



Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde



Auswirkungen von Stadtbäumen in Eberswalde: Analyse und Anwendung



Brett Avery Michelini
Hochschule für nachhaltige
Entwicklung Eberswalde

Warum ist es wichtig?



Stock images from Canva (Paid version)



Stock images from Canva (Paid version) - Bearbeitet

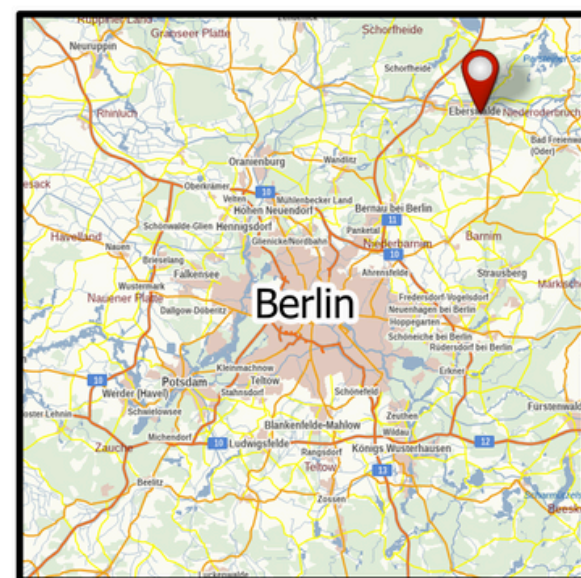
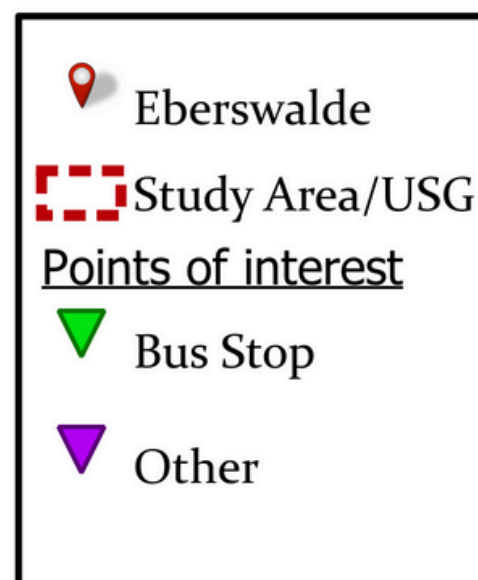
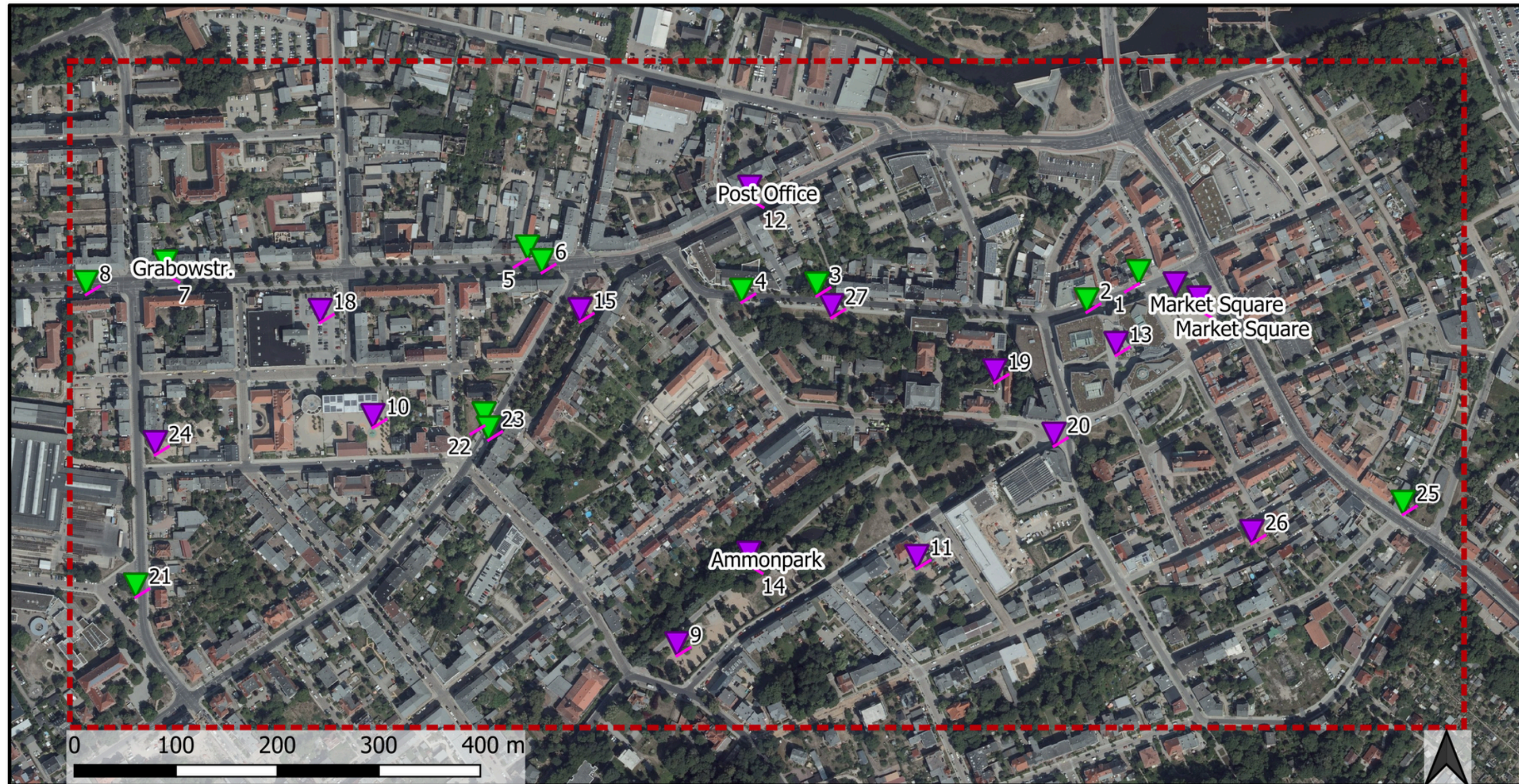


Stock images from Canva (Paid version)

Ausgangssituation & Fragen:

Ein heißer sonniger Nachmittag in der Innenstadt Eberswaldes wird nachmodelliert mit einem 2,5D Rasterkarte (0,5m) in QGIS. Das Modell wurde u.a. mit echten Wetterdaten aus Angermünde gespeist. Die mittlere Strahlungstemperatur (T_{mrt}) und Schattenverhältnisse wurden mit SOLWEIG (QGIS Erweiterung) im Laufe des Nachmittags modelliert für das USG mit und ohne den aktuellen Stadtbaumbestand.

Inwiefern beeinflussen die Bäume im Untersuchungsgebiet das Stadtklima aus menschlicher Sicht in Bezug auf die mittlere Strahlungstemperatur?



Overview of the study area with points of interest Übersicht des USGs mit POIs

Sources/Quellen:

