KliMo Prax

Stadtklima im Wandel [UC]²

Klimamodelle für die Praxis

Abschlussbericht

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltige Entwicklung
BMBF

KliMoPrax

Impressum

Verbundkoordination

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V. (FiW)
Dr. Frank-Andreas Weber
Dr. Friedrich-Wilhelm Bolle
Kackertstraße 15 – 17
D - 52072 Aachen

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA Forschung für Nachhaltige Entwicklung BMBF

DLR Projektträger

Projektpartner

Deutscher Wetterdienst
Guido Halbig
(fachlicher Koordinator),
Dr. Irina Heese

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) gGmbH
Luise Willen,
Björn Weber,
Vera Völker,
Jens Hasse

Sozialforschungsstelle der Technischen Universität Dortmund
Jürgen Schultze,
Dr. Rick Hölsgens,
Saskia Dankwart-Kammoun

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V. (FiW)
Dr. Frank-Andreas Weber
(Verbundkoordinator),
Julius Schlumberger

GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Björn Büter,
Cornelia Burmeister

BKR Aachen
Noky & Simon
(im Unterauftrag)
Stefan Frerichs,
André Simon

Gestaltung und Satz

FiW – Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.
Eva Feldmann

Zitierhinweis

Weber, F.-A., Bolle, F.-W., Halbig, G., Willen, L., Weber, B., Völker, V., Hasse, J., Schultze, J., Hölsgens, R., Dankwart-Kammoun, S., Schlumberger, J., Büter, B., Burmeister, C., Frerichs, S., Simon, A. (2019): Stadtklima im Wandel [UC]² - Klimamodelle für die Praxis (KliMoPrax). Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhaben KliMoPrax, Förderkennzeichen 01LP1603A-E, FiW e. V., Aachen.

Förderkennzeichen

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LP1603A-E gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

https://uc2-klimoprax-useuclim.org/

Aachen, Mai 2019

Inhalt

Abkürzungen 5

I Kurzdarstellung 6

I.1 Aufgabenstellung 6

I.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 8

I.2.1 Allgemeine Erkenntnisse 8

I.2.2 Voraussetzungen der Stadtklimamodellierung 8

I.2.3 Anforderungen an das Stadtklimamodell in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ 9

I.3 Planung und Ablauf des Verbundvorhabens 9

I.4 Stand der Wissenschaft und Technik, an den angeknüpft wurde 11

I.4.1 Bisherige Rollen, Dienstleistungen und Produkte bei der Bearbeitung von stadtklimatischen Fragestellungen 11

I.4.2 Anwendungserfahrungen mit stadtklimatischen Modellierungen 12

I.4.3 Konkrete Anwendungsbereiche 14

I.4.4 Einbindung in Planungs- und Entscheidungsprozesse 14

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 15

I.5.1 Praxiskommunen und Dialogwerkstätten 15

I.5.2 Zusammenarbeit mit UseUClim im Rahmen von Modul C 16

I.5.3 Steuerungsgruppe von Modul C 17

I.5.4 Zusammenarbeit mit Modul A und Modul B 18

II Eingehende Darstellung 19

II.1 Erarbeitung eines Nutzer- und Anforderungskatalogs in Dialog (AP1) 19

II.1.1 Einführung 19

II.1.2 Zielsetzung und Zweck des Nutzer- und Anforderungskatalogs 20

II.1.3 Rahmensetzungen für die Erarbeitung von Anforderungen 20

II.1.4 Funktionalitäten des neuen Stadtklimamodells PALM-4U 21

II.1.5 Methoden zur Erarbeitung und Erhebung von Anforderungen an das neue Stadtklimamodell PALM-4U 23

II.1.6 Nutzer, Anwendungsfälle und Nutzungssituationen 25

II.1.7 Voraussetzungen für eine nutzerfreundliche Anwendung von PALM-4U 31

II.1.8 Anforderungen an das neue Stadtklimamodell PALM-4U (Modellanforderungen) 32

II.2 Testanwendungen und Evaluation (AP2) 35

II.2.1 Dialogwerkstätten, Experten- und Abschlussworkshop 35

II.2.2 Nutzungssituation 46

II.2.3 Ergebnisse der Testanwendungen 59

II.2.4 Evaluationsbericht 70

II.3 Innovation in einer Stadtklimaforschung (AP3) und Weiterführung aufgebauter Strukturen (AP4) ... 111
II.3.1 Innovation in der Stadtklimaforschung ... 111
II.3.2 Mainstreaming (Stadt-)Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag ... 116
II.4 Kritische Reflexion der Förderphase I ... 124
II.5 Ausblick auf Förderphase II ... 128

III Anhang ... 130
III.1 Glossar ... 130
III.2 Literatur ... 133

Abbildungsverzeichnis ... 136

Tabellenverzeichnis ... 138

Hinweis:

In diesem Abschlussbericht wird aus Gründen der Lesbarkeit für Funktionen das generische Maskulinum verwendet, sofern die Aufgabenbeschreibung im Vordergrund steht. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich ebenfalls angesprochen, soweit es für die Aussage erforderlich ist. Sofern die Person hinter der Funktion (aufgrund von Motivation oder anderer individueller Eigenschaften) relevant ist, wird entsprechend darauf geachtet, die Diversität der Geschlechter(-identitäten) abzubilden.

Abkürzungen

[UC]²	BMBF-Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ (Urban Climate under Change)
BauGB	Baugesetzbuch
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
B-Plan	Bebauungsplan
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsche Institut für Normung e.V.
DOM	Document Object Model; Spezifikation einer Schnittstelle für den Zugriff auf HTML- oder XML-Dokumente
FNP	Flächennutzungsplan
GIS	Geoinformationssystem
GUI	Grafische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface)
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
NAK	Nutzer- und Anforderungskatalog
NO_x	Stickoxide
nSKM	neues Stadtklimamodell
NuSi	Nutzungssituation
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PALM-4U	Parallelized Large-Eddy Simulation Model for Urban Applications (read: PALM for you)
TIS	Technological Innovation Systems
UF	Untersuchungsfeld
UHI	Städtische Wärmeinsel (Urban Heat Island)
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.

I Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Die Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zielt auf „die Entwicklung eines leistungsstarken, innovativen und gut anwendbaren Stadtklimamodells für eine moderne Stadtplanung wie die Entwicklung eines Planungswerkzeugs, das den Bedürfnissen der Praxis gerecht wird.“ (BMBF 2015). Es sollte ein praktikables und übertragbares Werkzeug entwickelt werden, mit dessen Hilfe verantwortliche Planungsakteur*innen in den deutschen Kommunen bedarfsorientierte, praxisnahe Maßnahmen für eine klimawandelangepasste Umsetzung zum Umbau und zur Entwicklung der Siedlungsräume in stadtplanerischen Verfahren und Prozessen ableiten können.

„Stadtklima im Wandel“ (Urban Climate under Change [UC]², http://www.uc2-program.org/) gliederte sich in drei Module (Abbildung I.1.1): Während sich Modul A die Entwicklung eines leistungsstarken Stadtklimamodells verantwortete (Maronga et al. 2019) und Modul B die Erhebung von Beobachtungsdaten zur Evaluierung der Berechnungsergebnisse des Stadtklimamodells durchführte (Scherer et al. 2019a), bediente das Verbundvorhaben „Klimamodelle für die Praxis“ (KliMoPrax) zusammen mit dem Partner-Verbundvorhaben UseUClim das Modul C „Überprüfung der Praxis- und Nutzertauglichkeit von Stadtklimamodellen für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung“ (Halbig et al. 2019). Um die ambitionierten Ziele der Fördermaßnahme zu erreichen, war eine enge Zusammenarbeit der quasi zeitgleich erarbeiteten Modellentwicklung, Validierung und Gewährleistung der Praxis- und Nutzertauglichkeit notwendig (Scherer et al. 2019b).

Die Aufgabe des Verbundprojekts KliMoPrax war es, die Praxis- und Nutzertauglichkeit und somit die Anwendbarkeit des in Modul A zu entwickelnden Stadtklimamodells in kommunalen Planungsprozessen sicherzustellen und zusammen mit den beteiligten kommunalen Praxispartnern und späteren Anwender*innen die bedarfs- und anforderungsgerechte Umsetzung zu erproben und die gewonnenen Erkenntnisse in die Modellentwicklung zurück zu spiegeln. KliMoPrax repräsentierte nicht zuletzt mit zahlreichen Praxispartnern aus Kommunen und weiteren Anwender*innen „die Anwendungspraxis“ und „die Nutzer“ im Förderprogramm „Stadtklima im Wandel“. Entsprechend der Bekanntmachung sollte die Praxistauglichkeit nach folgenden Kriterien erarbeitet und bewertet werden (BMBF 2015):

- Die Ergebnisse der Simulationen sollen für Nutzer*innen des Modells nachvollziehbar und überprüfbar sein. Das Modell soll die Simulationsergebnisse in adäquater gut verständlicher Form ausgeben.

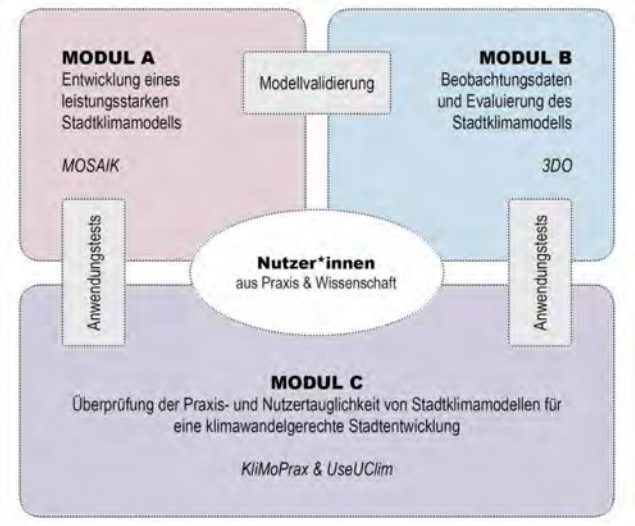

Abbildung I.1.1: Zusammenarbeit und Schnittstellen der Module A, B und C in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“. © B. Steuri

Abbildung I.1.2: Kommunale Praxispartner des Verbundvorhabens KliMoPrax (●) und Praxispartner des Verbundvorhabens UseUClim (▲)

- Die Modelloberfläche soll einfach zu verstehen und zu benutzen sein. Alle Nutzer*innen und Anwender*innen sollen in der Lage sein, digitale Geländemodelle (DGM) und Klötzchen-Modelle (digitale 3D-Modelle von Städten) zu verarbeiten.
- Das Modell soll für die Stadtplanung und Stadtentwicklung passfähig sein.
- Die Ergebnisse sollen in Wirkmodelle (z. B. für sozioökonomische Analysen) integrierbar sein.

Der Ansatz von KliMoPrax beruhte darauf, bereits im Erstellungs- und Validierungsprozess des Stadtklimamodells die Bedarfe und Anforderungen jetziger und zukünftiger kommunaler Anwender*innen, Nutzer*innen und Entscheider*innen zu integrieren, um eine bedarfs- und anforderungsgerechte Umsetzung des neuen Stadtklimamodells zu gewährleisten und damit die Nutzertauglichkeit für alle Anwender*innen zu verbessern. Direkte Adressaten waren in erster Linie unterschiedliche Verwaltungsabteilungen aus sieben Pilotkommunen (Berlin, Bonn, Essen, Hamburg, Karlsruhe, Stuttgart und München), mit denen jeweils eine testweise Anwendung des neuen Stadtklimamodells vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet wurde (Abbildung I.1.2).

Ein entscheidender Bestandteil der Konzeption war ein Nutzer- und Anwender-Dialog mit den beteiligten kommunalen Praxispartnern (s. Kap. II.1). Durch verschiedene Dialogformate wie Roundtables, Lernlabore, Expertenwerkstätten und Evaluationsworkshops wurden nicht nur Zugänge zum Austausch von Anforderungen und Erwartungen von verwaltungsinternen Nutzer*innen geschaffen, es konnten auch rechtliche oder planerische Fragen erörtert und Produkte diskutiert werden, auf die das Stadtklimamodell zielt.

Im Rahmen von Dialog-Werkstätten erfolgten kontinuierlich die Identifizierung von Nutzergruppen, die Zusammenstellung typischer Nutzungssituationen und die Erarbeitung von Anforderungen an ein neues Stadtklimamodell unter Beteiligung von Anwender*innen und Nutzer*innen. In Zusammenarbeit mit UseUClim und den Erkenntnissen aus deren Verbundvorhaben entstand daraus als Ergebnis ein praxisorientierter „Nutzer- und Anforderungskatalog" (NAK), der sowohl technische und fachliche Möglichkeiten der Anwender*innen abbildete sowie deren Erwartungen an die Handhabbarkeit des Stadtklimamodells. Dieser Bericht wurde direkt für die Entwicklungsarbeiten von Modul A berücksichtigt.

Als Grundlage für die Formulierung von Anforderungen und der Auswahl von Testanwendungen diente das Konzept der „Nutzungssituationen". Die zunächst empirisch erhobenen Anwendungsfälle, d. h. im Wesentlichen konkrete kommunale Planungsaufgaben, wurden in ein abstrahiertes Konzept ‚Nutzungssituation' übertragen, in dem neben dem Planungsprozess mit seinen rechtlichen und prozessualen Anforderungen selbst die Interaktion der Planungsbeteiligten untereinander und mit dem Stadtklimamodell untersucht wird. Das Konzept ermöglicht es, den Modelleinsatz praxisorientiert zu erproben, um Anforderungen an ein neues Stadtklimamodell zu formulieren, aber auch um Nutzer- und Nutzungskonstellationen darzulegen. Die Nutzungssituationen zeigen Vielfalt und Diversität der Nutzer-, Nutzungskonstellationen, stadtklimatische Fragestellungen und der Prozesse und Produkte, in denen ein Stadtklimamodell Anwendung finden kann.

In den durchgeführten Testanwendungen und einer zusammen mit UseUClim erarbeiteten systematischen Evaluation untersuchte KliMoPrax die Stärken und Defizite des vorliegenden Prototyps des neuen Stadtklimamodells (s. Kap. II.2). Ziel war es festzustellen, ob ein anwendungsreifer und übertragbarer Prototyp zur Verfügung steht, welcher eine Ableitung von Maßnahmen für eine nachhaltige, klimawandelgerechte und kompakte Stadtentwicklung unter Berücksichtigung von weiteren Veränderungsprozessen ermöglicht. Dabei wurden Lücken und Problemlösungsmöglichkeiten thematisiert und Hinweise für eine nutzergerechte Weiterentwicklung des Stadtklimamodells auch im Hinblick auf eine zweite Förderphase gegeben.

Begleitet wurde der Dialogprozess von wissenschaftlichen Studien und Untersuchungen, die den Nutzer-Anwender-Dialog mit aktuellen Inhalten erweitern, u. a. Studien zur Innovation in der Stadtklimaforschung und zum Mainstreaming (Stadt-) Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag (s. Kap. II.3).

Eine kritische Reflexion des Verbundvorhabens und ein Ausblick auf die Phase II der Fördermaßnahme ist in Kapitel II.4 dargestellt.

I.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

I.2.1 Allgemeine Erkenntnisse

Die vorliegenden Erkenntnisse der internationalen wie nationalen Forschung zum Klimawandel (IPCC 2007, IPCC 2014, IPCC 2018) zeigen nachdrücklich, dass bereits in der nahen Zukunft (2021 – 2050) neben den globalen Veränderungen verschiedener Klimaparameter auch in Deutschland mit zum Teil signifikanten Veränderungen auf regionaler und lokaler Maßstabsebene zu rechnen sein muss. Dies umfasst sowohl schleichende Veränderungen als auch eine Zunahme extremer Ereignisse. Urban geprägte Gebiete und die Mikroklimata stark verdichteter Innenstädte und Quartiere werden von diesen projizierten Auswirkungen des Klimawandels in besonderer Weise beeinflusst. Dies wird die bereits heute ungünstigen lokalklimatischen Effekte verstärken, welche sich z. B. in der Wärmebelastung und Gesundheitsgefährdung für die Bewohner durch die Überwärmung des städtischen Raums im Vergleich zum nicht bebauten Umland (Effekt der städtischen Wärmeinsel, Urban Heat Island (UHI)), in Innenräumen von Gebäuden sowie in erhöhten Schadstoffbelastungen bemerkbar machen. Gleichzeitig werden sich, wie die Ergebnisse der Klimaprojektionsrechnungen nahelegen, die Gefährdungspotenziale für die städtischen Räume, aber auch für die Produktivität, das Wirtschaftsleben, die Infrastruktur und die Aufenthalts- und Lebensqualität in den Städten durch urbane Sturzfluten oder Überflutungen infolge häufigerer und intensiverer Extremniederschlagsereignisse erhöhen. Ob eine Zunahme von Sturmereignissen (auch durch Sommerstürme) zu erwarten ist und dies die Klimaresilienz der Städte weiter bedroht, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung.

I.2.2 Voraussetzungen der Stadtklimamodellierung

Zur Bewältigung der Herausforderungen von klimatischen Änderungen im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung müssen die verantwortlichen Akteur*innen in den Städten in die Lage versetzt werden, klar definierte Aussagen zu Klimawandelauswirkungen in ihren städtischen Räumen zu erhalten, um diese Veränderungen quantitativ bei der Umsetzung von stadtplanerischen Maßnahmen adäquat berücksichtigen zu können. Eine Herausforderung hierbei ist die Verknüpfung der Ergebnisse des Stadtklimamodells mit weiteren städtischen Aufgabenbereichen zur Gestaltung des städtischen Umfeldes wie bspw. der Siedlungsentwässerung, die Straßenraumgestaltung, der Frei- und Grünflächenplanung, der sozialräumlichen Planung oder auch der Wirtschaftsförderung. Gleichzeitig müssen für eine nachhaltige und somit auch klimawandelgerechte Stadtentwicklung aber auch die Wechselwirkungen zwischen Innenraumklima – Gebäudehülle – Stadtklima (im Stadtraum) mitberücksichtigt werden.

Die bisher verfügbaren Rechenmodelle für Aussagen zum (aktuellen und zukünftigen) Stadtklima sind sehr unterschiedlich:

- Mikroskalige Stadtklimamodelle mit räumlichen Auflösungen von 200 m bis zu einem Meter, für Untersuchungen auf Quartiersebene bis zu gesamtstädtischen Betrachtungen, gekoppelt an regionale Klimamodelle (Klimawandel) oder ungekoppelte Wirkmodelle (z. B. Innenraumklima), Szenarien (ausgewählte Wetterlagen) oder Klimatologien (mittlere klimatische Verhältnisse)
- Mesoskalige Atmosphärenmodelle und Modelle der numerischen Wettervorhersage im „Klimamodus“ (z. B. Cosmo-CLM mit Berücksichtigung von Stadteffekten), Large Eddy Simulation Modelle

Bisher werden Stadtklimaanwendungen lediglich in wenigen Städten von Personal der städtischen Verwaltung durchgeführt. Gleichzeitig ist eine Zersplitterung der Modellwelt festzustellen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Modelltypen (Einzelmodell – Modellketten), unterschiedlicher berechenbarer Parameter (u. a. Temperatur, nächtliche Kaltluftströme, Niederschlag, Luftschadstoffe und abgeleitete Größen, z. B. Wärmebelastung und Innenraumtemperatur), unterschiedlicher Eingabegrößen (u. a. Gebäudedaten, Klimaprojektionsdaten), unterschiedlicher zeitliche und räumliche Auflösung (Einzelgebäude – Quartier) und unterschiedlicher Untersuchungshorizonte (heutiger Zustand – Ende des Jahrhunderts).

Es fehlt bisher ein universell einsetzbares, zukunftsfähiges, flexibles und anpassungsfähiges Stadtklimamodell. Bislang gab es kein geeignetes Stadtklimamodell für ganze Großstädte und Stadtregionen, welches dennoch gleichzeitig eine hohe räumliche Auflösung von Gebäuden, Straßenschluchten und Straßenbäumen ermöglichte. Aus Sicht der Praxis werden neue,

leistungsfähigere und einfach bedienbare Werkzeuge benötigt, um stadtklimatische, lufthygienische und klimawandelbezogene Analysen für den urbanen Bereich durchzuführen und Simulationsergebnisse in geeigneter Auflösung zu liefern.

I.2.3 Anforderungen an das Stadtklimamodell in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“

Das in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ zu entwickelnde Stadtklimamodell sollte unter anderem folgende Anforderungen erfüllen (BMBF 2015):

- Mikroklimatische Simulation für Großstädte mit allen für das Stadtklima und darüber hinaus relevanten Klimavariablen. Simulation von Modellflächen mit einer Größe von 1000 bis 2000 km² soll mit dem Modell möglich sein.
- Das Stadtklimamodell soll in der Lage sein, Gebäude aufzulösen und eine Gitternetzweite mit einer hohen Auflösung von 10 m und kleiner simulieren zu können.
- Es soll mit regionalen und globalen Klimamodellen gekoppelt (Nesting) und mit Messdaten angetrieben und gesteuert werden können (Nudging/Forcing).
- Es soll über eine multivariante Datenausgabe verfügen (NetCDF, ASCII, Shape-Dateien usw.).
- Es soll als Open Source bzw. Freeware Produkt bereitgestellt werden und damit für alle Interessengruppen frei zugänglich sein.
- Es soll möglich sein, das Modell sowohl auf PCs als auch auf Großrechnern zu betreiben/zu nutzen.
- Es soll, in Absprache mit den Nutzer*innen (Modul C), eine selbsterklärende, anwendungsbezogene Nutzeroberfläche entwickelt werden.
- Es soll für Anwender*innen einfach und selbsterklärend zu verwenden sein.
- Die Simulationsergebnisse sollen für Nutzer*innen einfach interpretierbar sein.

Auf Grundlage eines umfangreichen Gutachterprozesses wurde das am Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMUC) der Leibniz Universität Hannover entwickelte Modell PALM (Parallelized Large-Eddy Simulation Model) ausgewählt, um es im Rahmen der Fördermaßnahme zu einem leistungsstarken und gut anwendbaren Stadtklimamodell PALM-4U (PALM for Urban Applications) weiterzuentwickeln (https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u).

I.3 Planung und Ablauf des Verbundvorhabens

Das Verbundvorhaben KliMoPrax wurde durch das Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V. koordiniert. Der Projektpartner DWD übernahm Aufgaben als fachlicher Koordinator.

Das Arbeitsprogramm gliederte sich in vier thematische Arbeitspakete, in welchen konkrete Produkte, Lösungen und Anwendungen, die die Entwicklung eines Stadtklimamodells für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung unterstützen sollen, erarbeitet wurden (Abbildung I.3.1, Seite 10). Die inhaltliche Führung und Verantwortung lag jeweils bei einem als Arbeitspaketleiter festgelegten Verbundpartner. Eine Arbeitspaket-übergreifende Abstimmung und Koordination fand in regelmäßigen Projekttreffen und Videokonferenzen statt. Alle Arbeiten konnten im Wesentlichen im Zeitplan durchgeführt werden.

Arbeitspaket AP1 diente der Erarbeitung eines Nutzer- und Anforderungskatalogs durch einen intensiven Dialog mit Praxispartnern (Kapitel II.1). Für ein neuartiges Stadtklimamodell mussten bisherige und zukünftige Anforderungen an ein solches Modell und Anwendungsfälle bei der Gestaltung und Entwicklung der Siedlungsräume ermittelt und in einem umfassenden Nutzer- und Anforderungskatalog zusammengestellt werden (A1.4). Indem die unterschiedlichen Ressorts der kommunalen Verwaltung und andere Akteur*innen der Stadtentwicklung von Beginn der Entwicklung einbezogen wurden, sollte eine Nutzer- und Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells sichergestellt werden. Der Anforderungskatalog diente als Grundlage für einen Diskurs, der zwischen den Entwicklern und den geplanten Anwender*innen und Nutzer*innen geführt wurde. Ziel war es, ein gemeinsames Verständnis aktueller Aufgaben und potenzieller Herausforderungen für Kommunen zu entwickeln, die schon im Entwicklungsprozess des Modells Berücksichtigung finden sollen.

AP2 beinhaltete die Testanwendungen und Evaluation mit den Praxispartnern (s. Kap. II.2.3). Das neue

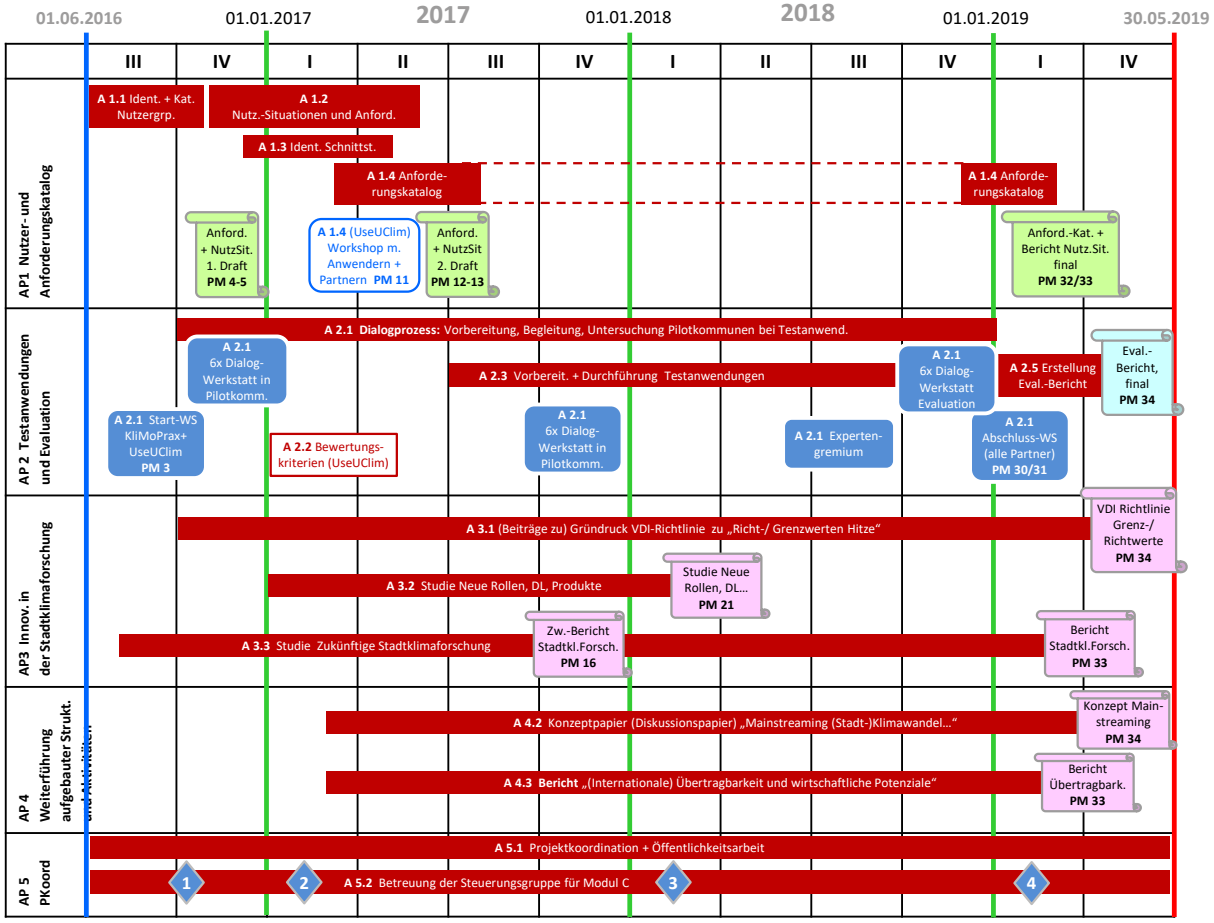

Abbildung I.3.1: Zeitplan, Arbeitspakete (AP), Aktivitäten (A) und Produkte des Verbundvorhabens KliMoPrax über die Laufzeit von 36 Projektmonaten (PM).

Stadtklimamodell und seine Nutzeroberfläche wurden in sieben Praxiskommunen anhand von realen Planungsfällen auf der Basis der definierten Nutzungssituationen getestet (A 2.3). Das zentrale Ziel war der Test der Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells und seiner Anwenderoberfläche für eine möglichst breite Variation von Nutzungssituationen im Dialog mit den beteiligten Praxiskommunen (A 2.1). Als Produkt entstand ein synthetischer Evaluationsbericht (A 2.5), der die Frage beantwortet, welche der in AP1 formulierten Anforderungen durch den Modellprototyp erfüllt werden können. Anhand festgelegter Evaluierungskriterien zeigt der Bericht auf, inwiefern der von Modul A bereitgestellte Prototyp des neuen Stadtklimamodells (inkl. der entwickelten grafischen Bedienoberfläche) geeignet ist, den in der Fördermaßnahme genannten Anforderungen gerecht zu werden.

AP3 umfasste die Erarbeitung von Studien, Berichten und Beiträgen für „Innovationen in der angewandten Stadtklimaforschung für eine klimafreundliche Stadtentwicklung“ (s. Kap. II.3.1). Die ‚Stadt der Zukunft‘ ist das Brennglas für große Herausforderungen, die sich aus dem Klimawandel, sozioökonomischen, gesellschaftlichen und technischen Transformationen und Megatrends ergeben. Diese mehrdimensionale Herausforderungsmatrix weist wechselseitige Abhängigkeiten unterschiedlichster Art und Intensität auf und kann nur intradisziplinär, d. h. unter Beteiligung aller Akteur*innen bewältigt werden. Die Erarbeitung eines Gründrucks zu „Richt- und Grenzwerten für thermische Belastung“ (A 3.1) in zuständigen Fachgremien im VDI und DIN konnte nicht wie geplant vorangetrieben werden, da derzeit bevölkerungsbezogene Studien fehlen, aus welchen fundierte thermisch-physiologische Richtwerte oder Schwellenwerte abgeleitet werden können. In der Studie „Neue Rollen, Dienstleistungen und Produkte für eine klimagerechte Stadtentwicklung“ (A 3.2) und der Studie zur Ausrichtung der angewandten Stadtklimaforschung der Zukunft (A 3.3) wurden weitere Fragestellungen wissenschaftlich untersucht.

AP4 diente zur Untersuchung und Erarbeitung einer Studie und eines Konzeptpapiers zur Weiterführung aufgebauter Strukturen und Aktivitäten (s. Kap. II.3.2). Es wurden übertragbare Wege und Empfehlungen entwickelt, wie das neue Stadtklimamodell und andere Innovationen im Sinne eines ‚Mainstreamings (Stadt-)Klimamodellanwendung‘ im Planungsalltag

deutscher Kommunen etabliert werden kann (A 4.2). In A 4.3 brachten die Projektpartner ihre Erfahrungen mit bestehenden Kooperationen im internationalen Bereich im Bereich Stadtklima und Stadtklimamodellierung ein.

I.4 Stand der Wissenschaft und Technik, an den angeknüpft wurde

I.4.1 Bisherige Rollen, Dienstleistungen und Produkte bei der Bearbeitung von stadtklimatischen Fragestellungen

Stadtklimatische Fragestellungen spielen insbesondere in größeren Städten im Zusammenhang mit lokalklimatischen Belastungssituationen wie dem städtischen Hitzeinseleffekt und lufthygienischen Belastungen durch industrielle und gewerbliche Emissionen, verkehrlichen Emissionen sowie Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen bereits seit längerem eine wesentliche Rolle.

Stadtklima (d. h. Fragen der Temperatur, Lufthygiene, Durchlüftung etc.) wurde als wichtiger Aspekt der Daseinsvorsorge und der Gefahrenabwehr erkannt und im Laufe der Zeit durch ein entsprechendes gesetzliches und untergesetzliches Regelwerk direkt oder indirekt operationalisiert. Zu nennen sind dabei bspw. das Bundesimmissionsschutzgesetz und die zugehörigen Verordnungen zu Einzelfragen des Immissionsschutzes, untergesetzliche Normen und Regelwerke sowie indirekt das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht inkl. der Regelungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung bzw. Umweltprüfung, das über den Vorsorgegrundsatz und die Benennung entsprechender Belange zur Auseinandersetzung mit stadtklimatischen Fragestellungen in der räumlichen Planung beiträgt.

Der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) hat einige rahmensetzende Normen und Richtlinien zur Umweltmeteorologie und zu den meteorologischen Grundlagen für die technische Gebäudeausrüstung erlassen, die die Erstellung, Darstellung und Interpretation von Stadtklimauntersuchungen regeln:

- VDI 3783 Umweltmeteorologie (Blätter 6, 9 – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung, Blatt 10 – Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude- und Hindernisumströmung, Blatt 16 – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle – Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft),
- VDI 3785 Umweltmeteorologie (Blatt 1 – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima, Blatt 2 – Methoden bodengebundener Stadt- und Standortklimamessungen mit mobilen Messsystemen),
- VDI 3786 Umweltmeteorologie (Blatt 1 – Meteorologische Messungen – Grundlagen),
- VDI 3787 Umweltmeteorologie (Blatt 1 – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Blatt 2 – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas – Teil I: Klima, Blatt 5 – Lokale Kaltluft, Blatt 9 – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen, Blatt 10 – Human-biometeorologische Anforderungen im Bereich Erholung, Prävention, Heilung und Rehabilitation),
- VDI 4710 Meteorologische Grundlagen für die Technische Gebäudeausrüstung (Blatt 1 – Außereuropäische Klimadaten, Blatt 2 – Gradtage, Blatt 3 – t,x-Korrelationen der Jahre 1991 bis 2005 für 15 Klimazonen in Deutschland, Blatt 4 – t,x-Korrelationen und Windstatistiken für 122 europäische Orte).

Diese Blätter haben sich im Lauf der Zeit entsprechend der fachlichen, technischen und rechtlichen Entwicklung der Rahmenbedingungen immer weiterentwickelt und fließen in die Erstellung von Klimagutachten, Stadtklimaanalysen und anderer Produkte ein.

Die Erarbeitung neuer Regelungen nimmt einen langen Zeitraum bis zur Verabschiedung in Anspruch, so dass die Richtlinien nicht unbedingt dem aktuellen Stand der Wissenschaft entsprechen. Aus den genannten Regelwerken ergibt sich allerdings eine Reihe von Handlungserfordernissen im Bereich Stadtklima:

- Temperatur, Durchlüftung: Reduzierung der Belastungen des Menschen sowie von Nutztieren und Pflanzen aufgrund sommerlicher extremer Hitze, und/oder aufgrund städtischer Hitzeinseleffekte,
- Lufthygiene: Reduzierung der tatsächlichen und Vermeidung potenzieller Luftschadstoffbelastungen oberhalb der Grenz- und Richtwerte

aufgrund hoher Emissionen (Verkehr, schadstoffemittierende Betriebe, Unfälle und Katastrophen – Störfallbetriebe) und Immissionen (Verlagerung von entfernten Quellen) sowie Verbesserung der Durchlüftung (Mikro- und Makroebene, bspw. Blockinnenbereiche, Straßenzüge, Quartiere).

Als Handlungsmöglichkeiten werden verschiedene Strategien verfolgt (bspw. Ahlhelm et al. 2016): Für die Minderung von Temperaturbelastungen und Verbesserung der Durchlüftung sind u. a. die Sicherung der Frisch- und Kaltluftversorgung der (Innen-) Städte durch Identifizierung, Schutz und Entwicklung von Kaltluftentstehungsgebieten und -leitbahnen im Freiraum und im Siedlungsbereich (Klimaausgleichsflächen im regionalen, interkommunalen Kontext sowie auf gesamtstädtischer Ebene) zu beachten. Auf teilräumlicher und kleinräumiger Ebene existieren außerdem Strategien zum Schutz und Entwicklung von Klimaausgleichsflächen und -maßnahmen im Siedlungsbereich wie Grünflächen und begrünte Verkehrs- und Freiflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelung von Grundstücksfreiflächen, Planung und Umsetzung von städtebaulich-architektonischen Ausgleichsmaßnahmen wie bspw. Erhöhung der Albedo von versiegelten Flächen, Fassaden und Dachflächen, Verschattungselementen für Gebäudeöffnungen und Freiflächen, klimaangepasstes Planen und Bauen sowie auch eine effiziente und klimaschützende, technische Gebäudekühlung.

Zum Schutz und zur Vorsorge für empfindliche Bevölkerungsgruppen werden außerdem folgende Strategien angewendet: Identifizierung von Klimabelastungsflächen (Hitzeinseln) und der räumlichen Verteilung von hitzeempfindlichen Bevölkerungsgruppen (Kinder, ältere Menschen, kranke Menschen) bei gleichzeitiger Beachtung der tageszeitlichen Wohn- und Arbeitsbevölkerung in den Stadträumen. Zur Gesundheitsvorsorge für empfindliche Bevölkerungsgruppen bei anhaltenden Hitzeperioden werden in den letzten Jahren auch vermehrt Informationskampagnen durchgeführt, mit denen die Betroffenen selbst, aber auch Angehörige, Nachbarn, Betreuungspersonen etc. über angemessene Verhaltensweisen informiert werden; der Verlauf der Hitzeperiode im Sommer 2018 scheint darauf hinzudeuten, dass die zwischenzeitlich durchgeführten Aufklärungs- und Informationskampagnen Wirkung gezeigt haben.

Erhalt und Sicherstellung von Lufthygiene wird insbesondere durch Planungs- und Genehmigungsverfahren gem. BImSchG, BauGB oder Verfahren nach EU-Luftreinhalterichtlinie (Umsetzung der Maßgaben der Luftreinhaltepläne) erreicht.

I.4.2 Anwendungserfahrungen mit stadtklimatischen Modellierungen

Wie die Auswertung des durchgeführten Dialogprozesses ergab, findet sich entsprechend der fachlichen Vorgaben zur siedlungsbezogenen Hitzevorsorge heute in den von KliMoPrax untersuchten Praxiskommunen eine breite Anwendungspraxis an Informationsgrundlagen, Modellanwendungen und Vorsorge- und Anwendungsstrategien.

In klimatisch sensiblen Kommunen liegen häufig bereits gesamtstädtische klimatische Untersuchungen vor. Ältere Klimagutachten basieren einerseits auf Thermalbefliegungen und (in Verbindung mit Messungen) der Typologisierung von klimatisch ähnlich strukturierten Stadträumen (Bebauung, Freiraumausstattung, Durchlüftung) zu Stadtklimatopen. Jüngere Gutachten nutzen dem Stand der Technik entsprechend dagegen die Klimamodelle MUKLIMO, ENVI-Met und FITNAH sowie einiger spezialisierter Modelle und Forschungsmodelle: UrbClim, SOLWEIG, Kaltluftabflussmodell KLAM sowie Windfeldmodell DIWIMO (siehe Tabelle I.4.1).

Bei den Modellen MUKLIMO, ENVI-Met und FITNAH steht die Ermittlung zentraler stadtklimatischer Parameter und Indikatoren im Vordergrund, auf deren Basis stadtklimatische Karten bzw. Informationen und abgeleitete Karten bzw. Planungswerkzeuge erstellt werden. Werkzeuge wie das Kaltluftabflussmodell KLAM und das Windfeldmodell DIWIMO sowie das Modell SOLWEIG dienen spezielleren Anwendungen und mit Hilfe des UrbClim Model können direkt stadtklimatisch bedeutsame Indikatoren zur Hitzewirkung ermittelt werden.

Daraus abgeleitete „Stadtklimatische Leitbilder", „Planungshinweiskarten Klima" u. ä. geben eine grobe Orientierung für eine klimasensitive Planung und können insoweit als Planungsgrundlage genutzt werden. Die Möglichkeit, Stadtklimagutachten im Rahmen der Förderung von Klimaschutzteilkonzepten gem. Kommunalrichtlinie zu erstellen, hat ihre Verbreitung in den letzten Jahren deutlich forciert.

Im Rahmen der Grundlagenerhebung zu den einzelnen Modellkommunen wurden dabei die in Tabelle I.4.1 genannten Parameter und Indikatoren ermittelt.

Tabelle I.4.1: Übersicht über die derzeit in den Modellkommunen gebräuchlichen Klimamodelle und damit ermittelten Parametern und Indikatoren (eigene Erhebung und Zusammenstellung)

Modell	Parameter und Indikatoren
MUKLIMO_3	Wärmeinseleffekt, thermische Belastung, Kaltluftabfluss
ENVI-Met	Wind, Temperatur, Feuchtigkeit
FITNAH	Bodennahes Windfeld und Kaltluftvolumenstrom, Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, nächtliche Abkühlung, Bewertungsindex Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET); Anzahl meteorologischer Kennwerte im Mittel der Jahre 2001–2010; Anzahl der Sommertage, Hitzetage und Tropennächte. Wärmebelastung, Durchlüftung, Bioklima, Temperatur und Wind
Kaltluftabflussmodell KLAM; Windfeldmodell DIWIMO	Temperatur und Wind, Kaltluftbewegungen
SOLWEIG (Lindberg et al., 2008)	thermische Belastung
UrbClim	Die Ergebnisse des UrbClim-Modells werden zur Modellierung der städtischen Wärmeinsel, Erstellen von Heat Risk Maps, Kartierung der sozioökonomischen Auswirkungen verwendet.

Neben lokalklimatischen Untersuchungen und Analysen liegen in den Modellkommunen entsprechend des gesetzlichen Auftrages Daten zur Lufthygiene vor, die (zumeist) auf der Auswertung von typischerweise in Verantwortung der Länder betriebenen stationären Messstellen basieren.

Mit Hilfe der ermittelten Daten sind in den Modellkommunen Klimagutachten erstellt worden, die als Grundlage für verschiedene Planungs- und Entscheidungsprozesse dienen. In den KliMoPrax-Dialogwerkstätten zur Vorbereitung der Testrechnungen berichteten Vertreter*innen aus den Modellkommunen über ihre Erfahrungen mit der Anwendung der o. g. bislang verwendeten Modelle und insbesondere auch dem Zusammenspiel der Akteur*innen bei der Bewältigung stadtklimatischer Fragestellungen in Planungs- und Entscheidungsprozessen.

Grundsätzlich werden die eingesetzten Modelle und Werkzeuge als funktional und der Aufgabenstellung angemessen beschrieben. Mit ihrer Hilfe lassen sich die jeweiligen Fragestellungen (grundsätzlich) bearbeiten und die erforderlichen Informationen und Anforderungen in den Planungs- und Entscheidungsprozess einspeisen – sofern die prozessuale Einbindung gewährleistet ist. Es wird darauf verwiesen, dass auch die älteren, häufig gröberen Klimauntersuchungen und daraus abgeleitete Planungshinweise aus fachlicher Sicht gut geeignet sind, belastbare Stellungsnahmen für konkrete Planungsvorhaben abzuleiten. Überdies wird berichtet, dass sich nach Erstellung der Gutachten im Lauf der Jahre das darauf aufbauende Verwaltungshandeln zwischen den Fachbereichen eingespielt hat, bei allen Verfahrensbeteiligten Akzeptanz gefunden hat und den fachlichen Stellungnahmen vertraut wird.

Neben den gesamtstädtischen Anwendungen werden bei bestimmten Verfahren auch kleinräumige, planungsbezogene Modellierungen erstellt. Dies betrifft Vorhaben in klimatisch besonders sensiblen Bereichen (die aufgrund gesamtstädtischer Untersuchungen identifiziert werden konnten) und/oder Vorhaben, die in der Öffentlichkeit besonders umstritten und bei denen erhebliche klimatische Auswirkungen auf die Stadt vermutet werden. Sofern sich Auswirkungen im Modell nachweisen lassen, erfolgen häufig auch planerische Anpassungsmaßnahmen. In konfliktären Planungssituationen kann die Modellierung auch bei der Herstellung von Konsens oder zur Vermeidung gerichtlicher Auseinandersetzungen dienlich sein.

Zur Modellanwendung werden in den Modellkommunen dabei vereinzelt konkrete Aussagen getroffen: So wird darauf verwiesen, dass in den jetzigen Modellen Grünflächen stark abstrahiert ohne Bäume gerechnet werden, obwohl die Vegetation Einfluss auf die Kalt-

luftentstehung und Kaltluftströmung hat. Die Modellanwendung wird insgesamt als teuer und langwierig beschrieben; oftmals (mit wenigen Ausnahmen in Kommunen, die selbst ein Modell im Rechnerverbund pflegen) müssen stadtklimatische Fragestellungen gutachterlich vergeben und bearbeitet werden, was mit vergleichsweise hohen Kosten und Zeitaufwand verbunden ist. Schnelle Antworten sind somit selten möglich. Insoweit wird bislang häufig im Rahmen grober Abschätzungen auf Faustzahlen und Erfahrungswerte zurückgegriffen.

I.4.3 Konkrete Anwendungsbereiche

Als Ergebnis des Dialogs mit den Praxispartnern ist festzuhalten, dass die Untersuchung der Durchlüftung vor allem bei Schwachwindsituationen bei Hitzebelastung für die Kommunen von großer Bedeutung ist. Daneben wird das Problem der extremen Niederschlagsereignisse mit der Folge von pluvialen Überflutungen in den stadtklimatischen Zusammenhang gestellt, der für die Kommunen ein ernsthaftes Problem darstellt.

Im lufthygienischen Bereich werden Feinstaubbelastungen als wichtiges Thema hervorgehoben. Insbesondere stellt die geringe Dichte an Messstellen ein Problem für die Erfassung und Bewertung der Luftbelastungen dar, da an bestimmten bekanntermaßen belasteten Bereichen keine konkreten Messwerte vorliegen.

Bei der Bearbeitung stadtklimatischer Fragestellungen stehen derzeit in den meisten der Praxiskommunen Fragen der Nachverdichtung im Vordergrund und damit die Frage nach der Verträglichkeit neuer baulicher Entwicklungen im Siedlungsbestand. Grundlegende Frage ist hierbei, welche baulichen Dichten noch verträglich sind und ggf. wie die Gebäudestellung aus stadtklimatischer Sicht optimiert werden kann. Als Maßstab wird von den kommunalen Akteur*innen im Hinblick auf fehlende Grenz-, Richt- oder Orientierungswerte ersatzweise häufig das Verschlechterungsverbot herangezogen.

Neben den Vorsorgeaspekten, die zur Optimierung von Planungen führen können, spielt die Nutzung der klimatischen Modellierungen und Untersuchungen für die formale Umweltprüfung von Plänen und Programmen gem. UVPG und BauGB eine Rolle. So werden sie mittlerweile immer häufiger im Rahmen der Aufstellung von gesamtstädtischen Flächennutzungsplänen zur Prüfung potenzieller neuer Bauflächen genutzt und in Bewertungsverfahren angewendet. Hierzu wird berichtet, dass diese Bewertungsschritte zur Optimierung der Planungen beitragen, in dem ggf. Bauflächen verkleinert oder auf bestimmte Bauflächen verzichtet wird.

Die Ergebnisse der Umweltprüfung fließen in den Umweltbericht zum Flächennutzungsplan ein, der neben der Darstellung und Bewertung der Auswirkungen der Planungen auch die durchgeführten Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung und zum Ausgleich von Umweltauswirkungen umfasst.

Seltener, aber auch mit steigender Tendenz, werden konkrete Planungsvorhaben mit Hilfe klimatischer Modellierungen untersucht und ggf. die Planungen optimiert. Auch dies fließt inklusive der Darstellung der Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung und zum Ausgleich von Umweltauswirkungen in den formalen Umweltbericht ein.

I.4.4 Einbindung in Planungs- und Entscheidungsprozesse

Die Erstellung und Anwendung der Klimamodelle erfolgt zumeist durch die Umweltämter bzw. Fachabteilungen und nicht durch die Planungsämter. Die Umweltämter sind insofern die formalen Prozessbeteiligten für stadtklimatische Fragestellungen in Planungs- und Entscheidungsprozessen und erstellen dabei sowohl konkrete Hinweise zur Planungsoptimierung als auch die formalen Prüfleistungen für die Umweltprüfung gem. BauGB. Den Umweltämtern ist dabei aus fachlicher Sicht die frühzeitige Einbringung von klimatischen Aspekten besonders wichtig, um zu einer Anpassung der Planungsvorhaben an die klimatischen Rahmenbedingungen beizutragen (denen allerdings häufig nicht gefolgt wird, wie kritisch angemerkt wird).

Strukturell sind die Umweltämter in den meisten Kommunen in einem vom Planungsamt getrennten Dezernat und Amt verortet. Insofern wird die Kommunikation durch die Modellkommunen im Projekt KliMoPrax häufig als formal beschrieben. In den wenigen Kommunen mit einer näheren Verortung innerhalb eines Dezernats wird dagegen auf die gute Kommunikation untereinander und einen kollegialen Austausch in der Planung verwiesen, der durchaus zur Verbesserung der Planungsqualität (aus stadtklimatischer Sicht) beiträgt.

Stadtklimatische Fragestellungen werden in den Modellkommunen auf verschiedenen Ebenen sowohl bei der Steuerung als auch der Prüfung der Planungsvorhaben berücksichtigt:

- zur Steuerung grundsätzlicher Standortentscheidungen auf der Ebene der Strukturplanung bzw. vorbereitenden Planung auf der Basis der vorliegenden gesamtstädtischen Stadtklimaanalysen/ Klimafunktionskarten im Abwägungsprozess,
- zur Optimierung bei der weiteren Konkretisierung der Planung,
- als Vorgabe im Vorfeld städtebaulicher Wettbewerbe, um stadtklimatische Eingangsbedingungen für die Auslobung zu definieren,
- zur Prüfung der Vorhaben im Rahmen formaler Verfahrensschritte im Bauleitplanverfahren wie der Umweltprüfung und den formalen Beteiligungsschritten gem. § 4 BauGB.

Sofern durch die Planungsämter stadtklimatische Gutachten ausgeschrieben oder von privaten Planungsträgern eingefordert werden, sind die fachlich zuständigen Ämter zumeist beteiligt und können ihre Anforderungen formulieren.

Die stadtklimatischen Anforderungen fließen in den beschriebenen Planungsfällen in das formale Abwägungsverfahren gem. BauGB ein. Einschränkend wird festgestellt, dass als Ergebnis des Abwägungsprozesses nicht alle Forderungen auch umgesetzt werden (können) und anderen Planungsbelangen Vorrang gegeben wird.

Eine Beteiligung lediglich im Rahmen formaler Verfahrensschritte hat aus Sicht der kommunalen Akteur*innen den Nachteil, dass zu diesem Verfahrenszeitraum die Planungsideen und Planungsinhalte bereits weit fortgeschritten und verfestigt sind. Anpassungen der Planung an stadtklimatische Anforderungen lassen sich dann kaum noch integrieren, da sie im Zweifelsfall sogar die Umplanung oder sogar Neuplanung eines Vorhabens erfordern würden. Die Definition und Umsetzung von klimatischen Ausgleichsmaßnahmen spielt in den beteiligten Kommunen eine eher untergeordnete Rolle.

Bei Nachverdichtungsprozessen im Siedlungsbestand ist problematisch, dass Genehmigungsverfahren in vielen Fällen auf der Basis von § 34 BauGB im (einfachen) Genehmigungsverfahren stattfinden (Bauen im unbeplanten Innenbereich). Den Bauwilligen steht die Genehmigung des Vorhabens grundsätzlich zu, wenn sich das Vorhaben nach „Art und Maß der baulichen Nutzung, der Bauweise und der Grundstücksfläche, die überbaut werden soll, in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist. Die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse müssen gewahrt bleiben." (§ 34 Abs. 1 BauGB). Den Kommunen stehen zumeist wenige Steuerungsmöglichkeiten für eine klimaverträgliche Gestaltung offen. Zwar wird die Umweltverwaltung bei großen Vorhaben beteiligt und kann durchaus auch Anpassungen an die klimatischen Verhältnisse bewirken, bei der Vielzahl der kleineren Vorhaben, in denen die Umweltverwaltung nicht beteiligt wird, kann sie jedoch wenig Einfluss auf diesen quantitativ durchaus bedeutsamen Handlungsbereich ausüben.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine intensive Zusammenarbeit fand sowohl mit den sieben Praxiskommunen, mit dem Verbundvorhaben UseUClim und den Projektpartnern in den Modulen A und B, als auch mit der in Modul C eingerichteten Steuerungsgruppe sowie mit der interessierten Fachöffentlichkeit statt.

I.5.1 Praxiskommunen und Dialogwerkstätten

Die unmittelbare Zusammenarbeit mit den Fachgebietsleiter*innen und Sachbearbeiter*innen der kommunalen Praxispartner war ein wesentlicher Bestandteil des KliMoPrax-Projektes, um die Anforderungen an ein praxistaugliches Modell zu entwickeln, dessen Anwendbarkeit zu testen sowie aus Nutzersicht zu evaluieren. Als Praxispartner von KliMoPrax waren anfangs sechs Kommunen beteiligt; die Landeshauptstadt Stuttgart konnte nach Projektbeginn als zusätzlicher Praxispartner gewonnen werden:

- Bundeshauptstadt Berlin
- Bundesstadt Bonn
- Stadt Essen
- Hansestadt Hamburg
- Stadt Karlsruhe
- Landeshauptstadt München
- Landeshauptstadt Stuttgart

Mit diesen sieben Kommunen führten die Projektpartner von KliMoPrax im Rahmen von AP2 „Testanwendungen und Evaluation" in einem individuellen Dialogprozess zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von jeweils einer Testanwendung durch, welche die Anwendung des neuen Stadtklimamodells

für die Beantwortung einer konkreten, spezifischen Fragestellung nutzte, um zur bedarfs- und anforderungsgerechten Entwicklung des Stadtklimamodells beizutragen.

Der Kommunikationsprozess mit den Kommunen verlief in drei Stufen: Ausgangspunkt war in jeder der sieben Kommunen eine Dialog-Werkstatt „Roundtable" zur Identifikation möglicher Nutzungssituationen. Auf diese folgte eine Dialog-Werkstatt „Lernlabor" zur fachlichen Erörterung der Nutzungssituationen für eine erfolgreiche Durchführung der Testanwendung. Die Dialog-Werkstatt „Evaluation" zur Auswertung der Ergebnisse und Gegenüberstellung von Aufwand und Mehrwert der Anwendung schloss den Dialogprozess ab.

Darüber hinaus fanden weitere Dialog-Veranstaltungen mit weiteren interessierten Kommunalvertreter*innen statt:

- Start-Workshop Modul C im Maternushaus Köln, 22.11.2016
- Expertenwerkstatt für Kommunen „Stadtklimamodelle in der Anwendung" am Deutsches Institut für Urbanistik in Berlin, 28.11.2018
- Abschlussveranstaltung „Stadtklimamodelle in der Anwendung" im Deutschen Fußballmuseum in Dortmund, 14.03.2019

An diesen Veranstaltungen haben sich insgesamt 20 weitere Kommunen und Kommunenverbände beteiligt, um sich über die Erkenntnisse und Ergebnisse des Verbundvorhabens zu informieren und eigene Erfahrungen und Anmerkungen in den Arbeitsprozess einzubringen.

I.5.2 Zusammenarbeit mit UseUClim im Rahmen von Modul C

Im Rahmen von Modul C wurde neben KliMoPrax mit UseUClim eine gemeinsame Verbundstruktur geschaffen, um durch vielseitige, sich ergänzende Ansätze eine möglichst umfassende Herangehensweise zur Überprüfung der Praxis- und Nutzertauglichkeit zu gewährleisten. Mit dem Nutzer- und Anforderungskatalog (NAK) und dem abschließenden Evaluationsbericht erarbeiten beide Verbundvorhaben gemeinsam zentrale

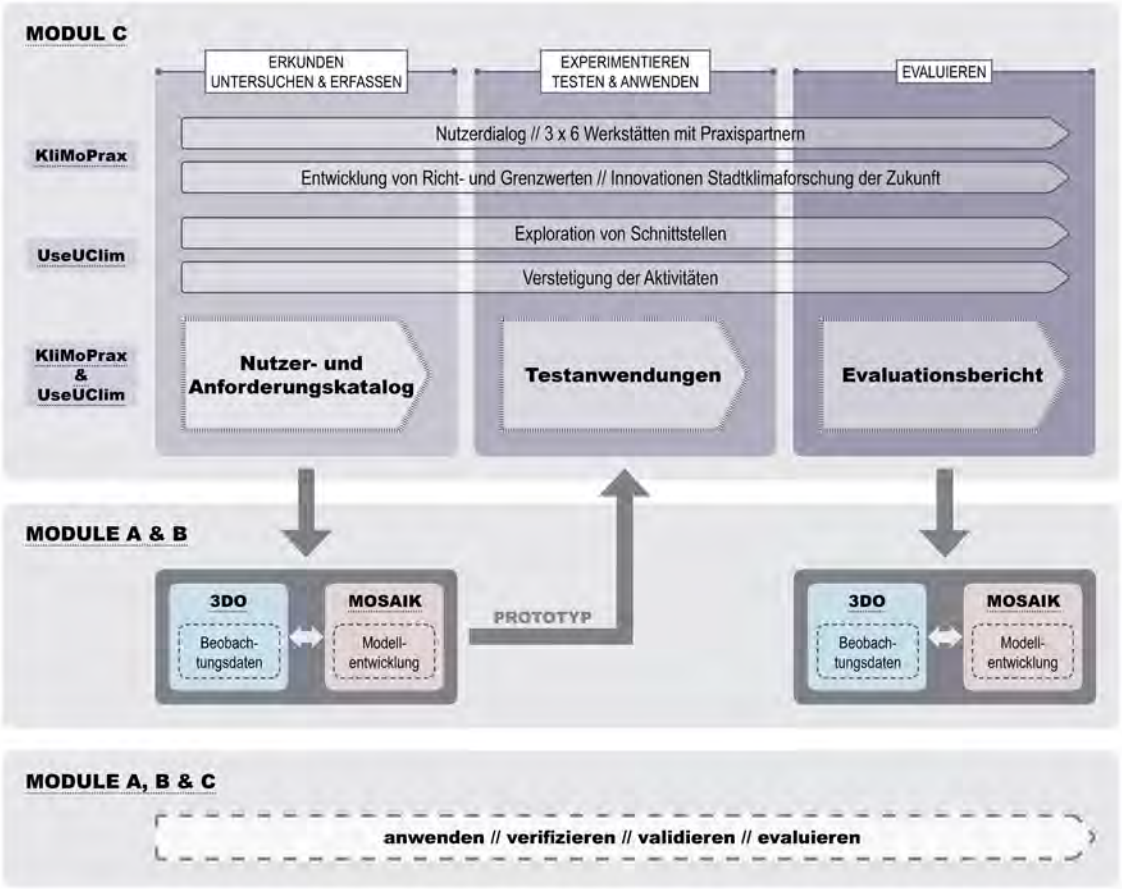

Abbildung I.5.1: Die Schnittstellen von KliMoPrax und UseUClim mit den Modulen A und B. © B. Steuri

Produkte. Die wesentlichen Arbeitsphasen und Schnittstellen zwischen KliMoPrax und UseUClim und den Modulen A und B sind in Abbildung I.5.1 dargestellt.

Im Zuge von AP1 „Erstellung eines Anforderungs- und Anwendungskatalogs im Dialog mit den zukünftigen Nutzer*innen" wurden neben den von KliMoPrax eingesetzten methodischen Ansätzen in UseUClim weitere Ansätze (u. a. Stakeholder-Analysen, Online-Umfragen, Literatur- und Projektrecherchen sowie Vor-Ort-Schulungen) eingesetzt, um einen gemeinsamen NAK zu erstellen. Sowohl die Erläuterungen zum NAK als auch die Strukturierung der Anforderungen in Kategorien wurden mit Partnern aus KliMoPrax und UseUClim entworfen, weiterentwickelt und finalisiert. Durch die gemeinsame Erarbeitung war eine umfassende und detailliertere Identifikation und Untersuchung der Anforderungen aus unterschiedlichen Anwenderperspektiven möglich. Durch die Zusammenarbeit mit UseUClim sind zudem die Erfahrungen und Anforderungen der UseUClim-Praxispartner

- Stadt Dresden,
- Stadt Chemnitz,
- Stadt Leipzig,
- SWECO GmbH, Hannover

in die gemeinsamen Modul-C Arbeiten eingeflossen. Gleichermaßen fand die Zusammenarbeit zur Entwicklung des Evaluationsberichts statt. Die Praxistauglichkeit konnte durch die verschiedenen thematischen Vorarbeiten und verwendeten Methoden aus verschiedenen Blickwinkeln bewertet werden. Zur Koordination des Evaluationsprozesses in Modul C wurde frühzeitig ein gemeinsames Vorgehen entwickelt. In regelmäßigen Treffen wurde der Fortschritt bei der Evaluation diskutiert und aus den Ergebnissen der beiden Konsortien eine Synthese zur gemeinsamen Modul-C Bewertung gebildet.

Die Arbeiten der Verbundprojekte zur Überprüfung der Praxistauglichkeit nahmen außerdem einen gemeinsamen Start- und Schlusspunkt. So gestalteten UseUClim und KliMoPrax gemeinsam einen Start-Workshop und eine Abschlussveranstaltung. Darüber hinaus bereiteten UseUClim und KliMoPrax Beiträge für Verbundvorhabenweite Veranstaltungen wie die Jahrestreffen mit Modul A und Modul B gemeinsam vor und betreuten gemeinsam die Internetpräsenz von Modul C.

I.5.3 Steuerungsgruppe von Modul C

Gemeinsam mit UseUClim wurde eine Steuerungsgruppe in Modul C aufgebaut, die im Laufe des Projekts in vier Sitzungen die Entwicklungen der Forschungsprojekte KliMoPrax und UseUClim in kritisch-konstruktiver Weise begleiteten, Impulse und Empfehlungen gaben und so dazu beitrugen, die wissenschaftliche Qualität und die Umsetzungsrelevanz des Stadtklimamodells im Gesamten und der verschiedenen Arbeitsbereiche im Einzelnen zu sichern. So wurden das Konzept und die Ergebnisse des Nutzer- und Anforderungskatalogs, des Dialogprozesses, Testanwendungen, sowie die Entwicklungen in Modul A und Modul B im Rahmen der Steuerungsgruppensitzung vorgestellt und diskutiert.

Als Mitglieder der Steuerungsgruppe beteiligten sich folgende renommierten Fachleute aus der anwendungsorientierte Wissenschaft und Praxis (Politik, Verwaltung und Wirtschaft):

- Prof. i. R. Dr. Wilhelm Kuttler (Universität Duisburg-Essen), Vorsitzender und Sprecher
- Prof. Dr. Jürgen Baumüller (Universität Stuttgart)
- Dr. Wolfgang Beckröge (Regionalverband Ruhr)
- Dr. Fabian Dosch (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung)
- Dr. Otto Heimbucher (Stadt Nürnberg)
- Carina Holl (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz)
- Antje Kruse (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW)
- Frank Meyer (Stadt Wuppertal)
- Matthias Peck (Stadt Münster)
- Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott (Hochschule Offenburg)
- Dr. Fritz Reusswig (Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
- Werner Sommer (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft)
- Axel Welge (Deutscher Städtetag)
- Dr. Matthias Welpmann (Stadt Neuss)

I.5.4 Zusammenarbeit mit Modul A und Modul B

Die Fördermaßnahme war vom Fördermittelgeber so angelegt, dass die drei Module quasi synchron bearbeitet werden sollten. Dadurch war von Anfang an eine enge Verzahnung der drei Module erforderlich. Dies äußerte sich in regelmäßigem Austausch über die aktuellen Entwicklungen, beispielsweise im Rahmen von Koordinatorentreffen, Steuerungsgruppetreffen, einer Expertenwerkstatt und drei Jahrestreffen.

Konkrete Zusammenarbeit fand im Rahmen von AP1 „Erstellung eines Anforderungs- und Anwendungskatalogs im Dialog mit den zukünftigen Nutzer*innen“ intensiv statt. Dabei führte KliMoPrax in Zusammenarbeit mit UseUClim einen Dialog mit Partnern aus Modul A, in dem die Bedarfe und Erwartungen der kommunalen Anwender an das Modell präsentiert, offene Fragen geklärt, uneindeutige Anforderungsformulierungen spezifiziert und mit Blick auf die Umsetzbarkeit durch Modul A an die kommunalen Partner zurückgespiegelt und überarbeitet wurden.

Die Vorbereitung und Durchführung der Testanwendungen in den beteiligten Kommunen gaben umfangreiche Gelegenheit zum Austausch und zur Übermittlung von Erfahrungen, Fehlern und Verbesserungsvorschlägen an die Modellentwicklung.

Zusammenarbeit fand außerdem im Rahmen der Arbeitsgruppe „GUI“ statt, die sich mit der Entwicklung einer webbasierten Benutzeroberfläche auseinandersetzte und dabei wesentlich den Dialog zwischen Modellentwicklern aus Modul A und den praktischen Nutzungsanforderungen aus Modul C förderte.

II Eingehende Darstellung

II.1 Erarbeitung eines Nutzer- und Anforderungskatalogs in Dialog (AP1)

Auszug aus: Weber, B., Steuri, B. (Eds.) Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U. Finale Version, Mai 2019.

Der Nutzer- und Anforderungskatalog (NAK) ist ein gemeinsames Produkt der Projektverbünde KliMoPrax und UseUClim. Die im vorliegenden Schlussbericht des Verbundvorhabens KliMoPrax vorgestellte Version des Nutzer- und Anforderungskatalogs fokussiert auf die im Rahmen des KliMoPrax-Projektes durchgeführten Aktivitäten. Weitere Aktivitäten des UseUClim-Projektes können dem Originaldokument entnommen werden, das auf dem Modul C Homepage unter https://uc2-klimoprax-useuclim.org/ online zur Verfügung steht.

II.1.1 Einführung

Innerhalb des [UC]²-Programms übernimmt Modul C unter anderem die Aufgabe, die Anforderungen der Nutzer*innen an ein neues Stadtklimamodell bzw. an die Stadtklimamodellierung zu identifizieren, zu formulieren und in einem Katalog übersichtlich zusammenzustellen. In diesem Katalog werden alle aus Sicht heutiger und zukünftiger Nutzer*innen erforderlichen Anforderungen zusammengestellt, dokumentiert, gebündelt und strukturiert, damit der Einsatz von PALM-4U zielgerichtet und alltagstauglich in Stadtentwicklungsprozessen erfolgen kann. Der NAK dient als Grundlage, PALM-4U auf Praxistauglichkeit zu prüfen. Praxisnähe und Benutzerfreundlichkeit sind dabei die wesentlichen Zielsetzungen für die Entwicklung des neuen Stadtklimamodells PALM-4U.

Adressaten des NAK sind in erster Linie die beteiligten Wissenschaftler*innen der Modellentwicklung in Modul A und der Validierung in Modul B.

Vorgehensweise
Die Erarbeitung des NAK erfolgte gemeinsam von beiden Konsortien KliMoPrax und UseUClim durch drei wesentliche, überwiegend parallel verlaufende Arbeitsschritte:

1. Die Bestandsaufnahme und Abfrage heutiger und zukünftiger Bedarfe, Verfügbarkeiten, Nutzungssituationen, Ressourcen, Erwartungen und Interessen bei den Praxispartnern, u. a. durch Nutzerdialoge, Online-Befragungen und Interviews;
2. Die Erfassung, Erarbeitung, Analyse und Strukturierung von Rahmenbedingungen, heutigen und zukünftigen Nutzungssituationen, Nutzer*innen und Nutzungskonstellationen sowie ersten konkreten Anforderungen durch Literaturrecherche und auf Basis des Expertenwissens und der Erfahrungen der beteiligten Verbundpartner; und
3. Die systematische Beschreibung und Analyse der definierten Nutzungssituationen und relevanten Schnittstellen (Hardware, Software, zwischen Modell und Nutzer, zu weiteren Modellen, prozessual, organisatorisch usw.) und nachfolgende Ableitung entsprechender Anforderungen an ein neuartiges Stadtklimamodell.

Sowohl die Erläuterungen zum NAK als auch die Strukturierung der Anforderungen in Kategorien wurden im Oktober und November 2016 mit allen Partnern aus den Modul C-Konsortien KliMoPrax und UseUClim entworfen, in der Steuerungsgruppe am 09.11.2016 zur Diskussion gestellt, im Januar und Februar 2017 weiter konkretisiert und in Abstimmung mit den Modul C-Partnern im Juni 2017 abgeschlossen. Diese Version wurde an die Partner aus den Modulen A und B übergeben, um von diesen jeweils eine fachlich fundierte Einschätzung der Umsetzbarkeit der im tabellarischen NAK zusammengestellten Anforderungen zu erhalten. Der tabellarische NAK (Teil 1) wurde den Modulen A und B zusätzlich in einer Excel-Datei übergeben, um leichter rückmelden zu können, ob die Anforderungen durch PALM-4U erfüllt werden. Zudem ermöglicht dies allen Partnern eine übersichtliche Handhabung und Filterung von Anforderungen. Im November 2017 erfolgte zwischen den Modulen A, B und C eine Diskussion offener Fragen und die eindeutige Formulierung unspezifischer Anforderung. Darauf aufbauend erstellte Modul C im Januar 2018 eine überarbeitete Fassung der Tabelle sowie eine redaktionelle Überarbeitung der Erläuterungen. Im weiteren Projektverlauf konnten einzelne Anforderungen im tabellarischen NAK ergänzt werden. Damit entstand im Mai 2019 die finale Version des NAK.

