieg des Wärmeineffektes. Dadurch reduziert sich die nächtliche Abkühlung um etwa ein halbes Grad. Durch geregeltes Wachstum und optimierten Gebäuden könnte sogar eine Abkühlung der Innenstadt gegenüber heute von bis zu einem Grad erreicht werden.

Lufttemperatur 2m über Boden - Stadtzentrum Wien

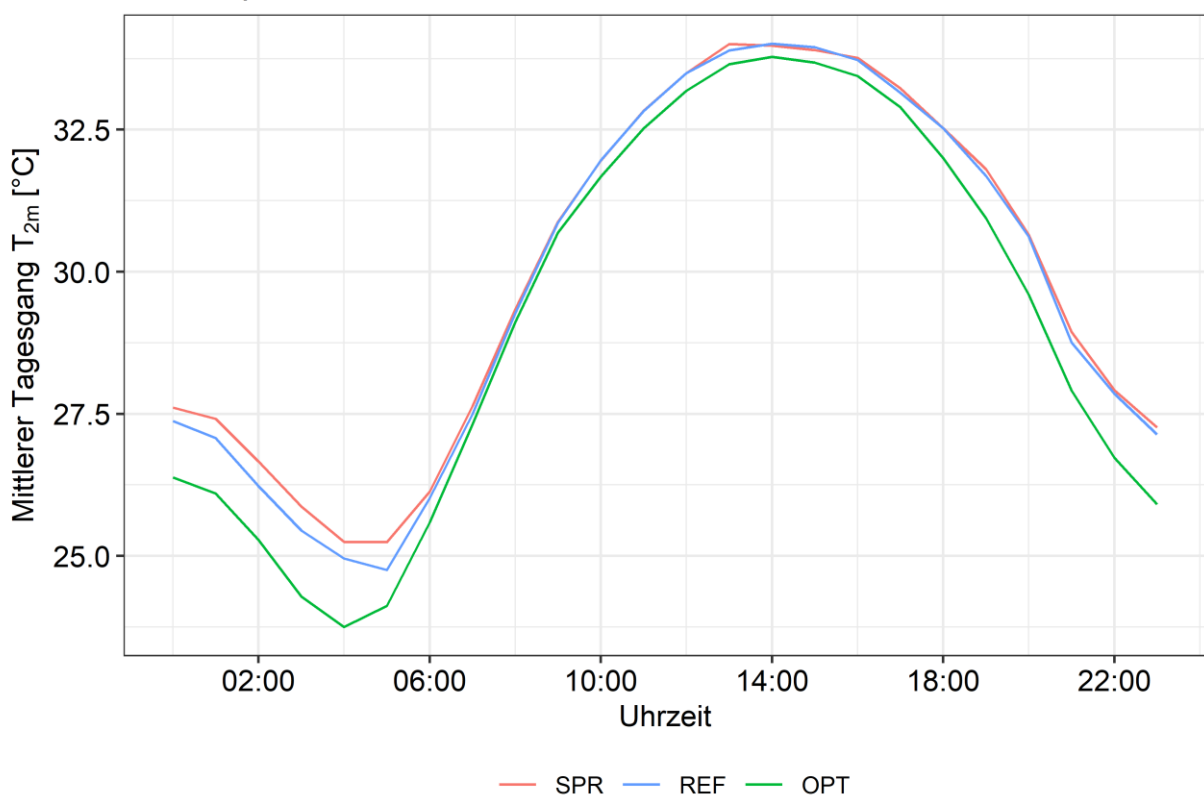


Abbildung 2 Vergleich der Lufttemperatur 2 m über Boden für drei Stadtszenarien in Wien: derzeitiger Zustand als Referenz (REF), flächig wachsende Stadt (SPR) und verdichtete Stadtentwicklung mit verbesserter Bauweise (OPT) (bessere Gebäudedämmung und optimierte Reflexionseigenschaften der Stadt).

