

# **PALM-4U Handbuch** für die Praxis

Finale Version // August 2023

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Inhaltsverzeichnis

<u>Stadtklima im Wandel</u> .....	<u>3</u>		
<u>Beteiligte Projektpartner</u> .....	<u>4</u>		
<u>Einleitung</u> .....	<u>5</u>	<u>3. Schulungen und Support</u> .....	<u>39</u>
<u>1. Anwendungsgrundlagen</u> .....	<u>11</u>	<u>3.1 Schulungsangebote</u> .....	<u>40</u>
<u>1.1 PALM-4U Modell</u> .....	<u>12</u>	<u>3.2 Support</u> .....	<u>41</u>
<u>1.2 Arbeitsprozess</u> .....	<u>13</u>	<u>3.3 Weitere Services</u> .....	<u>47</u>
<u>1.3 Anwendungsfelder und -fälle</u> .....	<u>14</u>	 	
<u>1.4 Anwenderprofil</u> .....	<u>23</u>	<u>4. Ergänzende Informationen</u> .....	<u>49</u>
<u>1.5 Erfahrungswerte Rechenressourcen</u> .....	<u>25</u>	<u>4.1 Referenzwerte zur Ergebnisbewertung</u> .....	<u>50</u>
 		<u>4.2 Wissenschaftliche Modellevaluierung</u> .....	<u>55</u>
<u>2. Graphische Benutzeroberfläche</u> .....	<u>29</u>	<u>4.3 PALM Download &amp; Installation</u> .....	<u>60</u>
<u>2.1 Hauptfunktionalitäten</u> .....	<u>30</u>	<u>4.4 Weiterführende Links</u> .....	<u>61</u>
<u>2.2 Typischer Arbeitsprozess</u> .....	<u>31</u>	 	
<u>2.3 Eingangsdatenaufbereitung</u> .....	<u>34</u>	<u>Quellenverzeichnis</u> .....	<u>63</u>
<u>2.4 Simulation</u> .....	<u>35</u>		
<u>2.5 Ergebnisanalyse</u> .....	<u>36</u>		
<u>2.6 Begleitende Tools</u> .....	<u>37</u>		
<u>2.7 Source Code und Hosting</u> .....	<u>38</u>		

Titelbild © GERICS (2023)

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

Für die Entwicklung eines innovativen Stadtklimamodells PALM-4U finanzierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ – Urban Climate Under Change [UC]<sup>2</sup> in zwei Phasen im Rahmen der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit,“ (**FONA**).

Mit der zweiten Phase, welche von Oktober 2019 bis Anfang 2023 lief, wurde das Ziel verfolgt, das in der ersten Phase entwickelte Stadtklimamodell PALM-4U zu einem Produkt weiterzuentwickeln, das sowohl den Bedürfnissen von Kommunen und anderen Praxisanwender:innen entspricht, als auch für die wissenschaftliche Forschung geeignet ist.

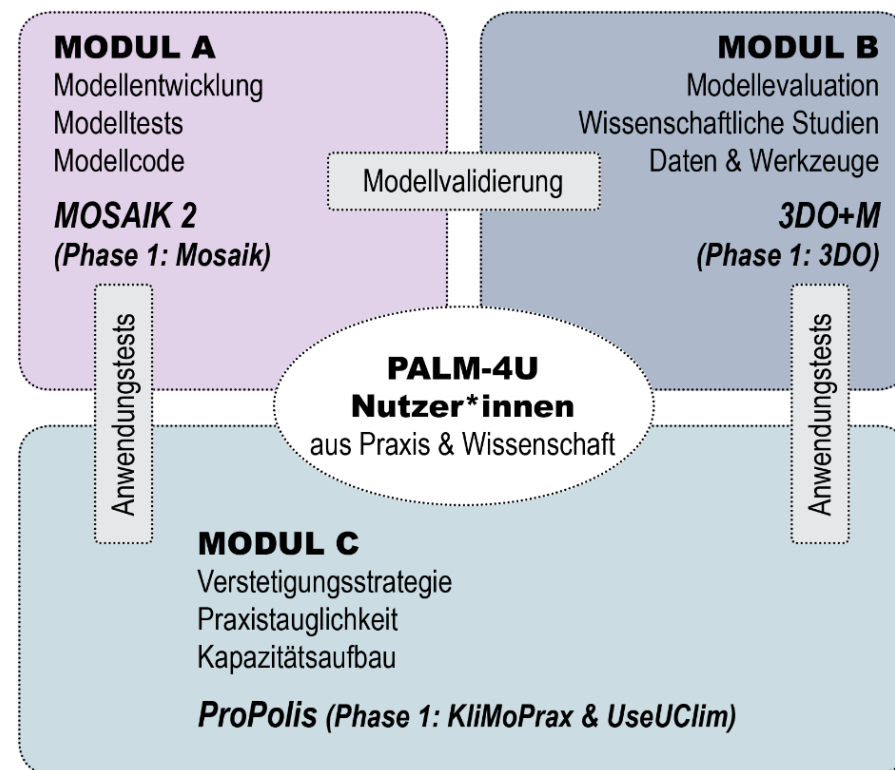
Die Fördermaßnahme wurde durch drei Module bearbeitet und vom DLR Projektträger betreut. Jedes Modul bestand aus einem Verbundprojekt. Insgesamt forschten 25 Teilprojekte in den Verbänden.

Die BMBF-Förderkennzeichen lauteten:

- Modul A (MOSAIK-2) - Weiterentwicklung von PALM-4U - 01LP1911
- Modul B (3DO+M) - Evaluierung und wissenschaftliche Anwendung von PALM-4U - 01LP1912
- Modul C (ProPolis) - Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Verstetigungsstrategie - 01LP1913

Das neue Stadtklimamodell „soll in der Lage sein, für Städte der Größe von Stuttgart bis Berlin atmosphärische Prozesse gebäudeauflösend, d.h. mit Gitterweiten von 10 m oder feiner, zu simulieren. Damit können fachübergreifende Analysen zur Bewertung durchgeführt und Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas und der Luftreinhaltung geplant werden“ ([UC]<sup>2</sup>, 2019). Das Projekt „Stadtklima im Wandel“ „**stellt sich damit der Herausforderung, Großstädten und Stadtregionen ein**

wissenschaftlich fundiertes, praxistaugliches Instrumentarium zur Bewältigung der mit heutigen und zukünftigen Klimabedingungen und Luftbelastungen einhergehenden Probleme an die Hand zu geben“ ([UC]<sup>2</sup>, 2019).



Die Projektstruktur von „Stadtklima im Wandel“ © Eigene Darstellung (2023), basierend auf Scherer et al. (2019a)

# Beteiligte Projektpartner & Danksagung

GEFÖRDERT VOM



Das vorliegende Handbuch wurde auf Grundlage von dem im UseUCLim-Projekt erarbeiteten Handbuch ‚PALM-4U für die Praxis‘ (Steuri, 2019) weiterentwickelt und mit aktuellsten Informationen aus den Erfahrungen von der 2. Förderphase ergänzt. Es besteht aus Beiträgen von folgenden [UC]<sup>2</sup>-Projektpartnern:

## Projekt ProPolis (Hauptautor:innen):

- Antonina Krüger, Climate Service Center Germany (GERICS)<sup>1</sup>
- Matthias Winkler, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)<sup>2</sup>
- Cornelia Burmeister, GEO-NET Umweltconsulting GmbH<sup>3</sup>

## Projekt MOSAIK-2:

- Siegfried Raasch, Leibniz Universität Hannover<sup>4</sup>

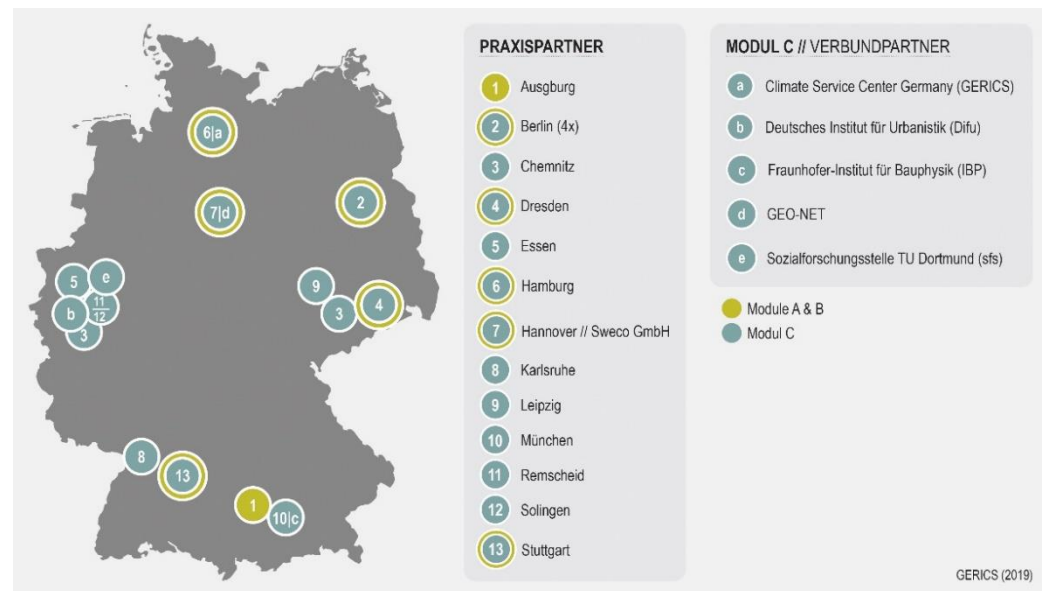
## Projekt 3DO+M:

- Scherer et al., Arbeitsgruppe Modellevaluierung unter der Leitung von der Technischen Universität Berlin<sup>5</sup>

Die Zusammenstellung der Beiträge wurde im Rahmen von **Arbeitspaket 5, Deliverable 5.1** von Antonina Krüger<sup>1</sup> übernommen.

Wir **bedanken uns herzlich bei den Kolleg:innen** aus [UC]<sup>2</sup> für die konstruktive Mitarbeit und die wertvolle Unterstützung.

Ein **großer Dank geht auch an die Praxispartner:innen von ProPolis**, die im Rahmen der Anforderungserhebung und Selbstanwendung wertvolle Hinweise zu Inhalten und Aufbau des Benutzerhandbuchs gegeben haben.



**Zitierhinweis:** Krüger, A.; Burmeister, C.; Winkler, M. (2023): PALM-4U Handbuch für die Praxis. Grundlagen für die Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Verstetigungsstrategie (ProPolis). [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel – Phase 2 // Modul C. Online verfügbar unter: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-handbuch-fuer-die-praxis>



---

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Einleitung

Antonina Krüger<sup>1</sup>

# Aufbau und Zusammenfassung

Dieses Handbuch richtet sich gezielt an Anwender:innen aus der Praxis und dient als übergeordnetes Dokument, welches einen umfangreichen Überblick über vorhandene Grundlagen und Informationsquellen für die Anwendung von PALM-4U bietet. Zudem verweist es auf weitere in ProPolis erarbeitete Endprodukte und detailliertere Anleitungen, wie Anwendungskatalog, GUI-Dokumentation, Evaluationsbericht zur Praxis-tauglichkeit usw. (siehe Seite 8-9).

Das PALM-4U Handbuch für die Praxis ist folgendermaßen gegliedert:

## Teil 1. Anwendungsgrundlagen

- Im ersten Teil werden grundlegende Informationen zum PALM-4U Modell und dessen Anwendung dargestellt. Neben einem Überblick über die allgemeinen Modellierungsschritte und Standard-Anwendungsfelder, werden erforderliche Anwenderkompetenzen sowie Erfahrungswerte für die Rechenkapazitäten kurz zusammengefasst.

## Teil 2. Graphische Benutzeroberfläche (GUI)

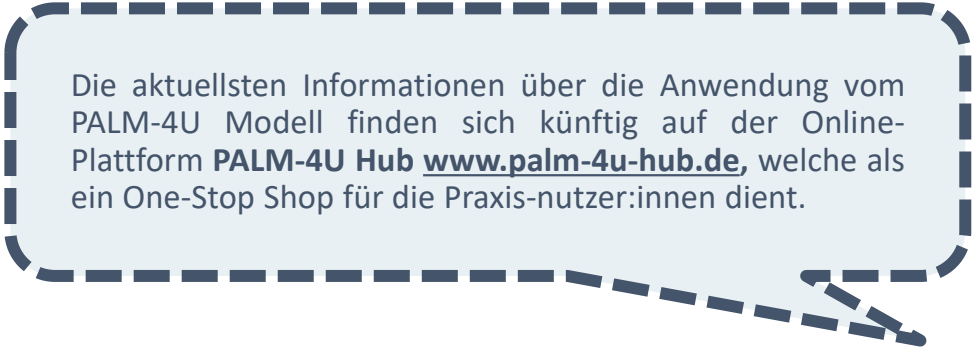
- Der zweite Teil umfasst die wichtigsten Funktionalitäten der GUI und führt durch den typischen Arbeitsprozess von der Eingangsdatenaufbereitung über die Simulation bis zur Ergebnisanalyse mittels GUI durch. Darüber hinaus werden begleitende Tools und weitere Anleitungen vorgestellt. Erläuterungen zu dem Source Code und künftigem Hosting-Angebot schließen das Kapitel ab.

## Teil 3. Schulungen und Support

- Teil 3 fasst Informationen zu künftigen Schulungsangeboten, technischem Support und weitergehenden Dienstleistungen zusammen.

## Teil 4. Ergänzende Informationen

- Im vierten Teil finden sich Referenzwerte zur Ergebnisbewertung sowie Informationen über die wissenschaftliche Modellevaluierung und Planung von Messkampagnen. Ergänzende Hinweise zum Download & Installation des PALM-Codes für die skript-basierte Nutzung und weiterführende Links schließen das Kapitel ab.



Die aktuellsten Informationen über die Anwendung vom PALM-4U Modell finden sich künftig auf der Online-Plattform **PALM-4U Hub** [www.palm-4u-hub.de](http://www.palm-4u-hub.de), welche als ein One-Stop Shop für die Praxis-nutzer:innen dient.

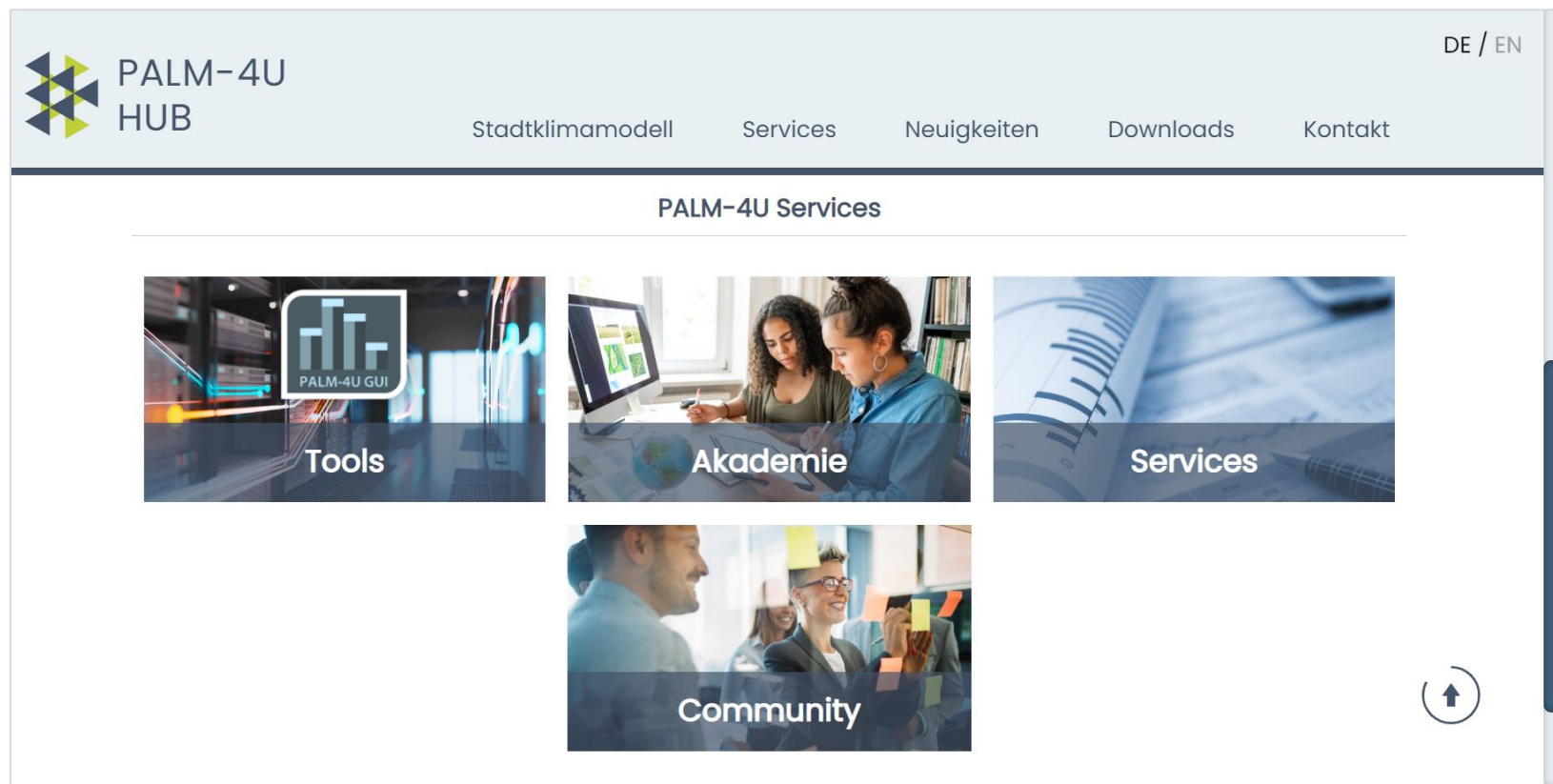
# PALM-4U Hub – zentrale Anlaufstelle für die Praxis

Die Online-Plattform wurde im Rahmen der Verstetigung von PALM-4U entwickelt. Nach Projektende dient sie als eine zentrale Anlaufstelle für die Beantwortung aller Fragen über die Anwendung vom Stadtklimamodell PALM-4U. Hier bringen Nutzer:innen die Informationen über die graphische Benutzeroberfläche (GUI) und Recheninfrastruktur in Erfahrung, finden Zugänge zu technischem Support und können sich mit der PALM-4U Community austauschen. In der PALM-4U Akademie finden sich Fortbildungsangebote für alle Kompetenzniveaus und Schritt-für-Schritt Anleitungen. Darüber hinaus bietet der PALM-4U Hub weitere Dienstleistungen, wie Stadtklimagutachten und

Expertenberatung zu unterschiedlichen stadtklimatischen Fragestellungen.