Der NAK ist ein zentrales Produkt im Modul C. Er ist in zwei Teile gegliedert – der erste umfasst die tabellarisch erfassten Anforderungen, der zweite die dazugehörenden Erläuterungen. Im tabellarischen Katalog sind 240 Anforderungen erfasst. Diese sind den fünf Kategorien „Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen“, „Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen“, „Eingangsdaten“, „Ausgabedaten“ und „User Interface“ zugeordnet. Die ‚Erläuterungen zum NAK‘ (Teil 2) geben eine Übersicht über die Funktionen, Zielsetzungen und Adressaten, sowie über die Erarbeitungsmethoden und die Erläuterung der fünf verschiedenen Kategorien von Anforderungen an ein neuartiges Stadtklimamodell aus der Nutzerperspektive.

II.1.2 Zielsetzung und Zweck des Nutzer- und Anforderungskatalogs

Der Nutzer- und Anforderungskatalog ...

- dient als **Werkzeug zur Zusammenführung der Anforderungen** der Kommunen und weiterer Akteur*innen in der Stadtentwicklung an die Entwickler von PALM-4U;
- ist eine „Zusammenfassung“, um die Entwicklung von PALM-4U auf die Nutzerbedürfnisse abzustimmen;
- greift **aktuelle Aufgaben, Rahmenbedingungen und Herausforderungen** der Kommunen auf;
- ist damit eine „Übersetzung“ der kommunalen Anliegen für die Entwickler von PALM-4U;
- wird an die Entwickler von PALM-4U (Modul A: Modellentwicklung) und an die technisch-wissenschaftliche Evaluierung (Modul B: Beobachtungsdaten und Modellevaluierung) überreicht, sodass diese die Anforderungen bzgl. Ihrer Umsetzbarkeit bewerten und im weiteren Projektverlauf umsetzen können;
- berücksichtigt die **möglichen Weiterentwicklungen** von PALM-4U in der Zukunft.

II.1.3 Rahmensetzungen für die Erarbeitung von Anforderungen

Anforderungen gemäß BMBF-Bekanntmachung
Bislang gibt es kein geeignetes Stadtklimamodell für ganze Großstädte und Stadtregionen, welches dennoch gleichzeitig eine hohe räumliche Auflösung von Gebäuden, Straßenschluchten und Straßenbäumen ermöglicht. Aus Sicht der Praxis werden neue, leistungsfähigere und einfach bedienbare Werkzeuge benötigt, um stadtklimatische, lufthygienische und klimawandelbezogene Analysen für den urbanen Bereich durchzuführen und Simulationsergebnisse in geeigneter Auflösung zu liefern. Das Ziel des Programms ist es daher, ein praxistaugliches Stadtklimamodell zu entwickeln. Die Praxistauglichkeit soll nach verschiedenen **Kriterien** erarbeitet und bewertet werden. Dazu gehören zum Beispiel, dass Simulationsergebnisse leicht **verständlich**, einfach interpretierbar und für die Nutzer*innen **nachvollziehbar** und **überprüfbar** sein sollen, so dass sie passfähig für städtebauliche, freiraumplanerische, stadtklimatische, gesundheitliche und andere Belange der Siedlungsentwicklung sind. Neben einer einfach zu bedienenden **Benutzeroberfläche** sollen **digitale Gelände- und Gebäudemodelle** verarbeitet werden können.

Zusammen mit weiteren Kriterien gibt dieses Gerüst den Rahmen vor, in dem sich die Erhebung, Analyse und Zusammenfassung der Bedarfe der Nutzer*innen bewegen muss. Damit soll gewährleistet werden, dass die Anforderungen an die Entwicklung von PALM-4U zielgerichtet zusammengestellt und den Entwicklern aus Modul A und B übergeben werden.

Insbesondere im Hinblick auf die Praxistauglichkeit ist es unabdingbar, dass die Module A und B die Anforderungen im weiteren Projektverlauf übernehmen und umsetzen.

Darüber hinaus gibt es diverse weitere Anforderungen aus der Praxis, sowohl im Zusammenhang mit der Integration von Analysen zu Klima und Luftqualität in Entscheidungsprozessen der Stadtentwicklung, als auch mit den erforderlichen Anforderungen und Voraussetzungen auf der Seite der zukünftigen Nutzer*innen (Institutionen und Personen). Da diese Bedarfe jedoch über das hier definierte Ziel der Sammlung von Anforderungen für die Entwicklung von PALM-4U hinausgehen, ist deren Erfassung nicht Bestandteil dieses Nutzer- und Anforderungskatalogs, sondern werden im Rahmen der Anwendungstests weiter verfolgt und in weiteren Modul C-Produkten, bspw. dem Evaluationsbericht zur Nutzung des Modells, festgehalten.

Rahmensetzende Normen und Richtlinien

Open Data Policy
Das bedeutet, dass die Daten frei verfügbar und nutzbar sind, um Transparenz zu fördern und potenziellen Nutzer*innen Anwendungsdaten bereit zu stellen. Auf das Urheberrecht wird damit verzichtet.

Open Source
PALM-4U wird als Open Source-Software zur Verfügung gestellt und gewährt so eine umfassende Nutzbarkeit, welche auch die Bearbeitungserlaubnis für die Software beinhaltet. Die Software wird kostenfrei und als offener Quelltext unter der GNU General Public License (v3) angeboten.

Freeware
Die Benutzeroberfläche wird als Freeware zur Verfügung gestellt, die unabhängig vom Betriebssystem über das Internet bedienbar ist. Die Benutzeroberfläche wird für die Benutzer*innen dauerhaft kostenfrei zugänglich sein, um so die uneingeschränkte Nutzung von PALM-4U zu gewährleisten.

Normen und Richtlinien
Des Weiteren sind folgende rahmensetzende Normen und Richtlinien nach dem Verband Deutscher Ingenieure (VDI) zur **Umweltmeteorologie** und zu den **Meteorologischen Grundlagen für die technische Gebäudeausrüstung** zu berücksichtigen:

- VDI 3783 (Blätter 6, 9, 10, 16)
- VDI 3785 (Blätter 1, 2)
- VDI 3786 (Blatt 1)
- VDI 3787 (Blätter 1, 2, 5, 9, 10)
- VDI 4710 (Blätter 1, 2, 3, 4)

Innerhalb der VDI-Umweltmeteorologie gibt es Unterarbeitsgruppen, die sich mit folgenden Themen beschäftigen:

- Richtwerte für thermische Belange
- Stadtentwicklung im Klimawandel

Darüber hinaus müssen folgende Gesetze beachtet werden:

Umweltverträglichkeitsgesetz (UVPG) mit Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)
Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung müssen Vorhaben, Projekte, Pläne und Programme hinsichtlich ihrer Auswirkung u. a. auf das Schutzgut Klima bewertet werden, um dieses vor vorhersehbar schädlichen Auswirkungen zu schützen.

Baugesetzbuch (BauGB)
Klimanovelle 2011, die die Berücksichtigung des Klimaschutzes und der Klimaanpassung für die Flächennutzungsplanung (FNP) und die Bauleitplanung (B-Pläne) regelt.

Gebrauchstauglichkeit der grafischen Benutzeroberfläche (GUI)
Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Grundlagen der Dialoggestaltung sind in der DIN 9241 (Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten) beschrieben. Sie definiert in Teil 9241-10 Grundsätze für die Gestaltung von Benutzungsschnittstellen. In Teil 9241-171 sind Anforderungen und Empfehlungen für die barrierefreie Gestaltung von Software definiert.

II.1.4 Funktionalitäten des neuen Stadtklimamodells PALM-4U

PALM-4U soll aus der Sicht der Nutzer*innen und der Experten für Stadtklima, Klimawandel, Luftqualität und Klimavorsorge in Modul C folgende Funktionalitäten aufweisen:

- Planungs-, Prüfungs- und Genehmigungsprozesse in der Stadtentwicklung und Stadtplanung (Stadtklima), inkl. Umweltprüfungen/Umweltberichte
  - Regionalplanung
  - Bauleitplanung (B-PLAN, FNP), Grünordnungspläne
  - Landschafts(rahmen)pläne
  - vorbereitende Untersuchungen zu städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen und städtebaulichen Entwicklungskonzepten für Stadtumbaugebiete
  - kommunale Masterpläne, Stadt-, Quartiers- und Freiraumentwicklungskonzepte
  - Stadtklimagutachten, Planungshinweiskarten
  - Planung und Genehmigung von größeren oder kumulierenden Bauvorhaben
  - Baugenehmigungsverfahren
- Konzeptionen der Grün- und Freiraumentwicklung und -nutzung im Hinblick auf die Hitzeanfälligkeit von
  - Biotopentwicklungen, Biotopverbünden
  - Land- und Forstwirtschaft, insbesondere bei Sonderkulturen und Tierhaltung
  - Grünflächenplanung (Lage und Konzeption), Grünflächenunterhaltung
- Berechnung und Monitoring der Luftqualität bzw. Schadstoffbelastung (inkl. Genehmigungen von Industrieanlagen/Immissionsschutz)
  - Erstellung von Luftreinhalteplänen, Aktionsplänen zur Luftreinhaltung; Abschätzung der Wirkung emissionssenkender Maßnahmen
  - Ausbreitung, Verbleib und ggf. Steuerung verkehrsbedingter Luftschadstoffemissionen

- Umweltprüfung (UP)/Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für Pläne, Programme und Vorhaben (Straßen, Anlagen, genehmigungspflichtige Anlagen gem. BImSchV)
- Real-time – Bereitstellung von Informationen zu gesundheitsrelevanten Indizes oder Schadstoffen (z. B. Ozon, Feinstaub, NO_x)
- Minimierung der Belastung entlang typischer Schadstoff-Trajektorien durch Steuerungsmaßnahmen (bspw. für Schulwege, entweder durch gezielte Verlegung der Wegstrecken oder durch gezielte räumlich-zeitliche Minderung der die Belastung auslösenden Faktoren, bspw. durch eine dynamische Lenkung des lokalen Verkehrs)

- Dynamische Untersuchungen zu speziellen Stadtklimafragestellungen (bis zu real-time) unter Verwendung zeitlich hochaufgelöster Daten (meteorologisch, Messwerte der lokalen Ist-Situation Klima, Luft, Verkehr, Verkehrsbevölkerung usw.) und zur detaillierten Klimafolgenabschätzung (Klimaanpassung)
- Downscaling regionaler Klimawandel-Projektionen zur Untersuchung möglicher Auswirkungen des Klimawandels in urbanen Räumen für die nahe Zukunft (2021–2050) und die ferne Zukunft (2071–2100)
- Katastrophenvorsorge, z. B.
  - Berechnung der Schadstoffbelastung und -ausbreitung im Großschadensfall
  - Simulation von Fluchtwegen mit einem Multiagentenmodell
- Vorsorge, Information, Sensibilisierung und Schutz von Bevölkerung, Unternehmen, Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen usw. vor den Folgen von Hitze und Trockenheit in Städten, u. a. durch
  - Standortwahl sozialer Einrichtungen (Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen, Schulen, Kindergärten u. ä.) für sensible Personengruppen
  - Klimaoptimierte Wegeführung für sensible Personengruppen
  - Hitzevorsorge-konforme Haltestellenanlagen und Abstellanlagen für den ÖPNV
  - Maßnahmen zur Vermeidung der Ausbreitung von Vektoren und hitzeaffinen Krankheiten (bspw. Zecken, Anopheles-Mücke, Tigermücke, Malaria, Borreliose, …)
- Energetische und gesundheitliche Optimierung von Gebäuden, Gebäudegruppen und Quartieren durch Wahl z. B. der Baumaterialien, Fensteröffnungen, Begrünung, Funktionalität (Arbeiten, Schlafen, Wohnen)
- Planung und Steuerung von
  - Verdunstungs- und Bewässerungseinrichtungen in Siedlungsgebieten,
  - Verkehrsanlagen und -management
  - Energiedargeboten zur Kühlung und Wärmeversorgung

II.1.4.1 Vorgehensweise und Zeitplan zur Erstellung des Katalogs

Die Erstellung des finalen Nutzer- und Anforderungskatalogs erfolgte zeitlich in drei Abschnitten:

- Ein erster Entwurf (1. Draft) des NAK, der Methoden und Vorgehensweise zur Erarbeitung von Anforderungen sowie deren Strukturierung und den Aufbau des eigentlichen, tabellarisch aufgebauten Katalogs beschreibt, wurde im April 2017 vorgelegt (Meilenstein M1).
- Die Ergebnisse von UseUClim und KliMoPrax aus den ersten Dialogwerkstätten (KliMoPrax), Recherchen (UseUClim), Befragungen und anderen Erhebungen sowie den (Schnittstellen-) Analysen wurden bis April 2017 in konkrete Modellanforderungen ‚übersetzt', aus Expertensicht bewertet und zu einer zweiten, vorfinalen Entwurfsversion des NAK zusammengeführt, in einem weiteren Modul C-Workshop im Mai 2017 mit Projekt- und Praxispartnern diskutiert und schließlich Anfang Juli 2017 an die Module A und B übergeben (Meilenstein M2).
- Im abschließenden Arbeitsschritt wurde im 1. und 2. Quartal 2019 die finale Version des NAK erstellt (Meilenstein M6). In diese finale Version des NAK flossen die Ergebnisse der weiteren Dialogwerkstätten, der Testanwendungen bzw. Vor-Ort-Schulungen und der zugehörigen Evaluationen aus beiden Projekten KliMoPrax und UseUClim ein. Dabei wurden neue Anforderungen erhoben, die im tabellarischen NAK erfasst wurden.

II.1.5 Methoden zur Erarbeitung und Erhebung von Anforderungen an das neue Stadtklimamodell PALM-4U

II.1.5.1 Methode zur Anforderungserarbeitung und -erhebung

In dem gemeinsamen NAK des Moduls C werden durch die beteiligten Konsortien die aus Sicht der (kommunalen) Praxis im Allgemeinen und der individuellen Nutzer*innen im Besonderen erforderlichen bzw. sinnvollen Anforderungen an ein neues Stadtklimamodell zusammengestellt. Wesentliche Zielsetzungen und übergeordnete Anforderungen sind die Praxistauglichkeit und Nutzerfreundlichkeit eines solchen neuen Stadtklimamodells.

Die beiden Konsortien in Modul C verfolgten unterschiedliche Methoden, um diese Anforderungen zu ermitteln, zu analysieren und hinsichtlich ihrer breiten Anwendbarkeit zu bewerten.

Im Konsortium KliMoPrax wurden die folgenden Methoden zur Erarbeitung bzw. Erfassung von Anforderungen an das Modell PALM-4U eingesetzt:

- **Analyse der Nutzergruppen, Nutzer*innen und weiteren Akteur*innen**, um sowohl mögliche Nutzergruppen und individuelle Nutzer*innen eines neuen Stadtklimamodells als auch weitere Akteur*innen zu identifizieren, die an der zukünftigen Nutzung von PALM-4U beteiligt, von dessen Anwendung und Ergebnissen betroffen oder anderweitig an der Nutzung des Modells oder der Ergebnisse interessiert sein können.
- **Identifizierung und Ausdifferenzierung von ‚Nutzungssituationen' (NuSi)**, in denen PALM-4U in kommunalen Planungs-, Prüfungs-, Genehmigungs-, Entwicklungs- und anderen Prozessen eingesetzt werden soll.
- **Identifizierung und systematische Analyse der Schnittstellen** zwischen Modell, Benutzeroberfläche (GUI), Nutzer, Bediener, Daten (aller Art), Modellergebnissen und den verschiedenen Umgebungsbedingungen auf Basis der definierten Nutzungssituationen (weitere Informationen zu Nutzungssituationen und zur Schnittstellenanalyse: s. Kap. II.1.6.2).
- **Erheben von Anforderungen im Rahmen des KliMoPrax-Nutzerdialogs** in Form von drei Dialogwerkstätten (Roundtable, Lernlabor, Evaluation, s. Kap. II.2.1.1.2).
- **Erhebung von Anforderungen durch Einzelinterviews** mit ausgewählten Experten der Praxispartner und anderer Institutionen.
- **Testanwendungen** bei jedem Praxispartner zu spezifischen Nutzungssituationen und stadtklimatischen Fragestellungen mit einem ersten Prototyp von PALM-4U erbringen weitere wichtige Hinweise zum Nutzer- und Anforderungskatalog. Ziel der Testanwendungen war es festzustellen, inwieweit die bearbeiteten Fragestellungen mit PALM-4U hinreichend beantwortet werden konnten und inwieweit die Praxistauglichkeit und Nutzerfreundlichkeit von PALM-4U und seiner Nutzeroberfläche gegeben ist.

Als abschließender Arbeitsschritt lieferte die **gemeinsame Evaluation der Umsetzung der Anforderungen** noch einmal wichtige Hinweise zur finalen Version des Nutzer- und Anforderungskatalogs.

Vorgehensweise und Zeitplan zur Erarbeitung des Nutzer- und Anforderungskatalogs, zur Diskussion der Zwischenstände mit den Vertreter*innen der Module A und B, den KliMoPrax- und UseUClim-Praxispartnern und der Modul C-Steuerungsgruppe wie auch zur Evaluation der Umsetzung der Anforderungen zum Abschluss der Förderphase sind in Kap. II.1.4.1 beschrieben.

II.1.5.2 Inhaltliche Darstellung der Anforderungen

Damit der NAK eine geeignete Basis für nachfolgende Schritte bildet, muss er bestimmten Qualitätskriterien genügen. Gemäß dem Standard ISO/IEC/IEEE 29148:2011 sollte ein Dokument, das Anforderungen bspw. an ein Softwareprodukt formuliert, folgende Qualitätskriterien erfüllen (Pohl et al., 2015):

- **Eindeutigkeit**, sodass die einzelnen Anforderungen nur eine Deutung zulassen.
- **Klare Struktur**, damit das Dokument für alle Stakeholder gut lesbar ist.
- **Modifizierbarkeit und Erweiterbarkeit**, damit Anforderungen nachträglich angepasst, neu hinzugefügt oder entfernt werden können.
- **Vollständigkeit**, sodass sowohl sämtliche relevanten Anforderungen aufgeführt als auch die formalen Notwendigkeiten (Quellenangaben, Verweise, Abkürzungen, …) erfüllt sind.

- **Verfolgbarkeit (von Änderungen)**, damit der Anforderungskatalog mit vorangegangen beziehungsweise nachfolgenden Entwicklungsphasen in Beziehung gesetzt werden kann.

Die ermittelten Anforderungen werden tabellarisch formuliert und dokumentiert und in dieser Form an die Module A und B übergeben (s. Abbildung II.1.1). Durch die unterschiedlichen Spalten werden die Anforderungen sowohl klar strukturiert als auch umfassend festgehalten (Schienmann, 2002; BSI, 2017). Eine solche Tabelle kann bei Bedarf erweitert werden und zeichnet sich durch eine gute Lesbarkeit aus.

Insbesondere im Hinblick auf die Klassifizierung der Anforderungen ist es wichtig, dass pro Zeile nur eine Anforderung beschrieben wird. Die einzelnen Anforderungen sind in drei bis maximal fünf kurzen Sätzen und mit eindeutigen, unmissverständlichen Formulierungen beschrieben (Pohl et al., 2015).

Die **Relevanz** der einzelnen Anforderungen kann durch mehrere Parameter bestimmt werden, bspw. durch die vom BMBF veröffentlichten Punkte in der Bekanntmachung, die Antworten aus der Online-Umfrage oder das Feedback aus den Workshops mit den Nutzer*innen. Jede Anforderung wird bzgl. ihrer Realisierungspriorität einer der folgenden Prioritätsklassen zugeordnet:

- (+++) A = *essenziell*, zwingend zu realisierende Anforderungen, um die Praxistauglichkeit des Stadtklimamodells PALM-4U sicherzustellen;
- (++) B = *bedingt*, die Vernachlässigung einzelner Anforderungen dieser Klasse wird die Praxistauglichkeit des Stadtklimamodells PALM-4U nicht gefährden;
- (+) C = *optional*, die Nichtberücksichtigung dieser Anforderungen wird die Praxistauglichkeit des Stadtklimamodells PALM-4U nicht gefährden (IEEE, 1998).

Des Weiteren wird bei jeder einzelnen Anforderung vermerkt, wer für die Umsetzung **zuständig** ist:

- MOSAIK = Modul A (Modellentwicklung und Benutzeroberfläche);
- 3DO = Modul B (Beobachtungsdaten und Modellevaluierung).

II.1.5.3 Überprüfung der Umsetzung der Anforderungen in der laufenden Förderphase

Bereits im April 2017 wurden den Modulen A und B wesentliche Hinweise zu Funktionalitäten, Rahmensetzungen, potenziellen Nutzer*innen, Nutzungssituationen und Erwartungen der Praxispartner an PALM-4U vorgestellt. Eine vorfinale Version des Nutzer- und Anforderungskatalogs (2. Draft) wurde durch Modul C Anfang Juli 2017 fertig gestellt und an die Module A und B übergeben. Im Hinblick auf die Praxistauglichkeit ist es unumgänglich, dass die Module A und B die ihnen zur Verfügung gestellten Anforderungen nach der Bewertung der Umsetzbarkeit übernehmen und sowohl in die Modellentwicklung als auch in die Erhebung von Beobachtungsdaten integrieren.

Die große Bandbreite der festgehaltenen Anforderungen ist darin begründet, dass der NAK sämtliche integrierte Ergebnisse der teilweise separat durchgeführten analytischen und empirischen Arbeiten der

Tabellarischer Nutzer- und Anforderungskatalog // vorfinale Version
Stadtklima im Wandel
Modul C // KliMoPrax & UseUClim

Stand: 17. Januar 2018

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Relevanz	zuständig zur Umsetzung	Beschreibung Abnahmekriterien	Referenz	Umsetzbarkeit	Kommentare von MOSAIK
1	4.1	4.1-1	Das nSKM muss während des gesamten Planungs- und Bauprozesses wiederholt eingesetzt werden können. Bestehende Dateien müssen kontinuierlich mit aktuellen Daten erweitert und ergänzt werden können. Das heißt, mit Hilfe der GUI müssen die Eingangsdaten und Modellparameter in einem bereits aufgesetzten Modell fortlaufend angepasst und aktualisiert werden können.	+++	MOSAIK	Das nSKM kann während des gesamten Planungs- und Bauprozesses kontinuierlich dem aktuellen Planungsstand angepasst werden. Über die GUI können die Eingangsdaten und Modellparameter eines bestehenden Projekts bzw. einer bestehenden Simulation fortlaufend angepasst und aktualisiert werden.	Fraunhofer IBP, GERICS	-	Simulationsmodelle werden abgespeichert und können entsprechend erneut verwendet werden oder mit Veränderungen neu gerechnet werden.
2	4.1	4.1-2	Das nSKM muss mehrplatzfähig sein. Das heißt, die Software muss in der Lage sein, gleichzeitig auf mehreren vernetzten Arbeitsplätzen aufgerufen zu werden.	+++	MOSAIK	Das nSKM ist mehrplatzfähig und kann auf mehreren vernetzten Arbeitsplätzen gleichzeitig aufgerufen werden.	GERICS	+	Die Nutzeroberfläche sind somit auch der Zugriff auf das Modell ist mehrplatznutzenfähig.
3	4.1	4.1-3	Das nSKM muss von einem Rechner, der mit dem Windows-Betriebssystem läuft, über ein Webinterface angesteuert und betrieben werden können.	+++	MOSAIK	Das nSKM kann von einem Rechner, der mit dem Windows-Betriebssystem läuft, über ein Webinterface angesteuert und betrieben werden.	Dilu, GERICS		Palm-4U läuft ausschließlich unter Linux. Über ein Webinterface wird PALM-4U angesteuert und kann somit unter Windows betrieben werden. Eine Installation unter Windows ist jedoch nicht möglich.

Abbildung II.1.1 Gliederung des tabellarischen Nutzer- und Anforderungskatalogs (mit beispielhafter Anforderung) (Steuri et al. 2019a)

Verbundprojekte KliMoPrax und UseUClim enthält. Die Konsortialpartner in Modul C sind sich darüber im Klaren, dass nicht alle Anforderungen in der laufenden Förderphase umgesetzt werden können. Gleichwohl schreiben wir den folgenden Punkten eine große Bedeutung für die Praxistauglichkeit von PALM-4U zu: a) selbsterklärende, anwendungsbezogene Benutzeroberfläche, b) nachvollziehbare, gut verständliche Simulationsergebnisse, c) nutzbar auf PCs und d) dauerhaft frei zugängig für alle Interessengruppen.

Mit der Bereitstellung eines funktionsfähigen Prototyps von PALM-4U und der Benutzeroberfläche wurden die Schulungs- und Testanwendungen von UseUClim und KliMoPrax durchgeführt. Anhand ausgewählter Anwendungsbeispiele wurden in Kooperation mit den Praxispartnern sowohl die Nutzerfreundlichkeit als auch die Praxistauglichkeit von PALM-4U überprüft und die Umsetzung von Anforderungen mit Hilfe zuvor definierter Bewertungskriterien evaluiert.

Diese Evaluations- und Bewertungskriterien, die in gleicher Weise in beiden Modul C-Konsortien genutzt wurden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen wurden durch UseUClim erarbeitet. Die Kriterien enthielten sowohl Kriterien zur Evaluation der Umsetzung der Anforderungen des Nutzer- und Anforderungskatalogs, als auch Kriterien zur Bewertung der spezifischen Testanwendungen und -berechnungen bei den einzelnen Praxispartnern.

Nach Abschluss und Auswertung der pilotstadtspezifischen Schulungs- bzw. Testanwendungen und der zugehörigen Dialog-Werkstätten analysierten und integrierten UseUClim und KliMoPrax die Ergebnisse und Erkenntnisse als Vorbereitung auf den gemeinsamen Abschluss-Workshop des Moduls C und die Erstellung des gemeinsamen Evaluationsberichts, der zu Projektende (Juni 2019) an die Module A und B sowie den Fördergeber übergeben werden soll. Die Konsortien erarbeiteten gemeinsam Vorschläge für die abschließende Bearbeitung des Nutzer- und Anforderungskatalogs und für eine fokussierte Weiterentwicklung von PALM-4U in der zweiten Förderphase.

Im Abschluss-Workshop, der am 14.03.2019 in Dortmund durchgeführt wurde, wurden diese Vorschläge zum NAK wie auch die Erkenntnisse und Erfahrungen der Nutzer*innen und Anwender*innen gemeinsam mit Vertreter*innen aller Praxispartner sowie der Module A und B diskutiert und bewertet. Der Workshop bot insbesondere den Praxispartnern die Möglichkeit, den Modellentwicklern direkte Rückmeldungen zur Nutzerfreundlichkeit und Praxistauglichkeit von PALM-4U, der Benutzeroberfläche und anderer Elemente zu geben.

II.1.6 Nutzer, Anwendungsfälle und Nutzungssituationen

II.1.6.1 Nutzer, Nutzergruppen und weitere Akteur*innen

Die Nutzer*innen des neuen Stadtklimamodells (SKM) PALM-4U werden aus heutiger Sicht im Wesentlichen die Verwaltungen deutscher Groß- und Mittelstädte, private (und ggf. halböffentliche) Klimadienstleister, Planungsbüros, Universitäten und wissenschaftliche Einrichtungen sein. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass es zukünftig weitere, neue Nutzer*innen wie Projektentwickler, große Bauherren, Umweltverbände sowie Bürgerinitiativen oder Versicherungen geben wird, die ein breit anwendbares, leistungsfähiges und wesentlich anwendungs- und nutzerfreundlicheres Stadtklimamodell als die bisherigen Modelle für ihre spezifischen Interessen einsetzen.

Nutzergruppen und Stakeholder
Aktuell können die Nutzer*innen eines SKMs in vier Hauptnutzergruppen unterschieden werden: Kommunen/Verwaltung, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. KliMoPrax fokussiert seine Analyse auf Kommunen und die Zivilgesellschaft. UseUClim ermittelt mit der Online-Umfrage Anforderungen aus allen Nutzergruppen und bindet für die Bewertung der Praxistauglichkeit Partner aus Kommunen und der Wirtschaft ein.

Innerhalb dieser Hauptnutzergruppen wurden die folgenden Nutzergruppen mit ähnlichen Interessen und Anwendungsintentionen bzgl. eines SKMs identifiziert (vgl. Tabelle II.1.1). Nutzergruppen können sowohl ‚Anwendende Organisationen', als auch ‚Weitere Akteur*innen' sein (s. u.).

Tabelle II.1.1: Übersicht über mögliche Nutzergruppen (nicht abschließend)

Kommunen/Verwaltung - Kommunale Planung (z. B. Umwelt- und Freiraumplanung, Stadtplanung, Hochbauplanung, Verkehrsplanung) - Kommunale Planung (z. B. Umwelt- und Freiraumplanung, Stadtplanung, Hochbauplanung, Verkehrsplanung) - Kommunale Entscheidungsträger - (Regional-)Verbände, Metropolregionen - Bezirksregierungen (Regionalplanung) - Landesämter für Umwelt	**Zivilgesellschaft/Verbände/Initiativen** - Umweltverbände - Bürgerinitiativen, Vereine - Bürgerbüros - Stiftungen - Privatpersonen
Wirtschaft/Unternehmen - Klimadienstleister - Planungsbüros, Ingenieure, Gutachter - Baufirmen, Bauherren, - Immobilienwirtschaft, Projektentwickler - Gesundheitsdienstleister - Rückversicherungen, Versicherungen - Wirtschaftsverbände, berufsständische Verbände	**Wissenschaft und Lehre** - Universitäten und Fachhochschulen - Wissenschaftliche Einrichtungen - Öffentliche und nicht-öffentliche Bildungseinrichtungen - Unternehmensinterne Bildungseinrichtungen - Expertennetzwerke

Die Identifizierung und Kategorisierung der Stakeholder und ihrer Interessen an einem neuen SKM bzw. PALM-4U ist ein kontinuierlicher Prozess, der auch während der künftigen Projektlaufzeit noch weiter bearbeitet und durch neue Erkenntnisse ergänzt wird.

Für die im nachfolgenden Kapitel erläuterte Methodik des Konsortiums KliMoPrax zur systematischen Analyse der unterschiedlichen Anwendungs- und Nutzungsfälle des neuartigen SKM auf Basis sog. ‚Nutzungssituationen' ist der Begriff „Nutzer" wie folgt noch weiter zu differenzieren:

Als **‚Anwendende Organisation'** werden diejenigen Organisationen bezeichnet, die ein neuartiges SKM (hier PALM-4U) im eigenen Haus einsetzen (im Sinne von erwerben und selbst nutzen oder einen externen Dienstleister mit dem Einsatz beauftragen). Diese schließen, wie im Fall von Kommunalverwaltungen oder anderen großen Organisationen, auch die weiteren Beteiligten ein wie Stadt- und Verkehrsplaner, Tiefbauämter, Gesundheitsämter, Wirtschaftsförderungen usw., die ebenfalls an einem Verwaltungsprozess mit Modell-Einsatz beteiligt sind oder dessen Modell- bzw. Simulationsergebnisse während oder im Nachgang weiterverwenden.

‚Modellierungsspezialist' bezeichnet Personen, die ein neuartiges SKM (hier PALM-4U) eigenständig bedienen und als Experten benutzen, d. h. Daten und Fragestellungen eingeben bzw. modellieren, Simulationen durchführen, Modellergebnisse erzeugen, auf Plausibilität prüfen und selbst weiterverarbeiten oder aufbereitet zur weiteren Verwendung im Prozess weitergeben. Der ‚Modellierungsspezialist' ist charakterisiert durch seine bzw. ihre Fachkenntnis, sie oder er ist ein ausgebildeter und/oder erfahrener Modellanwender mit sehr gutem stadtklimatischen Fachwissen und Modellierungskenntnissen.

Als **‚Standardnutzer'** sind in Modul C jene Modellbediener bezeichnet, die durch ihre originäre Ausbildung keine stadtklimatischen und/oder Modellierungskenntnisse besitzen (z. B. Stadt- oder Hochbauplaner), jedoch eine Schulung zur Anwendung des SKMs durchlaufen haben, um das Modell für übliche Anwendungsfälle und auf Basis von Standarddaten, -modelleinstellungen und –annahmen anwenden und die Modellergebnisse im Arbeitsalltag weiterverwenden zu können.

Zu den **‚Weiteren Akteur*innen'** im Nutzungsprozess des Modells zählen die Institutionen, Organisationen oder Nutzergruppen außerhalb einer ‚Anwendenden Organisation', die an einem Verwaltungsprozess mit

stadtklimatischen Fragestellungen beteiligt oder zu beteiligen sind, weil sie bspw. Daten zur Verfügung stellen, Zuständigkeiten oder Interessen wahrnehmen, ggf. betroffen sind oder solche Betroffenen oder betroffene Belange vertreten oder die Ergebnisse stadtklimatischer Untersuchungen erhalten, weiterverwenden oder auf deren Grundlage Entscheidungen treffen. ‚Weitere Akteur*innen/Stakeholder' können, wie oben beschrieben, in spezifischen Nutzungssituationen wiederum selbst auch ‚Anwendende Organisationen' sein.

II.1.6.2 Von der Nutzungssituation zur Modellanforderung

*Nutzungssituationen sind abgegrenzte Klassen von Praxissituationen, aus denen unterschiedliche Produkte (B-Plan, FNP, …) hervorgehen. Nutzungssituationen sind somit typische Aufgaben und Prozesse der kommunalen Verwaltung und anderer Akteur*innen, mit denen sie die Rahmenbedingungen für die Aktivitäten der Bürger und Gewerbetreibende in der Stadt gestalten. Aus den Nutzungssituationen lassen sich Systemanforderungen für die Stadtklimamodellierung abstrahieren. (Dankwart; Hölsgens; Schultze 2016)*

Je nach Nutzungssituation ergeben sich unterschiedliche Fragen an das Stadtklimamodell PALM-4U und die zu nutzenden Datengrundlagen. Nutzungssituationen beruhen auf

1. unterschiedlichen **stadtklimatischen Fragestellungen**,
2. unterschiedlichen **Modellnutzer*innen** und in ihrer Zusammenarbeit mit anderen Beteiligten,
3. unterschiedlichen **Prozessen** und **Organisationsabläufen**,
4. dem Bedarf an unterschiedlichen **Produkten** und
5. unterschiedlichen **Nutzungsdatenqualitäten**.

Die Abbildung II.1.2 zeigt den in KliMoPrax eingesetzten Prozess der Identifizierung und Definition von Nutzungssituationen und der Ableitung von relevanten und übertragbaren Anforderungen an PALM-4U aus der systematischen Analyse dieser Nutzungssituationen.

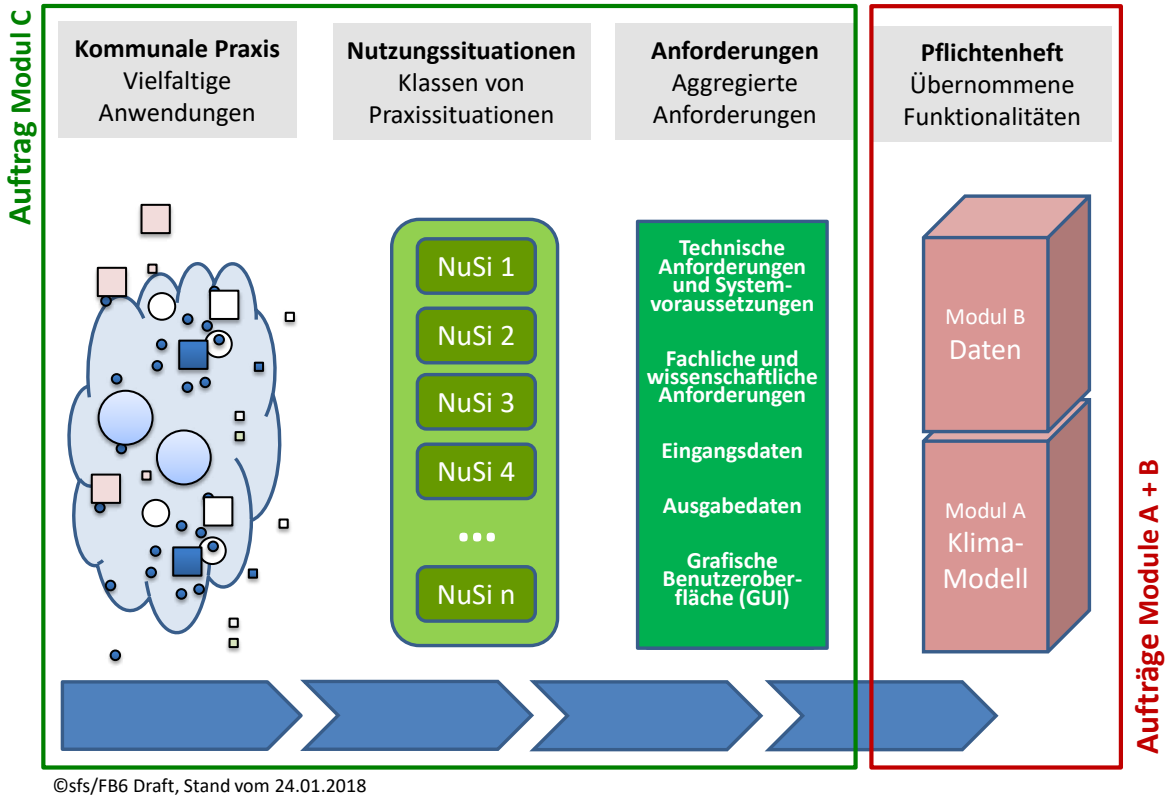

Abbildung II.1.2: Modellanforderungen – Von der kommunalen Praxis zum Pflichtenheft

Eine detaillierte Darstellung der methodischen Vorgehensweise, wie die empirischen Erhebungen der kommunalen Praxis aufbereitet wurden, um unterscheidbare Nutzungssituationen als Klassen von Praxissituationen zu bestimmen, findet sich im Bericht „Nutzungssituationen".

Der für die Zusammenarbeit zwischen Modul A/B und C wichtige Prozessschritt liegt im Übergang von der Nutzungssituation zur Anforderung, d. h. in der empirischen Erfassung oder der analytischen Ableitung von relevanten Anforderungen aus möglichen, spezifischen Nutzungssituationen.

Durch das Konzept „Nutzungssituation" und die schematische Darstellung von Nutzungssituationen ist es also möglich, relevante kommunale Prozesse, Akteur*innen, Produkte und deren Schnittstellen, für die PALM-4U in der Praxis anwendbar sein soll, für einen spezifischen Anwendungs- oder Nutzungsfall von PALM-4U vollständig zu erfassen und zu visualisieren. Dazu werden die Arbeitsergebnisse aus den Dialogwerkstätten mit den kommunalen Partnern sowie das Expertenwissen aus Modul C und weiterer Stakeholder (beispielsweise aus Wirtschaft und Wissenschaft) kombiniert. Ziel dieses ersten Arbeitsschritts ist es, Nutzungssituationen vom lokalen Kontext zu lösen und abstrahiert darzustellen, um daraus nachfolgend übertragbare Modellanforderungen formulieren zu können (s. u.: Schnittstellenanalyse).

Durchführung der Schnittstellenanalyse anhand definierter Leitfragen

Jede Schnittstelle in einer relevanten Nutzungssituation wird zur systematischen Ableitung und Bewertung von Modellanforderungen anhand eines definierten Sets von Leitfragen untersucht. Diese schnittstellenspezifischen Leitfragen werden in allen Nutzungssituationen, die in Modul C definiert wurden, in gleicher Weise für die Analyse der entsprechenden Schnittstelle verwendet.

Beispiele für Leitfragen zur Schnittstelle ‚Eingangsdaten (Input-Daten)' können sein:

- Welche Eingangsdaten (entsprechend der stadtklimatischen Fragestellung und der zu berechnenden Parameter) werden benötigt?
- Welche Datenformate sind erforderlich?
- Welche Datenqualität ist erforderlich? (Auflösung, Konsistenz u. ä.)
- Welche Daten sind bei wem in der anwendenden Organisation verfügbar? (intern)
- Welche Institution stellt fehlende Daten zur Verfügung?
- Welche Kosten entstehen ggf. dabei?

Die gleichen Leitfragen-Sets können dann von allen Projektpartnern bspw. in Interviews mit weiteren Experten oder für ergänzende Nachfragen zur Verifikation empirisch erfasster Informationen verwendet werden.

Konkrete Nutzungssituationen

Im Folgenden werden die seitens der Praxispartner in den KliMoPrax-Dialogwerkstätten konkreten Nutzungssituationen tabellarisch aufgeführt und charakterisiert, welche für die Testanwendungen ausgewählt und zur Ableitung von Anforderungen an PALM-4U systematisch analysiert wurden.

Tabelle II.1.2: Übersicht über konkrete Nutzungssituationen der Partnerkommunen

NuSi aus KliMoPrax	Kurzbeschreibung
NuSi 1.1 Berlin Entwicklung von Wohnungsbaupotenzialflächen innerhalb der Großsiedlung Marzahn-Hellersdorf	Untersuchungen der stadtklimatischen Auswirkungen der geplanten Bebauung und Analyse von Maßnahmen zur Anpassung an Klimawandelfolgen (thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI) im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens und zur Entwicklung von städtebaulichen Verträgen (formale Instrumente)
NuSi 1.2 Berlin Sanierungsgebiet nördliche Luisenstadt mit Nachverdichtung	Untersuchungen der stadtklimatischen Auswirkungen der geplanten Verdichtung und Analyse von Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas (thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI und Temperatur) im Rahmen der (Neu-) Aufstellung eines städtebaulichen Rahmenplans (informeller Prozess)

NuSi aus KliMoPrax	Kurzbeschreibung
NuSi 1.3 Berlin Stadtentwicklungskonzept Moabit West	Untersuchung der Wirksamkeit verschiedenster Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas, z. B. Entsiegelung und Herstellung von Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, Baumpflanzungen und Betrachtung von Starkregenereignissen bzw. Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung (Temperatur, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI, Lufthygiene, Niederschlag/Starkregen) im Rahmen der Umsetzung des vorliegenden Stadtentwicklungskonzeptes (informelles Instrument)
NuSi 2.1 Bonn Umnutzung der Ermekeil-Kaserne mit teilweiser Entsiegelung	Untersuchung der klimatischen Auswirkungen (Temperatur, Wind, Lufthygiene) der Entwurfsvarianten im Rahmen des B-Planverfahrens (formales Instrument)
NuSi 2.2 Bonn, Lengsdorf Süd: Ortsteilarrondierung Lengsdorf/ Ückendorf/Brüserberg	Untersuchung der klimatischen Auswirkungen einer möglichen Neubebauung der Flächen (Temperatur, Wind und thermische Behaglichkeit, PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung) im Rahmen des B-Planverfahrens (formales Instrument)
NuSi 2.3 Bonn Stadtteilaufwertung der Auerberger Mitte einschl. Erhöhung des Grünanteils	Untersuchung der klimatischen Rahmenbedingungen(Temperatur, Wind und thermische Behaglichkeit, PMV, UTCI)
NuSi 3.1 Essen Stadtübergreifende Modellanwendung	Untersuchung der regional-klimatischen Auswirkung bei Umnutzung eines Geländes für Gewerbe, Wohnen und Freiraum. Analyse der regional-klimatischen Bedeutung für das Freilandklima, als Kaltluftentstehungsgebiet und Belüftungsbahn, da das Gebiet eine Frischluftzufuhr bei südwestlichen Strömungen für dichtbesiedelte Bereiche darstellt. Dafür soll zunächst die IST-Situation ermittelt werden, um Planungshinweise für eine spätere Flächenaufteilung zu erhalten. Formale Umsetzung im Regionalplan, FNP und B-Plan
NuSi 3.2 Essen Innenentwicklung im Stadtteil Rüttenscheid	Untersuchung der stadtklimatischen Auswirkungen durch die Wieder-/Umnutzung von Flächen in einem relativ verdichteten Siedlungsbereich als Wohn- und Dienstleistungsstandort (Schadstoffe, Kaltluftströme/Belüftung, Kaltlufteintrag)
NuSi 3.3 Essen Fragestellungen ohne Projektbezug	Untersuchung, um Standortverhältnisse abzugleichen und Restriktionen, Hemmnisse und Gunstfaktoren zu identifizieren. Neben Windfelduntersuchungen sollen Auswirkungen und Veränderungen der Schadstoffsituation (Straßenschlucht) und des Stadtklimas beurteilt werden. Unterschiedliche Einbettung in formale/informelle Prozesse, da ohne Projektbezug
NuSi 4.1 Hamburg Stadtklimatische Analysen in Oberbillwerder	Untersuchung der stadtklimatischen Auswirkungen durch Umsetzung einer Planung "auf der grünen Wiese". Es werden Aussagen zur Kaltluft und die Auswirkungen auf das Umfeld (Belüftung, thermisch, Boden) in Szenarien (Auswirkungen auf Umland, Szenarien möglicher Bebauung, Szenarien möglicher Maßnahmen) benötigt. Spätere Umsetzung durch den FNP und B-Plan

NuSi aus KliMoPrax	Kurzbeschreibung
NuSi 4.2 Hamburg Innenverdichtung in Diebsteich	Untersuchung einer Innenverdichtung. Analyse und Qualifizierung von Landschaftsachse und Grünzug, die Neuordnung von Grünflächen, die Flächenkonversion und die gefangene Situation und Neuordnung von Verkehrsströmen. Stadtklimatische Fragestellung: Einfluss auf die Kaltluftversorgung, thermische Belastung, Feinstaub
NuSi 4.3 Hamburg Rahmenplan Innenstadt Harburg	Untersuchung der stadtklimatischen Auswirkungen bei Umsetzung des Rahmenplans für die Innenstadt Harburg. Es handelt sich um ein kleinräumiges Projekt. Es geht um den Umbau im Bestand und die Verdichtung im bereits verdichteten Raum. Analyse der Auswirkungen einer immer stärker werdenden Innenverdichtung auf den Bestand (thermischen Belastung, Auswirkungen der Geschossigkeitserhöhung) und der Bedeutung des innerstädtischen Grüns. Umsetzung durch den Rahmenplan.
NuSi 5.1 Karlsruhe Planung Konversionsfläche Hauptbahnhof Süd	Untersuchung der klimatischen Auswirkungen der neuen Bebauung auf die umliegenden – oftmals denkmalgeschützten – Bestandsgebäude (Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung) im Rahmen des städtebaulichen Rahmenplans (informelles Instrument) und später des B-Planverfahrens (formales Instrument)
NuSi 5.2 Karlsruhe Neuaufstellung FNP Rüppurr-Süd	Untersuchung der Situation, dass Lärm und Schadstoffe durch entsprechende Bebauung abgeriegelt werden müssen, die klimatische Durchlüftung – auch der angrenzenden Siedlungsfläche – aber weiterhin gewährleistet bleiben (Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung) im Rahmen des vorbereitenden B-Planverfahrens (formales Instrument)
NuSi 6.1 München Analyse der Klimafunktionen für das gesamte Stadtgebiet	Die stadtklimatischen Fragestellungen behandeln die Themen Kaltluftentstehung, Kaltluftbahnen, Grün- und Freiflächen/Bewertung von Grün- und Freiflächen, Belastungsgebiete, bioklimatische Bewertung, Luftaustausch und Bewertung von Szenarien und Standorten der Siedlungsentwicklung. Umsetzung durch Planungshinweiskarte und FNPs
NuSi 6.2 München Städtebauliche Verdichtung nach Bebauungsplan	Die stadtklimatischen Fragestellungen behandeln die Themen Kaltluftlieferung, stadtklimatische Optimierung von Gebäuden (Ausrichtung, Höhe, Gestaltung), Kühlungsfunktion von Grünelementen, Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, Oberflächengestaltung von Grundflächen, Fassaden, Dächern, Bewertung von Grünflächen usw., bioklimatische Bewertung und Luftaustausch. Spätere Umsetzung durch Grünordnungsplan, B-Plan sowie stadtklimatischen Fachgutachten und Stellungnahmen sowie Wettbewerbsverfahren

NuSi aus KliMoPrax	Kurzbeschreibung
NuSi 6.3 München Stadtklimatische Anforderungen an die Gestaltung von Grünflächen	Untersuchung der stadtklimatischen Anforderungen an die Gestaltung von Grünflächen. Analyse der klimatischen Wirkung in die angrenzende Bebauung (Durchlüftung, Kaltluftlieferung), die mikroklimatische Vielfalt, die Aufenthaltsqualität aus stadtklimatischer Sicht und die Berücksichtigung der Bodenfeuchte. Formale Umsetzung durch Grünordnungsplan sowie Vorentwurfs-/Entwurfsplanung
NuSi 7.1 Stuttgart Neuaufstellung Landschaftsplan Stuttgart (Gesamtstadt)	Untersuchung der heutigen und zukünftigen thermisch kritischen Bereiche, die keine oder nur eingeschränkte Nachverdichtung vertragen (Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI) ggf. im Rahmen der Neuaufstellung des Landschaftsplans (formales Instrument)
NuSi 7.2 Stuttgart Aufstellung Rahmenplan Talgrund, S-West	Untersuchung der heutigen und zukünftigen thermisch kritischen Bereiche, die keine oder nur eingeschränkte Nachverdichtung vertragen und Untersuchung vorhandener Kaltluftströmungen (Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI) im Rahmen der Aufstellung des Rahmenplans (informelles Instrument)
NuSi 7.3 Stuttgart S21-Entwicklungsflächen C+B mit Nachverdichtung und Neuentwicklung	Untersuchungen zur Neuentwicklung eines klimaoptimierten und -angepassten Stadtquartiers (Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit – PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung, Lufthygiene) im Rahmen des B-Planverfahrens (formales Instrument)

II.1.7 Voraussetzungen für eine nutzerfreundliche Anwendung von PALM-4U

Neben den technischen und den fachlich-wissenschaftlichen Anforderungen sind insbesondere die verschiedenen Schnittstellen des Modells PALM-4U, seiner Elemente, seiner Nutzer, seiner Produkte und der weiteren Anwendungsumgebung zueinander systematisch zu analysieren und jeweils die spezifischen Modellanforderungen abzuleiten. Die Vorgehensweise und Methodik zu dieser Schnittstellenanalyse ist in Kap. II.1.6.2 kurz erläutert.

Darüber hinaus werden verschiedene nicht-funktionale (nicht-technische) Anforderungen an die Bediener, Nutzungsbedingungen und -voraussetzungen, den Nutzungsprozess sowie die anwendenden Organisationen beschrieben.

Die Erfassung und Analyse der nicht-funktionalen Anforderungen an den Schnittstellen A4.6 bis A4.9 dienen dazu, die Kernfrage „WIE und unter welchen Voraussetzungen (kommunale Rahmenbedingungen) kann und soll PALM-4U etwas leisten?“ aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten und in eindeutige, umsetzbare Anforderungen an PALM-4U und seine praktische Anwendung zu übersetzen.

Anforderungen an die Kompetenzen der Nutzer
Im Hinblick auf Fachwissen und Kompetenzen müssen die in den Kommunen vorhandenen Kompetenzen zur Bedienung eines Modells mit jenen Fertigkeiten abgeglichen werden, die für eine Bedienung von PALM-4U erforderlich sein werden. Die Interpretationskompetenz der Nutzer*innen beinhaltet z. B. die qualifizierte Einschätzung und Bewertung der Ergebnisse. Die korrekte Interpretation der Modellergebnisse ist eine besondere Herausforderung, insbesondere, wenn diese z. B. direkt für kommunale Entscheidungen herangezogen werden.

Das Beispiel der kommunalen Nutzer zeigt, dass differenziert werden muss, wer innerhalb des kommunalen Entscheidungsprozesses über welche Kompetenzen verfügen muss. Während der kommunale Modellanwender*innen über das technische Know-how zur Bedienung von PALM-4U verfügen muss, liegt die Interpretationskompetenz möglicherweise direkt beim Fachplaner oder ggf. bei einer dafür eigens qualifizierten Person. In diesem Zusammenhang gilt es, die erforderlichen (Zusatz-) Qualifikationen, die dieses Personal benötigt, eindeutig zu identifizieren.

Anforderungen an die Organisation der nutzenden Institution
Die Nutzung von PALM-4U wird je nach technischer Ausgestaltung, erforderlichen Kompetenzen und administrativen Regelungen seinerseits Anforderungen an die zukünftigen Nutzer*innen (die Anwendende Organisation), deren Arbeitsumgebung und deren organisatorischen Aufbau, Aufgabenverteilung und Verantwortlichkeiten stellen.

Anforderungen an die Nutzung von PALM-4U bzw. den Ablauf einer Nutzungssituation
Die Betrachtung, wie und in welcher Phase die Integration der Klimaanalysen in einen Prozess bzw. eine Entscheidungsfindung erfolgt, lässt Rückschlüsse auf die Anforderungen an die Klimasimulationen und damit an PALM-4U zu. In Abhängigkeit davon, in welchen Stadtplanungs- oder Stadtentwicklungsprozessen Klimaanalysen und -simulationen eingesetzt werden, bestehen unterschiedliche Anforderungen z. B. an die ausgegebene Informationstiefe. Aus Praxissicht ist es darüber hinaus erforderlich, dass PALM-4U zukünftig auch für einen erweiterten Nutzerkreis zumindest in gewissem Umfang bedienbar ist (wie z. B. Investoren, Wohnungsunternehmen, Architekten oder Bürgerinitiativen). Die Anforderungen an PALM-4U wie auch an die Nutzer*innen und anderen Beteiligten werden deshalb durch den Ablauf und der Kooperationsstruktur in den einzelnen Anwendungsfällen und Nutzungssituationen beeinflusst.

Anforderungen an administrative Regelungen und die Finanzierung der Modellnutzung
Letztlich stellen administrative Regelungen und die Finanzierung der Modellnutzung wesentliche Rahmenbedingungen für die Modellnutzung dar. Im Themenfeld Administration und Finanzierung müssen die Aspekte Lizenzen, Rechenkapazität, Nutzungsbedingungen und Zugangsregelungen, (Optionen für Hosting und Betrieb des Modells etc.) erfasst werden. Darüber hinaus müssen Fragen zur IT-Sicherheit, zur dauerhaften (über das Projektende hinaus) und kostenfreien Nutzung der Benutzeroberfläche (GUI) bspw. durch eine Freeware Lizenz, zu rechtlichen und finanziellen Regelungen bzgl. Datenbereitstellung, -übertragung und -transport sowie zu (zumindest heute noch) anfallenden Netzgebühren für die Datenübertragung an einen/von einem fernen Rechner) geklärt werden.

II.1.8 Anforderungen an das neue Stadtklimamodell PALM-4U (Modellanforderungen)

Die Anforderungen an das neue Stadtklimamodell PALM-4U sowie dessen Weiterentwicklung in einer möglichen 2. Programmphase leiten sich ab aus heutigen und zukünftigen Anwendungsfällen und stadtklimatischen Fragestellungen im kommunalen Kontext, aus den Erwartungen der Anwender*innen an eine verbesserte Praxistauglichkeit und Nutzerfreundlichkeit eines Modells und seiner Ergebnisse und nicht zuletzt aus Herausforderungen wie z. B. den neuen Fragestellungen und zu erwartenden regionalen und lokalen Veränderungen durch den Klimawandel.

Die nachfolgenden Kapitel strukturieren und erläutern die unterschiedlichen Kategorien von Anforderungen wie technische und fachlich-wissenschaftliche Anforderungen, Anforderungen an die Eingangsdaten für PALM-4U, an Ausgangsdaten und -produkte, an eine benutzerfreundliche grafische Benutzeroberfläche (GUI) sowie an die Schnittstellen zu weiteren Planungs-, GIS- oder Simulationsprogrammen, wie sie in der Gebäude-, Stadt-, Verkehrs-, Umwelt-/Grün- oder Entwässerungsplanung oder im Bereich der sozio-ökonomischen Planung und Stadtentwicklung eingesetzt werden.

Die Zuordnung aller erhobenen oder analytisch erarbeiteten Anforderungen in unterschiedliche Kategorien ermöglicht es, den tabellarischen NAK (vgl. Teil 1) zu strukturieren und für die Partner aus Modul A und B übersichtlich und möglichst nachvollziehbar und nutzbar zu machen.

II.1.8.1 Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen

Es ist das Ziel, **nicht eine für jeden Hauptnutzer*innen angepasste Modellvariante, sondern eine Lösung für alle Nutzer*innen** zu entwickeln. Aus diesem Grund muss sich sowohl die zum Antrieb von PALM-4U als auch die zur Auswertung des Modelloutputs benötigte Hard- und Software an der Nutzergruppe mit dem vermutlich geringsten technischen Ausstattungspotenzial ausrichten. Zwingend notwendig ist eine auf allen Rechnersystemen einsetzbare, web-basierte **grafische Benutzeroberfläche (GUI)** (s. Kap. II.1.8.5), die den Datenimport, die eigentliche Modellrechnung und den Datenoutput steuert. Die Bereitstellung der Eingabedaten und – nach Durchführung der Modellrechnung – der Ausgabedaten muss auf einem lokalen Rechner (z. B. in der Kommunalverwaltung) möglich sein.

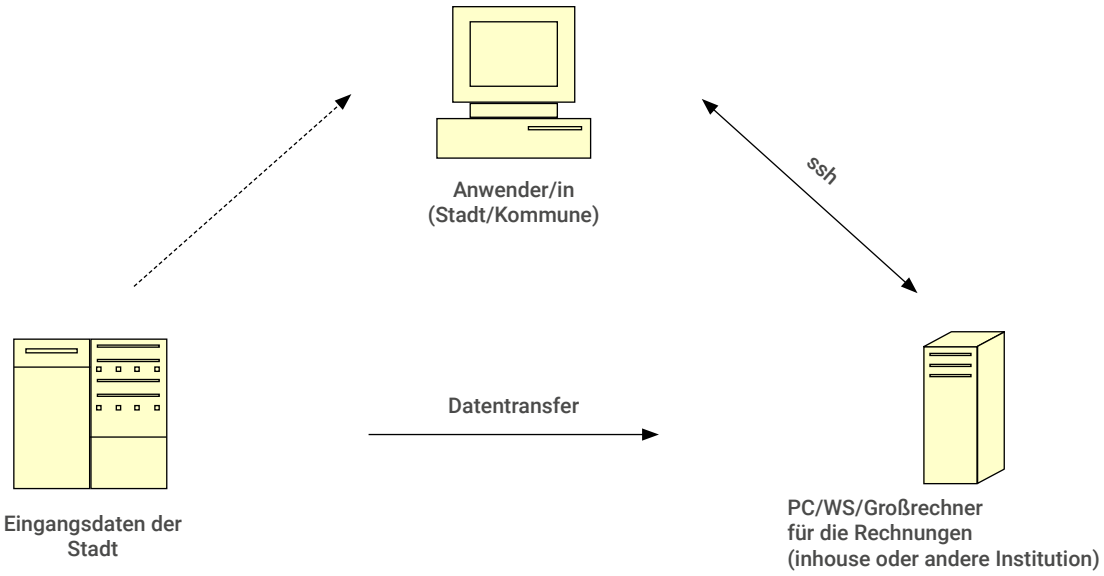

Abbildung II.1.3: Grafische Benutzeroberfläche als wesentliches Element zur Steuerung der PALM-4U-Nutzung

Für die Durchführung der Modellrechnung gibt es zwei Möglichkeiten (vgl. Abbildung II.1.3):

- auf einem Linux-Rechner oder einem Linux-Server in den Räumen des Anwenders oder
- über Fernzugriff auf einem verfügbaren Linux-Server oder Großrechner in einer anderen Institution.

Fragen wie Datenschutz, Daten-/IT-Sicherheit, dauerhafte (über das Projektende hinaus) kostenfreie Benutzung der Benutzeroberfläche (das PALM-Modell ist bereits kostenfrei zu nutzen) und Regelungen zur Kostenübernahme für anfallende Netzgebühren für die Datenübertragung an/von einem fernen Rechner müssen geklärt werden.

Die Bereitstellung von erforderlichen meteorologischen und topografischen Eingangsdaten ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Hierfür sollte es ein **Datenmanagementsystem (DMS)** geben, das sowohl die Zusammenstellung der benötigten Daten als auch eine Konvertierung und eine Konsistenzprüfung von Datensätzen unterstützt. In Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit könnten verschiedene Stufen der Qualität (z. B. räumliche Auflösung) der Eingangsdaten geliefert werden, sodass PALM-4U auch beim Fehlen eines adäquaten Eingangsdatensatzes in die Lage versetzt wird, mit alternativen Daten (unter Anerkennung der damit verbundenen Unsicherheiten) zu arbeiten.

Von entscheidender Bedeutung ist es, dass PALM-4U je nach Aufgabe, Größe des Modellgebiets und gewünschter Auflösung die Ergebnisse **innerhalb von Stunden bzw. nur wenigen Tagen** erzeugt und zur Verfügung stellt. Nur so ist gewährleistet, dass etwaige Planungsalternativen bzw. -szenarien in ausreichendem Maße miteinander verglichen werden können. Um zum Beispiel bei baulichen Veränderungen in einem Stadtgebiet nicht für die gesamte Stadt eine neue Modellrechnung durchführen zu müssen, ist es erforderlich, dass ein ‚Self-Nesting' implementiert ist. Das Konzept des ‚Self-Nesting' erfordert ggf. die Durchführung der Modellrechnungen für gesamte Städte auf Großrechnern und die anschließende Bereitstellung der Ergebnisse für den kommunalen Anwender. Eine solche Struktur muss aufgebaut und über das Projektende hinaus erhalten werden.

Die Erfüllung dieser technischen Anforderungen ist **Grundvoraussetzung** dafür, dass sich kurz- bis mittelfristig eine möglichst breite Nutzer-Community in den Stadtverwaltungen aufbaut, die eine kontinuierliche Weiterentwicklung von PALM-4U sowie eine nachhaltige Implementierung der Modellanwendungen in der kommunalen Planungspraxis sicherstellt.

II.1.8.2 Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen

Um die vom Fördergeber in seiner Bekanntmachung zur Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel" genannten Anforderungen zu erfüllen, muss PALM-4U auf den anerkannten Gesetzen der Strömungsphysik, Thermodynamik und Luftchemie beruhen. Die numerischen Methoden zur Lösung der Modellgleichungen

müssen dem Stand der Wissenschaft entsprechen. PALM-4U muss in der Lage sein, relevante stadtklimatische und luftchemische Prozesse direkt zu modellieren oder über geeignete Parametrisierungsansätze nach dem Stand der Wissenschaft zu erfassen. PALM-4U muss entsprechend den gültigen Regelungen (gesetzliche oder normative Vorgaben (DIN, VDI)) validiert bzw. verifiziert sein.

II.1.8.3 Eingangsdaten

Die Eingangsdaten steuern PALM-4U und legen das zu betrachtende Szenario fest (z. B. Modellierung Planungszustand bei Anströmung aus der Hauptwindrichtung). Die Eingangsdaten (Anzahl der Parameter, räumliche Auflösung, …) variieren je nach Anwendungsfall.

Die Eingangsdaten, die in PALM-4U verarbeitet werden müssen, lassen sich unterscheiden in:

- **Geodaten**: Geländehöhe (DGM, DOM), Landnutzungsdaten wie Gebäudedaten (dreidimensional), Vegetation, Versiegelung, Koordinaten von Schadstoffquellen (z. B. Straßenverkehr, Kraftwerke, Produktionsanlagen)
- **Meteorologische Daten**: Temperatur, Feuchte, Wind usw. als Punktdaten (aus Messungen), als Felder (z. B. Felder aus regionalen Klimamodellen) oder als vertikale Profile
- **Weitere Daten**: z. B. Emissionswerte von Schadstoffquellen (Autos, Industrie)

Die originalen Eingangsdaten liegen meist in unterschiedlichen Datenformaten vor. Um von PALM-4U verarbeitet werden zu können, müssen sie vorher in ein einheitliches, zu PALM-4U-kompatibles Format umgewandelt werden (vgl. Datenmanagementsystem (DMS)).

II.1.8.4 Ausgabedaten

Unter Ausgabedaten sind jene Daten zu verstehen, die PALM-4U zur Verfügung stellt (= Modellergebnisse). Die Weiterverwertung der Ausgabedaten hängt vom Datenformat ab. Je nach Benutzergruppe und planerischem Anliegen werden differenzierte Daten verwendet und erfordern ggf. unterschiedliche Datenformate.

Die Erzeugung von konkreten Empfehlungen, Interpretationshilfen oder Handlungsanweisungen für den Planer durch PALM-4U kann nicht die Kompetenz des Fachpersonals, das die Modelldaten für Entscheidungen einsetzt, ersetzen. Die Entwicklung solcher Unterstützungswerkzeuge für Abwägungen und Entscheidungen im jeweiligen Planungs-, Entwicklungs- oder Untersuchungsprozess sollte aber dennoch in der weiteren Entwicklung von PALM-4U vorgesehen werden.

II.1.8.5 Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

Für die optimale Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion ist die grafische Benutzeroberfläche (GUI) ein wichtiges Element in der Entwicklung eines praxistauglichen und benutzerfreundlichen Stadtklimamodells. Die Benutzeroberfläche stellt die Schnittstelle zwischen dem ‚Kernnutzer' (d. h. dem ‚Bediener') und dem Modell PALM-4U dar. Im Sinne einer Benutzerfreundlichkeit und einer einfachen Bedienbarkeit für einen breiten Kreis möglicher Kernnutzer ist die grafische Benutzeroberfläche als **integraler Bestandteil von PALM-4U** zu verstehen.

Als solche muss sie intuitiv bedienbar sein, ohne die Komplexität von PALM-4U einzuschränken. Die DIN 9241 definiert in Teil 9241-10 sieben Grundsätze für die Gestaltung von Benutzungsschnittstellen, die auch von PALM-4U und dessen GUI (im Folgenden: PALM-4U) bei der Entwicklung berücksichtigt und erfüllt sein müssen (Dahm, 2006):

- **Aufgabenangemessenheit**: PALM-4U unterstützt den Anwender, damit Aufgaben effektiv und effizient erledigt werden können.
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit**: jeder einzelne Dialogschritt von PALM-4U ist durch Beschreibungen oder Rückmeldungen unmittelbar verständlich oder er wird auf Anfrage des Anwenders erklärt.
- **Steuerbarkeit**: der Anwender soll in der Lage sein, den Dialog mit PALM-4U zu steuern, bis er sein Ziel erreicht hat. Dies umfasst insbesondere die Beeinflussung von Ablauf, Richtung und Geschwindigkeit des Dialogs.
- **Erwartungskonformität**: der Dialog mit PALM-4U entspricht den Fachkenntnissen des Benutzers, seiner Ausbildung und seiner Erfahrung. Zusätzlich ist der Dialog konsistent, beispielsweise in der Verwendung von Fachbegriffen.

- **Fehlertoleranz**: PALM-4U ermöglicht dem Anwender, das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz fehlerhafter Eingaben mit einem Toleranzbereich, innerhalb dessen das gleiche Ergebnis resultiert, mit minimalem Korrekturaufwand zu erreichen.
- **Individualisierbarkeit**: PALM-4U ermöglicht dem Anwender, den Dialog mit PALM-4U an seine Arbeitsaufgabe sowie seine individuellen Fähigkeiten und Vorlieben anzupassen.
- **Lernförderlichkeit**: der Anwender wird beim Erlernen von PALM-4U unterstützt und angeleitet.

Neben diesen Grundsätzen wurden zusätzlich noch die zielgruppenspezifischen Anforderungen an die Gestaltung der Benutzeroberfläche erhoben.

Um dem heterogenen Wissensstand der Zielgruppe gerecht zu werden, sollte sowohl eine Standard- als auch eine Expertenversion bereitgestellt werden, die jeweils unterschiedlich komplexe und aufwändige Anwendungen des PALM-4U ermöglichen.

Bei der Nutzeroberfläche muss es sich um eine frei verfügbare und einsetzbare Anwendung handeln, die unabhängig vom Betriebssystem und vom Browser die Bedienung von PALM-4U auf internen oder externen Rechnern/Servern ermöglicht (s. Kap. II.1.8.1 Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen).

II.2 Testanwendungen und Evaluation (AP2)

II.2.1 Dialogwerkstätten, Experten- und Abschlussworkshop

II.2.1.1 Darstellung der Methoden

Der kontinuierliche Dialogprozess mit den potenziellen Anwender*innen hatte eine besondere Bedeutung im Modul C und stellte mit der Beteiligung der Praxispartner die Nutzertauglichkeit und Anwendbarkeit von PALM-4U sicher. Der Dialogprozess fand mit ausgewählten kommunalen Partnern statt, um mit Hilfe von Testanwendungen und Fallstudien in einem iterativen Prozess über die gesamte Laufzeit des Projekts das Modell von Seiten potenzieller Anwender*innen zu testen und zu bewerten. Er umfasste neben der Durchführung von jeweils drei Werkstätten vor Ort in jeder Pilotkommune, einen gemeinsamen Startworkshop zu Beginn des Projektes, eine Expertenwerkstatt und einen Evaluationsworkshop am Ende der Projektlaufzeit sowie Einzelinterviews mit ausgewählten kommunalen Akteur*innen.

II.2.1.1.1 Startworkshop

Das Projekt, und damit auch der Dialog wurden beim Startworkshop in Köln am 22. September 2016 angestoßen. Neben einer Projektvorstellung und einer allgemeinen Einführung in das Thema der Stadtklimamodellierung, wurden beim Startworkshop bereits erste Erwartungen und Anforderungen an ein neues Stadtklimamodell abgefragt. Zudem wurde das Konzept der Nutzungssituation vorgestellt. Nutzungssituationen sind konkrete oder abstrahierte Anwendungen des neuen Stadtklimamodells (ausführliche Darstellung des Konzepts der Nutzungssituation in Kap. II.2.2). In Kleingruppen wurden die kommunalen Teilnehmer nach möglichen Einsatzmöglichkeiten, Nutzungssituationen und potenziellen Nutzer*innen eines neuen Stadtklimamodells befragt.

