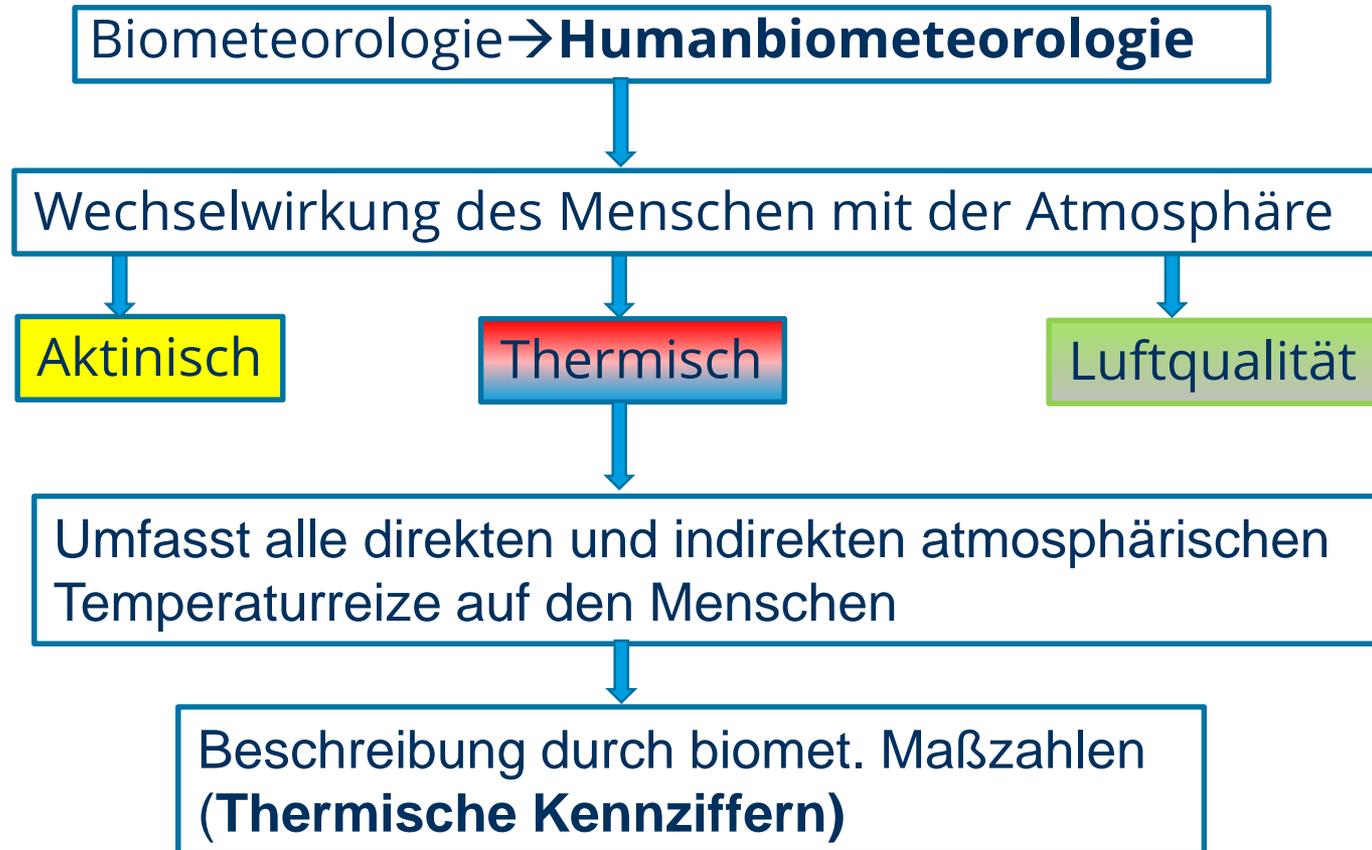


LIFE LOCAL ADAPT
Workshop: Klima und Gesundheit

Biometeorologische Maßzahlen für die Hitzebelastung des Menschen

Valeri Goldberg
TU Dresden, Professur Meteorologie

Einordnung der biometeorologischen Maßzahlen zur Beschreibung von Hitze



Basis für die thermischen Kennziffern

Wärmeaustausch des Menschen mit seiner
Umgebung → thermophysiologische Reaktion

- Mensch: „Warmblüter“ mit konstanter „Kerntemperatur“ in einer „Kernschale“ (→ Aufrechterhaltung der lebenserhaltenden Körperfunktionen)
- Ausdehnung der Kernschale: Maß für die Wärmeabgabe des Menschen mit der Umgebung und damit das thermische Empfinden

