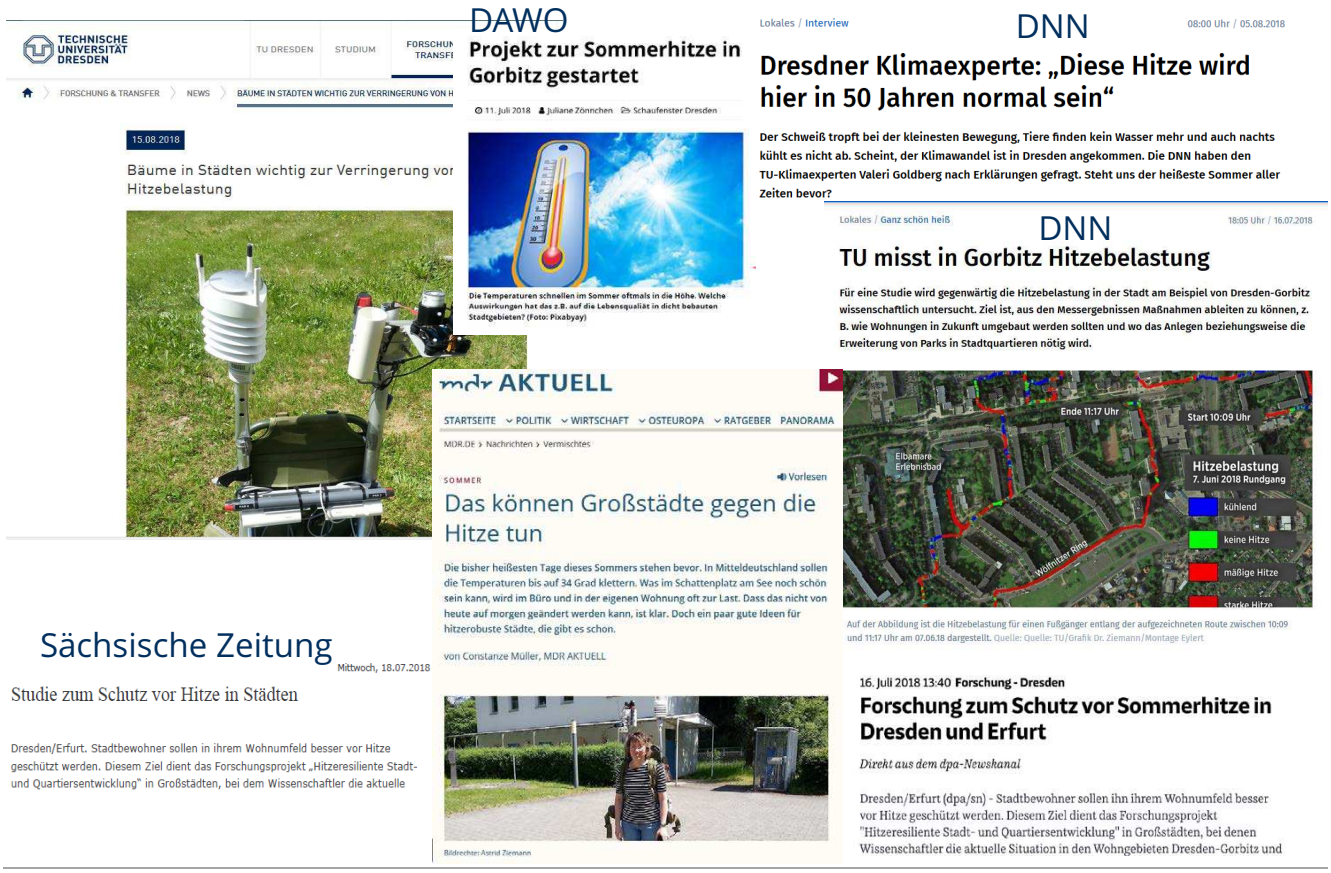
TU Dresden, Professur für Meteorologie

Welche Herausforderungen stellt der regionale Klimawandel an die Gestaltung von Stadtquartieren?

Astrid Ziemann

Mit Beiträgen von Valeri Goldberg, Uta Moderow, Christian Bernhofer

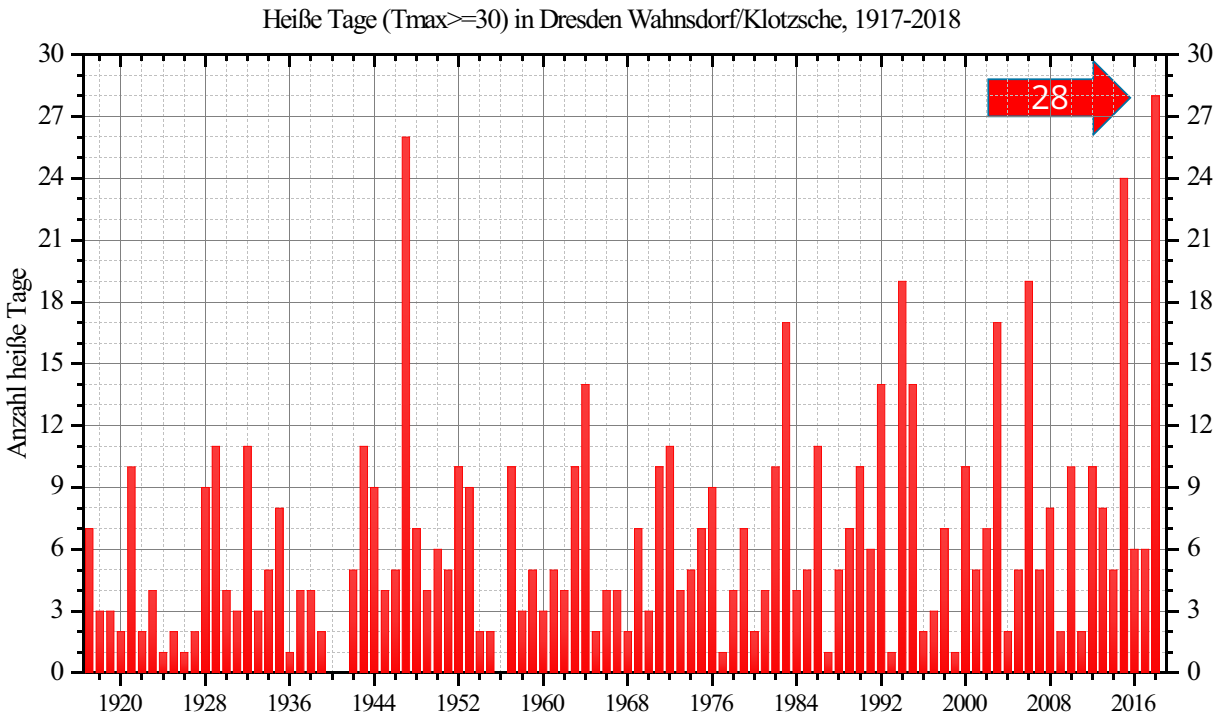


Sommer 2018 in Dresden: Anzahl der heißen Tage

Wie viele heiße Tage (Tmax>= 30°C) wurden an der Wetterstation Dresden-Klotzsche 2018 registriert?

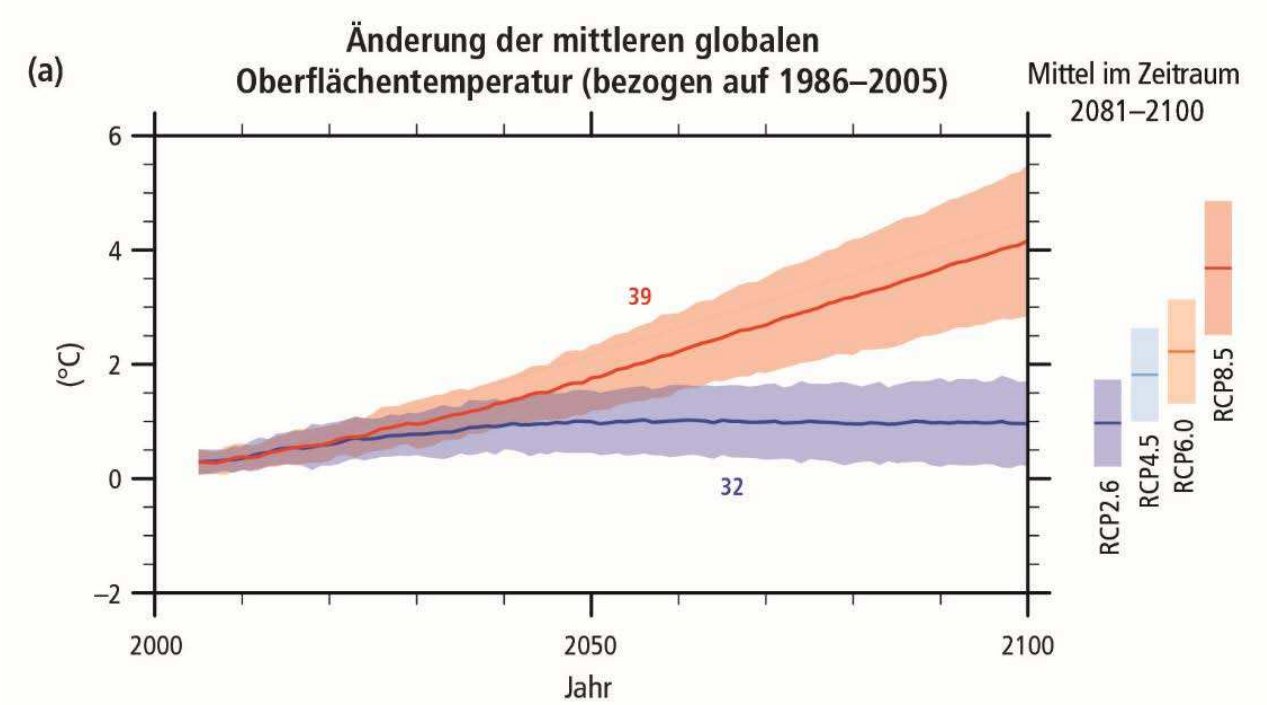
Referenz-Klimanormalperiode 1961-1990: 6 (Vergleich: 1981-2010: 8)