Über den PALM-4U Newsletter erfahren Nutzer:innen über die aktuellsten Entwicklungen, anstehende Termine und andere relevante Themen.

Die Inbetriebnahme des PALM-4U Hubs ist im 3Q / 2023 geplant. Die Online-Plattform wird federführend vom Climate Service Center Germany (GERICS) in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelt und betrieben.



# ProPolis Endprodukte – Überblick und Kontaktpersonen

Das **PALM-4U Handbuch für die Praxis** wird zum Projektende veröffentlicht und steht ab April 2023 zum Download unter dem folgenden Link zur Verfügung:  
<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-handbuch-fuer-die-praxis>.

Darüber hinaus wurden im ProPolis-Konsortium weitere Produkte und Berichte erarbeitet, auf die in dem vorliegenden Handbuch verwiesen wird. Alle Endprodukte stehen nach Projektende unter <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-endprodukte> zur Verfügung.

## PALM-4U Verstetigungsstrategie in der Praxis



<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-verstetigungsstrategie>

Kontaktpersonen:

Dr. Jörg Cortekar, Climate Service Center  
Germany GERICS

[joerg.cortekar@hereon.de](mailto:joerg.cortekar@hereon.de)

Matthias Winkler, Fraunhofer-Institut für  
Bauphysik IBP

[matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de](mailto:matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de)

## PALM-4U Anwendungskatalog für die kommunale Praxis



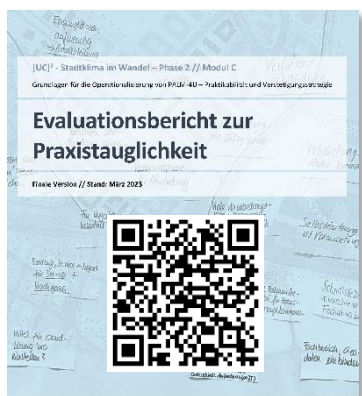
<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungskatalog>

Kontaktperson:

Dr. Cornelia Burmeister,  
GEO-NET Umweltconsulting GmbH

[burmeister@geo-net.de](mailto:burmeister@geo-net.de)

## Evaluationsbericht zur Praxistauglichkeit



<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-evaluation-praxistauglichkeit>

Kontaktperson:

Luise Willen, Deutsches  
Institut für Urbanistik

[willen@difu.de](mailto:willen@difu.de)

## GUI-Plattform und Dokumentation



<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-gui>

Kontaktperson:

Matthias Winkler, Fraunhofer-Institut  
für Bauphysik IBP

[matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de](mailto:matthias.winkler@ibp.fraunhofer.de)



# ProPolis Endprodukte – Überblick und Kontaktpersonen

Animierte Story-Books der Anwendungsfälle – siehe [Seite 13](#)

Empfehlungen zum Aufbau und zur Verstetigung der PALM-4U-Community of Practice (CoP)

<https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-cop-empfehlungen>

Kontaktpersonen:  
Dr. Rick Hölsgens,  
TU Dortmund / Sozialforschungsstelle  
[henricus.hoelsgens@tu-dortmund.de](mailto:henricus.hoelsgens@tu-dortmund.de)



[Info-Mail Nr. 3 Projekt-Update zur Halbzeit](#)



[Info-Mail Nr. 4 Projekt-Update zum Jahresabschluss 2021](#)

Info-Mails über den ProPolis-Projektverlauf



[Info-Mail Nr. 1 Projekt-Update in Zeiten der Corona-Pandemie](#)



[Info-Mail Nr. 2 Projekt-Update – ein Jahr ist um!](#)



[Info-Mail Nr. 5 Projekt-Update zum Sommer 2022](#)



[Info-Mail Nr. 6 Informationen zum Projektende](#)



---

# Anwendungsgrundlagen

1.1 PALM-4U Modell

1.2 Arbeitsprozess

1.3 Anwendungsfelder und -fälle

1.4 Anwenderprofil

1.5 Erfahrungswerte Rechenressourcen



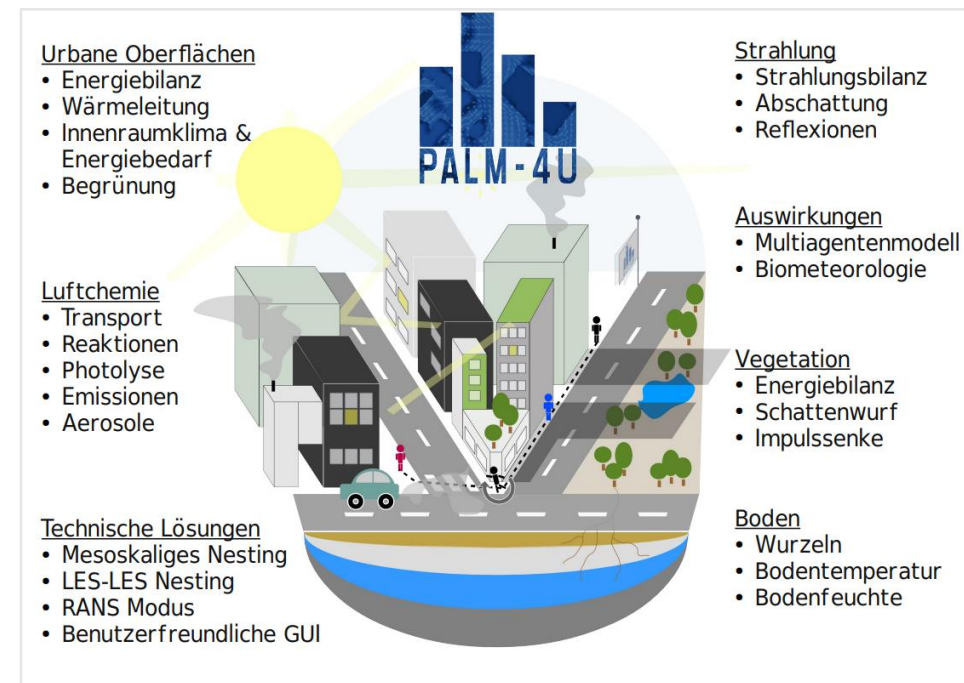
Antonina Krüger<sup>1</sup>, Cornelia Burmeister<sup>3</sup>, Dirk Pavlik<sup>3</sup>, Martina Schubert-Frisius<sup>1</sup>, Matthias Winkler<sup>2</sup>

# 1.1 PALM-4U Modell - Grundsätzliches Konzept

**PALM-4U basiert auf dem hoch-parallelisierten Large-eddy Simulationsmodell (LES) und hat die folgenden Eigenschaften:**

- Skalenabhängige Parametrisierungen und Gebäudeparametrisierungen um das Modell mit unterschiedlicher Gitterweite (10m oder kleiner) zu betreiben.
- Einen LES Modus, der es zum ersten Mal ermöglicht **turbulente Fluktuationen** (z.B. Spitzenkonzentrationen von Schadstoffen oder Windböen) explizit mit einem Stadtklimamodell aufzulösen.
- **Lupenfunktion (Nesting-Funktion)**, welche es z.B. Stadtplanern erlaubt, hochaufgelöste Studien für kleinere Gebiete von besonderem Interesse (Quartiere, einzelne Gebäudeumgebungen) durchzuführen.
- **Neue Grafische Nutzeroberfläche (GUI)** für Nutzer:innen aus der Praxis, bspw. der Stadtplanung, die es ermöglicht das Modell zu konfigurieren, Planungsszenarien zu erstellen, Simulationen durchzuführen und die Modellergebnisse zu visualisieren.
- NetCDF als I/O Datenstandard.
- Ausgabe von **biometeorologischen Größen**, wie z.B. der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) oder des universellen thermischen Klimaindexes (UTCI). Zudem wird ein Multiagentenmodell verfügbar sein, welches die Identifikation von kritischen Hotspots in der Stadt basierend auf menschlichen Verhaltensmustern bewerkstelligt.

- Einen **Standardeingangsdatenkatalog** für typische Wetter und Klimaszenarien (z.B. Hitzewelle im Sommer, MOSAIK, 2019) sowie Schnittstellen zu Wettermodellen für die Erzeugung der meteorologischen Randbedingungen (dynamic driver, DWD Modelle: COSMO/ICON; WRF)



PALM-4U Komponenten. Maronga (2023)



## 1.2 Arbeitsprozess mit PALM-4U Modell

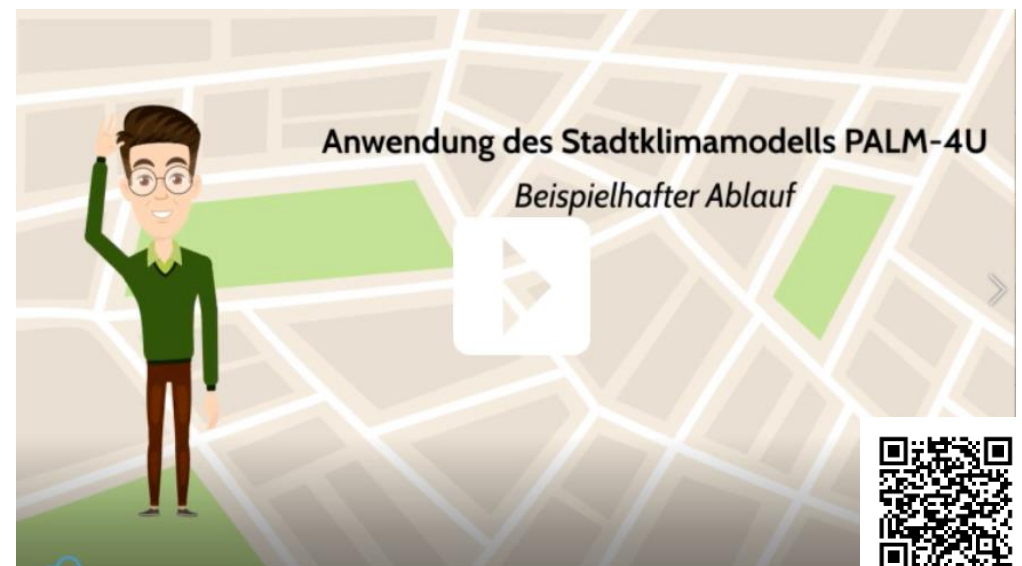
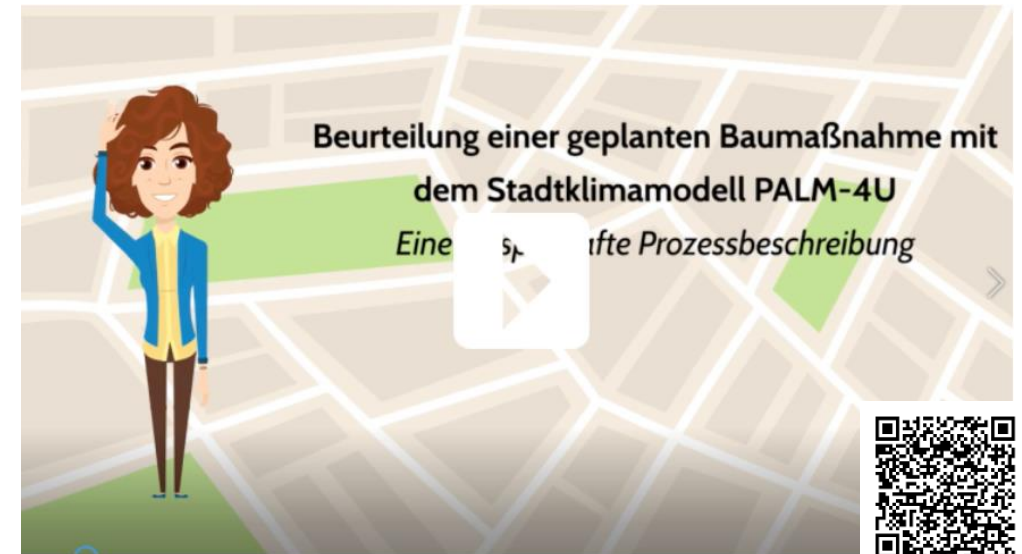
Im Laufe der 2. Förderphase wurde das PALM-4U Modell mit den Praxispartner:innen an realen stadtklimatologischen Fragestellungen intensiv erprobt und weiterentwickelt. Zwei in ProPolis erstellte Story-Books zeigen wie PALM-4U die Planungspraxis unterstützen kann.

In animierten Videos werden beispielhaft die Arbeitsprozesse kurz vorgestellt. Das eine Video zeigt die Beurteilung einer geplanten Baumaßnahme mit Hilfe von PALM-4U (oben rechts), während das andere Video eine Anleitung gibt, in welcher Form Modellrechnungen mit PALM-4U eigenständig durchgeführt werden können (unten rechts).

Die einzelnen Modellierungsschritte

- Definierung eines Anwendungsfalls
- Eingangsdatenbeschaffung und -aufbereitung
- Standard-Setup und Simulation
- Ausgabe und Visualisierung der Simulationsergebnisse
- Interpretation und Präsentation der Ergebnisse

werden im [Kapitel 2](#) dieses Handbuches detaillierter beschrieben.



## 1.3 Standard-Anwendungsfelder

Im Rahmen von ProPolis wurde ein Anwendungskatalog (AWK) für die kommunale Praxis entwickelt.

Der AWK soll den Nutzer:innen als Informationspool dienen und die drei identifizierten Standard-Anwendungsfelder von PALM-4U erläutern: **Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt**, **Windkomfort** und **Schadstoffausbreitung**. Dafür wurden Produkte aus der ersten Förderphase „Stadtklima im Wandel“ sowie weitere Literatur gesichtet und gefundene kommunale Anwendungsfälle mit den Funktionalitäten von PALM-4U abgeglichen. So erfolgt eine Einteilung der Anwendungsfälle in rechenbar und nicht mit PALM-4U rechenbar, sowie Standard- und innovative Anwendungsfälle.

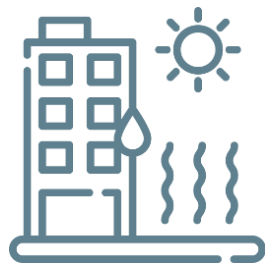
Gesetzes- und wissenschaftliche Grundlagen werden je Anwendungsfeld dar- und die benötigten Eingangsdaten vorgestellt. Außerdem werden die Hintergründe für die

idealtypischen Setups aufgezeigt, die in der Graphischen Benutzeroberfläche (GUI) je Anwendungsfeld implementiert wurden (siehe hierzu das [Kapitel 2](#)).

Je Anwendungsfeld werden die benötigten Eingangsdaten gelistet, das idealtypische Setup vorgestellt und Beispiele für die Ergebnisbewertung dargelegt.

Hinweise für die Auswirkung des Klimawandels lassen sich ebenso finden. Die innovativen Anwendungsfelder werden der Vollständigkeit im AWK beispielhaft vorgestellt. Der AWK ist unter dem folgenden Link zu finden: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungskatalog>

Im Folgenden werden kurze Steckbriefe für die drei Standard-Anwendungsfelder erläutert.