Kernschale > 2/3 des Gesamtvolumens:

zu geringer Wärmeverlust: thermisch
unbehaglich (**warm-heiß**)

Kernschale = 2/3 des Gesamtvolumens:

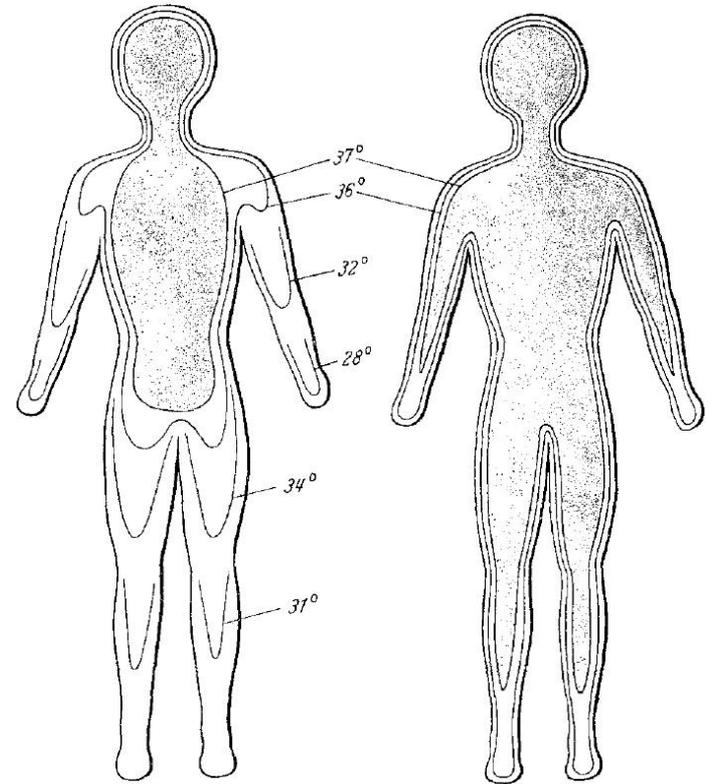
Optimale Wärmeabgabe (**thermisch
behaglich**)

Kernschale zwischen 1/3 und 2/3

Gesamtvolumen:

zu hoher Wärmeverlust: thermisch
unbehaglich (**kühl-kalt**)

