

Matthias Winkler | 4. Bergisches Klimaforum | 20.03.2024

---

# Klimawirkung planbar machen – mit PALM-4U zur resilienten Stadt

# Stadtklima

## Grundsätzliches

### Definition Stadtklima gem. WMO

- [Ein] "durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima" (WMO nach DWD, 2023)

### Städtische Wärmeinsel

- Temperaturdifferenz zwischen wärmerer Stadt und kälterem Umland, bei Großstädten bis zu 10 Kelvin
- Maximal bei wolkenfreien und windschwachen Wetterbedingungen
- Typische Einflussfaktoren: Gebäudegeometrie, Thermische- & Strahlungseigenschaften der urbanen Oberflächen, Anthropogene Wärmefreisetzung

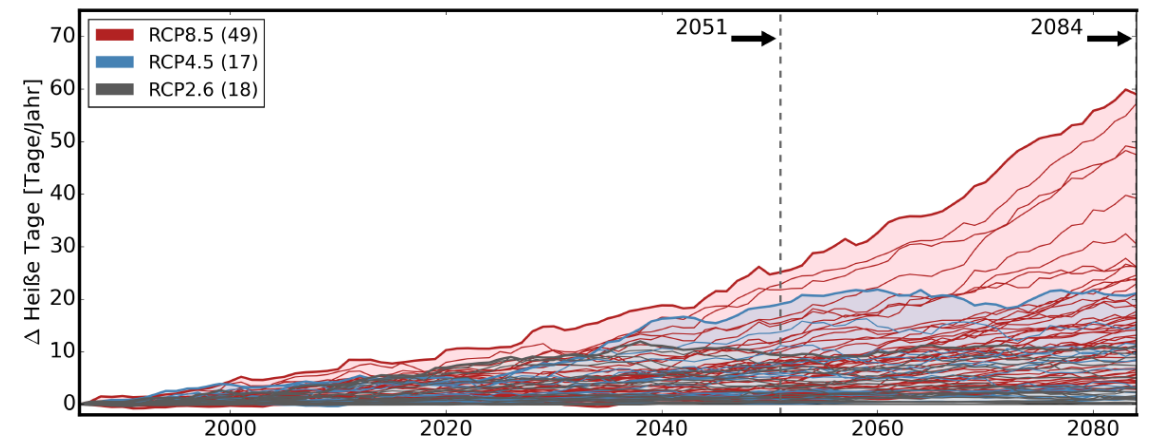
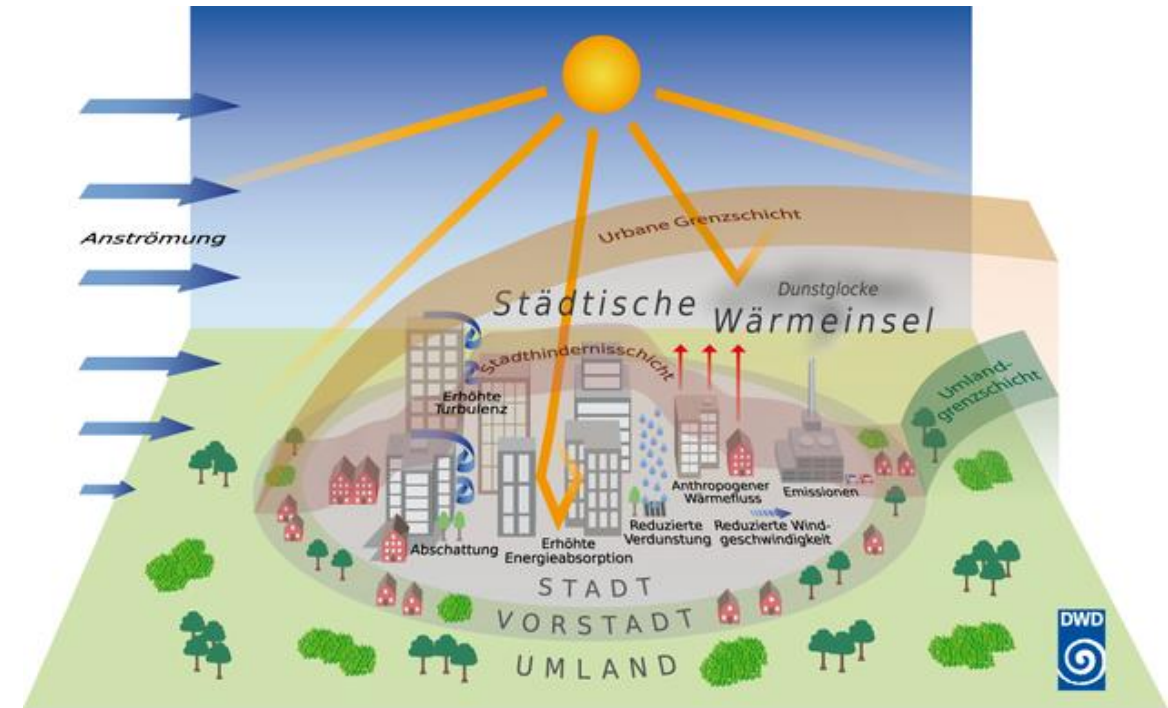


Bild oben: © DWD; Bild: [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt\\_waermeinsel/bilder/waermeinsel\\_01.png](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinsel/bilder/waermeinsel_01.png); Aufgerufen am 20.09.2022

Bild unten: Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D: Klimaausblick München und angrenzende Landkreise. Juni 2021, Climate Service Center Germany (GERICS), eine Einrichtung der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH.

# Stadtklima

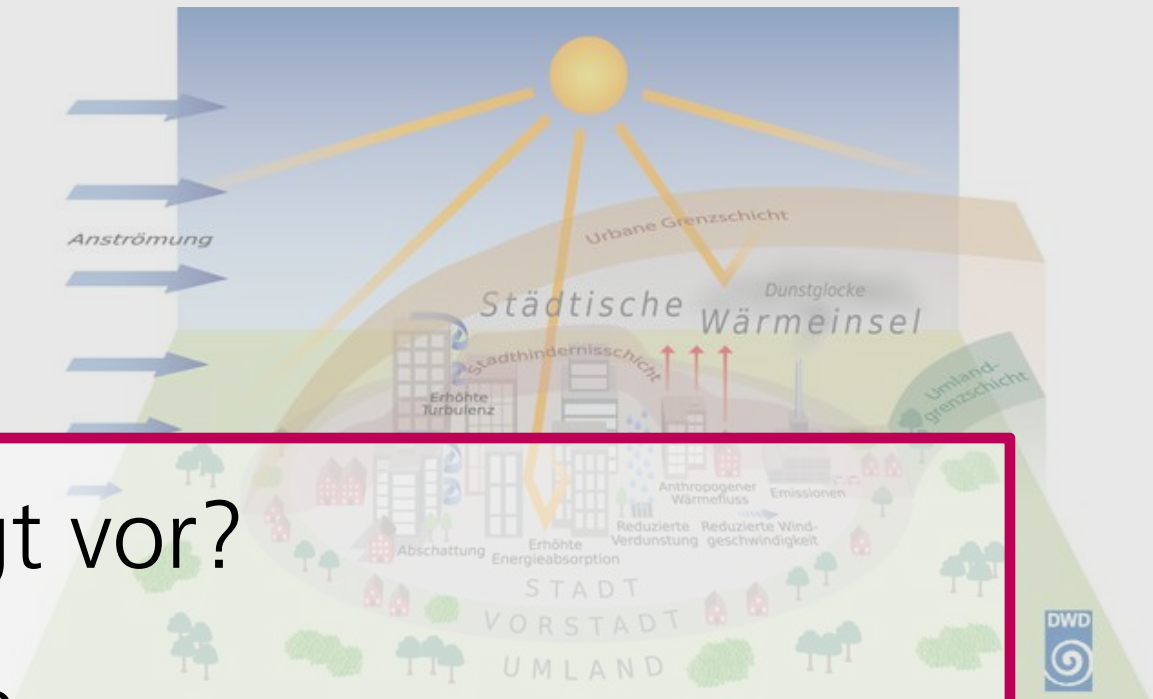
## Grundsätzliches

### Definition Stadtklima gem. WMO

- [Ein] "durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima"