**Thermischer Komfort und  
Kaltlufthaushalt**



**Windkomfort und  
Sturmgefahren**



**Schadstoffausbreitung**

# Standard-Anwendungsfelder

## Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt (Kapitel 6 im AWK)



### Eingangsdaten:

- Static Driver

### Auflösungen:

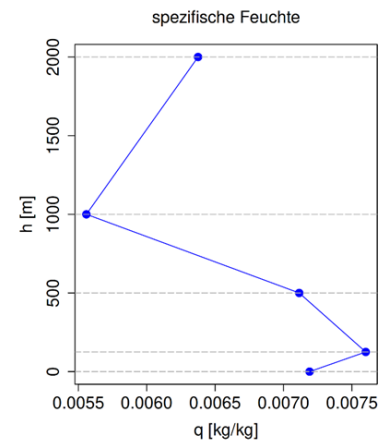
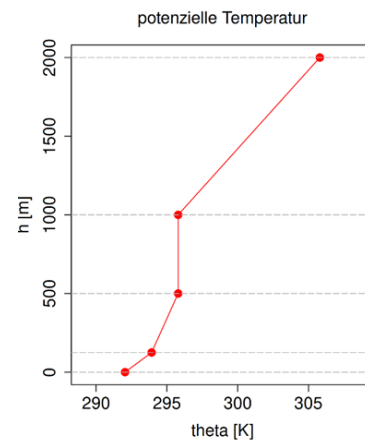
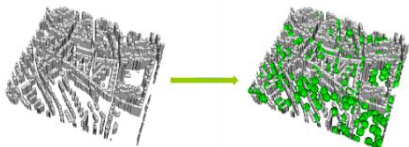
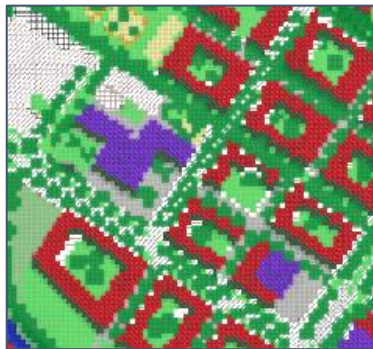
- 1 bis 10m

### Idealtypisches Setup:

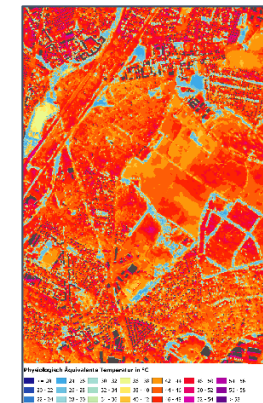
- autochthone sommerliche Wetterlage

### Ergebnisgrößen:

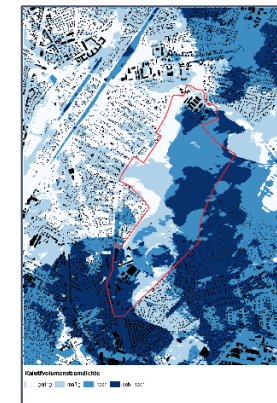
- Tag-/ Nachtbewertung anhand von
  - Temperaturgrößen wie Lufttemperatur, Oberflächentemperatur,
  - Thermophysiological Indices wie PET, UTCI, PT
  - Kaltluftgrößen wie Kaltluftvolumenstrom-(dichten) und Windgeschwindigkeiten



### PET



### Kaltluftvolumenstromdichte



Quelle Piktogramm: © flaticon.com von freepik  
Quelle Abbildungen: GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2020)

# Standard-Anwendungsfelder

## Windkomfort (Kapitel 7 im AWK)



### Eingangsdaten:

- Static Driver, Dynamic Driver

### Auflösungen:

- 1m

### Idealtypisches Setup:

- Neutrale Schichtung der Atmosphäre mit vorgegebenen Windprofilen (Windgeschwindigkeit und -richtung)

### Ergebnisgrößen:

- Windkomfortbereiche (Überschreitung statistischer Grenzgeschwindigkeiten), die mit Aktivitätsklassen verbunden sind



- Wohngebäude 1951 bis 2000
- Wohngebäude 2001 bis heute
- Bürogebäude 1951 bis 2000
- Bürogebäude 2001 bis heute
- Asphalt
- Beton
- Pflaster
- Pflastersteine
- Holz
- Schotter
- feiner Schotter
- Sand
- Acker
- Kurzes Gras
- Hohes Gras
- Sträucher
- Fluß
- Teich

Windrichtung in Grad	Auftrittshäufigkeit in %									
	0.0 - 1.4 m/s	1.4 - 1.9 m/s	1.9 - 2.3 m/s	2.3 - 3.8 m/s	3.8 - 5.4 m/s	5.4 - 6.9 m/s	6.9 - 8.4 m/s	8.4 - 10.0 m/s	>10 m/s	Summe
0	1.53	0.94	0.94	1.57	0.39	0.05	0.01	0.00	0.00	5.40
45	1.78	1.02	1.10	2.99	1.51	0.37	0.07	0.01	0.01	8.81
90	3.03	1.30	1.21	2.91	1.83	0.47	0.06	0.02	0.01	10.80
135	4.11	2.63	2.27	3.91	1.05	0.14	0.01	0.01	0.00	14.10
180	2.64	1.89	1.84	3.60	1.50	0.34	0.06	0.01	0.00	11.84
225	1.77	1.37	1.72	6.38	5.37	1.76	0.36	0.05	0.01	18.75
270	1.43	0.94	1.51	7.20	6.46	2.20	0.56	0.13	0.03	20.42
315	1.38	0.93	1.17	3.42	2.15	0.68	0.17	0.05	0.01	9.92
Summe	17.64	10.98	11.73	31.96	20.22	5.96	1.26	0.24	0.05	100.00



- Gebäude
- Windkomfort Klasse A
- Windkomfort Klasse B
- Windkomfort Klasse C
- Windkomfort Klasse D
- Kein Windkomfort

Quelle Piktogramm: © flaticon.com von mangsaabguru  
 Quelle Abbildungen: GERICS (2022/23)



# Standard-Anwendungsfelder

## Schadstoffausbreitung (Kapitel 8 im AWK)



### Eingangsdaten:

- Static Driver, Dynamic Driver, Chemistry Driver

### Auflösungen:

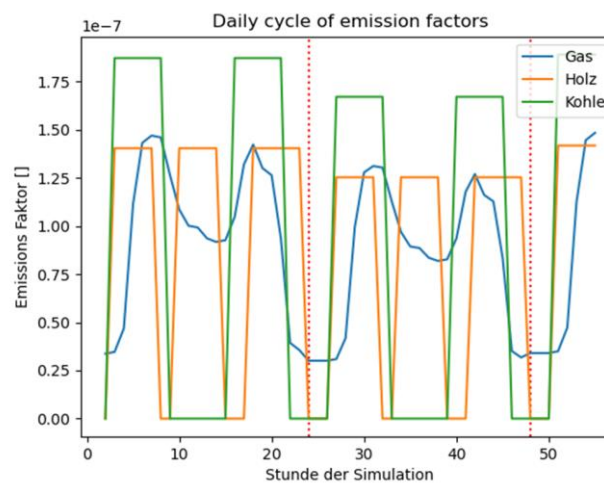
- 1m

### Idealtypisches Setup:

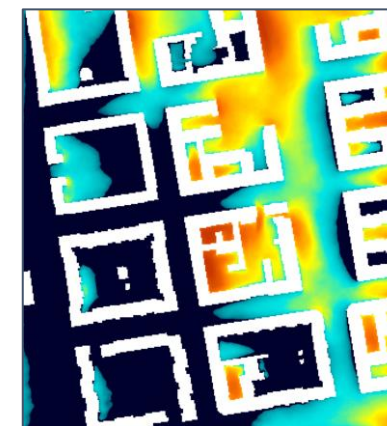
- Nesting
- austauscharme Inversionswetterlagen im Winter

### Ergebnisgrößen:

- Luftschadstoffe: NO<sub>2</sub>
- Feinstaub (passive Tracer): PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>



PM<sub>10</sub>-Konzentrationen in 1,5 m Höhe



Quelle Piktogram: © flaticon.com von photo3idea\_studio  
 Quellen Abbildungen: Links – Static Driver/Teichmann (2023); Schadstoffkonzentrationen, Geoportall Berlin <https://luftdaten.berlin.de/>; Mitte und Rechts - GERICS (2023)

# Anwendungsfälle

Die Tabelle zeigt einen Auszug von identifizierten kommunalen Anwendungsfällen je Anwendungsfeld. Als **Standardanwendungsfall** wird die Bearbeitung einer Pflichtaufgabe in der Kommune verstanden für die eine Modellierung mit einem Stadtklimamodell benötigt wird. Diese Standardanwendungsfälle stehen für den Stand der Technik und sind bspw. in VDI-Richtlinien beschrieben.

Ein **innovativer Anwendungsfall** gehört nicht zu den Pflichtaufgaben der Kommunen und geht über den Stand der Technik hinaus.

**Nicht rechenbare Anwendungsfälle** können nicht mit PALM-4U (Stand Juni 2020) simuliert werden.

	Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt	Windkomfort	Schadstoffausbreitung
Standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse der Situation im Bestand (Ist-Situation)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung von städtebaulichen Entwurfsvarianten</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untersuchung der Wirksamkeit verschiedenster Maßnahmen</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grünflächen- und Freiraumentwicklung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung von Luftreinhalteplänen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse des Kaltlufthaushaltes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Windkomfort auf umliegenden Flächen eines Hochhauses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genehmigung von Industrieanlagen</li> </ul>
Innovativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung von dynamischen Informationen zum Schutz der Bevölkerung und dem Finden des am geringsten belasteten Weges (Multiagentenmodell)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse des Innenraumklimas in Gebäuden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sturmschäden für Bäume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katastrophenvorsorge bei einer Havarie</li> </ul>
Nicht rechenbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energetische Optimierung (Heizbedarfe/Kühlenergiebedarf)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Schäden/ Verwitterung durch chemische Prozesse an historischen Gebäuden</li> </ul>

## ProPolis Anwendungsfälle

In ProPolis wurden 13 Anwendungsfälle von den Praxispartner:innen mit PALM-4U modelliert. Die Anwendungsfälle lassen sich den drei Standard-Anwendungsfeldern zuordnen: zehn zum „Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt“, zwei zum „Windkomfort“ und ein Anwendungsfall zur „Schadstoffausbreitung“.

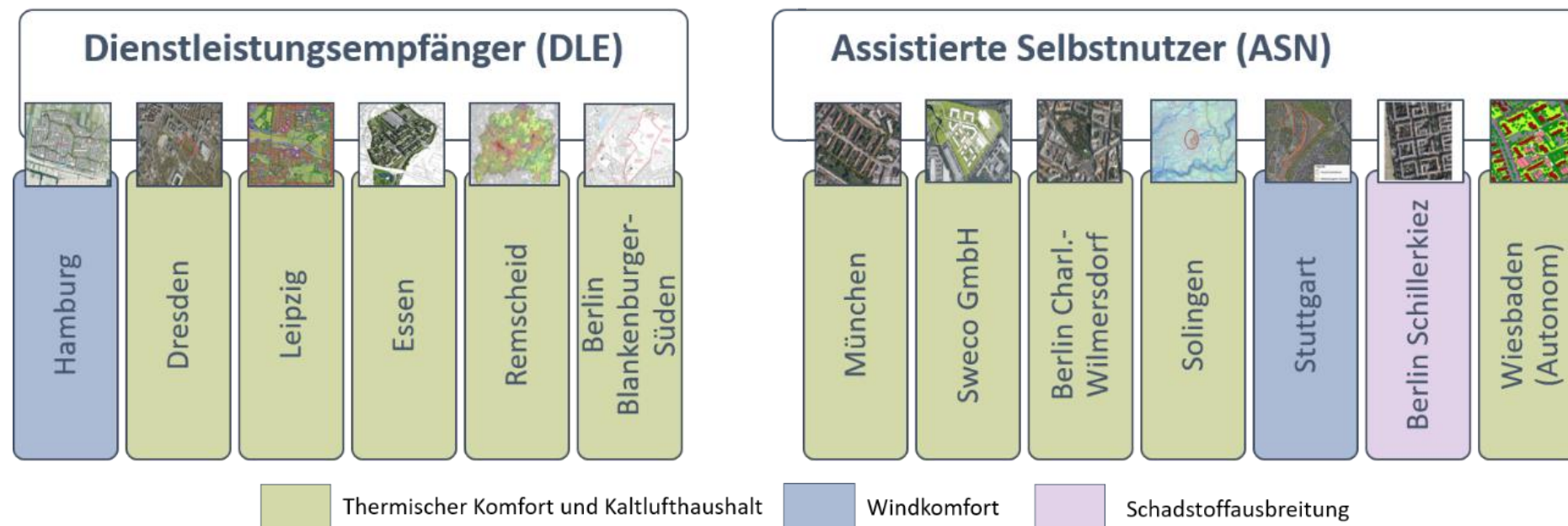
Bei der Anwendung von PALM-4U wurde in ProPolis zwischen Dienstleistungsempfängern (DLE) und Assitierten Selbstnutzern (ASN) unterschieden:

- DLE-Praxispartner:innen definierten einen stadtklimatologischen Anwendungsfall und stellten die notwendigen Eingangsdaten für die Modellierungen zusammen. Die Modellsimulationen wurden von den Modellierer:innen des ProPolis-

Konsortiums durchgeführt und die Simulationsergebnisse den Praxispartner:innen in Form eines Ergebnisberichtes zur Verfügung gestellt sowie in individuellen Online-Workshops (ExLabs) vorgestellt.

- ASN-Praxispartner:innen besuchten die vom ProPolis-Konsortium organisierten Schulungen und bearbeiteten den stadtklimatologischen Anwendungsfall mit Hilfe der GUI eigenständig. Die ProPolis-Modellierer:innen unterstützen die ASN im gesamten Prozess der Bearbeitung.

Poster mit detaillierten Informationen zu jedem Anwendungsfall stehen unter dem Link <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungsfaelle> zur Verfügung.



Übersicht der Praxispartner:innen in ProPolis nach Nutzertyp © Basierend auf Difu (2023)



# ProPolis Anwendungsfälle – Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt



**Berlin**  
**Blankenburger Süden**

 Auswirkungen des neuen Quartiers auf den thermischen Komfort



**Berlin**  
**Charlottenburg-Wilmersdorf**

 Thermischer Komfort in der Ausgangssituation




**Dresden**

 Neubebauung Cockerwiese Kaltlufthaushalt und thermischer Komfort




**Essen**

 Untersuchung des thermischen Komforts im neu geplanten Stadtteil ESSEN51



**Leipzig**

 Leipziger Osten Stadtklimamaßnahmen: Potenziale, Chancen, Grenzen im Bestand

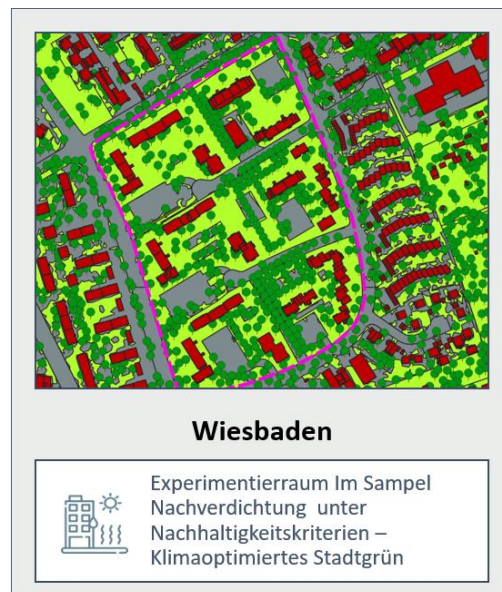
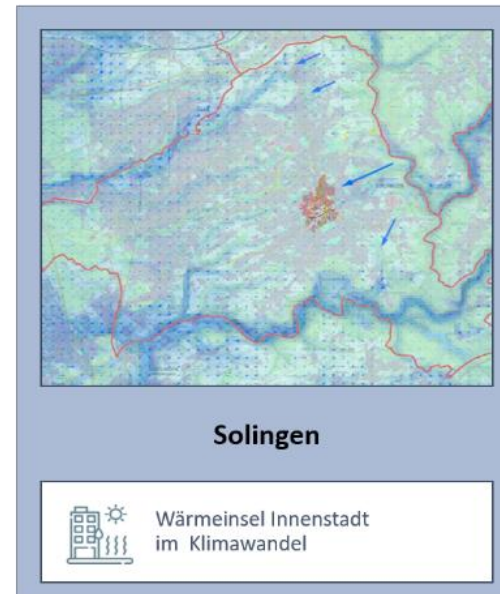
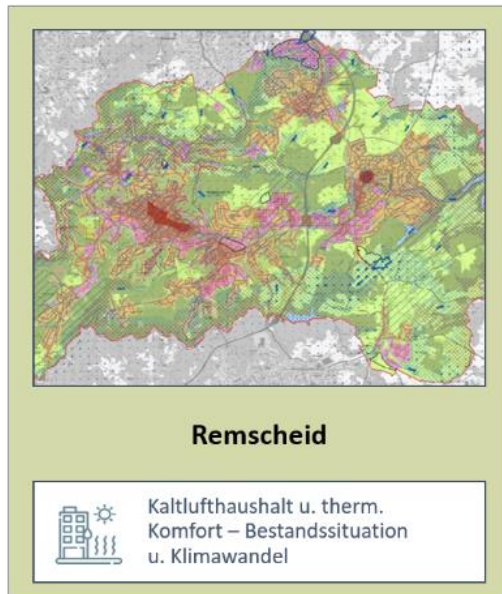


**München**

 Sanierungsgebiet Moosach – Untersuchung Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt



# ProPolis Anwendungsfälle – Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt



## Anwendungsfeld



Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

## Nutzertyp



Dienstleistungsempfänger

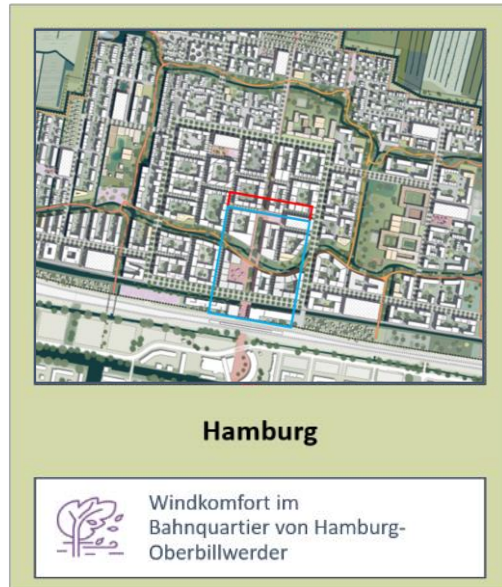


Assistierte Selbstnutzer



Autonome Selbstnutzer

# ProPolis Anwendungsfälle – Windkomfort und Schadstoffausbreitung



## Anwendungsfeld



Windkomfort



Schadstoffausbreitung

## Nutzertyp



Dienstleistungsempfänger



Assistierte Selbstnutzer

## 1.4 Anwenderprofil

Jeder Schritt von der PALM-4U Anwendung setzt unterschiedliche Nutzerkompetenzen voraus; bspw. erfordert die Eingangsdatenaufbereitung Grundkenntnisse in GIS-Programmen. Für die Auswertung der Simulationsergebnisse ist ein fundiertes stadtklimatologisches Wissen erforderlich.