Wärmeempfinden des Menschen (Thermischer Komfort)

Auf den menschlichen Organismus und das Wärmeempfinden des Menschen wirkt nicht nur die Lufttemperatur, sondern auch andere meteorologische Faktoren wie die Sonneneinstrahlung, die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit. Erst das Zusammenspiel all dieser Faktoren bestimmt unser Wärmeempfinden; dies wird auch als thermischer Komfort bezeichnet. Ein Index dafür ist der UTCI (Universal Thermal Climate Index), der wie eine Temperatur [°C] angegeben und interpretiert werden kann. Besonders wichtig bei Hitzewellen in Wien sind neben der Lufttemperatur und dem Wind die direkte Sonneneinstrahlung, ihre Reflexion, sowie die nächtliche langwellige Abstrahlung von Baumaterialien.

Empfehlungen

- **Zusätzliche Pflanzung von Vegetation:**
In Wien ist eine Erhöhung von Parkflächen in der verbauten Stadt nicht realistisch. Deshalb muss innerstädtisch der Fokus auf Beschattung durch Straßenbäume und Kühlung durch Gründächer sowie Fassadenbegrünung gelegt werden.
- **Erhöhung der Albedo (Reflexionsvermögen der einfallenden solaren Strahlung) der Stadt:**
Eine Erhöhung der durchschnittlichen Albedo einer Stadt um 0,1 führt zu einer Abnahme der maximalen Lufttemperatur um ca. 1 °C und der durchschnittlichen Lufttemperatur um ca. 0,2 °C. Die Albedo darf aber nur in einem vernünftigen Maß (bis zu einer ca. 30%en Reflexion der einfallenden solaren Strahlung) erhöht werden, da eine zu hohe Albedo auf Fussgängerniveau, zu einer Erhöhung des Hitzestresses beim Menschen führen kann.
- **Verbesserung der Wärmedämmung:**
Dies führt zu einer Abnahme der minimalen nächtlichen Lufttemperatur von bis zu 0,6 °C bzw. des thermischen Komforts um 1,2 °C UTCI. Eine optimierte Auswahl der Gebäudematerialien kann auch bei einer Bauverdichtung innerhalb der Stadt zu positiven, abkühlenden Effekten beitragen (Szenario OPT).
- **Stadtplanerische Maßnahmen:**
Es gibt vielfältige klimarelevante stadtplanerische Möglichkeiten und eine Auswahl ist in Tabelle 2 dargestellt. Die angegebenen Werte für Einflussfaktoren und deren Wirkung stammen Großteils aus der Studie URBANIA und gelten daher für Wien. Teilweise stammen sie jedoch aus anderen referenzierten Quellen.
- **Die landwirtschaftlichen Flächen im Südosten von Wien:**
Diese haben Auswirkungen auf die Lufttemperatur in Wien während sommerlicher Hitzewellen, da bei derartigen Wetterlagen meist Südostwind vorherrscht. Hierbei heizen brachliegende sowie nicht bewässerte Flächen die Luft auf. Abmilderung könnten eine Vergrößerung des Wiener Grüngürtels, oder auch eine verstärkte Bewässerung schaffen.

Einflussfaktoren auf die Temperatur und das Wärmeempfinden in einer Stadt

Tabelle 2 Einflussfaktoren und ihre Wirkung auf die Temperatur im Straßenraum und dem Wärmeempfinden. Werte aus Modellsimulationen, die den mittleren lokalen (333x333m) Einfluss der Maßnahmen während des 15-jährigen Extremszenarios 2050 (Tabelle 1) für Wien darstellen, sind mit * markiert. Alle übrigen zitierten Werte beziehen sich nicht ausschließlich auf Wien.