Extremfälle: Hitzschlag, Erfrierungen,
Kältetod

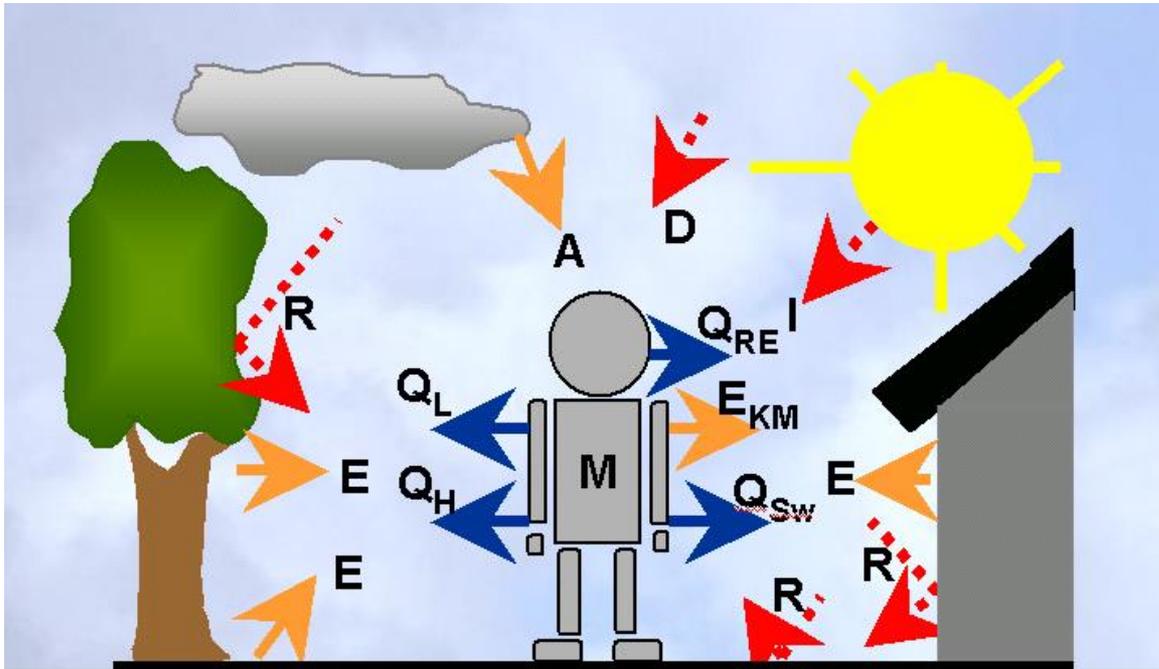


Isothermen in der Körperschale
(schematisiert) bei niedriger und
hoher Raumtemperatur*

*J. Aschoff und R. Wever, 1958: Kern und Schale im
Wärmehaushalt des Menschen. Naturwissenschaften 45, 477-485.

Basis für die thermischen Kennziffern

Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung → thermophysiologische Reaktion → Umsetzung in Energiebilanzmodellen des Menschen



Energiebilanzmodell des Menschen (nach Höppe, Jendritzky, 2003)

M =metabolische Rate,
 Q_{RE} =Atemwärmefluss, Q_L =Wasserdampfdiffusion, Q_H =konvektiver Wärmefluss,
 Q_{SW} =Schweißverdunstung,
 E_{KM} =Ausstrahlung des Körpers,
 E =Wärmestrahlung der Umgebung,
 I =direkte Sonnenstrahlung, D =diffuse Himmelstrahlung, A =atmosphärische Gegenstrahlung, R =kurzwellige Reflexstrahlung

Gebräuchliche thermische Kennziffern

PMV – Predicted Mean Vote (nur für Innenräume!)

- Basiert auf der „Behaglichkeitsgleichung“ nach Fanger (Bestandteil des Klima-Michel-Modells nach Jendritzky, 1979)
- Gibt die mittlere Behaglichkeitsstufe eines Menschen unter unterschiedlichen Raumbedingungen an (Fanger, 1972)

PET – Physiologische Äquivalenttemperatur

- Basiert auf dem Münchner Energiebilanzmodell des Menschen (MEMI, nach Höppe, 1984)
- „diejenige Temperatur, bei der in einem Innenraum die Wärmebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist wie bei den Bedingungen im Freien“ (VDI 3787, 2008)

Gebäuchliche thermische Kennziffern

PT – Perceived Temperature (Gefühlte Temperatur)

- Basiert auf dem Klima-Michel-Modell (s. PMV)
- Außentemperatur einer Standardumgebung, die das gleiche Wärme- bzw. Kälteempfinden hervorruft wie die aktuelle Umgebung (Jendritzky, 2007)