Sommer 2018 in Dresden: Anzahl der heißen Tage



Referenz-Klimanormalperiode 1961-1990: 6 (Vergleich: 1981-2010: 8)

Weltklimarat IPCC, 5. Sachstandsbericht 2013-2014



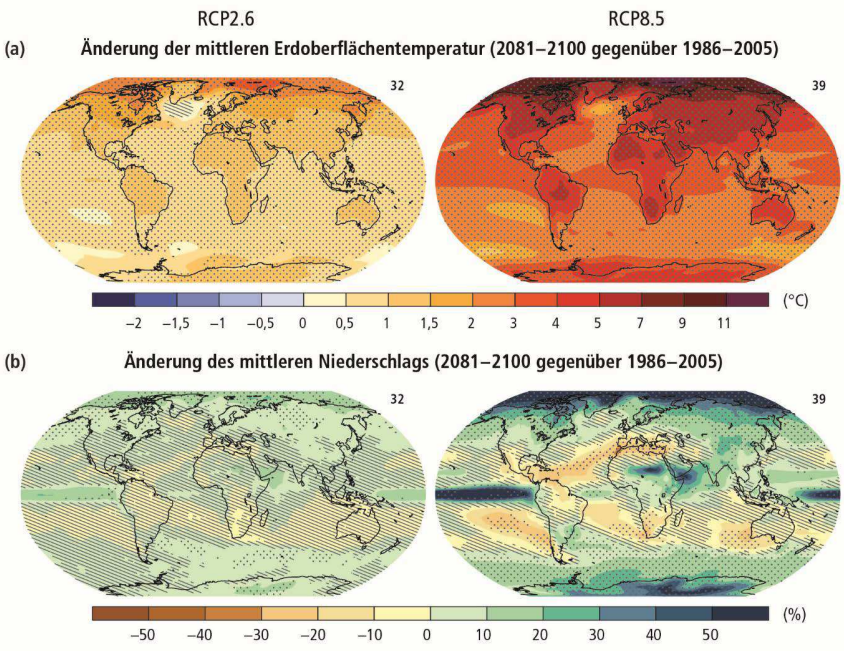
→ RCP2.6 stringentes Minderungsszenario → 2°C-Ziel wird wahrscheinlich erreicht

Weltklimarat IPCC, 5. Sachstandsbericht 2013-2014

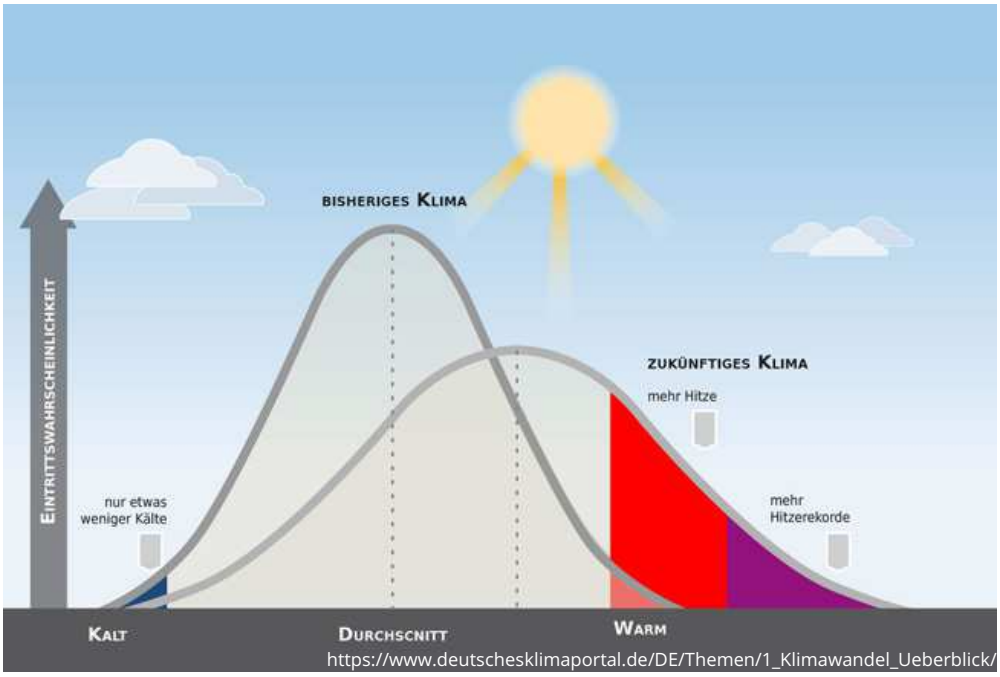
→ Anstieg der mittleren globalen Oberflächen-temperatur über den meisten Landflächen

→ Hohe räumliche Variabilität

→ **Häufigere** heiße und weniger kalte **Temperaturextreme** auf täglicher und jahreszeitlicher Zeitskale



Änderung der Verteilung von Klimagrößen

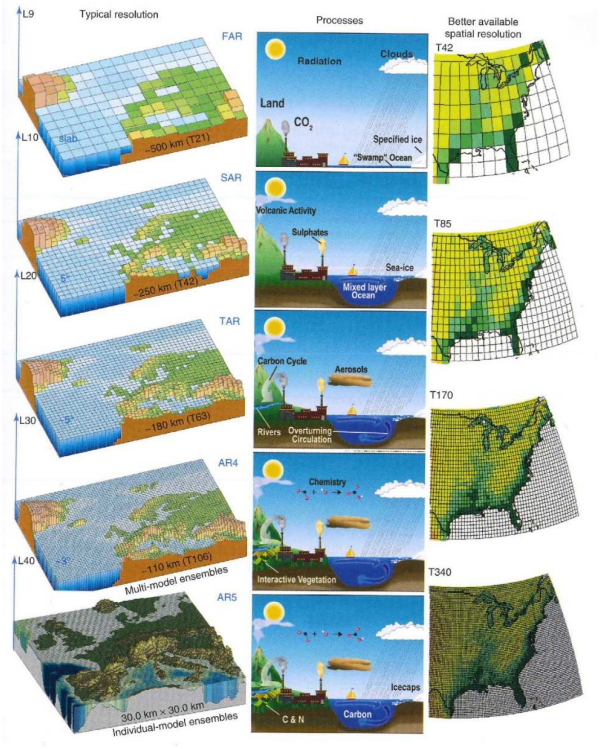


→ Bereits geringe Änderungen der Mittelwerte können durchaus große Auswirkungen auf die statistische Verteilung der Extremwerte haben.

Welche Auswirkungen kann der globale Klimawandel auf Regionen haben?

→ Übertragung der globalen Klimamodellprojektionen auf die regionale und lokale Skala durch **Downscaling-Verfahren**:

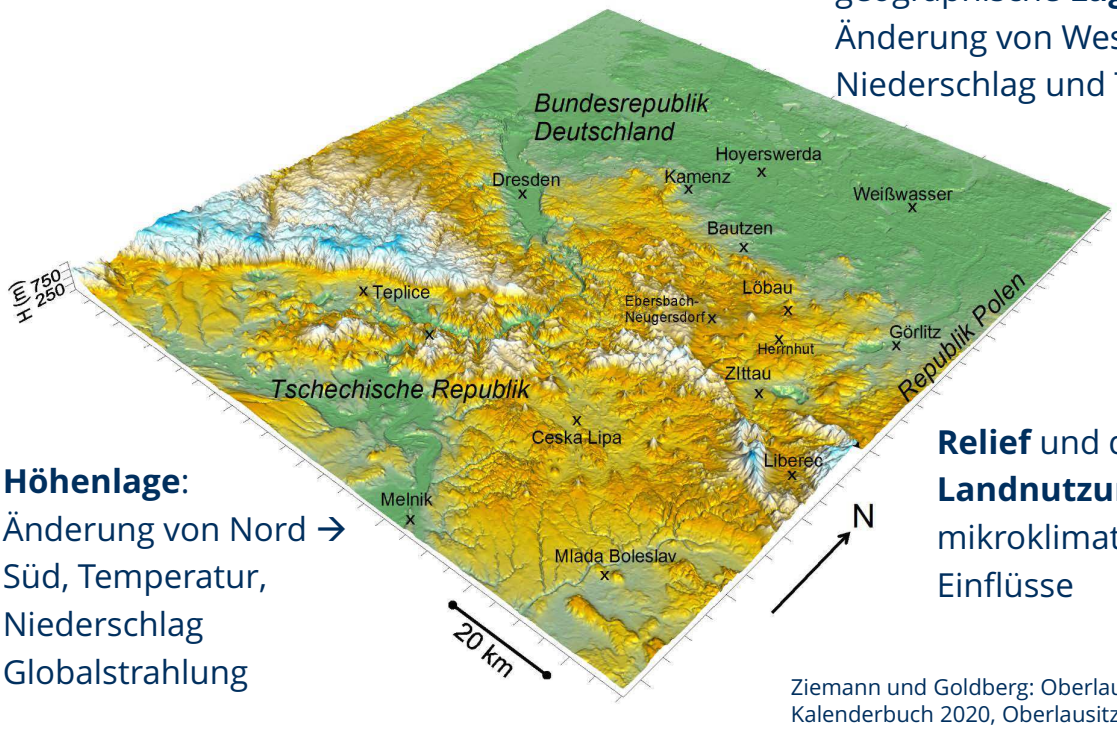
- → **Dynamisch**: mit regionalen Klimamodellen
- → **Statistisch-dynamisch**: mit statistischen Beziehungen zwischen großskaligen Strömungsmustern und lokalen Wettererscheinungen (Nutzung von gemessenen Stationsdaten)



McGuffie, Henderson-Sellers, The Climate Modelling Primer, 2014

Klima der Oberlausitz – abwechslungsreich und besonders

geographische **Lage/Meer**: Änderung von West → Ost, Niederschlag und Temperatur