Basemap: WMS BB-BE DOP20c Cache

<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>

Reference Map: WebAtlasDE BB-BE Halbtton

<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/webatlasde/service/wms>

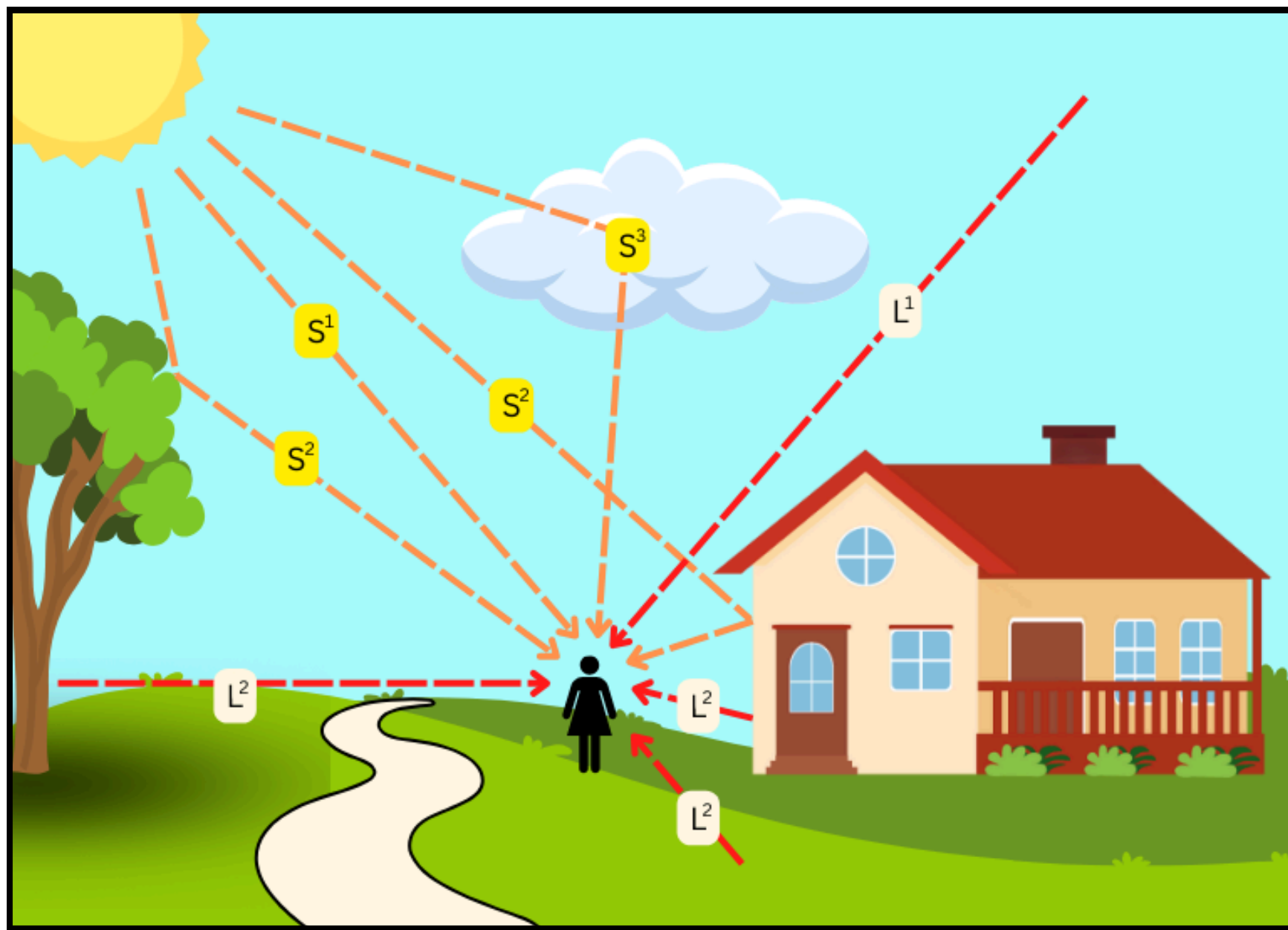
Coordinate System/KBS: ETRS 89/UTM Zone 33N

Date: 04.12.2023 Scale: 5800:1, Reference Map: 2020000:1

Author: Brett Avery Michelinini



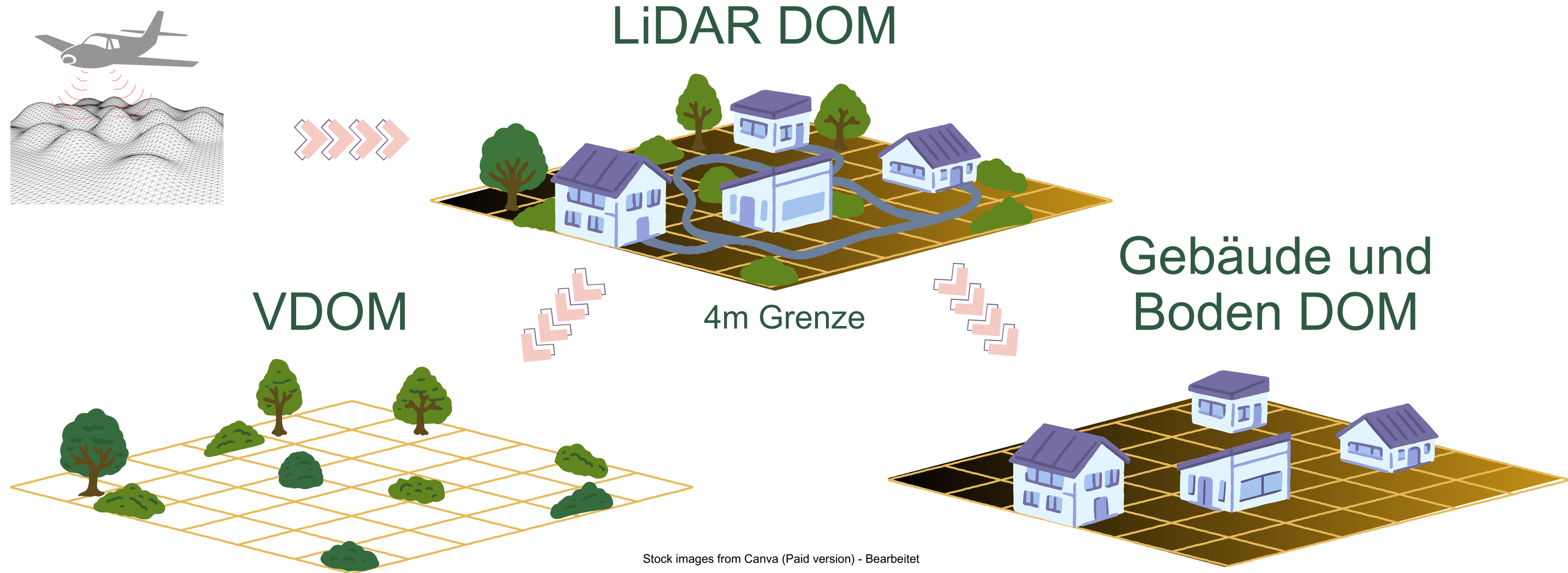
Warum mittlere Strahlungstemperatur (Tmrt)?



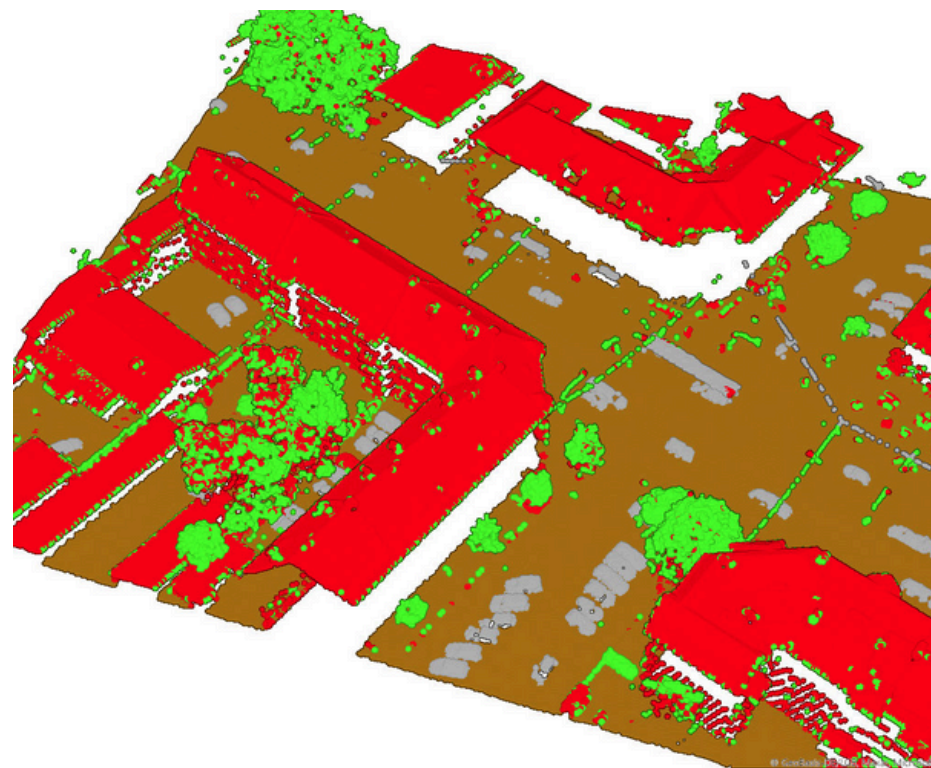
* Eigene Darstellung, übernommen aus Kántor and Unger 2011, p.92

- Was ist mittlere Strahlungstemperatur (Tmrt)?
- Tmrt ist die Summe aller strahlenden Wärmeströme denen der menschliche Körper ausgesetzt ist (Thorsson et al. 2014, S. 342; Thorsson et al. 2007c, S. 1983) Diese Strahlungsflüsse umfassen kurzwellige Strahlung - bestehend aus direktem, diffusem oder reflektiertem Sonnenlicht - und langwellige Strahlung (Kántor und Unger 2011, pp. 91-92)
- Tmrt hat sich als besserer Prädiktor und Beschreiber hitzebedingter Sterblichkeit im Vergleich zu Ta erwiesen und kann daher verwendet werden, um in städtischen Gebieten Echtzeit- und hochauflösende Hitzewarnungen bereitzustellen sowie Bereiche zu identifizieren, die zu Überhitzung neigen (Thorsson et al. 2014, S. 343).
- Tage, die einer Tmrt von 55,5 C bzw. 59,4 C überschreiten, werden mit einem erhöhten Todesrisiko in Menschen über 80 von 5 bzw. 10 Prozent assoziiert (Thorsson et al. 2014, s. 338) Tmrt kann Hitzetod besser vorhersagen als Ta (Lufttemperatur) (Thorsson et al. 2014, s. 343)
- Kann daher als gutes "Proxy-Maß" für den thermischen Komfort dienen, bzw. als Werkzeug, um Risikobereiche zu indentifizieren.