Während beim Startworkshop die Zeit für eingehendere Diskussionen über konkrete Nutzungssituationen aus der Praxis beschränkt war, wurden die Dialogwerkstätten vor Ort so konzipiert, dass sie die Möglichkeit boten, tiefer ins Detail zu gehen.

II.2.1.1.2 Dialogwerkstätten

In den Dialogwerkstätten vor Ort wurde der Dialog mit den sieben Partnerkommunen vertieft. Es gab drei Formate:

- *Dialogwerkstatt: Roundtable* wurde zu Projektbeginn in jeder Partnerkommune zur Festlegung von Nutzerkreis und Definition spezifischer Nutzungssituationen sowie kommunal gewünschten Anforderungen an das Stadtklimamodell durchgeführt;
- *Dialogwerkstatt: Lernlabor* wurde im Projektverlauf zur Erörterung fachlicher Aspekte zur Planung und Begleitung der Testanwendung sowie zur Diskussion offener Fragen durchgeführt;

- *Dialogwerkstatt: Evaluation* wurde zum Projektende zum Abschluss der Testrechnungen und des Dialogprozesses durchgeführt. Die Dialogwerkstatt diente der Diskussion der produzierten und anwendungsorientiert aufbereiteten Ergebnisse mit relevanten Akteur*innen. Ziele: 1) Feedback zu den Testanwendungen, zur Qualität der Modellergebnisse und zur Praxistauglichkeit und Nutzerfreundlichkeit; 2) Einbindung der Modellergebnisse in das Verwaltungshandeln.

Die Dialogwerkstätten fanden in den KliMoPrax-Partnerkommunen statt und umfassten jeweils einen Zeitrahmen von 3 bis 4 Stunden. Teilnehmende waren Mitarbeiter*innen aus den Bereichen Umwelt, Klima, Stadtplanung, Grün, Tiefbau, Geoinformation/Liegenschaften der kommunalen Verwaltungen, aber auch Mitarbeiter*innen aus dem IT-Bereich waren zum Teil vertreten. Die Ansprechpartner der Partnerkommune stellten den Teilnehmerkreis zusammen.

Die Konzeptionierung der Dialogwerkstätten wurde durch die TU Do/sfs und das difu in Absprache vorgenommen, sodass in allen Partnerkommunen ein ähnliches Vorgehen genutzt wurde und vergleichbare Ergebnisse erzielt werden konnten. Neben der TU Do/sfs und dem difu als Hauptverantwortlichen, waren der DWD und die GEO-NET Umweltconsulting GmbH in allen Dialogwerkstätten an der Durchführung beteiligt. Das BKR Aachen war außerdem als Experte für die Planungspraxis in allen Kommunen im Rahmen der beiden Dialogwerkstätten: Roundtable und Evaluation beteiligt. Abbildung II.2.1 zeigt die Aufteilung der Partnerkommunen im Verbund.

Im Folgenden werden die drei Dialogwerkstätten mit ihren spezifischen Zielen und Ergebnisse im Detail erläutert.

II.2.1.1.2.1 Dialogwerkstatt: Roundtable

Die erste Runde Dialogwerkstatt: Roundtable zielte auf die Festlegung eines Nutzerkreises, die Definition spezifischer Nutzungssituationen sowie das Sammeln von Anforderungen an das neue Stadtklimamodell aus Sicht der kommunalen Verwaltungspraxis. Ziel war es somit, zu Testzwecken drei konkrete Nutzungssituationen zu identifizieren, aber gleichzeitig auch, gelöst von den konkreten Nutzungssituationen, spezifische Anforderungen an ein Stadtklimamodell zu erheben.

Die Dialogwerkstätten: Roundtable fanden statt:

- Essen: 27.10.2016
- Karlsruhe: 06.12.2016
- Bonn: 17.01.2017
- München: 23.01.2017
- Berlin: 26.01.2017
- Hamburg: 08.02.2017
- Stuttgart: 18.05.2017

Ausgehend von der oben genannten Definition der Nutzungssituation, wurden die Partnerkommunen in Vorbereitung auf die Dialogwerkstatt gebeten, im Vorfeld drei Nutzungssituationen zu bestimmen. Diese wurden in der Dialogwerkstatt: Roundtable besprochen. Zur Unterstützung erhielten die Kommunen ein Raster zum Ausfüllen, ähnlich Tabelle II.2.1.

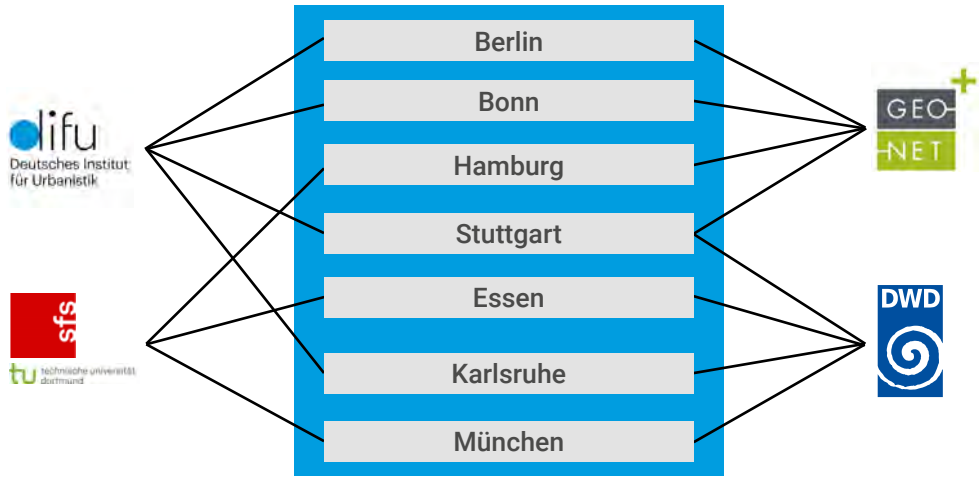

Abbildung II.2.1: Aufteilung der Partnerkommunen.

Tabelle II.2.1: Muster der Nutzungssituation-Raster

	Akteur*innen	Prozesse	Produkte	Stadtklimatische Fragestellung
Beschreibung Nutzungssituation 1				
Beschreibung Nutzungssituation 2				
Beschreibung Nutzungssituation 3				

Die Informationen aus dieser Tabelle wurden durch die Wissenschaftler zur Durchführung der Dialogwerkstatt aufgearbeitet. In der Dialogwerkstatt: Roundtable wurden die bereitgestellten Nutzungssituationen dann an Pinnwänden mit den Teilnehmenden besprochen. Eine beispielhafte Darstellung der Arbeitsergebnisse findet sich in Abbildung II.2.2. Eine detaillierte Darstellung aller Nutzungssituationen ist im „Nutzungssituation – Bericht" der TU Do/sfs zu finden.

In der Dialogwerkstatt konnten seitens der kommunalen Vertreter*innen bereits konkrete Anforderungen an PALM-4U formuliert werden. Neben den Kernfragen „Was erwarten Sie von einem Stadtklimamodell?" und „Für welche stadtklimatische Fragestellung würden Sie das Stadtklimamodell einsetzen wollen?", wurden die Teilnehmenden aufgefordert zu erläutern, wer in der Kommune das Stadtklimamodell bedienen würde, zu welchem Zeitpunkt im Verwaltungsprozess das Modell zum Einsatz käme und welche Produkte mit den Ergebnissen des Stadtklimamodells erzeugt würden.

Die abgeleiteten Anforderungen der Kommunen an das Stadtklimamodell und die vollständigen Nutzungssituationen wurden im Rahmen der Protokolle der Dialogwerkstätten skizziert. Wichtig war dabei die Übersetzungsleistung durch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Da man sich in den Dialogpro-

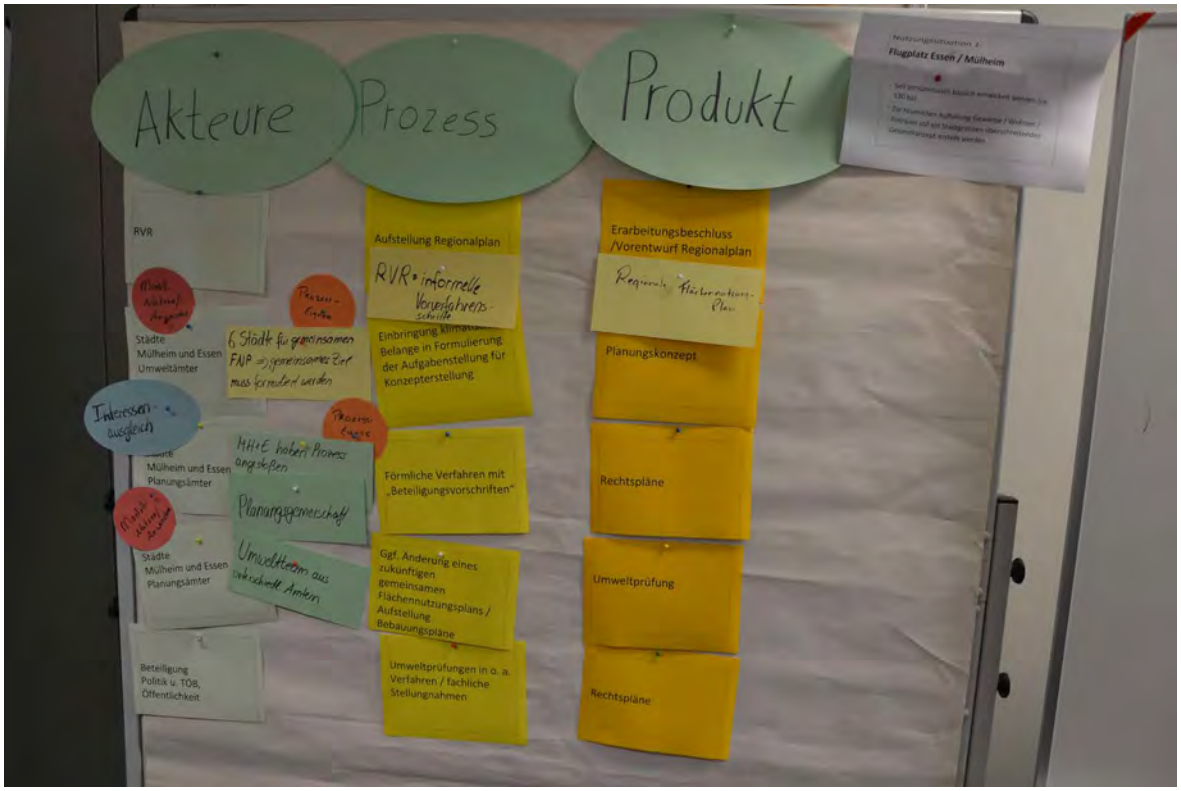

Abbildung II.2.2: Beispielhafte Arbeitsergebnisse der Dialogwerkstatt: Roundtable Essen. ©TU Do/sfs

zessen auf einer hypothetischen Ebene bewegt („Mal angenommen, Sie hätten das neue Stadtklimamodell für diese Testrechnung zur Verfügung, wie würden Sie …"), war es für die kommunalen Vertreter*innen teilweise schwierig, für die Modellentwicklung spezifizierte Anforderungen zu formulieren. Aufgabe der Wissenschaft war es also, aus angenommenen Veränderungen in Prozessabläufen konkrete Nutzungssituationen und Anforderungen an das Modell abzuleiten.

Ferner dienten die Dialogwerkstätten dazu, wechselseitige Beziehungen zwischen den beteiligten Akteur*innen, Prozessen und Produkten aufzudecken. Außerdem wurden erste technische Rahmenbedingungen und die weitere Zusammenarbeit geklärt.

II.2.1.1.2.2 Dialogwerkstatt: Lernlabor

Ziel der Dialogwerkstatt: Lernlabor war die Erörterung fachlicher Aspekte der zugrundeliegenden Planungsprozesse, die intensive Vorbereitung der Testanwendung und die Diskussion offener Fragen. Der Nutzungs- und Anforderungskatalog wurde als Ergebnis der ersten Datenerhebung im Dialogprozess mit den Kommunen geteilt. Die in der Dialogwerkstatt: Roundtable erhobenen Nutzungssituationen und Anforderungen wurden in der Dialogwerkstatt: Lernlabor spezifiziert und ergänzt.

Schwerpunkt der zweiten Runde Dialogwerkstätten war die Vorbereitung der Testanwendungen. Dazu mussten die beim ersten Treffen identifizierten Nutzungssituationen genauer abgegrenzt werden. Für die Berechnungen wurden die wichtigsten stadtklimatischen Fragestellungen erörtert und die genauen Klimaparameter und -indizes festgelegt. Anhand einer Checklistenabfrage (s. Abbildung II.2.3) wurde unter anderem bestimmt, in welche kommunalen Produkte die Rechenergebnisse eines neuen Stadtklimamodells einfließen könnten.

Für das sozialwissenschaftliche Verständnis der Nutzungssituation und den Anwendungskontext wurde außerdem die (hypothetische) Anwendung durch die Städte ausdiskutiert.

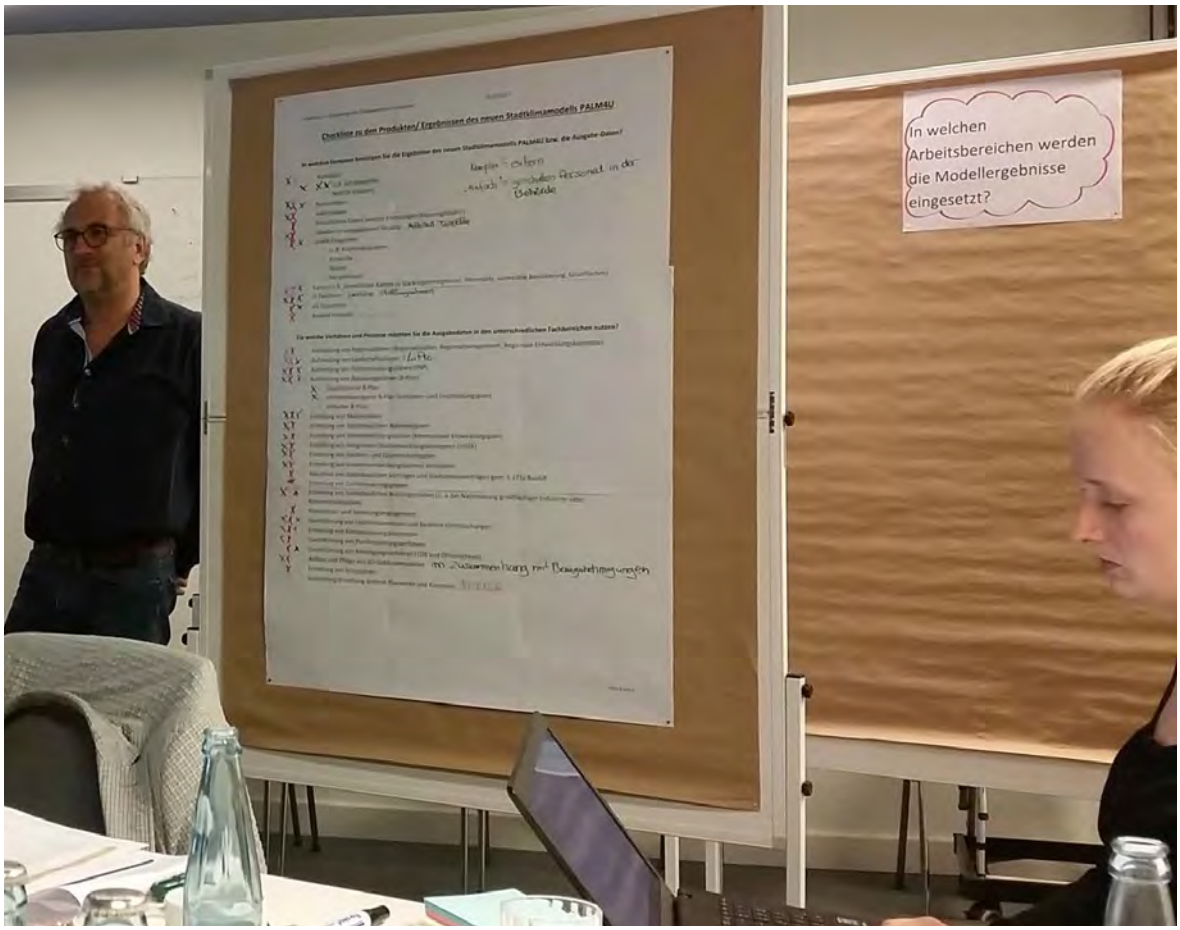

Abbildung II.2.3: Checkliste zur Produktverwertung in der Dialogwerkstatt: Lernlabor in Hamburg. ©TU Do/sfs

Die Dialogwerkstätten: Lernlabor fanden statt:

- Essen: 16.11.2017
- Karlsruhe: 26.10.201
- Bonn: 07.11.2017
- Hamburg: 09.11.2017
- Berlin: 16.11.2017
- München: 12.03.2018
- Stuttgart: 08.05.2018[1]

Da nicht für alle Kommunen bereits beim ersten Treffen drei relevante und realistische Testanwendungen identifiziert werden konnten (in manchen Kommunen mehr, in einigen weniger Anwendungsbeispiele), gab es auch unabhängig von den ersten beiden Dialogwerkstattrunden mit einigen Kommunen intensive Abstimmungsgespräche zur Klärung.

II.2.1.1.2.3 Dialogwerkstatt: Evaluation

Das Ziel der Dialogwerkstatt: Evaluation war der Abschluss der Testrechnungen und des Dialogprozesses vor Ort. Zudem ging es um die Einbindung der Modellergebnisse in die Organisationsabläufe und deren Interpretation und Verwendung in konkreten Stadtentwicklungsprozessen. Als Diskussionsgrundlage dienten die Ergebnisse der Testrechnungen von DWD bzw. Geo-Net. Die Ergebnisse wurden entlang den Themenfeldern „Technik", „Personal & Organisation" und „Mehrwert" diskutiert. Abbildung II.2.4 zeigt beispielhaft die Ergebnisse einer Dialogwerkstatt.

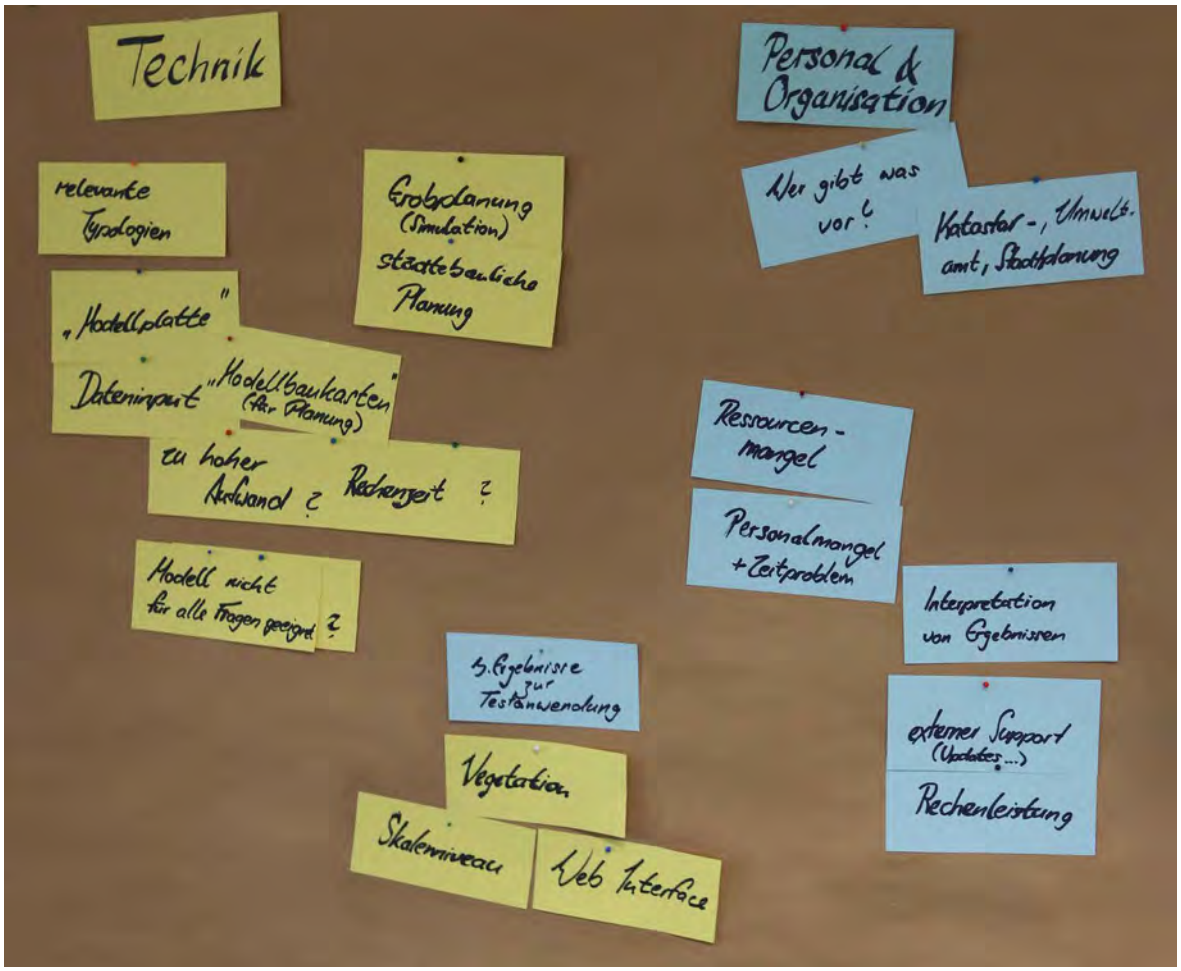

Abbildung II.2.4: Ausarbeitung in der Dialogwerkstatt:°Evaluation in Essen. © TU Do/sfs

1 Aufgrund der erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgten Aufnahme der Landeshauptstadt Stuttgart in das Projekt, wurden die ersten beiden Dialogwerkstätten ein wenig später durchgeführt, als in den anderen Partnerkommunen.

Die Dialogwerkstätten: Evaluation fanden statt:

- Karlsruhe: 22.01.2019
- Bonn: 04.02.2019
- Essen: 06.02.2019
- Hamburg: 12.02.2019
- Berlin: 25.02.2019
- München: 11.03.2019
- Stuttgart: 20.03.2019

II.2.1.1.3 Experteninterviews

Für einen weiteren Wissensaustausch mit den Partnerkommunen wurden in der Projektanfangsphase fünf Interviews durchgeführt (s. Tabelle II.2.2).

Die Durchführung der Interviews war abhängig von der Verfügbarkeit der kommunalen Vertreter*innen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Rahmenbedingungen der Interviewdurchführung.

Tabelle II.2.2: Übersicht der Experteninterviews

PARTNERKOMMUNE	DATUM	BESCHREIBUNG
ESSEN	22.11.2016	2 persönliche Interviews nach der Dialogwerkstatt Koordinierung Umweltprüfung, Stadtklima, Lufthygiene; Amt für Stadtplanung und Bauordnung
MÜNCHEN	14.12.2016 31.03.2017	1 Telefoninterview vor der Dialogwerkstatt Referat für Gesundheit und Umwelt 1 schriftliches Interview nach der Dialogwerkstatt Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA Stadtplanung, Abteilung Grünplanung, Zentrale Aufgaben – Klimaschutzmanagement
HAMBURG	20.01.2017	1 Telefoninterview vor der Dialogwerkstatt Behörde für Umwelt und Energie

Die Interviews wurden aufgezeichnet und transkribiert. Die Interviewpartner haben eine entsprechende Datenschutzvereinbarung unterzeichnet, dass die erhobenen Daten pseudonymisiert und 10 Jahre zur Dokumentation des Forschungsprozesses gespeichert werden.

Für die teilstrukturierten Interviews wurden Leitfäden entwickelt. Diese dienen zum einen der Strukturierung des Themenfeldes und zum anderen als konkretes Hilfsmittel während der Erhebungssituation. Der Leitfaden dient dabei als eine verschriftlichte Gedächtnisstütze, die während der Durchführung genutzt wird.

Interviews vor Durchführung der Dialogwerkstatt wurden dafür genutzt, mögliche Nutzungssituationen einzugrenzen und erste allgemeine Erwartungen und somit Anforderungen an ein Stadtklimamodell zu formulieren. Interviews nach Durchführung der Dialogwerkstatt dienten der gezielten Nachfrage und einer Detailklärung offener Fragen aus der Dialogwerkstatt.

Die Auswertung der Transkripte erfolge gestützt mit der Software MaxQDA. Die Produkte der Auswertung sind einerseits bessere/konkretere/komplettere Beschreibungen der konkreten Nutzungssituationen und andererseits formulierte Anforderungen an PALM-4U, die im NAK erfasst worden sind (Stecking et al. 2019).

II.2.1.1.4 Expertenwerkstatt

Am 28. November 2018 fand die Expertenwerkstatt für Kommunen in der Zeit von 10–16 Uhr in Berlin im difu statt. Diese Veranstaltung mit knapp 50 Teilnehmenden diente dazu, erste Ergebnisse und Anwendungsbeispiele von PALM-4U einer breiten Fachöffentlichkeit vorzustellen und einen Erfahrungsaustausch zwischen den zehn Modul C – Praxispartnern (UseUClim und KliMoPrax) zu ermöglichen. Eine Öffnung der Diskussion für darüber hinaus interessierte Kommunen außerhalb der Projektkonsortien

wurde als sinnvoll erachtet. Mithilfe aktiver Ansprache und Information konnten sechs neue Kommunen und ein Regionalverband für die Vorstellung von PALM-4U und für die erste Diskussion zur Evaluation in Berlin gewonnen werden. Gerade weil erst wenige Kommunen über konkrete Erfahrungen in stadtklimatischen Modellierungen verfügen, erwies sich eine Modellvorstellung und ein Erfahrungsaustausch über den Kreis der im Projekt beteiligten Kommunen hinaus zu diesem Zeitpunkt als zielführend und bereichernd für die Bewertung der Praxistauglichkeit.

Die Gesamtmoderation lag bei Luise Willen (difu), eröffnet wurde die Veranstaltung durch Frank-Andreas Weber (FiW) und Stephanie Janssen (Projektträger DLR). Nach der Vorstellung des aktuellen Entwicklungsstandes von Modul A und Modul B, wurde die Eignung des Modells für die Anwendungspraxis in vier Arbeitsgruppen diskutiert.

Folgende Themen wurden in Kleingruppen bearbeitet:

1. Ausweitung der Nutzung von Stadtklimamodellen: Neue Aufgaben, Maßnahmen und Akteure in Kommunen;
2. Rahmenbedingungen und Voraussetzungen: Daten, Wissen, Ressourcen und Kompetenz in Kommunen;

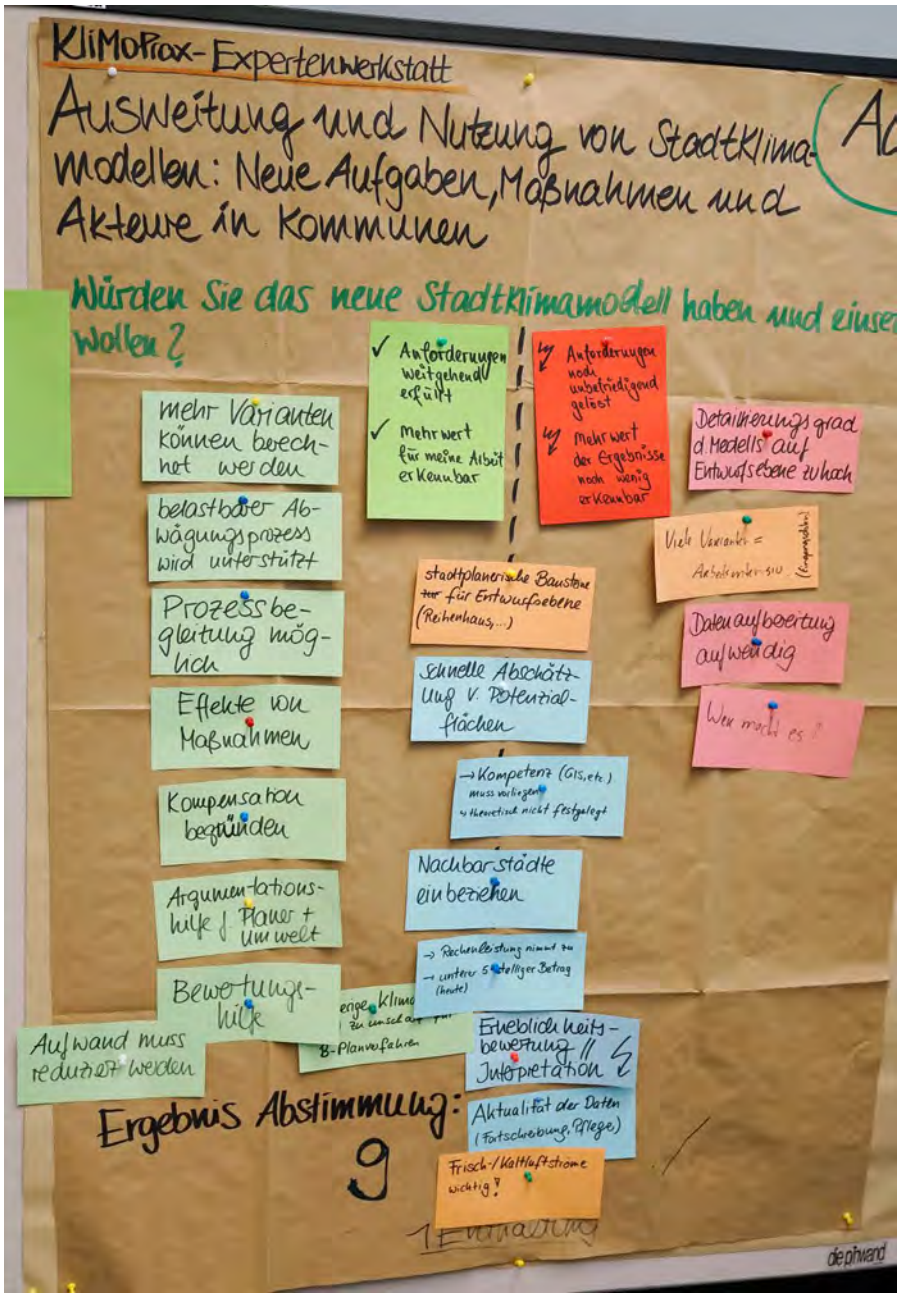

*Abbildung II.2.5: Diskussionsergebnisse der Arbeitsgruppe „Ausweitung der Nutzung von Stadtklimamodellen: Neue Aufgaben, Maßnahmen und Akteur*innen in Kommunen der Expertenwerkstatt" in Berlin. © FiW*

3. Stadtklimamodelle im Mainstreaming: Verfahren, Schnittstellen und Akteur*innen in der Verwaltung;
4. Neue Einsatzgebiete für Stadtklimamodelle: Entscheider, Vorhabenträger und Öffentlichkeit.

Auf Grundlage von übergeordneten Fragen, wie z. B. „Würden Sie das neue Stadtklimamodell haben und einsetzen wollen?“, „Hilft Ihnen das neue Stadtklimamodell, Klimabelange in den Mainstream zu bringen?“ und „Hilft Ihnen das neue Stadtklimamodell, neue Akteur*innen (Entscheider, Vorhabenträger, Öffentlichkeit) für Klimabelange zu gewinnen?“, positionierten sich die beteiligten Kommunalvertreter*innen mit 36 Zustimmungen bei nur 2 Enthaltungen positiv zu den Chancen des sich in Entwicklung befindlichen Stadtklimamodells (vgl. Abbildung II.1.1).

II.2.1.1.5 Abschlussworkshop

Der Abschlussworkshop in Modul C wurde am 19. März 2019 von 10 bis 15 Uhr mit circa 50 Teilnehmenden im Deutschen Fußballmuseum in Dortmund durchgeführt. Die Gesamtmoderation übernahm Jürgen Schultze von der TU Dortmund/Sozialforschungsstelle. Eröffnet wurde die Veranstaltung durch Paul Dostal vom Projektträger DLR.

Im Rahmen der einzelnen Veranstaltungspunkte präsentierten die Projektverbünde ihre Arbeiten und praktische Erfahrungen aus verschiedenen Show-Case Simulationen wurden vorgestellt. Neben den rein vortragenden Elementen der Veranstaltung kamen auch partizipative und dialogorientierte Formate zum Einsatz.

So wurde anhand einer experimentellen Positionierung von kommunalen Vertretern ein Dialog über die Erfahrungen in den beteiligten Kommunen angeregt. Für die experimentelle Positionierung wurden den kommunalen Akteuren Fragen gestellt, zu denen je drei Antwort-Statements vorgegeben waren. Die kommunalen Akteure wurden gebeten, sich einem Antwort-Statement zuzuordnen, entsprechende Positionen im Raum einzunehmen und Erklärungen abzugeben, warum die jeweiligen Positionen eingenommen wurden. Der Einsatz dieses Veranstaltungsformats ermöglichte den kommunalen Teilnehmern eine Reflexion ihrer Erfahrungen mit der Anwendbarkeit des Stadtklimamodells, sodass Einschätzungen und Verbesserungsvorschläge formuliert werden konnten. Ein weiterer wichtiger Aspekt war, dass die Teilnehmenden durch die Positionierung im Raum auch teilweise ihren Kolleginnen und Kollegen aus anderen Kommunen gegenüberstanden bzw. sie standen zusammen. Dies bot nochmals die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch und voneinander zu lernen, aber auch sich abzugrenzen.

Ein weiteres dialogorientiertes und partizipatives Element waren parallel durchgeführte Thementische. Dort konnten die Teilnehmer zu den Themen (1) Neue Aufgaben im Verwaltungshandeln, (2) Evaluierung des Dialogprozesses und (3) Praxistauglichkeit der Modellergebnisse diskutieren. Die Ergebnisse der Arbeitsforen wurden anschließend im Plenum in einer abschließenden Diskussion reflektiert. Resümierend lässt sich festhalten, dass die kommunalen Vertreter in der Anwendung des neuen Stadtklimamodells Potenzial sehen – beispielsweise könnte die Qualität von Gutachten steigen, indem Argumentationen nicht nur beschreibend, sondern auch quantitativ dargelegt werden. Die Teilnehmenden sehen jedoch auch, dass die Interpretation der Ergebnisse das Fachwissen von Stadtklimatologen braucht, um keine falschen Interpretationen aus den Simulationsergebnissen zu ziehen. Trotz des Potenzials und des Mehrwerts, das die kommunalen Vertreter*innen für ihre eigenen Arbeitsabläufe sehen, gibt es Hindernisse bei der Einführung, Verbreitung und Verstetigung eines neuen Stadtklimamodells. So werden beispielsweise Eingangsdaten in einem bestimmten Format benötigt, die nicht in jeder Kommune bereitstehen. Zudem benötigen die Kommunen eine Anlaufstelle bei Problemen hinsichtlich Technik und Interpretation sowie ein Netzwerk aus Anwenderkommunen, um sich austauschen zu können.

Mit einem Ausblick auf die zweite Förderphase schloss die Veranstaltung. Perspektivisch soll in den nächsten Jahren durch eine gemeinschaftliche Weiterentwicklung des Modells eine Marktreife erreicht werden. Im Rahmen dessen wird es nötig sein, weitere Kapazitäten zu aktivieren, um das Community Building aufzubauen und zu verstetigen und um den Austausch zwischen Kommune und Wissenschaft weiter zu pflegen.

II.2.1.2 Begründung und Bewertung der Methoden

Die Entwicklung eines an die Erfordernisse von Kommunen angepassten Stadtklimamodells stellt einen wichtigen Beitrag für die kommunale Verwaltungspraxis dar. Die Beteiligung ausgewählter Akteur*innen aus der kommunalen Verwaltungspraxis spielte eine große Rolle, um eine große Passfähigkeit von PALM-4U zu erreichen. Die gewählte Vorgehensweise diente überdies dem Know-how-Transfer zwischen

Wissenschaft und Praxis sowie der Verbreitung, dem Aufbau von Kompetenzen und damit der Befähigung der unterschiedlichen kommunalen Akteur*innen zur Umsetzung einer klimaresilienten Stadtentwicklung. Die Demonstration der Leistungsfähigkeit und Vermittlung der Einsatzmöglichkeiten des Modells im Zuge der Testanwendungen brachten PALM-4U der Zielgruppe der kommunalen Anwender näher. Der Austausch zwischen den Modulen A, B und C sowie die Rückkopplung der Anwendersicht an die Modellentwickler aus Modul A im laufenden Entwicklungsprozess leistete einen wichtigen Beitrag, um Praxistauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit von PALM-4U zu erhöhen.

II.2.1.3 Kritische Reflexion

Im Folgenden sollen anhand der entwickelten Methodologie der Dialogwerkstätten die Erfahrungen im Projektverlauf dargestellt werden. Die gesammelten Erfahrungen können teilweise in Handlungsempfehlungen für zukünftig ähnlich stattfindende Formate abgeleitet werden.

Der im Dialogprozess gewählte methodische Zugang über Dialogwerkstätten und Expertenworkshops mit Praxispartnern hat sich als robuste und tragfähige Methode bewährt. Gleichzeitig war dieses Vorgehen flexibel genug, um auf Veränderungen reagieren zu können (z. B. dem tatsächlichen Zeitpunkt der Bereitstellung des Release Candidate PALM-4U 6.0 für die Testanwendungen in den Pilotkommunen). Das Konzept der Nutzungssituationen zur systematischen Analyse, zur Formulierung von Modellanforderungen und Anforderungen an Einsatz und Anwendung des Modells und der Anwendungsumgebung (wie Prozess und Rahmenbedingungen) hat sich als geeignet erwiesen. Die für den Dialogprozess gebildeten „Tandems“ (vgl. Abb. 1), bestehend aus Konsortialpartnern mit Modellierungsexpertise (GEO-NET, DWD) und Partnern mit Know-how im Bereich kommunale Prozesse (difu, TU Do/sfs, BKR), haben funktioniert, sodass die Einsatzmöglichkeiten des Stadtklimamodells sowie deren Hemmnisse aufgedeckt und als Anforderungen an die Modellentwicklung übersetzt werden konnten.

Im Rahmen der ersten Dialogwerkstatt: Roundtable wurden die Pilotkommunen gebeten, vorab konkrete Nutzungssituationen für die Anwendung des Stadtklimamodells zu nennen (siehe auch Kapitel 2.2.2). Die konkreten Nutzungssituationen wurden tabellarisch aufgearbeitet, sodass Akteure, Produkte, Prozesse und stadtklimatische Fragestellungen deutlich wurden. Ergänzend wurden Experteninterviews zu den konkreten Nutzungssituationen in den Pilotkommunen geführt, um weitere Informationen sammeln zu können. Dieses Vorgehen machte nicht nur den Wissenschaftler*innen, sondern auch den Pilotkommunen die Komplexität der Anwendung des Stadtklimamodells deutlich. Die kommunalen Prozesse und daran anschließend die Produkte, in denen das Stadtklimamodell verwendet werden kann, sind weitestgehend vorgegeben und strukturiert, und dass obwohl das Stadtklimamodell für eine Vielzahl von stadtklimatischen Fragestellungen anwendbar ist. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die beteiligten Akteure über die Prozessbeteiligten hinausgehen. So spielt die kommunale IT-Abteilung eine entscheidende Rolle bei der Integration des Stadtklimamodells in die bestehende kommunale IT-Infrastruktur. Mit Blick auf die prozessbeteiligten Akteure stellte sich heraus, dass der Teilnehmerkreis aller Dialogwerkstätten noch größer hätte sein müssen. Als Handlungsempfehlung für zukünftige Veranstaltungen dieser Art lässt sich ableiten, dass insbesondere die kommunalen Stadtplanerinnen und Stadtplaner verbindlich einbezogen werden müssten, da sie jene Akteur*innen sind, die mit den generierten Ergebnissen des Umweltamtes weiterarbeiten.

Ein weiterer akteursbezogener Aspekt der Reflexion betrifft die Zusammenarbeit der Module, sowohl untereinander, als auch mit Bezug zur Pilotkommune. Im Projektverlauf stellte sich heraus, dass die modulübergreifende Zusammenarbeit in der Projektplanung nicht ausreichend berücksichtigt wurde. So waren beispielsweise in der Pilotkommune Hamburg Testmessungen vorgesehen, jedoch bestand noch kein Kontakt zwischen Modul B und der Pilotkommune. Modul C organisierte daraufhin ein gemeinsames Treffen am 22.09.2017, um den Kontakt zwischen Modul B und der Pilotkommune herzustellen. Die von der Partnerkommune bestimmte Nutzungssituation „Oberbillwerder“ wurden von Modul B als Messgebiet für die Messkampagne übernommen. Letztlich konnten jedoch keine Messungen in Oberbillwerder durchgeführt werden, da die Grundstücksbesitzer nicht die Erlaubnis gaben, Messstationen auf ihrem Gelände zu errichten.

In der zweiten Runde der Dialogwerkstatt: Lernlabor ging es darum, die Testanwendungen bestmöglich vorzubereiten. Es stellte sich heraus, dass einige der benötigten Eingangsdaten durch die Kommune nur schwer zu beschaffen sind oder in einem Format vorliegen, das durch DWD bzw. GEO-NET noch aufwendig bearbeitet werden muss. Diese Tatsache ist für Testrechnungen in zukünftig teilnehmenden Kommunen zu berücksichtigen. Im Projektverlauf zeigte sich zudem die (starke) Abhängigkeit zwischen den

Modulen. Aufgrund einer später als vorgesehenen Fertigstellung des Release Candidate PALM-4U 6.0, musste die dritte und letzte Runde der Dialogwerkstatt: Evaluation, in der die Testrechnungen besprochen wurden, später starten.

Unter anderem aufgrund des Zeitpunkts der Bereitstellung des Release Candidate PALM-4U 6.0 war es den Kommunen bisher nicht möglich das Stadtklimamodell selbst zu bedienen, sodass kommunale Anwendungserfahrungen aus erster Hand fehlen. Das bedeutet zum einen, dass die Entwicklung des PALM-4U noch nicht abgeschlossen sein kann, da wichtige Anwendererfahrungen noch nicht in den Entwicklungsprozess einfließen konnten. Zum anderen werden sich mit den konkreten kommunalen Anwendungserfahrungen eine Vielzahl an sozialwissenschaftlichen Forschungsfragen auftun. Hier kann es beispielsweise darum gehen, wie der Einsatz eines neuen Stadtklimamodells verstetigt und verbreitet wird und auf welche Weise die kommunalen Anwender sich austauschen oder Hilfe bekommen können.

II.2.1.4 Zielerreichung

Der Dialogprozess konnte in allen Pilotkommunen erfolgreich durchgeführt werden. Zusätzlich zu den von Projektbeginn an beteiligten sechs Partnerstädten, konnte die Landeshauptstadt Stuttgart aufgrund der besonderen Expertise (u. a. als Partnerin in Modul B) als gleichwertige zusätzliche Praxispartnerin im Jahr 2017 in das KliMoPrax-Projekt aufgenommen werden. Mit der Teilnahme von weiteren Kommunen an der Expertenwerkstatt im November 2018, konnte das Interesse an PALM-4U auch in neuen, im Projekt nicht beteiligten Kommunen geweckt werden. Bei diesen handelt es sich um Großstädte, insbesondere aus dem westdeutschen Raum, aber auch aus Ost- und Süddeutschland sowie einen Regionalverband.

In den Dialogwerkstätten wurden alle relevanten Fachabteilungen der Verwaltungen in den Pilotkommunen eingebunden. Teilnehmende kamen überwiegend aus den Bereichen Umwelt und Klima, Stadtplanung, Grün, Tiefbau und Geoinformation/ Liegenschaften. Während das Umweltressort in allen Pilotkommunen kontinuierlich beteiligt werden konnte, waren andere Ressorts (z. B. Stadtplanung) nicht in allen Praxisstädten über die gesamte Projektlaufzeit hinweg bei den Dialogveranstaltungen vertreten. Der zeitliche Abstand von jeweils ca. einem Jahr zwischen den Dialogwerkstätten war möglicherweise zu groß, um die Praxispartner noch stärker einzubinden und die Praxistauglichkeit des Modells ggf. noch enger am Verwaltungshandeln entlang zu evaluieren. Die Zahl der Dialogveranstaltungen hätte ggf. höher sein sollen, unter der Voraussetzung eines zu Testzwecken verfügbaren Modells. Dies zeigt sich an tendenziell etwas geringeren Teilnehmerzahlen in den letzten Dialogwerkstätten.

Da der Release Candidate PALM-4U 6.0 nicht zum geplanten Zeitpunkt im Projektverlauf fertig gestellt werden konnte, war es bis zum Redaktionsschluss dieses Berichts den Partnerkommunen nicht möglich, das Modell eigenhändig zu testen. Sowohl aus technischer, als auch sozialwissenschaftlicher Sicht fehlen hier Anwendungserfahrungen, die bisher nicht in die Modellentwicklung einfließen konnten. Die Stadt Stuttgart plant ab Mai 2019 eigene Testrechnungen durchzuführen, so dass diese Ergebnisse und Erfahrungen in die zweite Projektphase einfließen können.

II.2.1.5 Analyse der Testanwendungsfälle

Im Rahmen des Dialogprozesses wurden gemeinsam mit den Praxispartnerstädten eine Vielzahl unterschiedlicher Testanwendungsfälle identifiziert und diskutiert. In den verschiedenen Werkstätten wurden die jeweiligen Charakteristika der Anwendungsfälle und deren Eignung als Einsatzbeispiele für Testrechnungen mit PALM-4U mit den Akteur*innen aus den kommunalen Verwaltungen erörtert und abgewogen. Im Rahmen dieser Aushandlungsprozesse konnte die Zahl der Testanwendungen auf drei Fälle pro Kommune verdichtet werden. Somit standen 18 Fallbeispiele für die Modellierung mit PALM-4U zur Verfügung – sieben dieser Beispiele wurden mit PALM-4U gerechnet. Mit dieser Auswahl ist es gelungen, eine möglichst große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten für das Stadtklimamodell zu identifizieren. Nachfolgend werden die Eigenschaften und Charakteristika der ausgewählten Testanwendungsbeispiele beschrieben und die entstandene Bandbreite der Beispiele dargestellt. Fünf ausgewählte Merkmale werden dazu betrachtet: „Maßstabsebene“, „Lage im siedlungsstrukturellen Kontext/Verdichtungsgrad“, „Beteiligte Akteure/Kommunale Fachbereiche“, „Stadtentwicklungsprozesse/ Anwendungsfelder/Handlungsfelder“ und „Stadtklimatische Fragestellungen/Klimaparameter/Indizes“.

Zunächst lässt sich feststellen, dass die Testanwendungsfälle aufgrund ihrer Komplexität mehrere Merkmalsausprägungen in den fünf Gruppen aufweisen. Es handelt sich mehrheitlich um komplexe Anwendungen, die nicht monothematisch einseitig ausgerichtet sind.

II.2.1.5.1 Maßstabsebene

Im Hinblick auf die räumliche Bezugsebene lässt sich feststellen, dass die meisten Anwendungsfälle quartiers- oder stadtteilbezogen sind, also mittlere Maßstabsebenen einnehmen. Zusätzlich steht die Betrachtung einzelner Gebäude im Fokus einiger Anwendungsbeispiele. In jeweils zwei Testanwendungen wird die Gesamtstadt betrachtet bzw. ein regionaler Bezug hergestellt.

II.2.1.5.2 Lage im siedlungsstrukturellen Kontext/Verdichtungsgrad

Die Zuordnung von Anwendungsbeispielen in Innen- und Außenbereich ergibt, dass die meisten Anwendungsfälle dem Innenbereich zuzuordnen sind. Innerhalb dieser Gruppe liegt der Fokus am häufigsten auf der Betrachtung von hochverdichteten Innenstadtquartieren. Eine deutlich kleinere Zahl der Anwendungsbeispiele beschäftigt sich mit dem Außenbereich. Hier liegt der Fokus eher auf Neubebauungsbereiche im unmittelbaren Siedlungszusammenhang. Für zwei Testanwendungsbeispiele kann keine Zuordnung nach Innen- oder Außenbereich getroffen werden, da hier eine gesamtstädtische Betrachtung erfolgt.

II.2.1.5.3 Beteiligte Akteure/Kommunale Fachbereiche

Am häufigsten sind die Umwelt- und Stadtplanungsämter an den Vorhaben der Anwendungsfälle beteiligt. In der Regel spielen diese eine federführende Rolle und sind z. B. für das jeweilige Stadtentwicklungsvorhaben verantwortlich. Als weitere relevante Akteur*innen werden z. B. Bürgerschaft, Initiativen, Vereine und Verbände sowie weitere Träger öffentlicher Belange und Planungs- bzw. Beratungsbüros genannt. Die Akteursgruppen Tiefbau-, Wasserwirtschaftsamt, Kommunalpolitik, Senats- oder Bezirksverwaltung sind in selteneren Fällen beteiligt. Diese Akteur*innen spielen in den ausgewählten Testanwendungen oftmals eine begleitende Rolle oder sind Adressaten bzw. Zielgruppen von Stadtentwicklungsvorhaben.

II.2.1.5.4 Stadtentwicklungsprozesse/Anwendungsfelder/Handlungsfelder

Die Auswertung aller Anwendungsbeispiele ergibt, dass insgesamt viele unterschiedliche Handlungsfelder der Stadtentwicklung eine Rolle spielen. Im Regelfall sind mehrere Handlungsfelder pro Testanwendung betroffen. Am häufigsten sind die Typen Siedlungsstrukturen/Bauwesen und menschliche Gesundheit betroffen. Weitere wichtige Handlungsfelder sind Raum-, Regional- und Bauleitplanung sowie Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Die Sektoren Land, Wald- und Fortwirtschaft, Tourismuswirtschaft und Katastrophenschutz sind in einzelnen Fällen ebenfalls relevant.

II.2.1.5.5 Stadtklimatische Fragestellungen/Klimaparameter/Indizes

Die Betrachtung der in den Anwendungsbeispielen relevanten Klimaparameter und Klimaindizes macht deutlich, dass der Fokus in den meisten Fällen auf der Untersuchung des thermischen Komforts liegt, also der Lufttemperatur sowie der gefühlten Temperatur. Das Thema Wind (Windrichtung, und -geschwindigkeit) spielt ebenfalls in vielen Fällen eine wichtige Rolle. Dies gilt auch für die Parameter Kaltluft (Mächtigkeit und Volumenstrom) und Lufthygiene. Im Zusammenhang mit vielen Anwendungsbeispielen wurde auch Niederschlag als relevanter Klimaparameter benannt. Gleichwohl wurde der Fokus nur in wenigen Fällen auf diese meteorologische Größe gelegt, da die Weiterentwicklung von PALM-4U im Hinblick auf die Modellierung des Niederschlags nicht Bestandteil des aktuellen Förderprogramms war und den Praxispartnerkommunen entsprechend kommuniziert wurde, so dass diese nur selten als zentral zu untersuchende Größe ausgewählt wurde.

II.2.2 Nutzungssituation

Das vorliegende Kapitel 2.2.2 ist teilweise wörtlich entnommen aus „Nutzungssituation – Bericht (Draft3)" Dankwart-Kammoun et al. 2019, sowie einem unveröffentlichten Draft Dankwart-Kammoun et al. 2018.

II.2.2.1 Einführung in das Konzept ‚Nutzungssituation'

Ziel des vorliegenden Abschnitts ist es, das Konzept „Nutzungssituation" vorzustellen, welches im Rahmen des Projektes erarbeitet wurde.

KliMoPrax hat sich unter anderem zum Ziel gesetzt, die tatsächliche Praxissituation (Nutzungssituation), in denen das neue Stadtklimamodell angewendet werden soll, zu untersuchen, und die Ergebnisse dieser Untersuchungen an die Modellentwickler zurückzuspiegeln. Mit der Entwicklung des Konzepts der Nutzungssituation wurden zwei Ziele gleichzeitig verfolgt. Erstens hatte KliMoPrax die Aufgabe, in sieben Kommunen eine bis drei konkrete Nutzungssituationen zu erheben, in denen ein neues Stadtklimamodell beispielhaft getestet werden kann. Anhand konkreter Testrechnungen sollte eine Erprobung der Praxistauglichkeit des Modells möglich sein. Zweitens ging es darum in abstrakter Form darzustellen, in welcher Konstellation von Anwenderumgebung, Anwenderkompetenz, Ressourcen, beteiligten Akteur*innen und Stadtentwicklungsprozessen das neue Stadtklimamodell PALM-4U angewendet werden soll. Ziel dessen war es, den Modellentwicklern in Modul A ein Bild von der praxisnahen Herkunft der Modellanforderungen zu bieten, um ein universelles Modell zu entwickeln, welches über ein paar konkrete Beispiele hinausgeht.

II.2.2.2 Das Konzept der Nutzungssituation

Die Einbindung von Software-Lösungen im Arbeitsalltag nimmt im Zuge der Digitalisierung auch in der Stadtverwaltung weiter zu. Das Arbeiten in der Kommune stellt jedoch spezifische Anforderungen an das zu verwendende Software Tool. Umgekehrt stellt die Anwendung eines Software Tools auch Anforderungen an die Nutzer*innen in der Kommune. Die Entwicklung von PALM-4U in Modul A und die Formulierung von Modellanforderungen in Modul C kann sich daher nicht nur an stadtklimatischen Fragestellungen und deren Klimaparametern und -indizes orientieren. Die Entwicklung von PALM-4U muss auch in die sozialwissenschaftliche Forschung eingebunden werden, um die Praxistauglichkeit und letztlich die Anwendung des Modells sicherzustellen. In Modul C wurde dieser Anspruch durch die Entwicklung des Konzepts der Nutzungssituation erfüllt. Zum einen stellt das Konzept sicher, dass die Anwendung von PALM-4U ganzheitlich betrachtet wird und Anforderungen an die Nutzung von PALM-4U jenseits der technischen Modellanforderungen formuliert werden. Zum anderen ermöglicht das Konzept eine Abstrahierung der empirisch erprobten Nutzungssituationen, welche aus dem Nutzungsmodell (s. Abbildung II.2.6) hergeleitet werden können. Mit Hilfe des Konzept ‚Nutzungssituation' können konkrete Nutzungssituationen vom lokalen Bezug gelöst werden. Das Konzept ‚Nutzungssituation' kann daher von der sozialwissenschaftlichen Forschung, aber auch direkt durch die Modellentwickler, genutzt werden, um Anwendungsbeispiele durchzuspielen und Anforderungen aus ihnen abzuleiten.

Im Folgenden wird das Konzept der Nutzungssituationen erläutert.

Allgemein gesprochen umfasst eine Nutzungssituation die tatsächlichen Bedingungen, unter denen ein (Software-)Produkt Anwendung findet oder in einer alltäglichen Arbeitssituation Anwendung finden wird. Man kann dies in allgemeingültigen und abstrahierten Aussagen formulieren oder anhand von konkreten und realistischen Beispielen aufzeichnen.

Bei der Entwicklung eines derartig komplexen Produktes wie dem neuen Stadtklimamodell mussten die Nutzungssituationen frühestmöglich erforscht sein. Anderenfalls liefe das Projekt Gefahr, ein Modell zu entwickeln, das ggf. die in der Ausschreibung geforderten technischen Anforderungen des Fördergeldgebers erfüllt, aber in der kommunalen Praxis keine Anwendung findet, weil die Endnutzer*innen beispielsweise nicht die entsprechenden Rahmenbedingungen für den Modelleinsatz vorfinden. Das Modell würde nur um seinen Selbstwillen entwickelt werden oder nur in der wissenschaftlichen Community bzw. Ingenieurbüros zum Einsatz kommen, weil dort das nötige Expertenwissen vorhanden ist.

Doch wie können diese Nutzungssituationen erforscht, erfasst und kommuniziert werden? Die Komplexität und Diversität der Anwendung bezüglich möglicher Fragestellungen, Anwendungsfälle, Nutzer*innen und Nutzerkonstellation, machen es unmöglich, alle (theoretisch) möglichen Nutzungssituationen zu erfassen. Das Konzept der Nutzungssituation als analytisches Konstrukt für den Gewinn von Daten über die (anvisierte) Anwendung und Anwendungsumgebung eines neuen Produkts wird in der Innovationsliteratur eher selten verwendet.

Obwohl in der Literatur anerkannt wird, dass sich der Anwendungskontext mit der Zeit ändern kann (vgl. Orlikowski et al. 1995), wird meistens pro Produkt nur von einem Anwendungskontext ausgegangen. Dies suggeriert, dass ein bestimmtes Produkt für eine homogene Zielgruppe entwickelt wird und dass dieses Produkt nur für bestimmte und eng abgegrenzte Ziele in einem immer ähnlichen Kontext angewendet wird (vgl. Maguire 2001). Die Arbeit von Mayer (2014) stellt eine Ausnahme dar (vgl. auch Mayer et al. 2012) und verdeutlicht die Existenz mehrerer Kombinationsmöglichkeiten von Merkmalen. In Mayer et al. (2012) werden drei Parameter beschrieben, die die Nutzungssituationen für Managementunterstützungssysteme bilden. Die drei Parameter mit jeweils vier, drei und drei Möglichkeiten resultieren in 36 mögliche Nutzungssituationen (4x3x3=36). Darüber hinaus sind aber Produkte und Anwendungssituationen mit einer Vielzahl an Parametern denkbar, die zu einer noch höheren Anzahl an Nutzungssituationen führen. Nur mit einer weitgehend vereinfachten Darstellung und einer viel zu starken Reduzierung der Parameter könnte man versuchen, alle Nutzungssituationen für ein Stadtklimamodell darzustellen.

Würde man nun alle empirisch festgestellten Einzelparameter (z. B. konkrete Benennung der Akteure; konkrete stadtklimatische Fragestellung, für die das Stadtklimamodell eingesetzt wird; konkrete Benennung des Produktes, das mit den Modellergebnissen erarbeitet werden soll) zusammensetzen, ergäbe sich eine unübersichtliche Anzahl von Nutzungssituationen. Jede dieser Nutzungssituationen würde wiederum eine Vielzahl von Anforderungen an das Stadtklimamodell beinhalten, welche die Modellierer bei der Gestaltung des Stadtklimamodells zu berücksichtigen hätten. Als komplexitätsreduzierenden Lösungsansatz schlagen wir daher die Entwicklung eines Nutzungssituation-Schemas vor (s. Kap. II.2.2.4). Das Nutzungssituation-Schema ist nicht nur in der Lage eine einzelne Nutzungssituation in ihrer Komplexität zu reduzieren, es bietet auch die Möglichkeit, typische kommunale Verwaltungsabläufe (z. B. die Aufstellung eines Bebauungsplanverfahrens) abzubilden. Somit arbeitet das Schema trotz der Individualität einer jeden Kommune das Typische heraus, das vom lokalen Kontext losgelöst betrachtet werden kann.

Im Rahmen des Projektes KliMoPrax sind Nutzungssituationen wie folgt definiert:

Nutzungssituationen sind abgegrenzte Klassen von Praxissituationen, aus denen unterschiedliche Produkte (B-Plan, FNP, …) hervorgehen. Nutzungssituationen sind somit typische Aufgaben und Prozesse der kommunalen Verwaltung und anderer Akteur*innen, mit denen sie die Rahmenbedingungen für die Aktivitäten der Bürger und Gewerbetreibenden in der Stadt gestalten. Aus den Nutzungssituationen lassen sich Systemanforderungen für die Stadtklimamodellierung abstrahieren.

Je nach Nutzungssituation ergeben sich unterschiedliche Fragen an das Stadtklimamodell und der zu nutzenden Datengrundlagen, da Nutzungssituationen auf

1. unterschiedlichen **stadtklimatischen Fragestellungen**,
2. unterschiedlichen **Modellnutzer*innen** und in ihrer Zusammenarbeit mit anderen Beschäftigten,
3. unterschiedlichen **Prozessen** und **Organisationsabläufen**,
4. dem Bedarf an unterschiedlichen **Produkten** und
5. unterschiedlichen **Nutzungsdatenqualitäten**[2]

beruhen.

Dabei soll angemerkt sein, dass diese Definition und die erwähnten Fragen speziell für den KliMoPrax-Ansatz, wobei das Konzept der Nutzungssituation auf ein neuartiges Stadtklimamodell angewendet wurde, formuliert worden sind. Allgemein könnte das Konzept der Nutzungssituation allerdings viel breiter angewendet werden. Es beschränkt sich nicht auf (kommunale) Verwaltungsprozesse und/oder auf stadtklimatische Fragestellungen. Eine Nutzungssituation lässt sich dann definieren **als eine typische Praxissituation, wobei bestimmte Fragen beantwortet/Aufgaben erfüllt werden müssen durch bestimmte Nutzer*innen in typischen Prozess- und Organisationsabläufen mit unterschiedlichen Nutzungsdatenqualitäten und für die Erarbeitung bestimmte Produkten**.

2 ‚Nutzungsdatenqualitäten verweisen auf das erwünschte ‚Detaillevel' (Qualität) der Ergebnisse. Braucht man, zum Beispiel konkrete Zahlen oder nur die Aussage ‚das Stadtklima im Quartier wird besser/schlechter'? Und geht es bei der Untersuchung um eine Veränderung im Block, oder soll die gesamte Stadt untersucht werden?

II.2.2.3 Konkrete Nutzungssituationen

Im Rahmen des Projektes wurden mit den Partnerkommunen jeweils drei Nutzungssituationen bestimmt (zur Bestimmung der Nutzungssituationen und den Dialog mit den Kommunen siehe Kap. II.2.1). Seitens der Modul C-Partner wurde im Sinne einer breiten Übertragbarkeit der Ergebnisse und Erkenntnisse angestrebt, möglichst unterschiedliche Nutzungssituationen auszuwählen; insgesamt standen also 21 Fallbeispiele für die Modellierung mit PALM-4U zur Verfügung. Innerhalb der Projektlaufzeit, konnten die Nutzungssituationen „Sanierungsgebiet Luisenstadt" (Berlin), „Ermekeil-Kaserne" (Bonn), „Stadtübergreifende Modellanwendung" (Essen), „Oberbillwerder" (Hamburg), „Rüppurr Süd" (Karlsruhe), „Stadtklimatische Anforderungen an die Gestaltung von Grünflächen" (München) und „S21-Entwicklungsflächen C+B mit Nachverdichtung und Neuentwicklung" (Stuttgart) als Testrechnung realisiert werden.

II.2.2.3.1 Berlin

„Gut Hellersdorf"
Die **Nutzungssituation „Gut Hellersdorf"** sieht die Entwicklung von Wohnungsbaupotenzialflächen innerhalb der Großsiedlung Marzahn-Hellersdorf vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen, im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens und zur Entwicklung von städtebaulichen Verträgen, die stadtklimatischen Auswirkungen der geplanten Bebauung ermittelt werden und Analysen von Maßnahmen zur Anpassung an Klimawandelfolgen bezüglich der thermischen Behaglichkeit durchgeführt werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist der Einsatz des Modells bei dynamischen Untersuchungen zu speziellen Stadtklimafragestellungen und zur detaillierten Klimafolgenabschätzung und daraus resultierenden Klimaanpassungen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier beziehungsweise den Block und auf Einzelgebäude. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch Gewerbe- und Industriegebiete aus, sowie durch ein verdichtetes Quartier mit Geschoßbebauung in Block-, Zeilen- oder Reihenbebauung. Eine relevante Durchgrünung ist insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung und Bestandsentwicklung, eine Grünflächen- und Freiraumentwicklung sowie eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET sowie Niederschläge rechnen können. Zur Umsetzung sind Baugenehmigungsverfahren und städtebauliche Verträge als **formelle Instrumente** vorgesehen. Als **informelle Instrumente** werden ein klimasensibles Energiekonzept und denkmalpflegerische Festlegungen angedacht. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** sind die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft und Klimaschutz sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den Planungszyklen der Erstellung eines Leitbildes, einer Problem- und Kontextanalyse sowie zur Konzeption und Zielsetzung der Wohnungsbaupotenzialflächen zum Einsatz kommen. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören Planungsamt, Umweltamt, Wirtschaftsförderung, weitere Träger öffentlicher Belange, Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften und Bauherren.

„Sanierungsgebiet Luisenstadt"
Die **Nutzungssituation „Sanierungsgebiet Luisenstadt"** bezieht sich auf das Sanierungsgebiet der nördlichen Luisenstadt mit einer geplanten Nachverdichtung. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen, im Rahmen der Neuaufstellung eines städtebaulichen Rahmenplans als informeller Prozess, die stadtklimatischen Auswirkungen der geplanten Verdichtung untersucht werden, sowie Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas bezüglich der thermischen Behaglichkeit in Form von PMV/UTCI und Temperatur analysiert werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist der Einsatz des Modells in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung, in städtischen Masterplänen, Stadt- und Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier beziehungsweise den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich die nördliche Luisenstadt durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung als auch durch Gewerbe- und Industriegebiete aus. Im Blockinnenbereich und Straßenraum ist eine geringe Durchgrünung und wenige Grünflachen vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung und eine Nach- bzw. Umnutzung und Konversion bereits baulich genutzter Flächen und eine Grünflächen- und Freiraumentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen und Ausbreitungsklassen rechnen können. Als **informelle Instrumente** ist die Aufstellung eines städtebaulichen Rahmenplans vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** sind die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen und dadurch Bauwesen, Industrie und Gewerbe sowie

Handel und Dienstleistungen. Das Modell soll in dem **Planungszyklus** bei der Konzeption, Zielsetzung, Umsetzung und bei Maßnahmenentwicklung zum Einsatz kommen. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören Planungs- und Umweltamt.

„Moabit West“
Die **Nutzungssituation „Moabit West“** bezieht sich auf das Stadtentwicklungskonzept Moabit West. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen, im Rahmen der Umsetzung des vorliegenden Stadtentwicklungskonzeptes als informelles Instrument, Untersuchungen der Wirksamkeit verschiedenster Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas durchgeführt werden. Dieses Konzept beinhaltet zum Beispiel das Anlegen von Grünflächen und die Betrachtung von Starkregenereignissen, Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung bezüglich Temperatur, thermischer Behaglichkeit, Lufthygiene und Niederschlag/Starkregen. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist der Einsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung, sowie städtischen Masterplänen, Stadtbeziehungsweise Quartiersentwicklungskonzepten (StEK), städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen, sowie dynamische Untersuchungen zu speziellen Stadtklimafragestellungen und zur detaillierten Klimafolgenabschätzung und daraus resultierenden Klimaanpassungen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier beziehungsweise den Block. In Bezug auf **Lage und Verdichtungsgrad** zeichnet sich das Gebiet durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung aus. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich und im Straßenraum vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET sowie Temperatur und Lufthygiene bezüglich Feinstaubs, Schadstoffen, Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Als **informelles Instrument** liegt zur Umsetzung ein Stadtentwicklungskonzept vor. Wichtige zu berücksichtigende **Handlungsfelder** sind die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie Handel und Dienstleistungen. Das Modell soll in den **Planungszyklus** bei der Konzeption und Zielsetzung zum Einsatz kommen. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften, Bauherren, Bürgerschaften, Initiativen, Verbände oder Vereine wie bspw. regionale Vertreter*innen.

II.2.2.3.2 Bonn

„Auerberg“
Die **Nutzungssituation „Auerberg“** soll Wegebeziehungen innerhalb des Stadtviertels untersuchen. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** soll die Anwendung des Agentenmoduls erfolgen, um die Wärme- und Schadstoffbelastung zu quantifizieren, der die Menschen auf ihrem Weg zum Zentrum ausgesetzt sind und die sie einsammeln. Es sollen Untersuchungen der klimatischen Auswirkungen der Entwurfsvarianten zu Temperatur und Lufthygiene durchgeführt werden. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier, den Block oder den Stadtteil bzw. Stadtbezirk. In Bezug auf **Lage und Verdichtungsgrad** zeichnet sich das Gebiet durch ein locker bebautes Quartier mit ein- und zweigeschossiger Einzelhaus-, Doppelhaus-, Reihenhausbebauung aus. Eine relevante Durchgrünung ist insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum vorhanden. Allerdings ist das neu entstandene Zentrum Auerberger Mitte stark verdichtet und stark versiegelt. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperaturen, Oberflächentemperaturen und Abstrahlungen von Gebäuden, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit und Schadstoffbelastung rechnen zu können. Zur Umsetzung ist als **formelles Instrument** ein B-Planverfahren vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen, Flora und Fauna, die biologische Vielfalt, Energiewirtschaft und Klimaschutz. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbildes sowie einer Problem- und Kontextanalyse angewandt werden.

„Ermekeil-Kaserne“
Die **Nutzungssituation „Ermekeil-Kaserne“** bezieht sich auf die Umnutzung der Ermekeil-Kaserne mit teilweiser Entsiegelung. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen, im Rahmen des B-Planverfahrens, Untersuchungen der klimatischen Auswirkungen der Entwurfsvarianten zu Temperatur, Wind und Lufthygiene durchgeführt werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist der Einsatz in der Bauleitplanung vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier beziehungsweise den Block sowie auf Einzelgebäude. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung aus. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich sowie im Straßenraum vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Nach- beziehungsweise Umnutzung und Konversion bereits baulich genutzter Flächen sowie eine Grünflächen- und Freiraumentwicklung. Im Idealfall sollte

das Modell in der Lage sein, **Klimaparameter/Indizes** zu Temperatur, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit sowie Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen, Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Zur Umsetzung sind **formelle Instrumente** wie ein Flächennutzungsplan und Bebauungsplan inklusive Grünordnungsplan vorgesehen. Als **informelle Instrumente** werden ein städtebaulicher Rahmenplan, ein Quartierskonzept sowie ein städtebaulicher Wettbewerb vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit und Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen. Das Modell soll in den **Planungszyklus** bei der Konzeption und Zielsetzung zum Einsatz kommen. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören Planungs- und Umweltamt, Grün- und Freiflächenplanung, weitere Träger öffentlicher Belange, Planungs- und Beratungsbüros, Bürgerschaften, Initiativen und Verbände oder Vereine wie zum Beispiel Regionalverbände.