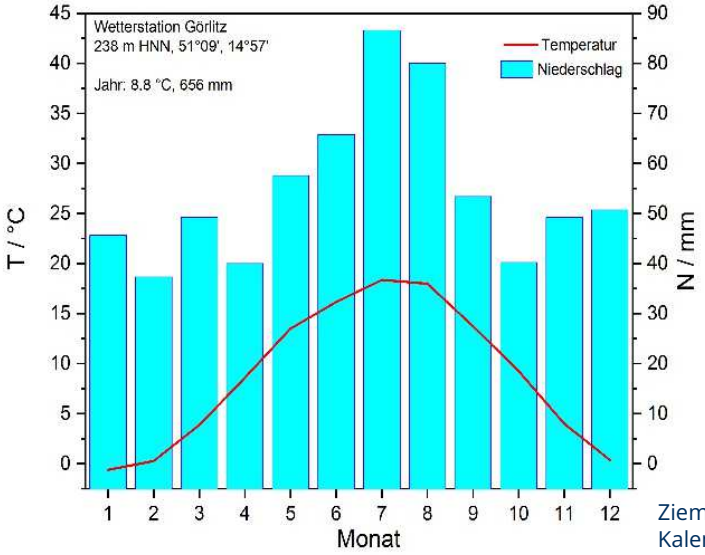


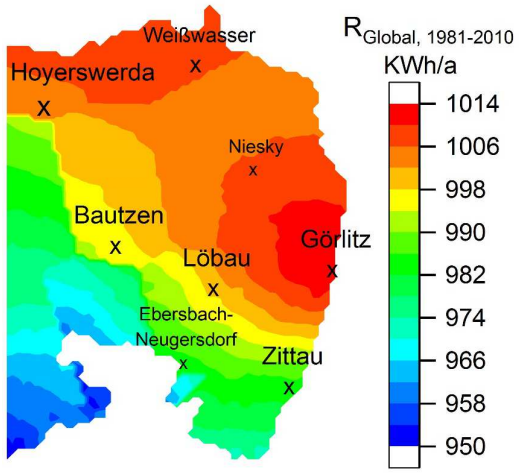
Höhenlage: Änderung von Nord → Süd, Temperatur, Niederschlag Globalstrahlung

Relief und die **Landnutzung**: mikroklimatische Einflüsse

Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

Klimadiagramm von Görlitz und räumliche Verteilung der Globalstrahlung in der Oberlausitz (1981-2010)

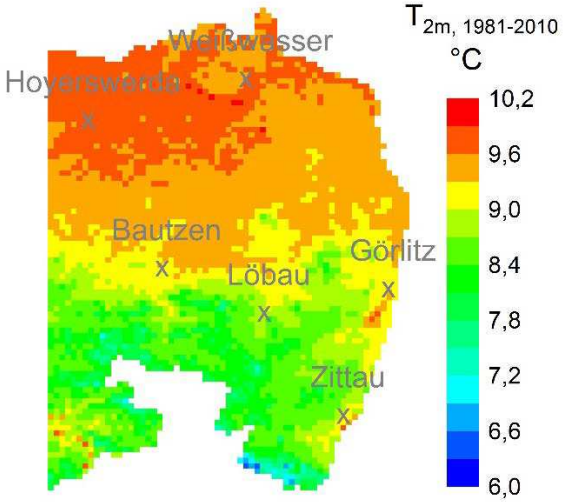


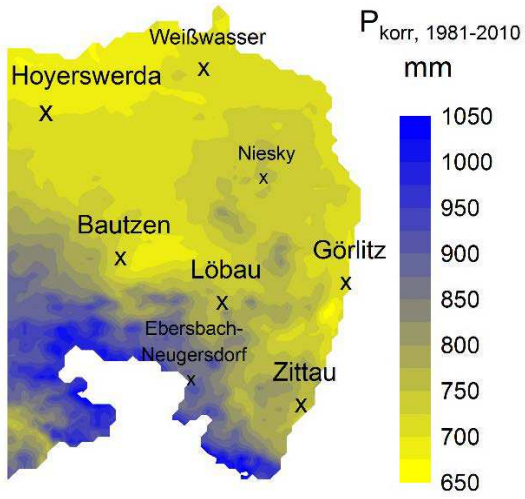


Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

→ Höhere Kontinentalität: Höhere Jahresschwankung der Temperatur, tiefere Wintertemperaturwerte, mehr Sonnenstunden

Räumliche Verteilung der Temperatur und des Niederschlags in der Oberlausitz (1981-2010)





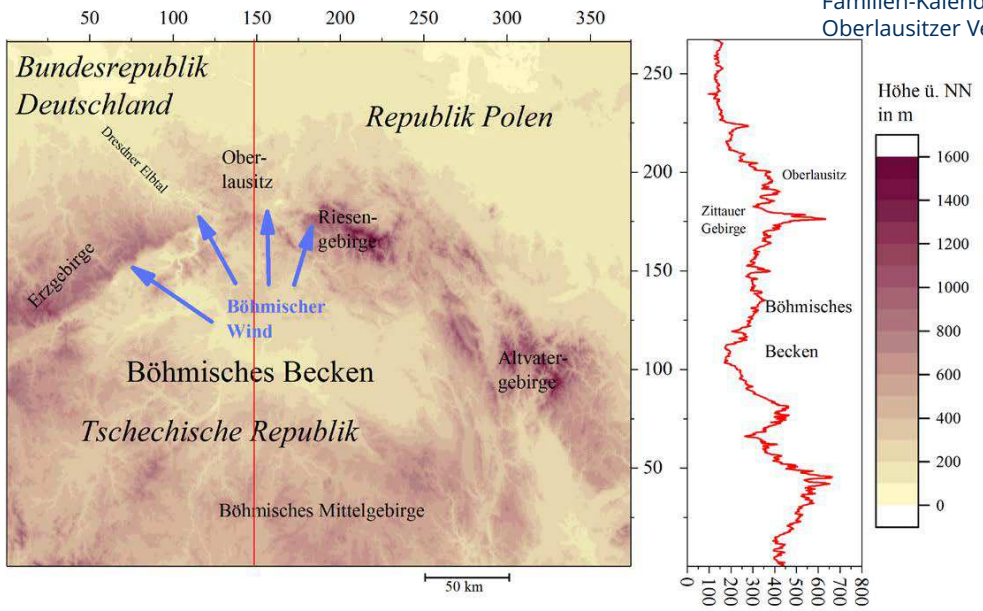
Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

→ Abhängigkeit der Temperatur von der Geländehöhe

→ Niederschlagsverteilung → Hauptwindrichtung in Bezug auf Lage der Gebirge

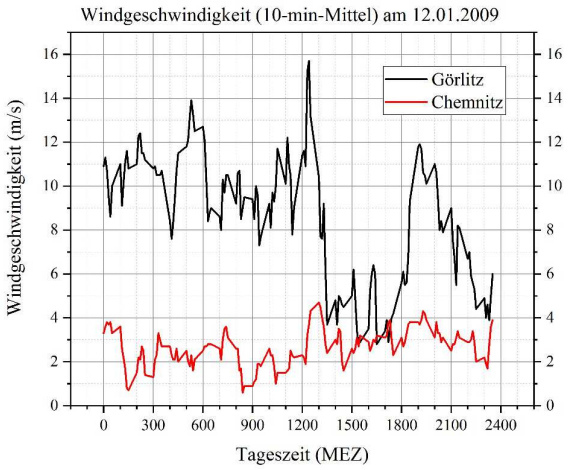
Böhmischer Wind: kalter Fallwind aus dem Böhmischen Becken

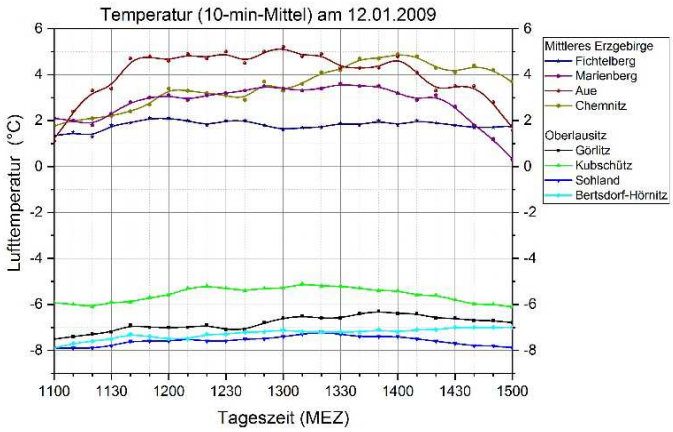
Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag



→ Voraussetzung: Hochdruckgebiet über dem östlichen Mitteleuropa und tiefer Druck nördlich und westlich davon → Kaltluftschicht im Böhmischen Becken

Böhmischer Wind: Windgeschwindigkeit und Temperatur am 12.01.2009





Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

→ Überströmen der Gebirgsschwelle der Oberlausitz bzw. dem Einströmen in die Flusstäler (z.B. Elbe und Neiße): Beschleunigung der Kaltluft

Wohin fährt der „Klimazug“ in der Oberlausitz?