Einflussfaktor	Beschreibung	Wirkung
Albedo	Lokale Erhöhung der Albedo im Straßenraum (Boden & Fassaden) auf 0,3 und auf Dächern auf 0,68.	Untertags führt die Erhöhung der Dachalbedo zu einer Reduktion des Lufttemperaturmaximums (3) lokal um bis zu 1 °C (4). Erhöhung der Albedo im Straßenraum erhöht jedoch auch die Sonneneinstrahlung auf den Menschen, wodurch das Wärmeempfinden um 0,2* - 0,3* °C UTCI verschlechtert werden kann (4). Bei Nacht führt eine Erhöhung der Albedo zu einer leichten Verbesserung des Komforts (0,1* °C UTCI) (4).
Thermische Isolierung	Lokale Senkung der thermischen Leitfähigkeit bei Fassaden und Dächern von jeweils 1,4 und 1,7 W/mK auf 0,1 W/mK.	Durch eine bessere thermische Isolierung der Gebäude wird die Speichermasse der Gebäude vom Straßenraum getrennt. Wärme kann nur mehr in verringertem Maße gespeichert werden. Tagsüber steigt damit die Lufttemperatur lokal um 0,1* °C an und der Komfort verschlechtert sich (4). In der Nacht haben die Gebäude jedoch weniger Wärme gespeichert und diese kann auch nur schlecht abgegeben werden, was eine stärkere nächtliche Abkühlung bewirkt und auch den Komfort um etwa 0,8* - 1,2* °C UTCI verbessert (4). In der Innenstadt kann das Minimum der Lufttemperatur im Straßenraum um 0,8* °C reduziert werden, wodurch die Kühlung der Innenräume erleichtert wird (4).
Dachbegrünung	Extensive Begrünung mit Sedum.	Hauptsächlich durch Evapotranspiration (abhängig von der verfügbaren Bodenfeuchte) kann mit Sedum bei geringer Substratschicht der thermische Komfort bei Hitzeperioden im Straßenraum um durchschnittlich 0,1* bis 0,2* °C UTCI gesenkt werden (4). Anfangs ist die Wirkung aufgrund der höheren Bodenfeuchte größer (4). Dickere Substratschichten erhöhen die Wirkungsdauer (5).
Entsiegelung / Begrünung am Boden	Erhöhung der entsiegelten, also verdunstungsfähigen, Fläche wo möglich um 20%.	Im Gegensatz zur Dachbegrünung wird die Lufttemperatur auf Straßenniveau gesenkt (7). Da hierfür nur wenige Flächen vorhanden sind, hat diese Maßnahme in Wien jedoch geringes Potential (6). Lokal reduziert sich der thermische Stress der Menschen (7).
Wasser	Erhöhung des Bodenwassergehalts durch wassersensitive Planung sowie Schaffung von Wasserflächen.	Feuchtere Böden (8) und Wasserflächen (9) haben eine höhere Wärmekapazität und können somit Temperaturextreme mildern. Zusätzlich wird dadurch tagsüber Verdunstung und daher auch Abkühlung ermöglicht.

Vegetation – Verdunstung	Niedrige und hohe Vegetation im Straßenraum und Dachbegrünungen.	Durch die Verdunstungskühlung von Vegetation alleine konnte für Paris eine Senkung der Lufttemperatur von 0,5 – 2 °C (5) erzielt werden.
Beschattung z.B. durch Bäume	Wirkung von Schatten auf den Menschen im Vergleich zur Fortbewegung in der direkten Sonne.	Das Wärmeempfinden (thermische Komfort) wird durch Beschattung markant bis zu 6 °C UTCI (11) verbessert. Großflächige Beschattung durch Bäume kann eine Reduktion der Lufttemperatur um 3 °C bewirken (12).
Photovoltaikanlage (auf Dachflächen)	Flächige Montage von Photovoltaikdachanlagen mit einem Wirkungsgrad von 20% und einer Albedo von 0,1.	Durch die Verwertung der Sonnenenergie mittels Solaranlagen, kann die urbane Wärmeinsel um 0,2 bis 0,3 °C reduziert werden (13). Dadurch wird auch das Wärmeempfinden lokal im Straßenraum um etwa 0,2* °C UTCI gesenkt (4).
Photovoltaikanlage an Fassaden	Montage von Photovoltaikanlagen auf 70% der Fassaden mit einem Wirkungsgrad von 20% und einer Albedo von 0,1.	Photovoltaik an der Fassade reduziert den UTCI tagsüber um etwa 0,5 °C UTCI im Vergleich zu traditionellen Putzfassaden (7). Die Kombination mit helleren Wänden ist vorteilhaft (7).
Verdichtung der Stadt	Erhöhung der Bebauungsdichte von 16 bzw. 22% auf 24,2% bei Erhöhung der mittleren Bebauungshöhe auf 11 m, ohne Bebauung von Grün-/Freiflächen.	Eine Verdichtung der Stadt zeigt keine signifikante Auswirkung auf das Stadtklima an sich (4). In den verdichteten Gebieten selbst erhöht sich jedoch der nächtliche UTCI um 0,2* °C (4). Tagsüber wirkt sich die Erhöhung der Gebäudehöhe auf die Verschattung des Straßenraums aus. In Kombination mit anderen Maßnahmen könnte das daher eine positive Wirkung ergeben.