UTCI – Universal Thermal Climate Index

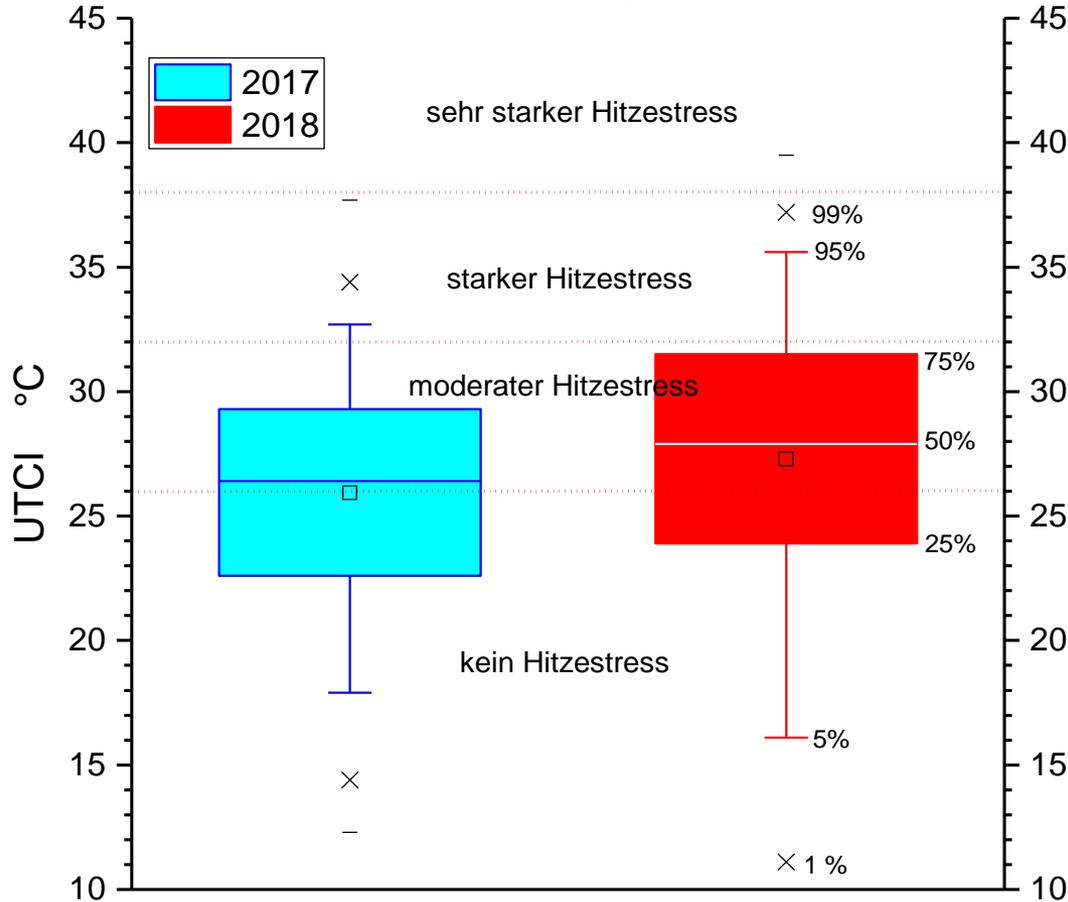
- Äquivalenttemperatur einer Referenzumgebung, die den gleichen physiologischen Response einer Referenzperson bewirkt wie die aktuelle Umgebung
- Basiert auf einem mathematischen Modell des menschlichen Thermoregulationssystems
- In der Praxis berechnet aus einem multivariaten Regressionsmodell mit atmosphärischen Inputdaten (COST Action 730)

Thermische Empfindungsskala und zugeordnete Werte der Indizes

UTCI [°C]	thermisches Empfinden	PET [°C]	PT [°C]	PMV -	thermisches Empfinden
> +46	extremer Hitze stress	> +41	> +38	> +3,5	sehr heiß
38 - 46	sehr starker Hitze stress	35 - 41	32 - 38	2,5 - 3,5	heiß
32 - 38	starker Hitze stress	29 - 35	26 - 32	1,5 - 2,5	warm
26 - 32	moderater Hitze stress	23 - 29	20 - 26	0,1 - 1,5	leicht warm
9 - 26	kein thermischer Stress	18 - 23	0 - 20	0	neutral
0 - 9	leichter Kälte stress	13 - 18	-13 - 0	-1,5 - -0,1	leicht kühl
-13 - 0	moderater Kälte stress	8 - 13	-26 - -13	-2,5 - -1,5	kühl
-27 - -13	starker Kälte stress	4 - 8	-39 - -26	-3,5 - -2,5	kalt
-40 - -27	sehr starker Kälte stress	< 4	< -39	< -3,5	sehr kalt
< -40	extremer Kälte stress				

(DA Ringat, 2012, nach mehreren Autoren)