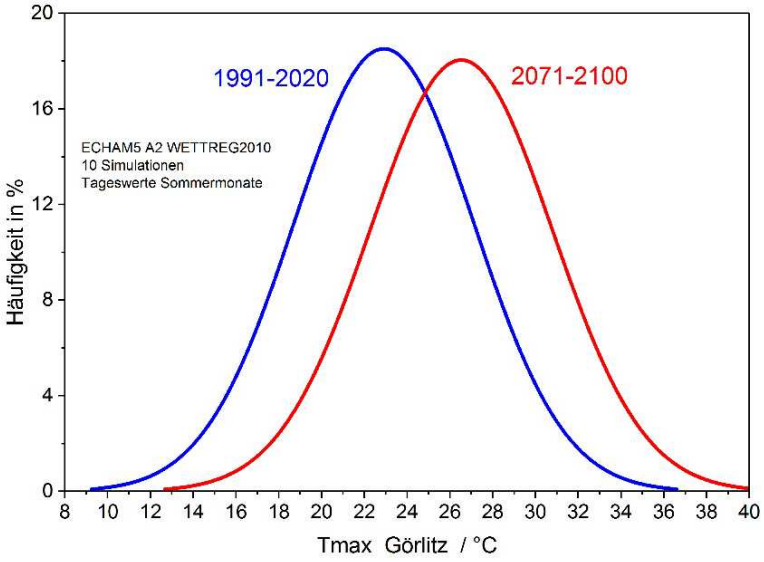
Ort	Zeitperiode für die Projektion: 2021-2050	Zeitperiode für die Projektion: 2071-2100
Jonsdorf	-67 mm	-141 mm
Löbau	-66 mm	-132 mm
Oppach	-69 mm	-151 mm
Weißenberg	-40 mm	-125 mm

Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

→ Abnahme des Jahresniederschlags (vor allem im Sommerhalbjahr)

→ Zeitliche Ausdehnung der sommerlichen Niederschlagscharakteristik: Wechsel von Phasen mit Starkniederschlägen und Trockenphasen

Wohin fährt der „Klimazug“ in der Oberlausitz?



- im Mittel im **Sommer um 3-4°C höhere Tmax**
- **Häufigkeit von heißen Tagen** im Sommer **steigt** gegenüber heute um das **Vierfache**
- **Extremwerte** von bis zu 40 °C

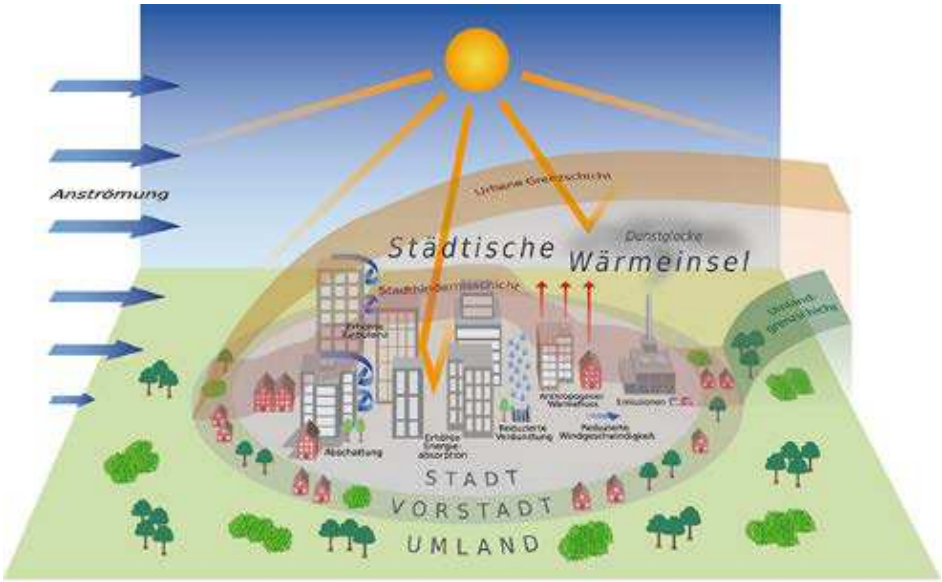
Ziemann und Goldberg: Oberlausitzer Familien-Kalenderbuch 2020, Oberlausitzer Verlag

→ Zunahme der Temperatur in der Oberlausitz:

→ in der nahen Zukunft um ca. 1,5°C

→ in der fernen Zukunft um über 3,5°C

Besonderheiten des Stadtklimas

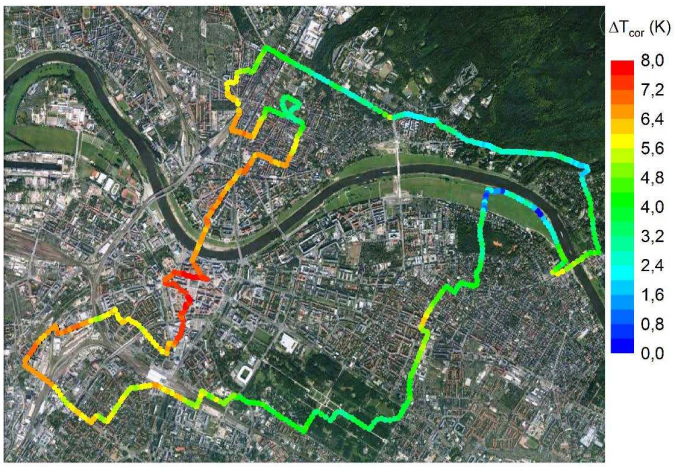


https://www.deutschesklimaportal.de/DE/Themen/3_Stadtklima

→ dichte Bebauung und hoher Versiegelungsgrad, wenig Grün- und Wasserflächen

→ Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind, immissionsrelevante Größen (z. B. Luftqualität, Abwärme und Lärm)

Stadtklima - Temperaturverteilung in der Nacht: Urbane Wärmeinsel



Temperaturverlauf (trendkorrigiert) während einer Messfahrt in Dresden am 28.08.2013, 22:59 MEZ – 29.08.2013, 00:36 MEZ
(BSc Arbeit S. Mittag)

Temperaturunterschiede in einer Sommernacht im Stadtgebiet von Dresden

Max. Differenz: 8 K

→ Vegetationsflächen am kühlsten

→ Stärkste Abkühlung über Wiese

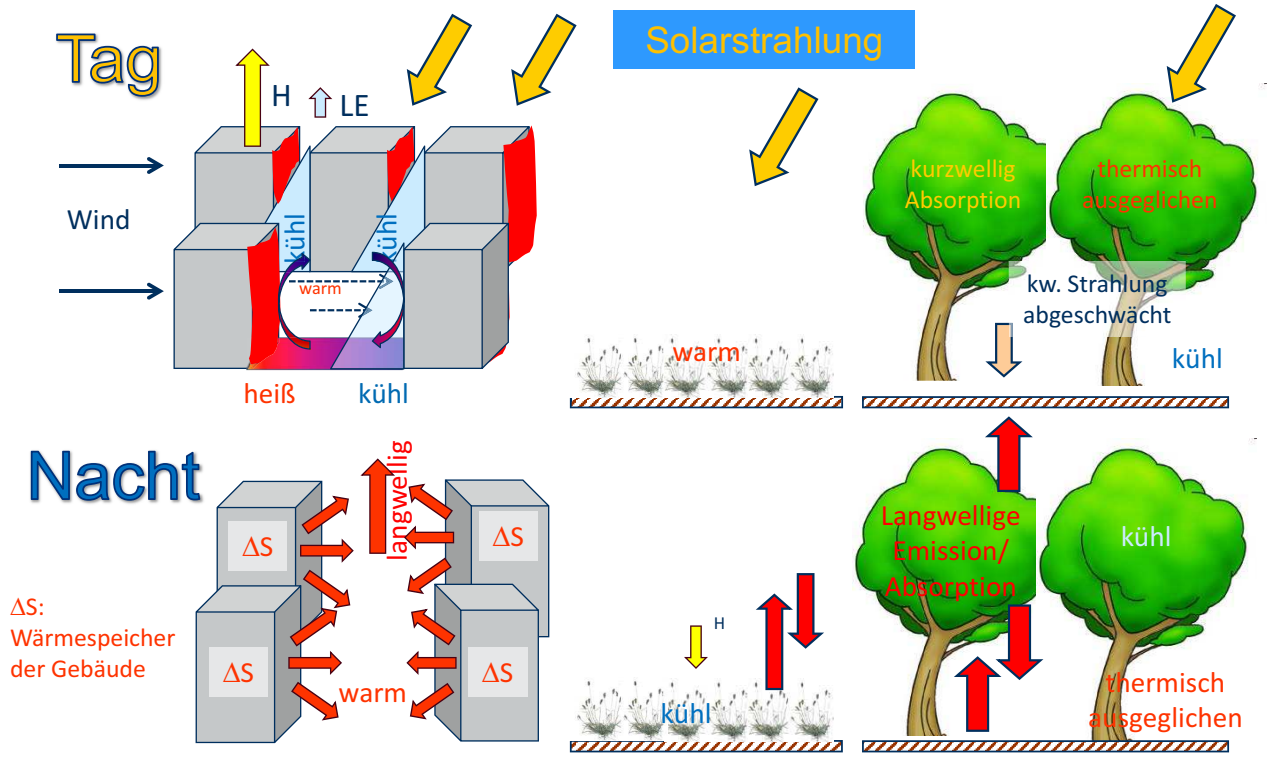
Abweichung des Stadtklimas gegenüber dem Umland (typische, langfristige Werte)

Lufttemperatur in Bodennähe	**+ 1 K … +3 K**
Globalstrahlung	-15 % … -20 %
ultraviolette Strahlung	-10 % … -30 %
Sonnenscheindauer	+5 % … -15 %
Relative Feuchte in Bodennähe	-2 % … -10 %
Bewölkungsgrad	+5 % … +10 %
Windgeschwindigkeit	**-10 % … -30 %**
Aerosolgehalt der Luft	**bis +1000%**

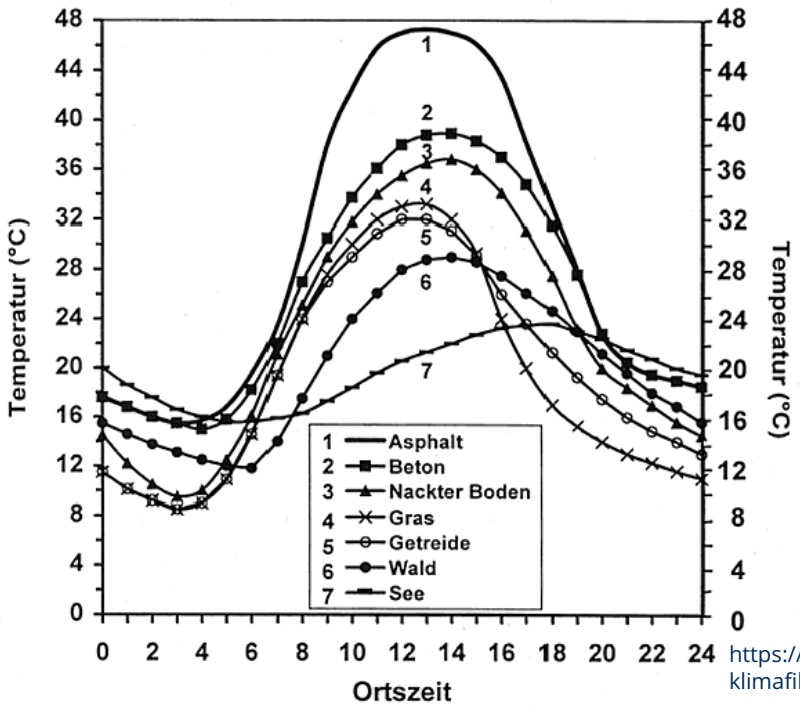
fett: gesicherte Werte

nach Landsberg (1969) und Schönwiese (1979)