### Städtische Wärmeinsel

- Temperaturdifferenz zwischen wärmerer Stadt und kälterem Umland, bei Großstädten bis zu 10 Kelvin
- Maximal bei wolkenfreien und windschwachen Wetterbedingungen
- Typische Einflussfaktoren: Gebäudegeometrie, Thermische- & Strahlungseigenschaften der urbanen Oberflächen, Anthropogene Wärmefreisetzung



Welche Belastung liegt vor?

Wo sind wann welche

Anpassungsmaßnahmen zielführend?

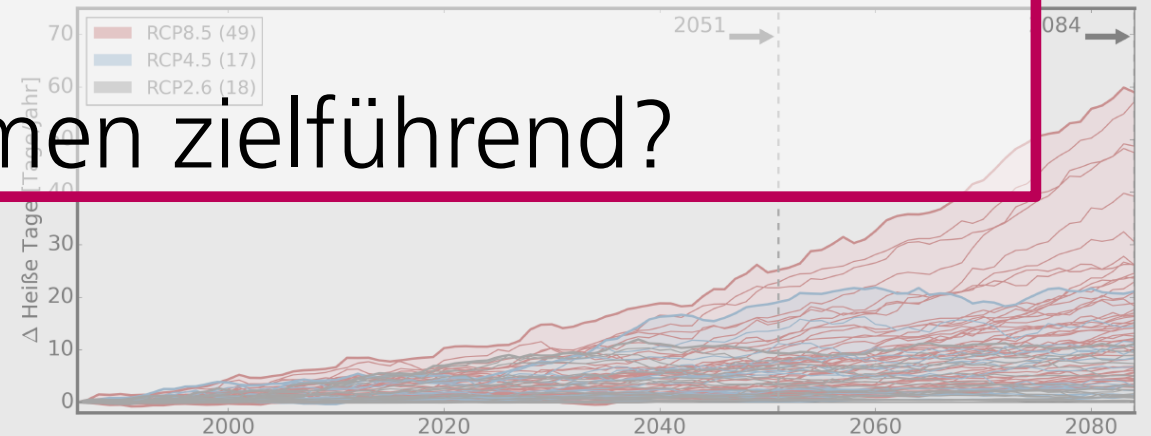


Bild oben: © DWD; Bild: [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt\\_waermeinseln/bilder/waermeinsel\\_01.png](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/bilder/waermeinsel_01.png); Aufgerufen am 20.09.2022

Bild unten: Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D: Klimaausblick München und angrenzende Landkreise. Juni 2021, Climate Service Center Germany (GERICS), eine Einrichtung der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH.

# Stadtklima im Wandel

## Projektübersicht

- BMBF-Fördermaßnahme [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel
  - Phase I: 2016 – 2019
  - Phase II: 2019 – 2023
- Ziel:  
Entwicklung des open-source Stadtklimamodells PALM-4U zu einem Produkt, das sowohl den Bedürfnissen von Kommunen und anderen Praxisanwendern entspricht, als auch für die wissenschaftliche Forschung geeignet ist.

## [UC]<sup>2</sup> Urban Climate Under Change Stadtklima im Wandel

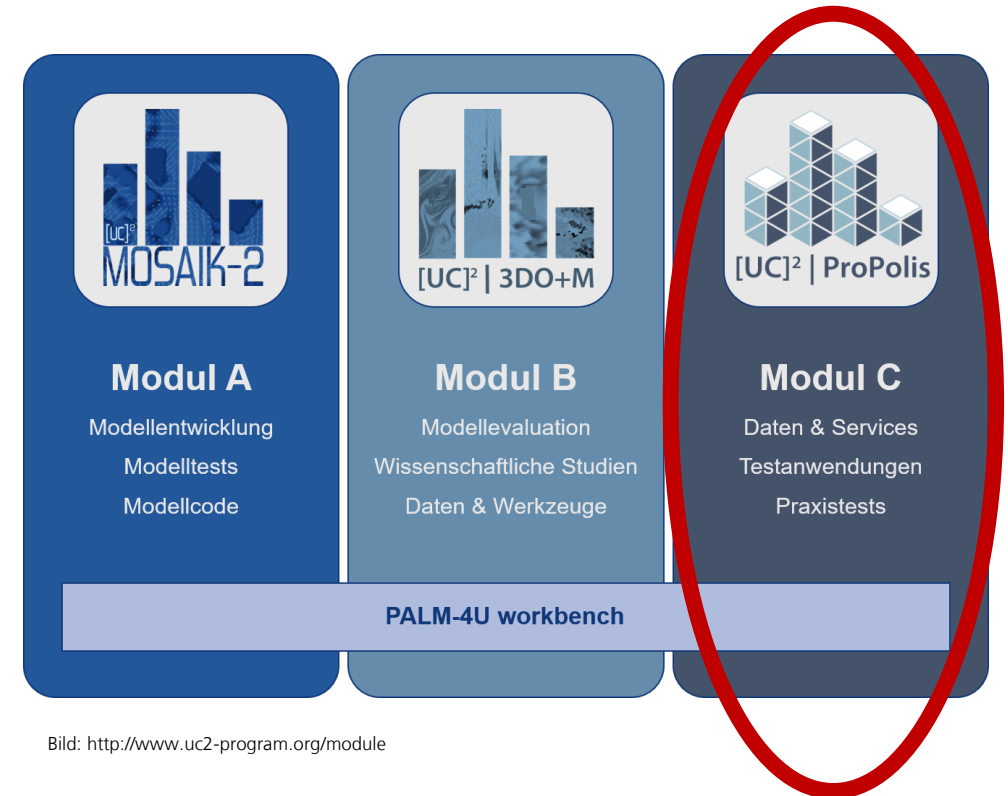


Bild: <http://www.uc2-program.org/module>

GEFÖRDERT VOM



Förderkennzeichen: ProPolis 01LP1913

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

## Projektübersicht

**ProPolis** ist eines von drei Projekten der BMBF-Fördermaßnahme »**Stadtklima im Wandel**« und legt den Schwerpunkt auf den **Praxistransfer** und die **Verstetigung** der Modellanwendung.