Im Rahmen der in ProPolis durchgeführten anwenderorientierten Evaluation wurde unter anderem überprüft, ob die Anwender:innen mit Planungserfahrung dahingehend im Projekt qualifiziert werden könnten, um das PALM-4U Modell für ihre spezifischen Anwendungsfälle eigenständig einzusetzen. Die ProPolis-Praxispartner:innen erlernten den gesamten Modellierungsprozess in den Online-Schulungen. Anschließend wendeten sie die neue PALM-4U GUI eigenständig an und wurden dabei von ProPolis-Wissenschaftler:innen umfassend betreut. Die Praxispartner:innen stammten teilweise aus unterschiedlichen Fachbereichen wie Stadtplanung, Umweltschutz, Geoinformation,

usw. und arbeiteten an ihren Anwendungsfällen in interdisziplinären Teams zusammen.

Die Tabelle zeigt eine Zusammenfassung von erforderlichen Grundkenntnissen und Software-Empfehlungen zu jedem Anwendungsschritt.

Eine tiefere Bewertung der Nutzerqualifizierung und weitere Erkenntnisse zur Praxistauglichkeit des Modells werden im Evaluationsbericht dargestellt, der ab März 2023 unter dem folgenden Link zur Verfügung steht: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-evaluation-praxistauglichkeit>

Das **Kapitel 3** dieses Handbuchs verweist auf geeignete Schulungsangebote, einen Zugang zum technischen Support und weitere Services.

Anwendungsschritt	Erforderliche Grundkenntnisse // Informationsquelle // Geeignete Software
<b>Stadtklimatologische Fragestellung definieren</b>	Fachkenntnisse in Stadtklimatologie // Anwendungskatalog
<b>Eingangsdaten beschaffen und im PALM-4U Format aufbereiten</b>	GIS-Grundkenntnisse & PALM-4U Schulung // Anwendungskatalog // GIS (bspw. QGIS, ArcGIS); QGIS-Plugin „PALMClassify“
<b>Setup und Simulation mit PALM-4U aufsetzen</b>	PALM-4U Schulung // PALM-4U GUI
<b>Ausgegebene Ergebnisse visualisieren</b>	PALM-4U Schulung // PALM-4U GUI, GIS, Paraview (3D-Visualisierung)
<b>Visualisierte Ergebnisse interpretieren</b>	PALM-4U Schulung // Anwendungskatalog // PALM-4U GUI
<b>(Stadtklimagutachten erstellen)</b>	Tiefere Fachkenntnisse in Stadtklimatologie

## Anwenderprofil – Ergebnisbewertung

Für die korrekte Auswertung der Simulationsergebnisse sind Fachkenntnisse in Stadtklimatologie zwingend notwendig. Weiterhin helfen gesetzlich vorgegebene Grenzwerte die Ergebnisbewertung für die Themenfelder Thermischer Komfort, Windkomfort und Schadstoffausbreitung durchzuführen, wobei es im thermischen Komfort keine gesetzlich einzuhaltenden Grenzwerte gibt. Hier liefern die VDI-Richtlinien Orientierungswerte.

Die angegebenen Grenzwerte sollen die Anwender:innen bei der Interpretation der Ausgabedaten unterstützen. Sie eignen sich

sehr gut, um fachfremdem Publikum Simulationsergebnisse anschaulich und verständlicher zu kommunizieren. Zu beachtende Grenzwerte je Anwendungsfeld finden sich beispielhaft im **Kapitel 4.1**.

Erweiterte Informationen zur Ergebnisinterpretation in den Standard-Anwendungsfeldern finden sich im Anwendungskatalog unter <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungskatalog>

Thermischer Komfort - Bioklimaindizes (VDI 3787, Blatt 2 und Blatt 9; www.utci.org)

Physiologisch Äquivalente Temperatur °C	Universeller thermischer Klimaindex °C	Gefühlte Temperatur °C	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 bis 8	-40	-39	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
13	-27	-26	Kalt	Starke Kältebelastung
18	-13	-13	Kühl	Mäßige Kältebelastung
20	9	0	Leicht kühl	Schwache Kältebelastung
20 bis 23	9 bis 26	0 bis 20	Behaglich	Keine Wärmebelastung
29	Nicht vorhanden	26	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
35	32	32	Warm	Mäßige Wärmebelastung
41	38 46 sehr stark	38	Heiß	Starke Wärmebelastung
>41	>46	> 38	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung



## 1.5 Erfahrungswerte Rechenressourcen

Im Rahmen des ProPolis-Projekts wurden verschiedene Rechner-typen für die PALM-4U-Anwendung erprobt. Die damit jeweils durchgeführten Anwendungen sind nachfolgend beschrieben. Die relevantesten technischen Spezifikationen der verwendeten PALM-Server finden Sie rechts dargestellt. Auf den folgenden Seiten finden Sie Erfahrungswerte zu den Laufzeiten durchgeführter Simulationen.

- **Workstation:** Für die Entwicklung der Anwendungsfelder sowie für die Erstellung der Simulationsgutachten in ProPolis wurde PALM-4U auf leistungsfähigen Workstations der beteiligten Projektpartner:innen betrieben. Die Anwendung auf der lokalen Workstation ist aktuell nur in der skriptbasierten Bedienung von PALM-4U möglich.
- **Cloud:** Die Selbstanwendung der Praxispartner:innen in ProPolis erfolgte über die PALM-4U GUI welche in der Cloudumgebung von Microsoft Azure gehostet ist. Die Simulationen wurden auf einzelnen Servern des Typs „HB120rs v2“ durchgeführt, welche zum Projektstand die leistungstärksten Server darstellten. Mehrere dieser Maschinen können auch zu einem Cluster verbunden werden, dies wurde jedoch im Rahmen von ProPolis nicht erprobt. Neben den Simulationen der Praxispartner:innen wurden zudem noch systematische Performancetests durchgeführt.
- **HPC (High Performance Computing):** Für die Dienstleistungsempfänger unter den Praxispartner:innen in ProPolis als auch für Projektpartner:innen erfolgte die Performance der PALM-4U Simulationen auf HPCs in skriptbasierter Form. Die HPCs sind prädestiniert für sehr rechenzeitintensive Stadtklimastudien. Enorm große Datenmengen können auf entsprechende Plattensysteme abgelegt werden.

### Workstation 1:

56 Prozessorkerne, 1024 GB Arbeitsspeicher, SSD-Festplatten, 10 TB Festplattenspeicher

### Workstation 2:

56 Prozessorkerne, 96 GB Arbeitsspeicher, HDD-Festplatten, 7 TB Festplattenspeicher

### Cloud-Server: Microsoft Azure HB120rs v2

120 Prozessorkerne, 456 GB Arbeitsspeicher, 2100 GB temporärer Speicher

### HPC (Levante): Atos BullSequana XH2000

370.000 Prozessorkerne, Festplattensystem: 130 PB (Lustre). CPU- und GPU Partition: Ihre Spitzenrechenleistungen 14 und 2.8 PetaFLOPS.

# Erfahrungswerte Rechenressourcen

## Workstations und HPC (Levante)\*

Benennung (optional)	Leipzig-Ost	Berlin Blankenburger Süden	Stuttgart Rosenstein	Hamburg Oberbillwerder	Berlin Schillerkiez
Grid	x/y/z: 432/432/256	x/y/z: parent: 270/270/220 child: 540/540/200	x/y/z: parent: 144/144/40 child: 320/320/80	x/y/z: parent: 480/480/50 child: 400/450/50	x/y/z: 500/500/400
Gitterweite	dx=dy= 5m	parent: dx=dy= 10m child: dx=dy= 1m	parent: dx=dy= 5m child: dx=dy= 1m	parent: dx=dy= 5m child: dx=dy= 1m	dx=dy= 1m
Anwendungsfeld	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Windkomfort	Windkomfort	Schadstoffausbreitung
Simulationsdauer	Spinup 24 h Simulation 40 h	Spinup 24 h Simulation 40 h	Kein Spinup Simulation 3h	Kein Spinup Simulation 6 h	Spinup 24 h Simulation 54 h
Kommentare	-	-	12 Simulationen/ Windrichtungen	8 Simulationen/ Windrichtungen	Chemie-Mechanismus „PASSIVE“
PALM-Server	Workstation 2 56 Kerne	Workstation 2 56 Kerne	Workstation 1 52 Kerne	HPC (Levante) 300 Kerne	HPC (Levante) 2048 Kerne
Rechenzeit	128 h	1356 h	168 h	39 h	117 h

\*Die aufgelisteten Simulationen bis auf Hamburg Oberbillwerder Anwendungsfall wurden mit dem PALM-4U Release 21.10 durchgeführt. Der Anwendungsfall Hamburg Oberbillwerder wurde mit PALM-4U Version 4789 gerechnet.

# Erfahrungswerte Rechenressourcen

## Cloud-Server

Benennung (optional)	Benchmark #1	Benchmark #2	Benchmark #3	Benchmark #4	Benchmark #5
Grid	x/y/z: 300/300/300	x/y/z: 300/300/300	x/y/z: 300/300/180	x/y/z: 300/300/200	x/y/z: 300/300/200
Gitterweite	dx=dy=dz=1m	dx=dy=dz=2m	dx=dy=dz=5m	dx=dy=10m, dz = 5m	dx=dy=20m, dz = 5m
Anwendungsfeld	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort
Simulationsdauer	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h
Kommentare					Unerwartet lange Rechenzeit. Möglicherweise Probleme an Cloud-Server
PALM-Server	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne
Rechenzeit	45h	33h	8.5h	8.4h	12h

Alle aufgelisteten Simulationen wurden mit dem PALM-4U Release 21.10 durchgeführt. Für die Cloud-Server wurden systematische Benchmark-Simulationen mit variierenden Gebietsgrößen und Gitterweiten durchgeführt, um einen Überblick über Laufzeiten auf verschiedensten Gebietskonfigurationen zu erhalten. Alle Simulationen basieren auf Geodaten der Stadt Berlin. Bei den Cloud-Servern wurden nur 100 der verfügbaren 120 Kerne genutzt.

# Erfahrungswerte Rechenressourcen

## Cloud-Server

Benennung (optional)	Benchmark #6	Benchmark #7	Benchmark #8	Benchmark #9	Benchmark #10
Grid	x/y/z: 300/300/150	x/y/z: 400/400/200	x/y/z: 600/600/300	x/y/z: 600/600/200	x/y/z: 600/600/200
Gitterweite	dx=dy=dz=20m	dx=dy=25m, dz = 5m	dx=dy=dz=2m	dx=dy=dz=5m	dx=dy=10m, dz = 5m
Anwendungsfeld	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort
Simulationsdauer	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 60 h	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h	Spinup 24 h Simulation 30 h
Kommentare					
PALM-Server	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne
Rechenzeit	2h	58h	162h	35h	11.8h

Alle aufgelisteten Simulationen wurden mit dem PALM-4U Release 21.10 durchgeführt. Für die Cloud-Server wurden systematische Benchmark-Simulationen mit variierenden Gebietsgrößen und Gitterweiten durchgeführt, um einen Überblick über Laufzeiten auf verschiedensten Gebietskonfigurationen zu erhalten. Alle Simulationen basieren auf Geodaten der Stadt Berlin. Bei den Cloud-Servern wurden nur 100 der verfügbaren 120 Kerne genutzt.



# Erfahrungswerte Rechenressourcen

## Cloud-Server

Benennung (optional)	Benchmark #12	Benchmark #12	Benchmark #13
Grid	x/y/z: 600/600/150	x/y/z: 800/800/180	x/y/z: 300/300/180 x/y/z: 300/300/100
Gitterweite	dx=dy=dz=5m	dx=dy=dz = 5m	dx=dy=dz=5m dx=dy=dz=1m
Anwendungsfeld	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort	Thermischer Komfort
Simulationsdauer	Spinup 24 h Simulation 6h	Spinup 24 h Simulation 24h	Spinup 24 h Simulation 30 h
Kommentare	Nur Simulation in der Nacht		Nested Setup (aktuell noch nicht möglich mit der PALM-4U GUI)
PALM-Server	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne
Rechenzeit	3.7h	65h	57h

Alle aufgelisteten Simulationen wurden mit dem PALM-4U Release 21.10 durchgeführt. Für die Cloud-Server wurden systematische Benchmark-Simulationen mit variierenden Gebietsgrößen und Gitterweiten durchgeführt, um einen Überblick über Laufzeiten auf verschiedensten Gebietskonfigurationen zu erhalten. Alle Simulationen basieren auf Geodaten der Stadt Berlin. Bei den Cloud-Servern wurden nur 100 der verfügbaren 120 Kerne genutzt.

# Erfahrungswerte Rechenressourcen

## Cloud-Server

Benennung (optional)	Benchmark #14	Benchmark #15	Benchmark #16	Benchmark #17
Grid	x/y/z: 300/300/100	x/y/z: 300/300/100	x/y/z: 300/300/100	x/y/z: 400/400/200
Gitterweite	dx=dy=dz=1m	dx=dy=dz=1m	dx=dy=dz=1m	dx=dy=dz = 1m
Anwendungsfeld	Windkomfort	Windkomfort	Windkomfort	Schadstoffausbreitung
Simulationsdauer	Spinup 0h Simulation 3h	Spinup 0h Simulation 3h	Spinup 0h Simulation 3h	Spinup 24 h Simulation 24h
Kommentare	Niedrige Windgeschwindigkeit Eine Windrichtung	Mittlere Windgeschwindigkeit Eine Windrichtung	Hohe Windgeschwindigkeit Eine Windrichtung	
PALM-Server	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne	Cloud-Server 100 Kerne
Rechenzeit	1.3h	4h	6.7h	77h

Alle aufgelisteten Simulationen wurden mit dem PALM-4U Release 21.10 durchgeführt. Für die Cloud-Server wurden systematische Benchmark-Simulationen mit variierenden Gebietsgrößen und Gitterweiten durchgeführt, um einen Überblick über Laufzeiten auf verschiedensten Gebietskonfigurationen zu erhalten. Alle Simulationen basieren auf Geodaten der Stadt Berlin. Bei den Cloud-Servern wurden nur 100 der verfügbaren 120 Kerne genutzt.



---

# Graphische Benutzeroberfläche

2.1 Hauptfunktionalitäten

2.2 Typischer Arbeitsprozess

2.3 Eingangsdatenaufbereitung

2.4 Simulation

2.5 Ergebnisanalyse

2.6 Begleitende Tools

2.7 Source Code und Hosting



Matthias Winkler <sup>2</sup>



## 2.1 PALM-4U GUI – Graphische Nutzeroberfläche (GUI) für PALM-4U

Die PALM-4U GUI ist eine cloudbasierte Graphische 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. Dazu liefert die PALM-4U GUI aufeinander abgestimmte Softwaremodule: Ein umfangreicher Karteneditor erlaubt das Erstellen und Bearbeiten von Stadtmodellen. Integrierte Vorlagen für typische stadtklimatische Anwendungsmöglichkeiten führen Anwender:innen durch den Modellierungsprozess. Das integrierte Simulationsinterface ermöglicht automatisiert den Zugriff auf leistungsstarke High-Performance-Server und erlaubt eine Vielzahl gleichzeitiger Simulationen, was die Bearbeitungszeit stadtklimatischer Untersuchungen signifikant beschleunigt. Der Ergebnisviewer und die darin integrierten Analysewerkzeuge erlauben die direkte Auswertung und Interpretation der Simulationsergebnisse.

Grundlage für die Entwicklung der PALM-4U GUI war eine umfassende Analyse der Nutzeranforderungen an praxistaugliche Stadtklimamodelle aus der ersten Projektphase des [UC]<sup>2</sup>-Projekts. Die PALM-4U GUI ist in der Cloud-Plattform Microsoft Azure gehostet und kann nach einmaliger Registrierung ohne weitere Installation direkt über den Webbrowser bedient werden. Die PALM-4U GUI ist ein Open-Source-Projekt.