Energieumsatz: Abhängigkeit von der Stadtstruktur



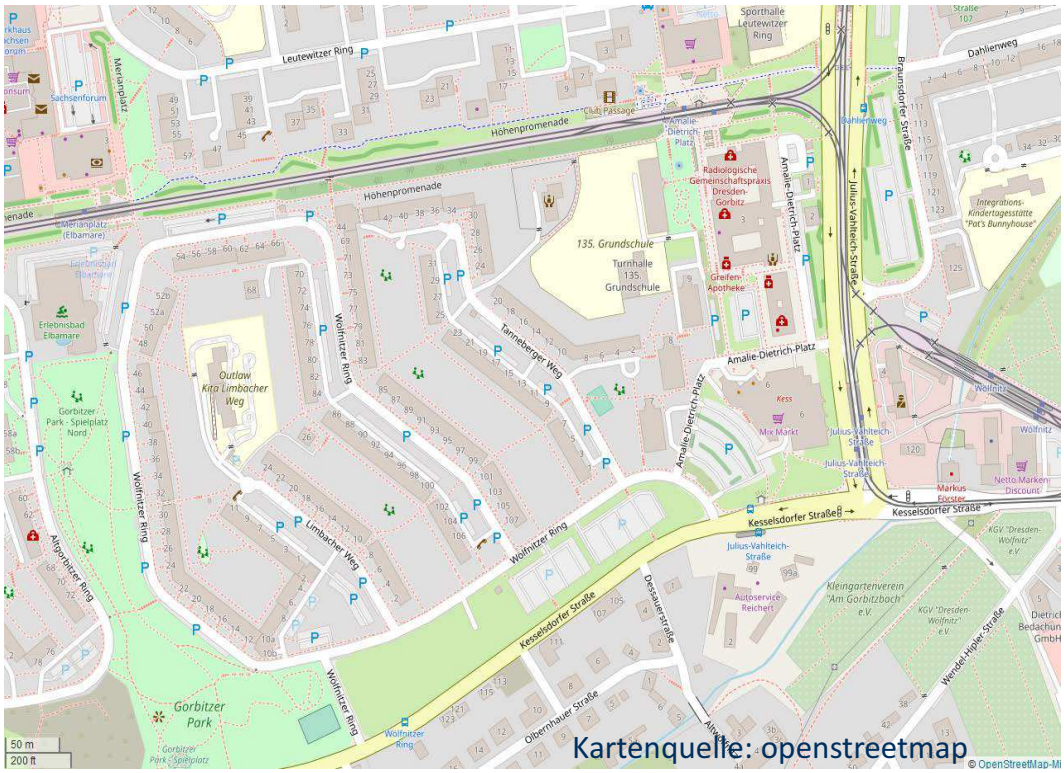
Oberflächentemperaturwerte im Tagesgang



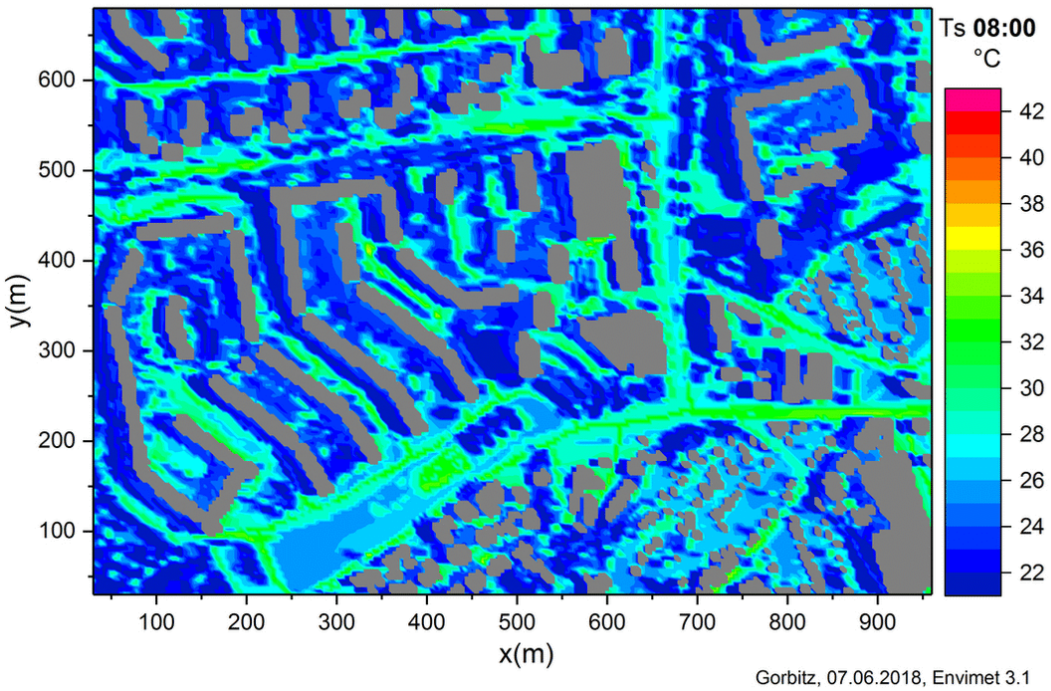
https://www.staedtebauliche-klimafibel.de/?p=6&p2=2.3

Temperaturen verschiedener Oberflächen an einem Hochsommertag (nach FETZER, 1975)