### Modellpraktikabilität

Anwendungsfälle, Modellläufe, Grafische Nutzeroberfläche PALM-4U GUI, Evaluation



### Kapazitätsaufbau

Schulungs- & Supportangebote, Selbstständige Anwendung



### Verstetigungsstrategie

Nutzer\*innen & Ressourcen, Governance-Struktur, Community Building

## Verbundpartner



© GERICS (2020)

## Assoziierte Praxispartner

# PALM-4U

## Stadtklimamodell

PALM-4U ist ein hochauflösendes Stadtklimamodell das für fachübergreifende Analysen zur Bewertung von Fragestellungen des Stadtklimas und der Luftreinhaltung angewandt werden kann.

### Hauptfunktionalitäten:

- Turbulenzauflösend (Large-Eddy-Simulation – LES)
- Modellierung relevanter stadtklimatischer Prozesse
- Flexible Modellarchitektur
- Hohe Skalierbarkeit durch parallelisierten Modellkern
- Open Source Software
- In FORTRAN geschrieben, läuft in Linux-Umgebung, nutzt NetCDF als I/O-Datenstandard
- Grundsätzlich skriptbasierte Bedienung
- Grafische Nutzeroberfläche für Praxisanwender wurde im ProPolis-Projekt entwickelt

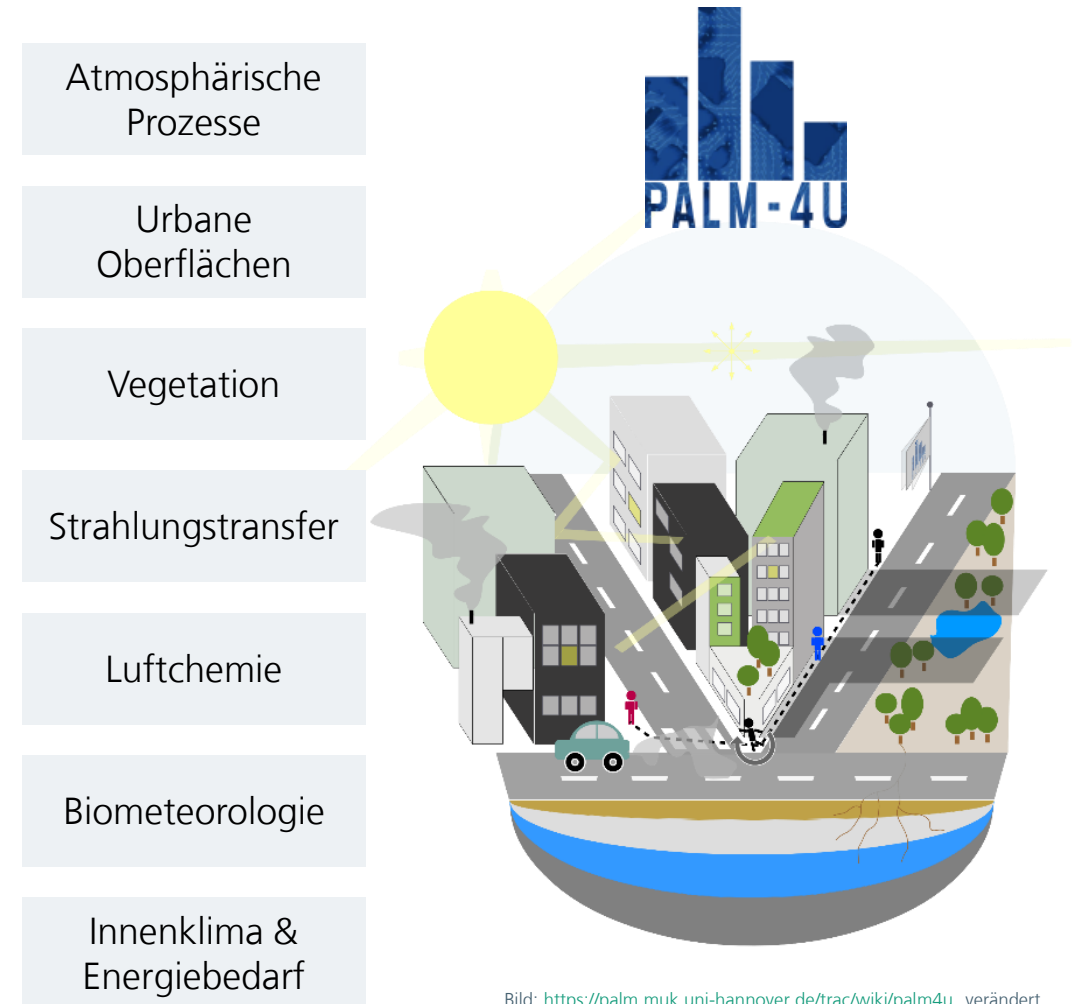


Bild: <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>, verändert

# PALM-4U

## ProPolis Anwendungsfelder

### Anwendungsfelder

- Im Rahmen des ProPolis-Projekts wurden Anwendungsmöglichkeiten von PALM-4U recherchiert, thematisch zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit und Praxisrelevanz bewertet.
- Auf dieser Basis wurden drei Themenbereiche identifiziert welche in der kommunalen und stadtplanerischen Praxis von hoher Relevanz sind, die sogenannten »**Anwendungsfelder**«.
- Für alle Anwendungsfelder wurden Workflows für die Datenein- und -ausgabe, idealtypische Setups sowie Interpretationshilfen entwickelt.
- Ausführlich zusammengefasst im »**Anwendungskatalog**«



[Verfügbar über die ProPolis-Website](#)

# PALM-4U

## ProPolis Anwendungsfelder

Bild: © Fraunhofer IBP (2021)



Analyse der Wärmebelastung und Durchlüftungssituation unter einer sommerlichen Hochdruckwetterlage.

### Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

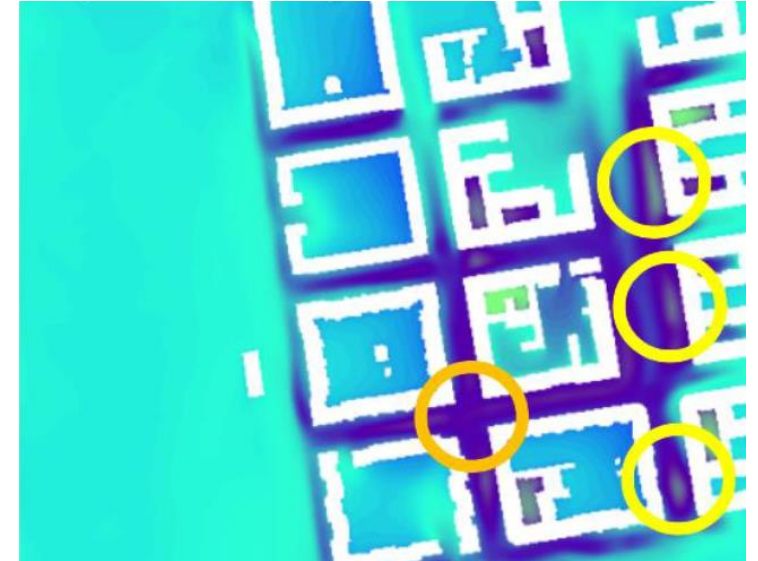
Bild: © Fraunhofer IBP (2022); Daten: © GERICS (2022)



Analyse der Auswirkungen von Wind in urbanen Räumen auf das menschliche Komfortempfinden nach der Methodik der VDI-Richtlinie 3787 Bl. 4 (2020).