Zur Verfügbarkeit nach Projektende sei auf [Seite 38](#) und Endbericht zur Verstetigungsstrategie verwiesen, der ab April 2023 unter dem Link <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-verstetigungsstrategie> zur Verfügung steht.

### Hauptfunktionalitäten:

- Nutzer- und Datenmanagement
- Vorlagen für typische kommunale Standard-Anwendungsfälle
- Stadtmodell-Editor
- Modellsetup-Editor
- Automatisiertes Simulationsinterface
- High-Performance-Cloud-Computing für PALM-Simulationen
- Ergebnisviewer mit umfangreichen Analysetools
- Import- und Exportschnittstellen
- Begleitende Tools zu GIS & 3D Visualisierung



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

## 2.2 Typischer Arbeitsprozess mit der PALM-4U GUI

Der Arbeitsprozess beim Durchführen einer stadtklimatischen Untersuchung lässt sich grob in zwei Abschnitte unterteilen: Zuerst stehen vorbereitende Arbeiten an, bevor anschließend die Modellierung mit Hilfe der PALM-4U GUI erfolgt.

### Vorbereitung: Beschaffen der Grundlagendaten

Zu Beginn ist das Ziel der Untersuchung zu definieren und ein dazu passender Modellierungsansatz zu wählen. Um dies zu erleichtern wurden in ProPolis praxisrelevante „Anwendungsfelder“ ausgearbeitet und als Vorlagen in die PALM-4U GUI implementiert. Sie leiten Anwender:innen durch die Bearbeitung und benennen die nötigen Grundlagendaten.

Der nächste Schritt ist die Sammlung und Vorbereitung der Eingangsdaten: Geodaten sowie meteorologische Randbedingungen.

Geodaten können in der Regel von lokalen Anbietern beschafft werden, z.B. kommunale Geodaten-Ämter oder Landesvermessungsämter. Relevante Geodaten sind Gelände- und Höhenmodelle, Landbedeckung, Luftbilder sowie dreidimensionale Gebäude- und Vegetationsdaten. Das QGIS-Plugin „PALMClassify“ kann genutzt werden um typische kommunale Geodaten in die von der PALM-4U GUI benötigten Datentypen zu übersetzen. Das Plugin erlaubt auch das Anlegen individueller Vorlagen, wodurch der Aufbereitungsprozess bei wiederholten Anwendungen deutlich beschleunigt wird.

Zur Definition der meteorologischen Randbedingungen können lokal vorhandene Wetterdaten ausgewertet oder vorhandene Analysen hinzugezogen werden.

Gebäude



Vegetation



Boden



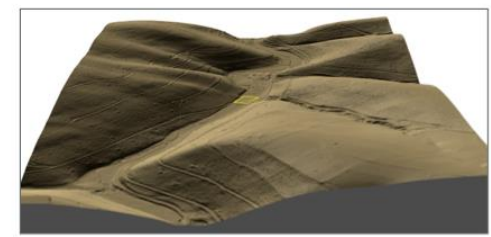
Wasserflächen



Oberflächenbelag (versiegelt)



Relief



© GEO-NET Umweltconsulting GmbH, 4. Learning Lab: Eingangsdaten (2020)

# Typischer Arbeitsprozess mit der PALM-4U GUI

## Modellierung mit der PALM-4U GUI

Nachdem die Grundlagendaten beschafft wurden, kann die Modellierung in der PALM-4U GUI beginnen. Im ersten Schritt werden die Geodaten eingeladen und daraus das Stadtmodell erstellt. Dieses kann mit Hilfe des Stadtmodell-Editors flexibel bearbeitet und weitere Detailinformationen hinzugefügt werden, z.B. zur Gebäudebegrünung. Sind alle Informationen hinterlegt, wird aus dem Stadtmodell direkt der Eingangsdatensatz für die PALM-4U-Simulation („Statischer Treiber“) erzeugt.

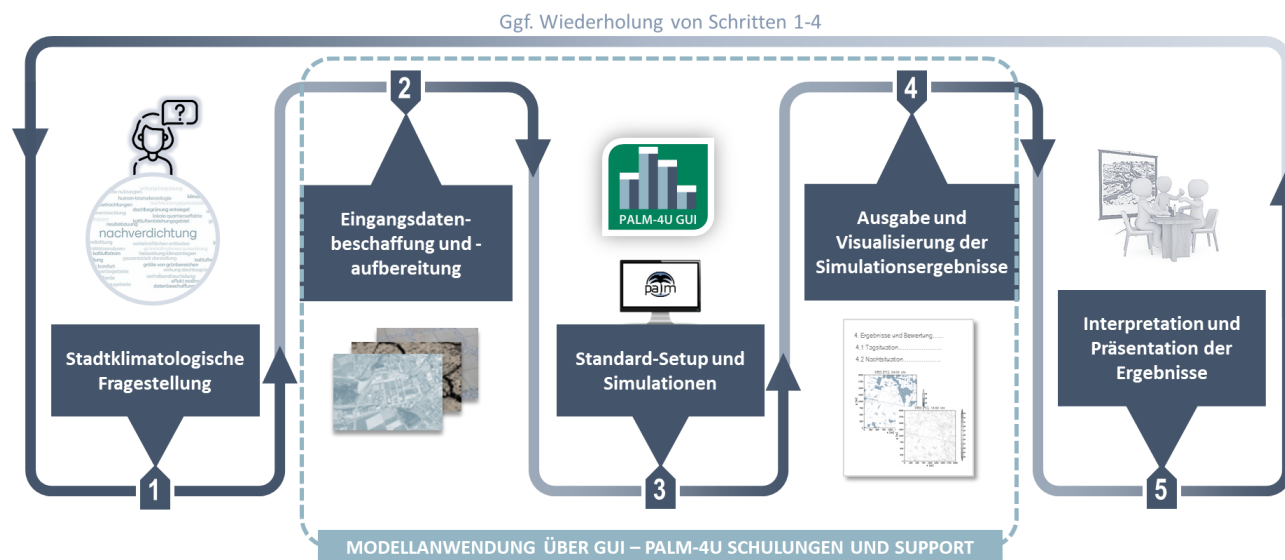
Im nächsten Schritt wird das Modellsetup eingegeben. Dieses definiert die meteorologischen Randbedingungen der Simulation sowie die Ergebnisausgabe. Für jedes „Anwendungsfeld“ stehen dazu vordefinierte Modellsetups zur Verfügung, welche in Formulareingaben durch die Anwender:innen individualisiert werden können.

Vor Beginn der Simulation werden nun nochmals die Eingangsdaten sowie die Nutzereingaben zum Modellsetup durch den integrierten Simulationscheck geprüft und Anwender:innen auf potentielle Unstimmigkeiten hingewiesen. Anschließend kann die Simulation über die von der PALM-4U GUI bereitgestellten Simulationsserver durchgeführt werden.

Nach erfolgreichem Abschluss der Simulation müssen die Ergebnisse durch die Anwender:innen interpretiert werden. Dazu stellt die PALM-4U GUI je nach Anwendungsfall passende Standardauswertungen zusammen welche die typischsten Ergebnisse direkt anzeigen.

Mittels der integrierten Analysewerkzeuge können die Auswertungen weiter vertieft werden. Die Ergebnisse können in Form standardisierter Berichte sowie nutzerdefinierter Karten und Grafiken ausgegeben und weiterverwendet werden.

Stadtklimatische Untersuchungen erfordern oftmals den Vergleich verschiedener Varianten, wofür die genannten Prozessschritte innerhalb der PALM-4U GUI zu wiederholen sind. Die PALM-4U GUI ist darauf ausgelegt die Variantenerstellung schnell und einfach zu gestalten und bietet dafür umfangreiche Kopier- und Editierfunktionen.



Idealtypischer Arbeitsprozess mit PALM-4U © Krüger / GERICS (2022); Piktogramme © Freepik, Pixabay

# Anwendungsfelder in der PALM-4U GUI

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. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in einem der Endprodukte von ProPolis, dem „Anwendungskatalog“ zusammengefasst, vgl. [Kapitel 1.3](#).

Die drei Standard-Anwendungsfelder sind als kuratierte Vorlagen direkt in die PALM-4U GUI implementiert. Nutzereingaben sind auf das Relevante beschränkt, aber so flexibel gehalten, dass z.B. eine Anpassung auf lokale Gegebenheiten oder auch die Berücksichtigung von Klimawandelszenarien möglich ist. Integrierte Routinen automatisieren Bearbeitungsprozesse soweit es sinnvoll ist, z.B. durch ein standardisiertes Postprocessing der Simulationsergebnisse.

Neben den drei Standard-Anwendungsfeldern aus ProPolis ist ebenfalls ein „Expertenmodus“ implementiert, welcher es erlaubt PALM-4U Simulationen frei aufzusetzen.



## Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

Analyse der Wärmebelastung und Durchlüftungssituation in Siedlungsräumen unter einer sommerlichen Hochdruckwetterlage.



## Windkomfort VDI 3787 Bl. 4

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



## Schadstoffausbreitung

Analyse zur Schadstoffausbreitung (PM<sub>2.5</sub> & PM<sub>10</sub>) aus Verkehrs- und Hausbrandemissionen an einem Wintertag.



## Expertenmodus

Erlaubt das Erstellen und Auswerten benutzerdefinierter Simulationen aus ausgewählten Modulen von PALM-4U.



## 2.3 Eingangsdatenaufbereitung

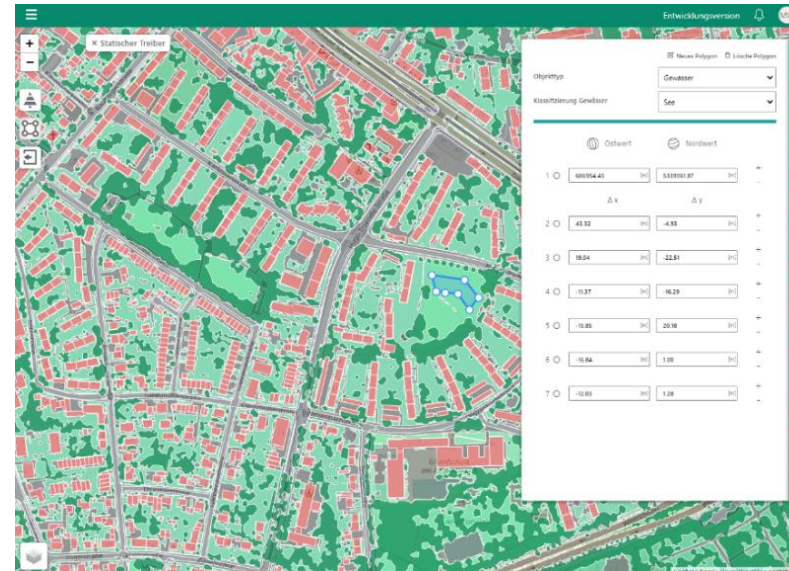
Die Erstellung des zu simulierenden städtischen Gebiets ist eine Hauptaufgabe im Modellierungsprozess von PALM-4U. Dazu bietet die PALM-4U GUI einen Editor an, mit dem Stadtmodelle einfach erzeugt, angepasst und flexibel Varianten erstellt werden können.

Der Editor visualisiert das Stadtmodell in einer interaktiven Kartendarstellung. Alle Elemente des Stadtmodells, z.B. Gebäude oder Vegetation, sind auswählbar und vollständig editierbar. Über die integrierte Zeichenfunktion können neue Objekte frei hinzugefügt werden.

Aus dem Stadtmodell wird direkt über ein integriertes Raster-Werkzeug das von PALM-4U benötigte rasterbasierte Eingangsdatenformat des statischen Treibers erzeugt. Das Werkzeug unterstützt auch genestete Simulationsgebiete.

Die für das Stadtmodell nötigen Informationen können aus typischen kommunalen Geodaten und Plandaten abgeleitet werden. Das begleitende QGIS-Plugin „PALMClassify“ bietet dafür ein anwenderfreundliches Interface. Zudem ist in der PALM-4U GUI ein Werkzeug zum Import von Geodaten aus OpenStreetMap integriert und Planzeichnungen können direkt im Stadtmodell-Editor hinterlegt werden.

Screenshots aus dem Stadtmodell-Editor der PALM-4U GUI zeigen das editierbare Stadtmodell in das mit Hilfe der Zeichenfunktion ein neues Objekt „Gewässer“ eingezeichnet wird (obere Abbildung). Mit Hilfe des Raster-Werkzeugs wird anschließend der „Statische Treiber“ für die PALM-4U Simulation erstellt (untere Abbildung).



## 2.4 HPC-Cloud-Simulation

Die PALM-4U GUI lagert rechenintensive Operationen bedarfsorientiert an spezialisierte Server aus. Dies betrifft zum einen die Erstellung der Eingangsdaten sowie das Postprocessing der Simulationsergebnisse.

Der größte Rechenaufwand ist für die Durchführung der PALM-4U Simulationen notwendig. Hierfür nutzt die PALM-4U GUI die aktuell leistungsstärksten HPC-Server („High-Performance-Computing“) HB120rs der Microsoft Azure Cloud-Plattform.

Das für die PALM-4U GUI entwickelte Interface für die Cloud-Simulation erstellt, überwacht und beendet die Simulationen automatisch und ist in der Lage eine Vielzahl von Simulationen parallel zu orchestrieren. Dies ermöglicht es zum einen einer großen Anzahl an Anwendern gleichzeitig Simulationen mit der PALM-4U GUI durchzuführen. Zum anderen erlaubt es auch einzelnen Anwendern zur gleichen Zeit mehrere Simulationen parallel durchzuführen, was gerade den Prozess der Untersuchung mehrerer Planvarianten signifikant beschleunigt.

Das Interface für die Cloud-Simulation ist vollautomatisiert und in die Benutzeroberfläche als anwenderfreundliche 1-Klick-Lösung implementiert.



### Konsistenzprüfung der Nutzereingaben

Vor Simulationsstart werden alle Nutzereingaben auf Konsistenz geprüft und Nutzer auf vorhandene oder potentielle Anwendungsfehler hingewiesen.



### Budget- und Zeitschätzung

Auf Basis der Nutzereingaben wird vor Simulationsstart die voraussichtliche Simulationsdauer und die damit verbundenen Kosten der Cloudnutzung abgeschätzt.



### Automatisiertes Simulationsinterface

Die anwenderfreundliche 1-Klick-Lösung ermöglicht eine Vielzahl von Simulationen parallel durchzuführen und beschleunigt so die Untersuchungen signifikant.



### High-Performance-Cloud-Computing

Durch die Nutzung der aktuell leistungsstärksten HPC-Server steht die nötige Rechenleistung für PALM-4U Simulationen bereit.

Quellen Piktogramme: © feathericons

## 2.5 Ergebnisanalyse

Nach Abschluss der Simulation können die Ergebnisse im integrierten Viewer dargestellt und analysiert werden. Für jeden Anwendungsfall ist ein individuelles Postprocessing der Simulationsergebnisse und eine zugehörige Ergebnisvisualisierung integriert, welche jeweils die relevantesten Simulationsergebnisse als Karten und Animationen zusammenfasst. Daraus wird zudem automatisch ein herunterladbarer Bericht (.pdf / .docx) generiert.

Alle Darstellungen sind editierbar. Neue Karten können nutzerdefiniert aus den vorhandenen Ein- und Ausgabedaten der PALM-Simulationen zusammengestellt werden. Neben der reinen Ergebnisvisualisierung sind auch Darstellungen der Windfelder,

statistische Auswertungen, kategorisierte Darstellungen oder Differenzberechnungen möglich.

Alle erstellten Karten inklusive der Rohdaten können exportiert werden. Dabei werden die PALM-4U Rohdaten im NetCDF-Format automatisch in übliche Tabellen-, Grafik- und GIS-Datenformate konvertiert. Die integrierte Kartenplot-Funktion ermöglicht die erstellten Ergebnisvisualisierungen als maßstabsgetreue Karten zu exportieren.

Der integrierte Dateibrowser erlaubt es zudem alle im Zuge der Bearbeitung erzeugten PALM-4U Rohdaten herunterzuladen.