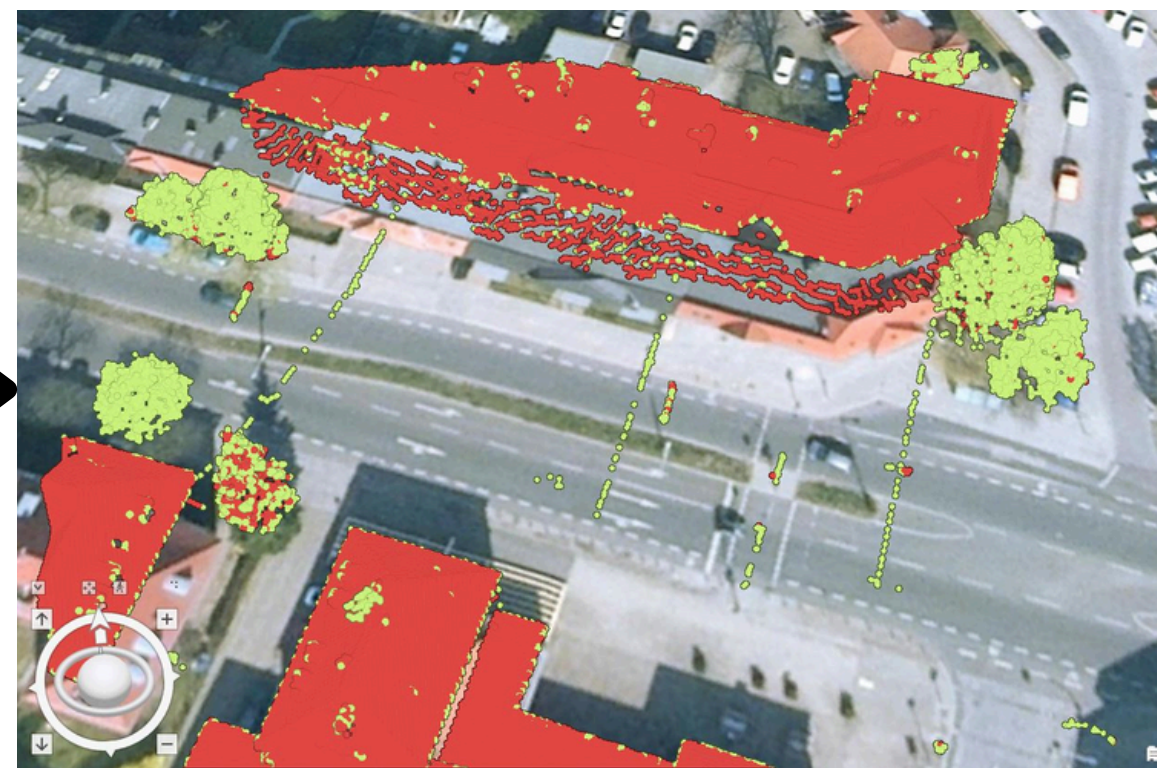
Methodik: der lange weg zum Raster



Methodik: Händisches Klassifizieren



Ziemlich gute Klassifizierung



4m Grenze &
Händisch verbessern mit DOP

Quellen: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
2021 and Esri et al. 2013-2024. Screenshot in ArcGIS Pro v. 3.1.4

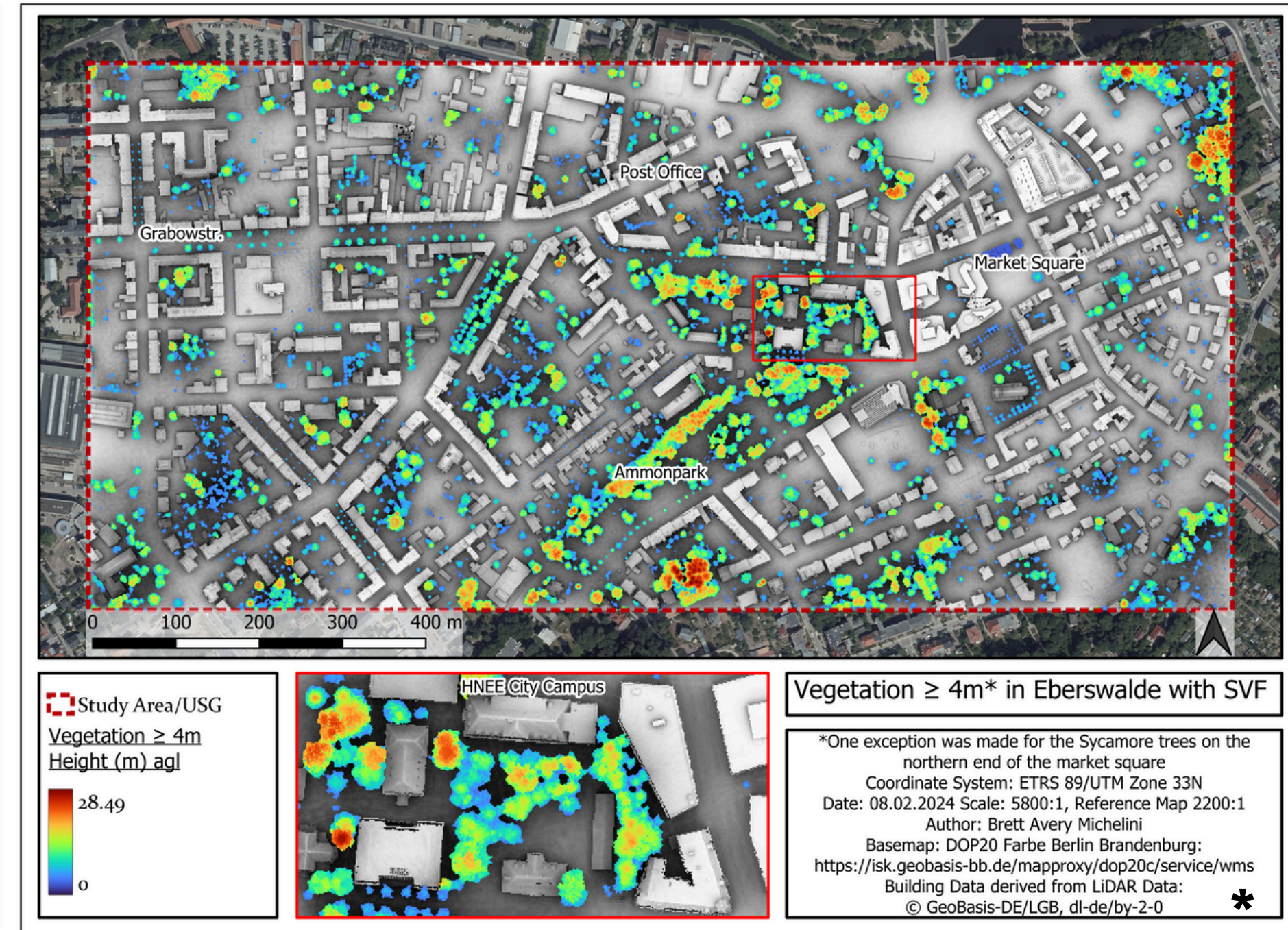
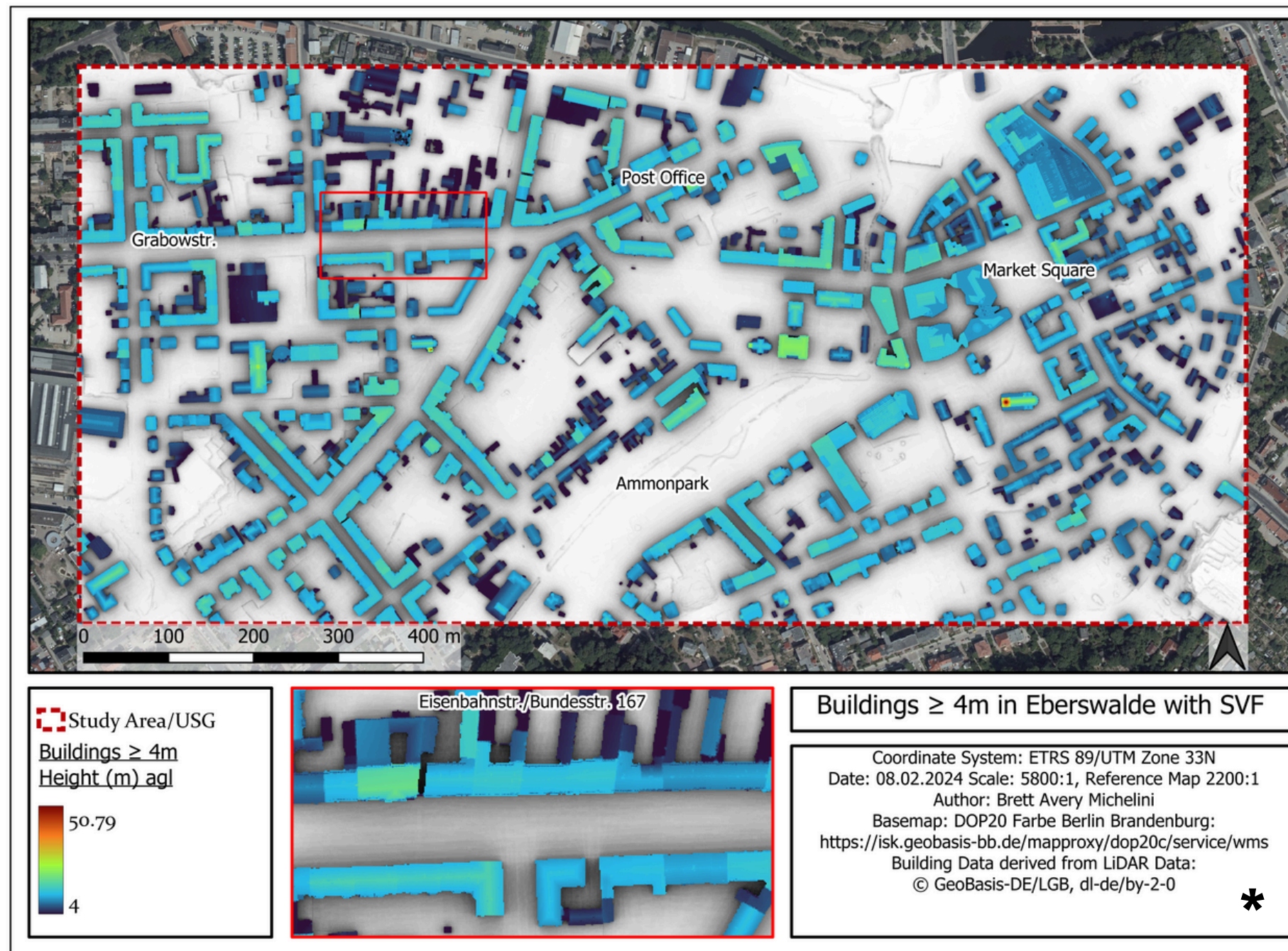