Grillenburg, Juni-August, 10-16 Uhr



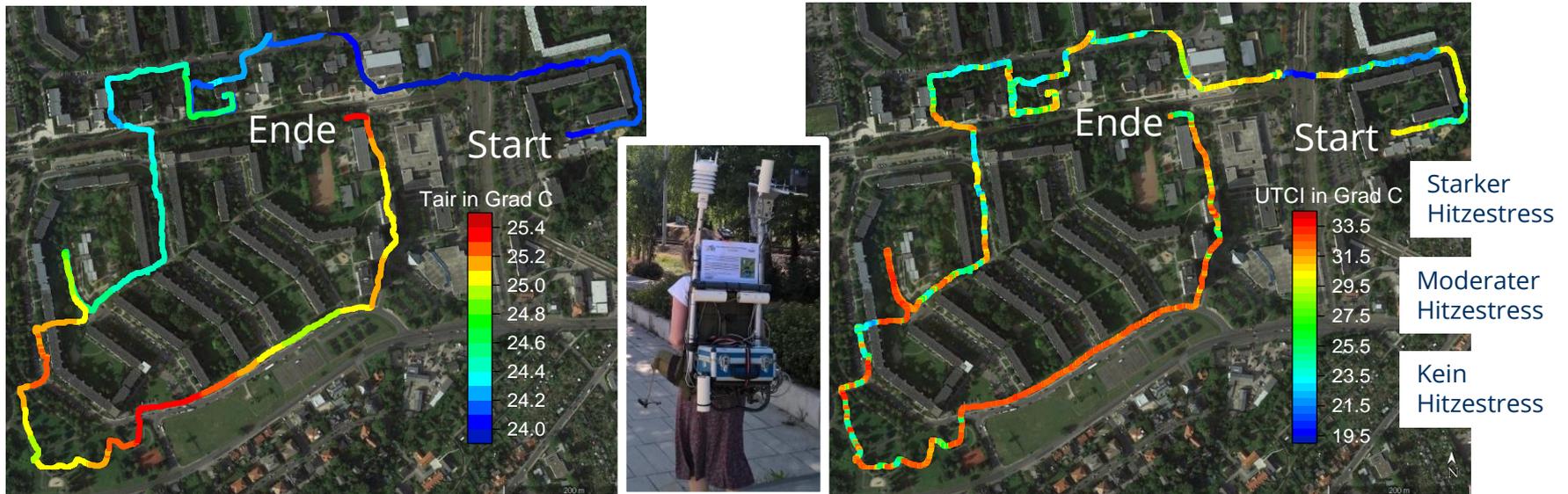
Anteil in Prozent	2017	2018
Sehr starker Hitzestress	0	0,5
Starker Hitzestress	8,1	21,9
Moderater Hitzestress	45,7	43,1
kein Hitzestress	46,2	35,5

Häufigkeitsverteilung der thermischen Belastung in Grillenburg in den Sommermonaten 2017 und 2018, Stundenwerte 10-16 Uhr MEZ (Daten: IHM-Meteorologie)

Anwendungsbeispiele

BMBF Projekt HeatResilientCity (HRC)

Messung in Dresden-Gorbitz, 07.06.2018, vormittags, 09:09-10:17 MEZ



Sonniger Sommertag: Temperaturunterschiede klein, Unterschiede in thermischer Belastung groß!

(Abbildungen und Foto: A. Ziemann)



Anwendungsbeispiele

BMBF Projekt RegKLAM, **Modellierung in Dresden Altstadt**

Auswirkung der Verdichtung im historischen Stadtzentrum



Dresden Altstadt, Juni 2007
(Foto: V. Goldberg)

Goldberg et al., 2014, <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0463>