Bild: 2m Lufttemperatur mit Animation der Windströmung  
© Fraunhofer IBP (2022)



## 2.6 Begleitende Tools

### Nutzerhandbuch PALM-4U GUI:

Das Nutzerhandbuch erläutert die einzelnen Funktionalitäten der PALM-4U GUI und erläutert die Bedienung anhand eines praktischen Anwendungsbeispiels. Das Handbuch ist direkt in die PALM-4U GUI integriert und kann dort über das Hilfe-Menü gestartet werden. Alternativ ist es über folgenden Link erreichbar:

LINK: [[Nutzerhandbuch PALM-4U GUI](#)]

### QGIS-Plugin PALMClassify:

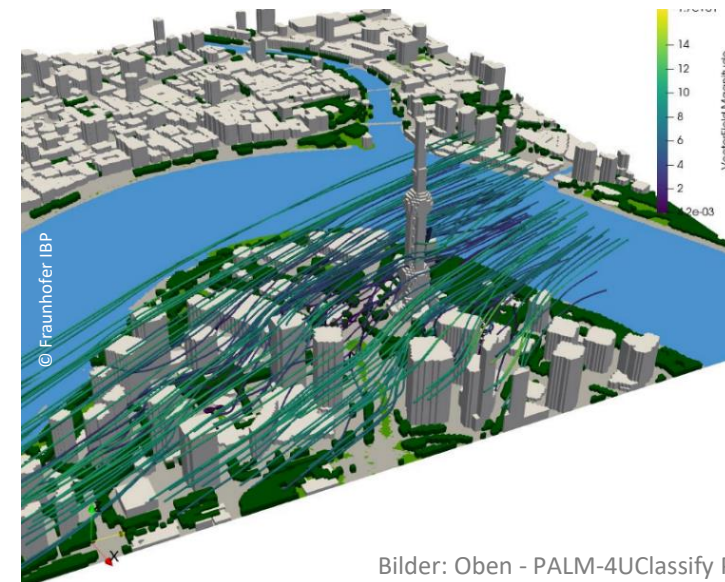
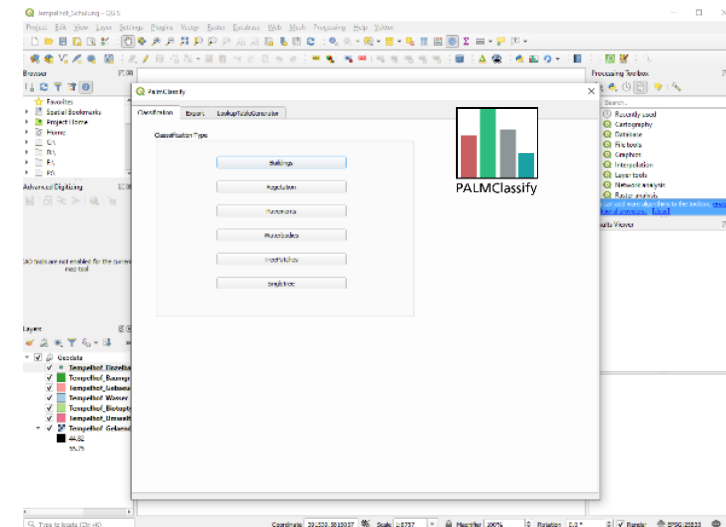
Das Plugin „PALMClassify“ für die frei verfügbare GIS-Software QGIS bietet ein anwenderfreundliches Interface zur Aufbereitung kommunaler Geodaten für die Nutzung in der PALM-4U GUI. Eine Ausführliche Dokumentation des Plugins findet sich im Wiki seines Repositories.

Mittelfristig wird das Plugin durch eine eigenständige Software ersetzt werden, welche unabhängig von einer bestimmten GIS-Software genutzt werden kann.

LINK: [[Repository PALM Classify](#)]

### Paraview PALM Makros:

Die Visualisierungen in der PALM-4U GUI beschränken sich bewusst auf eine 2D-Kartendarstellung. Eine 3D-Visualisierung ist über spezielle Expertensoftware möglich, z.B. für das frei verfügbare Paraview. Für letzteres stehen Makros zur Verfügung welche speziell auf die Ausgaben der PALM-4U GUI abgestimmt sind und so das Erstellen nutzerdefinierter 3D-Visualisierungen erleichtern. Für die Anwendung der Makros wird auf das Nutzerhandbuch der PALM-4U GUI verwiesen.



Bilder: Oben - PALM-4UClassify Plugin, Unten - Paraview Visualisierung © Fraunhofer IBP (2022)



## 2.7 Verfügbarkeit nach Projektende

### Source Code:

Der Source Code der PALM-4U GUI ist öffentlich frei unter einer Open-Source-Lizenz (Affero GPL 3.0) verfügbar.

[[Link PALM-4U GUI Repository](#)]

### Cloud Hosting:

Das im ProPolis-Projekt erprobte Cloud-Hosting-Angebot für die PALM-4U GUI hat sich als praktikable und sinnvolle Lösung für die praktische Anwendung von PALM-4U erwiesen und wird daher weitergeführt. Das in ProPolis aufgebaute Hosting-Angebot steht ab September 2023 interessierten Anwender:innen im Zuge einer OpenBeta-Phase zur Verfügung. Für die Nutzung des Angebots ist ein kostenfreier Nutzeraccount nötig. Dieser kann über eine formlose Mail an [palm-4u-support@hereon.de](mailto:palm-4u-support@hereon.de) beantragt werden.

---

# Schulungen und Support

3.1 Schulungsangebote

3.2 Support

3.3 Weitere Services



Matthias Winkler<sup>2</sup>, Antonina Krüger<sup>1</sup>

## 3.1 Schulungsangebote für PALM-4U

Im Rahmen des ProPolis-Projekts wurde ein Schulungsangebot für die praktische Anwendung von PALM-4U entwickelt und zusammen mit den im Projekt beteiligten Praxispartner:innen erprobt. Mehrere aufeinander aufbauende Schulungsmodulare geben schrittweise eine Einführung in die relevanten Modellgrundlagen und die Standard-Anwendungsfälle. Die praktische Modellanwendung über die PALM-4U GUI steht bei diesem Schulungsangebot im Fokus: In Übungen wird die Durchführung stadtklimatischer Untersuchungen mit PALM-4U Schritt-für-Schritt anhand eines konkreten Fallbeispiels erläutert und gemeinsam bearbeitet. Zielgruppe des Schulungsangebots sind Anwender:innen aus der Praxis, z.B. aus Kommunen, Planungs- oder Gutachterbüros.

Die in ProPolis entwickelten Schulungsangebote werden nach Projektende durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP regelmäßig angeboten und nach Bedarf durch weitere Schulungsmodulare ergänzt.

Des Weiteren bietet das IMUK Hannover regelmäßig ein einwöchiges Einführungsseminar in das PALM Model System und dessen skriptbasierte Bedienung an. Zielgruppe dieses Seminars sind wissenschaftliche Anwender:innen, die noch wenig bis keine Erfahrung mit PALM haben.



### Schulungstermine

Auf dem PALM-4U Hub [www.palm-4u-hub.de](http://www.palm-4u-hub.de) finden Sie aktuelle Informationen und Termine zu anstehenden PALM-4U Schulungen.

Quelle Piktogramm: © flaticon.com: von freepik.

### Module der ProPolis-Anwenderschulungen:



#### Eingangsdatenaufbereitung & PALM-4U Grundlagen I

Die erste Schulung beschäftigt sich mit den notwendigen Eingangsdaten für die PALM-4U Stadtmodelle und zeigt wie diese beschafft und aufbereitet werden.



#### Thermischer Komfort & PALM-4U Grundlagen II

Nach einer Einführung in die Modellphysik wird anhand des Anwendungsfalls „Thermischer Komfort“ das Aufsetzen, Durchführen und Auswerten von Simulationen erläutert.



#### Windkomfort

Das Modul erläutert die Windkomfortbewertung nach VDI 3787 Bl. 4 und zeigt anhand eines Beispiels die Bearbeitung dieser Simulationen mit der PALM-4U GUI.



#### Schadstoffausbreitung

In diesem Modul werden die für den Anwendungsfall „Schadstoffausbreitung“ zusätzlich nötigen Eingangsdaten sowie deren Beschaffung erläutert und anschließend die Bearbeitung und Bewertung der Simulationen gezeigt.

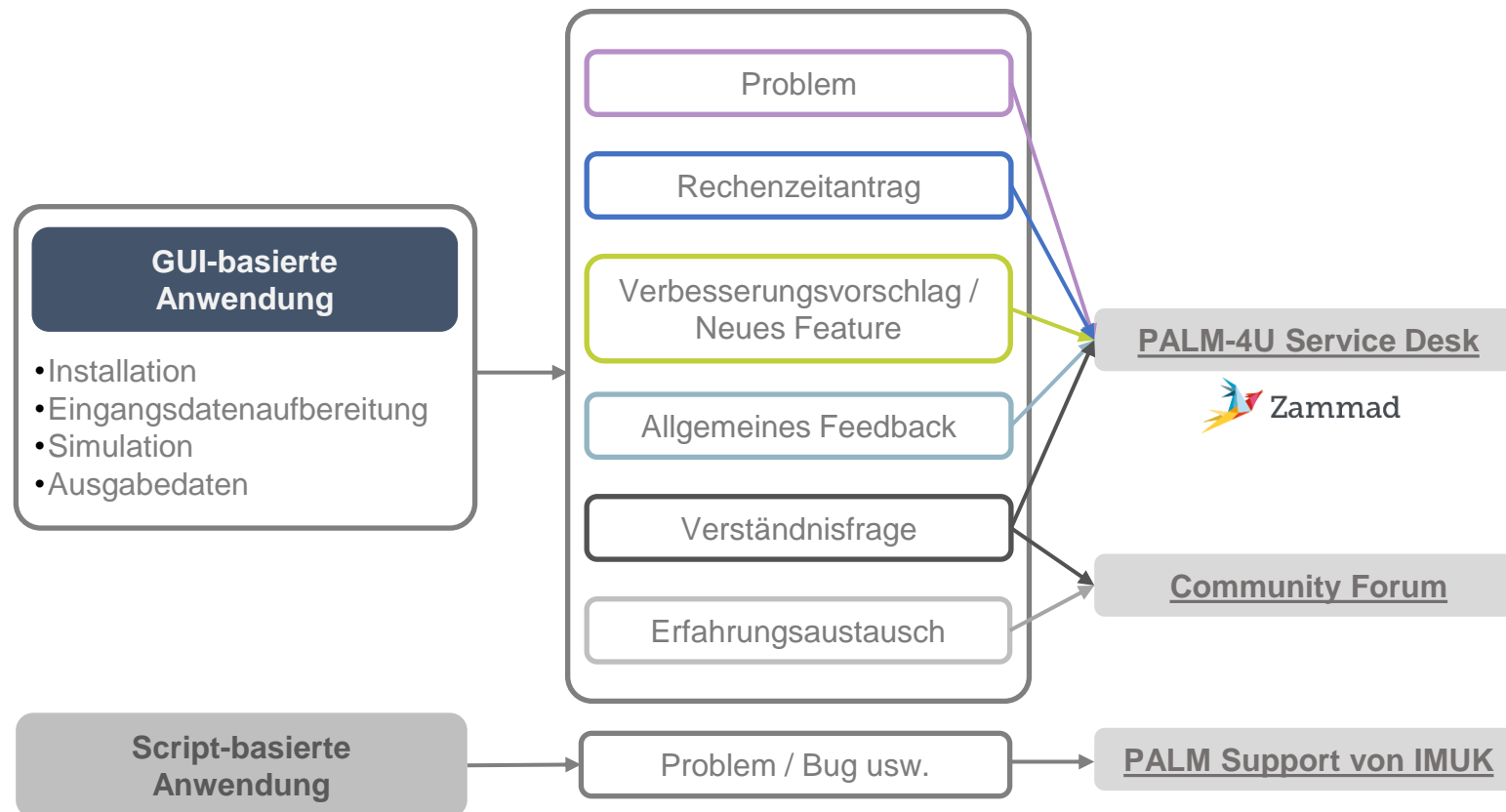
Quellen Piktogramme: © flaticon.com v. o. n. u: von freepik; von freepik; von mangsaabguru, von photo3idea\_studio.

## 3.2 Support-Anlaufstellen

Bei Fragen über die GUI-basierte Anwendung steht der im Rahmen von ProPolis entwickelte PALM-4U Service Desk zur Verfügung. Er ist per E-Mail [palm-4u-support@hereon.de](mailto:palm-4u-support@hereon.de) erreichbar.

Zusätzlich bietet das Online-Diskussionsforum (Anmeldung unter [www.propolis-palm-4u.de](http://www.propolis-palm-4u.de)) eine Möglichkeit sich mit anderen PALM-4U Interessenten auszutauschen.

Für die Nutzer:innen, die PALM-4U skript-basiert anwenden, ist das Ticketing System vom IMUK Hannover über den folgenden Link erreichbar: <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/help>





## PALM-4U Service Desk

Nach dem ersten Kontakt per E-Mail bekommen die Nutzer:innen eine Möglichkeit, sich ins Ticketing System auf der folgenden Webseite <https://palm-4u-support.uc2-propolis.de/> einzuloggen, um die Tickets über eine Weboberfläche zu verwalten.

Für den allerersten Login muss über "Passwort vergessen?" ein neues Passwort beantragt werden.

Auf der PALM-4U Service Desk Webseite können die Nutzer:innen neue Tickets selbst erstellen. Außerdem, bietet die Weboberfläche einen Überblick sowohl über eigene Tickets, als auch über die von Kolleg:innen aus derselben Organisation gestellten Anfragen.

Das Ticketing System wird nach Projektende federführend vom Climate Service Center Germany (GERICS) weiterbetrieben.

The screenshot shows the login interface of the PALM-4U Service Desk. At the top, there are logos for the German Federal Government (Bund), UC² | ProPolis, and FONA (Forschung für Nachhaltigkeit). Below the logos, there are two input fields: 'BENUTZERNAME / E-MAIL' and 'PASSWORT'. There is also a checkbox labeled 'An mich erinnern' and a blue button labeled 'Anmelden'. A link labeled 'Passwort vergessen?' is circled in purple, and a callout box points to it with the text 'Für die erste Anmeldung bitte hier lang!'.

Screenshot von PALM-4U Service Desk. Anmeldeseite © GERICS (2022)

# PALM-4U Service Desk - Weboberfläche

## Erstellung eines neuen Tickets

The screenshot displays the 'Neues Ticket' form in the PALM-4U Service Desk web interface. The form is titled 'Neues Ticket' and contains the following fields:

- TITEL \***: A text input field.
- TEXT \***: A text area with a 'Dateien wählen..' link below it.
- STATUS**: A dropdown menu currently showing 'neu'.
- KATEGORIE**: A dropdown menu currently showing '-'.

At the bottom of the form, there is a link 'Abbrechen & Zurück' and a green button 'Erstellen'. In the bottom left corner of the interface, a purple callout bubble points to a '+' icon in the navigation bar, with the text 'Ein neues Ticket erstellen'.

### Was können Sie hier machen?

Der Weg um mit uns zu kommunizieren ist das sogenannte "Ticket". Hier können Sie eins erstellen.

# PALM-4U Service Desk - Weboberfläche

## Übersicht über eigene Anfragen

The screenshot displays the PALM-4U Service Desk web interface. On the left is a dark sidebar with a search bar, a user profile icon (LW), and navigation options: 'Übersichten' (highlighted in blue), 'Knowledge Base', and a '+' icon. The main content area is divided into two sections. The top section, 'Meine Tickets', shows a count of 1. Below it, 'Meine Organisations Tickets' shows a count of 6. The main area displays a table of tickets:

#	TITEL	STATUS	ERSTELLT AM
78061	ProPolis Rechenzeitantrag...	offen	vor 11 Stunden

# PALM-4U Service Desk - Weboberfläche

## Übersicht über Anfragen von Kolleg:innen aus der gleichen Organisation

The screenshot displays the PALM-4U Service Desk web interface. On the left is a dark sidebar with a search bar, a navigation menu with 'Übersichten' (Overview) selected, and a 'Knowledge Base' link. At the bottom of the sidebar are a user profile icon 'LW' and a green plus sign. The main content area is divided into two sections: 'Meine Tickets' (1) and 'Meine Organisations Tickets' (6). The 'Meine Organisations Tickets' section contains a table with the following data:

#	TITEL	KUNDE	STATUS	ERSTELLT AM
78062	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 11 Stunden
78061	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 11 Stunden
78059	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 11 Stunden
78055	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 14 Stunden
78053	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 1 Tag
78045	ProPolis Rechenzeit...	[blurred]	offen	vor 3 Tagen 11 St...

# PALM-4U Service Desk - Weboberfläche

## Kommunikation mit Betreuenden

The screenshot displays the PALM-4U Service Desk web interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: 'Übersichten', 'Knowledge Base', and 'ProPolis Rechenzeitantragsform...'. The main content area shows a ticket titled 'ProPolis Rechenzeitantragsformular\_Luther Wölckel' with ticket number 78061. The conversation includes:

- A message from 'LW' (Luther Wölckel) stating: 'Hallo Herr Wölckel, mit der ersten Anmeldung an der ProPolis-Nutzergruppe habe ich die gewünschten Berechtigungen akzeptiert.' Below this is a screenshot of a Microsoft security notification titled 'Berechtigungen überprüfen' from ProPolis. The notification lists permissions: 'Anmeldung für Sie durchführen' and 'Namen, E-Mail-Adresse und Foto lesen'. It also includes a warning: 'Diese Ressource wird nicht von Microsoft freigegeben.' and a note: 'Die Organisation ProPolis möchte Folgendes:'. A 'mehr anzeigen' link is visible at the bottom of the screenshot.
- A response from 'Sehr geehrter Herr Wölckel' stating: 'aus unserer Sicht müsste das mit dem Einloggen jetzt bei Ihnen geklappt haben. Falls das nicht so ist, oder Sie weitere Fragen haben, antworten Sie bitte einfach auf diese Email.'

At the bottom right, there are controls for 'Tab beibehalten' and an 'Aktualisieren' button.