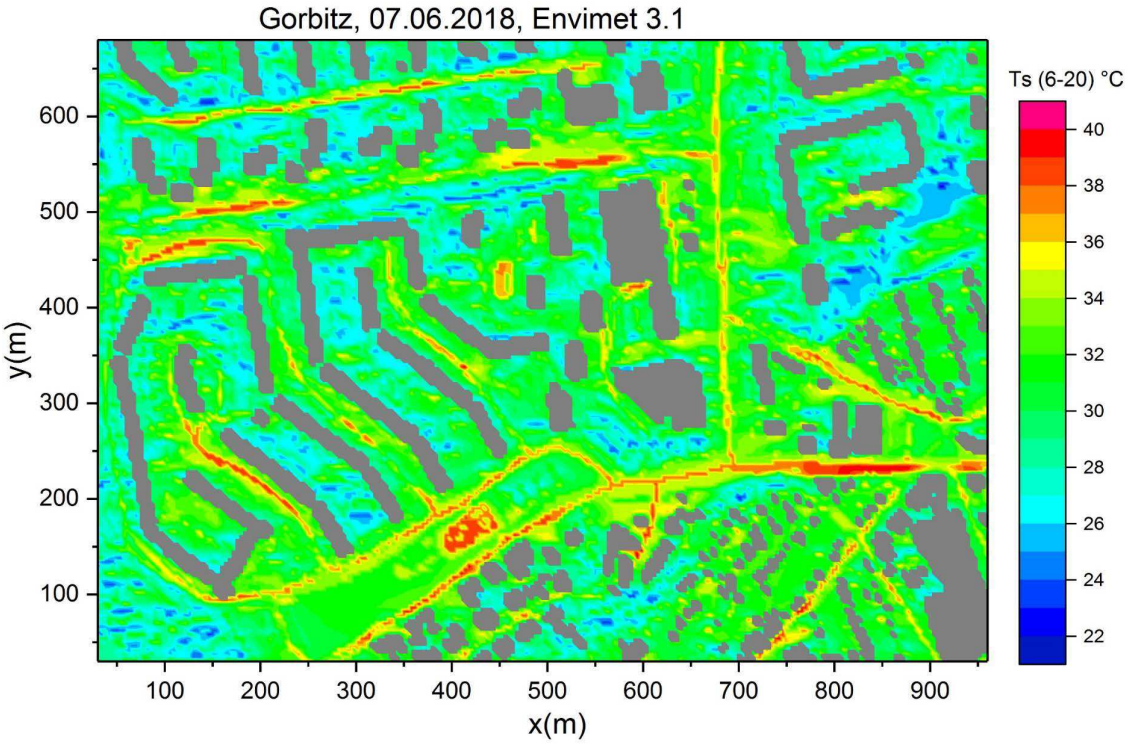
Beispielquartier Dresden Gorbitz



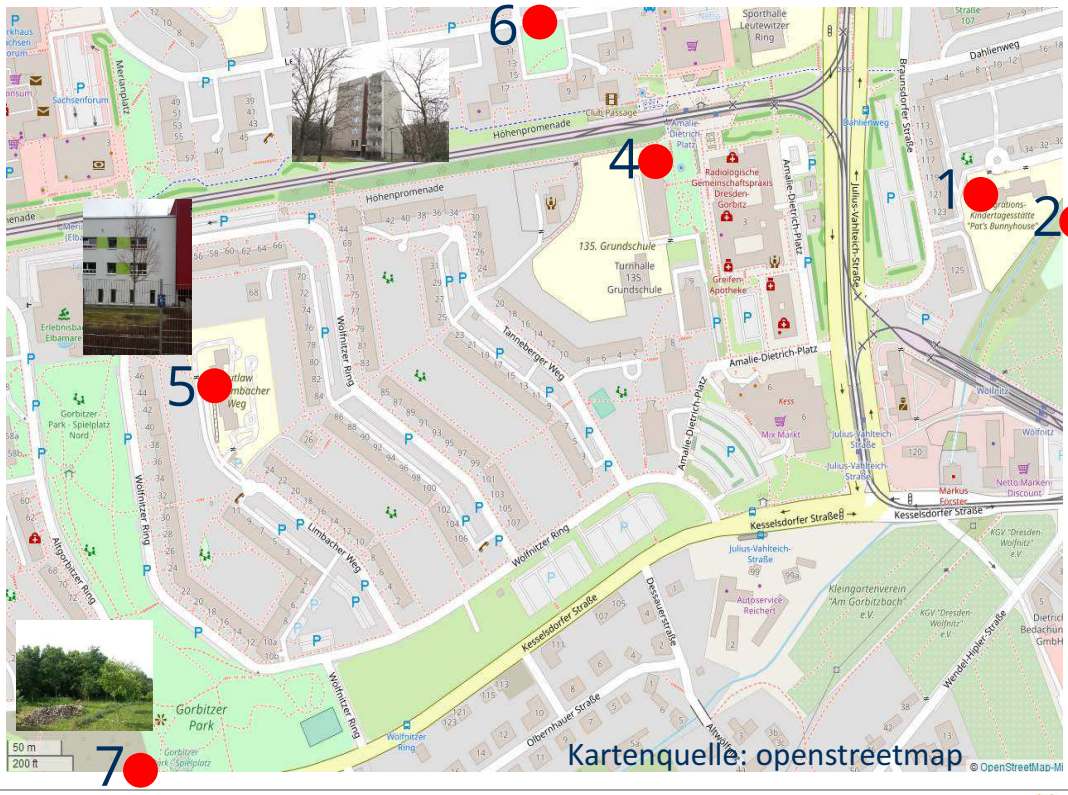
Oberflächentemperaturwerte im Tagesgang



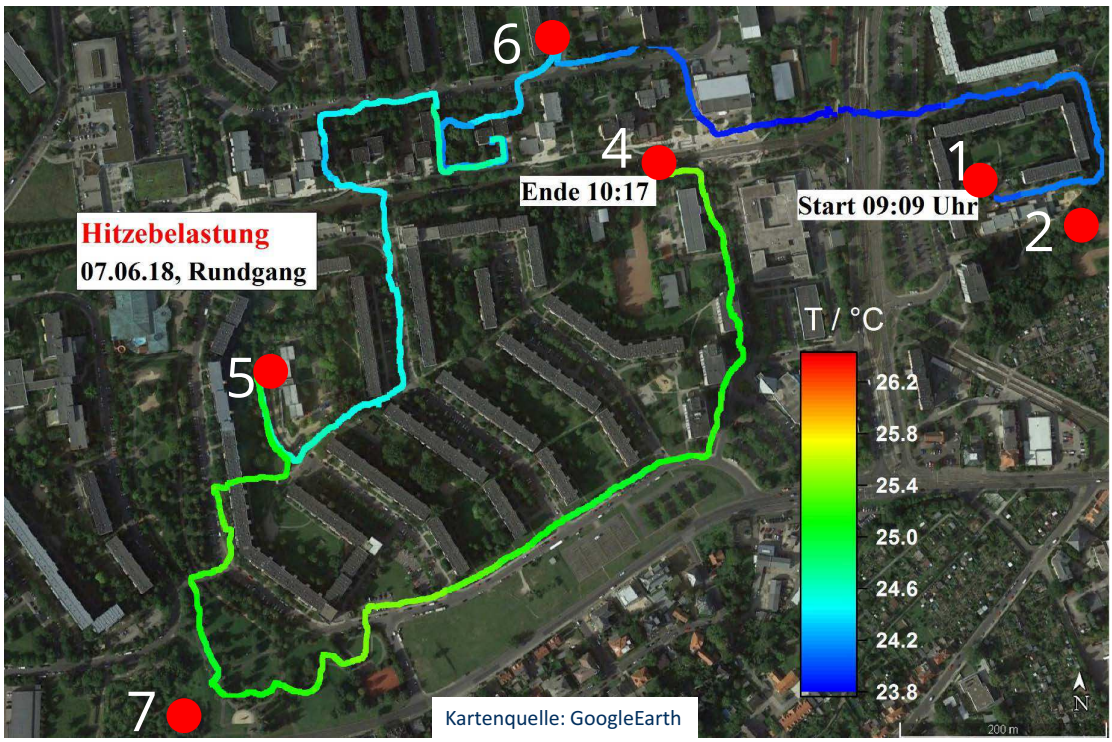
Mittelwert Oberflächentemperaturwerte tagsüber



Rucksackmessungen in Dresden Gorbitz

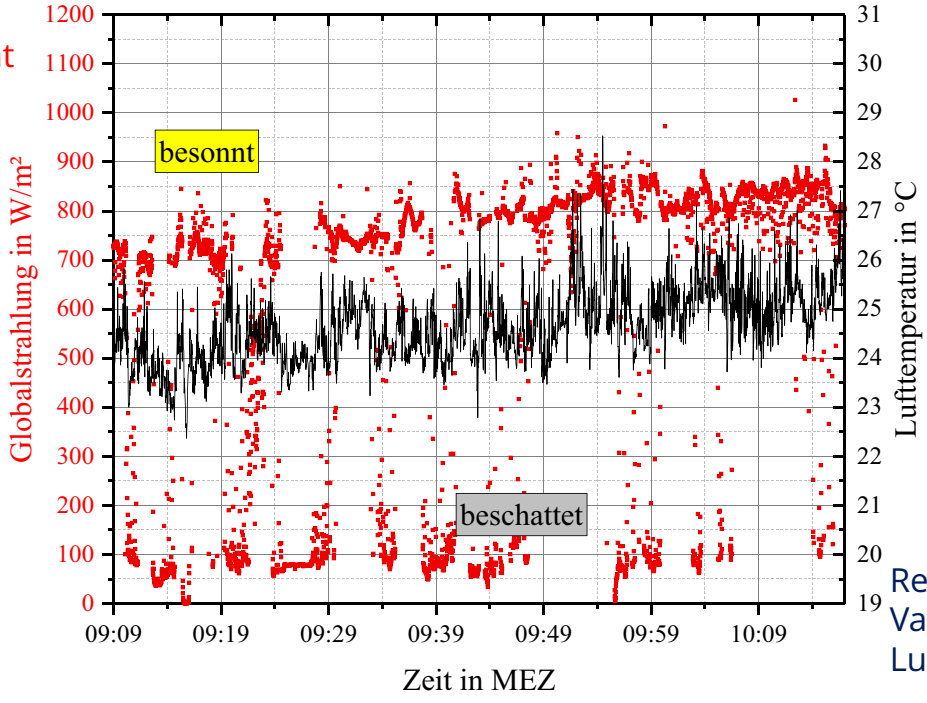


Lufttemperatur am 07.06.18: Rucksackmessung



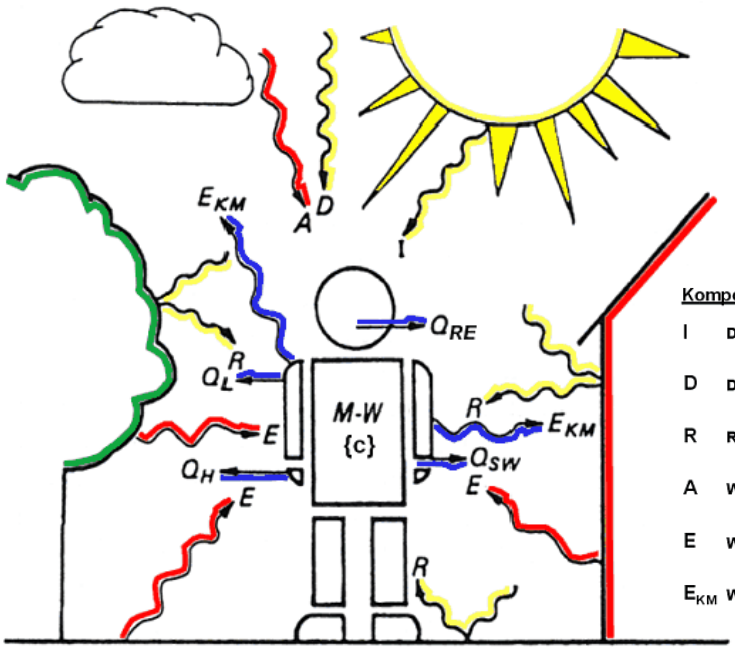
Rucksackmessungen in Dresden Gorbitz am 07.06.18: Strahlung und Temperatur an einem Tag mit Wolken

Große Variabilität Strahlung



Relativ geringe Variabilität Lufttemperatur

Thermische Behaglichkeit – der Klima-Michel



„Durchschnittsmensch“
35 Jahre alt, 1,75 Meter groß und
75 Kilogramm schwer

Komponenten der Strahlungsbilanz:

I	Direkte Sonnenstrahlung	M-W	Wärmeproduktion durch Energiestoffwechsel
D	Diffuse Sonnenstrahlung	{c}	Wärmeisolation der Bekleidung
R	Reflexstrahlung (kurzwellig)	Q_H	turbulenter Fluß fühlbarer Wärme (Konvektion)
A	Wärmestrahlung der Atmosphäre	Q_{SW}	turbulenter Fluß latenter Wärme
E	Wärmestrahlung der Oberflächen	Q_L	sensibler Fluß latenter Wärme durch Wasserdampfdiffussion
E_{KM}	Wärmestrahlung des Menschen	Q_{RE}	Wärmefluß über Atmung (fühlbar und latent)

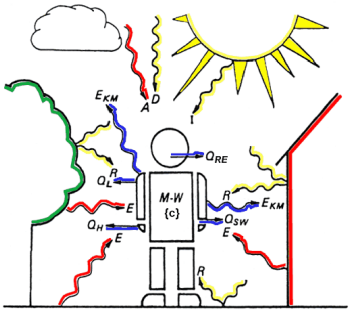
https://www.staedtebauliche-klimafibel.de/
Verändert nach VDI 3787 Blatt 2

Thermische Behaglichkeit – der Klima-Michel

Bewertung der thermischen Behaglichkeit bzw. Belastung mit verschiedenen Indizes, z.B.