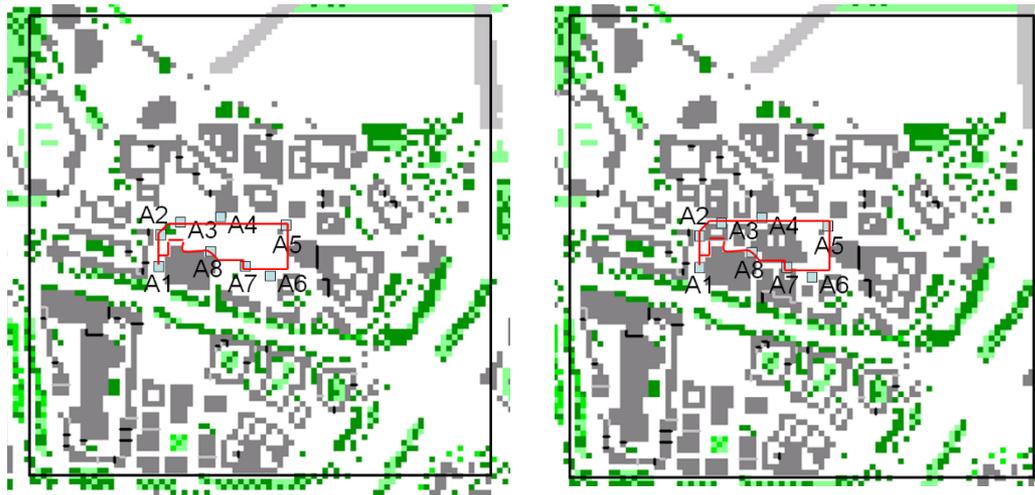
Dresden Altstadt, Stand 2007
Realisierung im Stadtklimamodell ENVI-met



Anwendungsbeispiele

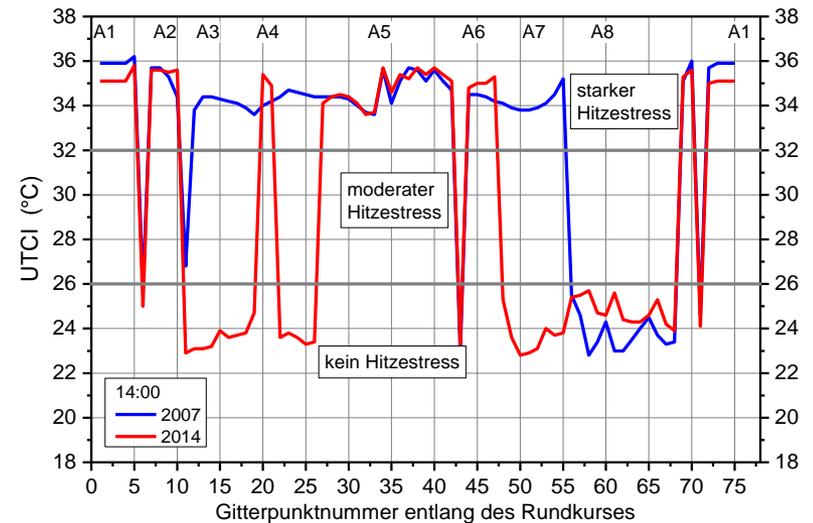
BMBF Projekt RegKLAM, Modellierung in Dresden Altstadt

Auswirkung der Verdichtung im historischen Stadtzentrum



Dresden Altstadt, Stand 2007 und Stand 2014
Realisierung im Stadtklimamodell ENVI-met

Goldberg et al., 2014, <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0463>



Dresden Altstadt, Änderung der Hitzebelastung
an einem Sommertag entlang eines
touristischen Rundkurses



EU Life LocalAdapt, Modellierung in Valka (Latvia) / Valga (Estonia)