## 3.3 Weitere Services

Es wird auch künftig Nutzer:innen geben die den gesamten Modellierungsprozess inkl. Erstellung eines Simulationsgutachtens extern vergeben werden, weil bspw. die Simulationen im eigenen Hause nicht immer ein wissenschaftliches Fachgutachten ersetzen können. Außerdem ist der Aufbau von fachlichen und technischen Kompetenzen für die selbstständige Anwendung von PALM-4U ein zeit- und kostenintensiver Prozess, währenddessen einige Arbeitsschritte gleichermaßen extern beauftragt werden könnten.

In Zukunft wird die Inanspruchnahme solcher unterstützenden Dienstleistungen wie z. B. PALM-4U konforme Eingangsdatenaufbereitung, eine Erläuterung oder Präsentation der Simulationsergebnisse im Fachausschuss gegen Entgelt ermöglicht.

Darüber hinaus könnte bei Bedarf eine gezielte Weiterentwicklung von neuen GUI-Modulen beauftragt werden.

Alle Informationen zu PALM-4U Dienstleistungen werden auf der Online-Plattform **PALM-4U Hub** [www.palm-4u-hub.de](http://www.palm-4u-hub.de) veröffentlicht.



Screenshots ProPoilis-Ergebnisberichte © Eigene Darstellung (2023)



---

# Ergänzende Informationen

4.1 Referenzwerte zur Ergebnisbewertung <sup>3,2</sup>

4.2 Wissenschaftliche Modellevaluierung <sup>5</sup>

4.3 PALM Download & Installation <sup>4</sup>

4.4 Weiterführende Links <sup>1</sup>



Cornelia Burmeister <sup>3</sup>, Matthias Winkler <sup>2</sup> (basiert auf Auszügen aus dem Anwendungskatalog <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungskatalog>), Siegfried Raasch <sup>4</sup>, Arbeitsgruppe Modellevaluierung // Scherer et al. <sup>5</sup> (basiert auf Auszügen aus dem Evaluierungsbericht von Modul B <http://uc2-program.org/publikationen>), Antonina Krüger <sup>1</sup>

## 4.1 Referenzwerte zur Ergebnisbewertung

### Thermophysiologische Indizes zur human-biometeorologischen Bewertung

Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die die einzelnen meteorologischen Elemente wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen

Strahlungsflüssen in ihrer Wirkung auf den Menschen beschreiben (VDI 3787, Blatt 9 12/2004).

Thermischer Index	PMV* (Predicted Mean Vote / Vorhergesagtes mittleres Empfinden)	PT (Perceived Temperature / Gefühlte Temperatur)	PET (Physiological Equivalent Temperature / Physiologisch Äquivalente Temperatur)	UTCI (Universal thermal climate Index / Universeller thermischer Klimaindex)
<b>Einheit</b>	Einheitenlos	°C	°C	°C
<b>Berechnet anhand</b>	Behaglichkeitsgleichung nach Fanger (1972); für Personengruppen	Klima-Michel-Modell (Jendritzky 1990); Klima-Michel läuft mit 4 km/h in der Ebene	Münchner Energiebilanzmodell (MEMI) (Höppe 1984), bezogen auf Klima-Michel	Fiala-Modell (Fiala et al. 2012); Berücksichtigung von unterschiedlichen Bekleidungsmodellen, in allen Klimazonen und Jahreszeiten gültig
<b>Entwickelt für</b>	Innenräume für Heizen und Lüften, auf Außenräume eingeschränkt übertragbar	Außenräume	Außenräume	Außenräume
<b>Bedeutung</b>	PMV = 0 Behaglichkeit Positiver PMV = Wärmebelastung Negativer PMV = Kältereiz	Vergleich der vorgefundenen Bedingungen mit einer Referenzumgebung, die definiert ist mit: Wald, Schatten, Windstille, relative Feuchte 50%, Lufttemperatur ist gleich der mittleren Strahlungstemperatur	Bei 20°C optimale Behaglichkeit/ keine Wärmebelastung Abweichungen davon Wärmebelastung/ Kältebelastung	behagliche Situation (Referenzumgebung) ist definiert mit: relative Feuchte von 50 %, Windstille, mittlere Strahlungstemperatur gleich Lufttemperatur.

Quelle: Angepasste Darstellung aus Kuttler, 2013

\*Nicht in PALM-4U verfügbar

# Referenzwerte zur Ergebnisbewertung

## Windkomfort

**Bewertungskriterien für den Windkomfort** (VDI 3787, Blatt 10 (03/2010))

Böenwindgeschwindigkeit in m/s	Überschreitungshäufigkeiten in % der Jahresstunden	Beurteilungskriterien Einstufung der Windgefahr
< 6	-	keine Windkomfortprobleme
> 6	max. 5	zulässig in Caféterrassen, Parks, Wartebereichen, auf Spielplätzen usw.
> 8	max. 1	zulässig in Warte- und Sitzbereichen
> 10	max. 1	zulässig auf Flächen für kurzfristigen Aufenthalt
> 13	max. 1	zulässig an Gebäudeecken, problemloses Laufen möglich
> 13	> 1	unangenehm, lästig (Windschutzmaßnahmen erforderlich)
> 18	> 1	Gefahr

**Zusammenfassung Windeffekte** (Arens und Ballantin 1977, S. 118, nach Henning 2021)

Beschreibung	Wind (m/s)	Effekt
<b>Windstille</b>	0	Windstille
<b>Leichter Zug</b>	0-1	kein bemerkbarer Wind, Windrichtung durch Rauch erkennbar
<b>Leichte Brise</b>	2-3	Wind fühlbar auf dem Gesicht, Zeitung lesen wird erschwert
<b>Schwacher Wind</b>	4-5	Haare bewegen sich im Wind, Kleidung flattert
<b>Mäßiger Wind</b>	6-7	Staub, trockener Boden, Papier und Haar wird aufgewirbelt
<b>Frischer Wind</b>	8-10	Winddruck auf Körper fühlbar, Schnee wird aufgewirbelt
<b>Starker Wind</b>	11-13	Benutzung des Regenschirms erschwert, Schwierigkeiten beim Gehen und Stehen, Windgeräusche unangenehm in den Ohren
<b>Steifer Wind</b>	14-16	Laufen sehr unangenehm
<b>Stürmischer Wind</b>	17-20	Während Böen große Probleme mit Balance
<b>Sturm</b>	21-24	Umwehen von Personen bei Böen, Dachschindeln lösen sich
<b>Schwerer Sturm</b>	25-28	Bäume werden entwurzelt oder umgeweht



# Referenzwerte zur Ergebnisbewertung

## Windkomfort

Kriterien des DGNB zur Beurteilung des Windkomforts (DGNB 2020); Eine Aussage zu möglichen Windgefährdungen trifft die DGNB nicht.

Bereichstyp	Komfortkriterium (Windgeschwindigkeit > 5m/s)		
	A (gut)	B (mäßig)	C (unbefriedigend, verbesserungswürdig)
I. Verkehrsflächen (z.B. Durchlaufen)	5 – 10%	10 – 20%	> 20%
II. Bewegungsflächen (z.B. Schlendern)	2,5 – 5%	5 – 10%	> 10%
III. Verweilflächen (z.B. Sitzen)	< 2,5%	2,5 – 5%	> 5%

Beurteilung der Gefährdung durch hohe Windgeschwindigkeiten gemäß der niederländischen Richtlinie NEN 8100 (2006) auf Grundlage von Stundenmittelwerten der Windgeschwindigkeit.

Überschreitungshäufigkeiten einer Windgeschwindigkeit von $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Stundenmittel) in % der Jahresstunden	Einstufung der Windgefahr
0,05 – 0,3	beschränktes Risiko
$\geq 0,3$	gefährlich

# Referenzwerte zur Ergebnisbewertung

## Windkomfort

Aktivitätsklassen der verschiedenen Windkomfortbereiche nach VDI 3787 Blatt 4 (12/2020), S.16

Windkomfortbereich	Aktivitätsklasse			
	Längeres Sitzen oder Stehen (z.B. Parkanlagen, Marktplätze, Straßencafés, Biergärten, Spielplätze, Ruhezonen)	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen (z.B. Bahn- oder Bussteige, sonstige Wartebereiche im Freien)	Langsames Flanieren, Bummeln (z.B. Ladenzeilen, Eingangsdaten)	Zügiges Durchqueren (z.B. Passagen, Parkplätze)
<b>A</b>	geeignet	geeignet.	geeignet	geeignet
<b>B</b>	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
<b>C</b>	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
<b>D</b>	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet

# Referenzwerte zur Ergebnisbewertung

## Schadstoffausbreitung

### Grenzwertvorgaben der 39. BImSchV und WHO für ausgewählte Luftschadstoffe (DWD\*)

Komponente	Bezugszeitraum Mittel über...	Gesetzlicher Grenzwert	Maximal zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr	Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation
Schwefeldioxid	1h	350 µg/m <sup>3</sup>	24	
Schwefeldioxid	24h	125 µg/m <sup>3</sup>	3	20 µg/m <sup>3</sup>
Stickstoffdioxid	1h	200 µg/m <sup>3</sup>	18	200 µg/m <sup>3</sup>
Stickstoffdioxid	1 Kalenderjahr	40 µg/m <sup>3</sup>		40 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	24h	50 µg/m <sup>3</sup>	35	Maximal drei zulässige Überschreitungen von 50 µg/m <sup>3</sup> im Jahr
PM <sub>10</sub>	1 Kalenderjahr	40 µg/m <sup>3</sup>		20 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	1 Kalenderjahr	25 µg/m <sup>3</sup>		10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	24h			Maximal drei zulässige Überschreitungen von 25 µg/m <sup>3</sup> im Jahr
Blei	1 Kalenderjahr	0,5 µg/m <sup>3</sup>		
Benzol	1 Kalenderjahr	5 µg/m <sup>3</sup>		

\*[https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku\\_beratung/gesundheit/luftquali/luftquali\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/luftquali/luftquali_node.html)

## 4.2 Wissenschaftliche Modellevaluierung

Die Arbeitsgruppe Modellevaluierung der Fördermaßnahme [UC]<sup>2</sup> zeichnet sich nicht nur für die Modellvalidierung, sondern für alle Schritte des Evaluationsprozesses (z.B. Modellbeschreibung, Datenbeschreibung, wissenschaftliche Evaluation, Verifikation des Codes) inklusive des Evaluierungsberichts, der nach VDI Richtlinie 3783, Blatt 9 (2017) erstellt wird, verantwortlich.

Die Modellevaluierung ist ein strukturierter Vergleich von Modellvorhersagen von PALM-4U mit experimentellen Daten und anderen Modellergebnissen basierend auf statistischen Analysen ausgewählter Messgrößen. Ziel ist es, die Unterschiede zwischen den Ergebnissen von PALM-4U und den Referenzdatensätzen (eigens für die Modellevaluierung gemessene Daten) zu identifizieren und zu quantifizieren. Damit wird gezeigt, wie gut sich das Modell der Realität annähert. Die Modellevaluierung beinhaltet ebenfalls eine Quantifizierung der Ungewissheit der Modellergebnisse.

Berlin, Hamburg und Stuttgart wurden aus unterschiedlichen Gründen als geeignete Städte für die Modellevaluierung ausgewählt. Die unterschiedlichen physio-geographischen Gegebenheiten der Städte bedingen verschiedene atmosphärische Prozesse, die mit der Landbedeckung und der -nutzung in der Stadt und im Umland interagieren. Berlin stellt einen idealen Testfall dar, da atmosphärische Prozesse und damit städtische Klima- und Luftqualitätsbedingungen aufgrund des nur schwach ausgeprägten Reliefs kaum topografisch induzierten atmosphärischen Prozessen unterliegen. Während das Stadtklima von Hamburg maritim geprägt ist, wird das Stadtklima von Stuttgart stark durch topografisch induzierte Prozesse wie z.B. Kaltluftströme und Berg-Tal-Windsysteme beeinflusst. Zudem ist Stuttgart eine der deutschen Städte mit den größten Problemen in der Luftqualität.

Diese unterschiedlichen Bedingungen und atmosphärischen Prozesse sind für ein Stadtklimamodell wie PALM-4U, das ganze Metropolregionen hochauflösend simulieren soll, eine Herausforderung.

Um eine umfangreiche Datenbasis für die Evaluierung von PALM-4U zu schaffen, entwickelten die Modul B Partner:innen einen geeigneten experimentellen Ansatz zur Gewinnung dreidimensionaler Datensätze mit einer sehr hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung über ausreichend lange Zeiträume. Der Ansatz beinhaltet die Aufbereitung der in den Städten vorhandenen meteorologischen und lufthygienischen Langzeitbeobachtungen (LTO), die Einrichtung neuer LTO sowie die Durchführung von je vier Intensivmesskampagnen - IOP (Winter 2017 und 2018 sowie Sommer 2017 und 2018).

Die jeweiligen Messphasen der IOP wurden anhand unterschiedlichster Wetterdaten und -vorhersagen festgelegt. Sowohl den Teilprojekten, welche lufthygienische Messgrößen erfassten, als auch jenen die meteorologischen Messgrößen erhoben, sollte es ermöglicht werden, für eine spätere Modellevaluierung geeignete Daten zu gewinnen. Modul B hat sich daher in Phase I auf Situationen, in denen die stadtklimatisch bedingten Einflüsse auf die Messgrößen ihre stärkste Ausprägung zeigen (z.B. bei Schwachwind), fokussiert.

Die Schwerpunktsetzung bei den IOP unterschied sich allerdings zwischen den Städten und den Jahreszeiten. In Hamburg stand die kleinräumige Variabilität des Windfeldes im städtischen Raum im Vordergrund, während in Stuttgart der thematische Schwerpunkt auf der Luftzirkulation und der Luftschadstoffausbreitung lag. In Berlin fanden die umfangreichsten Messungen meteorologischer und lufthygienischer Messgrößen statt.

# Wissenschaftliche Modellevaluierung

In ausgewählten Stadtgebieten, sogenannten Intense Observation Locations (IOL), wurden die Messungen während der IOP konzentriert. In diesen IOL werden die städtischen Strukturen in der Umgebung der LTO- und IOP-Standorte detailliert berücksichtigt, um die Modellevaluierung von PALM-4U auch für hohe Auflösungen zu ermöglichen.

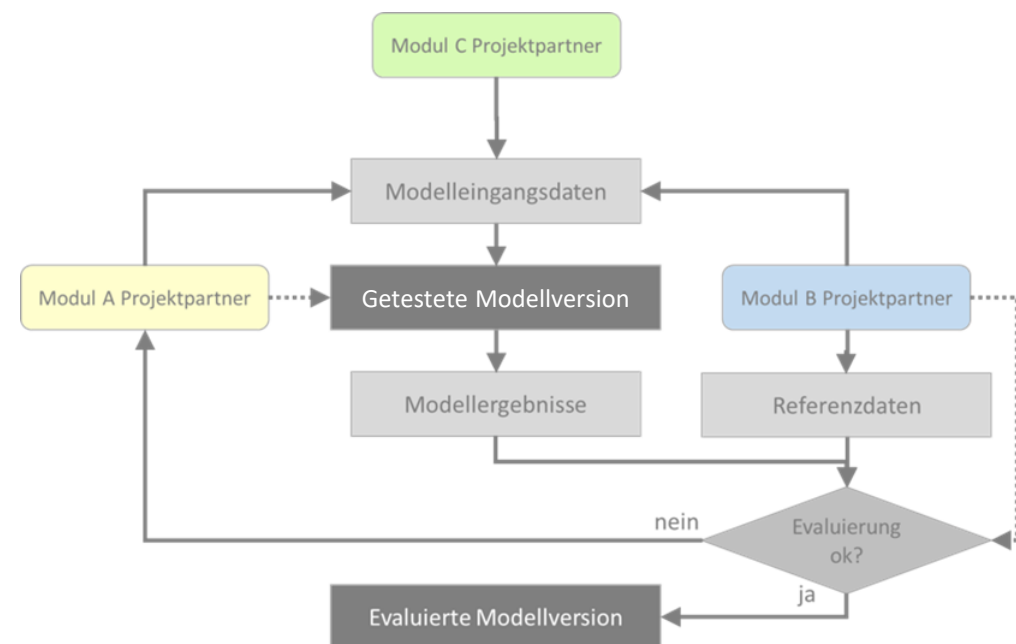
Zusätzliche Daten wurden durch physikalische Modellierung im Windkanal der Universität Hamburg gewonnen. Hierzu wurden die IOL der Städte als Modell im Maßstab 1:500 nachgebildet, und verschiedenen Strömungsexperimenten im Windkanal unterzogen.

Zu weiteren Informationen über die LTO und IOP sei auf die Webseite von 3DO verwiesen ([www.uc2-3do.org](http://www.uc2-3do.org)).

Die große Bandbreite der Expertise in Modul B und deren Überlappung für verschiedene meteorologische Messgrößen und solche der Luftqualität erlaubt eine umfassende Evaluierung von PALM-4U auf allen für das städtische Wetter und Klima sowie für die Luftqualität relevanten räumlichen Skalen. Zusammen mit den Daten der LTO und IOP außerhalb der IOL, kann gleichzeitig eine Analyse stadtweiter Prozesse (Meso- bis lokaler Maßstab) und der Prozesse in Stadtvierteln, Straßenschluchten und rund um einzelne Gebäude (Lokal- bis Mikro-Skala; z.B. Temperatur-, Feuchte-, Wind- und Strahlungsfelder) erfolgen. Dies ermöglicht Modul B nach Abschluss einer vollständigen und umfassenden Evaluierung von PALM-4U, eine belastbare Aussage über dessen Modellgüte zu treffen.