„Lengsdorf-Süd“
Die **Nutzungssituation „Lengsdorf-Süd“** bezieht sich auf die Ortsteilarrondierung Lengsdorf/Ückendorf/Brüserberg (Neubebauung Wohnen, „Bahnquartiere“). Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen, im Rahmen des B-Planverfahrens, Untersuchungen der klimatischen Auswirkungen einer möglichen Bebauung der Flächen bezüglich Temperatur, Wind, thermischer Behaglichkeit in Form von PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen und Abstrahlungen von Gebäuden durchgeführt werden. Bezüglich der **Modellfunktionalitäten** ist der Einsatz in der Bauleitplanung vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier oder den Block. In Bezug auf **Lage und Verdichtungsgrad** zeichnet sich das Gebiet im Außenbereich durch eine Neubebauung im unmittelbaren Siedlungszusammenhang bzw. am Siedlungsrand aus. Im Wesentlichen handelt es sich um die Inanspruchnahme von Grün- und Freiflächen am Stadtrand und von Grünzügen des Siedlungsraumes. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung sowie eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperaturen, Oberflächentemperaturen und Abstrahlungen von Gebäuden, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom (Tag, Nacht) und Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen können. Zur Umsetzung ist als **formelles Instrument** ein B-Planverfahren inklusive eines Grünordnungsplans vorgesehen. Als **informelle Instrumente** werden ein städtebaulicher Rahmenplan sowie ein städtebaulicher Wettbewerb vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten menschliche Gesundheit und Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen. Das Modell soll in den **Planungszyklus** integriert werden und bei der Konzeption und Zielsetzung zum Einsatz kommen. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören Planungs- und Umweltamt, Grün- und Freiflächenplanung, Bürgerschaften, Initiativen und Vereine oder Verbände wie z. B. Regionalverbände.

II.2.2.3.3 Essen

„Stadtübergreifende Modellanwendung“
Die **Nutzungssituation** bezieht sich auf eine stadtübergreifende Anwendung des Modells. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen im Rahmen von Regionalplänen sowie FNP und B-Planverfahren regional-klimatische Auswirkungen bei Umnutzung eines Geländes für Gewerbe, Wohnen und Freiraum untersucht werden als auch die regional-klimatische Bedeutung für das Freilandklima, als Kaltluftentstehungsgebiet und Belüftungsbahn analysiert werden. Dafür soll zunächst die IST-Situation ermittelt werden, um Planungshinweise für eine spätere Flächenaufteilung zu erhalten. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Regionalplanung, Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie in städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf die Region und die Gesamtstadt. In Bezug auf **Lage und Verdichtungsgrad** soll das Gebiet perspektivisch baulich entwickelt werden. Außerhalb des Stadtgebiets ist eine Umnutzung vorgesehen. Zur räumlichen Aufteilung von Gewerbe, Wohnen und Freiraum soll ein Stadtgrenzen überschreitendes Gesamtkonzept erstellt werden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung, eine Nach-/Umnutzung, bzw. Konversion bereits baulich genutzter Flächen, eine Grünflächen- und Freiraumentwicklung, eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung und eine Landschaftsgestaltung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, **Klimaparameter/Indizes** zu Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom (Tag, Nacht), sowie Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen zu können. Zur Umsetzung sind als **formelle Instrumente** ein Regionalplan, ein Flächennutzungsplan sowie eine Umweltprüfung und B-Planverfahren vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbildes

sowie einer Problemanalyse angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören die Politik als gemeindliches Entscheidungsgremium zur Ausübung der kommunalen Planungshoheit, das Planungsamt, weitere Träger öffentlicher Belange, sowie Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften, Bauherren, Bürgerschaft, Initiativen und Vereine oder Verbände wie zum Beispiel Regionalverbände. Da diese Nutzungssituation zwei Kommunen betrifft, sind kommunale Vertreter aus Politik sowie Verwaltung aus beiden Städten relevante Akteure.

„Innenentwicklung im Stadtteil"
Die **Nutzungssituation** bezieht sich auf die „Innenentwicklung im Stadtteil". Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen die stadtklimatischen Auswirkungen bezüglich Schadstoffen, Kaltluftströmen, Belüftung und Kaltlufteintrag durch die Wiederbeziehungsweise Umnutzung von Flächen in einem relativ verdichteten Siedlungsbereich als Wohn- und Dienstleistungsstandort untersucht werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie in städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil/-bezirk. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** handelt es sich um einen relativ verdichteten Siedlungsbereich mit hoher Nachfrage als Wohn- und Dienstleistungsstandort. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung sowie eine Nach-/Umnutzung, beziehungsweise Konversion bereits baulich genutzter Flächen. Zur Umsetzung sind als **formelle Instrumente** ein B-Plan inklusive eines Grünordnungsplans, eine Umweltprüfung sowie ein Vorhaben- und Erschließungsplan vorgesehen. Als **informelle Instrumente** sind ein städtebaulicher Wettbewerb, ein Quartierskonzept, ein Stadtentwicklungskonzept, ein integriertes Stadtentwicklungskonzept sowie ein städtebaulicher Rahmenplan vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Das Modell soll in den **Planungszyklus** bei der Konzeption und Zielsetzung angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören das Planungsamt, das Umweltamt und weitere Träger öffentlicher Belange, sowie Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften und Bauherren.

„Fragestellungen ohne Projektbezug"
Als dritte **Nutzungssituation** wurde in Essen nicht ein konkretes Projekt oder B-Planverfahren identifiziert, sondern „Fragestellungen ohne Projektbezug". Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen Untersuchungen durchgeführt werden um Standortverhältnisse abzugleichen und Restriktionen, Hemmnisse und Gunstfaktoren zu identifizieren. Neben Windfelduntersuchungen sollen Auswirkungen und Veränderungen der Schadstoffsituation (Straßenschlucht) und des Stadtklimas beurteilt werden. Da die Nutzungssituation ohne Projektbezug dargestellt wurde, kann die Modellandwendung in unterschiedliche formale und informelle Prozesse eingebettet sein. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz zur Erstellung von Stadtklimagutachten, Planungshinweiskarten u. ä. sowie in der verbindlichen Bauleitplanung, als auch in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung, wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie in städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Da kein konkreter Projektbezug besteht, kann die **Maßstabsebene** sich auf Region, Gesamtstadt, Stadtteil/-bezirk, Quartier/Block und Einzelgebäude beziehen. Die **Lage und der Verdichtungsgrad** sind dementsprechend auch variabel, obwohl der Stadtbereich sich allgemein durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung auszeichnet. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich und Straßenraum sowie durch wenige Grünflächen vorhanden. Weiterhin ist ein relativ verdichteter Siedlungsbereich mit hoher Nachfrage als Wohn- und Dienstleistungsstandort vorhanden. Im verdichteten Quartier ist eine Geschoßbebauung in Block-, Zeilen- oder Reihenbebauung vorhanden, mit einer relevanten Durchgrünung insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum und durch Grünflächen vorgesehen. **Ziel der Stadtentwicklung** ist meistens eine Neubebauung sowie eine Bestandsentwicklung und eine Nach-/Umnutzung, beziehungsweise Konversion bereits baulich genutzter Flächen. Zur Umsetzung sind als **formelle Instrumente** ein Flächennutzungsplan, ein B-Plan inklusive eines Grünordnungsplans und städtebauliche Verträge vorgesehen. Zu den **informellen Instrumenten** gehören ein städtebaulicher Wettbewerb, ein städtebauliches Entwicklungskonzept, ein Quartierskonzept, ein städtebaulicher Rahmenplan, Klimafolgeanpassungskonzepte sowie städtebauliche Umbaumaßnahmen und Sanierungsmaßnahmen des besonderen Städtebaurechts zu den Möglichkeiten. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Boden, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Flora und Fauna, biologische Vielfalt, Energiewirtschaft und Klimaschutz, Mobilität, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Tourismuswirtschaft, Katastrophenschutz sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** bei der Erstellung eines Leitbilds sowie bei Problemanalyse, Kontextanalyse, Umsetzung, Maßnahmenentwicklung, Evaluation und Monitoring angewandt werden.

Zu den beteiligten **Akteuren** gehören die Politik als gemeindliches Entscheidungsgremium zur Ausübung der kommunalen Planungshoheit, das Planungsamt, Umwelt-, Grün- und Freiflächenplanung, Tiefbauamt, Wirtschaftsförderung, weitere Träger öffentlicher Belange, Planungs- bzw. Beratungsbüros sowie Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften und Bauherren.

II.2.2.3.4 Hamburg

„Oberbillwerder"
Die **Nutzungssituation „Oberbillwerder"** sieht eine stadtklimatische Analyse in Oberbillwerder für die Neubebauung des Gebietes vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** werden stadtklimatische Auswirkungen durch die Umsetzung einer „Planung auf der grünen Wiese" untersucht. Dazu werden Aussagen zur Kaltluft benötigt als auch die Auswirkungen auf das Umfeld bezüglich Belüftung, Thermie und Boden in verschiedenen Szenarien wie beispielsweise Auswirkungen auf das Umland, mögliche Bebauungsszenarien und mögliche Maßnahmen. Vorgesehen ist eine spätere Umsetzung durch FNP und B-Plan. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz zur Erstellung von Stadtklimagutachten, Planungshinweiskarten und ähnlichem vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil beziehungsweise Bezirk sowie auf das Quartier oder den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch eine neue Bebauung im Freiraum abseits des Siedlungsraum im Außenbereich aus. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, **Klimaparameter/Indizes** zu Temperatur, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom (Tag, Nacht), sowie Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen zu können. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Boden sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbildes sowie einer Problemanalyse angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören das Planungsamt sowie das Umweltamt.

„Diebsteich"
Die **Nutzungssituation „Diebsteich"** sieht eine Innenverdichtung vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** soll eine Untersuchung einer Innenverdichtung stattfinden. Dazu sollen Landschaftsachse und Grünzug, eine Grünflächenneuordnung, eine Flächenkonversion und die gefangene Situation und Neuordnung von Verkehrsströmen analysiert und qualifiziert werden. Stadtklimatische Fragestellungen beziehen sich auf den Einfluss auf die Kaltluftversorgung, thermische Belastungen und Feinstaub. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in der Bauleitplanung vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil bzw. Bezirk sowie auf das Quartier oder den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch ein verdichtetes Quartier mit Geschoßbebauung in Block-, Zeilen- oder Reihenbebauung aus. Eine relevante Durchgrünung ist insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Nach- und Umnutzung bereits baulich genutzter Flächen, eine Grün- und Freiraumentwicklung sowie eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten Flora und Fauna, biologische Vielfalt, Mobilität und Verkehr sowie die Verkehrsinfrastruktur. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbildes sowie einer Problemanalyse angewandt werden.

„Rahmenplan Innenstadt Harburg"
Die dritte **Nutzungssituation** für Hamburg bezieht sich auf den **„Rahmenplan Innenstadt Harburg"**. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen die mit der Umsetzung eines Rahmenplans einhergehenden stadtklimatischen Auswirkungen untersucht werden. Es handelt sich um ein kleinräumiges Projekt, welches einen Umbau im Bestand und eine Verdichtung im bereits verdichteten Raum vorsieht. Dazu sollen die Auswirkungen einer immer stärker werdenden Innenverdichtung bezüglich thermischer Belastung, Auswirkungen der Geschossigkeitserhöhung auf die Lufthygiene sowie die Bedeutung des innerstädtischen Grüns analysiert werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) und städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil beziehungsweise Bezirk sowie auf das Quartier oder den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung aus. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich und Straßenraum sowie durch wenige Grünflächen vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung sowie eine Nach- und Umnutzung bereits baulich genutzter Flächen sowie eine Grünflächen- und Freiraumentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, **Klimaparameter/Indizes** zu Temperatur und Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen, Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Als **informelle**

Instrumente wird ein städtebaulicher Rahmenplan vorgesehen. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Konzeption und Zielsetzung angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören das Planungsamt sowie das Umweltamt.

II.2.2.3.5 Karlsruhe

„Hauptbahnhof Süd“
Die **Nutzungssituation** sieht die Planung der Konversionsfläche **„Hauptbahnhof Süd“** vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen die klimatischen Auswirkungen der neuen Bebauung auf die umliegenden, oftmals denkmalgeschützten Bestandsgebäude bezüglich Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit (PMV/UTCI), Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung untersucht werden. Eine spätere Umsetzung durch ein B-Planverfahren als formelles Instrument ist vorgesehen. Bezüglich der **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in der Bauleitplanung, in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen, in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf Quartier/Block und Einzelgebäude. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** zeichnet sich das Gebiet durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung aus. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich und Straßenraum sowie durch wenige Grünflächen vorhanden. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung sowie eine Nach-/Umnutzung bereits baulich genutzter Flächen. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperatur, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit und Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen und Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Zur Umsetzung als **formelles Instrument** ist ein B-Plan inklusive eines Grünordnungsplans vorgesehen. Als **informelle Instrumente** werden Klimagutachten und ein städtebaulicher Rahmenplan vorgesehen. **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Mobilität, Verkehr und Infrastruktur, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Konzeption und Zielsetzung angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören das Planungsamt, das Umweltamt, Grün- und Freiflächenplanung, weitere Träger öffentlicher Belange, Planungs- und Beratungsbüros, Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften, Bauherren, Bürgerschaften, Initiativen, Vereine oder Verbände wie beispielsweise Regionalverbände.

„Rüppurr Süd“
Die **Nutzungssituation** sieht die Neuaufstellung des Flächennutzungsplans **„Rüppurr“** vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** soll im Rahmen eines vorbereitenden B-Planverfahrens, untersucht werden, wie Lärm und Schadstoffe durch entsprechende Bebauung abgeriegelt werden können und eine klimatische Durchlüftung auch der angrenzenden Siedlungsfläche weiterhin gewährleistet bleiben. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen, in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen und Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie in städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf das Quartier oder den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrad** handelt es sich um eine neue Bebauung im unmittelbaren Siedlungszusammenhang und am Siedlungsrand im Außenbereich mit einer Inanspruchnahme von Grün- und Freiflächen am Stadtrand und in Grünzügen innerhalb des Siedlungsraums. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperatur, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit und Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen und Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Die Umsetzung durch **formelle Instrumente** ist durch einen Flächennutzungsplan sowie einen Bebauungsplan inklusive eines Grünordnungsplans vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen bzw. Bauwesen sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören Träger öffentlicher Belange, Bürgerschaften, Initiativen, Vereine oder Verbände wie beispielsweise Regionalverbände.

„Innenstadt Ost“
Mit Blick auf die Ausweisung als Sanierungsgebiet hat in der **Nutzungssituation „Innenstadt Ost“** bereits eine vorbereitende Untersuchung stattgefunden. Das Thema „Klima“ spielt dabei eine wichtige Rolle. Demnach wäre es für die Stadt Karlsruhe hilfreich, detaillierte Daten bzgl. der klimatischen Situation für den Standort zu bekommen. Da noch keine Planvariante vorliegt, soll der Ist-Zustand sowie eine Variante mit einem Maximalszenario für Entsiegelung und Dachbegrünung modelliert werden. Für die Modellierung der

Dachbegrünung soll angenommen werden, dass alle Flachdächer begrünt werden. Für die Modellierung der Entsiegelung soll angenommen werden, dass alle Nebengebäude, Garagen, Schuppen (Daten kommen hierzu aus der ALK) entfernt und durch Grünflächen ersetzt werden.

II.2.2.3.6 München

„Analyse der Klimafunktionen für das gesamte Stadtgebiet“
Die **Nutzungssituation** sieht eine Analyse der Klimafunktionen für das gesamte Stadtgebiet vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** werden stadtklimatische Fragestellungen und Themen wie Kaltluftentstehung, Kaltluftbahnen, Grün- und Freiflächen bzw. die Bewertung von Grün- und Freiflächen, Belastungsgebiete, bioklimatische Bewertungen, Luftaustausch und Bewertung von Szenarien und Standorten der Siedlungsentwicklung behandelt. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz zur Erstellung von Stadtklimagutachten, Planungshinweiskarten und ähnlichem vorgesehen. Die **Maßstabsebene** sowie **Lage und Verdichtungsgrad** beziehen sich auf die Gesamtstadt. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Stadtklimaanalyse. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperatur, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung, relative Luftfeuchte, Windrichtung, Richtung oberflächennaher Luftströmungen, Windgeschwindigkeit, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom (Tag, Nacht), Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen und Lufthygiene bezüglich Feinstaub, Schadstoffen und Ausbreitungsklassen sowie Niederschlägen rechnen zu können. Die Umsetzung durch **formelle Instrumente** ist durch einen Flächennutzungsplan sowie eine Planungshinweiskarte vorgesehen. Als **informelle Instrumente** werden bioklimatische Bewertungen sowie die Bewertung von Grünflächen vorgesehen. Beteiligter **Akteur** ist das Umweltamt.

„Städtebauliche Verdichtung nach Bebauungsplan“
Die **Nutzungssituation** sieht eine städtebauliche Verdichtung nach Bebauungsplan vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** werden stadtklimatische Fragestellungen und Themen wie Kaltluftlieferung, stadtklimatische Optimierung von Gebäuden in Bezug auf Ausrichtung, Höhe und Gestaltung, Kühlungsfunktion von Grünelementen, Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung, Oberflächengestaltung von Grundflächen, Fassaden, Dächern, Bewertung von Grünflächen usw., bioklimatische Bewertung und Luftaustausch behandelt. Eine spätere Umsetzung ist durch einen Grünordnungsplan, einen Bebauungsplan, stadtklimatische Fachgutachten und Stellungnahmen sowie Wettbewerbsverfahren vorgesehen. Dazu sind stadtklimatische Fachgutachten und Stellungnahmen vorgesehen. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen, in der Stadtentwicklung und Stadtplanung wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) sowie städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf die Gesamtstadt, den Stadtteil/-bezirk und das Quartier und den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** kann eine gesamtstädtische Analyse vorgesehen werden. Außerdem zeichnet sich das Gebiet durch Gewerbe- und Industriegebiete sowie durch ein hochverdichtetes Innenstadtquartier mit Blockrandbebauung aus. Eine geringe Durchgrünung ist im Blockinnenbereich und Straßenraum sowie durch wenige Grünflächen vorhanden. Weiterhin ist ein relativ verdichteter Siedlungsbereich mit hoher Nachfrage als Wohn- und Dienstleistungsstandort vorhanden. Im verdichteten Quartier ist eine Geschoßbebauung in Block-, Zeilen- oder Reihenbebauung vorhanden, mit einer relevanten Durchgrünung insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum und durch Grünflächen. Es handelt sich um ein locker bebautes Quartier mit ein- und zweigeschossiger Einzelhaus-, Doppelhaus-, und Reihenhausbebauung mit relevanter Durchgrünung insbesondere auf Grundstücksfreiflächen sowie im Straßenraum. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Bestandsentwicklung sowie eine Nach-/Umnutzung bereits baulich genutzter Flächen. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** zu Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom (Tag, Nacht) und zu der Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen zu können. Die Umsetzung durch **formelle Instrumente** ist in einem Flächennutzungsplan sowie einem B-Plan inklusive eines Grünordnungsplans und einer Umweltprüfung vorgesehen. Als **informelle Instrumente** sind bioklimatische Bewertungen sowie die Bewertung von Grünflächen und eines städtebaulichen Wettbewerbs vorgesehen. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören das Planungsamt, das Umweltamt, das Wasserwirtschaftsamt sowie weitere Träger öffentlicher Belange wie Planungs- und Beratungsbüros, Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften, Bauherren, Bürgerschaften, Initiativen, Vereine oder Verbände wie beispielsweise Regionalverbände.

„Stadtklimatische Anforderungen an die Gestaltung von Grünflächen“
Die **Nutzungssituation** bezieht sich auf stadtklimatische Anforderungen an die Gestaltung von Grünflächen. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation**

sollen im Rahmen eines Grünordnungsplans sowie einer Vorentwurfs-/Entwurfsplanung als formale Instrumente die klimatischen Wirkungen auf die angrenzende Bebauung in Bezug auf Durchlüftung und Kaltluftlieferung, auf die die mikroklimatische Vielfalt, die Aufenthaltsqualität aus stadtklimatischer Sicht und die Berücksichtigung der Bodenfeuchte analysiert werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in der Bauleitplanung vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf die Gesamtstadt und den Stadtteil/-bezirk. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** handelt es sich um die Gesamtstadt. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Grünflächen- und Freiraumentwickung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** zu Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom am Tag und in der Nacht und zu der Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen zu können. Die Umsetzung durch **formelle Instrumente** ist in einem Flächennutzungsplan sowie einem B-Plan inklusive eines Grünordnungsplans und einer Umweltprüfung als auch Vorentwurfs-/Entwurfsplanung vorgesehen. Als **informelles Instrument** ist die Bewertung von Grünflächen vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit und den Boden. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören das Planungsamt, das Umweltamt, die Grün- und Freiflächenplanung, weitere Träger öffentlicher Belange wie Planungs- und Beratungsbüros, Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften, Bauherren, Bürgerschaften, Initiativen, Verbände oder Vereine wie beispielsweise Regionalverbände sowie das Wasserwirtschaftsamt.

II.2.2.3.7 Stuttgart

„Neuaufstellung Landschaftsplan Stuttgart (Gesamtstadt)“
Die **Nutzungssituation** sieht eine Neuaufstellung des Landschaftsplans für die Gesamtstadt Stuttgart vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen gegebenenfalls auch im Rahmen der Neuaufstellung des Landschaftsplans als formelles Instrument die heutigen und zukünftigen thermisch kritischen Bereiche, die in Bezug auf Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit bezüglich PMV/UTCI/PET keine oder nur eingeschränkte Nachverdichtung vertragen, untersucht werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung, wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) und städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen, als auch für den Landschaftsplan/das Landschaftsprogramm. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf die Gesamtstadt und den Stadtteil/-bezirk. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** handelt es sich um die Gesamtstadt. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Stadtklimaanalyse. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** zu Temperatur und humanbioklimatische Indices am Tag und in der Nacht, zu Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom in der Nacht und zu der Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen rechnen zu können. Die Umsetzung durch **formale Instrumente** ist in einem Landschaftsplan und ggf. FNP vorgesehen. Als **informelle Instrumente** sind Klimagutachten vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Boden, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Flora und Fauna, Biologische Vielfalt, Energiewirtschaft und Klimaschutz, Mobilität, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Tourismuswirtschaft, Katastrophenschutz sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbilds und zur Problemanalyse angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteuren** gehören das Planungsamt und das Umweltamt.

„Aufstellung Rahmenplan Talgrund, S-West“
Die **Nutzungssituation** sieht die Aufstellung des Rahmenplans Talgrund für Stuttgart West vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen im Rahmen der Aufstellung des Rahmenplans als informelles Instrument die heutigen und zukünftigen thermisch kritischen Bereiche, die in Bezug auf Temperatur, Wind, thermische Behaglichkeit bezüglich PMV/UTCI und Lufthygiene keine oder nur eine eingeschränkte Nachverdichtung vertragen, untersucht werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in Planungs-, Prüfungs- und Entwicklungsprozessen in der Stadtentwicklung und Stadtplanung, wie städtischen Masterplänen, Stadt-/Quartiersentwicklungskonzepten (StEK) und städtebaulichen Rahmenplänen vorgesehen. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil/-bezirk und das Quartier oder den Block. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** handelt es sich um ein hochverdichtetes Innenstadtquartier. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Neubebauung, Bestandsentwicklung, Grünflächen- und Freiraumentwicklung sowie eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperatur, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom am Tag und in der Nacht und zu der Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen sowie die Lufthygiene bezüglich Feinstäuben, Schadstoffen und Ausbreitungsklas-

sen rechnen zu können. Als **informelles Instrument** wird die Umsetzung eines städtebaulichen Rahmenplans vorgesehen. Zu berücksichtigende Handlungsfelder beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Konzeption und Zielsetzung angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören das Planungsamt und das Umweltamt.

„S21-Entwicklungsflächen C+B mit Nachverdichtung und Neuentwicklung“
Die **Nutzungssituation** sieht S21-Entwicklungsflächen C+B mit Nachverdichtung und Neuentwicklung vor. Zur **Charakterisierung der Nutzungssituation** sollen zur Neuentwicklung eines klimaoptimierten und angepassten Stadtquartiers im Rahmen eines B-Planverfahrens Untersuchungen zu Temperatur, Wind, thermischer Behaglichkeit bezüglich PMV/UTCI, Oberflächentemperaturen an Gebäuden und Abstrahlung sowie Lufthygiene durchgeführt werden. In Bezug auf die **Modellfunktionalitäten** ist ein Modelleinsatz in der Bauleitplanung vorgesehen sowie dynamische Untersuchungen zu speziellen Stadtklimafragestellungen und zur detaillierten Klimafolgenabschätzung wie Klimaanpassung, Berechnung und Monitoring der Luftqualität bzw. Schadstoffbelastung. Die **Maßstabsebene** bezieht sich auf den Stadtteil/-bezirk und das Quartier. Bezüglich der **Lage und des Verdichtungsgrads** handelt es sich um ein hochverdichtetes Innenstadtquartier sowie ein verdichtetes Quartier. **Ziel der Stadtentwicklung** ist eine Nach-/Umnutzung bereits baulich genutzter Flächen, Grünflächen- und Freiraumentwicklung sowie eine Verkehrsinfrastrukturentwicklung. Im Idealfall sollte das Modell in der Lage sein, die **Klimaparameter/Indizes** UTCI, PMV, PET, GT sowie Temperatur, Kaltluftmächtigkeit, Kaltluftvolumenstrom am Tag und in der Nacht und zu der Fließgeschwindigkeit oberflächennaher Luftströmungen sowie die Lufthygiene bezüglich Feinstäuben, Schadstoffen und Ausbreitungsklassen rechnen zu können. Die Umsetzung ist durch B-Planverfahren als **formale Instrumente** vorgesehen. Als **informelle Instrumente** sind eine bioklimatische Bewertung und ein städtebaulicher Wettbewerb vorgesehen. Zu berücksichtigende **Handlungsfelder** beinhalten die menschliche Gesundheit, Bau- und Siedlungsstrukturen beziehungsweise Bauwesen, Mobilität, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Das Modell soll in den **Planungszyklus** zur Erstellung eines Leitbildes sowie zur Problemanalyse angewandt werden. Zu den beteiligten **Akteur*innen** gehören das Planungsamt und das Umweltamt sowie weitere Träger öffentlicher Belange wie Bürgerschaften, Initiativen, Verbände oder Vereine wie beispielsweise Regionalverbände.

II.2.2.4 Abstrahierte Nutzungssituationen mit Nutzungsschema

Die bisher beschriebenen Nutzungssituationen besitzen einen konkreten lokalen Bezug und Verortung. Eine abstrahierte Nutzungssituation ist eine Nutzungssituation ohne lokalen Bezug und Verortung. Da eine abstrahierte Nutzungssituation nicht lokal verortet ist, ist die abstrahierte Nutzungssituation übertragbar und kann schematisch in einem ‚Nutzungsschema‘ (s. Abbildung II.2.6) dargestellt werden.

Das Ziel ist es, mittels der abstrahierten Nutzungssituationen, die aus der Empirie abgeleitet werden, den Modellentwicklern ein Verständnis von typischen Fragestellungen und Anwendungsfällen innerhalb der Kommunen darzustellen. Da diese aus der Empirie erhobenen und abstrahierten Nutzungssituationen nicht alle Möglichkeiten von PALM-4U ausschöpfen, sind weitere gewünschte Funktionalitäten von PALM-4U innerhalb von Modul C definiert. Abschließend wurde auch das Expertenwissen aus Modul A herangezogen, um einen Abgleich der bisher in Modul C definierten (Wunsch-)Funktionalitäten mit den in PALM-4U möglichen Funktionalitäten abzugleichen. Möglicherweise fehlende Funktionalitäten, die PALM-4U umsetzen kann, die aber noch nicht identifiziert wurden, konnten so identifiziert und ergänzt werden.

Das in Abbildung 1 dargestellte Nutzungsschema zeigt schematisch einen typischen Nutzungsprozess von PALM-4U, aus dem abstrahierte Nutzungssituationen abgeleitet werden können und dessen neun Schnittstellen zwischen den einzelnen Elementen, die von KliMoPrax für die Identifizierung und Formulierung von Anforderungen erarbeitet, untersucht und untereinander abgeglichen wurden. Die Schnittstellen bilden ‚Anforderungskategorien‘ und sind als rote Ellipsen dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Schnittstellen befindet sich im Erläuterungsbericht zum Nutzungs- und Anforderungskatalog (vgl. Weber et al. 2019).

Das Schema ist von der Spalte „Verwaltungsprozess“ aus zu lesen. Unter der Annahme, dass ein Vorhaben geplant wird, wird in der Kommune ein Verwaltungsprozess ausgelöst, der in der Regel einer bestimmten Abfolge, hier in sechs Schritten dargestellt, folgt. Am Ende des Verwaltungsprozesses steht ein finales Produkt, welches das Vorhaben abschließt. Am Anfang des Prozesses stehen zunächst allgemeine mit dem Vorhaben verbundene Fragen. Sobald jedoch stadtklimatische Fragestellungen mit dem Vorhaben verbunden sind, wird der Einsatz eines Stadtklimamodells

Schema ‚Von Nutzungssituationen zu Stadtklima-Modellanforderungen'

Kurzcharakterisierung der NuSi:

- Stadtklimatische Fragestellung/Parameter: z. B. Durchlüftung, Temperaturverteilung o.ä.
- Anwendende Organisation (Nutzer): z. B. Stadt (Kommune), Klimadienstleister oder Planungsbüro
- Verwaltungsprozess o.a. Nutzungsrahmen: z. B. (Neu-)Aufstellung B-Plan, Grünplanung o. Klimavorsorge

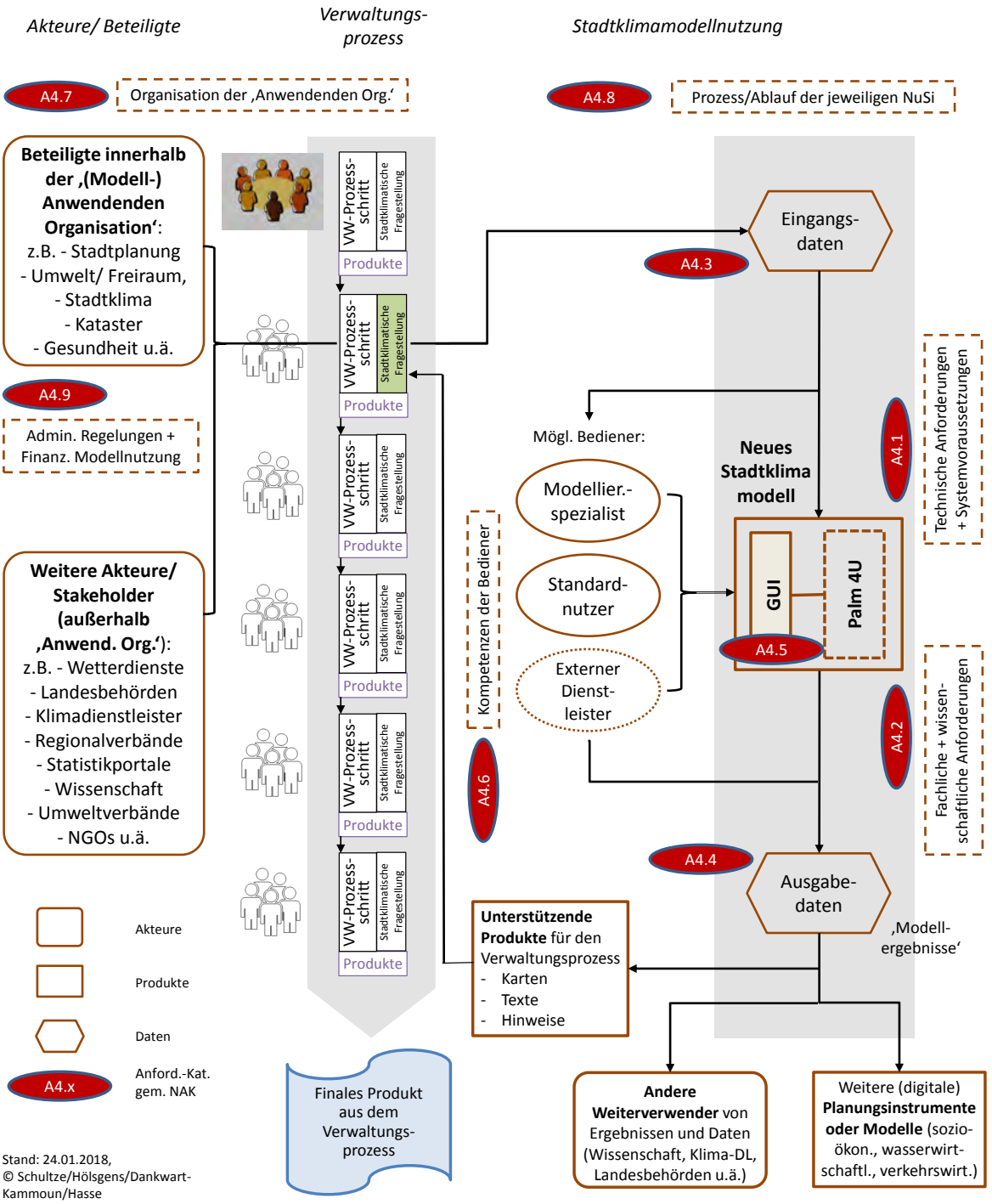

Abbildung II.2.6: Nutzungsschema. © TU Do/sfs

ausgelöst (hier im zweiten Verwaltungsschritt). Dies ist in der rechten Spalte „Stadtklimamodellnutzung" dargestellt. Zudem werden dann auch die Wechselwirkungen mit „Akteur*innen/Beteiligten", dargestellt in der linken Spalte, relevant.

In Tabelle II.2.3 sind die Schnittstellen A4.1 bis A4.9 und dazugehörige Beispielanforderungen aufgeführt. Im NAK sind jedoch nur die Anforderungen A4.1 bis A4.5 aufgeführt (s. Kap.II.1.7). Im Projektverlauf wurde festgestellt, dass die nicht-funktionalen Anforderungen A4.7 bis A4.9 nicht bzw. nur schwierig als Anforderungen an Modul A formuliert werden können, da sie nicht die wesentlichen Charakteristika der Funktionalitäten eines neuen Stadtklimamodells betreffen. Dennoch sind die Schnittstellen A4.7 bis A4.9 Teil des Nutzungsschemas, weil Nutzungssituationen einen ganzheitlichen Blick auf die Modellanwendung werfen.

Tabelle II.2.3: Tabellarische Darstellung der Schnittstellen

Schnittstelle	Beispielanforderung
(A4.1) Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen	Das Modell muss mehrplatzfähig sein. Das heißt, die Software muss in der Lage sein, gleichzeitig auf mehreren vernetzten Arbeitsplätzen ausgeführt zu werden.
(A4.2) Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen	Das Modell muss Gebäudemodelle mit Einzelgebäuden inklusive schräger Dachformen, überhängender Gebäudeteile und Gebäudeoberflächen (LOD2 und aufwärts, vollständige 3D-Darstellung) abbilden und verarbeiten können.
(A4.3) Aufbereitung der benötigten Eingangsdaten	Das Modell muss in der Lage sein, alle gängigen Raster- und Vektordatenformate so zu konvertieren, dass sie in das Modell eingelesen werden können.
(A4.4) Ausgabedaten/Modellergebnisse	Das Modell muss bei der Ergebnisdarstellung angeben, mit welcher Gitternetzweite die Simulation gerechnet wurde. Diese Angabe kann im Plankopf stehen.
(A4.5) Grafische Oberfläche (GUI)	Das Modell muss Orientierungshilfen bereitstellen. Zu den Orientierungshilfen gehören beispielsweise Fortschrittsanzeigen oder eine strukturierte Benutzeroberfläche.
(A4.6) Kompetenzen der Bediener	Den Nutzer*innen muss ermöglicht werden, jene Eingangsdaten auszuwählen, die sie im Rahmen ihrer persönlichen Kompetenzen auch interpretieren können.
(A4.7) Organisation der ‚Anwendenden Organisation'	Die Einarbeitung in das Modell muss im Rahmen der Arbeitszeit im alltäglichen Arbeitsprozess möglich sein.
(A4.8) Prozess/Ablauf der jeweiligen NuSi	Das nSKM muss auf dem in der Kommune vorhanden Rechner im Hintergrund laufen können, um parallel stattfindende Arbeitsprozesse nicht einzuschränken.
(A4.9) Administrative und finanzielle Regelungen der Modellnutzung	Das Modell muss in einer lizenzfreien Version zur Verfügung stehen.

Die Anforderungen, die sich aus den hier grau dargestellten Schnittstellen ergeben, sind in den Darstellungen der unterschiedlichen Berichte wiederzufinden. Denn in den Berichten ist der nötige Raum geboten, um nicht-funktionale Anforderungen zu beschreiben und in beispielhafte Kontexte einzubetten. Die Aufarbeitung der Schnittstellen kann in einer zweiten Förderphase detaillierter fortgeführt werden.

II.2.2.5 Kritische Reflexion

In den Dialogwerkstätten, aber auch während der Experteninterviews und weiteren Veranstaltungen mit den Praxispartnern, stellte sich immer wieder heraus, dass nicht nur potenzielle Anwender*innen Anforderungen an das Modell stellen. Die kommunalen Vertreter*innen formulierten, dass die Modellnutzung auch Anforderungen an sie und ihre Organisation stellt. Diese Anforderungen können u. a. an die Kompetenzen und die Qualifikation der Anwender*innen gestellt sein oder auch an technische Voraussetzungen sowie finanzielle und personelle Ressourcen in der Organisation, um die Anwendung des Stadtklimamodells zu realisieren.

Das in Abbildung II.2.6 dargestellte Nutzungsschema zeigt deswegen Schnittstellen für Anforderungen an die Kompetenz der Anwender*innen (A4.6), die Organisation (A4.7), die Prozessabläufe (A4.8) sowie die administrativen und finanziellen Regelungen bezüglich der Modellanwendung (A4.9). Dennoch sind im KliMoPrax-Projekt vor allem die technischen und fachlich-wissenschaftlichen Anforderungen (A4.1 – A4.5) im Detail formuliert (Weber & Steuri 2019a). Anforderungen des Modells an die Anwender*innen wurden weniger konkret formuliert, aber zum Beispiel in der Konzeptstudie „Mainstreaming von (Stadt-) Klimamodellen" angesprochen (vgl. Kap. II.3.2). Diese wechselseitige Formulierung von Anforderungen ist zukünftig noch stärker zu beachten. Denn das Stadtklimamodell wird in der Kommune nur Anwendung finden, wenn einerseits die Anforderung der Anwender*innen an das Modell und andererseits die Anforderungen, die das Modell an die Anwender*innen stellt, erfüllt werden. Diese Feststellung mag trivial klingen, ist aber im Kern für den erfolgreichen Einsatz des Stadtklimamodells unabdingbar.

Obwohl das Konzept der Nutzungssituationen im Projekt hilfreich und zum Teil aufgrund der hohen Komplexität und der Vielfalt an möglichen Kombinationen fast unausweichlich war, ist es wichtig zu betonen, dass eine Nutzungssituation nicht das gleiche wie eine Testrechnung/Testanwendung ist. Die in den Dialogwerkstätten erhobenen konkreten Nutzungssituationen bildeten zwar die Basis für die Testrechnungen, gehen aber weit über die Testrechnungen hinaus. Für die Testrechnungen waren lediglich die technischen Anforderungen relevant, da diese Testrechnungen nicht in den Arbeitsalltag der Kommunen integriert waren, sondern durch KliMoPrax durchgeführt wurden. Relevante Fragen z. B. nach den Kompetenzen der kommunalen Anwender, der Bereitstellung der notwendigen Ressourcen etc. wurden in den Testrechnungen außer Betracht gelassen, sind aber durchaus wichtige Bestandteile der Nutzungssituation. Diese nicht-technischen Anforderungen, die die Wechselwirkung zwischen Modell und Praxis darstellen, werden mit dem Begriff ‚Nutzungssituation' erfasst, konnten aber nur teilweise erprobt und evaluiert werden, weil das Modell noch nicht durch die kommunalen Vertreter*innen im Arbeitsalltag erprobt werden konnte.

II.2.3 Ergebnisse der Testanwendungen

In Zusammenarbeit mit den sieben Großstädten Berlin, Bonn, Essen, Hamburg, Karlsruhe, München und Stuttgart wurde die Nutzer- und Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells PALM-4U mit realen Anwendungsfällen getestet. Unterschiedliche Nutzungssituationen (s. Kap. II.2.1.5.1), die in den Dialogwerkstätten (s. Kap. II.2.1) erarbeitet wurden, bildeten die Basis der Testanwendungen.

II.2.3.1 Auswahl der Testanwendungen

In der ersten und zweiten Dialogwerkstatt wurden mit den Partnerkommunen drei Nutzungssituationen als Ausgangspunkt für mögliche Testanwendungen identifiziert, die im weiteren Verlauf des Projektes konkretisiert worden sind (vgl. Tabelle II.1.2 und Kap. II.2.1.5.1). Es wurden zahlreiche stadtklimatische Anwendungsfelder aus Sicht der kommunalen Partner genannt, die von der Mikro- bis zur Meso-Skala reichen:

- Thermische Belastung
- Frischlufttransport/Kaltlufttransport
- Lufthygiene
- Etablierung stadtklimatischer Maßnahmen und deren Wirksamkeit (thermisch, lufthygienisch), zum Beispiel durch Baumpflanzungen, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung und Entsiegelung
- Erhalt klima-ökologischer Funktionen bei Bebauung bzw. Verdichtung
- Untersuchung von Wegebeziehungen (Multiagentenmodell)
- Windkomfort und mittlere Windgeschwindigkeit
- Klimaprojektionen
- Lärm
- Starkregen

PALM-4U ist derzeit noch nicht in der Lage, alle Anwendungsfelder zu modellieren. Momentan können thermische Belastung, Maßnahmenwirkungen und Windkomfort untersucht werden. Die Berechnung von Klimaprojektionen und quantitativen Ergebnisgrößen zur Kaltluft sowie Lärm und Starkregen ist bislang nicht möglich. Da der Release Candidate PALM-4U 6.0 erst verspätet im November 2018 zur Verfügung stand, war eine Prüfung des Multiagentenmodells und Chemiemoduls für lufthygienische Fragestellungen in der ersten Projektphase nicht möglich.

In der zweiten Dialogwerkstatt erfolgte eine dezidierte Abstimmung zu vorhandenen und fehlenden Eingangsdaten (z. B. Baumhöhen und -arten), um die Testrechnungen durchzuführen. Des Weiteren wurde festgelegt, welche Fragestellungen mit den Modellergebnissen beantwortet werden sollten.

Wegen der verspäteten Bereitstellung von PALM-4U 6.0 wurden die Testanwendungen pro Partnerkommune reduziert, so dass für jede Partnerkommune nur eine Rechnung durchgeführt werden konnte, wie die Abbildung II.2.7 zeigt. Es wurde darauf geachtet, eine möglichst große Bandbreite an stadtplanerischen Aufgaben zu erhalten, z. B. Neubebauung in einer Stadtrandlage oder Umbau im hochverdichteten Bestand mit und ohne stadtklimatische Maßnahmen.

Die Rechnungen wurden entweder von KliMoPrax-Projektpartnern in Absprache mit den Kommunen durchgeführt, oder Mitarbeiter*innen der Kommunen führten die Modellrechnungen mit Unterstützung von KliMoPrax selbst durch. Ursprünglich war geplant, dass die Städte Berlin, Essen und Stuttgart eigenständig mit PALM-4U arbeiten. Da die GUI nur eingeschränkt nutzbar war und in Berlin Personal fehlte, sind in Essen und Berlin keine Anwendungsfälle mit PALM-4U durch kommunale Mitarbeiter*innen gerechnet worden. In Stuttgart gibt es eine Mitarbeiterin, die bereits Erfahrungen mit anderen Stadtklimamodellen hat und aufgrund dieser Kenntnisse erste Rechnungen mit PALM-4U durchführen konnte.

II.2.3.2 Erstellung der Simulations-Setups und Modellrechnungen mit PALM-4U

Um stadtklimatische Fragestellungen zu beantworten und Simulationen mit PALM-4U durchzuführen, müssen verschiedene Aktionen durchgeführt werden (vgl. Abbildung II.2.8). Im ersten Schritt muss eine Datengrundlage geschaffen werden. Mindestvoraussetzung für aussagekräftige Ergebnisse sind Daten zur Flächennutzung und Verwendung eines Gebäudemodells, bei größeren Rechengebieten auch das Einlesen des Digitalen Geländemodells (DGM). Sofern vorhanden, können weitere Daten (z. B. zum Baumbestand oder zur Bodenbeschaffenheit) eingelesen werden.

In einem nächsten Schritt müssen die benötigten Eingangsdaten in den PALM-4U-Datenstandard (Heldens

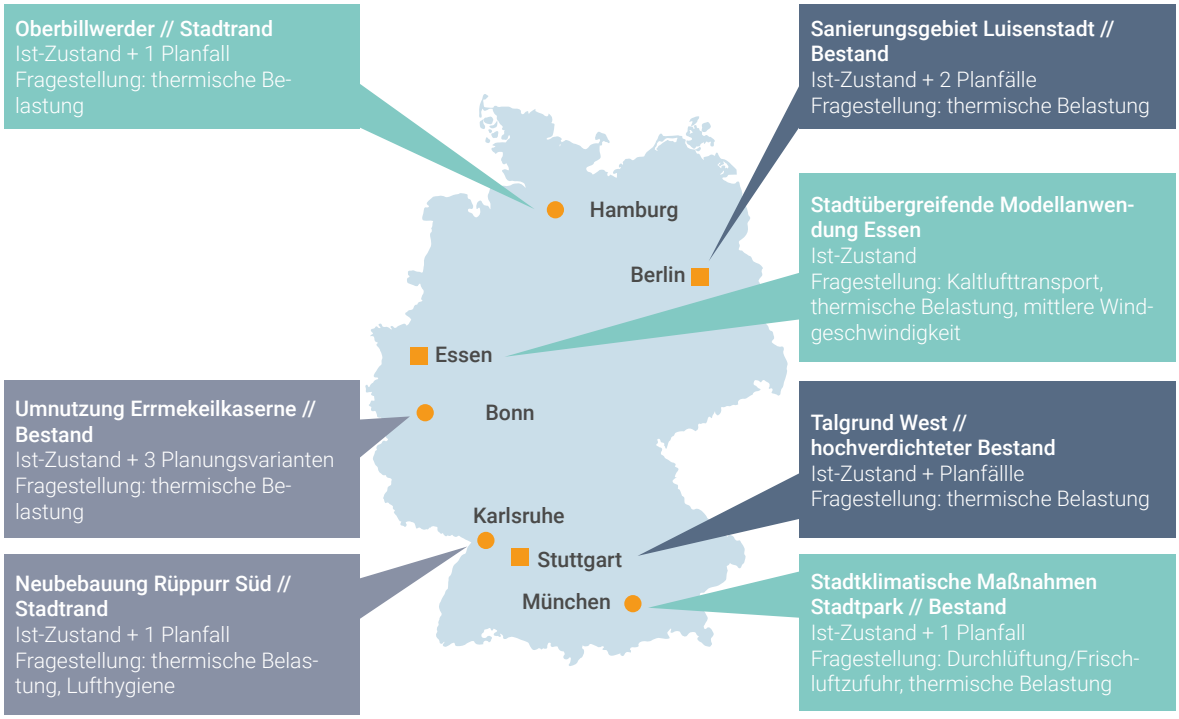

Abbildung II.2.7: Übersicht über die Testanwendungen in den Partnerkommunen. ©difu/TU Do/sfs

et al.) übertragen werden. Nachdem ein Datenraster erstellt worden ist, müssen alle Datensätze mit Hilfe eines Skriptes in eine einzige NetCDF-Datei, den Static Driver, geschrieben werden. Bei einigen Planungsvarianten wurden die vorliegenden Pläne im PDF-Format komplett neu erstellt.

Das Simulations-Setup besteht mindestens aus dem Static Driver und der Steuerdatei (p3d File), in welcher eine Vielzahl von Parametern festgelegt werden. Optional können zusätzlich reale meteorologische Randbedingungen, die mit dem Modul Inifor (Mesoscale Interface for Initializing and Forcing PALM-4U) erzeugt werden (Kadasch und Sühring 2019), im Dynamic Driver übergeben werden. Inifor interpoliert meteorologische Felder aus dem mesoskaligen Modell COSMO für die drei Wettersituationen Sommer, Winter und Wind. Alternativ kann in der Steuerdatei ein Profil vorgegeben werden, das spezifische Werte der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit für eine bestimmte Wetterlage enthält. Nachdem das Setup erstellt worden ist, können die Modellrechnungen gestartet und in einem letzten Schritt analysiert und visualisiert werden.

Insgesamt wurden inklusive der Planungsvarianten 16 Simulations-Setups erstellt und gerechnet. Die Dauer der Berechnungen lag zwischen 30 Stunden und mehreren Tagen.

II.2.3.3 Exemplarische Ergebnisse stadtklimatischer Fragestellungen

Mit den Ergebnissen der Testanwendungen soll insbesondere die Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells PALM-4U evaluiert und bewertet werden (vgl. Kap. II.2.4). Darüber hinaus werden spezifische stadtklimatische Fragestellungen der kommunalen Partner beantwortet.

In allen sieben Kommunen sollte neben anderen Fragestellungen die thermische Belastung untersucht werden, da die Hitzebelastung eines der wichtigsten Probleme in Städten darstellt. Für die Beantwortung dieser Fragestellung wird als meteorologische Randbedingung eine sommerliche autochthone Hochdruckwetterlage mit geringen Windgeschwindigkeiten verwendet. Zur Beurteilung der thermischen Belastung werden ein humanbioklimatischer Index, die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) (Jendritzky 1990; Matzarakis 2001), und das Temperaturfeld in 2 m Höhe, zugrunde gelegt. Ein Abschlussbericht fasst die statistisch ausgewerteten und visualisierten Ergebnisse zusammen und wird den Kommunen zur Verfügung gestellt.

An dieser Stelle werden exemplarisch Ergebnisse gezeigt für folgende stadtklimatische Fragestellungen:

- Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland
- Windfeld/Flurwind
- Thermische Belastung am Tag und in der Nacht
- Nächtlicher Kaltluftabfluss

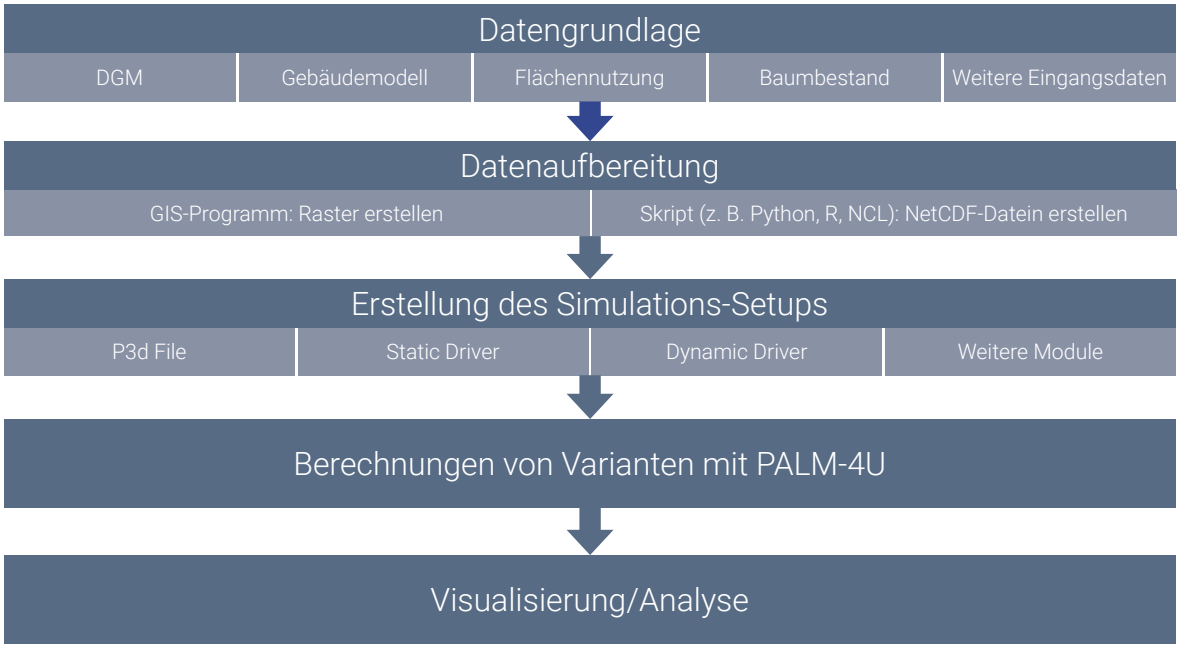

Abbildung II.2.8: Workflow für die Datenaufbereitung. © DWD

II.2.3.3.1 Temperaturunterschied Stadt-Umland

Anhand des Testfalls Karlsruhe Rüppurr wird untersucht, ob PALM-4U die verschiedenen Oberflächen berücksichtigt, so dass nachts im Umland eine signifikant niedrigere Temperatur auftritt als im bebauten Gebiet. Die Größe des Modellgebietes umfasst 5400 x 2600 x 2600 Gitterzellen in x-, y- und z-Richtung mit einer Auflösung von 4 m. In vertikaler Richtung ist das Gitter bis zu einer Höhe von 200 m äquidistant und oberhalb von 200 m gedehnt. Die meteorologischen Randbedingungen stammen aus dem Inifor-Sommerszenario vom 21.07.2013. Für einen Tagesgang dauert die Modellrechnung auf 60 Prozessoren 30 Stunden.

Abbildung II.2.9 zeigt, dass nachts die Lufttemperatur in 2 m Höhe im bebauten Gebiet wärmer ist als im Umland. Der Temperaturunterschied beträgt an zwei repräsentativ ausgewählten Punkten um vier Uhr ungefähr 2 K (vgl. Abbildung II.2.10). In der darauffolgenden Nacht hat sich die Differenz bereits auf 3 K vergrößert.

Es kann festgehalten werden, dass mit PALM-4U die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland modelliert werden können. Im vorliegenden Testfall handelt es sich um eine Stadtrandlage, daher ist davon auszugehen, dass die Temperaturunterschiede zwischen Innenstadtbereich und Umland deutlich größer ausfallen.

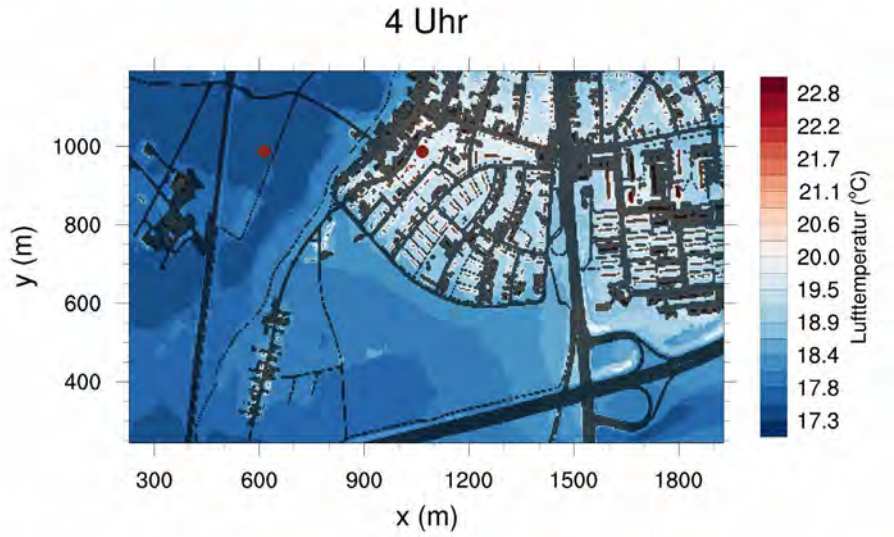

Abbildung II.2.9: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Lufttemperatur in 2 m Höhe um 4 Uhr UTC. Die roten Punkte zeigen die Orte, für die in Abbildung II.2.3.4 der Tagesgang der Lufttemperatur berechnet wird. ©DWD

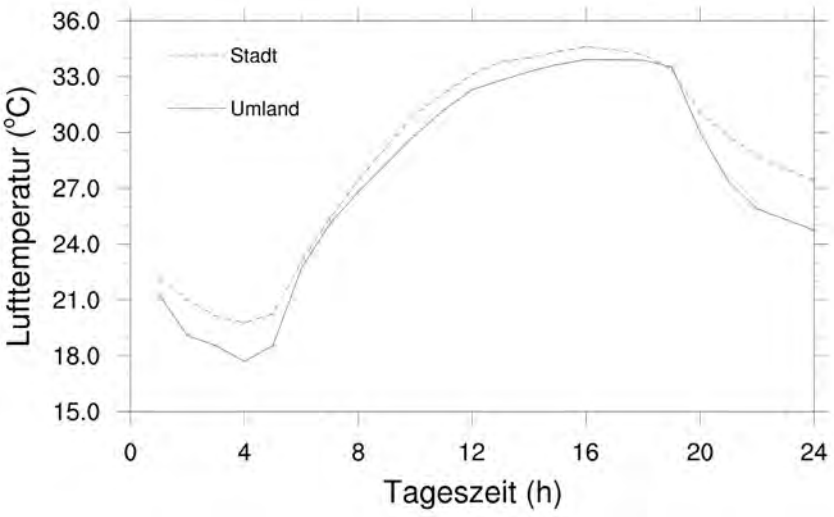

Abbildung II.2.10: Dargestellt ist der Verlauf der Lufttemperatur in 2 m Höhe an zwei unterschiedlichen Orten im Modellgebiet (rote Punkte in Abbildung II.2.3.3). ©DWD

II.2.3.3.2 Windverteilung/Flurwind

Die Belüftung in der Nacht wird beispielhaft anhand der Testanwendung „Umbau der Ermekeilkaserne“ in Bonn vorgestellt (siehe Abbildung II.2.11). Das Modellgebiet ist 150 x 120 x 390 Zellen in x, y und z-Richtung groß und wurde in einer Auflösung von 5 m gerechnet. Als meteorologische Randbedingung wurde ein Sommertag am 20.06. angenommen mit einer initialen Temperatur am Boden von 25°C und einer Anströmung aus Süden mit 1m/s. Die Simulation eines Tagesganges auf 30 Rechenkernen dauerte 35 Stunden reale Rechenzeit.

Die Windpfeile zeigen in der Abbildung II.2.11 deutlich, dass die Strömung aus der südlichen Richtung von der Reuterstraße, die unmittelbar im Süden an das Kasernengelände angrenzt, in das Kasernengelände eindringen kann (Zahlen 1). Diese Strömung ist als thermisch induzierter Flurwind zu verstehen. Flurwinde entstehen aus den Temperaturunterschieden zwischen den Grünflächen (Zahl 3 und 4) und den wärmeren Bereichen innerhalb des versiegelten Kasernengeländes und tragen zur Belüftung und teilweise zur geringen Abkühlung des Gebietes bei.

Werden dann die Veränderungen (Differenzen) zwischen den Planungsvarianten betrachtet, zeigt sich (Abbildung II.2.12), dass bspw. in der Planungsvariante 3 ‚Grüner Wohnen‘ das Kasernengelände nicht mehr so stark von der Reuterstraße aus durchströmt und damit belüftet (Rottöne) und gekühlt wird (siehe auch Abbildung II.2.15).

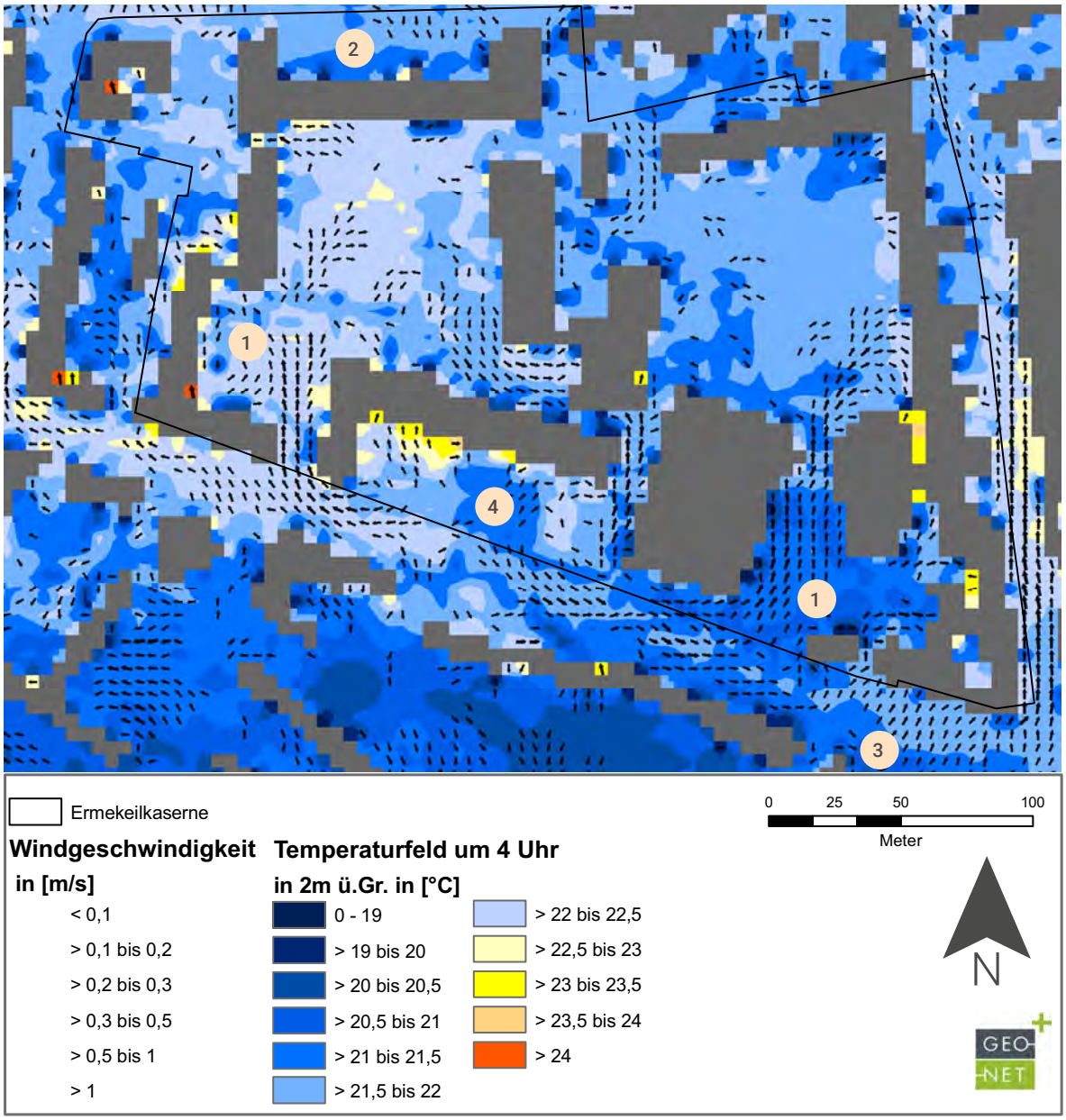

Abbildung II.2.11: Nächtliches Temperatur- und Windfeld für die Ermekeilkaserne in Bonn, Ist-Situation. © GEO-NET

Abbildung II.2.12: Nächtliches Temperatur- und Windfeld für die Ermekeilkaserne in Bonn, Ist-Situation. © GEO-NET

II.2.3.3.3 Thermische Belastung am Tag

Die thermische Belastung wird anhand der Testanwendung „Nachverdichtung in der Luisenstadt" in Berlin vorgestellt. Das Modellgebiet ist 192 x 192 x 384 Zellen in x, y und z-Richtung groß und wurde in einer Auflösung von 5 m gerechnet. Als meteorologische Randbedingung wurde ein Sommertag, der 20.06. angenommen mit einer initialen Temperatur am Boden von 22°C und einer nordöstlichen Anströmung von 1 m/s. Die Simulation eines Tagesganges dauerte auf 48 Rechenkernen 78 h reale Rechenzeit. Es wurden die Ist-Situation und drei weitere Bebauungsvarianten berechnet.

Wie in Abbildung II.2.14 zu erkennen ist, gibt es Bereiche mit schwacher Wärmebelastung, die vor allem auf der Nordseite der Gebäude im Häuserschatten zu finden sind (bei den Zahlen 1). Aber auch die Bäume verschatten, was bspw. mittig im Süden des Modellgebietes anhand der Straßenbäume (vgl. Abbildung II.2.13 und Abbildung II.2.14, Zahlen 2) oder anhand der Bäume an der Spree gut zu erkennen ist (Zahl 2). Diese Bereiche weisen ebenfalls eine schwache Wärmebelastung auf. Der zusammenhängende Wald im Süden, der an die Straßenbaumreihe anschließt (Zahlen 3), zeigt eine mäßige Wärmebelastung (Grüntöne).

Bereiche mit einer extremen Wärmebelastung sind vor allem an den Südseiten der Gebäude zu finden

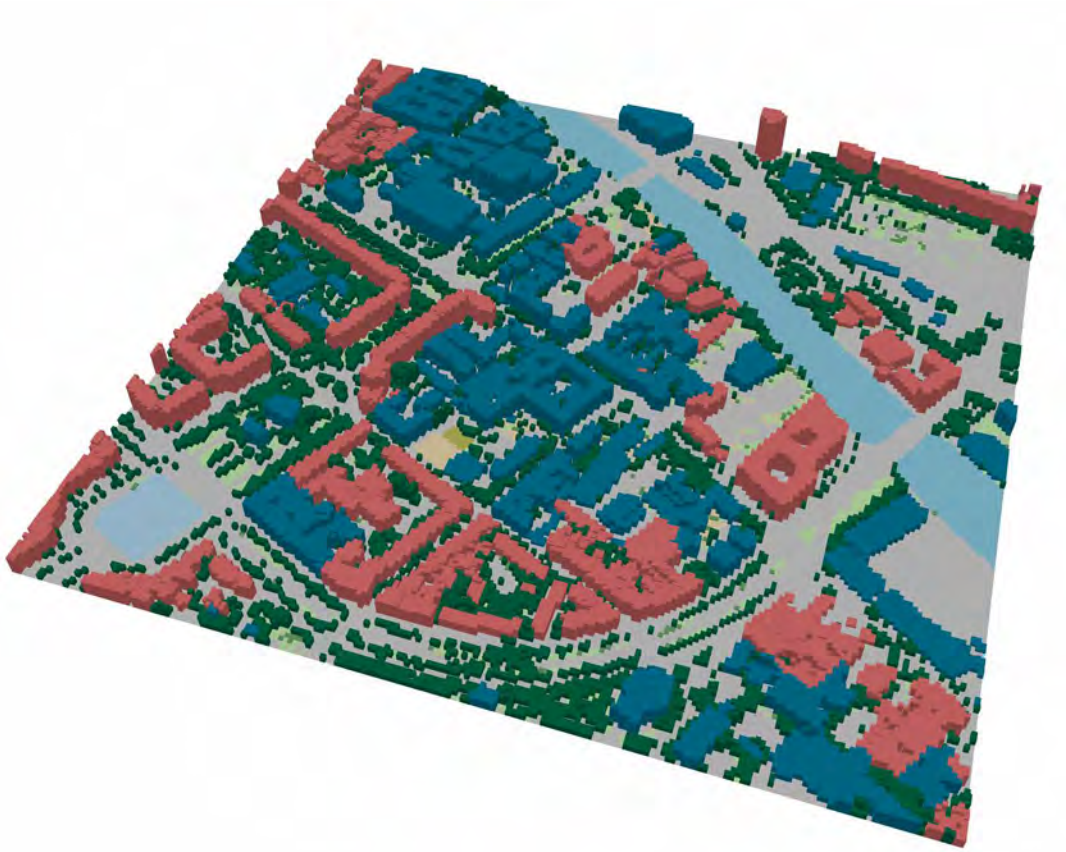

Abbildung II.2.13: Darstellung der Ist-Situation in Berlin Luisenstadt mit Gebäuden (rot und blau), Bäume (dunkelgrün), Versiegelung (grau) und der Spree und Engelbecken (blau). © GEO-NET

oder auf offenen, versiegelten Flächen wie bspw. Innenhöfen oder Straßenschluchten (vgl. Abbildung II.2.13 und Abbildung II.2.14, Zahlen 4).

Der Schattenwurf der Gebäude auf die Spree (Zahl 1 im Norden des Rechengebietes) weist eine Abkühlung in diesem Bereich auf, die es auf einem Wasserkörper normalerweise nicht in diesem Ausmaß gibt.