Gebäude DOM



Vegetations-DOM

Methodik: DOM/DSM



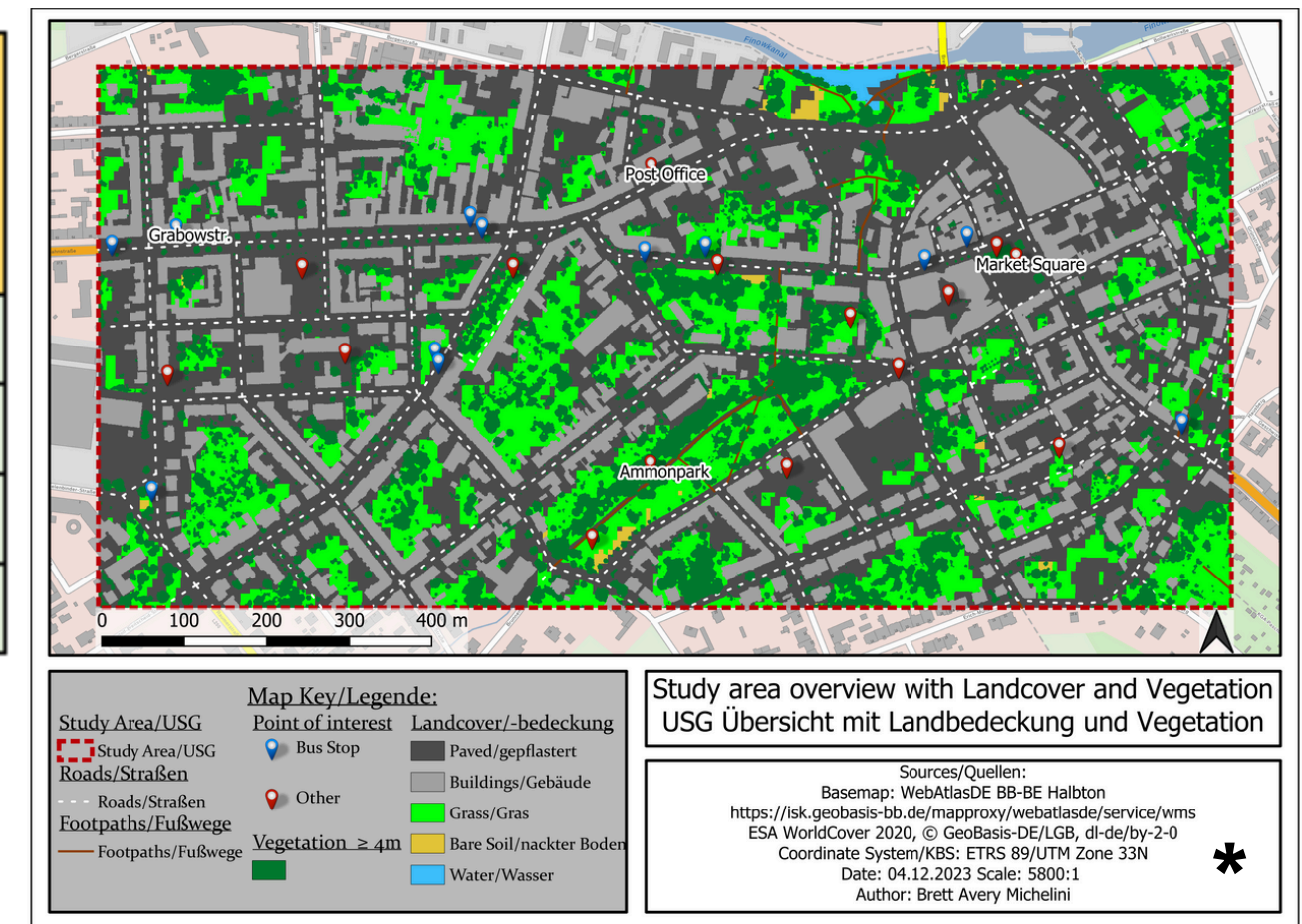
Methodik: weitere Daten

Wettedaten von 3. Juli 1986 in Angermünde (+4 Grad)

*

Time of day	Wind (m/s)	Relative Humidity (%)	T _a (°C) WS1	T _a (°C) WS2	Global radiation (Wh/m ²)	Incoming diffuse shortwave radiation (Wh/m ²)	Incoming direct shortwave radiation (Wh/m ²)
13:00-13:59	1	40	29.8	33.8	700	182	602
14:00-14:59	1	35	31.4	35.4	634	185	529
15:00-15:59	1	34	31.3	35.3	539	205	416
16:00-16:59	1	43	31.5	35.5	453	192	368

Lawrie, Linda K.; Crawley, Drury B. (2021)
 Lawrie, Linda K.; Crawley, Drury B.: EnergyPlus Weather File (EPW) Data Dictionary
 Lindberg et al. 2019, Section 14.2.3.2
 U.S. Department of Energy (2022)



Methodik: SOLWEIG in UMEP

UMEP

“Urban Multi-Scale Environmental Predictor”
QGIS-Erweiterung

Open-source-Software für “architects,
climatologists, energy, health and urban
planners”

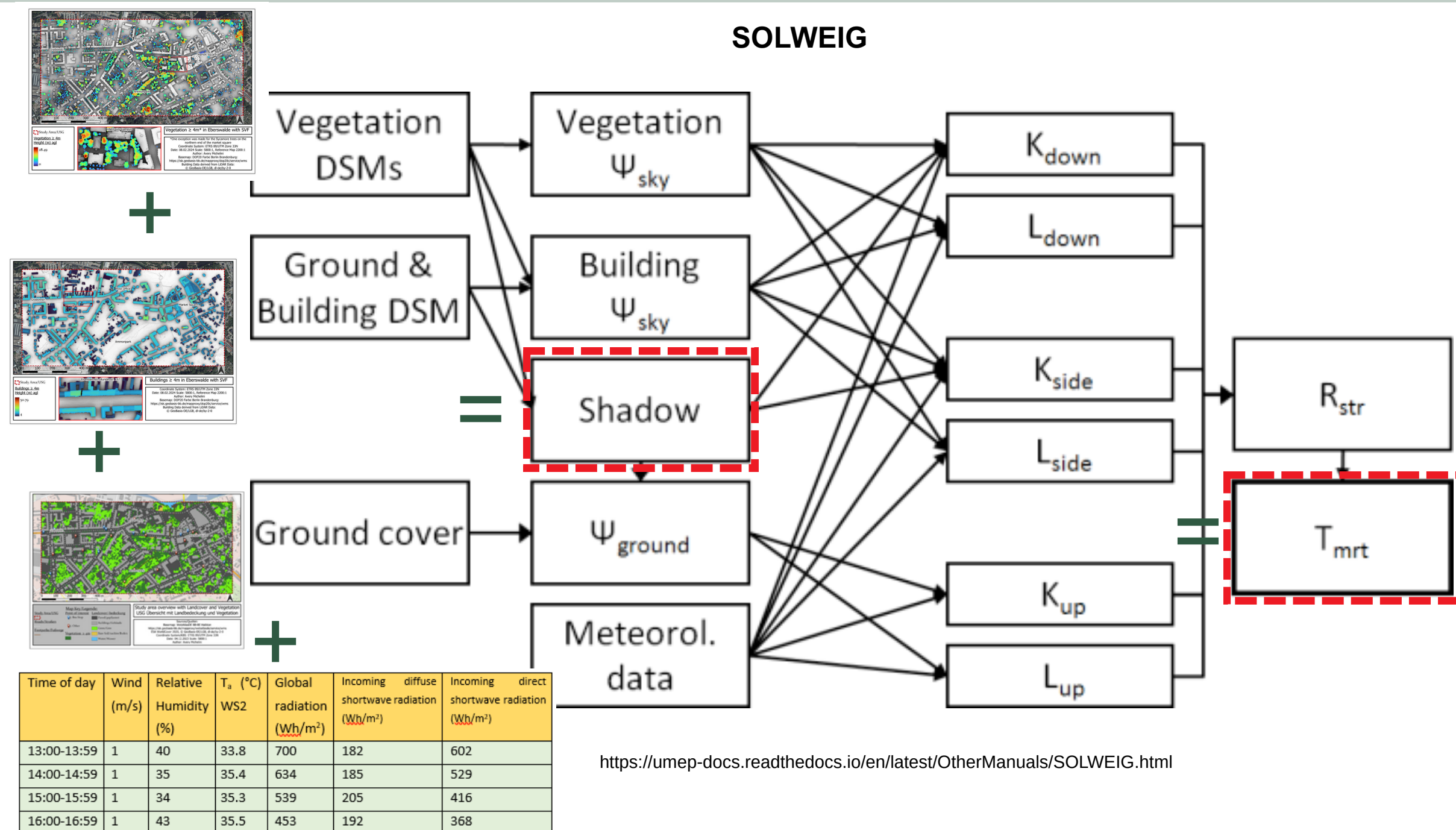
Lindberg et al. 2019, UMEP Manual Homepage