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe Modellevaluierung werden in den Evaluierungsberichten Teil 1 und 2 nach Projektende über die Webseite <http://uc2-program.org/> zur freien Verfügung gestellt.

Die Abbildung zeigt das in [UC]<sup>2</sup> verwendete allgemeine Schema zur Modellevaluierung. Die Partner:innen von Modul C liefern als Eingangsdaten für das Modell Daten wie z.B. digitale Gelände- und Gebäudemodelle, Baumkataster, Angaben zu Verkehrsemissionen usw. Modul B stellt die Messstandorte bereit, die Modul A zur Ausgabesteuerung für PALM-4U benötigt. Für die Messstandorte liegen Referenzdatensätze vor, die Modul B für bestimmte Zeiträume innerhalb der IOP (Validierungsperioden) ausgewählt hat.



Allgemeines Schema zur Modellevaluierung im Rahmen von [UC]<sup>2</sup> © Scherer et al. 2019



## [UC]<sup>2</sup> Messkampagnen

Die Messgrößen der Referenzdatensätze werden mit den entsprechenden Modellergebnissen der Validierungsperiode verglichen und mittels statistischer Verfahren gemäß der COST Richtlinie 32 (Franke et al., 2011) auf ihre Genauigkeit geprüft. Dabei ist folgendes zu berücksichtigen: Art der Messgröße, Unsicherheiten der Referenzdaten und Anforderungen an Modellgenauigkeiten. Weiterhin unterscheiden sich Messgrößen wie z.B. Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in ihre Messgenauigkeiten.

Werden die zuvor festgelegten Genauigkeiten für die Messgrößen erreicht, so ist das Modell erfolgreich validiert. Werden jedoch bei einer oder mehreren Messgrößen diese Genauigkeiten nicht erreicht, sind Änderungen an der vorliegenden Modellversion nötig. Nach erfolgten Änderungen bzw. Weiterentwicklungen des Modells stehen die Referenzdatensätze für eine erneute allgemeine Evaluierung mit allen Messgrößen der Referenzdatensätze zur Verfügung.

Die allgemeine Modellevaluierung wurde in Phase II fortgesetzt und um eine anwendungsspezifische Modellevaluierung in Modul C ergänzt (siehe hierzu den Evaluationsbericht aus ProPolis unter dem Link <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-evaluation-praxistauglichkeit>).

### Langzeitbeobachtungen (LTO)

Die Langzeitbeobachtungen in den Städten Berlin, Hamburg und Stuttgart wurden durch die Projektpartner von Modul B der Fördermaßnahme [UC]<sup>2</sup> durchgeführt. Die Vielzahl der dreidimensionalen atmosphärischen Datensätze dienen der Validierung des Stadtklimamodells PALM-4U. Die erhobenen Messdaten stehen aber auch direkt für Anwendungen in der

Stadtplanung, für den Klimaschutz oder die Luftreinhaltung zur Verfügung.

Im Laufe der Projektphase 1 wurden bereits existierende atmosphärische Datensätze aufbereitet und Beobachtungsdaten mittels neuer Messinstrumente für Langzeitbeobachtungen und während Intensivmesskampagnen erhoben. Die Messungen wurden in sehr hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung über ausreichend lange Zeiträume zur Verbesserung der Datenbestände durchgeführt, die für die drei Städte und die umliegenden Regionen zur Verfügung stehen.



## [UC]<sup>2</sup> Messkampagnen

Daten aus Windkanal-Experimenten ergänzen die Beobachtungsdaten und erlauben eine Charakterisierung von räumlichen und zeitlichen Ausprägungen der bodennahen Strömung und Ausbreitungsmessungen, z.B. von Luftschadstoffen. Zusätzlich bieten diese Daten eine weitere Möglichkeit für die Evaluierung von PALM-4U.

Einen Überblick zu den Langzeitbeobachtungen finden Sie unter: <http://uc2-3do.org/Langzeitmessungen>

### Intensivmesskampagnen (IOP)

Die vier Intensivmesskampagnen der ersten Phase der Fördermaßnahme [UC]<sup>2</sup> in Hamburg, Berlin und Stuttgart wurden im Sommer 2018 abgeschlossen. In den Jahren 2020 bis 2022 während der zweiten Phase der Fördermaßnahme sind Sondermessungen einzelner Teilprojekte zu spezifischen Validierungszwecken von PALM-4U, für ausgesuchte wissenschaftliche Fragestellungen im Rahmen von stadt- und regional-klimatischen Studien sowie für anwendungsrelevante Fragestellungen durchgeführt worden. Diese Sondermessungen fanden in mehreren Städten wie z.B. in Berlin, Hamburg, Stuttgart, Hannover, Dresden und Augsburg statt.

Einen Überblick zu den Intensivmesskampagnen finden Sie unter:

**LINK:** <http://uc2-3do.org/intensivmesskampagne>

Beschreibungen zu den Intensivmesskampagnen finden Sie unter:

**LINK:** <https://depositonce.tu-berlin.de/items/5807d24a-5597-447a-8c66-778d848977c3>

Ergebnisse der Intensiv- und Sondermesskampagnen sind in den Evaluierungsberichten Teil 1 und 2 zu finden:

**LINK:** <http://uc2-program.org/publikationen>



Quelle: <http://uc2-3do.org/intensivmesskampagne>

# Planung von Messkampagnen – Praktische Tipps zur Datenerhebung

(Auszug aus dem UseUCLim Handbuch PALM-4U für die Praxis, Steuri, 2019)\*

Bei der Datenerhebung sind mehrere Punkte zu beachten, um einen hilfreichen und plausiblen Datensatz zu erhalten:

## Ausgangsüberlegungen:

- Welche Fragestellung möchte ich bearbeiten?
- Welche Informationen benötige ich hierzu?

## Welche Anforderungen habe ich an die Daten:

- Welche räumliche und zeitliche Auflösung ist für mich von Interesse?
- Passt diese zur Auflösung von PALM-4U?

## Wie erhalte ich diese Daten:

- Welche Instrumentierung ist sinnvoll?
- An mehreren Orten?
- Zu verschiedenen Zeiten oder gleichzeitig?
- Wie kann ich Messungen technisch realisieren (zeitsynchron)?

## Bei der Wahl des Messgebietes berücksichtigen:

- Repräsentativität: Ist dieser Bereich geeignet, meine Fragestellung stellvertretend für andere ähnliche Strukturen zu beantworten?

- Genehmigung: Wird es gestattet, eine Messinstallation für einige Tage/Wochen hier aufzubauen? Wer erteilt die Genehmigung?

## Bei der Wahl des genauen Standortes berücksichtigen:

- nähere Umgebung: Störende Einflüsse durch Gebäude, Bäume, sonstige Gegenstände die nicht für die Messung interessant sind
- Infrastruktur: Stromversorgung, Möglichkeit der Befestigung von Geräten, Zugänglichkeit des Ortes zu Wartungszwecken

## Bei der Installation berücksichtigen:

- Messhöhen: möglichst entsprechend WMO-Standard oder passend zur spezifischen Fragestellung (z.B. Wind in 2 oder 10 m Höhe, Luftschadstoffe auf Fußgänger-Kopfniveau // siehe WMO, 2015)
- Besteht Gefahr des Vandalismus? Ggf. Schutz des Aufbaus durch Bauzaun, des Datenloggers durch Vorhängeschloss, des Solarpanels durch Plexiglasscheibe, etc.
- Besteht Beeinträchtigung des gewöhnlichen Betriebs am Standort? (Fußgänger könnten über Kabel stolpern, eingeschränkte Sicht von Autofahrern)

\*Autor:innen: Sarah Wiesner & Felix Ament (Universität Hamburg // Projekt 3DO, 1. Phase)

## 4.3 PALM-4U Download & Installation

Aktuelles Release (Stand Februar 2023) ist das **PALM-4U Model System 22.10**

Ein Download erfolgt über den Link:

[https://gitlab.palm-model.org/releases/palm\\_model\\_system/-/releases](https://gitlab.palm-model.org/releases/palm_model_system/-/releases)

Bei Fragen oder Unklarheiten zum Download bzw. der Installation können sich registrierte Nutzer:innen beim Ticket-System der PALM-Entwicklungs-stelle melden:

**LINK:** <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/newticket>

Dafür ist zuvor ein Nutzerkonto via Registrierungsformular zu erstellen:

**LINK:** <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/register>

Informationen zum Download und der Installation sind auf der folgenden Webseite zusammengefasst:

**LINK:** <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/install>

Folgende Themen werden u.a. behandelt:

- Automatische bzw. manuelle Installation
- Anforderungen an Hardware

- Anforderungen an Software
  - NetCDF-Bibliothek, mindestens Version 3.6.3
  - MPI-Bibliothek mit MPI-3 support
  - FORTRAN 2003 compiler
  - Python 3
  - cmake
  - ...
- FAQ zur Installation



## 4.4 Weiterführende Links

- PALM-4U Hub
  - [www.palm-4u-hub.de](http://www.palm-4u-hub.de)
- BMBF-Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“: <http://uc2-program.org/>
  - Verbundprojekt "Modellbasierte Stadtplanung und Anwendung im Klimawandel 2" (MOSAİK-2):  
[www.palm.muk.uni-hannover.de/mosaik](http://www.palm.muk.uni-hannover.de/mosaik)
  - Verbundprojekt "Dreidimensionale Observierung und Modellierung atmosphärischer Prozesse in Städten" (3DO+M):  
<http://uc2-3do.org/>
  - Verbundprojekt "Grundlagen für die Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Versteigungsstrategie" (ProPolis):  
[www.uc2-propolis.de](http://www.uc2-propolis.de)
- Image-Film der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ [http://www.uc2-program.org/PALM-4U\\_Imagefilm.mp4](http://www.uc2-program.org/PALM-4U_Imagefilm.mp4)







---

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Quellenverzeichnis

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Quellenverzeichnis

- Arens, E. A., Ballantin, D. B. (1977): Outdoor Comfort of Pedestrians in Cities. In: *General Technical Report NE-25*, S. 115–129.
- BMJ (08/2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen. 39. BImSchV. Online verfügbar unter [http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv\\_39/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_39/index.html) (letzter Zugriff: 08. Februar 2023.)
- Burmeister, C., Busche, K., Heese, I., Krüger, A., Reinbold, A., Teichmann, C., Völker, V., Weber, B., Willen, L., Winkler, M. (2023): Evaluationsbericht zur Praxistauglichkeit. Grundlagen für die Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Verstetigungsstrategie (ProPolis). [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel – Phase 2 // Modul C. Online verfügbar unter: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-evaluation-praxistauglichkeit>
- Burmeister, C., Henning, J., Kerschbaumer, A., Krüger, A., Mendzigall, K., Niesel A., Pavlik, D., Reinbold, A., Schubert-Frisius, M., Stadler, S., Teichmann C., Völker, V., Weber, B., Willen, L., Winkler, M. (2023): PALM-4U Anwendungskatalog für die kommunale Praxis. Grundlagen für die Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Verstetigungsstrategie (ProPolis). [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel – Phase 2 // Modul C. Online verfügbar unter: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-anwendungskatalog>
- Cortekar, J., Winkler M., Burmeister, C., Dankwart-Kammoun, S., Heese, I., Krüger, A., Maronga, B., Scherer, D., Teichmann C. (2023): PALM-4U Verstetigungsstrategie in der Praxis. Grundlagen für die Operationalisierung von PALM-4U – Praktikabilität und Verstetigungsstrategie (ProPolis). [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel – Phase 2 // Modul C. Online verfügbar unter: <https://www.uc2-propolis.de/palm-4u-verstetigungsstrategie>
- DGNB (2020): DGNB System. Kriterienkatalog Quartiere. Version 2020. 2. Aufl. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB e.V. Online verfügbar unter <https://www.dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/index.php> (letzter Zugriff: 07. November 2022).
- Franke, J., Hellsten, A., Schlünzen, H. & Carissimo, B. (2007). Best Practice Guideline for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment. COST action 732.Brüssel: COST Office.
- Halbig, G., Steuri, B., Büter, B., Heese, I., Schultze, J., Stecking, M., ..., Winkler, M. (2019). User requirements and case studies to evaluate the practicability and usability of the urban climate model PALM-4U. *Meteorol. Z.*, 28 (2), 139-146.
- Henning, J. (2021): Windkomfort in urbanen Räumen - Eine Analyse mit dem turbulenzauflösenden LES-Modell PALM-4U am Beispiel der Entwicklungsfläche Stuttgart Rosenstein: Masterarbeit im Ein-Fach-Masterstudiengang Umweltgeographie und -management: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Quellenverzeichnis

- IMUK (2019). PALM-4U components. Online verfügbar unter: <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u> (letzter Zugriff: 23. Februar 2023).
- Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E. & DeDear, R. (2009). Der Thermische Klimaindex UTCI. In G. Müller-Westermeier & P. Willinge (Eds.), Klimastatusbericht 2009 (96-101). Offenbach: Deutscher Wetterdienst.
- Kuttler, W. (2013): Klimatologie. 2., aktualisierte und erg. Aufl. Paderborn: Schöningh (utb-studi-e-book, 3099). Online verfügbar unter <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838540597>.
- Lohmeyer, A., Bächlin, W., Plate, E.J. & Seitz, R. (1992). Frankfurt Main Center, Klima- und Immissionsgutachten. Frankfurt: Deutsche Grundbesitz Investmentgesellschaft mbH.
- Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R. Helden, W., ..., & Trusilova, K. (2019). Development of a new urban climate model based on the model PALM - Project overview, planned work, and first achievements. Meteorol. Z., 28 (2), 105-119.
- MOSAIK - Model-based city planning and application in climate change (2019). MOSAIK: Mission. Online verfügbar unter: [https://palm.muk.uni-hannover.de/mosaik/wiki/project/mission\\_de](https://palm.muk.uni-hannover.de/mosaik/wiki/project/mission_de) (letzter Zugriff: 20. Februar 2023).
- NEN – Nederlands Normalisatie-instituut (2006). 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Scherer, D., Antretter F., Bender S., Cortekar J., Emeis S., Fehrenbach U., Groß G., Halbig G., Hasse J., Maronga B., Raasch S., Scherber K. (2019a): Urban Climate Under Change [UC]<sup>2</sup> - A National Research Programme for Developing a Building-Resolving Atmospheric Model for Entire City Regions. Met. Z., Vol. 28, 2, 95-104. DOI: 10.1127/metz/2019/0913
- Scherer, D., Ament, F., Emeis, S., Fehrenbach, U., Leitl, B., Scherber, K., Schneider, C. & Vogt, U. (2019b). Three-Dimensional Observation of Atmospheric Processes in Cities. Meteorol. Z., 28 (2), 121-138.
- Steuri, B. (2019) Handbuch PALM-4U für die Praxis. Online verfügbar unter: [https://www.uc2-propolis.de/imperia/md/assets/propolis/images/7\\_190729\\_useuclim\\_handbuch\\_palm-4u\\_final.pdf](https://www.uc2-propolis.de/imperia/md/assets/propolis/images/7_190729_useuclim_handbuch_palm-4u_final.pdf) (letzter Zugriff: 27. Februar 2023).
- [UC]<sup>2</sup> - Stadtklima im Wandel (2019). BMBF-Fördermaßnahme Stadtklima im Wandel. Online verfügbar unter: <http://www.uc2-program.org/index.php/> (letzter Zugriff: 23. Februar 2023).

# PALM-4U Handbuch für die Praxis

## Quellenverzeichnis

- VDI Richtlinie 3783 Blatt 9 (2017). Environmental Meteorology. Prognostic Microscale Windfield Models – Evaluation for Flow around Buildings and Obstacles. – VDI Guideline 3783/9, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Beuth Verlag.
- VDI Richtlinie 3787, Blatt 2 (02/2022): Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. Fundstelle: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss. In: Beuth Verlag. Online verfügbar unter [https://www.vdi.de/nc/richtlinie/vdi\\_3787\\_blat\\_2-umweltmeteorologie\\_methoden\\_zur\\_human\\_biometeorologischen\\_bewertung\\_von\\_klima\\_und\\_lufthy\\_/](https://www.vdi.de/nc/richtlinie/vdi_3787_blat_2-umweltmeteorologie_methoden_zur_human_biometeorologischen_bewertung_von_klima_und_lufthy_/) (letzter Zugriff: 20. Dezember 2018).
- VDI Richtlinie 3787, Blatt 4 (12/2020): Umweltmeteorologie. Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung. Fundstelle: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss. In: Beuth Verlag.
- VDI Richtlinie 3787, Blatt 10 (2010). Umweltmeteorologie - Human-biometeorologische Anforderungen im Bereich Erholung, Prävention, Heilung und Rehabilitation. Düsseldorf: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss.
- VDI Richtlinie 3787, Blatt 9 (2004). Umweltmeteorologie - Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen. Düsseldorf: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss.
- WMO - World Meteorological Organization (2015). Technical Regulations, Basic Documents No. 2. Volume I: General Meteorological Standards and Recommended Practices. Genf: WMO.