II.2.3.3.4 Thermische Belastung in der Nacht

Die thermische Belastung in der Nacht kann anhand des nächtlichen Temperaturfeldes nachvollzogen werden. Grundlage ist wieder die Testanwendung „Umbau der Ermekeilkaserne“ in Bonn. Die Ist-Situation ist in der Abbildung II.2.11 dargestellt. In der Abbildung II.2.15 (Seite 67) ist der nächtliche Temperaturunterschied der Planungsvariante 3 „Grüner Wohnen“ zur Ist-Situation in einem Differenzplot dargestellt und es ist ersichtlich, dass vor allem die südöstliche Ecke (Zahl 1) und die Straße (Zahl 3) in der Planungsvariante deutlich wärmer sind (rosa-Ton), was sowohl auf die Versiegelung in diesem Bereich als auch die Erhöhung des Bauvolumens durch Neubebauung zurückzuführen ist. Die Begrünung am zentralen Kasernengebäude im Norden (Zahl 2) zeigt eine Reduzierung der Temperaturen um bis zu 3 Kelvin in der Nacht. Es bietet sich an, in der südöstlichen Ecke (Zahl 1) die versiegelten Flächen zu begrünen, um auch hier eine Reduktion bzw. gleiche Verhältnisse für die Ist-Situation zu erreichen.

II.2.3.3.5 Kaltluft

Der größte zu untersuchende Fall ist die Testanwendung „Stadtübergreifende Modellanwendung“ in Essen. Sie umfasst ein Modellgebiet von 9900 x 6300 x 2000 Gitterzellen in x-, y- und z-Richtung mit einer Auflösung von 10 m. Die meteorologischen Randbedingungen stammen aus dem Inifor-Sommerszenario vom 21.07.2013. Für einen Tagesgang dauert die Modellrechnung auf 60 Prozessoren 54 Stunden.

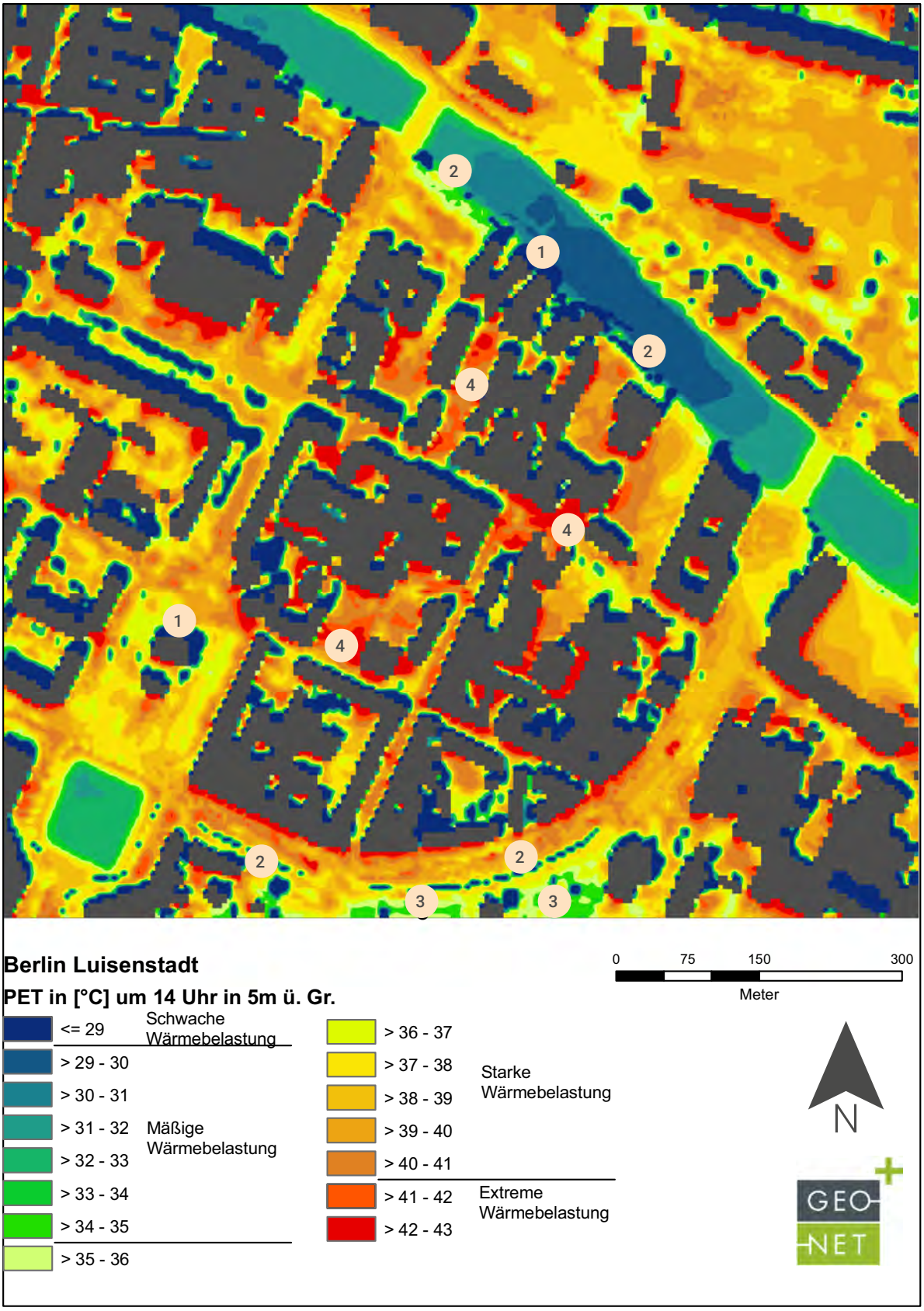

Abbildung II.2.14: PET mit Wärmebelastungsstufen (VDI 3787, Blatt 2 11/2008) für die Ist-Situation in Berlin Luisenstadt. Graue Bereiche stellen Gebäude dar. © GEO-NET

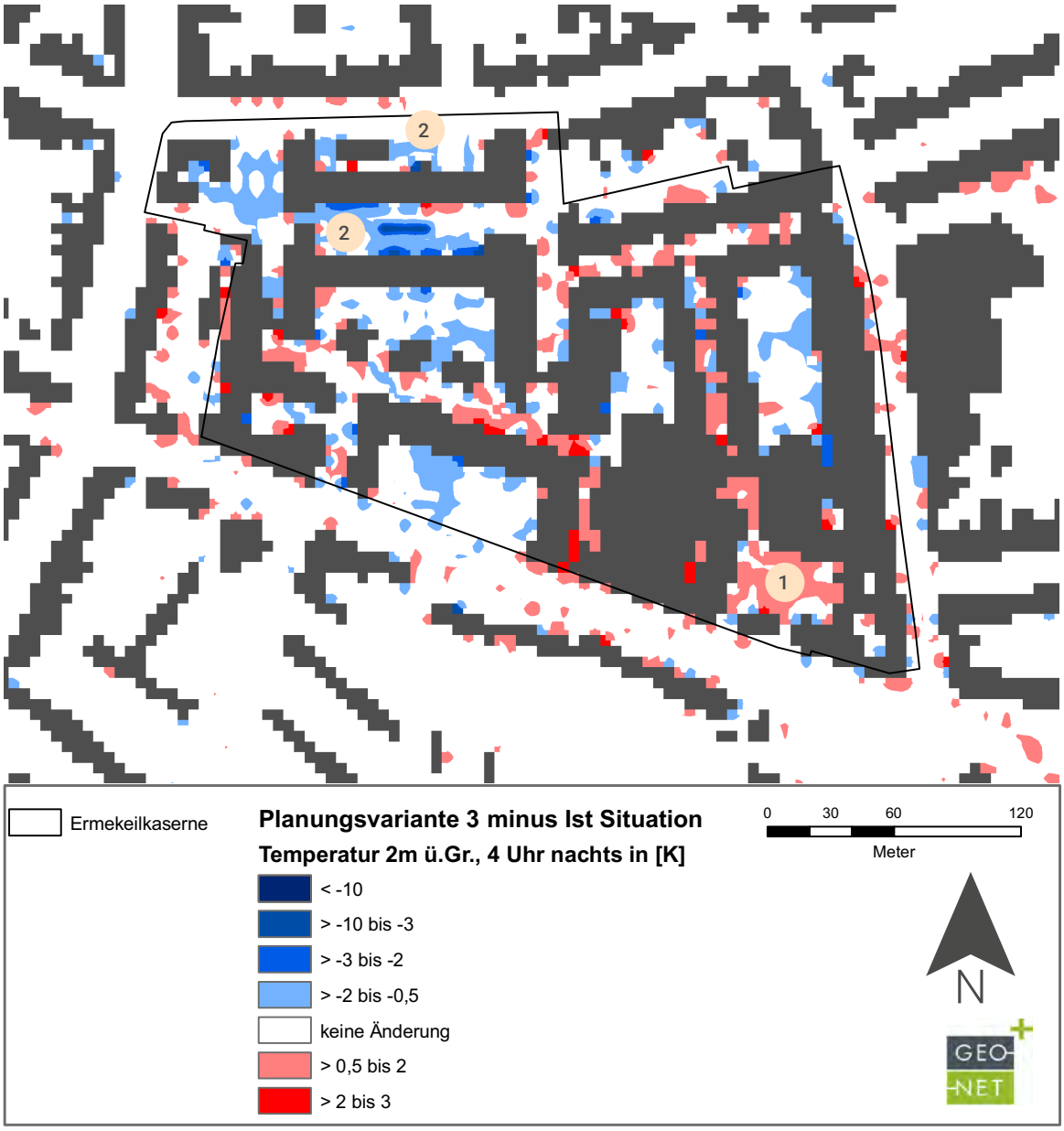

Abbildung II.2.15: Differenzenplot der nächtlichen Temperatur in [K] für die Ermekeilkaserne in Bonn. Planungsvariante 3 „Grüner Wohnen" im Vergleich zur Ist-Situation. © GEO-NET

Eine quantitative Bestimmung verschiedener Größen zur Kaltluft ist mit PALM-4U nicht möglich, da Auswerteprogramme fehlen. Es wird jedoch überprüft, ob ein nächtlicher, hangabwärts strömender Kaltluftfluss über Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit zu erkennen ist.

Der Höhenunterschied zwischen dem Tal, in dem die Ruhr fließt, und der Erhebung beträgt ca. 140 m (vgl. Abbildung II.2.16, Seite 68). Wie in Abbildung II.2.17 (Seite 68) zu erkennen, ist die stündlich gemittelte Temperatur in 2 m Höhe in den bebauten Gebieten am höchsten. Ein Vergleich zwischen Orografie und Temperaturfeld zeigt, dass die Temperatur mit der Höhe abnimmt. Wird die Windgeschwindigkeit für die Beurteilung hinzugenommen (Abbildung II.2.18, Seite 68), so lässt sich erkennen, dass der stündlich gemittelte Wind hangabwärts strömt und die Windgeschwindigkeit insbesondere im Tal zunimmt.

Ein Vergleich mit der Klimaanalyse der Stadt zeigt, dass es entsprechende Kaltluftflüsse gibt, die von PALM-4U reproduziert werden können. Es kann jedoch keine Aussage zu Kaltlufthöhe, mittlerer Fließgeschwindigkeit oder Volumenströmen gemacht werden (vgl. auch Kap. II.2.4).

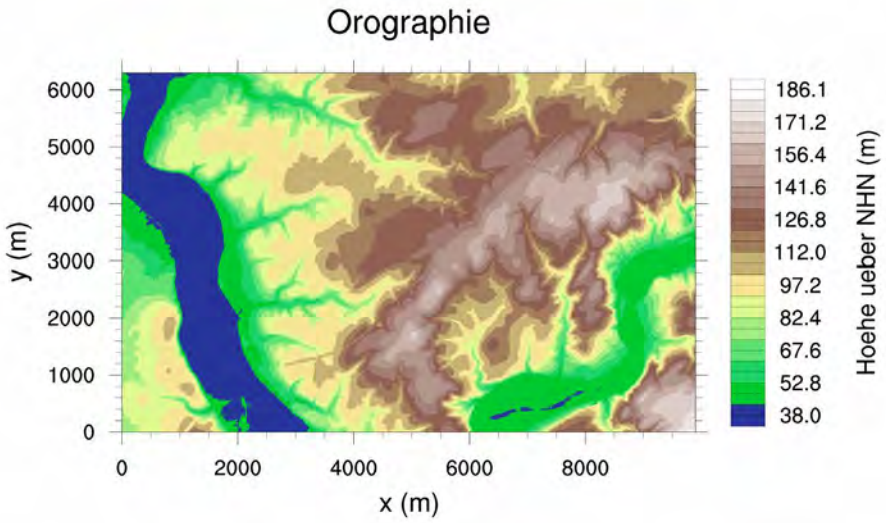

Abbildung II.2.16: Darstellung der Geländeoberfläche über NHN. © DWD

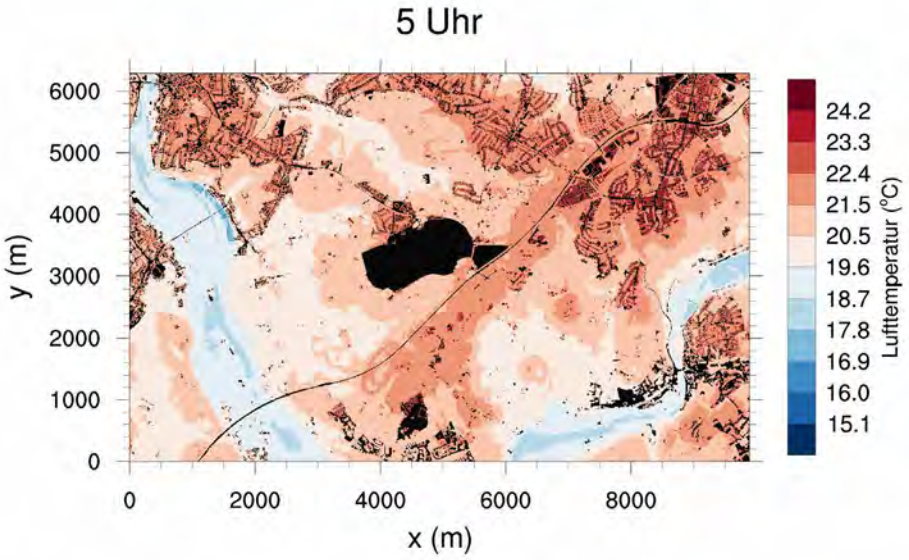

Abbildung II.2.17: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Lufttemperatur in 2 m Höhe um 5 Uhr MESZ. © DWD

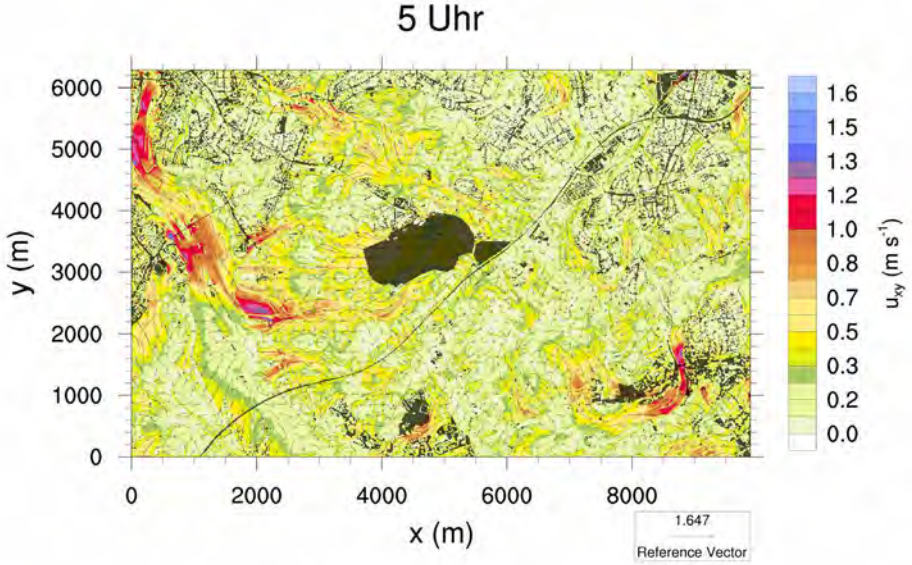

Abbildung II.2.18: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Windgeschwindigkeit und -richtung in 2 m Höhe um 5 Uhr MESZ. © DWD

II.2.3.4 Zusammenfassung

In Absprache mit den sieben Partnerkommunen wurden Testanwendungen identifiziert und mit PALM-4U gerechnet. Die häufigste Fragestellung betrifft den thermischen Komfort und die Hitzebelastung, aber es wurden auch andere Fragen beantwortet, die insbesondere für die Evaluation von PALM-4U wichtig sind, wie bspw. Anforderungen an die Eingangs- und Ausgangsdaten. Die Partnerstädte erhalten einen Abschlussbericht, der detaillierte Auswertungen zu den kommunalen Fragestellungen enthält. In diesem Kapitel werden exemplarisch die Ergebnisse von vier stadtklimatischen Fragestellungen vorgestellt und es wird gezeigt, dass Standardauswertungen für Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und PET mit PALM-4U möglich sind. Im Gegensatz zu anderen Stadtklimamodellen bietet PALM-4U die Möglichkeit, reale meteorologische Randbedingungen einzulesen und turbulenzaufgelöst auf mehreren Prozessoren zu rechnen.

Die Funktionalitäten aller implementierten Module konnten nicht so umfänglich untersucht werden wie ursprünglich geplant. Zum einen stand der Release Candidate PALM-4U 6.0 mit einer Verzögerung von vier Monaten zur Verfügung, zum anderen waren in der vorherigen Beta-Version PALM-4U 5.0 viele Module noch nicht lauffähig. Der PALM-4U Release Candidate ist keine validierte Programmversion, daher mussten Bugs kontinuierlich behoben werden. Der Zeitaufwand hierfür ist zu Beginn des Projektes deutlich unterschätzt worden. Um die Fehlerquellen gering zu halten, wurden vorwiegend Standardanwendungen zum thermischen Komfort und zum Windkomfort gerechnet.

Wesentliche Herausforderungen bestanden auch in der Eingangsdatenverfügbarkeit bzw. Umwandlung in das PALM-4U Format. So sind häufig nur Daten für öffentliche Bäume verfügbar, jedoch nicht für private Bäume in Hinterhöfen und Gärten. Diese müssen für genauere Ergebnisse nacherfasst werden. Daten für Planungsvarianten waren nicht immer in dem Detaillierungsgrad verfügbar, der für PALM-4U nötig ist, z. B. fehlten die genauen Gebäudestandorte.

Die Bedienung des Modells erfolgte im KliMoPrax-Verbund fast ausschließlich skriptbasiert unter LINUX, da die Grafische Benutzeroberfläche (GUI) noch nicht so weit entwickelt war, dass der Funktionsumfang, den PALM-4U bietet, für die Simulationen auch ausgeschöpft werden konnte. Dies hatte zur Folge, dass kommunale Mitarbeiter*innen aus Essen und Berlin, anders als geplant, keine Testrechnungen durchgeführt haben. Hinzu kommt, dass die KliMoPrax-Partnerkommune Berlin geringe Personalkapazitäten hatte, so dass nur die Stadt Stuttgart PALM-4U für einen Anwendungsfall genutzt und selber gerechnet hat. Die vollumfängliche Analyse und Visualisierung der 3D-Ergebnisdaten sind in der ersten Projektphase noch nicht erfolgt, bergen jedoch ein großes Potenzial für alle denkbaren Anwendungsbereiche.

Insgesamt ist der Mehrwert in der Anwendung von PALM-4U deutlich erkennbar. In der zweiten Projektphase werden die Funktionalitäten umfänglicher getestet und die Auswertungen erweitert, um eine höhere Praxistauglichkeit zu erlangen.

II.2.4 Evaluationsbericht

Auszug aus: Steuri, B., Heese, I. (Eds.) (2019b) Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U.

II.2.4.1 Tabellarische Evaluation der Anforderungen

LEGENDE

Erklärung // Kategorie	
4.1	Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen
4.2	Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen
4.3	Eingangsdaten
4.4	Ausgabedaten
4.5	Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

Erklärung // Quelle	
BMBF	= Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
GERICS	= Verbundpartner UseUClim // Climate Service Center Germany
Fraunhofer IBP	= Verbundpartner UseUClim // Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
difu	= Verbundpartner KliMoPrax // Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
DWD	= Verbundpartner KliMoPrax // Deutscher Wetterdienst
FiW	= Verbundpartner KliMoPrax // Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen
GEO-NET	= Verbundpartner KliMoPrax // GEO-NET Umweltconsulting GmbH
TU DO	= Verbundpartner KliMoPrax // Technische Universität Dortmund – Sozialforschungsstelle
BKR Aachen	= Verbundpartner KliMoPrax // BKR Aachen Noky & Simon

Erklärung // Evaluationskriterien	
allgemein	= Allgemeingültige Anforderungen, die auch ohne Prüfszenario und Anwenderfeedback eindeutig geprüft werden können.
fachlich	= Anforderungen, für deren eindeutige Prüfung ein Prüfszenario und/oder ein Anwenderfeedback nötig ist.
individuell	= Anforderungen, deren Prüfung aufgrund einer persönlichen Einschätzung des Anwenders erfolgt.
extern	= Prüfung nicht möglich.

Erklärung // Evaluation	
GUI-Evaluation	= Die Anforderung wurde mit der grafischen Benutzeroberfläche evaluiert.
nSKM-Evaluation	= Die Anforderung wurde skriptbasiert evaluiert.

Erklärung // Farben	
erfüllt	= Die Anforderung wurde gemäß den Abnahmekriterien als "erfüllt" evaluiert.
teilweise erfüllt	= Die Anforderung umfasste mehrere Teilkriterien, diese wurden "teilweise erfüllt".
nicht erfüllt	= Die Anforderung wurde gemäß den Abnahmekriterien als "nicht erfüllt" evaluiert.
Prüfung nicht möglich	= Modul C konnte die Anforderung nicht evaluieren, daher war eine "Prüfung nicht möglich".
	= Diese Anforderungen wären in einer zweiten Förderphase umsetzbar. Da sie für die Partner*innen aus der Praxis eine hohe Priorität hatten, wurde Modul A im Januar 2018 gebeten, diese – wenn möglich – zusätzlich umzusetzen. Die Evaluationsergebnisse flossen nicht in die Erläuterungen (Teil 2 dieses Evaluationsberichts) mit ein.

Erklärung // Abkürzungen	
nSKM	= neues Stadtklimamodell PALM-4U
GUI	= grafische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface)

TABELLARISCHE EVALUATION

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
2	4.1	4.1-2	Das nSKM muss mehrplatzfähig sein. Das heißt, die Software muss in der Lage sein, gleichzeitig auf mehreren vernetzten Arbeitsplätzen ausgeführt zu werden.	GERICS	allgemein	erfüllt	erfüllt
4	4.1	4.1-4	Das nSKM muss an COSMO-DE gekoppelt werden können.	IBP	allgemein	teilweise erfüllt	erfüllt
5	4.1	4.1-5	Das nSKM muss mit frei verfügbaren Visualisierungstools kompatibel sein, die eine Schnittstelle zu NetCDF haben.	GERICS	allgemein	erfüllt	erfüllt
6	4.1	4.1-6	Das nSKM muss in der Lage sein, mit den Rechnerkapazitäten eines handelsüblichen Desktop-PCs wenig komplexe Simulationen innerhalb eines Tages (24 Stunden) durchführen zu können. Eine solche Simulation umfasst bspw.: _Gebietsgröße: max. 1x1 km _Dauer: 1 synthetischer Tag (typischer Tagesgang) _Gitterweite: 10m _Modus: RANS Ein handelsüblicher Desktop-PC weist folgende technische Daten auf: mind. 4 Kerne, 8 GB RAM , Festplattenspeicher ca. 256 GB	Fraunhofer IBP, GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	erfüllt
7	4.1	4.1-7	Die Bedienung des nSKM muss über Windows erfolgen können.	Difu	allgemein	erfüllt	erfüllt
8	4.1	4.1-8	Die Planungsdaten müssen für die Simulation von Varianten modifiziert resp. ausgetauscht werden können. Dies ist nötig, damit u. a. Varianten von Architekturwettbewerben aus stadtklimatologischer Sicht bewertet werden können. Das bedeutet, dass jeweils das Klötzchenmodell und ggf. das digitale Geländemodell (DGM) ausgetauscht werden können, die restlichen Eingaben und Einstellungen bleiben erhalten.	GERICS, GEO-NET	fachlich	nicht erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
10	4.1	4.1-10	Das nSKM muss als open-source Software zur Verfügung gestellt werden und ist somit dauerhaft kostenfrei für die nSKM-Nutzer*innen.	BMBF	allgemein	nicht erfüllt	erfüllt
11	4.1	4.1-11	Das nSKM muss konfigurierbar sein, sodass es bei Bedarf für fachspezifische Fragestellungen weiterentwickelt werden kann. Das heißt, das nSKM muss über eine technische Schnittstelle verfügen, die die Anbindung nutzererstellter Plug-Ins ermöglicht.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	erfüllt
12	4.1	4.1-12	Das nSKM muss über mehrere Stunden und Tage ununterbrochen rechnen können. Das heißt, dass es auch über die Nacht oder das Wochenende eingesetzt werden kann, ohne dass es in einen Standby-Modus fällt.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
13	4.1	4.1-13	Das nSKM muss in der Lage sein, komplexe Situationen innerhalb mehrerer Tagen (max. 2 Wochen) auf handelsüblichen Desktop-PCs zu simulieren. Eine solche Simulation umfasst bspw.: Gebietsgröße: 0.5 x 0.5 km Dauer: 1–3 simulierte Tage Gitterweite: 1 bis 2m Modus: LES Ein handelsüblicher Desktop-PC weist folgende technische Daten auf: mind. 4 Kerne, 8 GB RAM , Festplattenspeicher ca. 256 GB	Fraunhofer IBP, GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	nicht erfüllt
18	4.1	4.1-18	Das nSKM muss konfigurierbar sein, sodass es bei Bedarf auf fachspezifische Fragestellungen ausgerichtet werden kann. Das heißt, je nach Nutzer*in und zu bearbeitendem Thema können zusätzliche Teilmodule hinzugefügt werden. Zu den möglichen Teilmodulen gehören bspw. die Simulation des Innenraumklimas.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	erfüllt
20	4.1	4.1-20	Das nSKM muss durch COSMO-DE gesteuert werden können.	BMBF, IBP	allgemein	teilweise erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
21	4.1	4.1-21	Das nSKM muss über eine offene Datenschnittstelle verfügen, sodass regionale Klimamodelle angebunden werden können (nesting).	IBP	allgemein	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
22	4.1	4.1-22	Die Installation des nSKMs muss in einer Schritt-für-Schritt Anleitung erläutert werden. Dabei müssen auch alle zusätzlichen Ressourcen, die nötig sind, um das nSKM im vollen Funktionsumfang zu verwenden (z. B. Compiler, Bibliotheken, etc.), inklusive deren Mindestversion, Bezugsquelle sowie einen Verweis auf ihre jeweilige Installationsanleitung mit aufgeführt werden.	Fraunhofer IBP	allgemein	nicht erfüllt	erfüllt
23	4.1	4.1-23	Das nSKM muss in der Lage sein, mit den Rechnerkapazitäten eines handelsüblichen Laptops einfache Simulationen innerhalb eines Tages (24 Stunden) durchführen zu können. Eine solche Simulation umfasst bspw.: _Gebietsgröße: max. 1 x 1 km _Dauer: 1 simulierter Tag _Gitterweite: 10m (Mindestwert gem. BMBF-Bekanntmachung) _Modus: RANS Ein handelsüblicher Laptop weist folgende technische Daten auf: mind. 4 Kerne, 4 GB RAM, Festplattenspeicher ca. 250 GB.	GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
24	4.1	4.1-24	Das nSKM muss in der Lage sein, mit den Rechnerkapazitäten eines hochleistungsfähigen Laptops einfache Simulationen innerhalb eines Tages (24 Stunden) durchführen zu können. Eine solche Simulation umfasst bspw.: _Gebietsgröße: max. 0.5 x 0.5 km _Dauer: 1 synthetischer Tag _Gitterweite: 2m _Modus: LES Ein hochleistungsfähiger Laptop weist folgende technische Daten auf: mind. 8 Kerne, 16 GB RAM, Festplattenspeicher ca. 1 TB + SSD	GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
25	4.1	4.1-25	Das nSKM muss in der Lage sein, mit den Rechnerkapazitäten eines hochleistungsfähigen Desktop-Rechners Simulationen innerhalb eines Tages (24 Stunden) durchführen zu können. Eine solche Simulation umfasst bspw.: Gebietsgröße: 0.5 x 0.5 km Dauer: min. 1 synthetischer tag Gitterweite: 1 bis 2 m Modus: LES-Modus Ein hochleistungsfähiger Desktop-Rechner weist folgende technische Daten auf: mind. 16 Kerne, 64 GB RAM, Festplattenspeicher ca. 2 TB + SSD	GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
31	4.1	4.1-31	Das nSKM muss mit globalen Klimamodellen kompatibel sein (Nesting).	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
33	4.1	4.1-33	Das nSKM muss von einem Rechner, der mit dem Linux-Betriebssystem läuft, über ein Webinterface angesteuert und betrieben werden können. Zu den wichtigsten Linux-Betriebssystemen gehören ubuntu oder SUSE.	GERICS	allgemein	erfüllt	Prüfung nicht möglich
35	4.2	4.2-35	Das nSKM muss Synergieeffekte von mehreren baulichen Vorhaben berücksichtigen.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
36	4.2	4.2-36	Das nSKM muss validiert und verifiziert sein. Dies erfolgt beispielsweise durch den Vergleich mit Windkanalmessungen, VDI-Richtlinien, DIN-Normen und den Messdaten aus Modul B.	BMBF	extern	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
37	4.2	4.2-37	Das nSKM rechnet gebäudeauflösend mit einer Gitternetzweite <= 10 m.	BMBF	allgemein	erfüllt	erfüllt
38	4.2	4.2-38	Das nSKM muss Gebäudemodelle mit Einzelgebäuden inklusive schräger Dachformen, überhängender Gebäudeteile und Gebäudeoberflächen (LOD2 und aufwärts, vollständige 3D-Darstellung) abbilden und verarbeiten können.	GEO-NET, DWD, Difu	allgemein	erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
39	4.2	4.2-39	Das nSKM muss Großstädte (bspw. Berlin oder München) als Ganzes erfassen und dazu Modellergebnisse in geeigneter Auflösung liefern. Die Modellfäche für die Simulationen soll ca. 1´000 bis 2´000 km2 betragen.	BMBF	fachlich	Prüfung nicht möglich	erfüllt
40	4.2	4.2-40	Ein zwei-Wege-Nesting muss implementiert sein.	DWD	allgemein	nicht erfüllt	erfüllt
41	4.2	4.2-41	Die räumliche und zeitliche Auflösung des nSKMs muss je nach Fragestellung frei wählbar sein.	DWD	allgemein	erfüllt	erfüllt
42	4.2	4.2-42	Die Anströmung des Modellgebietes aus allen Richtungen (ohne Drehung des Modellgebiets) muss möglich sein.	DWD	fachlich	erfüllt	erfüllt
43	4.2	4.2-43	Die Modellierung verschiedener thermischer Schichtungen (neutral, konvektiv, stabil) muss mit dem nSKM möglich sein.	DWD	allgemein	Prüfung nicht möglich	erfüllt
44	4.2	4.2-44	Das nSKM muss die Ausbreitungswege und Konzentration von Luftschadstoffen berechnen können.	DWD	fachlich	nicht erfüllt	Prüfung nicht möglich
45	4.2	4.2-45	Das nSKM muss Punktquellen und lineare Emissionsquellen simulieren können. Zu den wichtigsten Emissionen gehören Gerüche und Luftschadstoffe.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	Prüfung nicht möglich
47	4.2	4.2-47	Das nSKM muss Konzentrationsunterschiede von Schadstoffen simulieren. Hierzu gehören unterschiedliche Emissionsintensitäten und die durchschnittliche Konzentration über einen Zeitraum.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	Prüfung nicht möglich
48	4.2	4.2-48	Das SKM muss unterschiedliche räumliche und zeitliche Mittelwerte (Tagesgänge, Jahresgänge) der meteorologischen und luftchemischen Parameter, insbesondere in 2m Höhe über Grund, berechnen können.	DWD, GEONET, Difu	fachlich	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
49	4.2	4.2-49	Das nSKM muss Minima und Maxima der meteorologischen und luftchemischen Parameter berechnen können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
50	4.2	4.2-50	Das nSKM berechnet thermische Parameter und Indizes (UTCI gemäß COST Action 730, gefühlte Temperatur, PET und PMV) auf der Basis von Energiebilanzmodellen des Menschen.	DWD, GEONET	fachlich	erfüllt	erfüllt
51	4.2	4.2-51	Das nSKM muss in der Lage sein, das Innenraumklima (insbesondere die Temperatur) in Abhängigkeit von Gebäude- und Raumparametern zu berechnen.	DWD	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
52	4.2	4.2-52	Das nSKM berücksichtigt verschiedene Geländeoberflächen (Asphalt, Wasser, Vegetation, vegetationsloser Boden, Dachbegrünung), die jeweils unterschiedlichen Teilen des Rechengebiets zugeordnet werden können.	DWD	allgemein	erfüllt	erfüllt
53	4.2	4.2-53	Das nSKM muss in den Simulationen unterschiedliche Bodenbedeckungstypen und deren Einfluss auf die Verdunstung berücksichtigen.	GERICS	allgemein	erfüllt	erfüllt
54	4.2	4.2-54	Das nSKM berücksichtigt die Strahlung verschiedener Gebäude- und Geländeoberflächen inklusive der Abschattung durch Bäume und Vegetation.	DWD	fachlich	erfüllt	erfüllt
55	4.2	4.2-55	Das nSKM muss die Verdunstung aus offenen Wasserflächen integrieren.	Difu	fachlich	erfüllt	erfüllt
57	4.2	4.2-57	Das nSKM muss die nächtliche Kaltluftbewegungen [m/s] als Zeitreihe simulieren können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
58	4.2	4.2-58	Das nSKM muss die Kaltluftmächtigkeit/Schichtdicke (m über Grund) simulieren können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
59	4.2	4.2-59	Das nSKM muss die Kaltluftvolumenstrom [m³/s] simulieren können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
60	4.2	4.2-60	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von baulichen Verdichtungen auf das Stadtklima simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
61	4.2	4.2-61	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Gebäudekomplexen (Stellung, Kubatur, Gebäudehöhen) auf das Stadtklima der direkten und großräumigen Umgebung simulieren zu können.	GERICS	allgemein	erfüllt	erfüllt
62	4.2	4.2-62	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Grünflächen/ Vegetation (auch im Umfeld von Gebäuden) auf das Stadtklima der direkten und großräumigen Umgebung simulieren zu können.	GERICS, Difu	fachlich	erfüllt	erfüllt
63	4.2	4.2-63	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von unterschiedlichen Szenarien auf das Stadtklima erstellen zu können. Unterschiedliche Szenarien können beispielsweise Entwurfsvarianten eines Bauvorhabens sein.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
64	4.2	4.2-64	Das nSKM muss klimatische Einflüsse auf direkt benachbarte Bereiche unterschiedlicher Flächennutzung simulieren können.	Difu	fachlich	erfüllt	erfüllt
67	4.2	4.2-67	Das nSKM muss Kennzahlen zur Verdunstung auswerten können.	GERICS	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
69	4.2	4.2-69	Das nSKM muss die thermische Belastung anhand von Kenntagen berechnen können. Zu den wichtigsten Kennzahlen gehören die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung, Anzahl Sommertage, Anzahl Hitzetage und Anzahl Tropennächte.	GERICS, Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
70	4.2	4.2-70	Das nSKM muss in der Lage sein, verschiedene Klimawandelszenarien simulieren zu können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
71	4.2	4.2-71	Das nSKM muss in der Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplanung eingesetzt werden können. Die Kartengrundlagen für die zu bearbeitenden Flächen und Räume erstrecken sich im Allgemeinen über einen Maßstab von 1:10´000 (gemäß VDI 3785, Blatt 1).	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
72	4.2	4.2-72	Das nSKM muss in der Flächennutzungsplanung und in der Bauleitplanung eingesetzt werden können. Die Kartengrundlagen für die zu bearbeitenden Flächen und Räume erstrecken sich im Allgemeinen über einen Maßstab von 1:5´000 (gemäß VDI 3785, Blatt 1).	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
73	4.2	4.2-73	Das nSKM muss in der Bauleitplanung mit konkreter Freiraumplanung eingesetzt werden können. Die Kartengrundlagen für die zu bearbeitenden Flächen und Räume erstrecken sich im Allgemeinen über einen Maßstab von 1:2´000 (gemäß VDI 3785, Blatt 1).	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
74	4.2	4.2-74	Das nSKM muss in der Lage sein, Wärmeinseln (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
75	4.2	4.2-75	Das nSKM muss in der Lage sein, Windfelder gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
76	4.2	4.2-76	Das nSKM muss in der Lage sein, Kaltluftströme (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
77	4.2	4.2-77	Das nSKM muss in der Lage sein, Bioklima (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
78	4.2	4.2-78	Das nSKM muss das alpine Pumpen berücksichtigen.	TU DO	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
79	4.2	4.2-79	Das nSKM muss unterschiedliche Wetterlagen rechnen können.	TU DO	fachlich	erfüllt	erfüllt
80	4.2	4.2-80	Ein Self-Nesting muss im nSKM implementiert sein. Ganze Stadtgebiete können auf diese Weise mit niedriger Auflösung und kleine Teilgebiete mit hoher Auflösung (bis zu 1 m) modelliert werden.	DWD	allgemein	nicht erfüllt	erfüllt
83	4.2	4.2-83	Mit dem nSKM müssen Monats- und Jahresgänge simuliert werden können (Klimamodus).	Fraunhofer IBP	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
84	4.2	4.2-84	Die Vegetation muss mit ihren wesentlichen Funktionalitäten (z. B. Verdunstung durch die Blattöffnungen), ihrer Gestalt (Unterscheidung Stammraum und Krone eines Baumes) und der Art der Vegetation (Rasen, Stauden, Baumarten) im nSKM darstellbar und berechenbar sein.	DWD	fachlich	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
85	4.2	4.2-85	Das nSKM muss unterschiedliche Begrünungsraten und dessen Einfluss auf das Mikroklima simulieren können, damit Begrünungsraten begründet in einem Bebauungsplan festgesetzt werden können.	TU DO	fachlich	erfüllt	erfüllt
90	4.2	4.2-90	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Nutzungsänderungen auf das Stadtklima simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
91	4.2	4.2-91	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Freiflächen auf das Stadtklima der direkten und großräumigen Umgebung simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
93	4.2	4.2-93	Das nSKM muss Kennzahlen zur Luftfeuchtigkeit auswerten können. Die hierfür wichtigste Kennzahl ist die relative Luftfeuchtigkeit.	GERICS	fachlich	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
95	4.2	4.2-95	Das nSKM muss die Lage von Bereichen mit einer besonders hohen thermischen Belastung identifizieren	Difu	fachlich	erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
96	4.2	4.2-96	Das nSKM muss in der Lage sein Zukunftsszenarien abzubilden um Folgen des Klimawandels abzu-schätzen.	Fraunhofer IBP	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
97	4.2	4.2-97	Das nSKM muss in der Lage sein, Bereiche mit besonders hohen Vulnerabilitäten für sensible Be-völkerungsgruppen identifizieren zu können.	Difu	individuell	nicht erfüllt	nicht erfüllt
100	4.2	4.2-100	Das nSKM muss Extremwetterereig-nisse abbilden können. Extremwet-terereignisse können bspw. Stürme sein.	Fraunhofer IBP	fachlich	erfüllt	erfüllt
101	4.2	4.2-101	Die nSKM-Ergebnisse müssen juris-tisch belastbar sein	Difu	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
102	4.2	4.2-102	Das nSKM muss in der Gebäude-architektur (Bebauungsplan // Bau-antrag) eingesetzt werden können. Die Kartengrundlagen für die zu bearbeitenden Flächen und Räume erstrecken sich im Allgemeinen über einen Maßstab von 1:500 (gemäß VDI 3785, Blatt 1).	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
103	4.2	4.2-103	Das nSKM muss in der Lage sein, Flurwinde (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas in geeigneter Auflösung simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
104	4.2	4.2-104	Das nSKM muss in der Lage sein, Kaltluftseen (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
105	4.2	4.2-105	Das nSKM muss in der Lage sein, Lufthygiene (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	nicht erfüllt	Prüfung nicht möglich
106	4.2	4.2-106	Das nSKM muss in der Lage sein, Windkomfort (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
107	4.2	4.2-107	Das nSKM muss Normalwetterereignisse abbilden können. Beispiele für Normalwetterereignisse sind Sommertage oder Wintertage.	Fraunhofer IBP	fachlich	teilweise erfüllt	erfüllt
108	4.2	4.2-108	Die klimatische Situation in Straßenschluchten muss mit dem nSKM simuliert werden können.	TU DO	fachlich	erfüllt	erfüllt
109	4.2	4.2-109	Der Einfluss von architektonischen Veränderungen von Straßenschluchten, wie beispielsweise das Abrücken von Gebäuden, muss mit dem nSKM simuliert werden können.	TU DO	fachlich	erfüllt	erfüllt
111	4.2	4.2-111	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Stadtrückbau auf das Stadtklima simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
112	4.2	4.2-112	Das nSKM muss in der Lage sein, Auswirkungen von Einzelgebäuden (Stellung, Kubatur, Gebäudehöhe) auf das Stadtklima der direkten und großräumigen Umgebung simulieren zu können.	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
113	4.2	4.2-113	Ergebnisse aus einer Simulation müssen auf vergleichbare städtebauliche Situationen übertragbar sein.	Difu	individuell	erfüllt	erfüllt
115	4.2	4.2-115	Das nSKM muss in der Regional- und Landschaftsplanung eingesetzt werden können. Die Kartengrundlagen für die zu bearbeitenden Flächen und Räume erstrecken sich im Allgemeinen über einen Maßstab von 1:50´000 (gemäß VDI 3785, Blatt 1).	GERICS	fachlich	erfüllt	erfüllt
118	4.3	4.3-118	Das nSKM muss digitale Geländemodelle einlesen und verarbeiten können.	BMBF	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
119	4.3	4.3-119	Das nSKM muss 3D-Stadtmodelle (Klötzchenmodell LOD1 und aufwärts) einlesen und verarbeiten können.	BMBF	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
123	4.3	4.3-123	Das nSKM muss Daten zur Gebäudebegrünung einlesen und verarbeiten können.	GERICS	allgemein	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
125	4.3	4.3-125	Das nSKM muss Daten zur thermischen Speicherfähigkeit von Oberflächen einlesen und verarbeiten können.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
126	4.3	4.3-126	Das nSKM muss Vegetationsdaten einlesen und verarbeiten können. Vegetationsdaten bestehen aus einer räumlichen Verortung, Höhenangabe und Art der Vegetation, Kronendurchmesser und evtl. weiteren Parametern.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
128	4.3	4.3-128	Wenn alle Daten in das nSKM eingelesen/geladen sind, muss das Modell in der Lage sein, die räumliche und inhaltliche Datenvollständigkeit und -konsistenz zu überprüfen und eine entsprechende Meldung vor dem Simulationsstart auszugegeben.	GEO-NET	fachlich	erfüllt	erfüllt
129	4.3	4.3-129	Wenn alle Daten in das nSKM eingelesen/geladen sind, muss das Modell in der Lage sein, die zeitliche Datenvollständigkeit und -konsistenz zu überprüfen und eine entsprechende Meldung vor dem Simulationsstart auszugegeben.	GEO-NET	fachlich	Prüfung nicht möglich	Prüfung nicht möglich
131	4.3	4.3-131	Wenn der Nutzer im nSKM einen Berechnungsfall anlegt, muss das Modell dem Nutzer anzeigen, welche Daten dafür benötigt werden.	GEO-NET	fachlich	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
132	4.3	4.3-132	Das nSKM muss in der Lage sein, alle gängigen Raster- und Vektordatenformate so zu konvertieren, dass sie in das nSKM eingelesen werden können.	GEO-NET	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
137	4.3	4.3-137	Die notwendigen Eingangsdaten müssen dokumentiert sein. Dazu gehören die Art der Daten, ihre Qualität, die zeitliche Auflösung und die Bezugsquellen sowie das Dateiformat in dem sie dem nSKM zur Verfügung gestellt werden (INSPIRE-Konformität).	Fraunhofer IBP	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
138	4.3	4.3-138	Das nSKM muss in der Lage sein, Web-Services zu nutzen und einzubinden. Dazu gehören zum Beispiel WMS und WFS.	BKR Aachen	allgemein	Prüfung nicht möglich	nicht erfüllt
139	4.3	4.3-139	Das nSKM muss mit einem Standardsatz meteorologischer Eingangsdaten ausgestattet werden. Es muss sich um ein Set von Standarddatensätze handeln, damit auf regionale und lokale Begebenheiten reagiert werden kann. Es muss den Nutzer*innen ermöglicht werden, die passenden Standarddaten eigenhändig auszuwählen und ggf. anzupassen.	GERICS	fachlich	nicht erfüllt	erfüllt
140	4.3	4.3-140	Das nSKM muss Eingangsdaten in einem einheitlichem und offenem Datenformat zur Verfügung stellen.	GEO-NET	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
143	4.3	4.3-143	Zur Verwendung von Daten aus der regionalen Klimamodellierung muss das nSKM die aktuellen EURO-CORDEX-Daten einlesen können.	Difu	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
145	4.3	4.3-145	Das nSKM muss Daten zur Wettervorhersage integrieren können. Das können bspw. Daten vom DWD sein.	Difu	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
148	4.3	4.3-148	Simulationsergebnisse aus der Basisversion des nSKM müssen ohne Datenverlust und Neuberechnung in die Expertenversion des nSKM übertragen werden können.	TU DO	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
149	4.3	4.3-149	Ein Beispieldatensatz für Eingangsdaten soll zusammen mit dem fertigen nSKM zur Verfügung gestellt werden, um dem Nutzer einen Einblick auf die benötigten Eingangsdaten und deren Struktur zu liefern.	Fraunhofer IBP	allgemein	nicht erfüllt	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
150	4.3	4.3-150	Eine Übernahme von Simulations-randbedingungen aus Simulationen mit dem nSKM anderer Städte muss möglich sein, um z. B. Veränderun-gen im Stadtklimamodell der Nach-barstadt übertragen zu können.	Fraunhofer IBP	fachlich	erfüllt	erfüllt
152	4.3	4.3-152	Die Simulationsrandbedingungen sollen sich nach den verfügbaren Eingangsdaten richten. So soll sich z. B. die Rasterbreite der Simulation und Ausgabedaten an die der Ein-gangsdaten anpassen.	Fraunhofer IBP	fachlich	erfüllt	erfüllt
153	4.3	4.3-153	Das nSKM muss meteorologische Eingangsdatensätze aus Klimamo-dellen räumlich downscalen können.	Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
154	4.4	4.4-154	Die nSKM-Ergebnisse müssen mit GIS-Programmen eingelesen werden können.	Fraunhofer IBP	fachlich	erfüllt	erfüllt
155	4.4	4.4-155	Das nSKM muss bei der Ergebnis-darstellung einen Plankopf mit den Standardangaben zur Verfügung stellen. Zu den wichtigsten Stan-dardangaben gehören der Maßstab, der Nordpfeil, Titel der Ergebnisdar-stellung und diverse Angaben zum Verfasser. Die Angaben werden stan-dardmäßig vom nSKM ausgefüllt, müssen aber vom Nutzer editiert werden können.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
158	4.4	4.4-158	Das nSKM muss Ausgabedaten in einem einheitlichem und offenem Datenformat zur Verfügung stellen.	GEO-NET	allgemein	erfüllt	erfüllt
159	4.4	4.4-159	Das nSKM muss die Ergebnisse in gängigen Raster- und Vektordaten-formaten zur Verfügung stellen, so dass eine Kopplung mit anderen Modellen und kommunalen Anwen-dungen ohne Datenkonvertierung erfolgen kann. Gängige Formate sind GeoTIFF, ASCII-Daten wie Grids, Excel-Tabellen, Shape und CAD-For-mate.	GEO-NET	allgemein	teilweise erfüllt	nicht erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
160	4.4	4.4-160	Das nSKM muss in der Lage sein, Karten, Profile oder Statistiken als Ergebnisausgabe zur Verfügung zu stellen.	GEO-NET	allgemein	teilweise erfüllt	teilweise erfüllt
161	4.4	4.4-161	Das nSKM muss Ergebnisse in unterschiedlichen Komplexitäts-graden ausgeben. Eine vereinfachte Darstellung und eine vollständige Ausgabe (Expertenausgabe) der Er-gebnisse muss möglich sein.	GEO-NET	individuell	nicht erfüllt	nicht erfüllt
167	4.4	4.4-167	Mit dem nSKM muss es möglich sein, die Ergebnisse als 2D- und 3D-Visualisierungen in einem gän-gigen Format zu speichern. Zu den wichtigsten Formaten gehören pdf, png und jpg.	DWD	allgemein	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
168	4.4	4.4-168	Die Ausgabedaten müssen in einer 3D-Verteilung ausgegeben werden.	Fraunhofer IBP	allgemein	teilweise erfüllt	erfüllt
169	4.4	4.4-169	Das nSKM muss bei der Ergebnis-darstellung farbpsychologische Effekte bei Farbskalen berücksich-tigen. Das bedeutet beispielsweise, dass blau für kalt/nass, rot für warm/trocken und grün für Vege-tation steht. Der Nullwertbereich muss neutral (beispielsweise weiß) dargestellt werden.	GERICS	allgemein	erfüllt	nicht erfüllt
170	4.4	4.4-170	Das nSKM muss bei Vergleichen einheitliche Werteskalen verwenden und stellt die Ergebnisse in diesen Werteskalen dar.	GERICS, Difu	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
172	4.4	4.4-172	Das nSKM muss bei der Ergebnis-darstellung angeben, mit welcher Gitternetzweite die Simulation ge-rechnet wurde. Diese Angabe kann im Plankopf stehen.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
173	4.4	4.4-173	Die nSKM-Ergebnisse müssen die Meso- bis Mikroskala umfassen.	BKR Aachen	allgemein	Prüfung nicht möglich	erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
174	4.4	4.4-174	Die Ergebnisse des nSKM müssen sowohl einen Ist- als auch einen Plan-Zustand widerspiegeln können. Diese Ergebnisse müssen als Entscheidungshilfen (für unterschiedliche Standorte oder Wettbewerbsvarianten) verwendet werden können.	BKR Aachen, GERICS	fachlich	nicht erfüllt	nicht erfüllt
175	4.4	4.4-175	Das nSKM muss die Modellergebnisse (Legenden, Farben, Farbskalen und Signaturen) einheitlich darstellen. Dies ist nötig, damit unterschiedliche Varianten miteinander verglichen werden können. Da keine amtliche Planzeichenverordnung besteht, wäre für die Vereinheitlichung die VDI 3787 (Blatt 1) ein Vorschlag.	GERICS	allgemein	erfüllt	nicht erfüllt
176	4.4	4.4-176	Das nSKM muss eine Reihe von unterschiedlichen Kartendarstellungen ausgeben. Zu den wichtigsten Kartendarstellungen gehören Differenzdarstellungen (relative Werte); die Darstellung einzelner Parameter (Temperatur, Windgeschwindigkeit, ...); Darstellung zeitlicher Abläufe; Darstellungen von Ensembles.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
177	4.4	4.4-177	Das nSKM muss den Nutzer*innen die Möglichkeit bieten, die Modellergebnisse in unterschiedlich Datenformate exportieren zu können. Die Nutzer*innen müssen das Datenformat selbst auswählen können. Zu den wichtigsten Datenformaten gehören Bild-, Text, Tabellenformate.	GERICS	fachlich	teilweise erfüllt	nicht erfüllt
178	4.4	4.4-178	Das nSKM muss die Berechnungsgrundlagen bei den Modellergebnissen anzeigen. Zu den wichtigsten Berechnungsgrundlagen gehören die verwendeten Eingangsdaten.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	nicht erfüllt
180	4.4	4.4-180	Die Ergebnisse müssen anschaulich und leicht verständlich dargestellt werden, sodass sie auch von Nicht-Experten (z. B. Politikern) interpretiert werden können.	Fraunhofer IBP	individuell	nicht erfüllt	nicht erfüllt

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
182	4.4	4.4-182	Die Simulationsergebnisse des nSKM müssen in einem Datenformat ausgegeben werden, welches es erlaubt die Ergebnisse mit Daten aus externen Quellen zu vergleichen. Externe Quellen sind z. B. Daten aus anderen Programmen oder Daten aus der Verwaltung.	Fraunhofer IBP	fachlich	erfüllt	erfüllt
187	4.5	4.5-187	Die Bedienung der GUI muss über Windows erfolgen.	Difu	allgemein	erfüllt	
188	4.5	4.5-188	Das nSKM muss den Nutzer*innen ermöglichen, bei der Darstellung der Modellergebnisse verschiedene Layer über die GUI individuell ein- und ausblenden zu können. Die Layer sind abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung.	GERICS	allgemein	erfüllt	
189	4.5	4.5-189	Das nSKM muss die Möglichkeit bieten, individuelle Accounts für Benutzer*innen zu erstellen. Die Anmeldung zum individuellen Account für Benutzer*innen erfolgt über die Eingabe von User-Namen und Passwort.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	
190	4.5	4.5-190	Die GUI des nSKM muss in deutscher Sprache zur Verfügung gestellt werden.	GERICS	allgemein	erfüllt	
191	4.5	4.5-191	Das nSKM muss Standardwerte automatisch einsetzen. Zu den Standardwerten gehört bspw. das aktuelle Datum. Dem Nutzer ist es möglich, die Werte bei Bedarf anpassen zu können.	GERICS	fachlich	teilweise erfüllt	
192	4.5	4.5-192	Das nSKM muss die Arbeitsschritte in logischer Reihenfolge zur Verfügung stellen.	GERICS	individuell	erfüllt	
193	4.5	4.5-193	Das nSKM muss Orientierungshilfen bereitstellen. Zu den Orientierungshilfen gehören beispielsweise Fortschrittsanzeigen oder eine strukturierte Benutzeroberfläche.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
194	4.5	4.5-194	Das nSKM muss zu den einzelnen Elementen erklärende und leicht verständliche Kurzinformationen zur Verfügung stellen. Diese können beispielsweise in Form von Tooltips angezeigt werden.	GERICS, Difu	individuell	erfüllt	
195	4.5	4.5-195	Das nSKM muss dem Anwender leicht verständliche Rückmeldungen zu den ausgeführten Aktionen zur Verfügung stellen. Die Rückmeldung kann bspw. Informationen über den Erfolg einer vorher durchgeführten Aktion beinhalten.	GERICS	individuell	teilweise erfüllt	
196	4.5	4.5-196	Das nSKM muss dem Anwender die Möglichkeit bieten, eine Aktion abzubrechen.	GERICS	allgemein	erfüllt	
197	4.5	4.5-197	Das nSKM muss die Befehle "Rückgängig" und "Wiederherstellen" korrekt ausführen können.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	
198	4.5	4.5-198	Das nSKM muss dem Anwender die Möglichkeit bieten, den aktuellen Bearbeitungsstand als Datei zwischenzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt wieder verlustfrei zu öffnen.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	
199	4.5	4.5-199	Das nSKM muss Fachbegriffe in sämtlichen Arbeitsschritten, Hilfestellungen und Ergebnisdarstellungen konsistent verwenden.	GERICS	fachlich	erfüllt	
201	4.5	4.5-201	Das nSKM muss allgemein bekannte Symbole verwenden, bspw. das "Mülleimer-Symbol" für die Aktion "Löschen".	GERICS	allgemein	erfüllt	
203	4.5	4.5-203	Das nSKM muss den Nutzer vor der Durchführung von kritischen Aktionen rückfragen, ob die Aktion wirklich durchgeführt werden soll.	GERICS	allgemein	erfüllt	
204	4.5	4.5-204	Das nSKM muss fehlerhafte Formulareingaben anzeigen.	GERICS	allgemein	erfüllt	

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
205	4.5	4.5-205	Das nSKM muss bei der Dateneingabe ausformulierte, verständliche Fehlermeldungen anzeigen. Dies bedeutet, dass Fehlermeldungen in Text und nicht ausschließlich mit technischen Formeln beschrieben werden.	GERICS	individuell	teilweise erfüllt	
206	4.5	4.5-206	Das nSKM muss über eine vereinfachte GUI für eine Basisversion verfügen.	TU DO	allgemein	erfüllt	
208	4.5	4.5-208	Die GUI ermöglicht dem Nutzer eine geostatistische Auswertung der Simulationsergebnisse	GEO-NET	fachlich	nicht erfüllt	
210	4.5	4.5-210	Die GUI muss dauerhaft (während und nach der Projektlaufzeit) in vollem Umfang über eine Freeware-Lizenz (z. B. GNU GPL – Free Software) verfügbar sein. Damit soll es für alle Interessengruppen dauerhaft frei zugängig sein.	BMBF, GERICS, GEO-NET	allgemein	erfüllt	
211	4.5	4.5-211	Die GUI muss unabhängig vom Betriebssystem und vom Browser funktionieren. Sie muss auch über das Internet erreichbar sein.	GEO-NET	allgemein	erfüllt	
212	4.5	4.5-212	Die GUI muss dem Nutzer ermöglichen, die Ausgabe der Simulationsergebnisse in Art und Form selbst zu steuern.	GEO-NET	fachlich	teilweise erfüllt	
214	4.5	4.5-214	Bei einem Abbruch der Berechnungen müssen eindeutig interpretierbare Fehlermeldungen auf der GUI angezeigt werden. Dies bedeutet, dass Fehlermeldungen in Text und nicht ausschließlich mit technischen Formeln beschrieben werden.	Fraunhofer IBP	individuell	nicht erfüllt	
216	4.5	4.5-216	Die GUI muss den Kernnutzer bei der "Übersetzung" der kommunalen stadtklimatischen Fragestellung in zu berechnende Klimaparameter und -indizes durch Dialogfenster und Eingabehilfen anleiten.	Difu	individuell	teilweise erfüllt	

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
217	4.5	4.5-217	Bei der Auswahl der zu modellierenden Klimaparameter und -indizes über die GUI muss eine allgemeinverständliche Definition des jeweiligen Parameters einschließlich der zugehörigen Maßeinheiten bereitgestellt werden.	Difu	individuell	nicht erfüllt	
219	4.5	4.5-219	Die Dateneingabe muss über das GUI erfolgen	Difu	allgemein	erfüllt	
220	4.5	4.5-220	Die konkrete Bedeutung der auf der GUI dargestellten Ergebnisse muss erläutert werden. Die Erläuterung muss für den Nutzer einfach und frei zugänglich sein, beispielsweise durch eine integrierte Hilfe oder erläuternde Texte auf der GUI.	Fraunhofer IBP	allgemein	teilweise erfüllt	
221	4.5	4.5-221	Ein Verschneiden verschiedener Informationsebenen der Eingabe- und Ausgabedaten muss innerhalb der GUI möglich sein.	Fraunhofer IBP	fachlich	nicht erfüllt	
222	4.5	4.5-222	Mit Hilfe der GUI müssen Varianten einer bestehenden Simulationsrechnung erstellt werden können. Das heißt, eine Variation der Eingangsdaten oder der Randbedingungen muss möglich sein.	Fraunhofer IBP	fachlich	nicht erfüllt	
223	4.5	4.5-223	Über die GUI müssen die Ergebnisse mehrerer Simulation bzw. Varianten miteinander verglichen werden können, z. B. mittels einer Differenzdarstellung	Fraunhofer IBP	fachlich	nicht erfüllt	
224	4.5	4.5-224	Die Darstellung und Interpretation der Simulationsergebnisse des nSKM muss über die GUI gesteuert werden können.	Fraunhofer IBP	fachlich	teilweise erfüllt	
225	4.5	4.5-225	Die GUI muss eine Darstellung der Ein- und Ausgabedaten in mehreren Skalen- und Maßstabsebenen (Regional- und Landschaftsplanung bis Gebäudearchitektur) ermöglichen.	Fraunhofer IBP	allgemein	Prüfung nicht möglich	
226	4.5	4.5-226	Nutzer*innen mit Erfahrung in der Stadtplanung müssen in der Lage sein, sämtliche Steuerelemente der GUI zu verstehen und zu bedienen.	GERICS	individuell	teilweise erfüllt	

Nr.	Kat.	ID	Beschreibung Basisanforderung	Quelle	Kategorie Evaluations-kriterium	GUI-Evaluation Modul C	nSKM-Evaluation Modul C
227	4.5	4.5-227	Das nSKM muss den Nutzer*innen die Erstellung von Vorlagen ermöglichen. Vorlagen müssen für ähnliche Fragestellungen und für ein einheitliches Aussehen von Modellergebnissen (Plankopf, Logo, …) verwendet werden können.	GERICS	fachlich	nicht erfüllt	
228	4.5	4.5-228	Die Kartendarstellung der GUI muss über eine Zoom-Funktion verfügen.	Fraunhofer IBP	allgemein	erfüllt	
229	4.5	4.5-229	Das GUI muss den Nutzer*innen die Möglichkeit bieten, die Modellergebnisse in unterschiedlich Datenformate im- und exportieren zu können. Zu den wichtigsten Datenformaten gehören Bild-, Text, Tabellenformate.	GEO-NET	allgemein	teilweise erfüllt	
230	4.5	4.5-230	Die Installation und Inbetriebnahme der GUI muss in einer Anleitung erläutert werden. Dabei müssen auch alle zusätzlichen Ressourcen die nötig sind um die GUI im gemeinsamen Betrieb mit dem nSKM im vollen Funktionsumfang zu verwenden (z. B. Queuing-System), inklusive deren Mindestversion, Bezugsquelle sowie einen Verweis auf ihre jeweilige Installationsanleitung mit aufgeführt werden.	Fraunhofer IBP	allgemein	nicht erfüllt	
233	4.5	4.5-233	Das nSKM muss die Verwendung von gängigen Short-Cuts ermöglichen. Zu den gängigen Short-Cuts gehört bspw. "Stgr + S" zum Speichern.	GERICS	allgemein	nicht erfüllt	
235	4.5	4.5-235	Das nSKM muss die Möglichkeit bieten, die Schriftgröße den Bedürfnissen der nutzenden Person anzupassen.	GERICS	allgemein	erfüllt	
236	4.5	4.5-236	Das nSKM muss in der Lage sein, die Corporate Identity des Nutzers in der Ergebnisdarstellung aufzunehmen.	GERICS	allgemein	teilweise erfüllt	
240	4.5	4.5-240	Bei der Erstellung des Modellgebietes erscheint eine Fehlermeldung, wenn die Abstände zwischen Rändern und Gebäuden zu klein sind.	DWD	allgemein	nicht erfüllt	

II.2.4.2 Evaluationsansatz

II.2.4.2.1 Herleitung der Evaluationskriterien

Grundlage für die hier angewendeten Evaluationskriterien bildet der gemeinsam im Modul C erarbeitete vorfinale Nutzer- und Anwendungskatalog (siehe Steuri et al., 2018a; Weber et al., 2019a). In diesem wurden insgesamt 240 Anforderungen erhoben, die ein praxistaugliches Stadtklimamodell erfüllen sollte. Die Anforderungen wurden mit den Modulen A und B abgestimmt und von diesen auf ihre Umsetzbarkeit bewertet. Sie lassen sich, wie in Abbildung II.2.19 dargestellt, in fünf Hauptkategorien aufteilen: Technische und fachliche Anforderungen, Anforderungen an Eingangs- und Ausgabedaten sowie Anforderungen an die Benutzeroberfläche. In ihrer Gesamtheit beschreiben sie die Erwartungen der Praxis an die Fähigkeiten eines Stadtklimamodells, damit es regelmäßig eingesetzt werden kann.

Nicht alle dieser Anforderungen können aktuell von PALM-4U erfüllt werden, da sie entweder nicht im Projektplan, welcher vor der Anforderungserhebung aufgestellt wurde, vorgesehen waren oder grundsätzliche, meist technische, Probleme deren Umsetzung verhindern. Zur Evaluierung der Praxistauglichkeit von PALM-4U wurden nur die Anforderungen bewertet, die im Projektplan des MOSAIK-Verbunds vorgesehen waren und von den Modulen A und B als umsetzbar gekennzeichnet wurden. Zudem identifizierte Modul C sechs Anforderungen, die grundsätzlich umsetzbar wären, aber von der Modellentwicklung nicht im Projektplan der Förderphase 1 vorgesehen waren. Da diese Anforderungen für die Partner*innen aus der Praxis eine hohe Priorität hatten, wurde Modul A im Januar 2018 gebeten, diese – wenn möglich – zusätzlich umzusetzen (siehe blau markierte Anforderungen in Teil 1 dieses Evaluationsberichts). Obwohl diese Anforderungen evaluiert wurden, flossen sie nicht in die abschließende Beurteilung ein.

Die Anforderungen, die von den Wissenschaftler*innen als nicht-umsetzbar klassifiziert wurden, stellen jedoch auch für die Praxis relevante Funktionalitäten eines Stadtklimamodells dar, wie z. B. die Implementierung des Niederschlags und die damit verbundenen Bewertungsmöglichkeiten. Sie werden ebenso wie neu hinzukommende Anforderungen genutzt, um künftig nötige Weiterentwicklungen von PALM-4U aufzuzeigen (siehe Kap. II.2.4.2.2).

PALM-4U ist ein komplexes und modular aufgebautes Stadtklimamodell, das grundsätzlich skriptbasiert bedient wird. Diese Bedienmethode erlaubt einen flexiblen Zugriff auf alle Modellfähigkeiten, setzt jedoch ein tiefgründiges Verständnis des Modells voraus. Um die Bedienung für Anwender in der Praxis zu erleichtern, wird gleichzeitig eine grafische Benutzeroberfläche entwickelt, die Nutzer*innen bei der Übersetzung ihrer Planungsfragen in Simulationsrechnungen unterstützt. Diese grafische Benutzeroberfläche erlaubt allerdings keinen vollen Zugriff auf alle Modellfunktionen. Daher wird bei der Evaluierung jede Anforderung zweimal bewertet: Einmal für die skriptbasierte Anwendung und einmal für die Anwendung über die grafische Benutzeroberfläche. Ausgenommen sind Anforderungen, die einzig an die grafische Benutzeroberfläche adressiert sind (s. Kap. II.2.4.4.5).

Jeder Anforderung ist ein Abnahmekriterium zugeordnet, welches die nötige Funktionalität beschreibt, durch die eine Anforderung als erfüllt einzuordnen ist. Neben der Einteilung in „erfüllte“ und „nicht erfüllte“

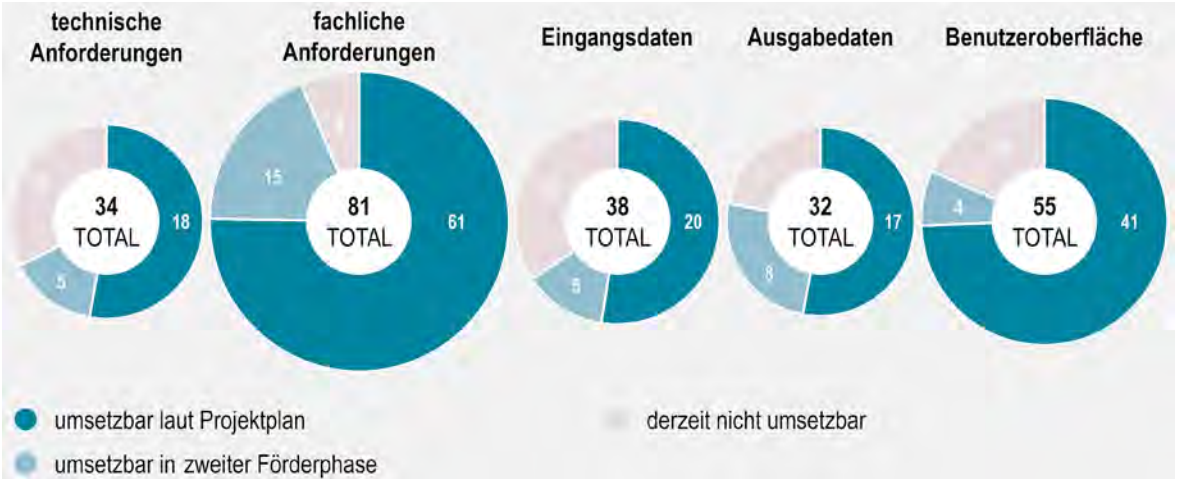

Abbildung II.2.19 Die Umsetzbarkeit der 240 Anforderungen (Quelle: B. Steuri).

Anforderungen wurde zusätzlich noch die Zwischenstufe „teilweise erfüllt“ in der Evaluierung berücksichtigt. Diese wird vergeben, wenn die Erfüllung einer Anforderung mehrere Teilkriterien umfasste und nur eine Teilmenge davon erfüllt war.

Die Umsetzung der Anforderungen wird in den beiden Verbünden KliMoPrax und UseUClim mit zum Teil unterschiedlichen Methoden geprüft (s. Kapitel II.2.4.3). Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Anforderungen vor deren Prüfung einer der in Abbildung II.2.20 beschriebenen Kriterien zugeteilt. Auf Basis dieser Einteilung entwickelten die beiden Verbünde für jede Anforderung des NAK eigene Testszenarien, mit denen die Anforderungen und deren Abnahmekriterien geprüft wurden. Kann eine Anforderung nicht getestet werden, z. B. da nötige Ressourcen fehlten, wird die Anforderung als „nicht prüfbar“ eingestuft.