SOLWEIG

“SOlar and LongWave Environmental Irradiance
Geometry model”

“SOLWEIG is a model which can be used to
estimate spatial variations of 3D radiation
fluxes and mean radiant temperature (T_{mrt}) in
complex urban settings”

Lindberg et al. 2019, Section 14.2



Methodik: SOLWEIG Bedienung

Spatial data

Building and ground DSM: GebDomClipRes

SkyViewFactor grids (.zip): A_Analyse/Daten/Output/UMEP_Data/PreProcessing/SVF/Svfs_Tmrt/svfs.zip

☒ Use vegetation scheme (Lindberg, Grimmond 2011)
 Vegetation Canopy DSM: VegAll

☐ Trunk zone DSM exist
 Vegetation Trunk zone DSM:

☒ Save generated Trunk zone DSM
 Transmissivity of light through vegetation (%): 15
 Percent of canopy height: 25

☐ Conifer trees (deciduous default)
 First day of year with leaves: 90
 Last day of year with leaves: 300

☐ Use land cover scheme (Lindberg et al. 2016)
 UMEP land cover grid:

☐ Use land cover grid to derive building grid
 Ground DEM: DGM_Zugeschnitten

☐ Save generated building grid
 Wall aspect raster: WallAspect
 Wall height raster: WallHeight

☐ Use anisotropic model for diffuse shortwave (Perez et al. 1993) and longwave (Martin_Berdahl, 1984) radiation
 Shadow maps (.npz):

T_{MRT} parameters

Absorption of shortwave radiation: 0,70

Absorption of longwave radiation: 0,95

Posture of the body: Standing

PET parameters

Age (yy): 35 Weight (kg): 75,0

Activity (W): 80,0 Height (cm): 180

Clothing (clo): 0,90 Sex: male

Output folder: P:/MA/MA_Analyse/Daten/Output/UMEP_Data/Processing/Tmrt

Help

Select

Meteorological data

☐ Use continous meteorological dataset
 Estimate diffuse and direct shortwave components from global radiation:

June 1997

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
22	26	27	28	29	30	31	1
23	2	3	4	5	6	7	8
24	9	10	11	12	13	14	15
25	16	17	18	19	20	21	22
26	23	24	25	26	27	28	29
27	30	1	2	3	4	5	6

Air temperature (degC): 23,0

Water temperature (degC): 15,0

Relative Humidity (%): 30,0

Wind speed (m/s): 3,0

Global radiation (W/m²): 810,0

Wind sensor height (m): 10,0

Direct radiation (W/m²): 895,0

UTC offset (hours): 1

Diffuse radiation (W/m²): 92,5

Local standard time: 12:30

Output maps

☒ Tmrt
 ☐ Kup
 ☐ Kdown
 ☐ Ldown
 ☐ Lup
 ☐ Shadow

Environmental parameters

Emissivity (walls): 0,90

Albedo (walls): 0,20

Emissivity (ground): 0,95

Albedo (ground): 0,15

Optional settings

☐ Include POI(s)
 Vector point file:
 ☒ Consider human as cylinder instead of box
 ID field:
 ☐ Adjust sky emissivity according to Jonsson et al. (2005)
 ☐ Save file(s) for TreePlanter

Output folder: P:/MA/MA_Analyse/Daten/Output/UMEP_Data/Processing/Tmrt

Add average mean radiant temperature map to project

Run

Close

Ergebnis & Diskussion



**Inwiefern beeinflussen
die Bäume im
Untersuchungsgebiet
das Stadtklima aus
menschlicher Sicht in
Bezug auf die mittlere
Strahlungstemperatur?**



Je dunkler, desto
mehr Zeit im
Schatten

26,03% des
USGs bekommt
mindestens eine
Stunde Schatten
zwischen
13 und 17 Uhr

Enge Nord-Süd
Straßen bleiben
beschattet

Study Area/USG Time in shadow

POI Type

▼ Bus Stop

▼ Other



Shadow coverage on a sunny summer day* from 1p.m.
to 5p.m. inclusive without current tree stock
Schattenbedeckung an einem sonnigen Sommertag* von 13 bis
einschließlich 16 Uhr ohne den aktuellen Stadtbaumbestand
*3rd of July/3. Juli

Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
Date: 28.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
Author: Brett Avery Michelin
Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
Building Data derived from LiDAR Data:
© GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0



Je dunkler, desto
mehr Zeit im
Schatten

77,14% des
USGs bekommt
mindestens eine
Stunde Schatten
zwischen
13 und 17 Uhr

Etwa 200%
Schatten als
ohne Bäume

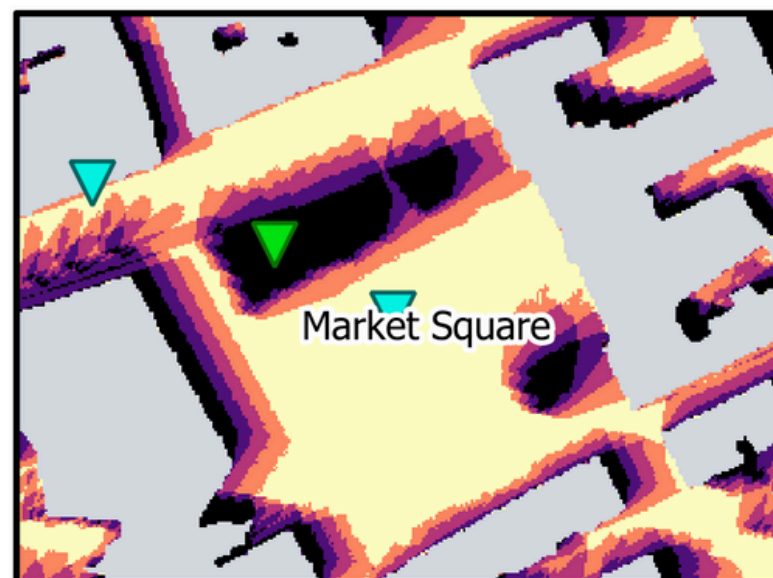
Study Area/USG Time in shadow

POI Type

▼ Bus Stop

▼ Other

Hours



Shadow coverage on a sunny summer day* from 1pm
to 5pm with current tree stock
Schattenbedeckung an einem sonnigen Sommertag* von 13 bis
17 Uhr mit dem aktuellen Stadtbaumbestand
*3rd of July/3. Juli