### Windkomfort

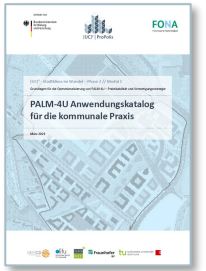
Bild: © GERICS (2023)



Analyse zur Schadstoffausbreitung ( $PM_{2.5}$  &  $PM_{10}$ ) aus Verkehrs- und Hausbrandemissionen an einem typischen Wintertag.

### Schadstoffausbreitung

**PALM-4U-Anwendungskatalog**  
Verfügbar über die ProPolis-Website



# PALM-4U GUI

## Grafische Nutzeroberfläche für PALM-4U

Die **PALM-4U GUI** ist eine cloudbasierte grafische Nutzeroberfläche für das Stadtklimamodell PALM-4U. Sie vereinheitlicht den Modellierungsprozess in einer Weboberfläche und bietet so einen nutzerfreundlichen und direkten Weg PALM-4U in der praktischen Anwendung zu nutzen.

### Hauptfunktionalitäten:

- Vorlagen für typische Standardanwendungen
- Stadtmodell-Editor
- Automatisiertes Simulationsinterface
- High-Performance-Cloud-Computing
- Ergebnisviewer mit umfangreichen Analysetools
- Import- und Exportschnittstellen
- Begleitende Tools zu GIS & 3D Visualisierung
- Open Source Software

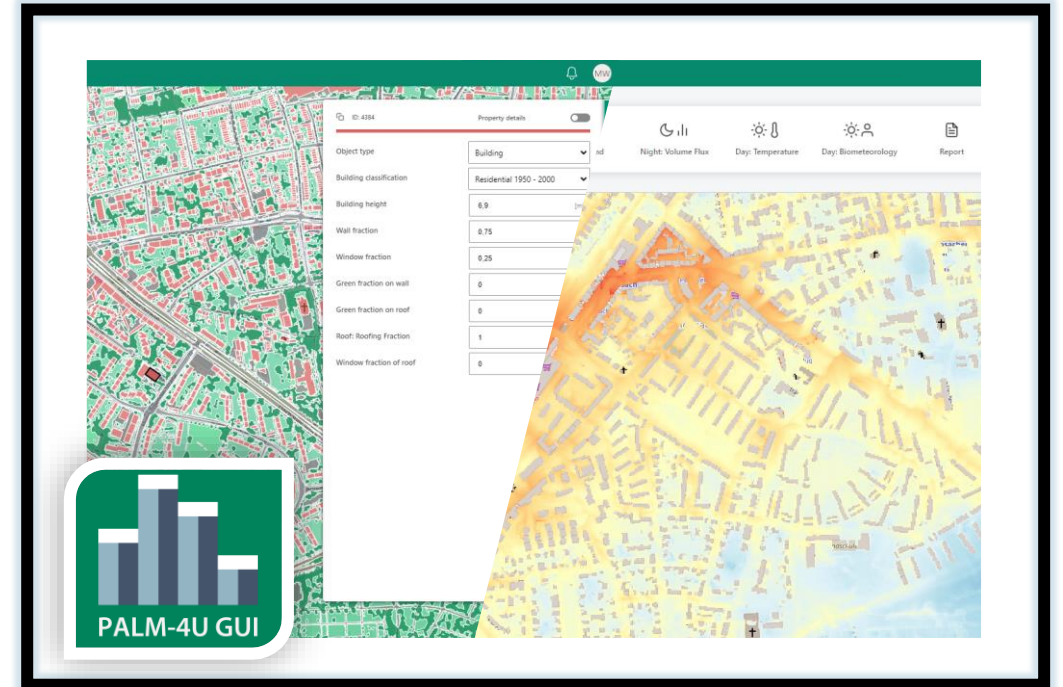


Bild: © Fraunhofer IBP (2022); Daten: © Landeshauptstadt München – Kommunalreferat – GeodatenService (2020 & 2021); Flurstücke und Gebäude: © Bayerische Vermessungsverwaltung (2020)

# PALM-4U GUI

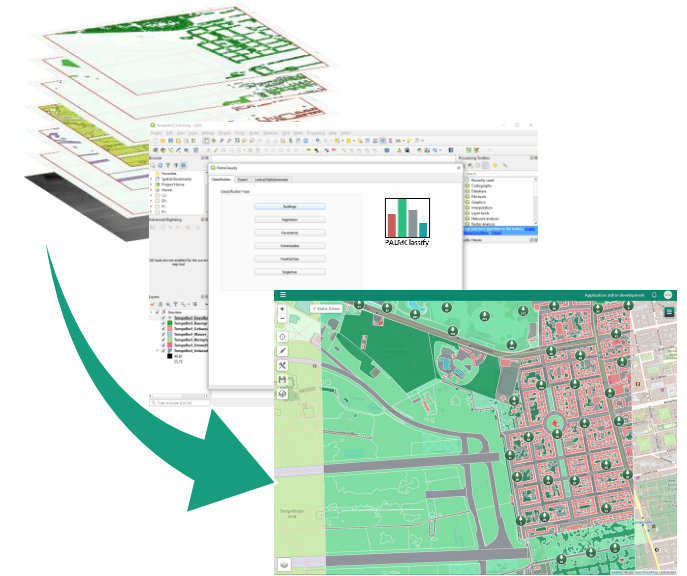
## Arbeitsablauf & Funktionalitäten



Datenvorbereitung

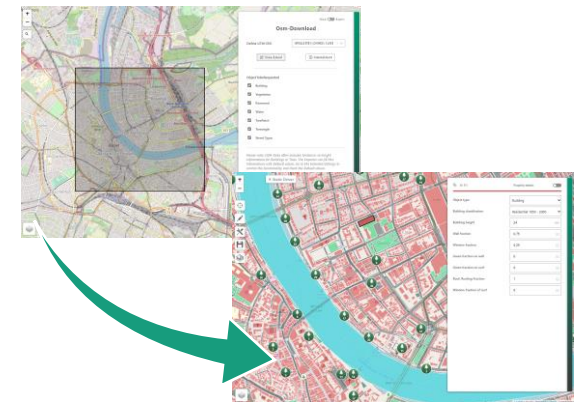
### QGIS-Plugin „PALMClassify“

Übersetzt typische Geodaten (.shp) in PALM-4U konforme Stadtmodelle



### OpenStreetMap-Download

In PALM-4U GUI implementierte Schnittstelle zum Download von PALM-4U konformen Stadtmodellen aus Open Street Map



Bilder: © Fraunhofer IBP (2023)