II.2.4.2.2 Umgang mit neuen Anforderungen

In der Projektphase 1 wurden im Rahmen der Anforderungserhebung von Modul C mittels unterschiedlicher Methoden – u. a. Workshops mit den Partner*innen aus der Praxis, Online- Umfrage, Literaturrecherche – 240 Anforderungen im vorfinalen NAK erfasst. Zusätzlich zu dieser bereits sehr umfassenden Anforderungsanalyse konnten auch in den Projektphasen 2 und 3 weitere Anforderungen erhoben werden (s. Abbildung II.2.21):

- Im Rahmen der Projektphase 2 wurden in UseUClim während der Vor-Ort-Schulungen und selbstständigen Anwendungsphasen neue Anforderungen erfasst.
- Auch in der Projektphase 3 wurden nochmals neue Anforderungen generiert. Hierbei handelt es sich um Anforderungen aus der Projektphase 1, die im Rahmen der Evaluation detaillierter aufgeschlüsselt wurden.

Die in beiden Projektphasen erfassten Anforderungen wurden gesammelt und – analog zur Anforderungserhebung in Projektphase 1 – tabellarisch erfasst und systematisch beschrieben. Diese neuen Anforderungen wurden anschließend in Teil 1 des finalen Nutzer- und Anforderungskatalogs eingefügt (siehe Steuri et al., 2019a). Die neuen Anforderungen beginnen mit der Nummer 241, ihre ID wurde zudem mit einem „n“ für „neu“ gekennzeichnet (s. Abbildung II.2.22).

II.2.4.2.3 Verbundübergreifende Zusammenarbeit

Das Forschungsprojekt war vom Fördergeber als Verbundprojekt angelegt, in dem die drei Module Modellentwicklung (Modul A), Beobachtungsdaten und Modellevaluation (Modul B), Praxistauglichkeit (Modul C) quasi synchron innerhalb der drei Jahre Förderdauer stattfinden sollten. Dadurch war von Anfang an eine enge Verzahnung der drei Module erforderlich. Insbesondere die Erstellung des Nutzer- und Anforderungskatalogs und die Bewertung der Umsetzbarkeit der Praxisanforderungen erfolgte in enger Abstimmung mit den Modulen A und B. Dadurch wurde beispielsweise die zweifache Bewertung der Anforderungen entsprechend der Bedienungsweise von PALM-4U (skriptbasiert und GUI-Bedienung, siehe Kapitel II.2.4.2.1) auf Wunsch von Modul A eingeführt. Durch die enge Zusammenarbeit konnte zudem erreicht werden, dass von der Modellentwicklung auch Anforderungen umgesetzt wurden, welche die Nutzer*innen, abweichend von der Projektausschreibung, als relevant eingestuft hatten. Modulübergreifende Treffen sowie die Einbindung der Module A und B in die Modul-C-Steuerungsgruppe lieferten darüber hinaus wertvolle Erkenntnisse und förderten die Umsetzung der Projektziele.

Die beiden Konsortien KliMoPrax und UseUClim haben unterschiedliche Zielgruppen im Fokus und verfolgen dabei unterschiedliche Verfahren und Prozesse. Mit dem NAK und dem abschließenden Evaluationsbericht erarbeiten sie aber gemeinsam zentrale Modul C-Produkte (s. Abbildung II.2.21). Kapitel II.2.4.3 beschreibt die in den beiden Konsortien angewandten Methoden. Zur Koordination des Evaluationsprozesses in Modul C wurde frühzeitig ein gemeinsames Vorgehen entwickelt, welches zu den in Kapitel II.2.4.2.1 beschriebenen Evaluationskriterien führte. In regelmäßigen Treffen der für die Evaluation der Praxistauglichkeit verantwortlichen Partner (DWD, GEO-NET, TU-Dortmund, Fraunhofer IBP, GERICS) wurde der Fortschritt bei der Evaluation diskutiert und aus den Ergebnissen der beiden Konsortien eine Synthese zur gemeinsamen Modul-C-Bewertung gebildet. Bei abweichenden Einschätzungen der Verbünde zur Evaluation einer Anforderung wurde die Synthese nach eingehender gemeinsamer Diskussion gebildet.

EVALUATIONSKRITERIEN // auf Basis des Nutzer- und Anforderungskatalogs		
ALLGEMEIN	**FACHLICH**	**INDIVIDUELL**
*Allgemeingültige Anforderungen, die auch ohne Prüfszenario und Feedback der Anwender*innen eindeutig geprüft werden können.*	*Anforderungen, für deren eindeutige Prüfung ein Prüfszenario und // oder ein Feedback der Anwender*innen nötig ist.*	*Anforderungen, deren Prüfung aufgrund einer persönlichen Einschätzung der Anwender*innen erfolgt.*
Beispiel // Anforderung 4.5-190 *„Die GUI des nSKM muss in der deutschen Sprache zur Verfügung gestellt werden."*	*Beispiel // Anforderung 4.2-74* *„Das nSKM muss in der Lage sein, Wärmeinseln (gemäß VDI 3785, Blatt 1) als Teil des planungsrelevanten Stadtklimas zu simulieren."*	*Beispiel // Anforderung 4.5-192* *„Das nSKM muss die Arbeitsschritte in logischer Reihenfolge zur Verfügung stellen."*

Abbildung II.2.20 Verbundübergreifende Evaluierungskriterien auf Basis des Nutzer- und Anforderungskatalogs (Quelle: Fraunhofer IBP).

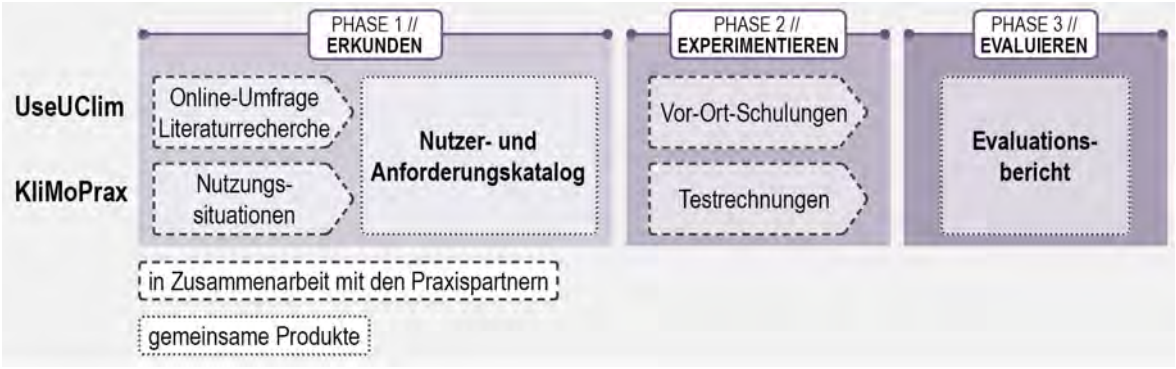

Abbildung II.2.21 Arbeitsstruktur in Modul C (Quelle: Steuri et al., 2018b).

241	4.2	4.2-n241	Das nSKM muss in der Lage sein, den Einfluss der Bodenbedeckungstypen auf die Verdunstung der darüber liegenden Vegetation zu simulieren.	+	MOSAIK	GERICS	2 Förderphasen
242	4.2	4.2-n242	Das nSKM muss in der Lage sein, den Einfluss der Bodenbedeckungstypen an deren luftberührten Oberfläche zu simulieren.	+	MOSAIK	GERICS	2 Förderphasen
243	4.2	4.2-n243	Das nSKM muss in der Lage sein, den Einfluss der Bodenfeuchte auf die Verdunstung zu simulieren.	+	MOSAIK	GERICS	2 Förderphasen
244	4.3	4.3-n244	Das nSKM muss es den Nutzer*innen ermöglichen, über die GUI den Speicherort beim Export manuell festzulegen.	+++	MOSAIK	GERICS	2 Förderphasen
245	4.3	4.3-n245	Die vordefinierten Datentypen für Gebäude müssen das Spektrum typischer Nutzungen und Bauweisen im urbanen Raum umfassen (z. B. Wohnen, Büro, Gewerbe, Industrie, historische Gebäude, Lager).	+++	MOSAIK	Fraunhofer IBP	2 Förderphasen

Abbildung II.2.22 Exemplarischer Ausschnitt aus der NAK-Tabelle mit den neuen Anforderungen (Quelle: Steuri et al., 2019a).

II.2.4.3 Methodik

Um die Praxistauglichkeit von PALM-4U zu bewerten, wandten die beiden Verbünde UseUClim und KliMoPrax parallel unterschiedliche Methoden an. In Summe entstand so ein umfassendes Bild, das den praktischen Umgang mit dem Modell und seinen Ergebnissen aus verschiedenen Anwenderperspektiven und Bedienungsmöglichkeiten beschreibt. Die in den Verbünden angewandten Methoden sind nachfolgend näher beschrieben. Abbildung II.2.23 fasst den zeitlichen Verlauf für die Prüfung der Praxistauglichkeit und die Erstellung des Evaluierungsberichts zusammen.

II.2.4.3.1 UseUClim

Für die Evaluierung und Verbesserung der Praxistauglichkeit von PALM-4U verfolgte UseUClim einen Living-Lab-Ansatz, bei dem die im Projekt beteiligten Praxispartner*innen direkt in den Entwicklungsprozess eingebunden werden und das Modell selbst anwenden (siehe Steuri et al., 2018b). Die Praxispartner*innen setzen sich aus Mitarbeiter*innen von kommunalen Umwelt- und Stadtplanungsämtern sowie eines in der Stadtplanung tätigen Planungs- und Beratungsunternehmens zusammen. Auf Basis des Feedbacks der Praxispartner*innen sowie den Erfahrungen der Verbundpartner Fraunhofer IBP und GERICS wurde die Praxistauglichkeit von PALM-4U getestet und die Ergebnisse für den Evaluierungsbericht aufbereitet. Dabei wurden die nachfolgend beschriebenen Methoden angewandt.

UseUClim entwickelte zusätzliche Software-Tools, um den Praxispartner*innen die Nutzung von PALM-4U zu erleichtern. Da diese spezifisch für die Schulungen entwickelt und nur im Verbund UseUClim angewandt wurden, werden sie nicht in die Evaluierung der Praxistauglichkeit von PALM-4U miteinbezogen.

II.2.4.3.1.1 Interne Testanwendungen

Interne Testanwendungen wurden zunächst zur Vorbereitung und Entwicklung der Anwenderschulungen durchgeführt. Dabei wurde sowohl die Anwendung des Modells über die GUI als auch die skriptbasierte Anwendung erprobt und Verbesserungsvorschläge an die Modellentwickler*innen kommuniziert. Nach Abschluss der zweiten Schulungsphase wurden zusätzliche interne Testanwendungen durchgeführt, um ausgewählte Anforderungen zu evaluieren, die auch ohne direktes Nutzerfeedback beantwortet werden konnten („allgemeine" Anforderungen) oder deren Prüfung tiefergehende Tests bedingten, die im Rahmen von Schulungen nicht durchgeführt werden konnten. Dazu gehören vornehmlich Anforderungen an einzelne Modellfähigkeiten.

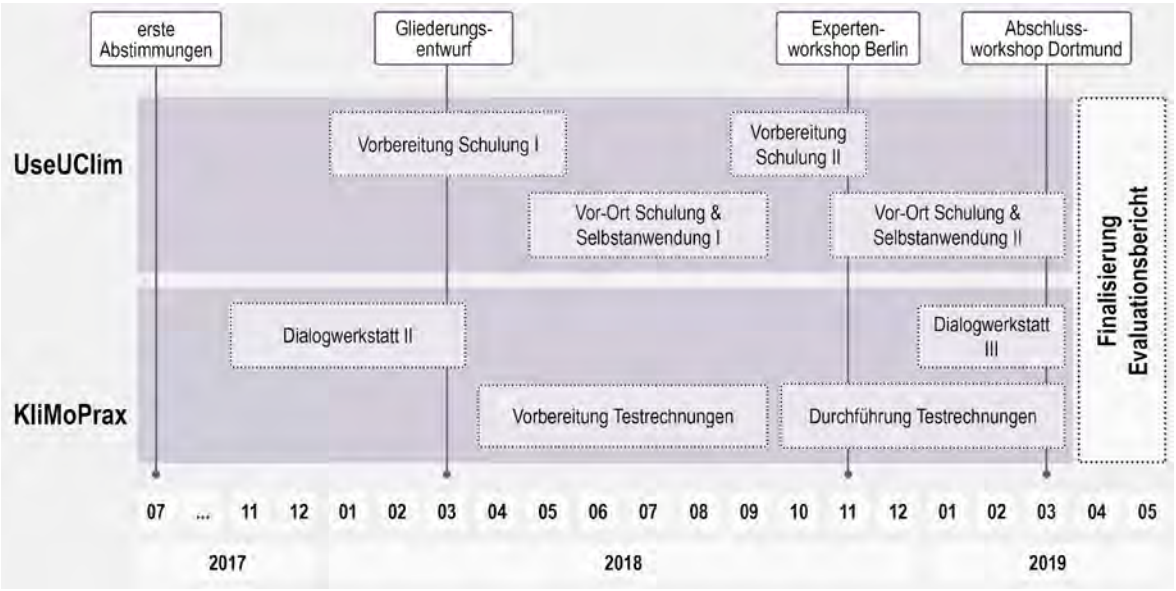

Abbildung II.2.23 Zeitplan zur Erstellung des Evaluationsberichts (Quelle: Fraunhofer IBP).

II.2.4.3.1.2 Nutzerbeteiligung: Anwenderschulungen und Selbstanwendung

Die Praxispartner*innen in UseUClim wurden in zwei Schulungsphasen in der Handhabung des Modells geschult. In den zugehörigen Anwendungsphasen konnten sie im Anschluss für mehrere Monate selbstständig mit PALM-4U arbeiten. Die Bedienung des Modells erfolgte dabei ausschließlich über die grafische Benutzeroberfläche (GUI), wodurch auch der Schwerpunkt der Evaluierung der Praxistauglichkeit in UseUClim auf der GUI lag. Die beiden Schulungsphasen hatten folgende Inhalte:

- In der Schulungsphase I lag der Fokus auf dem Testen und Verbessern der vorliegenden prototypischen Modellbasis, v.a. der GUI. Die Praxispartner*innen wurden anhand vorgefertigter praktischer Beispiele und Anwendungsszenarien in die Arbeit mit PALM-4U eingeführt. Im Anschluss an die Schulungen konnten die Praxispartner*innen das Modell inkl. GUI über mehrere Monate in der Selbstanwendung nutzen. Die Feedbackphase wurde mit einem gemeinsamen Workshop abgeschlossen. Verbesserungsvorschläge zur Modellentwicklung wurden regelmäßig an Modul A kommuniziert.
- In der Schulungsphase II lag der Fokus auf der Evaluierung der Praxistauglichkeit der aktuellen Version PALM-4U und der GUI. Alle Praxispartner*innen wurden dabei soweit befähigt, dass sie ihre eigenen kommunalen Grunddaten aufbereiten und für Simulationen mit der GUI von PALM-4U nutzen konnten. Da es keine Tools zur Erstellung der Eingangsdaten für PALM-4U („Static Driver“) gab, entwickelten UseUClim-Partner*innen eine entsprechende Software für die Schulungen. Das parallel entwickelte Benutzerhandbuch wurde ebenfalls in die Schulung integriert und getestet. Im Anschluss an die Schulungen konnten die Praxispartner*innen PALM-4U inkl. GUI in der Selbstanwendung nutzen. Die zweite Schulungsphase wurde mit dem Modul-C-Abschlussworkshop beendet.

II.2.4.3.1.3 Erhebung des Nutzerfeedbacks

Das Nutzerfeedback der Praxispartner*innen wurde mit verschiedenen Methoden erfasst. Aus dem direkten Nutzerdialog während der Schulungen und der Selbstanwendung konnten Rückmeldungen zur Bedienung und Vorschläge für Weiterentwicklungen von Modell und GUI erfasst werden. Auf Basis der zu prüfenden Anforderungen wurde für jede Schulungs- und Anwendungsphase ein Fragebogen erstellt und an die Praxispartner*innen verteilt, um standardisiertes Feedback mit Bezug auf die zu evaluierenden Anforderungen zu erheben. Zusätzlich erstellten die Praxispartner*innen zum Ende jeder Selbstanwendungsphase einen individuellen Feedbackbericht der ihre Erfahrungen und Einschätzungen aus der Anwendung von PALM-4U dokumentiert. Diese Berichte lieferten sowohl wertvollen zusätzlichen Input zur Evaluierung als auch Verbesserungs- und Weiterentwicklungsvorschläge und deckten neue Nutzeranforderungen auf.

II.2.4.3.2 KliMoPrax

Um die Praxistauglichkeit von PALM-4U zu überprüfen, arbeitet das KliMoPrax-Konsortium mit den sieben Partnerstädten Berlin, Bonn, Essen, Karlsruhe, Hamburg, München und Stuttgart zusammen. In jeweils drei Dialogwerkstätten vor Ort wurden mit den kommunalen Partner*innen anhand der derzeit kommunalen verfolgten priorisierten Aufgabenstellungen Nutzungssituationen erarbeitet, Testrechnungen festgelegt und die Ergebnisse der Testrechnungen diskutiert. Für die Evaluation von PALM-4U nutzt KliMoPrax die Resultate der Testrechnungen, einen Fragebogen und den Input aus den dritten Dialogwerkstätten mit den kommunalen Praxispartner*innen. Während UseUClim schwerpunktmäßig die Praxistauglichkeit von PALM-4U über die Bedienung der GUI untersucht (s. Kapitel II.2.4.3.1), steht bei KliMoPrax die Evaluierung des skriptbasierten Modells PALM-4U im Vordergrund mit der Fragestellung: Können mit den Ergebnissen von PALM-4U derzeit häufig auftretende Fragestellungen in Kommunen beantwortet werden?

II.2.4.3.2.1 Testrechnungen

In den Dialogwerkstätten wurden stadtklimatische Fragestellungen mit den kommunalen Partnern abgestimmt, zu denen in den meisten Fällen aktuelle Um- und Neubauverfahren zur Schaffung von Wohnraum im Innen- und im Außenbereich gehören. Die einzelnen Testfälle wurden derart ausgewählt, dass möglichst viele Anforderungen bewertet werden können, insbesondere technische, fachliche und wissenschaftliche Anforderungen sowie Anforderungen an die Ein- und Ausgabedaten. Aufgrund der spezifischen Planungsaufgaben handelt es sich um teilräumliche Modellierungen.

Die Rechnungen wurden entweder von KliMoPrax-Partnern in Absprache mit den Kommunen durchgeführt oder Mitarbeiter*innen der Kommunen führten die Modellrechnungen mit Unterstützung von KliMoPrax-Partner*innen selbst durch. Ursprünglich war geplant, dass die Städte Berlin, Essen und Stuttgart eigenständig mit PALM-4U arbeiten. Da die GUI nur eingeschränkt nutzbar ist (vgl. Kapitel II.2.4.4.5) und Personal fehlte, sind in Essen und Berlin keine Anwendungsfälle mit PALM-4U durch kommunale Mitarbeiter*innen gerechnet worden. In Stuttgart gibt es eine Mitarbeiterin, die bereits Erfahrungen mit anderen Stadtklimamodellen hat und aufgrund dieser Kenntnisse erste Rechnungen mit PALM-4U durchführen konnte.

Bei den Vorbereitungen der Testrechnungen im Jahr 2018 wurden mehrere Bugs im Modell gefunden und an die Modellentwicklung zurückgespiegelt.

II.2.4.3.2.2 Fragebogen

Da die Testanwendungen nicht alle Anforderungen evaluieren können, wurde zusätzlich ein Fragebogen eingesetzt. Dieser wurde von jeder Person ausgefüllt, die Testrechnungen mit PALM-4U durchführt. Der Fragebogen enthält Angaben zur fachlichen Qualifikation, zur Installation von PALM-4U, zur Anwendung des Modells mit und ohne GUI sowie eine detaillierte Dokumentation der einzelnen Modellrechnungen.

II.2.4.3.2.3 Dialogprozess

In drei Vor-Ort-Dialogwerkstattrunden wurde mit Vertreter*innen der sieben Partnerkommunen über die kommunalen Anforderungen an ein Stadtklimamodell diskutiert. Bei den ersten beiden Runden standen die Erhebung von Anforderungen und Anwendungsfällen sowie die Datenverfügbarkeit und Datenbereitstellung für die Testrechnungen an zentraler Stelle, während bei dem dritten Arbeitstreffen in den Städten primär die Evaluation der Testergebnisse im Vordergrund stand. Aufgrund der verfügbaren Zeit nach der Veröffentlichung des R*elease Candidate PALM-4U Version 6.0* im Spätherbst 2018, wurde in jeder Kommune nur eine Testanwendung präsentiert, die auch nur sehr kurzfristig vor den Vor-Ort-Workshops gerechnet werden konnte. Der Teilnehmerkreis war in jeder Kommune unterschiedlich und abhängig von der jeweiligen Testrechnung, umfasste aber in der Regel Vertreter*innen aus den Bereichen Umwelt, Stadtplanung, Klima, Grün und weiteren Fachämtern. Die Testrechnungen wurden den Teilnehmern in der Dialogwerkstatt III vorgestellt und anhand von drei „Leitthemen" diskutiert:

- Technik: erforderliche Datenausgabeformate und Benutzeroberfläche (Karten, Tabellen, Legenden, Skalen, Visualisierungen, Bewertungen, Auswertungszeit)
- Personal- und Organisationsentwicklung: Kompetenzen und technisches Knowhow zur eigenständigen Modellierung in der Kommune
- Mehrwert: Mehrwert von PALM-4U und Verbesserungsideen, Diskussion über Anwendungsbereiche von Modellierungen vs. Grenze der Belastbarkeit von Modellergebnissen, Einordnung der Modellergebnisse

Neben den Vor-Ort-Dialogwerkstätten wurden weitere Dialogformate in größerer Runde organisiert. Insbesondere die Expertenwerkstatt in Berlin und die in Dortmund durchgeführte Modul C-Abschlussveranstaltung haben wesentliche Erkenntnisse für die Evaluation des Modells geliefert.

II.2.4.4 Evaluationsergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluation vorgestellt und erläutert. In den Kapiteln II.2.4.4.1 – II.2.4.4.4 erfolgt die Bewertung zweigeteilt:

- Erfüllt das *Stadtklimamodell PALM-4U* die erhobenen umsetzbaren Anforderungen?
- Erfüllt die *grafische Benutzeroberfläche* die erhobenen umsetzbaren Anforderungen?

Abweichend hiervon werden in Kapitel II.2.4.4.5 nur die Anforderungen zur GUI evaluiert, während Kapitel II.2.4.4.6 die Erkenntnisse aus dem Dialogprozess mit den Kommunen zusammenfasst.

Grundlage der Bewertung ist der *Release Candidate PALM-4U Version 6.0* sowie der Entwicklungsstand der GUI zum 01. April 2019. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass sich das Modell PALM-4U und die GUI während der gesamten Projektlaufzeit in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess befanden. Zudem baute die Programmierung der GUI auf der Modellentwicklung auf. Es wurden beständig weitere Module in PALM-4U eingebunden, entsprechend regelmäßig musste die GUI angepasst werden.

II.2.4.4.1 Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen

In der Anforderungserhebung wurden für die Kategorie „Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen“ insgesamt 34 Anforderungen erfasst. Die Module A und B haben davon 18 Anforderungen als umsetzbar bewertet. Das bedeutet, dass Modul C etwas mehr als die Hälfte der erhobenen Anforderungen evaluieren konnte (s. Abbildung II.2.19).

Die Überprüfung der Anforderungen mit dem neuen Stadtklimamodell PALM-4U und damit der skriptbasierten Anwendung ergibt, dass von den 18 evaluierten Anforderungen 12 (67 %) erfüllt sind (s. Abbildung II.2.24). Die erfüllten Anforderungen sind vielfältig und beinhalten u. a. die Kopplung und Steuerung durch COSMO-DE (4.1-4, 4.1-20), eine Schritt-für-Schritt Anleitung für die Installation (4.1-22) sowie die Möglichkeit, Planungsdaten für die Simulation von Varianten auszutauschen (4.1-8). Nicht erfüllt sind zwei Anforderungen, darunter die Kompatibilität von PALM-4U mit globalen Klimamodellen (4.1-31).

Wenn die Anforderungen mit der grafischen Benutzeroberfläche überprüft werden, zeigt sich ein schlechteres Bild (s. Abbildung II.2.24). Hier sind von den 18 evaluierten Anforderungen 5 (28 %) erfüllt, zwei Anforderungen sind teilweise erfüllt. Bei Letzteren handelt es sich um die beiden Anforderungen, die sich mit der Kopplung und Steuerung durch COSMO-DE befassen (4.1-4, 4.1-20). Ein Drittel der auf diese Weise getesteten umsetzbaren Anforderungen wird als nicht erfüllt angesehen, diese betreffen insbesondere die Konfigurierbarkeit und Weiterentwicklung für fachspezifische Fragestellungen (4.1-11, 4-18). Auch die Forderung nach einer Installationsanleitung inkl. Hinweisen zu erforderlichen Ressourcen (u. a. Rechnerkapazitäten, Zugriffsmöglichkeiten auf Bibliotheken und damit verbundene Datensicherheitsbelange, Integration Behördennetzwerk, …), ist derzeit nicht erfüllt (4.1-22). Allerdings ist gerade diese Anforderung für die Praxispartner*innen von höchster Bedeutung, um abklären zu können, ob sich das „Selbstrechnen“ überhaupt lohnen würde.

Bei 8 Anforderungen finden sich identische Evaluationsergebnisse zwischen dem neuen Stadtklimamodell PALM-4U und der GUI. Davon sind 4 erfüllt, 1 nicht erfüllt und bei 3 Anforderungen ist eine Prüfung derzeit nicht möglich. Erfüllt sind die Anforderungen bezüglich der Mehrplatzfähigkeit (4.1-2), der Kompatibilität mit Visualisierungstools inkl. NetCDF-Schnittstelle (4.1-5) sowie des ununterbrochenen Arbeitens über Nächte und Wochenenden (4.1-12). Auch die Anforderung 4.1-7 „Die Bedienung des nSKM muss über Windows erfolgen“ ist erfüllt. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass PALM-4U nativ nicht unter Windows lauffähig ist. Das heißt, eine Bedienung unter Windows ist nur über einen Fernzugriff auf einen PALM-Server oder Virtualisierung möglich.

Abweichende Evaluationsergebnisse zwischen dem neuen Stadtklimamodell PALM-4U und der GUI wurden in 10 überprüften Anforderungen erfasst, beispielsweise bei den Anforderungen 4.1-10 und 4.1-11: obwohl PALM-4U als open-source Software zur Verfügung gestellt wird und somit dauerhaft kostenfrei zugänglich ist für die Nutzer*innen, ist die GUI lediglich als Freeware erhältlich und schränkt den Zugang sowie die Weiterentwicklung für fachspezifische Fragestellungen ein. Dieses Problem wurde bereits erkannt und wird in der Weiterentwicklung der GUI im Rahmen der zweiten Förderphase aufgegriffen.

Die Anforderungen, die dezidiert auf die unterschiedlichen Rechnerkapazitäten und damit korrespondierenden Simulationen abzielen (4.1-6, 4.1-13, 4.1-23, 4.1-24, 4.1-25), können ausschließlich über die konsolenbasierte Anwendung evaluiert werden. Hier zeigte sich, dass im Rahmen der Vor-Ort-Schulungen und Testanwendungen lediglich 2 Anforderungen tatsächlich überprüft werden konnten (4.1-6, 4.1-13). Das lag daran, dass die erforderlichen Hardware-Ressourcen für eine Prüfung nicht zur Verfügung standen.

Fazit

Die Praxistauglichkeit ist in der Kategorie „Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen“ nur teilweise gegeben. Wie in Abbildung II.2.24 ersichtlich ist, gibt es einen großen Unterschied zwischen der konsolenbasierten Arbeit mit dem neuen Stadtklimamodell PALM-4U und der praxistauglicheren Variante mit der GUI.

Ein Vorteil gegenüber anderen Stadtklimamodellen liegt darin, dass die Möglichkeit besteht, COSMO-Daten einzulesen. Besonders hervorzuheben ist zudem die informative, umfassende Installationsanleitung für die konsolenbasierte Anwendung – diese fehlt für die Anwendung mit der GUI leider vollständig und hat so massive Auswirkungen auf die Zugänglichkeit. Der Unterschied in der Bewertung hängt insbesondere damit zusammen, dass die GUI derzeit eine limitierte Funktionspalette aufweist und somit die Fähigkeiten des neuen Stadtklimamodells PALM-4U nicht vollständig abbilden. Um die Praxistauglichkeit zu erhöhen, ist es in Zukunft unumgänglich, sowohl die GUI und PALM-4U besser aufeinander abzustimmen, als auch den gesamten Funktionsumfang über die GUI zu gewährleisten.

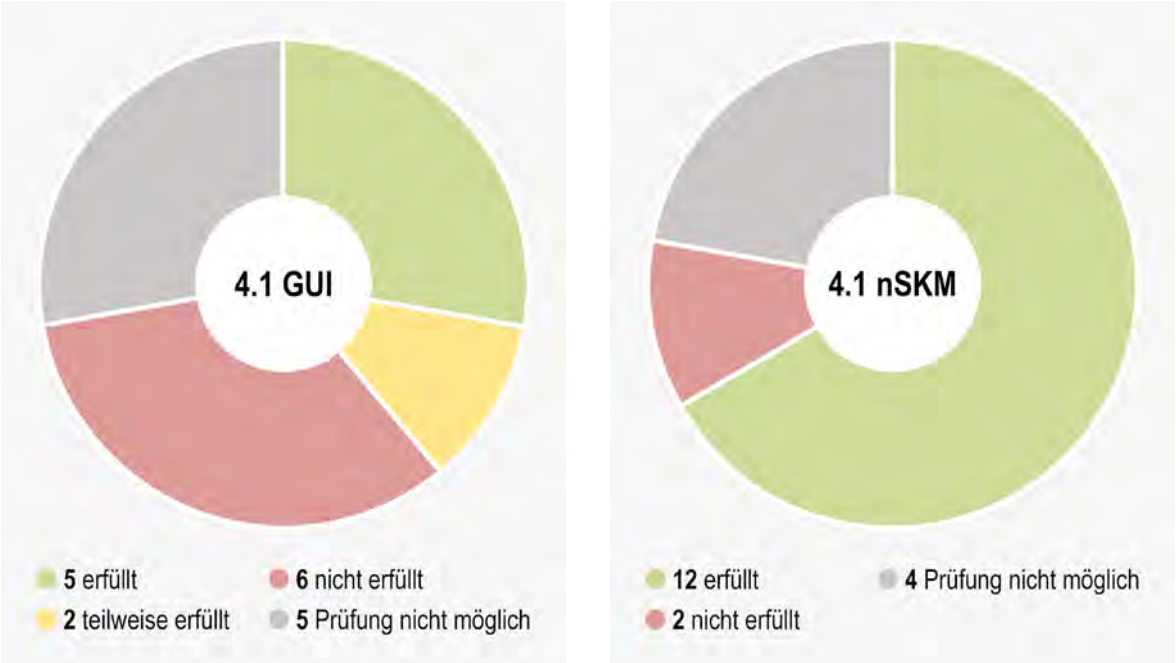

Abbildung II.2.24 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 18 Anforderungen in der Kategorie "Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen".

II.2.4.4.2 Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen

Von insgesamt 81 fachlich und wissenschaftlichen Anforderungen im NAK (vgl. Abbildung II.2.19) wurden 61 Anforderungen von Modul A und B als umsetzbar eingestuft.

In Bezug auf das Stadtklimamodell PALM-4U sind von diesen 61 Anforderungen – wie in Abbildung II.2.25 dargestellt – 41 erfüllt (67 %), 8 nicht erfüllt (13 %), 3 teilweise erfüllt (5 %) und 9 nicht überprüfbar (15 %). Fast die Hälfte der Anforderungen basieren auf den Themen Meteorologie/Luftchemie/Klimaszenarien, die andere Hälfte setzt sich zusammen aus Anforderungen zu Bebauung, Geländeoberflächen, Stadt- und Regionalplanung, Auswirkungen vorgenommener Maßnahmen und technischen Forderungen an das Modell. PALM-4U erfüllt Anforderungen, mit denen häufig auftretende Fragestellungen zum Windkomfort und zum thermischen Komfort beantwortet werden können.

Nicht erfüllt werden Anforderungen zur Berechnung von Kaltluftflüssen (4.2-57, 4.2-76, 4.2-104) und Klimawandelszenarien (4.2-70, 4.2-96), zur juristischen Belastbarkeit der Ergebnisse (4.2-109), zur Ausgabe von Minima und Maxima (4.2-49) sowie zur Identifikation von Bereichen mit hohen Vulnerabilitäten für sensible Bevölkerungsgruppen (4.2-97). Die letzten beiden Anforderungen können mit Analyseprogrammen und notwendigem Hintergrundwissen von den Nutzer*innen in einem weiteren Schritt bestimmt werden. Kaltluftflüsse lassen sich über die Auswertung von Orografie, Temperaturprofilen, Windrichtung und Windgeschwindigkeit zwar erkennen, PALM-4U bietet aber keine Möglichkeit, die Flächenverteilung der Kaltlufthöhe, die mittlere Fließgeschwindigkeit oder Volumenströme quantitativ zu bestimmen. Aus diesem Grund werden alle Anforderungen, die die Kaltluft betreffen, als nicht erfüllt eingestuft.

Mangels geeigneter Testfälle können Anforderungen zu Luftschadstoffen (4.2-44, 4.2-45, 4.2-47, 4.2-105), Innenraumklima (4.2-51), Verdunstung (4.2-67), alpinem Pumpen (4.2-78) sowie Monats- und Jahresgängen (4.2-83) nicht überprüft werden. Ebenfalls nicht möglich ist die Überprüfung der Validierung und Verifizierung des Stadtklimamodells (4.2-36), da zum Zeitpunkt der Evaluation noch keine Ergebnisse von Modul A und B vorliegen. Die Funktionalitäten der Vegetation (4.2-84), die Auswertung von Kennzahlen zur Luftfeuchtigkeit (4.2-93) und die Ausgabe von zeitlichen Mittelwerten (4.2-48) werden als teilweise erfüllt eingestuft.

In Bezug auf die grafische Benutzeroberfläche sind 36 Anforderungen erfüllt (59 %), 14 nicht erfüllt (23 %), 4 teilweise erfüllt (7 %) und 7 nicht überprüfbar (11 %). Die GUI bietet keine Möglichkeit, die Ausbreitung und Konzentration von Luftschadstoffen (4.2-44, 4.2-45, 4.2-47, 4.2-105) zu modellieren oder ein Nesting (4.2-40, 4.2-80) zu implementieren. Auch die Berechnung von Normalwetterereignissen (4.2-107) ist nur eingeschränkt möglich. Dies liegt daran, dass in der

GUI beispielsweise für Wintertage keine vorgegebene Fragestellung existiert und die Erstellung eines Winter-Setups mit realen meteorologischen Eingangsdaten innerhalb der GUI nicht möglich ist. Die Daten müssen in einem separaten Schritt skriptbasiert erstellt werden. Eine gesamtstädtische Rechnung (4.2-39) ist mit der GUI nicht durchgeführt worden. Bei allen anderen Anforderungen unterscheiden sich das Modell und die GUI nicht.

Fazit
Das Stadtklimamodell PALM-4U 6.0 kann gängige Fragestellungen beantworten, jedoch ist die quantitative Bewertung von Kaltluftflüssen und die Berechnung von Klimaprojektionen nicht möglich. Gerade der Themenbereich Kaltluft hat für die Nutzer*innen eine hohe Priorität und die Berechnung von Klimaprojektionen wird in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen. Auch die juristische Belastbarkeit der Ergebnisse als Grundlage für Planungs- und Genehmigungsentscheidungen ist essentiell für die Anwendung von PALM-4U, um die Erstellung von Gutachten zu ermöglichen. Derzeit bietet die GUI nicht die gleiche Flexibilität bei der Berechnung von Testanwendungen wie das Modell, daher können viele Nutzergruppen PALM-4U nicht in vollem Umfang nutzen. Basierend auf diesen Ergebnissen wird die Praxistauglichkeit als teilweise erfüllt bewertet.

II.2.4.4.3 Eingangsdaten

Das vorgegebene Format der Eingangsdaten ist im Palm Input Data Standard (PIDS) festgelegt (Heldens et al., 2019). Für die Erstellung der Eingangsdaten müssen die in den Kommunen vorliegenden Daten umgewandelt und übersetzt werden. Dies ist nur über externe Tools wie ein GIS möglich. Für die Erzeugung des „Static Driver", in dem alle benötigten Eingangsdaten in einem NetCDF File zusammengefasst sind, ist ein Skript, bspw. in R (siehe R Core Team, 2018), NCL oder Python nötig, das dies leisten kann.

Von insgesamt 38 erfassten Anforderungen an Eingangsdaten im NAK werden 20 bewertet, also über die Hälfte wird evaluiert (siehe Abbildung II.2.26).

Die Bewertung der Anforderungen mit dem *Stadtklimamodell PALM-4U* ergibt, dass von 20 evaluierten Kriterien 11 (55 %) teilweise oder ganz erfüllt sind. Bspw. ist die Anforderung zum Einlesen von digitalen Geländemodellen (4.3-118) teilweise erfüllt, da die vorliegenden Geländemodelldaten immer in das PIDS-Format übertragen werden müssen. Als voll erfüllt wird bspw. die Anforderung, dass Randbedingungen aus Simulationen mit anderen Städten übertragen werden können (4.3-152) angesehen. Nicht erfüllt sind 7 (35 %) der geprüften Anforderungen. Darunter fällt bspw. die Anforderung, dass das PALM-4U alle gängigen Raster- und Vektorformate ins Net-CDF konvertieren kann (4.3-132) oder dass Klimamodelldaten mit PALM-4U downgescalt werden können (4.3-153).

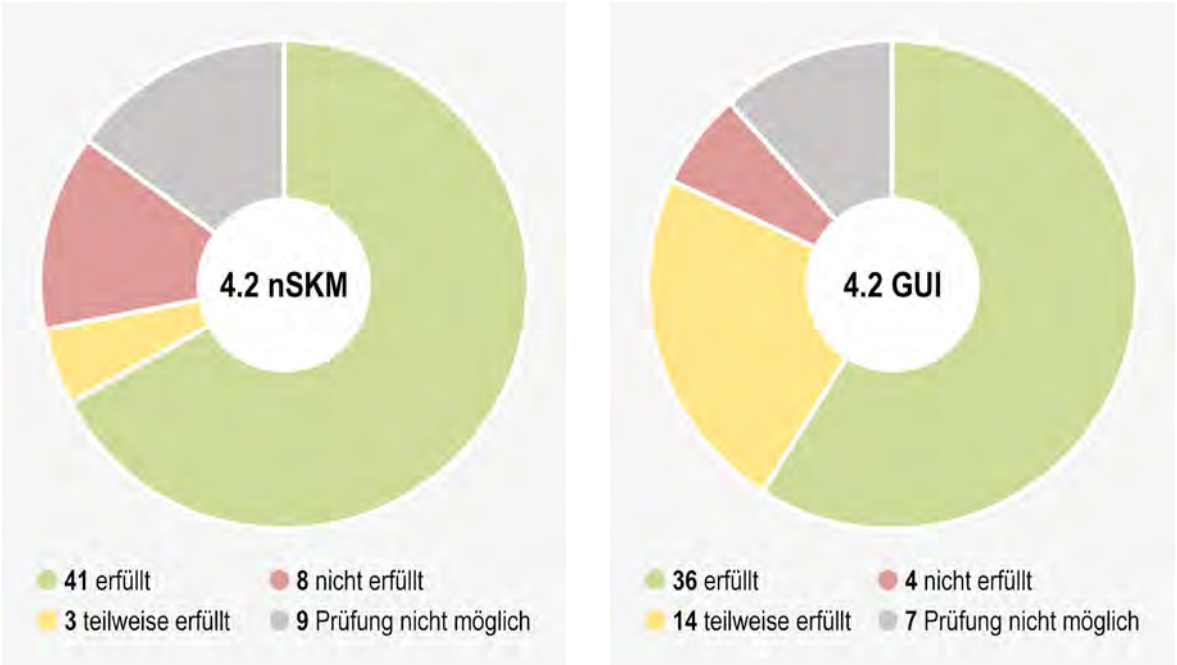

Abbildung II.2.25 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 61 Anforderungen in der Kategorie "Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen".

Lediglich für 2 (10 %) der Anforderungen ist eine Prüfung aufgrund von fehlenden Testanwendungen zum jetzigen Stand nicht möglich.

Die Bewertung der Anforderungen für die *grafische Benutzeroberfläche* ergibt, dass 11 (50 %) teilweise oder ganz erfüllt sind, was weniger als bei der Evaluation mit dem Modell ist. Dies ist darauf zurück zu führen, dass aufgrund der Tatsache, dass die GUI noch nicht alle Funktionalitäten des Modells aufgreift, Anforderungen als „Prüfung nicht möglich" kategorisiert wurden. In dieser Kategorie sind 3 (15 %) der Anforderungen einsortiert, dagegen sind es 2 (10 %) der Anforderungen bei der Evaluation mit PALM-4U. Nicht erfüllte Anforderungen gibt es 7 (35 %) bei der Evaluation mit der GUI, was gleich zur Anforderungsbewertung mit dem Modell ist. Jedoch gibt es hier Unterschiede, welche der Anforderungen als nicht erfüllt bewertet werden, bspw. die Anforderung, dass ein Beispieldatensatz bei der Installation mitgeliefert wird (4.3-149), ist für die GUI als nicht erfüllt bewertet, jedoch als erfüllt für die Anforderungsevaluation mit dem PALM-4U. Es gibt weitere Unterschiede zwischen der GUI und dem PALM-4U. Es sind auf der GUI zum Teil mehr Informationen und Anleitungen hinterlegt wie bspw. die Information, welche Eingangsdaten benötigt werden (4.3-131). So wird diese Anforderung für das PALM-4U als nicht erfüllt evaluiert, bei der Prüfung mit der GUI als teilweise erfüllt beurteilt.

Fazit

Die Praxistauglichkeit hinsichtlich der Handhabung und Erzeugung der Eingangsdaten ist nur teilweise gegeben, da die vorhandenen Daten immer in das PALM-4U konforme NetCDF-Format überführt werden müssen. Dabei besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen der konsolenbasierten Arbeit mit dem Modell und der nutzerfreundlicheren Variante mit der GUI, die im Moment nicht in der Lage ist, die Eingangsdaten zu erzeugen (aus vorhandenen Daten zu transformieren). Es ist immer ein aufwändiger Pre-Processing-Schritt nötig (dargestellt am Beispiel Bonn in Abbildung II.2.27), um PALM-4U konforme Eingangsdaten zu erzeugen und daher ist die Anwendung des Modells in der Kommune momentan noch zu aufwendig.

Darüber hinaus besteht das grundlegende Problem der Verfügbarkeit und Aktualität der vorhandenen Daten und deren Fortschreibung bzw. Pflege. Geo-Daten werden meistens auf Landesebene erfasst, um den Entwicklungsstand zu kontrollieren. Im Zuge dessen, erfolgt oftmals nur in größeren Abständen eine Aktualisierung der Datengrundlagen. Teilweise sind Daten, die für PALM-4U benötigt werden, nicht vorhanden wie bspw. Daten zu privatem Grün. Die Qualität der Eingangsdaten hat großen Einfluss auf die Güte und Plausibilität der Ergebnisse, daher besteht bereits hier – in der Vorkette – eine eingeschränkte Praxistauglichkeit in der Anwendung des Modells.

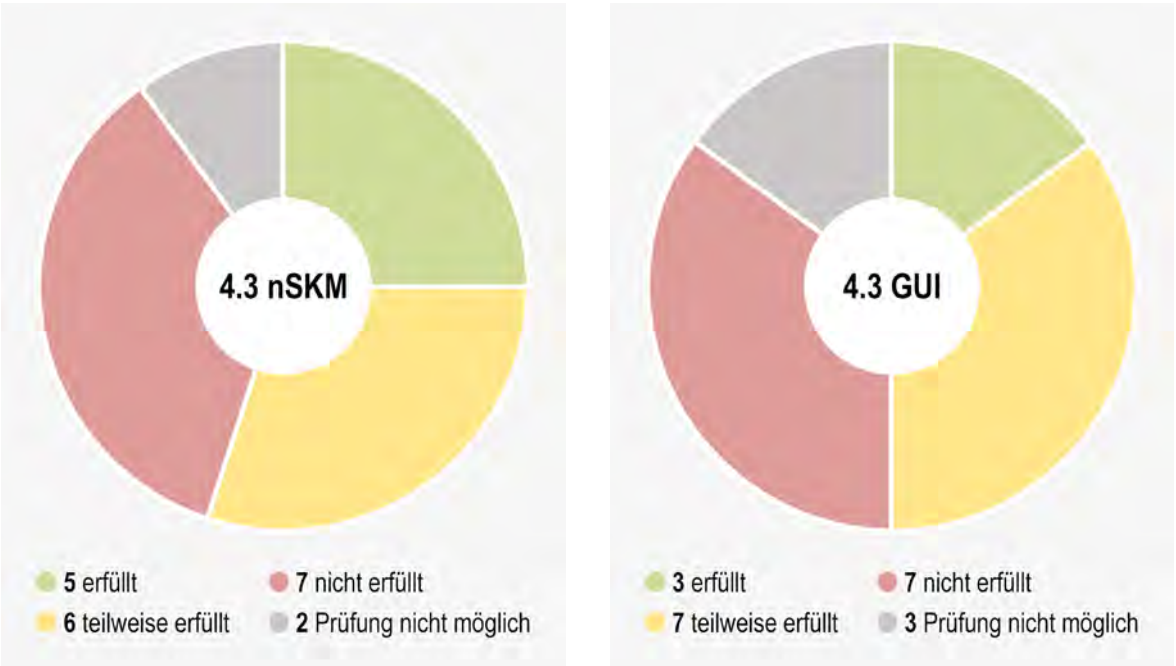

Abbildung II.2.26 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 20 Anforderungen in der Kategorie "Eingangsdaten".

II.2.4.4.4 Ausgabedaten

Die Beschreibung der Ausgabedaten und ihrer Formate ist in den Palm Output Data Standards (PODS) beschrieben (IMUK, 2018). Alle Ergebnisse, also Modellausgaben sind als NetCDF Dateien verfügbar. Die Ergebnisdateien müssen für die Weiterverwendung zurechtgeschnitten, statistisch verarbeitet und in Formate für die Weiterbearbeitung überführt werden wie bspw. als Raster (GeoTIFF) für Kartenplots.

Von insgesamt 32 erfassten Anforderungen an die Ausgabedaten im NAK werden 17 bewertet, also über die Hälfte wird evaluiert (siehe Abbildung II.2.28).

Die Bewertung der Anforderungen mit dem Stadtklimamodell PALM-4U ergibt, dass 5 (29 %) teilweise oder ganz erfüllt sind. Darunter fällt bspw. die Anforderung, dass die Ergebnisdateien (NetCDF) in GIS-Programmen eingelesen werden können, was QGIS oftmals unkompliziert gewährleistet (4.4-154). Als teilweise erfüllt gilt bspw. die Anforderung, dass Karten, Profile oder Statistiken als Ergebnisausgabe zur Verfügung stehen (4.4-160). Mit der Bedienung des Modells können aus den Ergebnisdaten Profile erstellt werden, jedoch keine fertigen Karten oder Statistiken.

Als nicht erfüllt werden 11 (65 %) der Anforderungen bewertet. Hierunter fällt bspw. die Anforderung, dass das PALM-4U als Ergebnisdateien gängige Raster- und Vektordatenformate zur Verfügung stellen soll, ohne dass eine Konvertierung der Daten für die Nutzung in anderen Programmen nötig ist (4.4-159). NetCDF kann von GIS gelesen werden, allerdings müssen die Daten vorher noch gemittelt, analysiert und umgeformt werden, bevor sie weiter sinnvoll genutzt werden können.

Da alle Anforderungen geprüft werden konnten, entfällt die Kategorie „Prüfung nicht möglich" für die modellbasierte Evaluation.

Die Bewertung der Anforderungen für die grafische Benutzeroberfläche ergibt, dass 10 (59 %) der Anforderungen als teilweise oder ganz erfüllt bewertet werden. Das ist fast das Doppelte als bei der Anforderungsevaluation mit PALM-4U. Dies ist auf die erweiterten Funktionen in der GUI wie bspw. Datenexportwerkzeuge und verfügbare Darstellungen der Ergebnisdateien mit hinterlegten Legenden zurückzuführen. Daher sind lediglich 6 (35 %) der Anforderungen als nicht erfüllt bewertet. Eine Anforderung (6 %) konnte nicht geprüft werden, nämlich die Anforde-

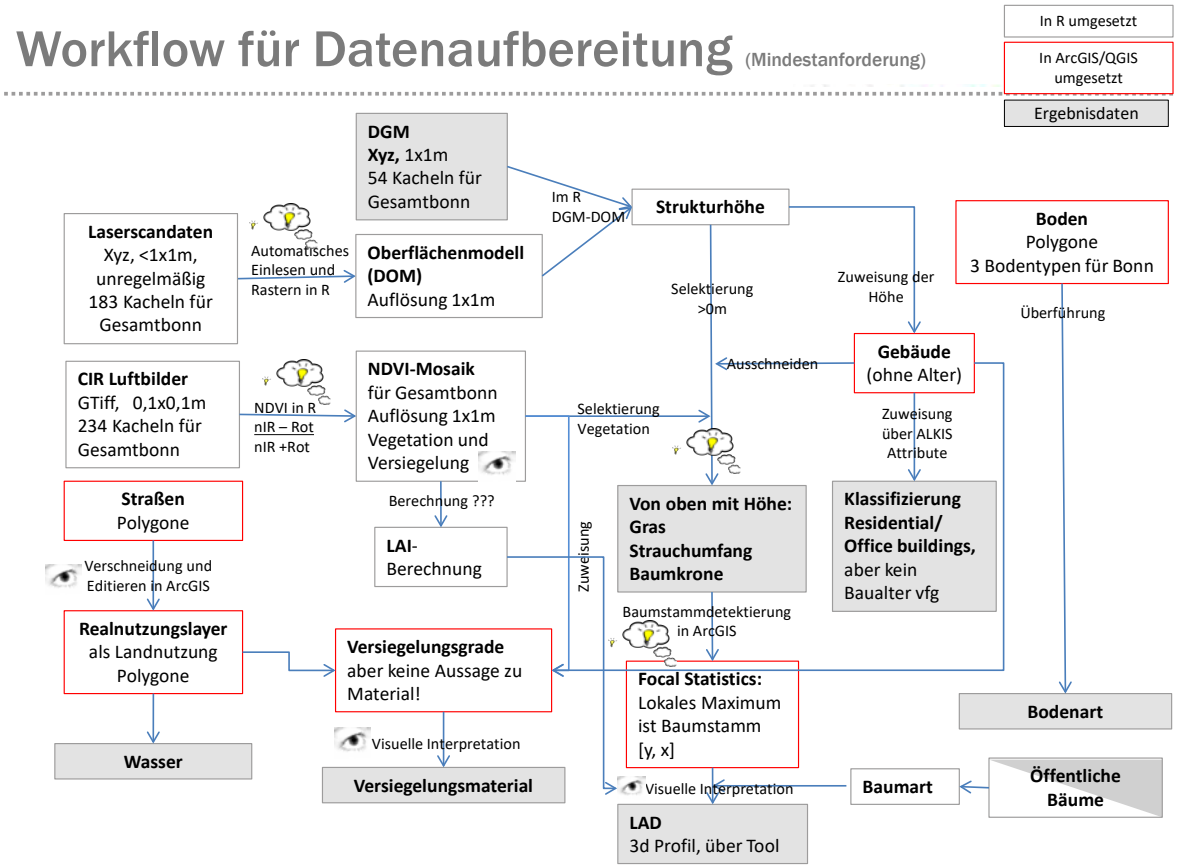

Abbildung II.2.27 Workflow für die Datenaufbereitung am Beispiel Bonn (Quelle: GEO-NET).

rung, dass die Ergebnisse sowohl die Meso- als auch Mikroskala umfassen (4.4-173). Hier gibt es für die GUI-Bewertung keine Anwendung im mesoskaligen Bereich.

Fazit
An der Bewertung der Anforderungen für die Ausgabedaten zeigt sich, dass die GUI deutlich zur Nutzerfreundlichkeit und Praxistauglichkeit beiträgt/beitragen kann. Die Zugänglichkeit zu den Ergebnisdateien wird erst über die Darstellung in der GUI und/oder den Export der PALM-4U NetCDF Ergebnisdateien in gängige Formate erreicht. Diesen Export kann das Modell noch nicht leisten, aber in Ansätzen die GUI.

Hierin steckt erhebliches Potenzial hinsichtlich der Erhöhung der Nutzerfreundlichkeit und Praxistauglichkeit.

II.2.4.4.5 Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

Die grafische Benutzeroberfläche (GUI) von PALM-4U erlaubt das Erstellen, Durchführen und Visualisieren von Stadtklimasimulationen anhand definierter Vorlagen, den sogenannten „Fragestellungen". Diese umfassen zum Stand der Evaluierung (April 2019) Vorlagen zum thermischen Komfort und Windkomfort und eingeschränkt das Erstellen freier Simulationen mit wenigen Freiheitsgraden. Nach erfolgreicher Simulation können die Ergebnisse in einer Kartendarstellung visualisiert oder exportiert werden. Voraussetzung für die Nutzung der GUI ist, dass die Eingangsdaten bereits im Vorfeld vollständig aufbereitet wurden (s. Kap. II.2.4.4.3).

In den Kapiteln II.2.4.4.1 bis II.2.4.4.4 werden die technischen und fachliche Anforderungen sowie Anforderungen an Eingangs- und Ausgangsdaten sowohl für PALM-4U selbst als auch für die Nutzung über die GUI bewertet. Für entsprechende Anforderungen der GUI sei daher auf die zugehörigen Kapitel verwiesen. In diesem Kapitel werden Anforderungen besprochen, die sich einzig an Funktionalitäten der Benutzeroberfläche an sich richten.

Von den insgesamt 55 Anforderungen an die grafische Benutzeroberfläche wurden 41 als umsetzbar eingestuft. Wie in Abbildung II.2.29 ersichtlich, erfüllt die GUI von diesen 41 prüffähigen Anforderungen 13 (32 %). Dabei handelt es sich zumeist um grundlegende Anforderungen wie die Lauffähigkeit unter verschiedenen Betriebssystemen (4.5-187 und 4.5-211), welche durch die Umsetzung als Webapplikation gewährleistet ist, eine deutsche Sprachversion (4.5-190) oder das konsistente Verwenden von Fachbegriffen (4.5-199) und allgemein bekannter Symbole (4.5-201). Durch die reduzierten und wenigen Nutzereingaben kann die Umsetzung der GUI als „Basisversion" (4.5-206), also einer vereinfachten Benutzeroberfläche, als erfüllt eingestuft werden. Des Weiteren wird der Zugang zur GUI nach Aussage der Entwickler*innen dauerhaft kostenfrei gewährleistet sein (4.5-210).

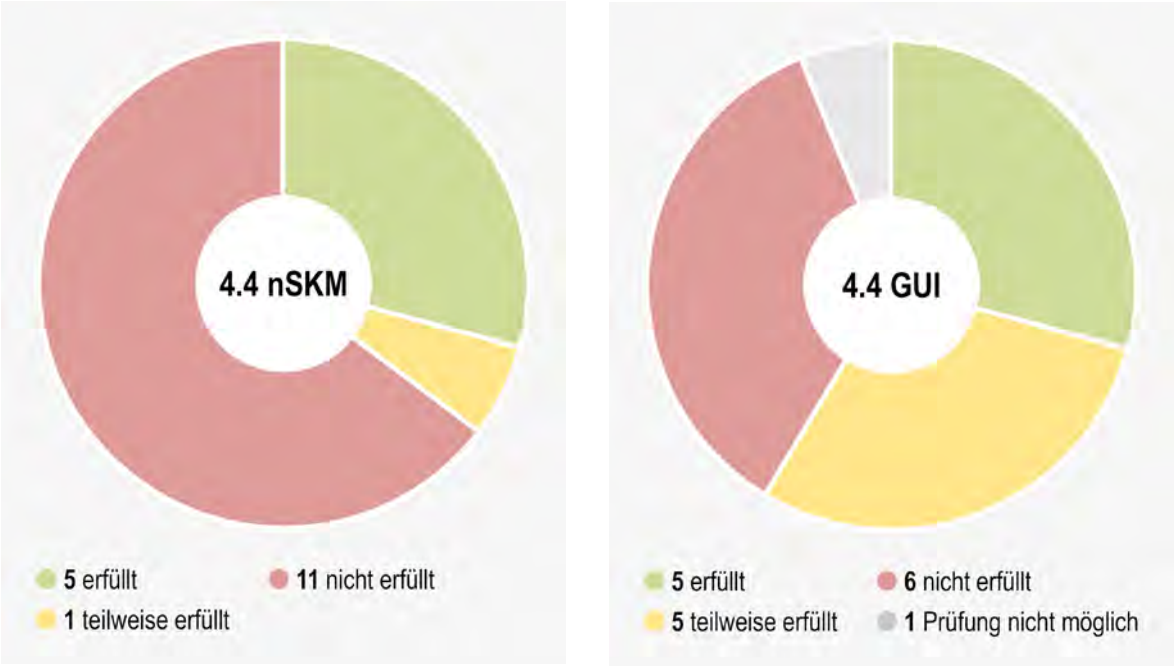

Abbildung II.2.28 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 17 Anforderungen in der Kategorie "Ausgangsdaten".

Der Großteil der Anforderungen, 15 von 41 (37 %), sind als zumindest teilweise erfüllt einzustufen. So sind einige Anforderungen zumindest für Teilbereiche der GUI erfüllt: Das Aufsetzen von Simulationen mit der GUI wird als zumeist strukturiert (4.5-193), logisch (4.5-192) und verständlich (4.5-226) empfunden. Diese Einschätzung trifft allerdings für die Kartendarstellung nicht zu, v. a. das Hinzufügen oder Ändern von Layern in der Kartendarstellung wird als zu umständlich und nicht intuitiv bewertet. Bei anderen Anforderungen ist die Funktionalität nur zum Teil gegeben: Layer können in der Kartendarstellung individuell ein- und ausgeblendet werden (4.5-188), allerdings werden die Daten nach kurzer Inaktivität im Hintergrund gelöscht, wodurch sie nicht mehr darstellbar sind. Simulationsergebnisse können mit Hilfe der Kartendarstellung zweidimensional visualisiert werden (4.5-224), eine Interpretation ist jedoch aufgrund fehlender Funktionalitäten (z. B. Filter- und Vergleichsmöglichkeiten, geostatistische Auswertung, einfache Anpassung von Legenden, Überlagerung mit Eingangsdaten) nur zum Teil möglich. Die Dateneingabe erfolgt zwar über die GUI (4.5-219), berücksichtigt aber die Erstellung der Eingangsdaten nicht. Fehlermeldungen bei der Dateneingabe (4.5-205) werden nur für das Aufstellen des Setups angegeben. Die größte Fehlerquelle liegt allerdings beim Erstellen der Eingangsdaten, worin die Nutzer*innen nicht unterstützt werden. Die Bedienung und Ergebnisauswertung wird im Nutzerhandbuch erläutert, welches auf der GUI integriert ist. Die Erläuterungen zur Interpretation der Ergebnisse wird zum Teil aber als nicht ausreichend genau eingestuft (4.5-220). Die Anmeldung an der GUI ist über eigene Benutzeraccounts möglich, diese können jedoch nur von den Programmierer*innen der GUI eingerichtet werden (4.5-189).

12 der 41 (29 %) Anforderungen an die GUI sind nicht erfüllt. Darunter fallen wenige Anforderungen die die Bedienung betreffen, z. B. das Verwenden gängiger Tastaturkürzel (4.5-230) oder der Befehle „Rückgängig/Wiederherstellen“ (4.5-197). Die meisten nicht erfüllten Anforderungen betreffen jedoch Funktionalitäten, welche für die Arbeit mit dem Modell aus Sicht der Praxis nötig sind. Darunter fällt das Erstellen von Varianten von Simulationen (4.5-222) und ein Vergleich der Ergebnisse mittels Differenzdarstellungen (4.5-223) oder ähnlicher Vergleichsmöglichkeiten wie dem Verschneiden verschiedener Informationsebenen (4.5-221). Eine geostatistische Auswertung der Modellergebnisse (4.5-208) ist mit der GUI nicht möglich. Die nach Abbruch von Simulationen angezeigten Fehlermeldungen werden von den Praxispartner*innen als nicht interpretierbar eingestuft (4.5-214). Des Weiteren ist die Installation und Inbetriebnahme der GUI nicht dokumentiert (4.5-230).

Die Prüfung einer Anforderung (4.5-225, Darstellung der Ein- und Ausgabedaten von den Skalenebenen Regionalplanung bis Gebäudearchitektur) war nicht möglich, da kein Fallbeispiel in der Skalenebene der Regionalplanung vorlag.

Fazit

Auf Basis der bewerteten Anforderungen lässt sich die grafische Benutzeroberfläche von PALM-4U in ihrer aktuellen Form als noch nicht praxistauglich einstufen. Grundfunktionalitäten werden in Teilen erfüllt und der Aufbau ist logisch und intuitiv, zumindest für das Aufsetzen von Simulationen. Das Grundkonzept der Fragestellungen mit vorbelegten Standardwerten und wenigen Eingabemöglichkeiten bewerten die Praxispartner*innen als gelungen und hilfreich.

Wichtige Funktionen für die praktische Arbeit sind aber nur teilweise oder nicht umgesetzt. Die Kartendarstellung wird als grundsätzlich wertvolles und praxistaugliches Werkzeug gesehen, da es gerade Nutzer*innen ohne eigenen GIS-Zugang ermöglicht, die Simulationsergebnisse darzustellen, jedoch ist dessen Bedienung nicht intuitiv und wichtige Analyse-Funktionen fehlen. Auch spiegelt die Auswahl von zwei vorgegebenen Simulationsvorlagen nur einen Teil des Funktionsumfangs von PALM-4U wieder. Um die Praxistauglichkeit zu erreichen, müssen die angesprochenen Problemstellen verbessert und für die Anwender*innen wichtige Funktionen ergänzt werden, wie z. B. ein Variantenvergleich mit entsprechenden Bewertungsmöglichkeiten oder einfache geostatistische Auswertungen. Zusätzlich sollten auch wichtige und bisher als nicht umsetzbar gekennzeichnete

Abbildung II.2.29 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 41 Anforderungen in der Kategorie „Grafische Benutzeroberfläche“.

oder neue Anforderungen in Zukunft berücksichtigt werden, allen voran Interpretationshilfen für Nutzer*innen (4.5-213), die Darstellung zeitlicher Abläufe als Animationen (4.5-239) und die Abbildung des gesamten Arbeitsablaufs. Im Hinblick auf die internationale Verbreitung von PALM-4U ist die Unterstützung weiterer Sprachen, zumindest Englisch, nötig (4.5-231 und 4.5-232).

II.2.4.4.6 Erfahrungen in den Kommunen und Praktikabilität des Modells für (kommunale) Anwender*innen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Anforderungen an PALM-4U und die GUI analysiert: Anhand der NAK Tabelle (siehe Teil 1 dieses Berichts) wurde evaluiert, inwiefern PALM-4U die Anforderungen aus der (kommunalen) Anwendungspraxis erfüllt. Eine Evaluation der Praktikabilität des Modells muss allerdings mehr als nur die technische Seite und (harte) Evaluationskriterien im Blick haben, denn auch wenn das Modell technisch reibungslos funktioniert, könnten andere mögliche Hemmnisse der tatsächlichen Anwendung in der (kommunalen) Praxis im Weg stehen. In diesem Kapitel sind deswegen die Fragen nach „Personal- und Organisationsentwicklung“ und „Anwendungsbereitschaft, Entwicklungsbedarf und Mehrwert von PALM-4U“ zentral.

Die beteiligten Praxispartner*innen wurden in Modul C (s. Kapitel II.2.4.3) nach ihrer Erfahrung mit PALM-4U befragt (s. Abbildung II.2.30). Auf Grund der verschiedenen Anwendungsumgebungen in den Kommunen, aber auch der verschiedenen Vorgehensweisen in den Verbünden sind die Erfahrungen mit der Modellanwendung in den Städten durchaus unterschiedlich. Nichtdestotrotz sehen die Praxispartner*innen aus beiden Projekten durchaus großes Potenzial, allerdings meist mit kritischen Anmerkungen. Dieses Kapitel beschreibt die Erfahrungen in den Kommunen und reflektiert die Modellevaluation aus Sicht der kommunalen Praxispartner*innen.

Das Potenzial des Modells wird als hoch eingeschätzt und es wird als wertvolle und valide Unterstützung für planerische Entscheidungsprozesse gesehen (wie eine teilnehmende Person der Evaluationswerkstatt bestätigte: „Wenn das Modell komplett funktionsfähig ist, wird es eingesetzt und genutzt!“). Für eine Einbindung in den praktischen Arbeitsalltag ist die aktuelle Version jedoch nur bedingt geeignet, da wichtige Teile des Arbeitsablaufes aktuell noch nicht oder nur unzureichend implementiert sind (v. a. Eingangsdatenaufbereitung, Ergebnisauswertung, Modell-Hosting). Wie durch eine teilnehmende Person formuliert: „Bislang ist kein schneller Arbeitsprozess darstellbar. Die Tool-Sammlung ist so noch nicht in der Praxis nutzbar. Von der Datenaufbereitung bis zur Analyse müssen klar zu definierende Schritte liegen.“

PALM-4U ist ein komplexes Modell, mit einer Vielzahl von Funktionen. Dies führt dazu, dass die Anwendung relativ anspruchsvoll ist, nicht zuletzt, weil ein bestimmtes stadtklimatisches und GIS-bezogenes Know-how vorausgesetzt wird. Dies betrifft insbesondere die Aufbereitung der Daten und die Interpretation der Ergebnisse. Obwohl das Interesse an einer selbständigen Anwendung durch nahezu alle Praxispartner*innen vorhanden ist, sehen die meisten die kommunale Verfügbarkeit der erforderlichen Kompetenzen kritisch. Es scheint den meisten Praxispartner*innen unwahrscheinlich, dass Stadtplaner*innen das Modell derzeit selbständig anwenden können.

Die Kompetenzen zur Anwendung im Zusammenhang mit der notwendigen stadtklimatologischen Expertise – u. a. Modellanwendung und Interpretation der Simulationsergebnisse – sind nur in wenigen Städten vorhanden. Schulungen werden daher als essentiell angesehen, damit Anwender*innen aus der (kommunalen) Praxis das Modell unter Begleitung kennenlernen können. Die Vor-Ort-Schulungen, die im UseUClim-Projekt durchgeführt wurden, haben sich als probates Mittel zur Qualifizierung der Anwender*innen erwiesen. Zudem sehen Kommunen einen Schulungsbedarf, der über „den einzelnen Modellanwender*innen“ hinausgeht und stadtklimatisches Fachwissen, aber auch die Anwendungsumgebung, z. B. bezüglich amtsübergreifender Prozesse und Arbeitsabläufe, integriert.

Aufgrund der Komplexität und des Aufwandes für die Datenaufbereitung sehen insbesondere Kommunen, die nicht regelmäßig mit Stadtklimamodellen arbeiten, die Anwendung des Modells als Aufgabe von Spezialisten oder externen Dienstleistern. Verwaltungsmitarbeiter*innen müssten lediglich die fachlichen Voraussetzungen besitzen, um die Ergebnisse verstehen, interpretieren und bewerten zu können. Aus demselben Grund erachten andere Kommunen es als wichtig, langfristig eigene Kompetenzen in der Bedienung des Modells und der Modelloberfläche aufzubauen. Sinnvoll kann dabei die Bündelung in einer zentralen Stelle „Stadtklima“ für die Anwendung des PALM-4Us sein. Diese (Stabs-)Stelle müsste den Zugriff auf die notwendigen Daten haben und eigene Kapazitäten zur Verfügung stellen. Eine dritte Gruppe von zumeist erfahrenen Kommunen mit bereits vorhandenen Modellierungskenntnissen würde eine autonome Anwendung des Modells bevorzugen. Einsatzgebiete des Modells werden in Städten mit

50.000 Einwohner oder mehr gesehen, bei besonderen Randbedingungen ggf. auch bei kleineren Städten, denen dann aber meist die notwendigen Ressourcen und Kapazitäten fehlen. Für diese kleinen Kommunen wäre eine Stadt oder Region übergreifende Stabstelle, in der die notwendigen Ressourcen und Kapazitäten zusammengebracht werden, eine mögliche Lösung.

Obwohl die Software frei zur Verfügung gestellt wird, sind die Kosten für die Anschaffung der nötigen IT-Infrastruktur für den Modelleinsatz sowohl in Kommunen als auch in Planungsbüros aktuell zu hoch. Vor diesem Hintergrund sollten zentrale Rechnerkapazitäten, z. B. über einen externen Dienstleister, zur Verfügung gestellt werden. Dabei sind insbesondere der Datenschutz und die IT-Sicherheit zu beachten.