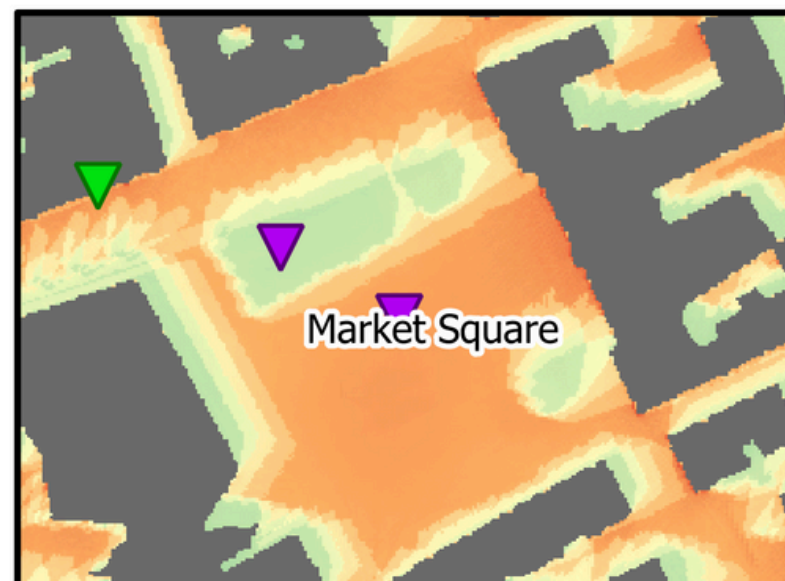
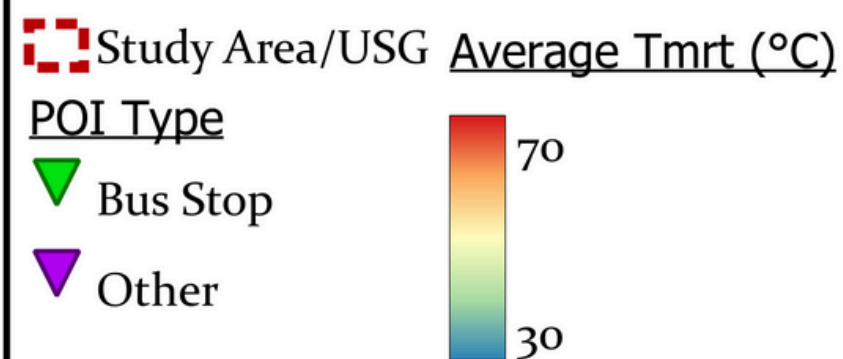
Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
Date: 28.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
Author: Brett Avery Micheline
Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
Building Data derived from LiDAR Data:
© GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0



türkise Bereiche:
Tmrt von etwa 40
Grad

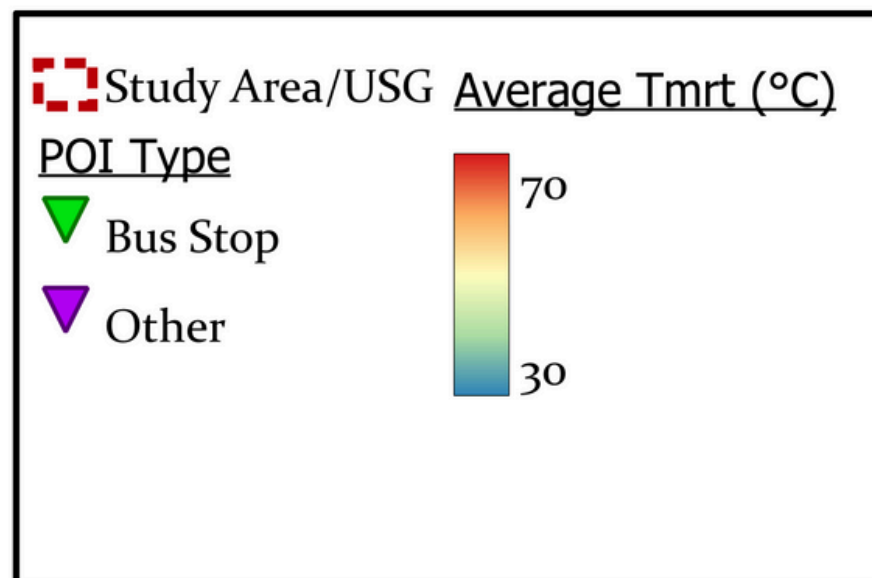
orangene
Bereiche:
Tmrt von etwa
60 Grad

Durchschnitts-
Tmrt im Laufe
des Nachmittags
fürs ganze USG
= 50,42 Grad



Average Tmrt value between 1pm and 5pm in weather scenario 2 with current tree stock
Durchschnittliche Tmrt zwischen 13 und 17 Uhr im Wetterszenario 2 mit aktuellem Stadtbaumbestand

Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
Date: 28.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
Author: Brett Avery Michelin
Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
Building Data derived from LiDAR Data:
© GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0



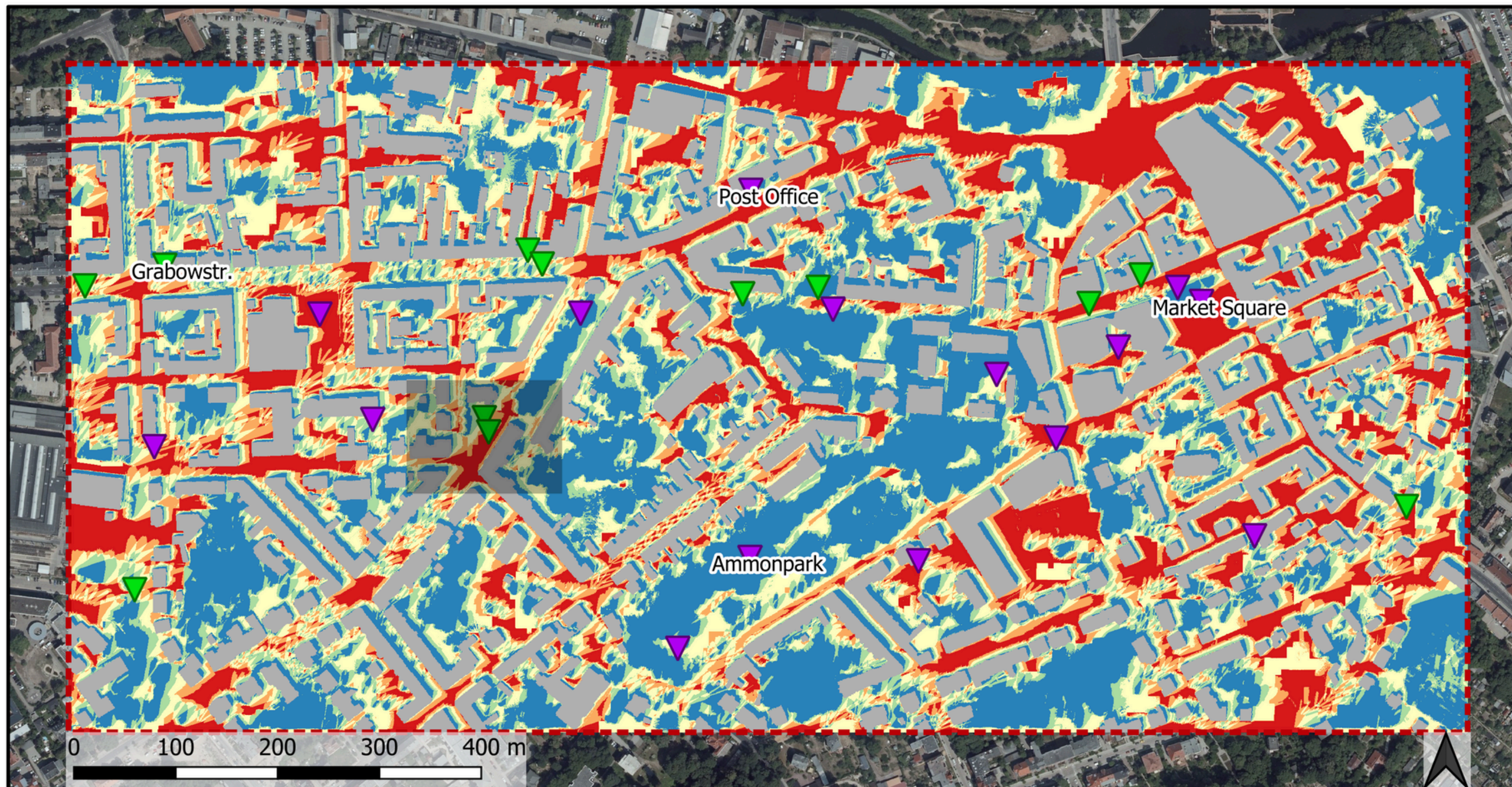
Average Tmrt value between 1pm and 5pm in weather scenario 2 without current tree stock
 Durchschnittliche Tmrt zwischen 13 und 17 Uhr im Wetterszenario 2 ohne den aktuellen Stadtbaumbestand

Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
 Date: 28.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
 Author: Brett Avery Michelini
 Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
 Building Data derived from LiDAR Data:
 © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

hellorangene
 Bereiche: Tmrt
 von etwa 55-56
 Grad

dunkelorangene
 Bereiche:
 Tmrt von etwa
 60-63 Grad

Durchschnitts-
 Tmrt im Laufe
 des Nachmittags
 fürs ganze USG
 = 56,71 Grad



Schwellenwerts-
karte für einen
heißen
Nachmittag

Schwellenwert:
55,5 Grad Tmrt

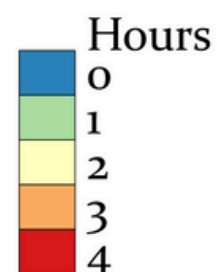
Rot = Alle vier
Stunden über
Schwellenwert