The Baltic States

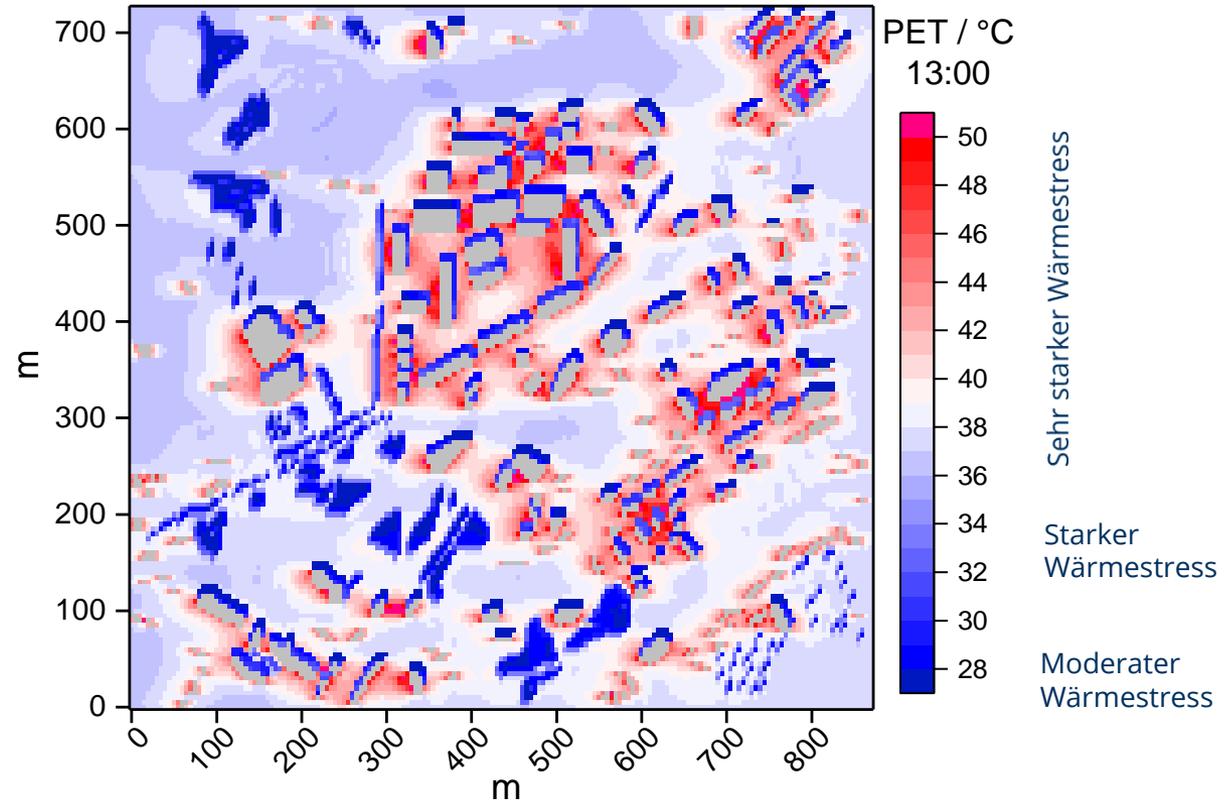


<https://legacy.lib.utexas.edu/maps/commonwealth/balticstates.jpg>

Luftbild von Valka und Realisierung im Modell ENVI-met

Thermische Kennziffern und thermische Belastung

EU Life LocalAdapt, ENVI-met Modellierung in Valka (Latvia) / Valga (Estonia)



Sommertag, Mittagssonne: Unterschiede in thermischer Belastung groß (Sonne vs. Schatten)



Fazit:

- **Thermische Kennziffern** sind etablierte biometeorologische Maßzahlen, um die Hitzebelastung des Menschen zu quantifizieren.
- **am häufigsten** verwendet: PT, PET, **UTCI**
- Beachte: Kennziffern sind in der Standardanwendung für statische Umweltbedingungen und für einen Standardmenschen konzipiert → dynamische, alters- und geschlechtsspezifische **Anpassung des Menschen an Hitze muss** in den Kennziffern **berücksichtigt werden.**
- **Reaktionen auf Hitze sind individuell** verschieden und u.a. abhängig von der „Vorgeschichte“ (u.a. gesundheitliche Prädisposition, Andauer von Hitzeperioden) und komplexen Interaktionen mit anderen Umwelteinflüssen wie Luftschadstoffen und Lärm.
- → **Verwendung** der thermischen Kennziffern **in aggregierten Karten** zur Darstellung des Hitzeempfindens und des hitzebedingten Gesundheitsrisikos

Anpassung an Hitze, Dresden im Juli 2009

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Semperoper

Kunst

Meteo
T= 32 °C

Klimamobile Pensionäre
↓
PET ca. 28 °C

Zwinger-teich

Studentin im Praktikum
PET ca. 45 °C