- **PET** (Physiologic Equivalent Temperature)

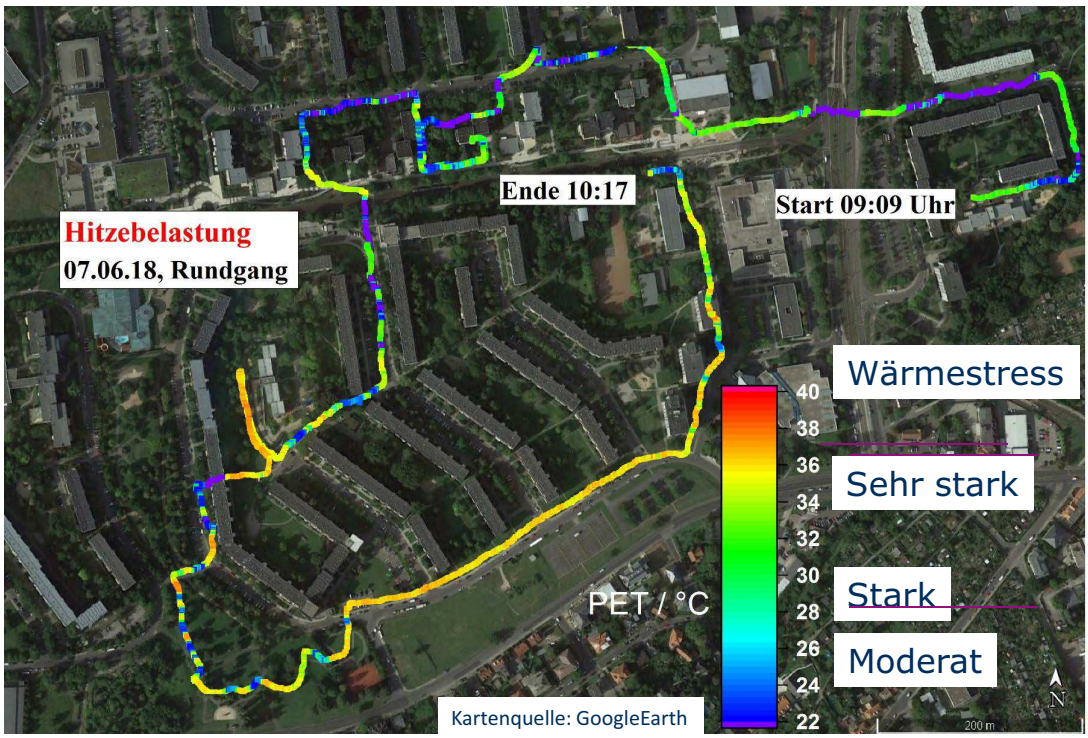
Die PET ist für eine beliebige Stelle im Freien definiert als diejenige Außentemperatur, bei der in einem Innenraum die Wärmebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist wie bei den Bedingungen im Freien (siehe auch VDI Richtlinie 3787 Blatt 2).



- **UTCI** (Universal Thermal Climate Index)

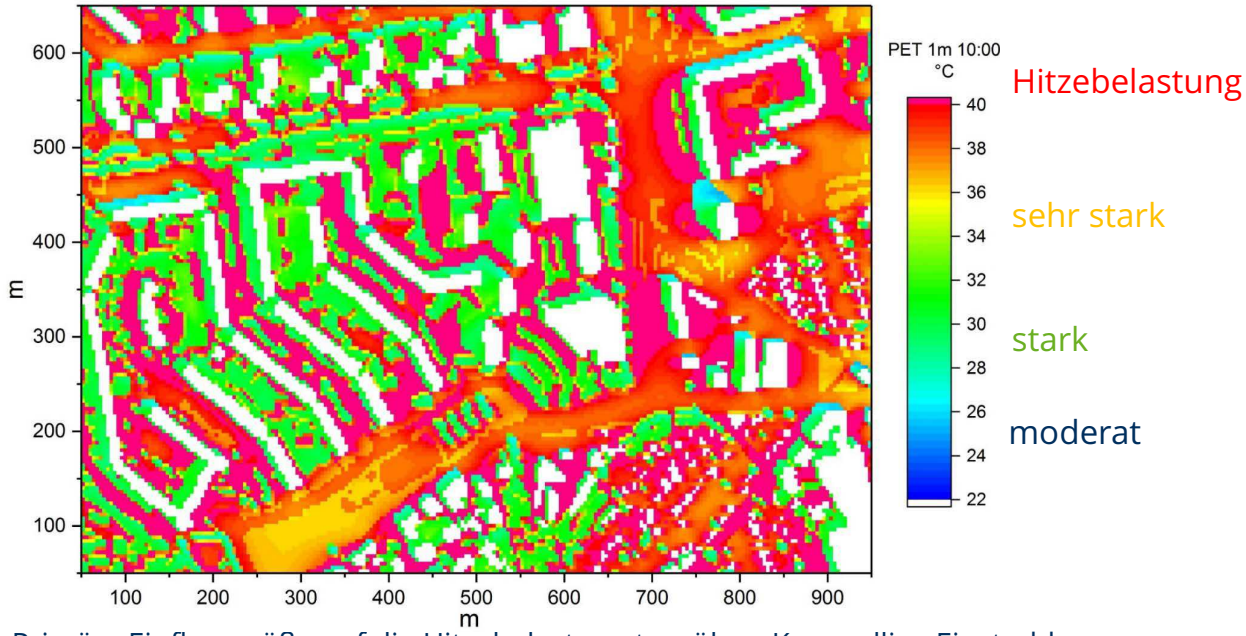
- **Gefühlte Temperatur** (→DWD-Webseite, Hitzewarnung)

Thermische Behaglichkeit am 07.06.18



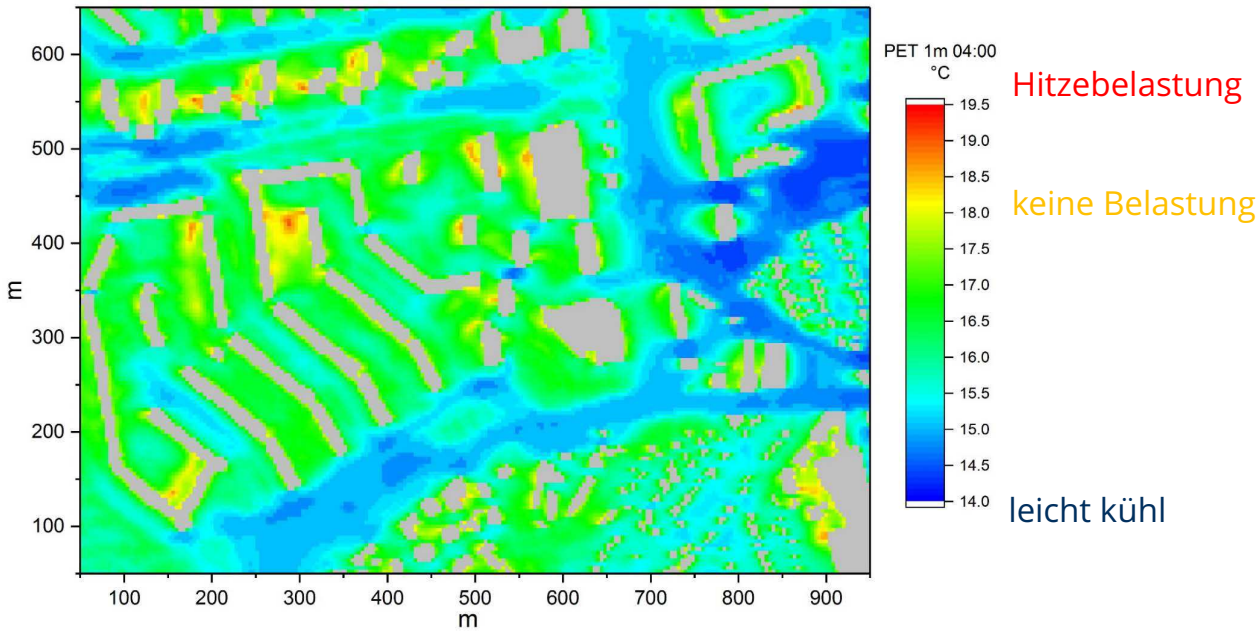
→ Schatten verringert Hitzebelastung um bis zu zwei Belastungsstufen

Thermische Belastung um 10 Uhr am 07.06. (Dresden Gorbitz)