Blau nicht mal
eine Stunde über
Schwellenwert

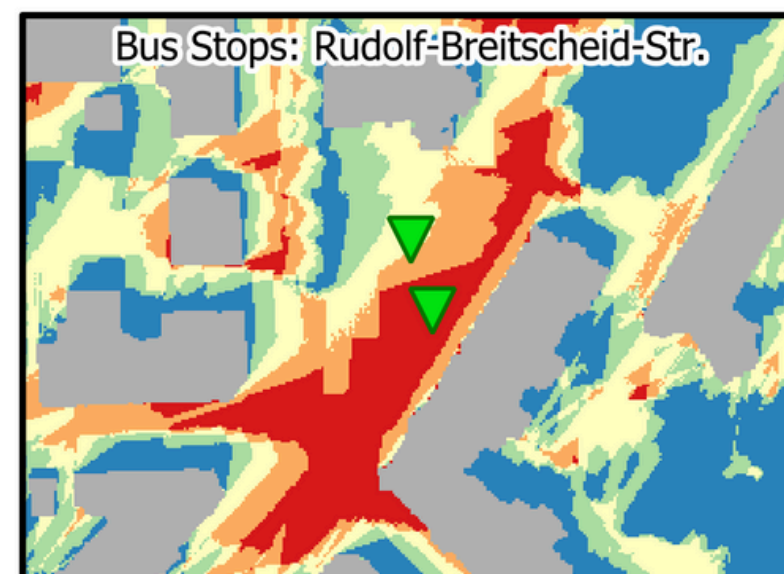
Study Area/USG Time over threshold

POI Type

- ▼ Bus Stop
- ▼ Other

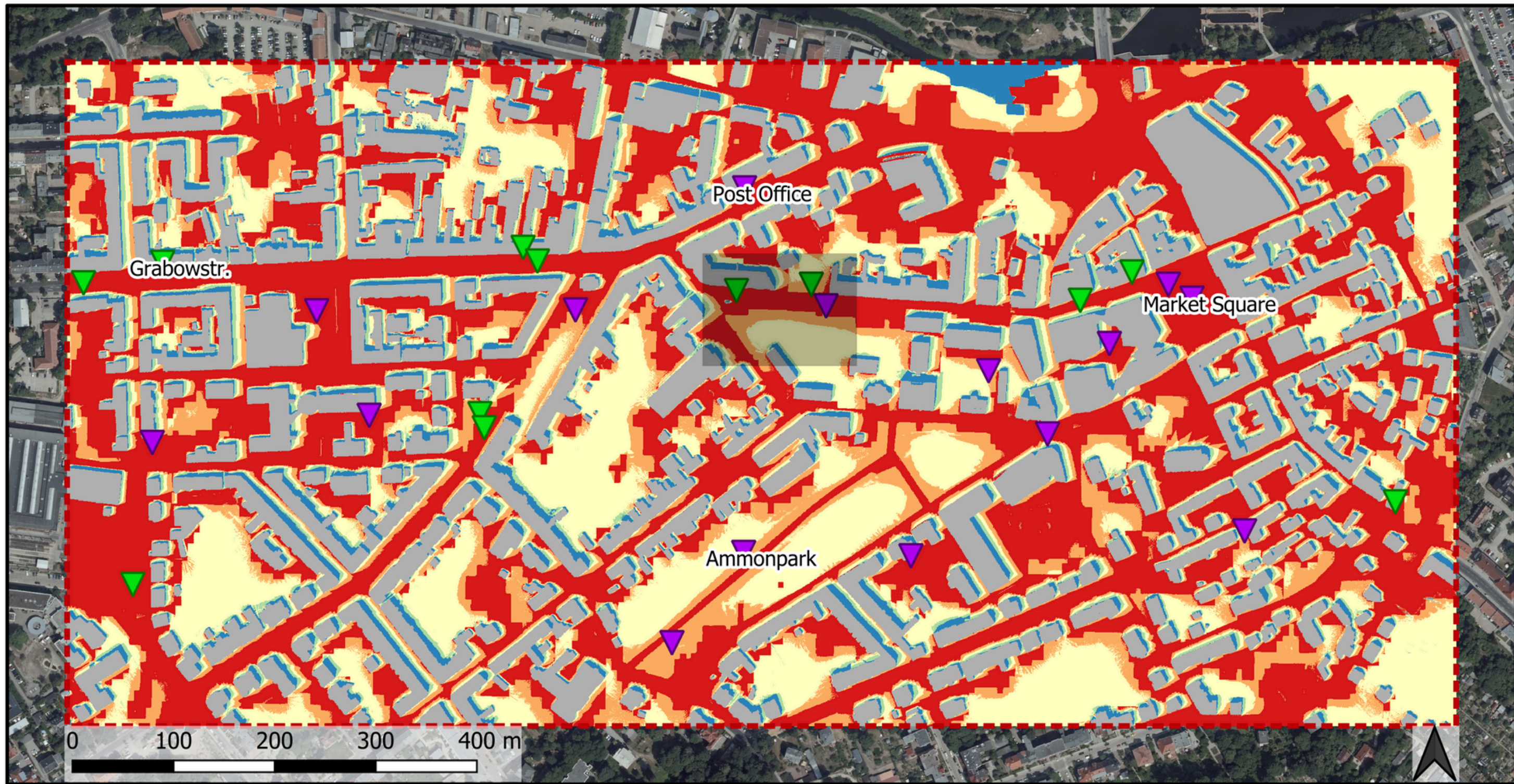


Bus Stops: Rudolf-Breitscheid-Str.



Amount of time in thermal stress* between 1 and 5 p.m. (WS2)
Dauer des thermischen Stress* zwischen 13 und 17 Uhr (WS2)
With current trees/mit aktuellem Stadtbaumbestand
*Threshold/Schwellenwert: 55.5 °C

Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
Date: 08.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
Author: Brett Avery Michlini
Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
Building Data derived from LiDAR Data:
© GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

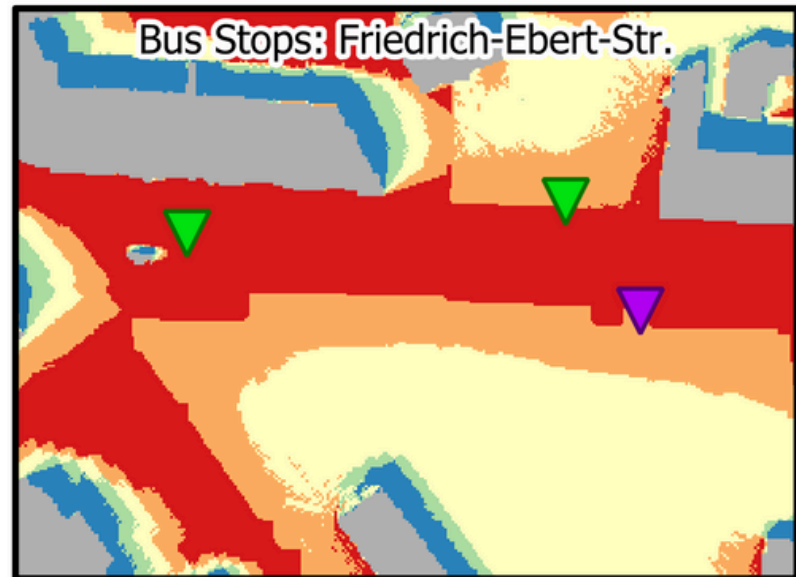
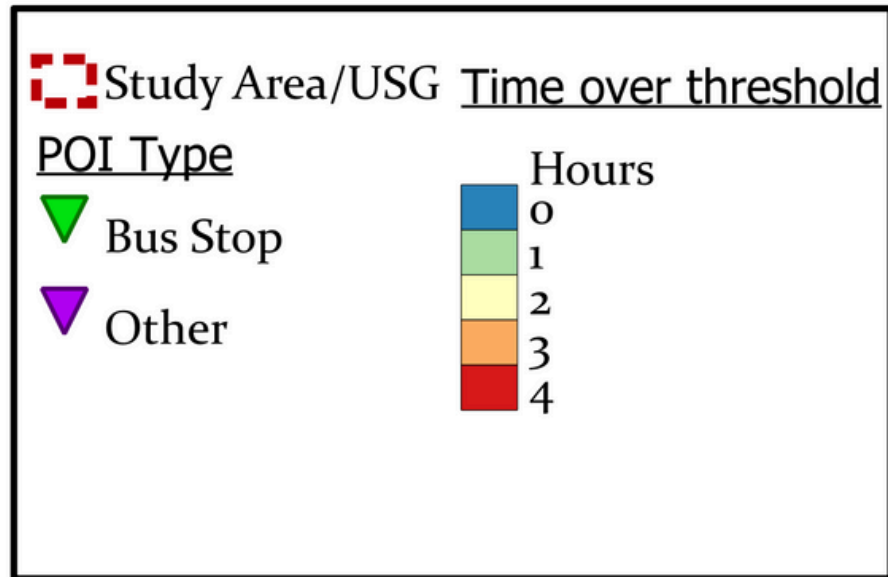


Schwellenwerts-
karte für einen
heißen
Nachmittag

Schwellenwert:
55,5 Grad Tmrt

Rot = Alle vier
Stunden über
Schwellenwert

Blau nicht mal
eine Stunde über
Schwellenwert



Amount of time in thermal stress* between 1 and 5 p.m. (WS2)
Dauer des thermischen Stress* zwischen 13 und 17 Uhr (WS2)
No Trees/Ohne Bäume
*Threshold/Schwellenwert: 55.5 °C

Coordinate System: ETRS 89/UTM Zone 33N
Date: 08.02.2024 Scale: 5800:1, Reference Map: 2200:1
Author: Brett Avery Michlini
Basemap: DOP20 Farbe Berlin Brandenburg:
<https://isk.geobasis-bb.de/mapproxy/dop20c/service/wms>
Building Data derived from LiDAR Data:
© GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

Ergebnisse

1. Inwiefern beeinflussen die Bäume im Untersuchungsgebiet das Stadtklima aus menschlicher Sicht in Bezug auf die mittlere Strahlungstemperatur?