Die Vorteile eines Open Source Modells wird bezüglich der Finanzierung der Modellierungen unterschiedlich eingeschätzt. Eigene Rechnungen mit dem Modell würden den Planungsprozess aus Sicht einzelner Kommunen verteuern, da Gutachten bei den derzeitigen Planungsverfahren üblicherweise über den Bauvorhabenträger finanziert werden. Außerdem werden die Kosten für Gutachten im Vergleich zu den gesamten Planungs- und vor allem Realisierungskosten teilweise als relativ gering eingeschätzt. Andere Kommunen schätzen dies weniger problematisch ein und bewerten den Nutzen eigener Rechnungen und der Mitarbeiterkompetenz im eigenen Haus höher. Besonders der (theoretische) Vorteil, relativ schnell mehrere Varianten zu rechnen, bzw. mit Planungsvarianten „zu spielen", wird diesbezüglich oft als Mehrwert gesehen. Daneben spielt auch die Überlegung eine Rolle, die stadtklimatischen Prozesse verwaltungsintern zu ermitteln und so qualifiziert mit den Vorhabenträger*innen verhandeln zu können. Die Praxispartner*innen sind sich, unabhängig von ihrer Position in Bezug auf die Finanzierung, darüber einig, dass ein Stadtklimamodell, das durch die Städte selbst bedient wird, externe Gutachten schwerlich ersetzen kann, da verwaltungsexterne Bewertungen bei Bürger*innen und Investor*innen als neutraler angesehen werden.

Variantenrechnungen können bei der Bewertung von eingereichten Entwürfen bei Wettbewerbsverfahren oder beim „Fine Tuning" von Entwürfen eingesetzt werden, um die Planung zu optimieren. Allerdings würden Kommunen PALM-4U auch gerne zu einem früheren Zeitpunkt im Planungsprozess einsetzen, um anhand von ersten Planungsvarianten die Rahmenbedingungen für ein Bebauungsgebiet festzulegen. Dazu ist PALM-4U allerdings nicht geeignet, da es konkrete Pläne als Input benötigt. Eine beteiligte Person fasste es im Dialogprozess wie folgt zusammen: „Der Aufwand ist zu hoch für den erwarteten Erkenntnisgewinn. Die Ergebnisse eines städtebaulichen Entwurfs können eingespeist werden, um zu sehen, was dabei rauskommt. Die verschiedenen Varianten in das Modell einzugeben, sind ein zu hoher, nicht vertretbarer Aufwand." Trotzdem verspricht das Modell mehr Flexibilität im Planungsprozess und einen schnelleren Vergleich von Varianten, entsprechende Software-Schnittstellen und einfache Handhabung über modelleigene Tools bzw. der GUI vorausgesetzt. Eine solche Flexibilität wird durch die Praxispartner*innen gewünscht.

In der gesamtstädtischen Planung muss dabei bereits heute die künftige Bebauung gelenkt werden. Daher muss das Modell auch unter Einfluss des fort-

*Abbildung II.2.30 Einblick in den Evaluationsworkshop in Dortmund; Vertreter*innen der Partnerkommunen erläutern die Erfahrungen mit PALM-4U (Quelle: © TU DO).*

schreitenden Klimawandels die klimatische Situation in verschiedenen zukünftigen Dekaden in der Stadt abbilden und entsprechende Datensätze zur Verfügung stellen.

Die Ergebnisse der Testrechnungen wurden, wenn sie von den kommunalen Vertreter*innen als glaubhaft eingeschätzt wurden, als eine gute Argumentationshilfe der kommunalen Praxis und gegenüber Investor*innen gesehen. Allerdings wird durch die Kommunen darauf hingewiesen, dass nicht nur der Einfluss von Bebauung auf das Stadtklima imminent wichtig ist, sondern auch die Effekte von grüner und blauer Infrastruktur. PALM-4U schafft neue Kommunikationswege Richtung Stadtgesellschaft und Stadtklimaanalysen. Das wäre auch für das Stadtmarketing interessant, um die Standortvorteile der eigenen Kommune hervorzuheben.

In den Fällen, in denen das Modell Ergebnisse produziert, die aus Sicht einer Kommune als „nicht valide oder nachvollziehbar" eingeschätzt werden, z. B. weil sie Erfahrungs- oder Literaturwissen widerspricht, wird die Glaubwürdigkeit des Modells schnell in Frage gestellt und die Anwendungsbereitschaft reduziert sich. Die Validierung des Modells durch Modul B ist eine wesentliche Grundlage, um die Glaubwürdigkeit des Modells zu belegen.

Das Feedback einer Kommune fasst die Entwicklung des PALM-4Us passend zusammen: „Das Klimamodell hat [während der Projektlaufzeit] einen sehr großen Schritt nach vorne gemacht. […] Mit Anpassungen bei der Anleitung und der Anpassungen von Anwendungsfragen können wir uns gut vorstellen, dass wir dieses Tool bei der Betrachtung von neuen städtebaulichen Konzepten oder der Umgestaltungen von städtischen Räumen heranziehen." Obwohl aus der Sicht dieser Kommune also noch einige Schritte bis zur praxistauglichen Version des Modells zu gehen sind, wird das Potenzial anerkannt und die Anwendungsbereitschaft in den Kommunen ist weiterhin vorhanden.

Fazit
Um das Stadtklimamodell sinnvoll und effizient in den Kommunen einsetzen zu können, benötigen diese Personal mit Fachwissen und Ressourcen (Daten und Rechner) sowie Unterstützung in der Einführungsphase (Lernphase). Dazu sind Anwenderschulungen notwendig. Neben den Umwelt- und Planungsämtern, wo das Modell meist zum Einsatz kommen würde, zeigt der Dialogprozess in Kommunen, dass zukünftig auch die für Geo-Daten und den Datenschutz zuständigen Ressorts eingebunden werden müssen. Die Anwendung des Modells erfordert deswegen vor dem Hintergrund der spezifischen Ausgangslage in den Kommunen eine Organisationsentwicklung jenseits der einzelnen Anwender*innen. Da die notwendige stadtklimatologische Expertise nur in wenigen Städten vorhanden ist, wäre eine im Modell aufgenommene Interpretationshilfe wünschenswert.

Eine gut aufgebaute und sinnige Anleitung ist einer der Kernpunkte, um eine erfolgreiche Projektumsetzung bzw. Programmanwendung zu fördern. Ein umfangreiches Handbuch ist notwendig. Dort sollten neben der Bedienung des Modells auch die Aufbereitung der Eingangsdaten und die Bewertung der Simulationsergebnisse erläutert werden. Das Handbuch sollte Informationen zu den Qualitätsanforderungen der Eingangsdaten enthalten und deren Aufbereitung für die Nutzung in PALM-4U beschreiben. Im Handbuch sollten auch die Arbeitsschritte in der GIS-Software (ArcGIS & QGIS) zumindest grundlegend beschrieben werden, ebenso wie praktische Beispiele, die die Anwendung des Modells nachvollziehbar beschreiben. Neben einer ausführlichen Langversion sollte es auch eine Kurzversion bieten, die die wesentlichen Arbeitsschritte prägnant zusammenfasst. Dies ist v. a. für Nutzer*innen relevant, die das Modell nur unregelmäßig nutzen, aber bereits eine Einführungsschulung erfahren haben. Außerdem wäre eine zentrale „Hotline" für direkte Unterstützung wünschenswert.

Der Fokus der Weiterentwicklung des Modells sollte auf Basis der Erfahrungen in den Kommunen auf das vollständige und nutzerfreundliche Abbilden des Arbeitsablaufes gelegt werden. Dazu gehört, dass die Kommunen das Modell früh im Planungsprozess einsetzen wollen. Für eine schnelle Variantenrechnung ist es deswegen zukünftig am Anfang des Planungsprozesses wünschenswert, wenn es einen „Modellbaukasten" gäbe, wodurch das Modell noch mehr Flexibilität in die Planung und die Modellanwendung einbringen könnte.

Letztlich hat sich gezeigt, dass zur Verbreitung stadtklimatischer Belange in der Planung (und letztlich damit auch des Modelleinsatzes) Förderprogramme, die die Modellanwendung (finanziell) unterstützen, notwendig sind.

II.2.4.5 Fazit // Praxistauglichkeit von PALM-4U

In diesem Evaluationsbericht sind die Ergebnisse der Überprüfung der Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells PALM-4U dargestellt. Evaluiert wurden hierbei folgende Komponenten:

- *Release Candidate PALM-4U* Version 6.0 (Veröffentlichung 31. Oktober 2018)
- grafische Benutzeroberfläche (Entwicklungsstand vom 01. April 2019).

Überprüft wurden die in Projektphase 1 erhobenen Anforderungen, die von den Modulen A und B als umsetzbar betrachtet wurden. Wie in Kapitel II.2.4.1 dargestellt, ergibt die Evaluierung der 157 Anforderungen folgendes Ergebnis:

- *Überprüfung durch die skriptbasierte Anwendung (ohne Anforderungen, die ausschließlich an die grafische Benutzeroberfläche adressiert sind):*
  - *63 erfüllt,*
  - *10 teilweise erfüllt,*
  - *28 nicht erfüllt, und*
  - *15 Prüfung nicht möglich.*
- *Überprüfung mit der GUI:*
  - *62 erfüllt,*
  - *43 teilweise erfüllt,*
  - *35 nicht erfüllt, und*
  - *17 Prüfung nicht möglich.*

Nachfolgend eine Übersicht der Ziele, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Praxistauglichkeit des neuen Stadtklimamodells PALM-4U festlegte und die dazugehörende Evaluation (BMBF, 2015). Hierbei ist festzuhalten, dass das Modell PALM-4U als auch die GUI immer noch in der Entwicklung sind und die GUI-Programmierung auf der jeweils aktuellen Modellversion aufbaute. Beide Komponenten werden in der zweiten Förderphase des Projektes deutlich voranschreiten.

II.2.4.5.1 Die Ergebnisse der Simulationen sollen für Nutzer*innen des Modells nachvollziehbar und überprüfbar sein. Das Modell soll die Simulationsergebnisse in adäquater gut verständlicher Form ausgeben.

PALM-4U gibt die Ergebnisse der Simulationen im NetCDF-Datenformat aus. Es kann eine große Bandbreite von Parametern ausgewählt werden, die bspw. als Profile, Zeitreihen, dreidimensionale Daten oder Daten in 2 m Höhe herausgeschrieben werden. Das NetCDF-Format ist in der kommunalen Praxis (noch) kein Standard, daher ist es vielen Nutzer*innen nicht geläufig und wird aufgrund seiner Komplexität als schwer verständlich eingestuft. Allerdings können die Simulationsergebnisse in einem weiteren Verarbeitungsschritt in ein bekannteres Format konvertiert werden und sind so besser verständlich. Eine Umwandlung in die Datenformate Shapefile, GeoPackage und das Dateiformat für Excel sowie eine erste Visualisierung der Ergebnisdateien können über die GUI durchgeführt werden. Die Interpretation und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse ist jedoch wegen fehlender Funktionalitäten (z. B. Legendenanpassung, Überlagerung mit Eingangsdaten, Differenzdarstellungen) nur teilweise gegeben.

Im Laufe der Evaluierung traten zahlreiche Bugs und unplausible Ergebnisse auf, die an Modul A zurückge-

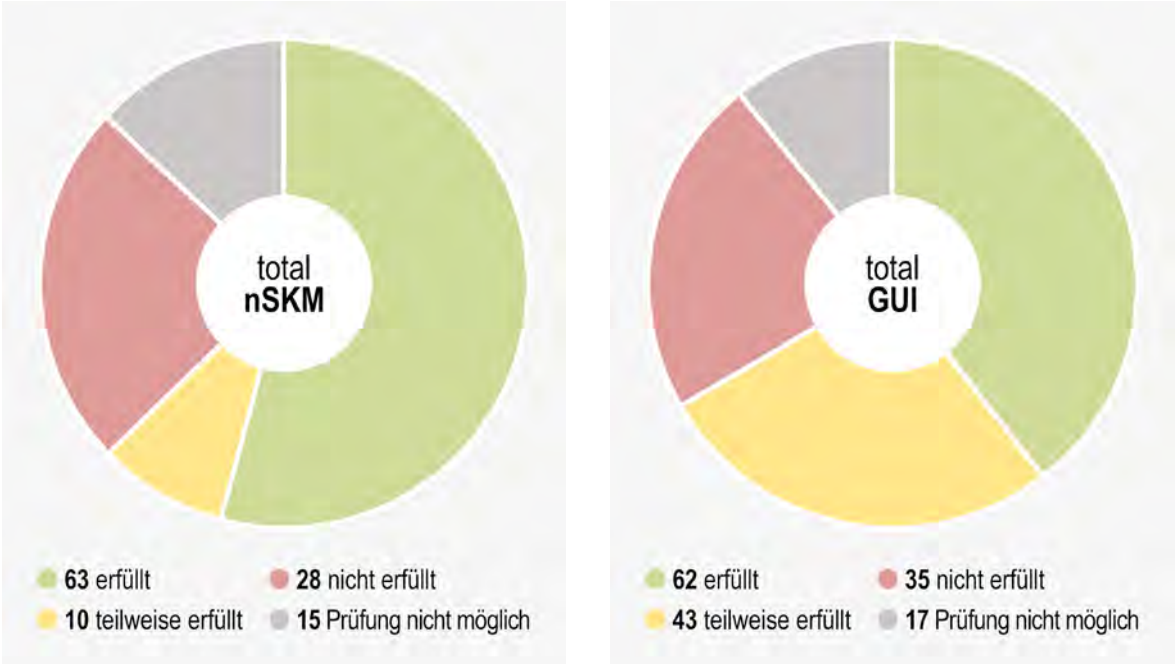

Abbildung II.2.31 Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 157 Anforderungen.

meldet wurden. Folglich kann erst mit der Validierung von PALM-4U zum Ende der ersten Projektphase eine Aussage zur Überprüfbarkeit der Simulationsergebnisse getroffen werden.

II.2.4.5.2 Die Modelloberfläche soll einfach zu verstehen und zu benutzen sein. Jeder Nutzer*innen und Anwender*innen soll in der Lage sein, aufgrund der selbsterklärenden Softwareoberfläche Stadtstrukturen schnell in das Modell einzugeben.

Das Aufsetzen von Simulationen in der grafischen Nutzeroberfläche wird als logisch und intuitiv bewertet. Dazu trägt maßgeblich das als gelungen bewertete Konzept der vereinfachten Simulationsvorlagen mit stark reduziertem Eingabeumfang bei.

Demgegenüber wird die Bedienung teilweise als umständlich und der Funktionsumfang der Kartendarstellung als nicht ausreichend bewertet. Stadtstrukturen können in der Benutzeroberfläche nicht direkt eingegeben oder geändert werden. Dazu ist immer die erneute Erstellung des „Static Driver" im PALM-4U Eingangsdatenformat nötig. Sollen neue Setups erstellt werden, sind weitere Verarbeitungsschritte außerhalb der GUI notwendig. Darüber hinaus bedarf es dazu in den meisten Fällen umfangreicher meteorologischer Modellkenntnisse.

Positiv hervorzuheben ist die integrierte Visualisierung der Simulationsergebnisse auf zweidimensionalen Karten. Die Visualisierung erfolgt in einer in der Praxis üblichen Darstellungsweise, die es auch Nutzer*innen ohne eigenen GIS-Zugang ermöglicht, die Simulationsergebnisse einzusehen.

II.2.4.5.3 Das Modell soll in der Lage sein, digitale Geländemodelle (DGM) und Klötzchen-Modelle (digitale 3D-Modelle von Städten) zu verarbeiten.

PALM-4U kann DGM und 3D-Gebäudemodelle (Ausbaustand LOD2) einlesen, jedoch sind aufwändige Umwandlungsschritte nötig, um die vorliegenden Daten in das PALM-4U konforme Format zu bringen.

II.2.4.5.4 Das Modell soll für die Stadtplanung und Stadtentwicklung passfähig sein.

Gängige Fragestellungen zum thermischen Komfort und zum Windkomfort können mit den Modellergebnissen beantwortet werden. Die Möglichkeit, Planungsvariantenvergleiche mit PALM-4U durchzuführen, wird als deutlicher Mehrwert von den Nutzer*innen in den Kommunalverwaltungen gesehen.

Einschränkend ist zu nennen, dass keine quantitativen Ergebnisse zum Kaltluftvolumenstrom zur Verfügung stehen. Dies ist für die klimaangepasste Stadtentwicklung in den Planungsprozessen von hoher Bedeutung, um die Auswirkungen von Neubau oder Umbau einzuschätzen (VDI 3787, Blatt 5, S. 53). Die Anforderung an das Modell, Klimaprojektionen simulieren zu können, wie es bspw. gem. §§ 1, 1a BauGB für formale Bauplanungsprozesse erforderlich ist, ist ebenfalls nicht erfüllt (Bundesrepublik Deutschland 2018). Darüber hinaus ist die Validierung des Modells noch nicht abgeschlossen und somit die juristische Belastbarkeit des Modells für formale Planungs- und Entscheidungsverfahren aktuell noch nicht gegeben. Aufgrund der genannten Einschränkungen ist PALM-4U aktuell nur eingeschränkt passfähig für die Stadtplanung und Stadtentwicklung.

II.2.4.5.5 Die Ergebnisse sollen in Wirkmodelle (z. B. für sozioökonomische Analysen) integrierbar sein.

Derzeit kann keine Aussage getroffen werden, ob die Ergebnisse in Wirkmodelle integrierbar sind. Die Überprüfung der BMBF-Forderung erfolgt in der zweiten Projektphase.

II.2.4.5.6 Abschließende Bewertung

Das Stadtklimamodell PALM-4U kann bereits jetzt gängige stadtklimatische Fragestellungen beantworten. Aufgrund seiner fortschrittlichen und flexiblen Modellarchitektur sowie seines Funktionsumfangs zeigt sich ein großes Potenzial für eine künftige Ausweitung der Anwendungsgebiete. Für die praktische Anwendung in Kommunen ist das Modell in der jetzigen Form nur bedingt geeignet und muss dahingehend in der zweiten Projektphase vor allem hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit, Anleitung sowie der Anbindung an die kommunalen Dateninfrastrukturen weiterentwickelt werden.

II.3 Innovation in einer Stadtklimaforschung (AP3) und Weiterführung aufgebauter Strukturen (AP4)

II.3.1 Innovation in der Stadtklimaforschung

II.3.1.1 Einleitung

Dieses Kapitel enthält eine Zusammenfassung des Forschungsberichtes, in dem Ideen und Szenarien entwickelt werden, mit welchen neuen Herausforderungen sich die Stadtklimatologie und die Stadtklimaforschung in kurz- bis mittelfristiger Zukunft konfrontiert sieht, ausgelöst durch den Klimawandel und die Diskussion über die „Stadt der Zukunft" in Deutschland bis zur Mitte des Jahrhunderts. Im Fokus stehen dabei daraus resultierende Fragen zum städtischen Energieverbrauch im Wechselspiel von Heizen und Kühlen, zu Luftqualität, Verkehr, Gebäuden (Technik, Raumklima), Grün und Wasser, aber auch zu zukünftigen städtebaulichen Ideen und Stadtentwicklungskonzepten, multifunktionalen Flächennutzungen und Formen des Wohnens. Dies wird im Spannungsfeld von Innovationen und Megatrends wie Digitalisierung, Smart Cities und dem autonomen Fahren), den Auswirkungen durch den Klimawandel und den Anforderungen durch nationales, europäisches und internationales Recht in den Bereichen Verkehr, Umwelt, Klimaschutz und Klimaanpassung betrachtet.

Der Forschungsbericht nimmt Anregungen aus dem NAK (vgl. Kap. II.1) auf, spannt den Bogen aber über das Thema Nutzeranforderungen hinaus weiter auf. Er beleuchtet die Entwicklung der Stadtklimamodellierung hin zu einer objektauflösenden Betrachtung von Gebäuden und Vegetation, der Berücksichtigung neuer Aspekte und bezüglich der Anforderungen von einer kurzzeitigen Episodenbetrachtung hin zu einer klimatologischen Betrachtungsweise von Jahren bis Jahrzehnten.

Der Forschungsbericht beinhaltet folgende Themen und Fragestellungen:

1. Herausforderungen für Städte und urbane Regionen
2. Welche Megatrends und Ideen werden die Stadt von Morgen mitgestalten?
3. Modellierung des Stadtklimas
4. Was sind aktuelle Schwerpunkte und Trends der Stadtklima-Forschung?
5. Welchen Fragen muss sich die zukünftige Stadtklimaforschung stellen?
6. Wie können die zukünftigen Anforderungen/Fragen von der Stadtklimaforschung und Stadtklimamodellierung erfüllt/beantwortet werden?

Im Folgenden werden die Fragestellungen 1, 2 und 4 thematisiert.

II.3.1.2 Herausforderungen für die „Stadt von Morgen"

Die Anforderungen und Herausforderungen für die Transformation der Städte sind politischer, klimatischer und gesellschaftlich-sozialer Art.

Auf politischer Ebene lassen sich internationale Abkommen und nationale Umsetzungen dieser Abkommen identifizieren, die sich mit der Begrenzung der globalen Erwärmung durch Klimaschutzmaßnahmen, dem Siedlungs- und Städtebau sowie der nachhaltigen Gestaltung des wirtschaftlichen Fortschritts beschäftigen und damit Bedeutung für Städte und Ballungsräume haben. Einige dieser Abkommen werden im Folgenden aufgelistet.

a) Auf der UN-Klimakonferenz 2015 in Paris beschloss die Versammlung das Übereinkommen von Paris (auch Klimaabkommen von Paris genannt), das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C (möglichst auf 1,5°C) gegenüber dem vorindustriellen Niveau festlegt (UNFCCC, 2015). Die Vertragsstaaten verpflichten sich, zur Umsetzung des Abkommens nationale Klimaschutzmaßnahmen zu beschließen. In Deutschland ist dies mit dem Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung erfolgt (BMU, 2016). Dort werden für die Handlungsfelder Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft Minderungsziele bis 2030 definiert. Ab 2021 gilt die EU Climate Action Regulation (Verordnung (EU) 2018/842 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018). Sie verteilt rechtsverbindlich die EU-Ziele im Rahmen des Paris Abkommens auf alle EU-Mitgliedsstaaten für die Jahre 2021 bis 2030. Für Deutschland

bedeutet dies eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 53 % gegenüber 1990. Dieser Wert entspricht in etwa dem Minderungsziel von 55 bis 56 % des Klimaschutzplans (Agora Energiewende & Agora Verkehrswende, 2019). Für Städte sind die Ziele und Maßnahmen insbesondere der Handlungsfelder Gebäude und Verkehr, aber auch der Energiewirtschaft relevant.

b) Die Vereinten Nationen haben in der Veröffentlichung „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung" 17 Ziele (SDGs, englisch: Sustainable Development Goals) festgelegt, um den globalen wirtschaftlichen Fortschritt sozial und ökologisch verträglich zu gestalten (70/L.1, General Assembly resolution, 2015). Das Ziel 11 „Städte und Siedlungen" fordert u. a. nachhaltige Verkehrssysteme, den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, eine nachhaltige Gestaltung der Verstädterung (Nachverdichtung) und die Senkung der von den Städten ausgehenden Umweltbelastung (mit besonderem Augenmerk auf die Luftqualität). Auch andere Ziele, wie Ziel 13 „Klimawandel" mit der Forderung, Klimaschutzmaßnahmen in die urbanen Strategien und Planungen einzubeziehen, erfordern ein Handeln der Städte. Die Umsetzung in Deutschland erfolgt über die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, die eine stärkere Berücksichtigung der weltweiten Auswirkungen des Handelns in den Bereichen Soziales, Umwelt und Wirtschaft fordert (BMU, BMJV & BMEL, 2019). Um die Ziele zu erreichen, sollen neben Bund, Ländern und Kommunen auch die Bevölkerung, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Privatwirtschaft aktiv in den Veränderungsprozess eingebunden werden.

c) Das Programm der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen (englisch: United Nations Human Settlements Programme – UN-HABITAT) befasst sich mit der Förderung einer sozialen und ökologisch nachhaltigen Siedlungsentwicklung. Auf der dritten Weltkonferenz für Wohnungswesen und nachhaltige Stadtentwicklung (Habitat III) wurde das Thema Nachhaltige Urbanisierung schwerpunktmäßig behandelt und die New Urban Agenda unterzeichnet (71/256, General Assembly resolution, 2016). Die politischen Anforderungen sind vielfältig und betreffen fast alle, direkt oder indirekt, die Städte: Die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 (s. Punkt 2) sind global, das Nachhaltigkeitsziel 11 adressiert aber die Städte direkt. Das Übereinkommen von Paris und die nationale Umsetzung in Deutschland mit dem Klimaschutzplan 2050 nimmt die Städte ebenfalls in die Pflicht.

Andere Vereinbarungen oder Erklärungen wie die Leipzig Agenda, der Pakt von Amsterdam oder die New Urban Agenda nehmen die Städte unmittelbar in ihren Fokus. Derzeitige Leitbilder der Raumordnung und Stadtentwicklung wie „Wachstum und Innovation", „Innenentwicklung vor Außenentwicklung" und „Nachverdichtung" prägen die Städte heute und in naher Zukunft.

Städte und Ballungsräume sind zum einen Mitverursacher des Klimawandels durch hohe Treibhausgas-Emissionen, zum anderen aber durch ihr Lokalklima in besonderem Maße von Klimawandel betroffen. Das veränderte Lokalklima und modifizierte lufthygienische Bedingungen sind auf dichte Bebauung, Flächenversiegelung, geringe Vegetation und erhöhte Schadstoffbelastungen zurückzuführen. Wichtige klimatische Effekte des Stadtklimas und daraus resultierende Problemfelder vor dem Hintergrund des Klimawandels sind:

- Wärmeinseleffekte, also eine erhöhte Temperatur in der Stadt gegenüber dem Umland, werden zum einen verursacht durch die erhöhte Bebauungsoberfläche, die zu einer höheren Absorption der Sonnenstrahlung führt, zum anderen durch weniger Vegetation und damit verbunden reduzierter Verschattung und Luftabkühlung durch Transpiration. Dieser Effekt ist in Deutschland insbesondere in Sommernächten nachweisbar (Messungen zeigen Temperaturunterschiede von 10 Kelvin und mehr (LANUV, 2015)) und stellt eine Belastung für die Bevölkerung dar. Die globale Erwärmung stellt Städte und Ballungsräume vor große Herausforderungen, da auch bei Klimaschutzmaßnahmen die lokale Erwärmung in großen Städten mit bis zu 4 °C deutlich höher liegt als die Erwärmung von 2 °C im globalen Mittel (IPCC, 2014).
- Der IPCC führt aus, dass es in mittleren Breiten – und somit auch in Deutschland – im Klimawandel zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen kommen wird. Starkniederschläge sind deshalb in Städten ein großes Problem, weil in kurzer Zeit große Niederschlagsmengen auf vorwiegend versiegelte Flächen fallen. Das Wasser kann nicht versickern und fließt oberirdisch in die Kanalisation, die auf die vollständige Ableitung großer Niederschlagsmengen nicht ausgelegt ist (Referenz). Es kann zu Überflutungen kommen mit der Gefährdung von Menschenleben und hohen Schäden an kritischer Infrastruktur. Auf der anderen Seite führt der schnelle Abtransport des Niederschlagswassers aufgrund der hohen Versiegelung bei normalen Niederschlagsmengen dazu, dass das Wasser nicht mehr zur Transpiration durch Vegetation und damit zur Verdunstungskühlung zur Verfügung steht.
- Luftverschmutzung ist das größte Umweltrisiko in Städten (WHO – World Health Organization,

2014c). Feinstaub (PM10 und PM 2.5) und Gase, z. B. NO_x und bodennahes Ozon, tragen zu Kreislauf- und Atemwegserkrankungen bei. Besonders bei Inversionswetterlagen mit geringem Luftaustausch entstehen in Städten erhöhte Konzentrationen von gasförmigen Stoffen und Partikeln, verursacht durch Verbrennungsmotoren, Holzfeuerung, fossile Kraftwerke und Industrie. Die verminderte Windgeschwindigkeit in Städten mit dem dadurch verzögerten Abtransport der Schadstoffe kann die Luftschadstoffkonzentration erhöhen. Auch wenn die Umweltgesetzgebung in Deutschland die Luftschadstoffkonzentrationen gesenkt hat, können neue Gesundheitsrisiken durch erhöhte Temperaturen im Klimawandel entstehen (Erhöhung der Allergenität von Pollen sowie von Vorläufersubstanzen der Ozonbildung, invasive, stark allergene Pflanzen wie Ambrosia).

Neben den bereits genannten anthropogenen Faktoren sind Städte durch ihre geografische Lage charakterisiert. Ungebremster Klimawandel würde insbesondere Städte in Küstenregionen und an Flussebenen treffen (Norddeutschland, Städte an Flüssen wie Rhein oder Elbe). Überflutungen durch Meeresspiegelanstieg, Starkregen und Gletscherschmelzen, die Absenkung der Landmassen durch hohe Bebauung (Auflasten), Grundwasserübernutzung, Sturmereignisse sowie Dürren und Wasserknappheit tragen zu den Risiken bei (WBGU, 2016).

II.3.1.3 Trends und Ideen zur Gestaltung von Städten

Da Städte und Ballungsräume wesentlich zum CO_2-Ausstoß beitragen, müssen Maßnahmen gegen den Klimawandel in den Städten beginnen. Abbildung II.3.1 zeigt den Anteil der CO_2-Emissionen in den verschiedenen Bereichen Landwirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Energiewirtschaft in Deutschland. Mit Ausnahme des Themenfeldes Landwirtschaft sind alle genannten Sektoren relevant für urbane Regionen. Neben dem Klimaschutz ist auch Klimaanpassung wichtig, da Städte von Hitzewellen, Starkniederschlägen und Luftverschmutzung stärker als das Umland betroffen sind. Im Folgenden werden Maßnahmen und Ideen zusammengestellt, die zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel beitragen können.

Infrastruktur
18 % der CO_2-Emissionen in Deutschland werden vom Verkehr emittiert (BMU, 2016), zudem trägt der Verkehr wesentlich zur städtischen Schadstoffbelastung bei. Es ist daher notwendig, die Verkehrsplanung in den Städten anzupassen und neu zu definieren.

Förderung von nachhaltigen Transportsystemen
Um die CO_2-Emissionen durch den Verkehr zu minimieren, ist es wichtig, den motorisierten Individualverkehr (MIV) nachhaltigen Transportsystemen unterzuordnen (WBGU, 2016). Hierzu gehören der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), Rad- und Fußmobilität. Der ÖPNV muss ausgebaut werden, so dass alle Orte innerhalb der Stadt für alle sozialen Gruppen erreichbar sind. Um den Radverkehr zu fördern, braucht es

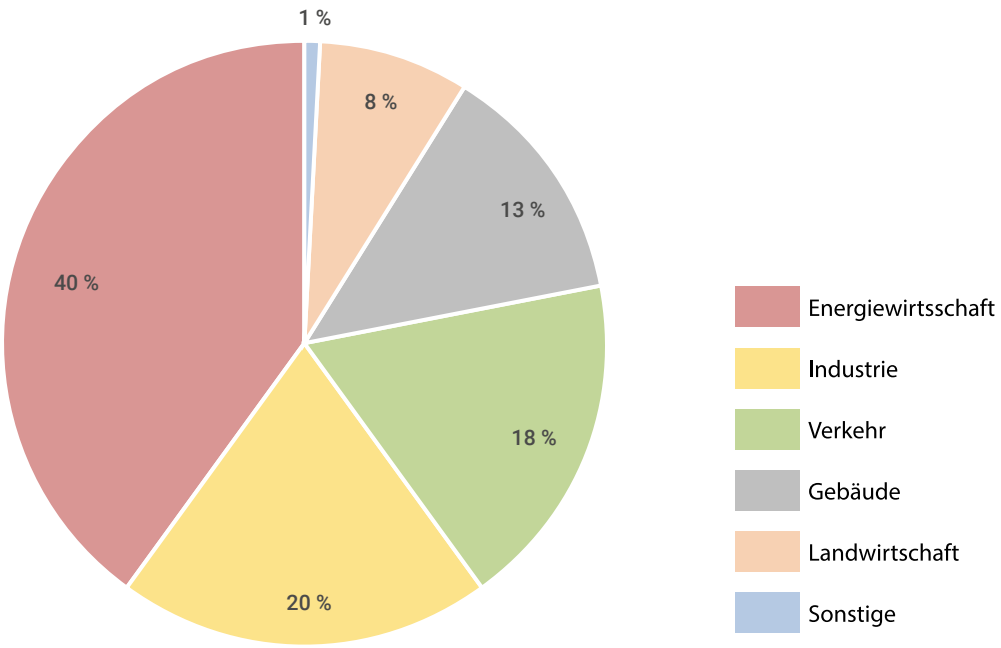

Abbildung II.3.1: Anteil der verschiedenen Bereiche an der Gesamtemission von CO_2 in Deutschland. Quelle: BMU 2016)

ein dichtes, sicheres Radnetz, Abstellplätze und komfortable Wege. Mittellange Strecken von 10–20 km können darüber hinaus auf das Rad verlagert werden, wenn Radschnellwege, insbesondere vom Umland in die Innenstädte ausgebaut werden (Umweltbundesamt, 2017). Auch die Schaffung von Fußgängerzonen und sicheren, begrünten Wegen für Fußgänger tragen zu einem nachhaltigen Transportsystem bei. Eine stärkere Regulierung des MIV durch eine City Maut, Parkraumbewirtschaftung, Tempo-30-Zonen, Schaffung von Räumen für nicht-motorisierte Mobilität oder ökonomische Instrumente (Steuern, Gebühren) können darüber hinaus zu einem Rückgang des MIV beitragen (WBGU, 2016).

Autonomes Fahren

Autonomes Fahren beinhaltet die Steuerung von Fahrzeugen ohne menschliches Eingreifen. Als Vorteile werden die Vermeidung von Verkehrsunfällen, die gewonnene Zeit, die nicht für das Fahren verwendet wird sowie die Verringerung des Schadstoffausstoßes durch besseren Verkehrsfluss genannt. Demgegenüber stehen die ethische Sorgen, wie das Fahrzeug in kritischen Situationen entscheidet, Angriffe auf die Software, sowie gesteigerte Attraktivität des MIV durch die Möglichkeit, während des Fahrens anderen Beschäftigungen nachzugehen (Maurer et al., 2015). In der Studie werden die Auswirkungen des autonomen Fahrens auf zukünftige Städte betrachtet. Maurer et al. (2015) fasst zwei unterschiedliche Szenarien zusammen:

- Auf der einen Seite steht das autonome Fahrzeug, welches das heutige Auto ersetzt. Aufgrund des veränderten Fahrzeugverhaltens (z. B. Abstimmen von Bremsen und Beschleunigen) verkürzen sich die Fahrzeiten und eine höhere Fahrzeugdichte ist möglich. Die Breite der Fahrspuren kann reduziert werden oder ganze Spuren wegfallen. Weiterhin entfällt die Parkplatzsuche, wenn die Autos nach Absetzen des Fahrers in ein nahegelegenes Parkhaus fahren, in dem die Fahrzeuge enger parken können und damit weniger Raum für die Autos benötigt wird. Problematisch bei diesem Szenario ist ein möglicher Trend zur Suburbanisierung, weil durch die Verkürzung der Fahrzeiten und durch die Möglichkeit, die Zeit während des Fahrens für andere Tätigkeiten zu nutzen, das Pendeln an Attraktivität gewinnt.
- Auf der anderen Seite können autonome Fahrzeuge als integrierter Bestandteil des öffentlichen Verkehrsangebots genutzt werden. Es entstehen bedarfsorientierte Taxiflotten mit einem dichten Netz von Stationen. Durch einen permanenten Fahrbetrieb können Parkplätze reduziert werden, die für Begrünung, Rad- oder Fußwege umgenutzt werden können.

Um die Klimaschutzziele einzuhalten und randstädtische Bebauung zu minimieren, sollten Rahmenbedingungen für die zweite Variante geschaffen werden.

Stadtentwicklung und Wohnungswirtschaft

Neben der Infrastrukturplanung sind auch Stadtentwicklung und Wohnungswirtschaft Handlungsfelder für Klimaschutz und Klimaanpassung, da Gebäude für 13 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich sind (BMU, 2017). Wichtige Maßnahmen sind die Erhaltung von Kalt-/Frischluftschneisen, der Hochwasserschutz und eine klimaverträgliche Nachverdichtung gegenüber einer weiteren Außenentwicklung (Deutscher Städtetag, 2012), weil Suburbanisierung und monozentrische Stadtentwicklung eine Zersiedelung der Landschaft und ein hohes Verkehrsaufkommen fördern. Eine kompakte und gemischte Struktur führt zu kurzen Arbeits-, Einkaufs- und Freizeitwegen und damit zu einer Verkehrsvermeidung (BMU, BMJV & BMEL, 2017). Wenn eine Zersiedelung und Suburbanisierung vermieden werden soll, muss dichte Bebauung mit der Weiterentwicklung von Grün- und Erholungsflächen gekoppelt werden um die Lebensqualität in den Städten zu erhöhen. Dies ist beispielsweise möglich durch den Rückbau von überdimensionierten Verkehrsflächen und Parkplätzen, die durch den Ausbau des ÖPNV und die Stadt der kurzen Wege überflüssig werden und umgenutzt werden können (Umweltbundesamt, 2017). Aufgrund der Langlebigkeit von Gebäuden sind die energetische Sanierung im Bestand und das energieeffiziente Bauen ebenfalls bedeutsam für den Klimaschutz. Maßnahmen hierfür sind insbesondere die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zum Heizen und Kühlen sowie der Einsatz regenerativer Energien (Deutscher Städtetag, 2012).

Stadtgrün

Eine wirksame Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel ist die Begrünung von Gebäudedächern, Fassaden und Freiflächen. Neben dem ökologischen Nutzen dient urbanes Grün der Erholung, trägt zur Raumbildung bei und wertet Quartiere auf (BMU, 2017). Bei der Bepflanzung sollte beachtet werden, dass dichte Hecken und Strauchpflanzungen Kaltluftströme bremsen können und daher offene Wiesenpflanzungen mit einzelnen Bäumen vorzuziehen sind (BBSR, 2015). Bäume spenden Schatten, ihre Blätter und Nadeln filtern Staub und Schadstoffe aus der Luft, durch Verdunstung kühlt sich die Luft ab (BMU, 2017). Am Boden sind Staudenpflanzungen besonders geeignet, da sie im Gegensatz zum Rasen tiefer wurzeln (MKULNV NRW, 2010). Eine gleichmäßige Durchwurzelung fördert die Durchlässigkeit der Böden, so dass die Böden mehr Wasser aufnehmen und Bodenerosionen vermieden werden können. Dach- und Fassadenbegrünung halten die Gebäude kühl, tragen jedoch nur dann zur klimatischen Kühlung

der Stadt bei, wenn die Bepflanzung bewässert wird, da insbesondere die Dachflächen in Hitzeperioden trocken sind (Bundesinstitut für Bau, 2015).

Sponge Cities
Um die Risiken von Starkregen und Überflutungen zu minimieren, müssen Städte diese Extremereignisse bei der Stadtplanung berücksichtigen. Unter dem Begriff Schwammstadt werden Maßnahmen zusammengefasst, bei denen eine Stadt Wasser aufnimmt und verzögert wieder abgibt. Am einfachsten zu realisieren ist dies durch die Schaffung von Grünflächen, auch auf Dächern, in denen das Wasser unter geeigneten Bedingungen versickert und nicht in überfüllte Kanalisationen geleitet wird. Daneben Überschwemmungen auch Hitzeereignisse verstärkt auftreten werden, ist es sinnvoller, das Wasser zwischen zu speichern und in Trockenperioden wieder abzugeben. Dies ist möglich durch unterirdische Reservoirs oder wasserdurchlässiges Straßenmaterial (Gaines, 2016). Gibt es eine Bepflanzung in oder um das Reservoir, so sammeln sich Schadstoffe in Wurzeln oder Erde, das Wasser wird auf diese Weise gereinigt und kann nach weiterer Reinigung als Trinkwasser in Trockenperioden verwendet werden. Auch die Schaffung von Retentionsflächen, in denen bei Flusshochwasser oder Starkregen das Wasser aufgefangen wird, ist eine wirkungsvolle Maßnahme gegen Überflutungen (BMU, 2017). Multifunktionale Flächen wie Parks, Sport- oder Kinderspielplätze können beispielsweise zu Speichern genutzt werden.

Big Data
Das Copernicus-Programm der Europäischen Union liefert mit den Sentinel-Satelliten Beobachtungsdaten, die für den Umwelt- und Klimaschutz, aber auch für andere gesellschaftliche Aufgaben wie z. B. das Katastrophenmanagement genutzt werden können. Mit den 2017 gestarteten Satelliten Sentinel-5P werden die gesamte Troposphäre beobachtet und folgende Schadstoffe gemessen (ESA – European Space Agency, 2018): Ozon, SO_2, NO_2, Formaldehyd, Kohlenmonoxid, Methan, Aerosole. Über die Auswertung der Messdaten kann die Luftverschmutzung bewertet und Rückschlüsse auf die Quellen gezogen werden. Zu diesen gehören beispielsweise Verkehr, Nutzung fossiler Brennstoffe, Viehzucht, Waldbrände oder das Auftauen von Permafrostböden.

II.3.1.4 Aktuelle Schwerpunkte und Trends der Stadtklima-Forschung

Im Bereich der Modellierung der städtischen Grenzschicht werden bei den meisten Anwendungen Episoden betrachtet: Modellierungen über einen kurzen Zeitraum (Stunden bis Tage) für ausgewählte Fragestellungen aus der Stadtentwicklung zu den Parametern Lufttemperatur und Strömung. Neben mesoskaligen Simulationsmodellen kommen zunehmend mikroskalige Modelle zum Einsatz, die turbulenz- und objektauflösend rechnen.

Ein weiterer Einsatzbereich sind Jahresimmissionsprognosen für Luftschadstoffe durch die Emissionen z. B. von Industrieanlagen (TA Luft), Kompostanlagen (Geruchsimmissionsrichtlinie) oder den Straßenverkehr (22. BImschV). Hier kommen oft hybride Modelle zum Einsatz: Atmosphärisches Grenzschichtmodell kombiniert mit z. B. Lagrangeschem Ausbreitungsmodell: Über die Häufigkeit der verschiedenen Ausbreitungsklassen wird statistisch eine Jahresverteilung (Immissionsprognose) berechnet.

Der Trend im Bereich Stadtklima geht hin zu abgeleiteten Größen: So ermöglicht die gefühlte Temperatur (Energiebilanzmodell des Menschen) eine Bewertung der Wirkung der Wärmebelastung auf das Wohlbefinden des Menschen. Hitzewarntage kombinieren die Wärmebelastung tagsüber im Außenraum mit der Wärmebelastung am Abend/in der Nacht im Wohnraum, um die Belastung der Stadtbewohner umfassend zu bewerten.

Die Integration von Multiagentenmodellen ermöglicht es, Fragestellungen aus der Verkehrswende wie z. B. multimodale Verkehrssteuerung, aber auch lernbasierter klimaoptimierter Wegemodelle für Fußgänger (Halbig et al., 2016) zu beantworten. Durch die Kopplung von Stadtklimamodellen an regional auflösende Wettervorhersagemodelle können reale atmosphärische Bedingungen als Startwerte für Simulationsrechnungen verwendet werden. Vielfache Anwendungen bis hin zu einer Echtzeit-Verkehrsmodellierung wird damit prinzipiell möglich.

Im Rahmen des Klimawandels ergeben sich neue Anforderungen an die Modellierung des Stadtklimas. Eine echte Zeitreihenmodellierung von Stadtklima über Jahre bis Jahrzehnte mit Modellen wie PALM-4U – basierend auf Zeitreihen regionaler Klimaprojektionsläufe oder mittels Reanalysedaten – erscheint in naher Zukunft aufgrund des erheblichen Rechenaufwandes als fraglich. Nicht unerheblich ist es, welche Faktoren in ihrer zeitlichen zukünftigen Ausprägung (städtische Bebauung, Bevölkerungsentwicklung, anthropogene Wärme- und Energiequellen) bei diesen Berechnungen bekannt und zu berücksichtigen sind.

II.3.2 Mainstreaming (Stadt-)Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag

Auszug aus: Schlumberger, J., Hasse, J., Hölsgens, R., Frerichs, S., Burmeister, C., Weber, F.-A. (2019) Mainstreaming (Stadt-)Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag.

II.3.2.1 Zielsetzung der Studie

Das Stadtklimamodell PALM-4U stellt aufgrund seiner geplanten, breiten Fähigkeiten, die deutlich über bisherige Stadtklimamodelle hinausgehen und seiner vielfachen Einsatzmöglichkeiten im kommunalen Kontext eine typische Technologie-Innovation dar.

Vor dem Hintergrund der beschränkenden Rahmenbedingungen der kommunalen Aufgabenwahrnehmung wie wachsender Aufgabenkanon, steigende Ausgaben, Verschuldung, knappe personelle Ausstattung u. a. ist zum anderen für mögliche kommunale Nutzer von großem Interesse, welchen Mehrwert diese Innovation für die Stadtentwicklung, Planungs- und Genehmigungsprozesse und den Verwaltungsalltag gegenüber der bisherigen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Stadtklima haben können und wie dieser Mehrwert durch kommunale Verwaltungen realisiert und aktiviert werden kann. Es ist deshalb parallel zur laufenden Entwicklung des PALM-4U zu untersuchen und abzuschätzen, welche Potenziale, Chancen, Risiken und Hemmnisse sich insbesondere für kommunale Anwender mit der Einführung und breiten Anwendung eines PALM-4U in verschiedenen zukünftigen Anwendungsfeldern, Nutzungssituationen und sich verändernden urbanen Umfeldern und Zielsystemen verbunden sein könnten.

Im Fokus der Konzeptstudie stehen dabei einerseits die möglichen Interessen, Motivationen, neuen Aufgaben und Rollen der kommunalen Verwaltung, der Fachplaner und anderer externer Akteur*innen und die vielfältigen Nutzungs- und Innovationspotenziale von PALM-4U. Andererseits werden die Ressourcen-, Kompetenz- und Kapazitätsbedarfe und die möglichen Konflikte betrachtet, die die Nutzung des PALM-4U in urbanen Prozessen entwickeln kann. Drittens wird der Beitrag der Technologie-Innovation PALM-4U zu einem zukünftigen Klimawandel-Mainstreaming in Städten und Gemeinden, zu Innovationen in Prozessen und internen Abläufen und zur Entwicklung von verschiedenen Modellen, wie PALM-4U zukünftig durch Kommunen genutzt und betrieben werden kann, untersucht.

Zentrales Ziel der Untersuchungen war es, basierend auf den vorlaufenden Arbeiten am NAK (Weber & Steuri, 2019a) und den Ergebnissen des parallel laufenden Nutzerdialogs in Modul C exemplarisch verschiedene Wege für eine nachhaltige Einführung und Anwendung des neuartigen Stadtklimamodells PALM-4U in das Verwaltungshandeln und die zugehörigen Abläufe und Prozesse in Kommunen aufzeigen, konkrete Anforderungen an die Anwendungsumgebung sowie die Handlungsbedarfe von Kommunen zu identifizieren und schließlich übertragbare Lösungsansätze und Umsetzungsschritte zu formulieren.

II.3.2.2 Untersuchungskonzept und Vorgehensweise in der Studie

Das **Untersuchungskonzept der Studie** kombiniert vier methodische Ansätze, die im Folgenden kurz skizziert werden:

1. der ‚*Technology Innovation System (TIS)*'-Ansatz aus der Diffusions- und Transformationsforschung,
2. der Einsatz von ‚Zukunftsszenarien' und der Szenario-Methode ‚*Backcasting*', und
3. der im Rahmen des KliMoPrax-Projekts entwickelte und erprobte Ansatz der ‚Nutzungssituationen' und der ‚Nutzerkonstellationen'.

Der **Technology Innovation System-Ansatz** bildet die grundlegende Methodik der vorliegenden Studie. Er umfasst sieben 'TIS-Funktionalitäten' oder Handlungsfelder, in denen unterschiedliche Aktivitäten und Entwicklungen durch Entrepreneure vorangetrieben werden, um eine Technologie-Erfindung wie das PALM-4U u. a. durch Verbreitung und breite Anwendung in einem Markt zu einer Technologie-Innovation werden zu lassen. Der TIS-Ansatz liefert so die geeignete methodische Basis, um systematisch zu analysieren, welche Entwicklungsschritte in welcher Weise für eine Etablierung der Technologie PALM-4U und – davor – für die schrittweise Entwicklung einer geeigneten Anwendungsumgebung im Markt „Kommunen/kommunale Anwender" geeignet und übertragbar und welche (Einzel-)Akteur*innen als Entrepreneure, also aktive oder aktivierende Akteur*innen, dazu wesentlich oder sogar entscheidend sein könnten.

Um die vorstehend genannten Entwicklungsschritte hin zu den im Antrag formulierten Zielen erarbeiten zu

können, wurde die **Methode des Backcastings** ausgewählt. Diese Methodik aus der Szenariotechnik erlaubt die rückschreitende Formulierung einer Abfolge von aufeinander aufbauenden, möglichen und plausiblen Entwicklungsschritten von einem Ausgangszustand hin zu einer gewünschten möglichen Situation in der Zukunft (Vision). Um insbesondere die Anforderungen an eine bzw. die erforderlichen Entwicklungsschritte hin zu einer zukünftigen, geeigneten Anwendungsumgebung in kommunalen Verwaltungen mit vertretbarem Aufwand breit erfassen zu können, wurden vier sehr unterschiedliche Szenarien für Anwendungsfälle eines PALM-4U entworfen. Teil der Szenarien ist jeweils ein Zielzustand, in dem eine erfolgreiche Anwendung durch Kommunen oder kommunale Betriebe in der Zukunft stattfindet, sowie ein jeweils zugehöriger, konstruierter Ausgangszustand, der typisiert und an die durchschnittliche Anwendungspraxis angelehnt ist.

Nutzungssituationen ermöglichen eine praxisorientierte Typisierung der Vielfalt der Prozesse, anwendenden Organisationen, zu bearbeitenden Fragestellungen und Nutzerkonstellationen, wie sie in Aufgaben und Prozessen einer Kommune bzw. der klimagerechten Stadtentwicklung vorkommen, und damit eine Entkopplung von stadtspezifischen, lokalen Anwendungsfällen. Nutzungssituationen ermöglichen eine systematische Analyse und Abstrahierung von Systemanforderungen für die Modellentwicklung (modellseitige Anforderungen), wie sie im NAK enthalten sind.

In **Nutzerkonstellationen** werden Nutzungssituationen konkretisiert und die beteiligten Akteur*innen und ihr Zusammenwirken in einem definierten Anwendungsprozess des PALM-4U sichtbar gemacht. Sie beschreiben die einzelnen Akteur*innen (möglichst als Einzelpersonen), die an einer Nutzungssituation beteiligt sind oder sein können, ihre Rollen, Aufgaben(-verteilungen), Funktionen, Kompetenzen, Fähigkeiten und ihre Beziehungen zueinander, und – soweit möglich – auch ihre Interessen, Erwartungen oder Motivationen bzgl. der (hier) kontinuierlichen Anwendung des PALM-4U. Der Ansatz der Nutzerkonstellationen ermöglicht also die Übersetzung von Nutzungssituationen in mögliche Akteurskonstellationen, die differenzierte Analyse einer Nutzungssituation, der beteiligten Akteur*innen (u. a. Identifizierung und Analyse von Entrepreneuren) und der durch diese in Kooperation bearbeiteten Anwendungsworksflows sowie die Formulierung von Entwicklungspfaden hin zu einer möglichen Situation in der Zukunft.

Zur Erarbeitung der angestrebten Studienergebnisse wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. In einem ersten Schritt wurden für vier mögliche, deutlich unterscheidbare Anwendungsfälle des PALM-4U im kommunalen Kontext Untersuchungsszenarien erstellt, die auf gewünschten Funktionalitäten des PALM-4U gemäß des Nutzer- und Anforderungskatalogs basieren: Diese bestehen jeweils zum einen aus einer Vision einer erfolgreichen Einführung und Anwendung (gewünschter Zukunftszustand) und zum anderen aus der jeweils zugehörigen Ausgangssituation, die einen typisiert und an die durchschnittliche Anwendungspraxis angelehnten, plausiblen Ausgangszustand der Anwendung von Stadtklimamodellen in einer durchschnittlich engagierten Kommunen in dieser Anwendungsmöglichkeit des PALM-4U beschreibt:

   Szenario I: Aufstellung eines kommunalen Bebauungsplans für ein Neubaugebiet,
   Zuordnung zu Funktionalität 1 gemäß NAK (vgl. Abbildung II.3.2, Seite 118): „Planungs-, Prüfungs- und Genehmigungsprozesse, inkl. Konzeptionen der Grün- und Freiraumentwicklung“

   Szenario II: Digitale Bereitstellung von Informationen zum aktuellen lokalen Stadtklima am Aufenthaltsort von Bürger*innen, Unternehmen und Institutionen,
   Zuordnung zu Funktionalität 7 gem. NAK: „Dynamische Untersuchungen/Simulationen zu speziellen Stadtklimafragestellungen“

   Szenario III: Gesundheitsvorsorge durch vorausschauende Erarbeitung von Maßnahmen gegen eine Ausbreitung von Infektionsüberträgern in der Zukunft
   Zuordnung zu Funktionalität 5 gem. NAK: „Downscaling regionaler Klimawandel-Projektionen zur Untersuchung möglicher Auswirkungen des Klimawandels in urbanen Räumen“

   Szenario IV: Modell- und sensorgesteuerte Steuerung von Bewässerungs- und Verdunstungs-einrichtungen für Stadtgrün durch einen Stadtbetrieb Zuordnung zu Funktionalität 2 gemäß NAK: „Planung und Steuerung von Verdunstungs- und Bewässerungseinrichtungen in Siedlungsgebieten“
   Die Auswahl, Abstimmung und konkrete Ausgestaltung der Untersuchungsszenarien erfolgte auf Basis der Vorarbeiten der Projektpartner zum NAK und der Analysen zu den Nutzungssituationen, Schnittstellen und Nutzeranforderungen und integrierte dabei auch die Ergebnisse und Anregungen der ersten zwei Runden der Dialogwerkstätten mit den sieben KliMoPrax-Praxispartnern (Dezember 2016 bis Spätsommer 2018). In den Untersuchungsfeldern (UFs) „Daten“, „Kompetenzen“, „Ressourcen und Kapazitäten“ und „Anwendungsbereitschaft/-fähigkeit“ wurde jedes Szenario so weit konkretisiert, wie es für die nachfolgende Erarbeitung von Entwicklungspfaden (Schritt 3)

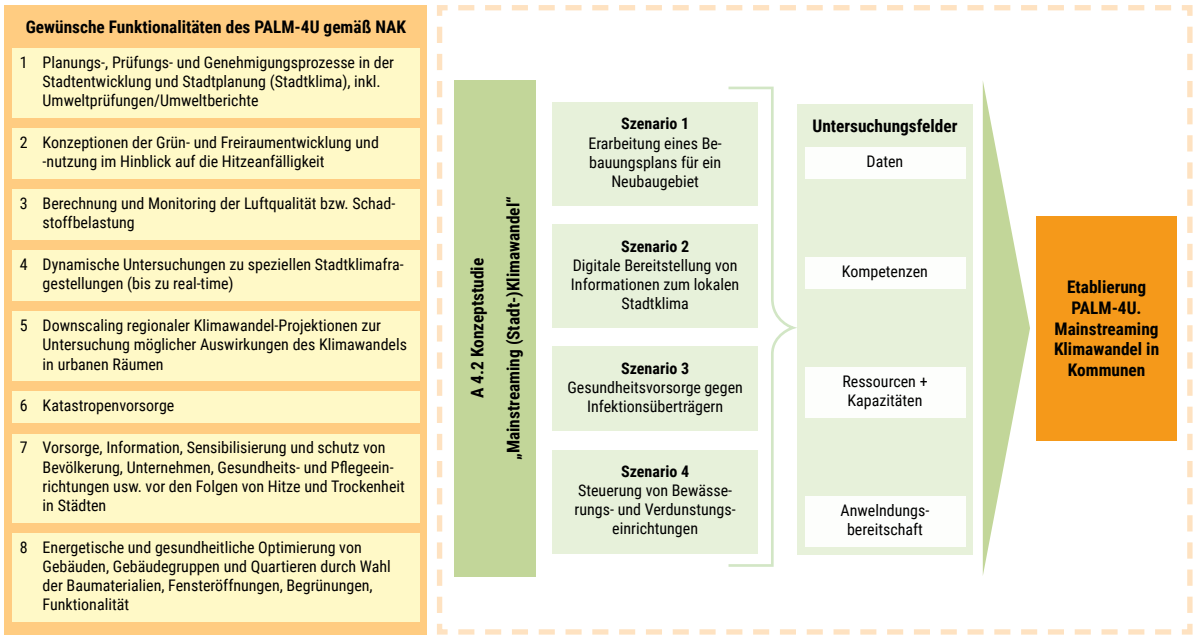

Abbildung II.3.2: Übersicht über das Design der Konzeptstudie.

zur Erreichung einer erfolgreichen Anwendung erforderlich war.

2. Zur Vorbereitung der Erarbeitung möglicher, plausibler Entwicklungspfade für die in den vier Szenarien beschriebenen Kommunen von den jeweiligen Ausgangssituationen zu den gewünschten PALM-4U-Anwendungen in der Zukunft (Schritt 3) wurden die zukünftigen Nutzungssituationen bzw. die konkreten Anwendungsworkflows in einem ergänzenden Arbeitsschritt in detaillierte grafische Nutzerkonstellationen „übersetzt", um in den Entwicklungspfaden konkrete Aufgaben und die dafür zuständigen Akteur*innen nennen zu können.

   Dazu wurden für jedes Szenario zum einen diejenigen Akteur*innen (Einzelpersonen mit spezifischen Funktionen und Qualifikationen) als Entrepreneure identifiziert und untersucht, die in den in den Szenarien beschriebenen Organisationen hinsichtlich der Einführung und Anwendung der Technologie-Innovation PALM-4U aktiv sind oder sein sollten und zum anderen weitere Akteur*innen, die aufgrund ihrer Zuständigkeiten oder ihres Wissens als Schlüsselakteur*innen unterstützend oder hemmend wirken können.

3. Zentrales Element des Untersuchungskonzepts ist das Grundverständnis, dass Zukunft als grundsätzlich gestaltbar angesehen wird, d. h. dass die erfolgreichen Anwendungen des PALM-4U in den vier Untersuchungsszenarien das Resultat einer systematischen Vorgehensweise zur Schaffung geeigneter Anwendungsumgebungen und zur erfolgreichen Einführung einer solchen Technologie-Innovation in den vier Szenario-Kommunen sind, die in den Jahren davor von den Verantwortlichen erarbeitet, konsequent verfolgt und, wo erforderlich, angepasst wurde.

   Im dritten Arbeitsschritt wurden daher in den Untersuchungsfeldern (vgl. Schritt 1) mögliche und plausible Entwicklungspfade erarbeitet, mit denen die Kommunen aus den vier Szenarien jeweils die beschriebene erfolgreiche Anwendung des PALM-4U erreicht und die dazu erforderliche geeignete Anwendungsumgebung geschaffen haben könnten. Diese Entwicklungspfade werden in dieser Studie durch Einsatz der Backcasting-Methode erarbeitet. Ausgehend von den in den vier Untersuchungsszenarien beschriebenen, gewünschten Anwendungssituationen werden rückwärtsschreitend einzelne Aktivitäten definiert, die als Entwicklungsschritte logisch aufeinander aufbauen und denen jeweils nur genau ein*e zuständige*r bzw. durchführende*r Akteur*in zugeordnet werden kann.

4. Ziel der Analyse anhand TIS-F war es, in Schritt 4 die erarbeiteten Aktivitäten-Ketten oder Entwicklungspfade mit Hilfe von Leitfragen daraufhin zu untersuchen, inwieweit sie in welchem ‚TIS-Handlungsfeld' zu der angestrebten Schaffung einer geeigneten Anwendungsumgebung für PALM-4U in kommunalen Verwaltungen beitragen, d. h. eine Nische für die schrittweise Einführung und damit Diffusion der Technologie-Innovation PALM-4U fördern und wie diese Beiträge ggf. noch verstärkt werden können. Die im Zuge von Schritt 3 identifizierten Akteur*innen wurden dabei hinsichtlich ihrer Rollen, Aufgaben, Einflussmöglichkeiten,

Kompetenzen und Relevanz für die Technologie-Diffusion analysiert. Die Analyse erfolgte integriert, d. h. szenarienübergreifend für vier Untersuchungsfelder. Ein weiterer Untersuchungsaspekt war, welchen Beitrag die Einführung und Etablierung des PALM-4U zum Klimawandel-Mainstreaming im kommunalen Planungsalltag leisten kann.

5. Aus den Ergebnissen der Analyse anhand der TIS-Funktionalitäten wurden in einem abschließenden Arbeitsschritt zentrale Fragestellungen zur Selbstanalyse von Kommunen bzgl. eigener Bedarfe, Kompetenzen, Erfahrungen, Entwicklungsstände und Prioritäten sowie weitergehende Hinweise und Anregungen formuliert, wie und mit welchen Aktivitäten diese tätig werden können. Diese sollen Kommunen im Sinne einer systematischen Vorgehensweise bei der Entscheidung für PALM-4U, der Schaffung einer für sie geeigneten Anwendungsumgebung und der erfolgreichen Etablierung des PALM-4U in für sie relevanten kommunalen Prozessen und Themenfeldern unterstützen.

II.3.2.3 Darstellung der Untersuchungsszenarien

Die Untersuchungsszenarien beschreiben die Anwendungsumgebung, die durch vorliegende Verfahrensregelungen, Aufgabenstellungen und -verteilung, und zur Verfügung stehenden Kompetenzen, Ressourcen und personellen Kapazitäten charakterisiert wird. Grundsätzlich ermöglichen die Eigenschaften der Anwendungsumgebung im für die Szenarioanalyse angenommenen Ausgangszustand nur eine fragmentarische, nicht integrierte oder nur nachrangige Berücksichtigung von Stadtklimafragen in das kommunale Handeln.

Demgegenüber ist die Anwendungsumgebung im Zielzustand soweit angepasst, dass das Stadtklimamodell als Vehikel regelmäßig, dauerhaft und breit angewendet wird, sodass Fragestellungen zu Stadtklima, Klimawandelanpassung und Extremwetterereignissen umfassend, jederzeit und in allen relevanten Prozessen des Verwaltungshandeln eingesetzt werden kann.

Der betrachtete Ausgangszustand genauso wie die Vision sind konstruierte Situationen, die keinen Anspruch auf die Abbildung einer konkreten Kommune erheben. Im Folgenden werden zunächst die vier Ausgangs- und Zielzustände der gewählten Szenarien erläutert. Im Rahmen des Zielzustandes wird dabei auch auf die möglichen Nutzerkonstellationen und den damit verbundenen Neuen Prozesslösungen, sowie Mehrwerten der Anwendung vertieft. Abschließend werden die Anforderungen an die visionäre Anwendungsumgebung zusammenfassend gegenübergestellt.

Szenario I beschreibt die Anwendung des PALM-4U im Rahmen der Aufstellung eines Bebauungsplans, um stadtklimatische Fragestellungen besser in den Planungs- und Abwägungsprozess einzubinden. Durch die wiederholte, teilräumliche Anwendung und den Vergleich von Planungsvarianten im Planungsprozess sollen die konkrete Bedeutung betrachteter Gebiete für die Kaltluftentstehung und Belüftung der angrenzenden Siedlungsgebiete, deren potenzielle Beeinflussung durch eine Bebauung der Fläche, sowie potenzielle Einflüsse auf die Temperatur im bebauten Gebiet und seiner Umgebung stärkere Berücksichtigung finden.

Szenario II betrachtet die Entwicklung einer mobilen Anwendung für Smartphones, mit der seitens der Stadt Berechnungsergebnisse von PALM-4U der Öffentlichkeit zur Verfügung stellt werden können. Mit der App soll in Echtzeit das Stadtklima für konkrete Stadträume anhand relevanter Klimaparameter wie Temperatur, PET, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit in einer Stadt eingesehen werden. Dabei berücksichtigt werden nicht nur Bebauungseffekte, sondern vor allem die zeitaktuellen Einflüsse der momentanen Wetterlage auf das Stadtklima. Außerdem könnten Verkehrsprognose- und Verkehrsinformationsmodelle berücksichtigt werden. Anwendung soll die App bei Tourist*innen und Bürger*innen als Informationsquelle zur Wegefindung, beispielsweise zur Vermeidung von Straßenzüge/Routen mit besonders hoher Luftschadstoffbelastung, bzw. zum bedarfsgerechten Vorsorge finden.

Szenario III beschreibt die Anwendung von PALM-4U in der kommunalen Gesundheitsvorsorge. Konkret hilft PALM-4U bei der Untersuchung, wo auf dem Gebiet einer beliebigen Kommune mit signifikanten Wasser-, Grün- und Feuchtgebieten sich aufgrund der prognostizierten klimatischen Änderungen zukünftig potenzielle Lebensräume für invasive Arten und insbesondere Trägerspezies für übertragbare Infektionen wie Malaria, Dengue- oder andere Fieber entwickeln könnten. Unter Berücksichtigung von verschiedenen Parametern wie Temperaturen (Maximal-, Minimal- im Sommer und Winter), Niederschlag, Luftfeuchte, Verschattung oder Wind sollen durch die Anwendung von PALM-4U also Gebiete mit solchen Umweltbedingungen in der nahen und der fernen Zukunft identifiziert werden, die begünstigend für die Einwanderung und das Überleben solcher Vektoren wirken. Mit den Ergebnissen dieser spezifischen Klimaprojektionen und Klimafolgenanalysen können im Sinne der Da-

seinsvorsorge mögliche Betroffenheit und Risiken in der Kommune abgeschätzt und geeignete Präventionsmaßnahmen frühzeitig entwickelt und umgesetzt werden.

Szenario IV beschreibt den möglichen Einsatz einer weiterentwickelten Version von PALM-4U, die zur vorausschauenden, modellgestützten Steuerung von automatisierten Bewässerungs- und Verdunstungseinrichtungen für privates und öffentliches Stadtgrün eingesetzt wird. Das PALM-4U ermöglicht dabei die modellgestützte Ermittlung von kleinsträumigen Bewässerungs- bzw. Verdunstungsbedarfen in Echtzeit auf Basis von Sensoren-Messwerten vor Ort und Kurzzeit-Prognosen der Wetter- und der lokalen Stadtklimabedingungen. Ziel dieser Anwendung ist zum einen die bedarfsgerechte Bewässerung von öffentlichem und privatem Grün zu dessen Erhalt und zur Aufrechterhaltung der Verdunstungsleistung. Zum anderen ist es der bedarfsgerechte Betrieb von Verdunstungseinrichtungen, mit denen bspw. in innerstädtischen Räumen ohne ausreichendes Stadtgrün eine ausreichende Verdunstung bzw. Verdunstungskühlung gewährleistet werden kann.

II.3.2.4 Beschreibung der Entwicklungspfade

Der Entwicklungspfad eines Szenarios beschreibt die Gesamtheit an Aktivitäts-Ketten und besteht aus einer Mehrzahl an Teilentwicklungspfaden. Diese stellen jeweils im Rahmen der Untersuchungsfelder je eine mögliche und plausible Abfolge an Aktivitäten dar, die den Ausgangszustand mit den Eigenschaften der erforderlichen, visionären Anwendungsumgebung verbinden. Die Teilentwicklungspfade verlaufen nicht streng parallel, gelegentlich schaffen Aktivitäten in anderen Teilentwicklungspfaden die erforderlichen Voraussetzungen für eine bestimmte Aktivität im betrachteten Teilentwicklungspfad.

Die Untersuchungsfelder „Daten“, „Kompetenzen“, „Ressourcen und Kapazitäten“ und „Annahme-/Anwendungsbereitschaft“ wurden als übergeordnete, wiederkehrende Themenfelder als wesentliche Fragestellungen der Anwendungsumgebung in Dialogvorhaben und anderen Aktivitäten des BMBF-Forschungsvorhabens identifiziert. Die untergeordneten Teilentwicklungspfade ließen sich im Anschluss an die Erstellung pro Untersuchungsfeld in zwei bis drei Aufgabenfelder clustern, die eine übergeordnete Aufgabenstellung zum Schaffen der Anwendungsumgebung beschreiben (s. Abbildung II.3.3). Trotz der grundsätzlich stark verschiedenen Anwendungsfälle der Szenarien gibt es im Zusammenhang mit den Entwicklungspfaden Ähnlichkeiten in der Abfolge der Aktivitäten, wie in Abbildung II.3.4 darstellt.

II.3.2.5 Vorschläge und Hinweise einer systematischen Vorgehensweise

Die integrierte Analyse der für jedes der vier Untersuchungsszenarien erarbeiteten Entwicklungspfade hat zwei wesentliche Ergebnisse erbracht. Zum einen sind viele der identifizierten Aktivitäten und Entscheidungspunkte zum Schaffen einer geeigneten Anwendungsumgebung für PALM-4U und zur Vorbereitung einer Einführung bei den betrachteten Szenarien im Vorgehen, Inhalt, Reihenfolge und zuständigem Entrepreneur grundsätzlich sehr ähnlich. Unterschiede bestehen je nach Anwendungsfall natürlich bspw. darin, wer die Entrepreneure und die Schlüsselakteur*innen sind, welche Daten erforderlich sind oder wie die Ergebnisse weiterverarbeitet werden. Zum anderen konnte gezeigt werden, dass eine effiziente und erfolgreiche Einführung der Technologie-Innovation PALM-4U eine nachvollziehbare, systematische Vorgehensweise erfordert, die alle wesentlichen Leitfragen, Aufgaben, Arbeitsschritte und deren Abhängigkeiten beschreibt, für die jeweils Antworten und Lösungen gefunden werden müssen, und die jeder Kommune – je nach eigenem Bedarf und Wissensstand – eine eigene Prioritätensetzung ermöglicht.