# PALM-4U GUI

## Arbeitsablauf & Funktionalitäten

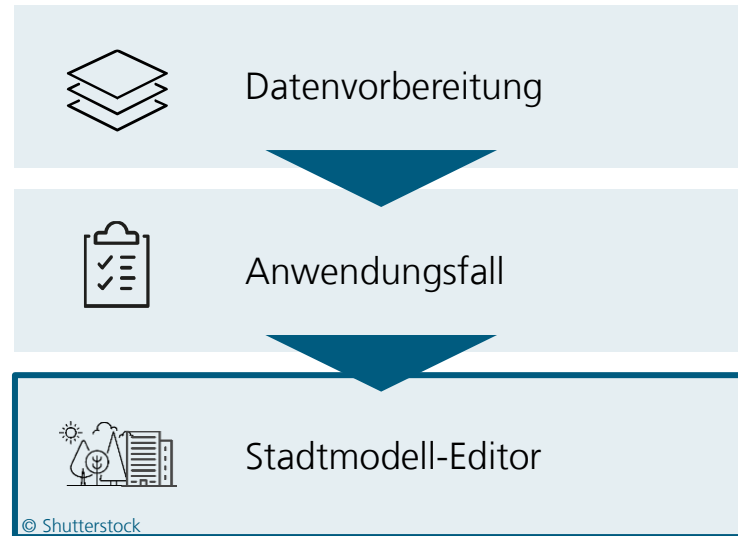


Bild: © Fraunhofer IBP (2023)

# PALM-4U GUI

## Arbeitsablauf & Funktionalitäten

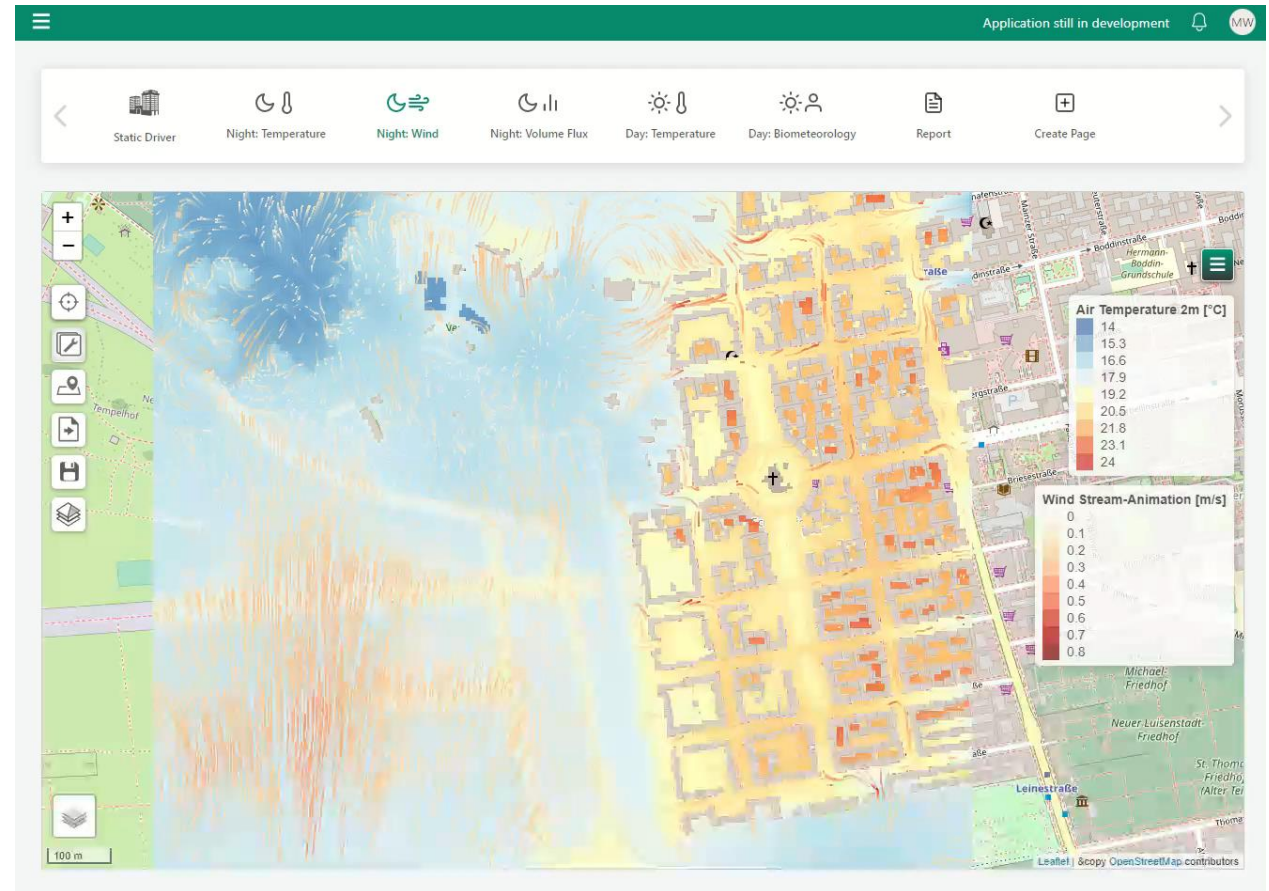


Bild: © Fraunhofer IBP (2023)

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

## Schulungs- und Supportangebote zur PALM-4U GUI

### Ziel:

Qualifizierung und Unterstützung von Anwendern aus der Praxis zur eigenständigen Bearbeitung stadtklimatischer Fragestellungen mit Hilfe der PALM-4U GUI

### Umsetzung in ProPolis:

- Modulares Schulungskonzept
- Regelmäßige virtuelle Seminarangebote
- Begleitender Anwendersupport

### Schulungsmodule:



GIS Grundlagen



Grundlagen der  
Eingangsdatenaufbereitung

© Shutterstock



Eingangsdaten -  
Fortgeschrittene

© Shutterstock



Thermischer Komfort &  
Kaltlufthaushalt

© Shutterstock

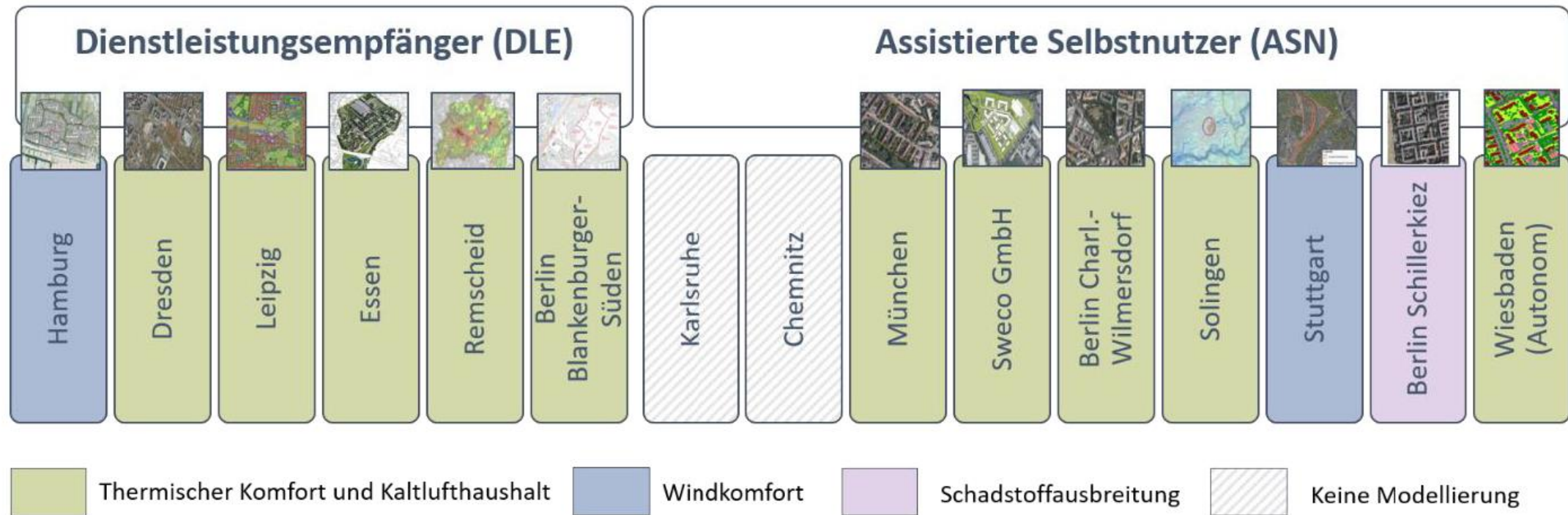


Windkomfort VDI 3787 Bl. 4

© Shutterstock

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

## Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner



© Difu (2023)