Quellenangabe:

- (1) Kyselý, J., Kalvová, J., Kveton, V., 2000: Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961 - 1995. *Studia geoph. Et geod.*, 44, 57-72.
- (2) Chimani, B., Heinrich, G., Hofstätter, M., Kerschbaumer, M., Kienberger, S., Leuprecht, A., Lexer, A., Peßenteiner, S., Poetsch, M.S., Salzmann, M., Spiekermann, R., Switanek, M., Truhetz, H., 2016: ÖKS15-Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse, Report, Vienna. <https://data.ccca.ac.at/dataset/endbericht-oks15-klimaszenarien-fur-osterreich-daten-methoden-klimaanalyse-v01>. last access: 2019.10.18.
- (3) Žuvela-Aloise, M., Andre, K., Schwaiger, H., Bird, D.N., Gallaun, H., 2018: Modelling reduction of urban heat load in Vienna by modifying surface properties of roofs. *Theoretical and Applied Climatology*. 131, 3–4, 1005–1018. DOI: 10.1007/s00704-016-2024-2.
- (4) Trimmel, H., Weihs, P., Faroux, S., Formayer, H., Hamer, P., Hasel, H., Laiminghofer, J., Leidinger, D., Masson, V., Nadeem, I., Oswald, S.M., Revesz, M., Schoetter, R.: Thermal conditions during heat waves of a mid-European metropolis under consideration of climate change, urban development scenarios and resilience measures for the mid-21st-century. *Meteorol. Z.* (in Review)
- (5) De Munck, C.S., Lemonsu, A., Masson, V., Le Bras, J., Bonhomme, M., 2018: Evaluating the impacts of greening scenarios on thermal comfort and energy and water consumptions for adapting Paris city to climate change. *Urban Climate*, 23, 260–286.
- (6) Trimmel, H., Formayer, H., Mursch-Radlgruber, E., Nadeem, I., Oswald, S.M., Weihs, P., Faroux, S., Lemonsu, A., Masson, V., Schoetter, R., 2018: Evolution of the Viennese Urban Heat Island and Mitigation Strategies in the Context of Urban Growth, Compacting and Climate Change by optimizing the Urban Surface Energy Balance, ICUC-10, New York, 6-10 Aug 2018
- (7) Weihs, P., Zamini, S., Krispel, S., Oswald, S.M., Peyerl, M., Revesz, M., Schneider, A., Trimmel, H., 2018: Optimierung reflektierender Materialien und Photovoltaik im Stadtraum bezüglich Strahlungsbilanz und Bioklimatik (PVOPTI-Ray), *Berichte aus Energie- und Umweltforschung* 18/2018 Nachhaltig wirtschaften, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- (8) Coutts, A.M., Tapper, N.J., Beringer, J., Loughnan, M., Demuzere, M. 2013: Watering our cities: The capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 37, 1, 2–28.
- (9) Steeneveld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B.G., Theeuwes, N.E., 2014: Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. - *Landscape and Urban Planning*, 121, 92–96.
- (10) Kántor, N., Chen, L., Gál, C.V., 2018: Human-biometeorological significance of shading in urban public spaces—Summertime measurements in Pécs, Hungary. *Landscape and Urban Planning*, 170, 241–255
- (11) „Urbania“ Publizierbarer Bericht, Klima Energie Fonds & ACRP (unveröffentlicht)
- (12) Wang, C. Wang, Z.H., Yang, J., 2018: Cooling Effect of Urban Trees on the Built Environment of Contiguous United States. *Earth's Future*, 6, 1066–1081 DOI: 10.1029/2018EF000891.
- (13) Masson, V., Bonhomme, M., Salagnac, J.L., Briottet, X., Lemonsu, A., 2014: Solar panels reduce both global warming and urban heat island. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 14, 1–10 DOI: 10.3389/fenvs.2014.00014.