Ohne Bäume:

- Ohne Bäume im Stadtgebiet, steigt das Hitzerrisiko für gefährdete Gruppen deutlich bezogen auf T_{mrt}
- Ohne Bäume bleiben bloß kleine Innenhöfe und Nord-Süd-Straßen kühl, da umliegende Gebäude Schatten bieten.

Mit Bäumen:

- Die kühlest Bereiche sind von Gruppierungen von mehreren Bäumen, einzelbäume reduzieren T_{mrt} weniger
- Trotz Bäumen, könnten einige gewöhnliche Aufenthaltsorte identifiziert werden: zb Bushaltestelle, Marktplatz, die gefährlich heiß werden unter gewissen Wetterbedingungen

Insgesamt:

- Aktueller Stadtbaumbestand im USG trägt maßgeblich dazu bei, dass der Großteil des USGs kühl bleibt, auch an sehr heißen Tagen
- Simulation zeigt auch, dass Landbeckung eine Rolle spielen kann bei Reduzierung von T_{mrt}

Ergebnisse: Zusammengefasst

Mit SOLWEIG kann man:

- Tmrt berechnen
- Identifizieren wo es zu heiß wird/werden könnte je nach Wetter
- neue Gebäude einsetzen/entfernen (Schatten)
- Bäume entfernen/neu einsetzen
- Lichtdurchlässigkeit von Bäumen einstellen
- übliche Indizes für thermischen Komfort wie UTCI und PET berechnen
- planerische Entscheidungen begründen
- Dient als Basis für Hitzewarnungen für einzelne Stadtteile
- Könnte in eine Web-App integriert werden
- uvm...



Informationsquellen: eine Auswahl

Aleksandrowicz, Or; Zur, Shachar; Lebendiger, Yonatan; Lerman, Yoav (2020): Shade maps for prioritizing municipal microclimatic action in hot climates: Learning from Tel Aviv-Yafo. In Sustainable Cities and Society 53. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101931

Blazejczyk, Krzysztof; Bakowska, Monika; Wieclaw, Mirosław (2006): Urban heat island in large and small cities. In : 6th International Conference on Urban Climate. Göteborg, Sweden, pp. 794–797. Available online at <https://www.researchgate.net/publication/238744597>.

Bowler, Diana E.; Buyung-Ali, Lisette; Knight, Teri M.; Pullin, Andrew S. (2010): Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In Landscape and Urban Planning 97 (3), pp. 147–155. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.

Bröde, Peter; Fiala, Dusan; Blazejczyk, Krzysztof; Epstein, Yoram; Holmér, Ingvar; Jendritzky, Gerd et al. (2009): Calculating UTCI Equivalent Temperatures. In : 13th International Conference on Environmental Ergonomics. Available online at https://www.utci.org/resources/utci_poster.pdf, checked on 5/30/2024.

Buchin, Oliver; Hoelscher, Marie-Therese; Meier, Fred; Nehls, Thomas; Ziegler, Felix (2016): Evaluation of the health-risk reduction potential of countermeasures to urban heat islands. In Energy and Buildings 114, pp. 27–37. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.038.

Burghardt, René; Burghardt, Nicole; Hilden, Frederik; Richtzenhain, Joann (2022): Stadtklimaanalyse für die Stadt Eberswalde. With assistance of Nicole Burghardt, René Burghardt, Hilden, Frederik und Richtzenhain, Joann. Edited by Stadt Eberswalde. Burghardt und Partner, Ingenieure. Available online at https://www.eberswalde.de/fileadmin/bereicheberswalde/user/ewschwarz/Klimaschutz/Stadtklimaanalyse/221015_Bericht_Stadtklimaanalyse_klein.pdf.

Coccolo, Silvia; Kämpf, Jérôme; Scartezzini, Jean-Louis; Pearlmutter, David (2016): Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. In Urban Climate 18 (6), pp. 33–57. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.08.004.

Höppe, Peter (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In International journal of biometeorology 43, pp. 71–75. DOI: 10.1007/s004840050118.

Holmer, Björn; Lindberg, Fredrik; Rayner, David; Thorsson, Sofia (2015): How to transform the standing man from a box to a cylinder – a modified methodology to calculate mean radiant temperature in field studies and models. In : 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Toulouse, France. Available online at http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/bph5-2-3271344_a.pdf.

Kántor, Noémi; Unger, János (2011): The most problematic variable in the course of humanbiometeorological comfort assessment — the mean radiant temperature. In Open Geosciences 3 (1), pp. 90–100. DOI: 10.2478/s13533-011-0010-x.

Lai, D.; Lian, Z.; Liu, W.; Guo, C.; Liu, W.; Liu, K.; Chen, Q. (2020): A Comprehensive Review of Thermal Comfort Studies in Urban Open Spaces. In Science of the Total Environment 742. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140092

Lam, Cho Kwong Charlie; Lee, Hyunjung; Yang, Shing-Ru; Park, Sookuk (2021): A review on the significance and perspective of the numerical simulations of outdoor thermal environment. In Sustainable Cities and Society 71, pp. 1–30. DOI: 10.1016/j.scs.2021.102971.

Lawrie, Linda K.; Crawley, Drury B. (2021): Angermünde TMY Metadata (File: DEU_BB_Angermunde.102910_TMYx.epw). Available online at https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/DEU_Germany/index.html, checked on 5/15/2024.

Lawrie, Linda K.; Crawley, Drury B.: EnergyPlus Weather File (EPW) Data Dictionary. Available online at https://climate.onebuilding.org/papers/EnergyPlus_Weather_File_Format.pdf, checked on 5/27/2024

Lindberg, F.; Grimmond, C. S.B.; Gabey, A.; Jarvi, L.; Kent, C. W.; Krave, N. et al. (2019): Urban Multiscale Environmental Predictor (UMEP) Manual. University of Reading UK, University of Gothenburg Sweden, SIMS China. Available online at <https://umep-docs.readthedocs.io/>.

Lindberg, Fredrik; Grimmond, C. S. B. (2011): The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. In Theoretical and Applied Climatology 105 (3-4), pp. 311–323. DOI: 10.1007/s00704-010- 0382-8.

Lindberg, Fredrik; Onomura, Shiho; Grimmond, C. S. B. (2016): Influence of ground surface characteristics on the mean radiant temperature in urban areas. In International journal of biometeorology 60 (9), pp. 1–15. DOI: 10.1007/s00484-016-1135-x.

Matzarakis, Andreas (2015): Assessment of the influence of daily shadings pattern on human thermal comfort and attendance in Rome during summer period. In Building and Environment 92 (Part B), pp. 30–38. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.04.013.

Michellini, Brett Avery (2024): Outdoor Thermal Comfort in Eberswalde: A summertime analysis of pedestrian thermal stress. Masterarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

Statistisches Bundesamt (2023): Großstadtregionen im Wandel. Available online at <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/Aspekte/demografie-grossstadtregionen.html>, updated on 7/14/2023, checked on 1/23/2024.

Statistisches Bundesamt (2022): Ergebnisse der 15. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Available online at <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Tabellen/variante-1-2-3-altersgruppen.html>, updated on 12/2/2022, checked on 1/23/2024.

Takács, Ágnes; Kiss, Márton; Hof, Angela; Tanács, Eszter; Gulyás, Ágnes; Kántor, Noémi (2016b): Microclimate Modification by Urban Shade Trees – An Integrated Approach to Aid Ecosystem Service Based Decision-making. In Procedia Environmental Sciences 32, pp. 97–109. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.015.

Thorsson, Sofia; Honjo, Tsuyoshi; Lindberg, Fredrik; Eliasson, Ingegärd; Lim, En-Mi (2007a): Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places. In Environment and Behavior 39 (5), pp. 660–684. DOI: 10.1177/0013916506294937.

Thorsson, Sofia; Lindberg, Fredrik; Eliasson, Ingegärd; Holmer, Björn (2007b): Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. In Intl Journal of Climatology 27, pp. 1983–1993. DOI: 10.1002/joc.1537.

U.S. Department of Energy (2022): EnergyPlusTM Version 22.1.0 Documentation. Auxiliary Programs. Available online at https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v22.1.0/AuxiliaryPrograms.pdf, checked on 3/29/2024.

Abbildungsquellen

Alle Quellen sind in der Präsentation angegeben. Bilder/Tabelle/Karten die mit einem Sternchen * markiert sind stammen auch aus meiner Masterarbeit (siehe Lit. quellen)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt: bmi938@hnee.de