Bilder: © Difu (2023)

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner

Dienstleistungsempfänger

## Anwendungsbeispiel: »Remscheid - Gesamtstadt«

Anwendungsfeld: Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

Untersuchungen



### Bestandssituation

Thermischer Komfort und Einfluss der nächtlichen Kaltluftströmung. Met. Randbedingungen aus DWD Station Wuppertal Buchenhofen

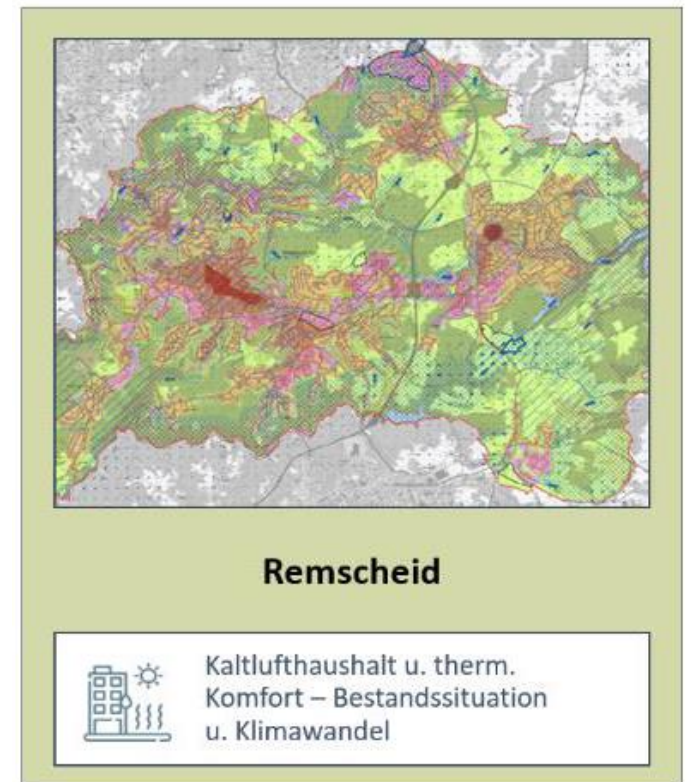
© Shutterstock



### Klimawandel

Künftige Auswirkungen (Nahe Zukunft 2031 – 2060, RCP 4.5, +1.6 K)

© Shutterstock



© Difu (2023)

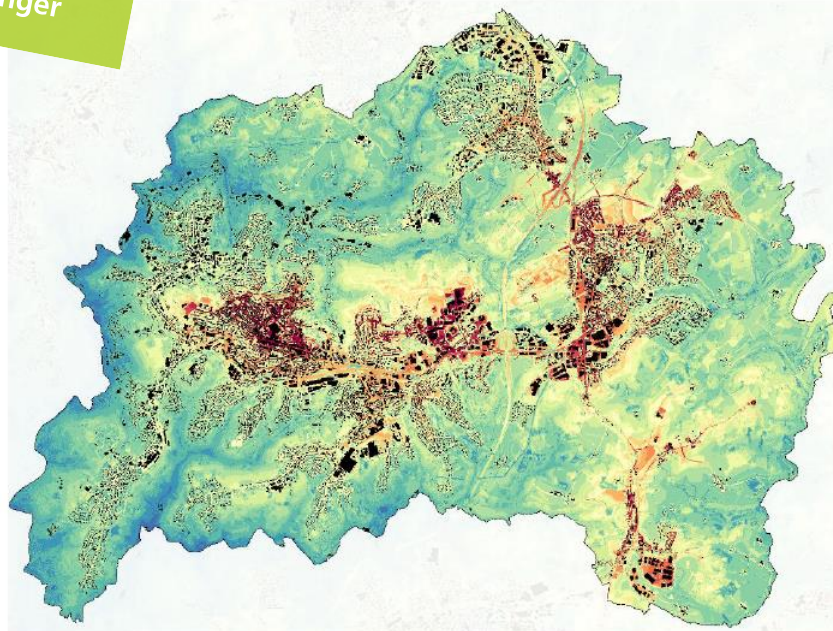
# Stadtklima im Wandel | ProPolis

Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner

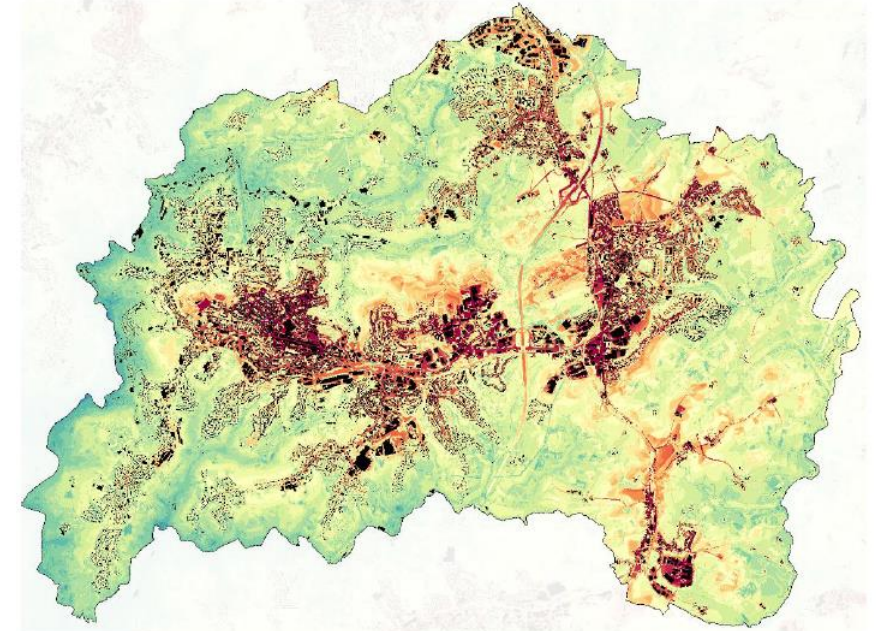
Dienstleistungsempfänger

Anwendungsbeispiel:  
»Remscheid«

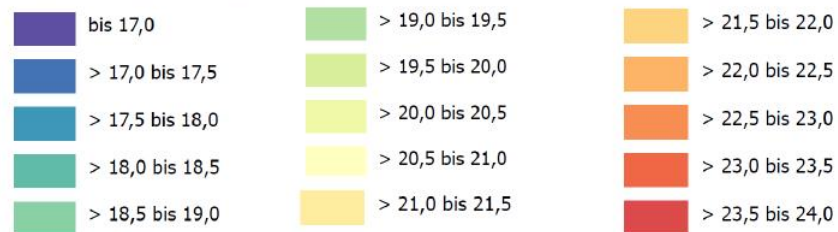
Ausgangssituation



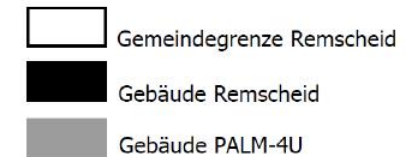
Nahe Zukunft (2031 – 2060)