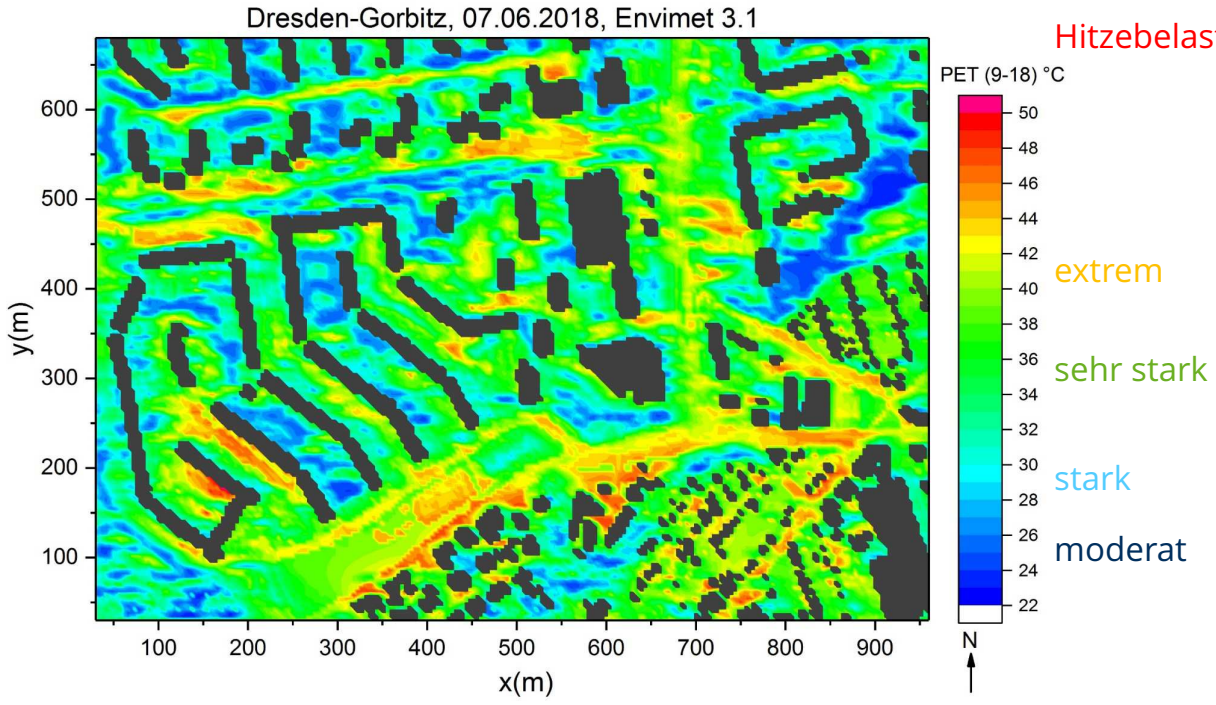
➢ Primäre Einflussgröße auf die Hitzebelastung tagsüber: Kurzwellige Einstrahlung

Thermische Belastung um 4 Uhr am 07.06. (Dresden Gorbitz)



- Primäre Einflussgrößen auf die thermische Behaglichkeit nachts: Wärmestrahlung

Thermische Belastung am 07.06. (Dresden Gorbitz)



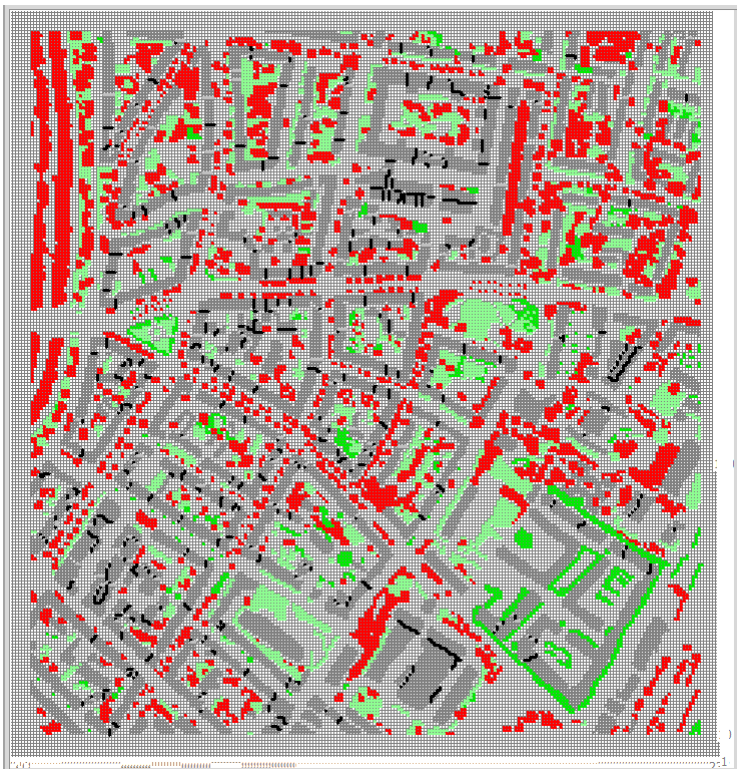
- Kombination aus Schattenwirkung und Ausstrahlung: Hitzeschutz im Freiraum → Bäume

Stadtklimasimulation Erfurt Oststadt

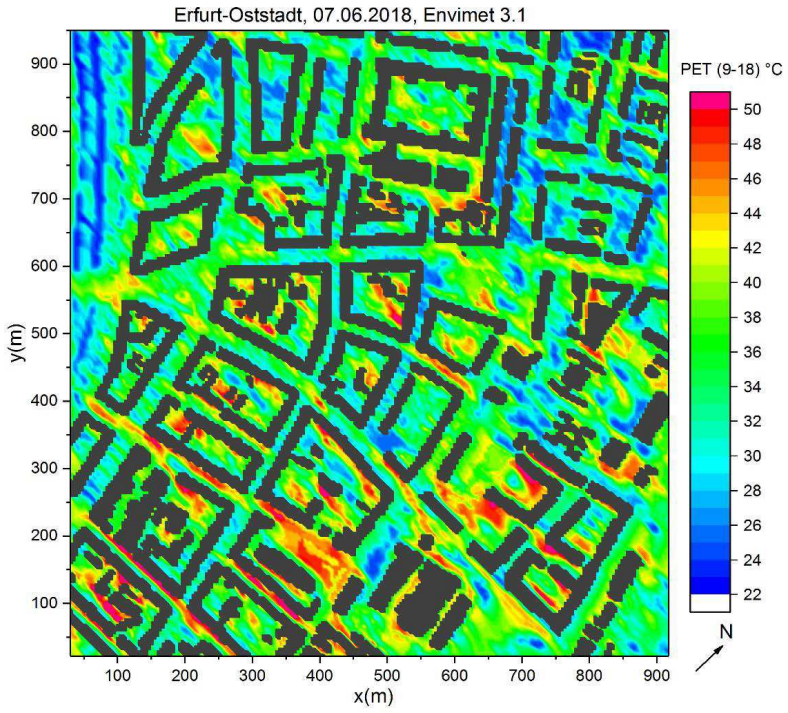
Stauffenbergallee, Leipziger und Hanseplatz

Rathenaustr. Alter Posthof

Kartenquelle: GoogleEarth



Thermische Belastung am 07.06. (Erfurt Oststadt)



Hitzebelastung

extrem

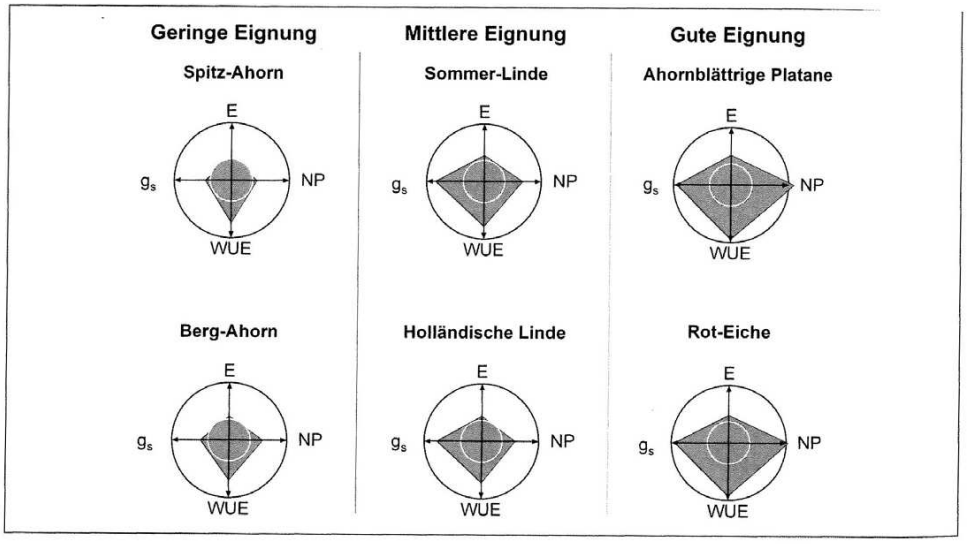
sehr stark

stark

moderat

➢ Kombination aus Schattenwirkung und Ausstrahlung: Hitzeschutz im Freiraum → Bäume

Stadtvegetation der Zukunft: hitzetolerant und trockenstressresistent



Eignungsempfehlung für Straßenbäume auf Basis baumphysiologischer Messungen **in Dresden** (Gillner und Roloff, 2014)

→Planungsdatenbank: https://citree.de/

Klimatische Wirkung von urbanem Grün

Urbanes Grün verbessert das Stadtklima in vielerlei Hinsicht: geringere Wärmebelastung, stoffliche und Lärmbelastung.
Die Klimafunktion von Stadtvegetation hängt stark von der Flächengröße ab:

- Klimafunktion kleiner Grasinseln kaum messbar
- Klimafunktion von Einzelbäumen: Schattenwirkung

Für eine optimierte Wirkung bedarf es:

- einer Vernetzung von Grünflächen (Reduzierung von kumulativem Wärmestress)
- einer angrenzenden Bebauung, die einen Austausch mit der Umgebung zulässt

→ Dachbegrünung und Fassadenbegrünung kann bodengebundene Formen urbanen Grüns sinnvoll ergänzen.
→ Ausreichende Wasserversorgung ist unabdingbar, um von den Ökosystemleistungen urbanen Grüns entsprechend „profitieren“ zu können.

Wichtige Herausforderung des Klimawandels an die Gestaltung von Stadtquartieren:
→ Verringerung der thermischen Belastung von Bewohnern in Hitzeperioden

Tagsüber:
- Verringerung der solaren Einstrahlung:
  - **Schatten u.a. durch Bäume**
  - Dach- und Fassadenbegrünung für gemäßigtes Innenraumklima
- Verringerung der Wärmeausstrahlung vom Boden und den umgebenden Flächen (FreiRAUM-Gestaltung, geringe Bodenversiegelung mit Asphalt)

Nachts:
- Erhöhung der Wärmeausstrahlung durch **große Freiflächen** mit niederwüchsiger Vegetation (**Wiese**)

→ mit Anbindung an das Stadtquartier (**freie Kaltluftflussbahnen**, Ventilation)
- Lockere Baumanpflanzungen (Minimierung möglicher Wärmestaus)