**Bodennahe  
Lufttemperatur  
(04:00 Uhr)**



Raumstruktur



© GEO-NET (2022)

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner

Assistierte Selbstnutzer

## Anwendungsbeispiel: »Wärmeinsel Solinger Innenstadt«

Anwendungsfeld: Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

Untersuchungen



© Shutterstock

### Bestandssituation

Urbane Hitzeinsel in der Solinger Innenstadt durch Einfluss der nächtlichen Kaltluftströmung. Met. Randbedingungen aus DWD Station Wuppertal Buchenhofen



### Einfluss städtebaulicher Entwürfe

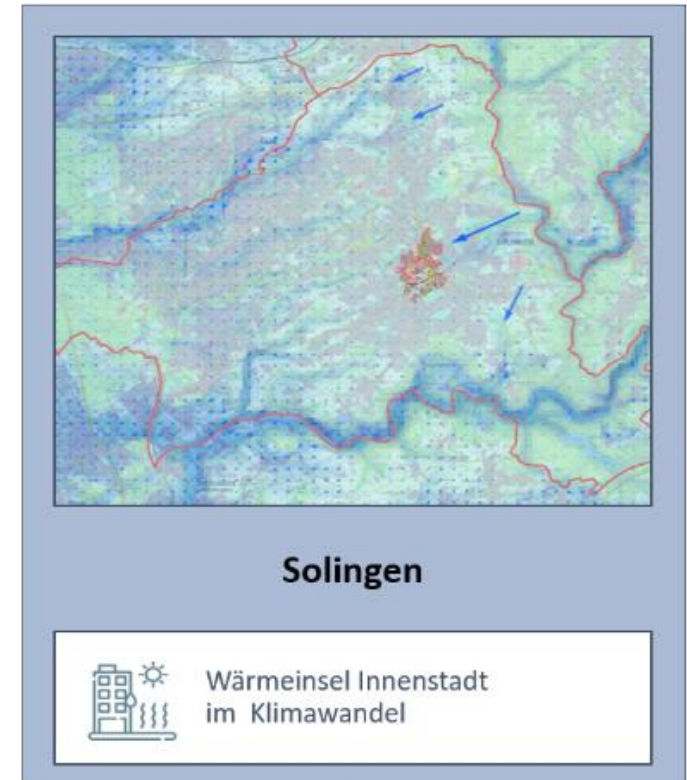
Integration städtebaulicher Entwürfe in die Modellierung und Bewertung der lokalen Einflüsse.



© Shutterstock

### Klimawandel & Wirkung von Anpassungsmaßnahmen

Künftige Auswirkungen auf die Innenstadt mit und ohne Anpassungsmaßnahmen, konkret Dachbegrünungen. Nahe Zukunft 2031 – 2060, RCP 4.5, +1.6 K



© Difu (2023)

# Stadtklima im Wandel | ProPolis

Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner

Assistierte Selbstnutzer

## Anwendungsbeispiel: »Wärmeinsel Solinger Innenstadt«

Anwendungsfeld: Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

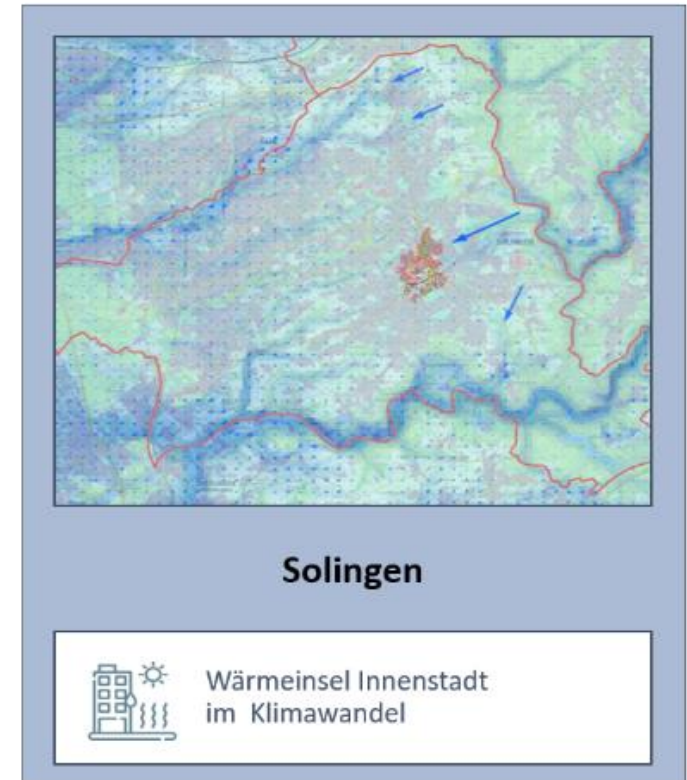


Teamwork

Natur & Umwelt

Geodatenmanagement

Stadtplanung



© Difu (2023)

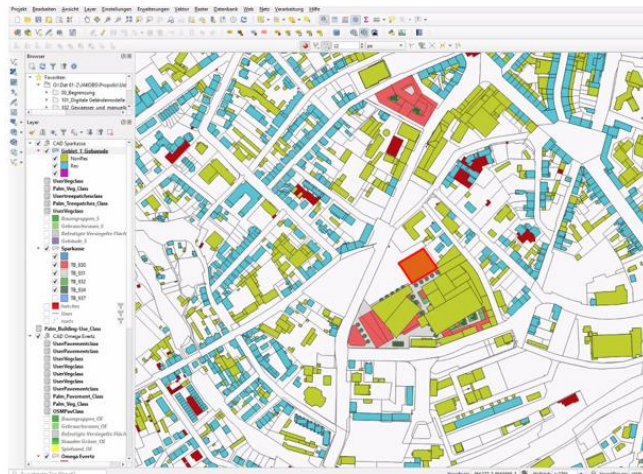
# Stadtklima im Wandel | ProPolis

## Anwendungsfälle der ProPolis-Praxispartner

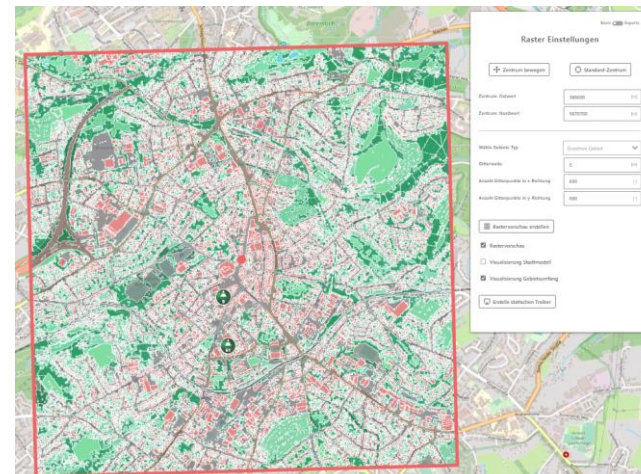
Assistierte Selbstnutzer

### Anwendungsbeispiel: »Wärmeinsel Solinger Innenstadt«

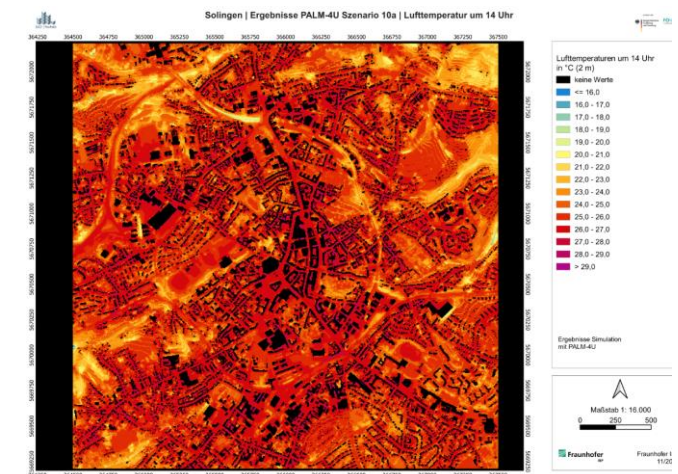
Varianten



Datenvorbereitung in QGIS



Erstellen der Eingangsdaten & Durchführen der Simulationen



Bewertung der Simulationsergebnisse

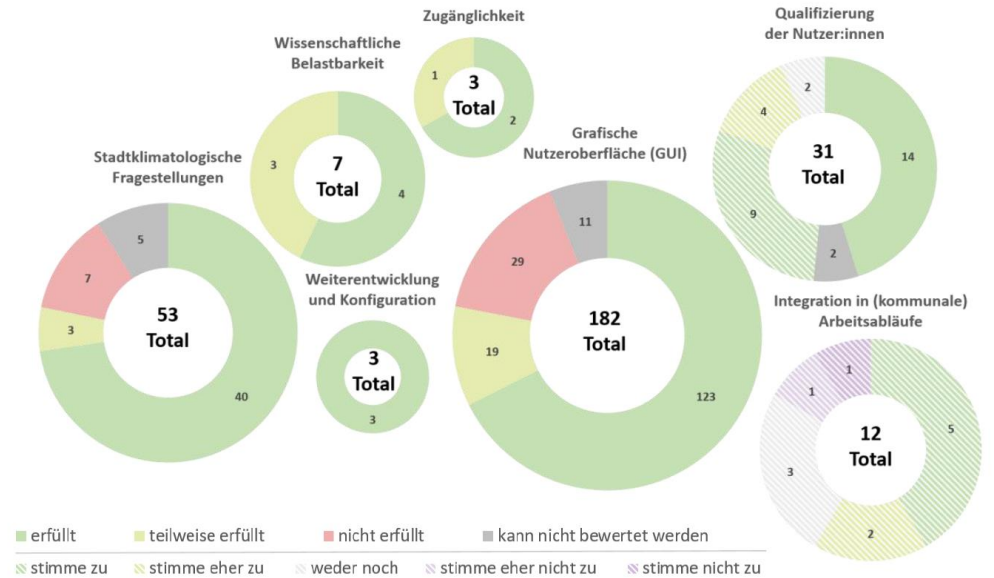
Bilder © Klingenstadt Solingen (2022)

# PALM-4U – Ein praxistaugliches Modell?

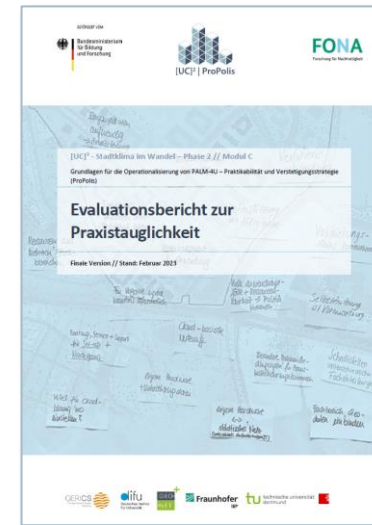
## Evaluation der Praxistauglichkeit

### Evaluationsbericht:

- PALM-4U kann als praxistauglich bewertet werden und gängige stadtklimatologische Fragestellungen beantworten
- Wissenschaftliche Validierung aktuell noch laufend. Bereits vorhandene Validierungsläufe lassen Validität des Modells erwarten
- GUI als zentraler Teil der Praxistauglichkeit
- GUI bietet einfache und intuitive Nutzung von PALM-4U die es den Praxisakteur\*innen ermöglicht das Modell eigenständig anzuwenden
- GUI erfüllt die Anforderungen der Praxis weitestgehend, aber nicht umfassend
- Ausführlich beschrieben im »**Evaluationsbericht**«



© Difu (2023)



[Verfügbar über die ProPolis-Website](#)

# Zusammenfassung

---

## PALM-4U als digitales Tool für die resiliente Stadtentwicklung:

- Praxistaugliche und einfache Anwendbarkeit über PALM-4U GUI
- Nutzbar für typische stadtklimatische Fragestellungen
- Ermöglicht die Bewertung der Klimawirkung städtebaulicher Maßnahmen
- Erlaubt evidenzbasierte Entscheidungsprozesse
- Flexible Übertragbarkeit auf neue Kommunen

# Zusammenfassung

---

## Nutzung für Anwender außerhalb ProPolis:

- **PALM-4U GUI Cloud Hosting aus ProPolis:**  
verwaltet durch Climate Service Center Germany (GERICS): <https://propolis.azurewebsites.net/>  
Kostenfreier Account per Mail an: [palm-4u-support@hereon.de](mailto:palm-4u-support@hereon.de); Aktuell nur Erstellung von Eingangsdaten freigeschalten
- **PALM-4U GUI Source Code Gitlab Repository:**  
[https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/palm\\_gui/palm4u\\_gui](https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/palm_gui/palm4u_gui)
- **PALM Model System Source Gitlab Repository:**  
[https://gitlab.palm-model.org/releases/palm\\_model\\_system](https://gitlab.palm-model.org/releases/palm_model_system)
- **QGIS-Plugin PALMClassify:**  
Download über Gitlab Repository: [https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/palm\\_gui/palmclassify](https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/palm_gui/palmclassify)
- **Schulungsangebote durch Fraunhofer IBP:**  
bei Interesse: Mail an [matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de](mailto:matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de)
- **PALM-4U GUI Handbuch:**  
[https://palm\\_gui.pages.fraunhofer.de/palmgui\\_handbuch/](https://palm_gui.pages.fraunhofer.de/palmgui_handbuch/)

## Kontakt

---

**M. Eng. Matthias Winkler**  
Abteilung Hygrothermik

Telefon: +49 151 41878557  
[matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de](mailto:matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Fraunhoferstr. 10  
83626 Valley  
[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---