Mit Hilfe der leitfragengestützten Analyse der über die Szenarien integrierten Entwicklungspfade anhand der TIS-Funktionalitäten wurden die identifizierten Arbeitsschritte, zuständigen Akteur*innen und Adressaten dann nachfolgend daraufhin untersucht, konkretisiert und ggf. angepasst, dass sie möglichst effektiv Beiträge zu den sieben TIS-Funktionalitäten oder -Handlungsfeldern für die erfolgreiche Einführung von Technologie-Innovationen erbringen.

Die wesentlichen Aufgaben, Arbeitsschritte und Leitfragen bzw. Entscheidungserfordernisse, wie in der Konzeptstudie erarbeitet, lassen sich vier Phasen zuordnen, in die ein systematisches Vorgehen gegliedert werden kann: „Kennenlernen“, „Bedarfsanalyse“, „Vorbereitung der Einführung“ und „Einführung von PALM-4U“. Die Abbildung II.3.4 und Abbildung II.3.5 stellen die Entscheidungsfragestellungen und Prozesse der einzelnen Phasen dar, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Kennenlernen
Ausgangspunkt der Beschäftigung mit PALM-4U und der erforderlichen Schaffung einer geeigneten Anwendungsumgebung ist das „Kennenlernen“ des

Abbildung II.3.3 Übersicht über die Untersuchungs (A-D)- und jeweiligen Aufgabenfelder. © FiW

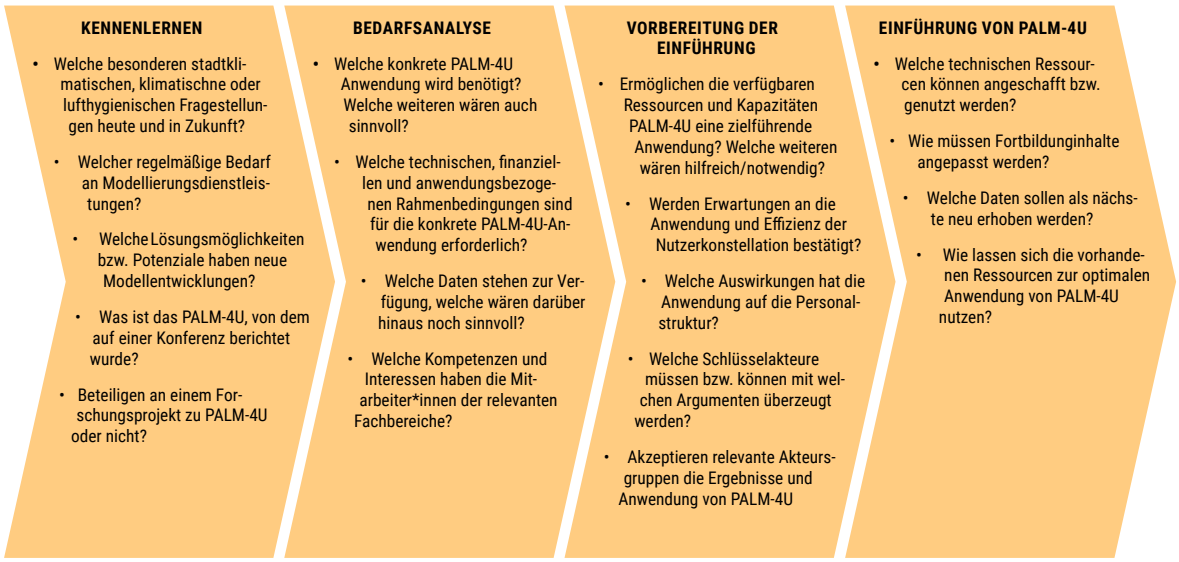

Abbildung II.3.4: Darstellung der Phasen einer systematischen Vorgehensweise und den darin zu beantwortenden Fragen. © FIW

neuen Modells, d. h. wie eine Kommune (oder ein kommunaler Mitarbeiter) von PALM-4U erfahren bzw. wie und mit welcher Motivation sich kommunale Mitarbeiter*innen über aktuelle Stadtklimamodelle informieren können.

Um in die erste Phase eines systematischen Vorgehens einzusteigen, sind folgende zentrale Fragestellungen relevant, die sich sowohl die Leiter*innen als auch interessierte Mitarbeiter*innen der Fachbereiche stellen müssen. Vorbereitend muss analysiert werden, ob das Kennenlernen eines neuen Tools zur Berücksichtigung stadtklimatischer Fragestellungen erwünscht/notwendig ist. Für die Gestaltung der Kennenlernphase müssen sich Leiter*innen der Fachbereiche die Frage stellen, ob sie ihren Mitarbeiter*innen ausreichend Anreize, Raum und Möglichkeiten bieten, sich über Innovation im Bereich Stadtklima(-modellie-

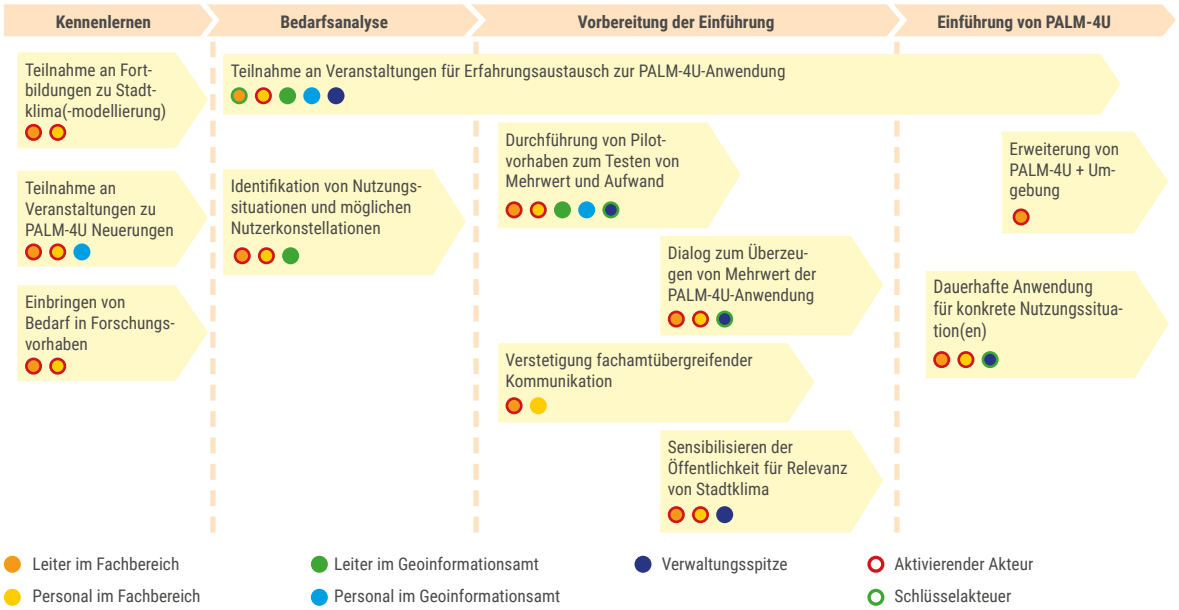

Abbildung II.3.5: Darstellung der Phasen eines systematischen Vorgehens und den jeweils zentralen Prozessen. © FiW

rung) auf Seminaren, im Rahmen von Forschungsvorhaben oder bei sonstigen Veranstaltungen weiterzubilden. Gleichzeitig müssen sich Mitarbeiter*innen, die sich aus intrinsischer Motivation mit PALM-4U und seinen Funktionen auseinandersetzen wollen, bei ihren Leiter*innen für entsprechende Möglichkeiten einsetzen und sie dafür gewinnen.

Letztlich müssen zum Abschluss der ersten Phase die Leiter*innen zusammen mit dem involvierten Personal entscheiden, ob PALM-4U und die Informationen über seine Einsatzmöglichkeiten interessant genug für die Kommune sind, um sich weiter- und tiefergehend damit auseinanderzusetzen.

Bedarfsanalyse

In der zweiten Phase herrscht durch das „Kennenlernen" bei den relevanten Entrepreneuren im Fachbereich eine grundlegende Sensibilisierung für das Thema und die Möglichkeiten des Modells vor. Zur näheren Auseinandersetzung mit der Praktikabilität und dem Mehrwert einer Anwendung, sollten die Leiter*innen eine Bedarfsanalyse durchführen. Zu Anfang dieser Phase steht die Frage, in welchen konkrete(n) Nutzungssituation(en) die kommunalen Akteur*innen PALM-4U anwenden wollen. Sind diese Nutzungssituationen identifiziert, folgt im Rahmen verwaltungsinterner Dialogprozesse mit anderen Fachbereichen die Auseinandersetzung mit den personellen und technischen Möglichkeiten der kommunalen Verwaltung. Gleichzeitig muss im Dialog mit Modellentwicklern und anderen anwendenden Organisationen eine Abschätzung der Kosten, Anwendungsmöglichkeiten, Datenbedarfe, Anforderungen an die IT und Nutzerfreundlichkeit der Anwendung identifiziert werden. Ganz konkret ist von den Leiter*innen der Fachbereiche die Frage nach den verfügbaren und zusätzlich erforderlichen Daten zu untersuchen, die für die Anwendung besonders relevant sind. Denn anders als Kompetenzen und technische Infrastruktur für die verschiedene Lösungsmöglichkeiten (zentrale bzw. dezentrale Anwendung oder Beauftragung) bestehen, sind die kommunenspezifischen Daten für die Modellanwendung unersetzbar.

In Folge dieser Analyse ist von den Leiter*innen der Fachbereiche in Absprache mit dem Personal zu untersuchen, wie eine mögliche PALM-4U-Anwendung in die konkreten Verfahrensabläufe integriert werden könnte (z. B. Wer kann/sollte Bediener sein, wer hat Kompetenz zur Anwendung? Wo liegen ausreichend technische Kapazitäten vor?). Hier kann sich sowohl rausstellen, dass alle Kompetenzen bereits im Fachamt vorliegen, eine eigenständige, dezentrale Anwendung daher die einfachste Möglichkeit ist, oder durch fachbereichübergreifende Zusammenarbeit zentral durchgeführt werden sollte. Es kann sich auch herausstellen, dass die erforderlichen Strukturen für eine Anwendung noch nicht vorliegen und zunächst durch Beauftragung eines externen Dienstleisters auf dessen Kompetenzen und Kapazitäten zurückgegriffen werden muss, bevor langfristige Strukturen geschaffen werden können. Durch die Beantwortung dieser Fragen ist es innerhalb der kommunalen Verwaltung möglich, eine mögliche Nutzerkonstellation für die konkrete(n) Nutzungssituation(en) zu definieren. Diese ist am Ende der zweiten Phase noch nicht endgültig, sondern dient als Ausgangspunkt für eine testweise Anwendung.

Vorbereitung der Einführung
Eine Auseinandersetzung mit dem praktischen Mehrwert sollte auf operationeller Ebene stattfinden, sobald die Nutzungssituation(en) und Nutzerkonstellation(en) identifiziert wurden. In konkreten, testweisen Anwendungsfällen lässt sich die Anwendung(-sumgebung) von PALM-4U anhand der theoretischen Vorteile mit dem praktischen Aufwand und Mehrwert vergleichen. Wesentlich in der dritten Phase sind die Erkenntnisse, die im Rahmen von testweisen Anwendungen in geschützte Umgebung gesammelt werden (z. B. Reicht die technische Infrastruktur aus für die Anwendung? Funktioniert der Workflow?). Diese bieten einen Raum, um ggf. alternative Workflows und Verwertungsmöglichkeiten der Modellergebnisse zu testen und so die in der zweiten Phase identifizierten Nutzungssituationen und Nutzerkonstellationen zu optimieren. Damit verbunden sind auch Fragen danach, wie und woher zusätzliche Daten, technische Kapazitäten und Kompetenzen für eine langfristige Anwendung nutzbar gemacht werden können. Daher sollten Leiter*innen dem für die testweise Anwendung zuständigen Personal ganz bewusst Raum zum Ausprobieren geben. Dies gilt insbesondere auch zur Untersuchung der Fragestellung, wie/ob sich Akteur*innen anderer Fachbereiche in einen Prozess zum gemeinsamen Wissensaustausch und Anwendungsprozess integrieren lassen.

Mit Dauer der testweisen Anwendung können die Leiter*innen abschätzen, ob eine dauerhafte Anwendung sinnvoll und möglich sein könnte. Wie in der zweiten Phase, spielen auch hier vor allem die kommuneninternen Prozesse eine wichtige Rolle, um zu reflektieren, ob die Einbindung neuer technischer Infrastruktur finanziell und technisch möglich ist oder nicht eher Serverkapazitäten außerhalb der Kommune gesucht werden müssen. Gleichzeitig spielt der Dialogprozess, vor allem auch fachbereichsintern eine wichtige Rolle, um festzustellen, welche zusätzliche Kompetenzen und Kapazitäten durch (Um-)Schulung erreicht werden können, ob eine neue Stelle geschaffen werden muss, oder doch eher auf einen Dienstleister zurückgegriffen werden soll. Entsprechend der einzelnen Entscheidungen verändert sich die Nutzerkonstellation, und dadurch auch die erforderlichen Ressourcen und Kapazitäten in der Kommune.

Entsprechend sollten basierend auf den optimierten Nutzerkonstellationen und Workflows ein Fahrplan für die Einführung entwickelt werden, der sowohl abschließend Bedarf an Personal, Kompetenzverteilung, technischer Infrastruktur und sonstigen Strukturen zusammenfasst als auch eine Übersicht zu Kosten, Prioritäten, Argumenten und den Mehrwerten für die kommunale Verwaltung gibt. Damit einher geht auch die Identifikation von Schlüsselakteur*innen in den Verwaltungsspitzen und anderen Fachbereichen, die überzeugt werden müssen. Die Vorbereitung zur Einführung wird dann abgeschlossen, wenn Schlüsselakteur*innen von der Anwendung überzeugt sind. Daher ist es wichtig, dass beteiligtes Personal und die Leiter*innen ihre Erkenntnisse auf obige Fragen sichtbar und nachvollziehbar dokumentieren, um die konkreten Möglichkeiten des Modells sichtbar zu machen sowie die Ergebnisse und erzielten Vorteile deutlich zu kommunizieren.

Im Überzeugungsprozess kann auch die Sensibilisierung der Öffentlichkeit unterstützend sein, indem dort die kommunenspezifische Relevanz stadtklimatischer Fragestellungen verdeutlicht wird und daraus eine Forderung nach entsprechender Berücksichtigung von Stadtklima entsteht.

Einführung des PALM-4U
Die letzte Phase einer systematischen Vorgehensweise beschreibt die Einführung selbst. Diese findet nach einem entsprechenden Beschluss der Schlüsselakteur*innen statt. Werden im Beschluss abweichend vom Fahrplan Ressourcen und Kapazitäten bewilligt, beschäftigt sich die Einführung vor allem mit der Frage, wie mit den zur Verfügung stehenden technischen und finanziellen Ressourcen, Daten sowie personellen Kapazitäten eine optimale Anwendungsumgebung geschaffen werden kann. Entsprechend des (angepassten) Fahrplans wird PALM-4U dann von den Leiter*innen der Fachämter zusammen mit dem beteiligten Personal dauerhaft eingeführt.

Im Zuge der dauerhaften Anwendung können auch weitere Nutzungssituationen und Nutzerkonstellationen identifiziert werden, für die dann, unter ähnlichem Ablauf wie in den vier beschriebenen Phasen, ebenfalls systematisch die Anwendungsumgebung geschaffen wird.

Während in dieser Studie die kommunalen Akteur*innen im Vordergrund standen, hat sich gezeigt, dass an einigen Stellen auch andere Akteur*innen unterstützend im Prozess des systematischen Vorgehens beteiligt sind: wissenschaftliche Forschungskonsortien, die sich sowohl mit der Praktikabilität von Stadtklimamodellen bzw. der Vorbereitung der Anwendungsumgebung beschäftigen, müssen bei ihre Forschungsfragestellungen durch den direkten Dialog mit Kommunen deren Bedarfe in den Fokus stellen und gleichzeitig auch darauf achten, dass Erkenntnisse und Ergebnisse zugänglich und nachvollziehbar für die praktischen Anwender*innen sind. Hier spielen auch anwendende Organisationen eine wichtige Rolle, die durch die Verstetigung des Austauschs Netzwerke schaffen, die zum dauerhaften Dialog und damit der Wissensverbreitung beitragen. Außerdem ist insbesondere bei der Entwicklung von Tools zur dauerhaften Anwendung auch wichtig, dass sich Modellentwickler und beteiligte Akteur*innen in

entsprechenden Forschungsvorhaben Verstetigungsstrategien zur dauerhaften Bereitstellung von technischem Support in allen Phasen des systematischen Vorgehens (von niederschwelligen Hausbesuchen in Phase 1 über begleitende Unterstützung in Phase 3 bis hin zu Troubleshooting in Phase 4) entwickeln. Darüber hinaus spielt die Bereitstellung finanzieller Ressourcen für das Schaffen von Experimentier-Räumen eine unterstützende Rolle. Hier gilt insbesondere an Landes- und Bundesministerien der Hinweis, dass die Bereitstellung von Fördermitteln zur stärkeren Berücksichtigung stadtklimatischer Fragen einen Anreiz und womöglich notwendige Unterstützung für Kommunen bieten.

II.4 Kritische Reflexion der Förderphase I

Wie der Evaluationsbericht von Modul C, der Dialog mit den Praxispartnern und die Aufforderung zur Antragstellung für eine zweite Phase der Fördermaßnahme „Stadtlima im Wandel" zeigt, ist das Endprodukt von Phase I – ein leistungsstarkes und gut anwendbares Stadtklimamodell – unter Beteiligung von potenziellen Anwendern aus der Praxis weiterzuentwickeln und dessen Anwendung in der Praxis zu verstetigen. In diesem abschließenden Kapitel werden einige Aspekte zu den Rahmenbedingungen, dem Projektdesign und den Aktivitäten und gewählten Methoden, unter denen die Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel" und insbesondere das Verbundvorhaben KliMoPrax durchgeführt wurde, kritisch reflektiert. Die Reflexion soll Hinweise und Empfehlungen liefern, die aus Perspektive von KliMoPrax für die Weiterentwicklung in Phase II der Fördermaßnahme hilfreich oder notwendig sind werden. Diese Hinweise richten sich in erster Linie an die wissenschaftliche Community der Module zur Gestaltung der Phase II und darüber hinaus.

Das Zusammenwirken und Ineinandergreifen von Produkten und Ergebnissen der drei Module, die in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel" die wesentlichen Antriebe für die Entwicklung eines praxistauglichen Stadtklimamodells und seiner Anwendungsumgebung waren, ist in Abbildung II.4.1 dargestellt. Die Produkte und Aktivitäten sind eng miteinander verzahnt und von starken Wechselwirkungen geprägt. Nur durch die Gesamtheit der Produkte und Aktivitäten ist es möglich, das ‚große Rad' der Klimaanpassung in Kommunen zu bewegen. Letztlich war es Ziel der Fördermaßnahme, nicht nur ein funktionstüchtiges Stadtklimamodell zu entwickeln, sondern es gleichzeitig auch zu validieren und für den kommunalen Kontext eine Anwendbarkeit zu fördern. Alle Module und ihre Produkte sind daher gleichwertig wichtig; blockiert eines der Räder, dreht langsamer oder nicht in enger Abstimmung mit den anderen Modulen, blockiert der gesamte Antrieb. Im Folgenden wird näher auf die Erkenntnisse aus den KliMoPrax-Arbeiten eingegangen, um das Getriebe aus Sicht der Verbundpartner von KliMoPrax für die zweite Phase der Fördermaßnahme zu optimieren.

Gleichzeitigkeit von Modellentwicklung, Validierung und Erprobung stellte Prozess vor Herausforderungen
Die Gleichzeitigkeit von Modellentwicklung, Validierung und Dialog zur Identifikation von Anforderungen an ein praxistaugliches Modell bot die Chance für kommunale Akteure, ihre Vorstellungen und Wünsche bei der Modellentwicklung einzubringen. Die Gleichzeitigkeit stellt allerdings auch eine Herausforderung für den Ablauf der Fördermaßnahme und insbesondere der KliMoPrax-Aktivitäten dar, wie Erläuterungen in den Kapiteln II.2.1 bis II.2.4 erläutern.

So war zum einen erforderlich, dass Verbundpartner Anforderungen an ein praxistaugliches Modell erheben mussten, ohne vorher die Möglichkeit einer Vorbereitung oder Anwendung von PALM-4U zu haben. Außerdem führten die Verzögerungen bei der Modellentwicklung aufgrund der hohen Komplexität der Integration der neuen Module in PALM-4U dazu, dass die Verbundpartner nicht alle kommunalen Fragestellungen und damit verbundenen Anforderungen testen konnten und daher die Evaluation nicht zu allen Aspekten der Praxistauglichkeit Aussagen treffen konnte. Insbesondere für die kommunalen Praxispartner, die ohne eigene Anwendungserfahrung spezifische Modellanforderungen erheben und bewerten sollten, gestaltete sich dieser Prozess schwierig. Zwar konnte eine Vielfalt von Anwendungssituationen für Testrechnungen mit PALM-4U identifiziert werden; die spezifischen Anforderungen an das Stadtklimamodell mussten seitens der wissenschaftlichen Begleitung spezifiziert werden, da die kommunalen Praxispartner nicht die Möglichkeit hatten, das Modell selbst zu testen. Außerdem führte die Verzögerung der Bereitstellung des Release Candidates dazu, dass nicht alle ausgewählten Testanwendungen je Kommune simuliert werden konnten.

Auch wenn die Gleichzeitigkeit einen kontinuierlichen Dialog zwischen Modellentwicklung und kommunalen Praxisanwendern ermöglichte, ist es daher wichtig, der Modellentwicklung Vorlauf zu geben, um mit einem lauffähigen Modell Anforderungen bestimmen und Testanwendungen durchführen zu können. So wird mehr Raum für die Auseinandersetzung und das Kennenlernen des Modells geschaffen. Es hat sich auch gezeigt, dass bei gleichzeitiger (Weiter-)Entwick-

Abbildung II.4.1: : Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Module A, B und C für die Entwicklung eines praxistauglichen Stadtklimamodells für die Anwendung zur klimaangepassten Planung und Entwicklung von Siedlungsräumen. Schematische Darstellung ohne Anspruch auf Vollständigkeit. © FIW

lung des Modells insgesamt mehr Flexibilität im Projektablauf sinnvoll ist, damit auf unvorhergesehene Verzögerungen durch das Verändern und Verschieben von Projektbausteinen besser reagiert werden kann.

Ein validiertes Modell ist zentral für das Vertrauen in den Mehrwert des Modells

Die Validierung des Modells spielte im Dialog mit den (interessierten) kommunalen Akteuren, wie in Kap. II.2.1 dargestellt, eine wesentliche Rolle. Es hat sich bestätigt, dass eine umfassende Validierung eine unbedingte Voraussetzung für die kommunale Anwendung ist. Dies betrifft insbesondere auch die Modellierung von kleinteiligen Anpassungsmaßnahmen, die unter einem Kosten-Nutzen-Vorbehalt gestellt werden (Was bringt das denn?). Erst wenn das Modell zuverlässig läuft, Bugs behoben sind und das Modell validiert ist, werden Kommunen sich mit der langfristigen Anwendungsmöglichkeit auseinandersetzen. Dies macht es umso erforderlicher, ausreichend Vorlaufzeit für die Modellentwicklung, genauso wie für Testungen zum Sammeln von Erfahrungen und den Prozess der Validierung einzuräumen, sodass der Breite der kommunalen Praxis erst eine finale Version des Modells vorgestellt wird.

Der geplante Anwendungsfall muss für die Praxistauglichkeit stärker im Blick stehen

Ebenfalls im Dialogprozess hat sich gezeigt, dass für die kommunale Anwendung nicht der Stand der Wissenschaft relevant ist, sondern der Stand der Technik. Entscheidender Punkt ist hier (zurzeit) die verfügbare Datengrundlage bzw. der hohe zeitliche und finanzielle Aufwand für die Aufbereitung und Bereitstellung der erforderlichen Eingangsdaten. Es ist daher empfehlenswert, dass sich das Modell eher an den verfügbaren Datenqualitäten orientiert, um kommunale Fragestellungen zu beantworten. Dies gilt insbesondere auch im Zusammenhang mit dem Maßstab der Planung. Die Maßstäblichkeit der Modellierung sollte diesem entsprechen, sodass durch Verwendung unterschiedlicher Datenauflösung (von parametrisierten Eingangsdaten für Flächen bis hin zu gebäudeauflösenden Daten) ein Einsatz von PALM-4U planungsprozessbegleitend möglich ist. Es ist daher wichtig, dass im Rahmen der zweiten Phase des Forschungsvorhabens ausreichend Raum geboten wird, um modulübergreifend die Mindestqualitätsanforderungen an die Eingangsdaten zu eruieren.

Es hat sich im Rahmen der Testanwendungen wie in Kap. II.2.3 beschrieben gezeigt, dass eine prozessbegleitende Planung zur Optimierung von Planungsvarianten durch die manuelle Neuerstellung des *Static Driver* nur sehr aufwendig möglich ist. Wie auch für die Datenaufbereitung selbst ist es empfehlenswert, diesen Prozess durch automatisierte Workflows zu erleichtern.

Aufgrund der Verzögerungen im Projektablauf durch die verspätete Veröffentlichung des *Release Candidate* war es nur begrenzt/unzureichend möglich, im Rahmen der Testanwendungen wie in Kap. II.2.3 beschrieben, den praktischen Mehrwert der Anwendung und die Einbindung in Prozesse zu untersuchen. Die Frage ist jedoch zentral für die Akzeptanz der Anwendung in Kommunen und potenziellen Nutzer*innen. Dementsprechend ist es wichtig, diese Fragestellung in einer zweiten Phase der Fördermaßnahme gemeinsam mit den kommunalen Praxispartnern tiefergehend zu untersuchen, um zu identifizieren, wie die Modellergebnisse unter bestehenden Rahmenbedingungen genutzt werden können, was sich idealerweise ändern müsste und welche weiteren Einbindungsmöglichkeiten der Modellergebnisse in Entscheidungs- und Aufklärungsprozesse denkbar und sinnvoll sein könnten.

Wie im Kap. II.2.1 erläutert, stellte sich im Dialogprozess heraus, dass aus Sicht der Kommunen die Anwendung eines neuen Stadtklimamodells auch Anforderungen an die kommunalen Anwender, Strukturen in den Verwaltungen und Prozesse selbst stellt. Diese Wechselseitigkeit wurde im Projekt zwar erfasst, aber noch nicht detaillierter untersucht. Dies ist auch mit der nur unzureichend thematisierten Frage nach der strukturellen und organisatorischen Einbindung von PALM-4U (bzw. den Ergebnissen) verbunden. Diese hat wesentlichen Einfluss auf die erforderlichen Aufwendungen und Investitionen zur Schaffung einer geeigneten Anwendungsumgebung. Dementsprechend ist es wichtig, dass die Möglichkeiten, Aufwände und entsprechender Mehrwert gleichwertig untersucht und für Kommunen aufbereitet werden. Zukünftig sollte dabei auch stärker berücksichtigt werden, dass an die Kommune bzw. die Kompetenzen und Fähigkeiten kommunaler Mitarbeiter*innen (neue) Anforderungen gestellt werden.

Ein Modell bereitstellen allein hilft nicht, es muss auch angewendet werden (wollen)

Es hat sich im Rahmen der Mainstreaming-Konzeptstudie (s. Kap. II.3.2) und dem Dialogprozess (s. Kap. II.2.1) gezeigt, dass die Anwendungsbereitschaft bei kommunalen Akteuren für ein neues Modell wächst, wenn es die vorhandenen kommunalen Ressourcen und Kompetenzen nutzt und keine darüber hinausgehenden (übermäßigen) Anforderungen stellt. Daher ist es wichtig, neben den bereits thematisierten Datenstandards und Prozesseinbindungsmöglichkeiten auch die Einführungsprozesse noch genauer zu untersuchen. Dies umfasst u. a. folgende Punkte:

- Prozesse: insbesondere die kommunalen Planungs-, Abwägungs- und Entscheidungsprozesse,
- Verwaltungsstrukturen, Zuständigkeiten und Aufgaben: jede umfassende und plötzliche Änderung der eingeführten und eingeübten Verwaltungsabläufe kann Widerstand und Ablehnung auslösen – hier ist eher eine evolutionäre Vorgehensweise der kleinen Schritte empfehlenswert, falls kein gesetzlicher Auftrag vorliegt
- Daten: Orientierung des Datenbedarfs an den vorhandenen Strukturen und Angebote der Vermessungsverwaltungen des Bundes, der Länder und der Kommunen und ausnahmsweise Ergänzung um unumgängliche zusätzliche Datenbedarfe – wenn möglich institutionell dauerhaft abgesichert und (für Kommunen) frei zugänglich; vereinfachte Einbindung in das Modell über (teil)automatisierte Skripte, wenn möglich mit automatisierter Anbindung an die Datenquellen,
- Technik: Einbindung in vorhandene Computernetze und ihre sicherheitstechnischen Anforderungen.

Es hat sich im Zuge der Mainstreaming-Konzeptstudie (s. Kap. II.3.2) auch herausgestellt, dass für den Prozess der Einführung Überzeugungsprozesse innerhalb der kommunalen Verwaltung (top-down und/oder bottom-up) eine wesentliche Rolle spielen. Demnach wird es wichtig sein, im Rahmen einer Verstetigungsstrategie entsprechende Angebote zu entwickeln, die bspw. den kommunalen Fachressorts eine fundierte Arbeitsgrundlage und Argumentation liefern. Dies sollte sowohl Show-Case Rechnungen beinhalten, womit kommunale Vertreter*innen den Mehrwert des Modells erfahren können, Weiterbildungs- und individuell an die Kompetenzen der Anwender angepasste Schulungsangebote als auch die Förderung und Entwicklung einer Community of Practice, in der Erfahrungen geteilt werden können und positive Erfahrungen aus anderen Kommunen zur Qualifizierung und Überzeugung neuer Anwender*innen beitragen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass Pilotphasen und testweise Anwendungen eine zentrale Rolle spielen, damit relevante Akteure der kommunalen Verwaltung den Mehrwert des Modells erkennen. Ein entsprechendes Angebot zum testweisen eigenständigen, oder begleiteten (i.S.V. extern unterstütztem) Ausprobieren sollte daher auch eine zentrale Leistung einer Verstetigungsstrategie sein und dabei auf die vorhandenen Kompetenzen der Anwender*innen Rücksicht nehmen.

Der Dialog mit kommunalen Mitarbeiter*innen lief gut, ist aber noch ausbaufähig

Sowohl von Seite der Verbundpartner als auch den kommunalen Praxispartnern wurde der Dialogprozess als robust und hilfreich empfunden. Dabei stellten auch die gewählten Veranstaltungsformate den Wissenstransfer sowie den Erfahrungsaustausch zwischen Verbundpartnern, den kommunalen Akteuren und der kommunalen Praxispartner untereinander si-

cher. Empfehlenswert scheint die stärkere interaktive Beteiligung und Begleitung der kommunalen Akteure, um anhand von Schulungen, Show-Cases oder ähnlichen Formaten den Dialog und Wissensaustausch zu intensivieren.

Gleichzeitig hat sich in der Mainstreaming-Konzeptstudie (s. Kap. II.3.2) und den möglichen Nutzungssituationen (s. Kap. II.2.2) gezeigt, dass ein breites Spektrum an möglichen kommunalen Akteuren Interesse an einer Anwendung haben könnte. Daher ist es sinnvoll, dass aufgrund der betrachteten, wahrscheinlichen oder häufiger auftretenden Nutzungssituationen der Teilnehmer*innenkreis in der zweiten Phase ausgeweitet wird. Insbesondere kommunale Stadtplaner*innen sollten verbindlich in den Anwendungsprozess eingebunden werden. Die Einbindung weiterer kommunaler Akteure (und auch von Stakeholdern außerhalb der Verwaltung) scheint sinnvoll, um die Praxistauglichkeit des Modells kontinuierlich weiterzuentwickeln und die Implementierung des Modells bei Anwendern voranzubringen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass z. B. Landesämter und andere Akteure übergeordneter Strukturen ebenfalls eingebunden werden sollten, da diese nicht nur als Teil der organisatorischen Prozesslösung einen Beitrag leisten (können/wollen), sondern auch für strukturelle Fragestellungen (bspw. die Bereitstellung von Rechnerkapazitäten oder zentraler Datenaufbereitung) eine unterstützende Rolle spielen könnten. Ein weiterer empfehlenswerter Schritt ist die Verstetigung des Wissens- und Erfahrungsaustausches zwischen Modellentwicklung, -anwendung und interessierten Akteuren, um eine kontinuierliche Kommunikation zu optimieren und potenzielle Anwender zu befähigen, das Modell eigenständig zu bedienen.

Im Dialogprozess (s. Kap. II.2.1) hat sich außerdem gezeigt, dass für die kommunalen Praxispartner und weitere Kommunen eine Einbindung dann sinnvoll erscheint, sobald ein vielfältigeres Leistungsspektrum von PALM-4U verfügbar ist und das Modell validiert ist. Zudem sollten konkrete Empfehlungen und Handlungsanweisungen an den kommunalen Anwenderkreis gegeben werden, sowie Schulungen mit dem Modell angeboten werden.

Hinsichtlich der Kommunikation der kommunalen Praxispartner mit den Modulen A und B hat sich die vermittelnde, bündelnde und steuernde Rolle von Modul C als sinnvoll herausgestellt. Für eine zweite Phase scheint eine zentrale Koordination aller Anfragen aus den drei Modulen an die Städte essentiell, um Mehrfachanfragen zu vermeiden und eine optimal abgestimmte Vorgehensweise in den betroffenen Kommunen sicherzustellen.

Der Dialog zwischen den Modulen ist essentiell für den Erfolg der Fördermaßnahme und kann optimiert werden

Produkt- und Aktivitätenübergreifend hat es sich gezeigt, dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Module notwendig ist, um von Modellentwicklung bis Validierung und Praxistauglichkeit alle erforderlichen Aspekte zu betrachten. Es hat sich als wesentlich herausgestellt, dass sozialwissenschaftliche, stadtplanerische, kommunalpraktische, naturwissenschaftliche und modelltechnische Expertise direkt und gemeinsam bei der Beantwortung der relevanten Fragestellungen genutzt werden, damit die Lücke zwischen der wissenschaftlichen Entwicklung eines hochwertigen Modells und der praktischen (kommunalen) Anwendung überbrückt werden kann. Insbesondere die anlassbezogenen, modulübergreifenden Treffen haben sich als sehr sinnvoll dafür erwiesen. Daher ist es empfehlenswert, dass in der zweiten Phase der Fördermaßnahme regelmäßig modulübergreifende Inhalte besprochen und in Meilensteinen eingeplant werden sollten, um Abstimmung und Abgleich der Arbeit zwischen den Modulen durch einen direkten, effektiven Informationsfluss zu ermöglichen. Diese interdisziplinäre Arbeit und der parallele Erfahrungsaustausch kann dazu beitragen, dass die Entwicklung und Qualifizierung des neuen Stadtklimamodells PALM-4U durch gemeinsames Lernen und Umsetzen von Modellentwicklern, Wissenschaft und Praxis umfassend gelingen kann.

II.5 Ausblick auf Förderphase II

Wie weit die Fördermaßnahme Stadtklima im Wandel [UC]² das „große Rad der Klimaanpassung in Kommunen“ (siehe Abbildung II.4.1) zum Drehen bringt, lässt sich erst am Ende der Phase II bewerten. Um die in der ersten Phase begonnene Arbeit fortzusetzen, sind für die Förderphase II sechs Säulen aufgebaut worden:

1. Verwaltungs- und Verstetigungsstrategie
2. Anwendungstauglichkeit
3. Anwendungsfelder
4. GUI-Entwicklung
5. Schulung, Services und Support
6. Community Building und Wissenstransfer

Das Ziel des aus KliMoPrax und UseUClim hervorgegangenen Forschungsverbundes ProPolis ist es, in der zweiten Förderphase zusammen mit den anderen Modulen die Weiterentwicklung die Weiterentwicklung von PALM-4U voranzutreiben und das Modell entsprechend den Nutzeranforderungen weiterzuentwickeln. Dazu müssen alle notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden, damit das Modell am Ende der zweiten Projektphase erfolgreich operationalisiert werden kann und für alle interessierten Anwender zugänglich ist (s. Abbildung II.5.1).

Bei der Herstellung dieser Voraussetzungen muss ein breites Spektrum von Themen berücksichtigen werden. So haben Nutzer in der kommunalen Praxis sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen in Bezug auf Kapazitäten und Kompetenzen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungsszenarien, die in der Kontinuitätsstrategie in Form unterschiedlicher Betreibermodelle berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise werden nicht alle Nutzer in der Lage sein, das Modell auf ihrem eigenen Server zu betreiben. Daher wird ein zentraler Server benötigt, und es muss geklärt werden, wie Benutzer darauf zugreifen können und unter welchen Bedingungen sie dazu bereit sind.

Im modulübergreifenden Anwenderdialog wird der Dialogprozess mit kommunalen Praxispartnern fortgesetzt. Um viele kommunale Nutzer für die Anwendung von PALM-4U zu gewinnen, muss das Modell nützlich und nutzbar sein. Dies wird durch die

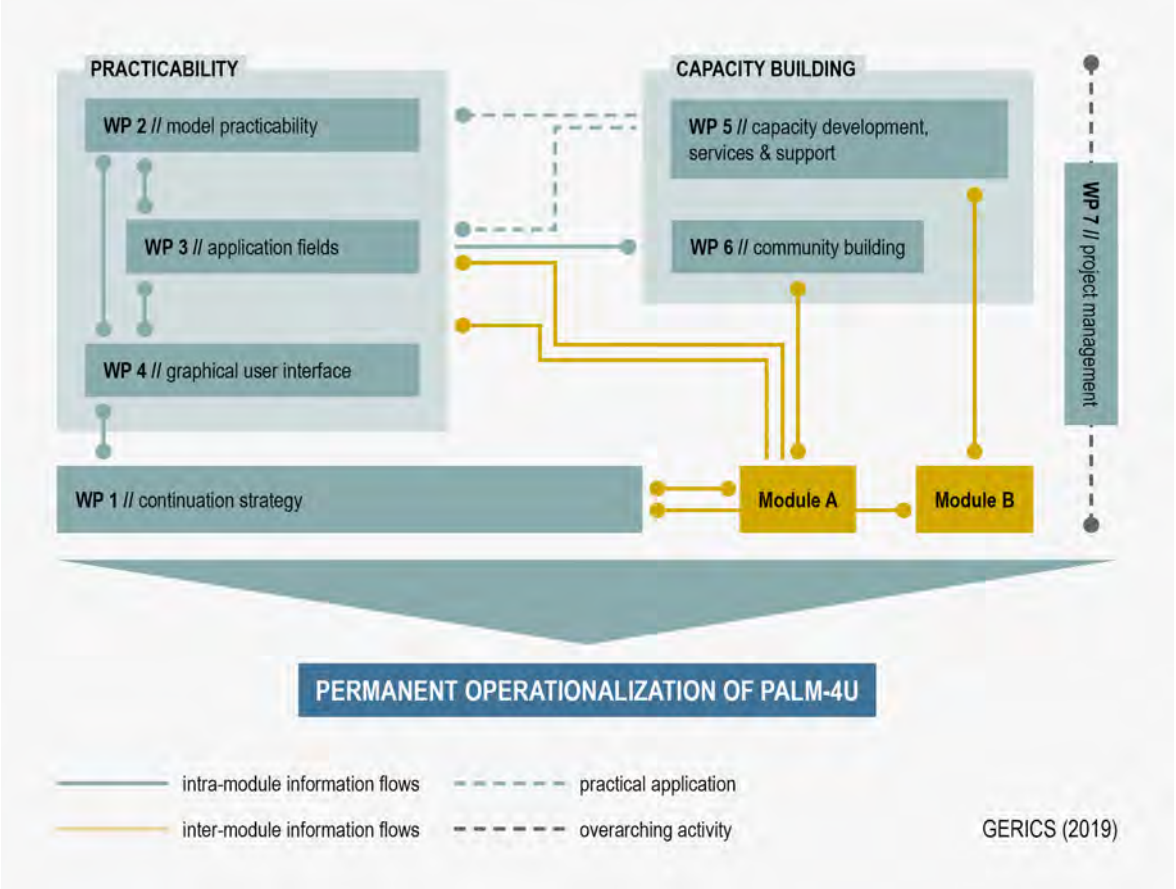

Abbildung II.5.1: : Geplante Arbeitspakete im Verbundvorhaben ProPolis © GERICS

Anwendung des Living-Lab-Ansatzes sichergestellt. In diesem Rahmen können (kommunale) Praxispartner PALM-4U in ihren spezifischen Anwendungsumgebungen testen und Feedback geben. Es wird ein Set von Anwendungsfällen entworfen, das verschiedene Szenarien widerspiegelt. Anwender simulieren in sog. ExLabs komplexe Anwendungsfälle und -prozesse aus dem Planungsalltag von Kommunen in der realen Anwendungsumgebung. Parallel wird die Benutzeroberfläche und das Datenmanagementsystem verbessert.

Es ist von größter Bedeutung, die Nutzer in die Lage zu versetzen, das Modell selbstständig zu bedienen. Dazu werden die in der ersten Projektphase erfolgreich durchgeführten Schulungen weiterentwickelt und darüber hinaus Service- und Supportangebote entworfen. Dies wird durch einen wirksamen Wissenstransfer und Maßnahmen zum Aufbau einer Community of Practice unterstützt, um auch nach Abschluss des Projekts gegenseitiges Lernen zu gewährleisten. All diese Bestandteile münden in einer Verstetigungsstrategie von PALM-4U, die Zugänglichkeit, Operationalisierbarkeit und Praxistauglichkeit für Kommunen, Wissenschaft und weitere Nutzergruppen sicherstellt.

III Anhang

III.1 Glossar

Anwendungsfälle	Modellanwendung zur Beantwortung einer spezifischen stadtklimatischen Fragestellung (ohne Nutzungsprozess)
Anforderung	In der (Software-)Technik ist eine Anforderung eine Aussage über eine zu erfüllende Eigenschaft oder zu erbringende Leistung eines Produktes, Systems oder Prozesses
Anwendende Organisation	„Als ‚anwendende Organisation' werden diejenigen Organisationen bezeichnet, die ein PALM-4U im eigenen Haus einsetzen (im Sinne von Erwerben und selbst Nutzen oder einen externen Dienstleister mit dem Einsatz beauftragen). Diese schließen, wie im Fall von Kommunalverwaltungen oder anderen großen Organisationen, auch die weiteren Beteiligten ein wie Stadt- und Verkehrsplaner, Tiefbauämter, Gesundheitsämter, Wirtschaftsförderung, usw., die ebenfalls an einem Verwaltungsprozess mit Modelleinsatz beteiligt sind oder dessen Modell- bzw. Simulationsergebnisse während oder im Nachgang weiterverwenden." (Weber et al. 2019, S. 18)
Anwender	Anwender beschreibt eine Funktion im Anwendungsworkflow und definiert damit die Aufgaben- und Kompetenzzuteilung. Die Funktion eines ‚Anwenders' wird von Mitarbeiter*innen eines Fachbereichs ausgeübt, die nicht mit der unmittelbaren Bedienung des PALM-4Us, sondern mit der Auswertung und Weiterverwendung der Ergebnisse der Berechnungsergebnisse betraut wird. Dementsprechend benötigen sie vor allem stadtklimatisches Wissen zur Bewertung der Ergebnisse und weniger über modellierungsrelevante Kenntnisse.
Anwendungsumgebung	Die ‚Anwendungsumgebung' umfasst die unmittelbar für einen Anwendungsworkflow relevanten Infrastruktur, Zustände, Fähigkeiten und Verfügbarkeiten. In dieser Konzeptstudie wurde die ‚Anwendungsumgebung' in vier Untersuchungsfelder untergliedert, die sich zusätzlich in weitere Aufgabenfelder unterteilen: Daten (Erhebung und Bereitstellung), Kompetenzen (Verfahrensregelung, fachliche Kompetenz und rechtliche Rahmenbedingungen), Ressourcen und Kapazitäten (personelle, finanzielle und technische Kapazitäten) und Annahme-/Anwendungsbereitschaft (Vertrauen in das Modell, Anerkennung des Mehrwerts). Diese Gliederung in Untersuchungs- und Handlungsfelder wurde im Rahmen von Dialogvorhaben des Forschungsprojekts KliMoPrax als wesentliche Eigenschaften und Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Anwendung von PALM-4U identifiziert, sowie auf Basis der Erkenntnisse bei Erarbeitung der Konzeptstudie ergänzt.
Anwendungsworkflow	Ein ‚Anwendungsworkflow' bezeichnet in KliMoPrax die einzelne Anwendung eines PALM-4U an einer oder mehreren Stellen beispielsweise eines Stadtplanungs- oder eines stadtklimatischen Untersuchungsprozesses von der Klärung und Formulierung der Aufgabenstellung über Recherche und Aufbereitung von Daten, Modellerstellung und Berechnungen bis zur Aufbereitung und Einspeisung der Berechnungs- und Bewertungsergebnisse in den Prozess, in dem PALM-4U eingesetzt wird. Ein Anwendungsworkflow verbindet also meist mehr als einen Akteur in mehr als einer Organisation.

Ausgangszustand	Der ‚Ausgangszustand' beschreibt dabei einen fiktiven Zustand, der zwar typisiert und an die durchschnittliche Anwendungspraxis angelehnt ist, allerdings keinen Anspruch auf die Abbildung der praktischen Realität einer heutigen, konkreten realen deutschen Kommune stellt.
Bediener	‚Bediener' beschreibt eine Funktion im Anwendungsworkflow und definiert damit die Aufgaben- und Kompetenzzuteilung. Die Funktion eines ‚Bedieners' wird von Mitarbeiter*innen eines Fachbereichs ausgeübt, die mit der unmittelbaren Bedienung des PALM-4Us, als Einpflegen von Daten, Durchführung der Rechnungen, Aufbereitung der Ergebnisse betraut sind. Dementsprechend benötigen sie Modellkenntnisse, ggf. Erfahrungen mit der Anwendung von Script-Sprachen, dafür aber weniger Kompetenz mit Blick auf stadtklimatische Fragestellungen
Bioklima	Das Bioklima beschreibt die Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf sämtliche Lebewesen, oftmals wird Bioklima aber im engeren Sinne als Einfluss auf den menschlichen Organismus verstanden.
Dialogwerkstatt	In KliMoPrax wird die Dialogwerkstatt dazu genutzt, Nutzungssituationen zu identifizieren sowie die Testanwendungen vor- und nachzubereiten mit den ausgewählten Praxispartnern.
Downscaling	Dies beschreibt den Prozess der Umwandlung von grob skalierten räumlichen Modell-Ausgaben in eine feiner aufgelöste Skalierung.
Entrepreneur	Als ‚Entrepreneur' wird in dieser Studie ein Akteur verstanden, der im Sinne der Technologiediffusion aktiv wird, sich also aktiv für die Einführung einer Technologie einsetzt und u.a. dadurch auch weitere Akteure aktivieren, d. h. zum Handeln bewegen kann. ‚Entrepreneure' sind intrinsisch motiviert oder müssen von anderen ‚Entrepreneuren' nur „angestubst" werden, um selbst auch aktiv zu werden.
Experte für Datenaufbereitung und –management	Experte für Datenaufbereitung und –management' beschreibt eine Funktion im Anwendungsworkflow und definiert die Aufgaben- und Kompetenzzuteilung für den entsprechenden Prozessschritt. Als Experte für Datenaufbereitung und -management wird die Aufgabe der Datenbeschaffung, -bereitstellung und -aufbereitung übernommen.
Flächenkonversion	Dies beschreibt die Umnutzung oder Nutzungsänderung von Brachflächen in den Wirtschafts- und Naturkreislauf oder von Gebäuden.
Funktionalitäten	Fähigkeit des Modells, eine bestimmte Funktion/Leistung oder Gruppe von Funktionen zu erfüllen
Hitzeaffine Krankheiten	Steigende Temperaturen erzeugen ökologische Nischen für einige Viren, Bakterien, Parasiten und Protozoen (Einzeller) und machen die Einwanderung von Überträgern (sog. Vektoren wie z. B. Zecken, Anopheles-Mücke, Tigermücke) wahrscheinlicher. Somit können sich Krankheiten wie bspw. Malaria, Borreliose schneller verbreiten.
Hitzeresilienz	Etwas ist so gebaut/konstruiert, dass es widerstandsfähiger gegenüber Hitze ist, wie z. B. eine bessere Dämmung von Häusern

Nutzer- und Anforderungskatalog (NAK)	„Der Nutzer- und Anforderungskatalog des Moduls C dient der Bündelung und Strukturierung aller Anforderungen aus Nutzer- und Anwendersicht für die Modellentwicklung durch Modul A und die Durchführung der Messprogramme zur Validierung des Modells PALM-4U von Modul B. In diesem NAK als Kommunikationsinstrument für die beteiligten Wissenschaftler werden alle erforderlichen Anforderungen zusammengestellt und dokumentiert, die aus der Sicht heutiger und zukünftiger Nutzer erfüllt sein müssen, damit die Bedienung und der Einsatz von PALM-4U zielgerichtet und alltagstauglich erfolgen kann. Praxisnähe und Benutzerfreundlichkeit sind dabei die wesentlichen Zielsetzungen für die Entwicklung das neue Stadtklimamodell PALM-4U.“ (Weber et al. 2019, S.5)
Nutzungssituationen (NuSi)	Beschreibt die Modellanwendung ganzheitlich unter Berücksichtigung komm. Prozesse, Akteure, Produkte, Organisation usw. als Nutzungsprozess (siehe Schema), dient der Ableitung von Anforderungen an PALM-4U u. a. durch Analyse der Schnittstellen und Rahmenbedingungen. „Nutzungssituationen (NuSi) sind abgegrenzte Klassen von Praxissituationen, aus denen unterschiedliche Produkte (B-Plan, FNP, …) hervorgehen. Nutzungssituationen sind somit typische Aufgaben und Prozesse der kommunalen Verwaltung und anderer Akteure, mit denen sie die Rahmenbedingungen für die Aktivitäten der Bürger und Gewerbetreibenden in der Stadt gestalten. Aus den Nutzungssituationen lassen sich Systemanforderungen für die Stadtklimamodellierung abstrahieren.“ (S. Dankwart et al. 2016). Konkrete Nutzungssituationen: Eine der 21 seitens der Pilotkommunen vorgeschlagenen Nutzungssituationen (NuSi mit konkretem lokalen Bezug und Verortung). Abstrahierte Nutzungssituationen: Analytisch aus den gewünschten Funktionalitäten des PALM-4U oder aus den 21 konkreten NuSi abgeleitete und definierte Nutzungssituationen ohne lokalen Bezug und Verortung (NuSi ist übertragbar).
Prototyp	als Vorbild, Muster dienende charakteristische Ur-, Grundform zur Erprobung und Weiterentwicklung bestimmte erste Ausführung
Schadstoff-Trajektorien	Pfade der Ausbreitung von Schadstoffen wie z. B. bei Bränden
Schlüsselakteur	‚Schlüsselakteur' beschreibt eine Funktion im Einführungsprozess von PALM-4U. Diese Funktion wird von Akteuren ausgeübt, welche meist nicht mit der direkten Anwendung von PALM-4U zu tun hat, aber bspw. aufgrund von Zuständigkeiten, Kompetenzen, Möglichkeiten zur Einflussnahme o. ä. eine für die erfolgreiche Einführung und Anwendung des PALM-4U sehr relevante Bedeutung haben (Bsp.: Amtsleiter*in, Dezernent*in, Kämmerer, IT-Experte).
TIS-Handlungsfelder	TIS-Handlungsfelder basieren auf den sieben Funktionalitäten die, z. B. durch Hekkert et al. 2007, Technological Innovation Systems zugeschrieben werden. Anhand dieser Funktionalitäten können strukturiert Handlungsbedarfe formuliert werden, die in diese Studie in Handlungsfelder gegliedert sind.
Verifikation	Nachweis, dass ein vermuteter Sachverhalt wahr ist

III.2 Literatur

Agora Energiewende & Agora Verkehrswende (2019): 15 Eckpunkte für das Klimaschutzgesetz (https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/15-eckpunkte-fuer-das-klimaschutzgesetz-1; zuletzt abgerufen: 16.05.2019).

Ahlhelm, I., Frerichs, S., Hinzen, A., Noky, B., Simon, A., Riegel, C., Trum, A., Altenburg, A., Janssen, G., Rubel, C. (2016): Klimaanpassung in der räumlichen Planung (Praxishilfe). Dessau-Roßlau (https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaanpassung-in-der-raeumlichen-planung; zuletzt abgerufen: 13.05.2019).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2015): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn (https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/DL_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015): Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien zur Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel" (https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung.php?B=1021; zuletzt abgerufen: 04.04.2019).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050, zweite Auflage, Berlin (https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

BMU, BMJV & BMEL (2017): Nationales Programm für nachhaltigen Konsum. 3. Aktualisierte Auflage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU); Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV); Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn (https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/nachhaltiger_konsum_broschuere_bf.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Weißbuch Stadtgrün, Berlin (https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=3; zuletzt abgerufen: 31.05.2915).

BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.) (2017): Anforderungskatalog Cloud Computing (C5), Bonn (https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Anforderungskatalog/Anforderungskatalog_node.html, zuletzt abgerufen: 23.04.2019).

Bundesrepublik Deutschland (2018): Baugesetzbuch. (https://dejure.org/gesetze/BauGB, zuletzt abgerufen: 16.04.2019).

Dahm, M. (2006) Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion. Pearson Studium, München.

Dankwart-Kammoun, S., Hölsgens, R., Schultze, J. (2018): Eine Brücke zwischen Planungspraxis und Systementwicklung: Konzept und Empirie von Nutzungssituationen. Bridging planning practice and system development: The concept and empirical findings of a multi-stakeholder Context of Use. Unveröffentlichte Version 2018. Technische Universität Dortmund.

Dankwart-Kammoun, S., Hölsgens, R., Schultze, J. (2019): Nutzungssituation – Bericht (Draft 3). Stand: 17.04.2019. Internes Projekt-Dokument. Technische Universität Dortmund. Sozialforschungsstelle.

Deutscher Städtetag (2012): Positionspapier Anpassung an den Klimawandel – Empfehlungen und Maßnahmen der Städte, Köln (http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

ESA – European Space Agency (2018): Sentinel-5p (http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Gaines, J.M. (2016): Flooding: Water potential. Nature, 531, S54-S55. https://doi.org/10.1038/531S54a

Halbig, G., Kurmutz, U., Knopf, D. (2016): Klimawandelgerechtes Stadtgrün. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Grün in der Stadt. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6.2016, S. 675-689, Stuttgart.

Halbig, G., Steuri, B., Büter, B., Heese, I., Schultze, J., Stecking, M., Stratbücker, S., Willen, L., Winkler, M. (2019): User requirements and case studies to evaluate the practicability and usability of the urban climate model PALM-4U. Meteorologische Zeitschrift 28(2), 139-146. https://dx.doi.org/10.1127/metz/2019/0914

Hekkert, M. P., Suurs, R.A.A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., Smits, R.E.H.M. (2007): Functions of innovation systems. A new approach for analysing technological change. Technological Forecasting and Social Change 74(4), 413–432. https://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002

Heldens, W., Zeidler, J., Maronga, B., Sühring, M., Pavlik, D., Burmeister, C. et al. (2019): Acquisition and preparation of geospatial input data for the PALM model system 6.0: model requirements, data sources, and processing. Geoscientific Model Development, to be submitted.

IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (1998): IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications [IEEE Std 830-1998], New York.

IMUK – Institut für Meteorologie und Klimatologie (2018): PALM Output Data Standard (PODS). Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover (Version 1.7). (https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/io, zuletzt abgerufen: 09.05.2019).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Klimaveränderung 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Deutsche Übersetzung durch ProClim-Forum for Climate and Global Change, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin

(https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/IPCC-Klimaaenderung-2007.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.) (https://www.ipcc.ch/sr15/, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

ISO/IEC/IEEE 29148 (2011): Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering. Genf.

Jendritzky, G. (1990): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.

Kadasch, E, Sühring, M. (2019): INIFOR – Eine mesoskalige Schnittstelle für das mikroskalige Stadtklimamodell PALM-4U, Garmisch-Partenkirchen.

LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2013): Klimawandelgerechte Metropole Köln, LANUV Fachbericht 50 (https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30050.pdf, zuletzt aufgerufen: 17.05.2019)

Liebold, R., Trinczek, R. (2009): Experteninterview. In: Kühl, S., P. Strodtholz, A. Taffertshofer (Hg.): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und qualitative Methoden. 1. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. 32–56.

Lindberg, F., Holmer, B., Thorsson, S. (2008): SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. International Journal of Biometeorology 52(7), 697–713.

Maguire, M. (2001): Context of Use within usability activities. International Journal of Human-Computer Studies 55 (4), S. 453–483 (https://dx.doi.org/10.1006/ijhc.2001.0486, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfafferott, J., Schubert, S., Seckmeyer, G., Sieker, H., Winderlich, K. (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM – Project overview, planned work, and first achievements. Meteorologische Zeitschrift 28(2), 105-119 (https://dx.doi.org/10.1127/metz/2019/0909, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Matzarakis, A. (2001): Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Nr. 6.

Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.) (2015): Autonomes Fahren, Springer.

Mayer, J. H. Winter, R., Mohr, T. (2012): Situative Managementunterstützungssysteme. Berücksichtigung zunehmend unterschiedlicher Arbeitsstile, Nutzungsfälle und Zugangsmöglichkeiten. Wirtschaftsinformatik 54(6), 319–334. https://dx.doi.org/10.1007/s11576-012-0337-z

Mayer, J.H. (2014): Unternehmenssteuerungssysteme Integration von Business. IT-Anforderungen und Anpassung an unterschiedliche Nutzungssituationen. Habilitation. Universität St.Gallen, Hattersheim am Main (https://www.alexandria.unisg.ch/239744/1/20150329_Habilitation_JH_Mayer_Alexandria.pdf, zuletzt abgerufen: 12.07.2016).

MKULNV NRW – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2010): Handbuch Stadtklima, Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel, Düsseldorf (https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/handbuch_stadtklima_kurzfassung.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Orlikowski, W.J., Yates, J., Okamura, K., Fujimoto, M. (1995): Shaping Electronic Communication: The Metastructuring of Technology in the Context of Use. Organization Science 6(4), 423–444.

Pohl, P., Rupp, C. (2015): Basiswissen Requirements Engineerung: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum „Certified Professional for Requirements Engineering" (4. überarbeitete Auflage). dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg.

R Core Team (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation, Wien (https://www.R-project.org, zuletzt abgerufen: 16.04.2019).

Scherer, D., Ament, F., Emeis, S., Fehrenbach, U., Leitl, B., Scherber, K., Schneider, C., Vogt, U. (2019a): Three-Dimensional Observation of Atmospheric Processes in Cities. Meteorologische Zeitschrift 28(2), 121-138 (https://dx.doi.org/10.1127/metz/2019/0911, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Scherer, D., Antretter, F., Bender, S., Cortekar, J., Emeis, S., Fehrenbach, U., Gross, G., Halbig, G., Hasse, J., Maronga, B., Raasch, S., Scherber, K. (2019b): Urban Climate Under Change [UC]² – A National Research Programme for Developing a Building-Resolving Atmospheric Model for Entire City Regions. Meteorologische Zeitschrift 28(2), 95-104 (https://dx.doi.org/10.1127/metz/2019/0913, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Schienmann, B. (2002): Kontinuierliches Anforderungsmanagement: Prozesse – Techniken – Werkzeuge. Addison-Wesley, München.

Schlumberger, J., Hasse, J., Hölsgens, R., Frerichs, S., Burmeister, C., Weber, F.-A. (2019): Mainstreaming (Stadt-)Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag. Konzeptstudie im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „Klimamodelle für die Praxis (KliMoPrax)", Aachen (https://uc2-klimoprax-useuclim.org/).

Schwinn, H. (2011): Requirements Engineering: Modellierung von Anwendungssystemen. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München.

Steuri, B., Cortekar, J., Bender, S. (2018b): Überprüfung der Praxistauglichkeit eines neuen Stadtklimamodells: #1 Anforderungserhebung als Basis. Report 33. Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg (https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report_33.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Steuri, B., Heese, I. (Eds.) (2019b): Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U. Finale Version. Modul C – Überprüfung der Praxis- und Nutzertauglichkeit von Stadtklimamodellen für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung (https://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_Evaluation_Bericht_final.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Steuri, B., Heese, I., Burmeister, C., Halbig, G., Hölsgens, R., Willen, L., Winkler, M. (2019d): Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U – Teil 2: Erläuterungen. In: Steuri, B., Heese, I. (Eds.): Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U (https://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_Evaluation_Bericht_final.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Steuri, B., Heese, I., Burmeister, C., Hölsgens, R., Winkler, M. (2019c): Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U – Teil 1 // Tabelle. In: Steuri, B., Heese, I. (Eds.): Evaluationsbericht zum neuen Stadtklimamodell PALM-4U (https://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_Evaluation_Bericht_final.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Steuri, B., Weber, B., Antretter, F., Bender, S., Burmeister, C., Büter, B., Cortekar, J., Dankwart-Kammoun, S., Frerichs, S., Halbig, G., Hasse, J., Heese, I., Hölsgens, R., Pavlik, D., Schultze, J., Simon, A., Stecking, M., Stratbücker, S., Völker, V., Willen L., Winkler, M. (2018a). Teil 1: Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U – Tabelle // vorfinale Version. In: M. Stecking, B. Steuri & B. Weber (Eds.): Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U. Vorfinale Version.

Steuri, B., Weber, B., Antretter, F., Bender, S., Burmeister, C., Büter, B., Cortekar, J., Dankwart-Kammoun, S., Frerichs, S., Halbig, G., Hasse, J., Heese, I., Hölsgens, R., Pavlik, D., Schultze, J., Simon, A., Stecking, M., Stratbücker, S., Völker, V., Willen L., Winkler, M. (2019a): Teil 1: Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U – Tabelle // finale Version. In: B. Weber, B. Steuri (Eds.): Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U (http://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_NAK_Bericht_final-1.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Umweltbundesamt (2017): Die Stadt für morgen, Die Stadt für Morgen: Umweltschonend mobil – lärmarm – grün – kompakt – durchmischt, Dessau-Roßlau (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/20170505_stadt_von_morgen_2_auflage_web.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Wassermann, S. (2015): Das qualitative Experteninterview. In: M. Niederberger & S. Wassermann (Hrsg.): Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung. Springer, Wiesbaden.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. WBGU, Berlin (https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2016/wbgu_hg2016-hoch.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Weber, B., Steuri, B. (Eds.) (2019a): Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U. Finale Version, Mai 2019 (http://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_NAK_Bericht_final-1.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Weber, B., Steuri, B., Antretter, F., Bender, S., Burmeister, C., Büter, B., Cortekar, J., Dankwart-Kammoun, S., Frerichs, S., Halbig, G., Hasse, J., Heese, I., Hölsgens, R., Pavlik, D., Schultze, J., Simon, A., Stecking, M., Stratbücker, S., Völker, V., Willen, L., Winkler, M. (2019b): Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U. Teil 2: Erläuterungen // finale Version. In: B. Weber & B. Steuri (Eds.): Nutzer- und Anforderungskatalog für das neue Stadtklimamodell PALM-4U (http://uc2-klimoprax-useuclim.org/wp-content/uploads/190531_Stadtklima_PALM-4U_C_NAK_Bericht_final-1.pdf, zuletzt abgerufen: 31.05.2019).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung I.1.1: Zusammenarbeit und Schnittstellen der Module A, B und C in der Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel". © B. Steuri 6

Abbildung I.1.2: Kommunale Praxispartner des Verbundvorhabens KliMoPrax (●) und Praxispartner des Verbundvorhabens UseUClim (▲) 6

Abbildung I.3.1: Zeitplan, Arbeitspakete (AP), Aktivitäten (A) und Produkte des Verbundvorhabens KliMoPrax über die Laufzeit von 36 Projektmonaten (PM). 10

Abbildung I.5.1: Die Schnittstellen von KliMoPrax und UseUClim mit den Modulen A und B. © B. Steuri 16

Abbildung II.1.1: Gliederung des tabellarischen Nutzer- und Anforderungskatalogs (mit beispielhafter Anforderung) (Steuri et al. 2019a) 24

Abbildung II.1.2: Modellanforderungen – Von der kommunalen Praxis zum Pflichtenheft 27

Abbildung II.1.3: Grafische Benutzeroberfläche als wesentliches Element zur Steuerung der PALM-4U-Nutzung 33

Abbildung II.2.1: Aufteilung der Partnerkommunen. © DWD 36

Abbildung II.2.2: Beispielhafte Arbeitsergebnisse der Dialogwerkstatt: Roundtable Essen. ©TU Do/sfs 37

Abbildung II.2.3: Checkliste zur Produktverwertung in der Dialogwerkstatt: Lernlabor in Hamburg. ©TU Do/sfs 38

Abbildung II.2.4: Ausarbeitung in der Dialogwerkstatt:°Evaluation in Essen. © TU Do/sfs 39

Abbildung II.2.5: Diskussionsergebnisse der Arbeitsgruppe „Ausweitung der Nutzung von Stadtklima-modellen: Neue Aufgaben, Maßnahmen und Akteur*innen in Kommunen der Expertenwerkstatt" in Berlin. © FiW 41

Abbildung II.2.6: Nutzungsschema. © TU Do/sfs 57

Abbildung II.2.7: Übersicht über die Testanwendungen in den Partnerkommunen. ©difu/TU Do/sfs 60

Abbildung II.2.8: Workflow für die Datenaufbereitung. © DWD 61

Abbildung II.2.9: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Lufttemperatur in 2 m Höhe um 4 Uhr UTC. Die roten Punkte zeigen die Orte, für die in Abbildung II.2.3.4 der Tagesgang der Lufttemperatur berechnet wird. ©DWD 62

Abbildung II.2.10: Dargestellt ist der Verlauf der Lufttemperatur in 2 m Höhe an zwei unterschiedlichen Orten im Modellgebiet (rote Punkte in Abbildung II.2.3.3). ©DWD 62

Abbildung II.2.11: Nächtliches Temperatur- und Windfeld für die Ermekeilkaserne in Bonn, Ist-Situation. © GEO-NET 63

Abbildung II.2.12: Differenzenplot der Windgeschwindigkeit in m/s für die Ermekeilkaserne in Bonn. Planungsvariante 3 „Grüner Wohnen" im Vergleich zur Ist-Situation. © GEO-NET 64

Abbildung II.2.13: Darstellung der Ist-Situation in Berlin Luisenstadt mit Gebäuden (rot und blau), Bäume (dunkelgrün), Versiegelung (grau) und der Spree und Engelbecken (blau). © GEO-NET 65

Abbildung II.2.14: PET mit Wärmebelastungsstufen (VDI 3787, Blatt 2 11/2008) für die Ist-Situation in Berlin Luisenstadt. Graue Bereiche stellen Gebäude dar. © GEO-NET 66

Abbildung II.2.15: Differenzenplot der nächtlichen Temperatur in [K] für die Ermekeilkaserne in Bonn. Planungsvariante 3 „Grüner Wohnen“ im Vergleich zur Ist-Situation. © GEO-NET 67

Abbildung II.2.16: Darstellung der Geländeoberfläche über NHN. © DWD 68

Abbildung II.2.17: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Lufttemperatur in 2 m Höhe um 5 Uhr MESZ. © DWD 68

Abbildung II.2.18: Dargestellt ist die über eine Stunde gemittelte Windgeschwindigkeit und -richtung in 2 m Höhe um 5 Uhr MESZ. © DWD 68

Abbildung II.2.19: Die Umsetzbarkeit der 240 Anforderungen (Quelle: B. Steuri). 93

Abbildung II.2.20: Verbundübergreifende Evaluierungskriterien auf Basis des Nutzer- und Anforderungskatalogs (Quelle: Fraunhofer IBP). 95

Abbildung II.2.21: Arbeitsstruktur in Modul C (Quelle: Steuri et al., 2018b) 95

Abbildung II.2.22: Exemplarischer Ausschnitt aus der NAK-Tabelle mit den neuen Anforderungen (Quelle: Steuri et al., 2019a). 95

Abbildung II.2.23: Zeitplan zur Erstellung des Evaluationsberichts (Quelle: Fraunhofer IBP) 96

Abbildung II.2.24: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 18 Anforderungen in der Kategorie „Technische Anforderungen und Systemvoraussetzungen“. 100

Abbildung II.2.25: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 61 Anforderungen in der Kategorie „Fachliche und wissenschaftliche Anforderungen“. 101

Abbildung II.2.26: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 20 Anforderungen in der Kategorie „Eingangsdaten“. 102

Abbildung II.2.27: Workflow für die Datenaufbereitung am Beispiel Bonn (Quelle: GEO-NET). 103

Abbildung II.2.28: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 17 Anforderungen in der Kategorie „Ausgangsdaten“. 104

Abbildung II.2.29: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 41 Anforderungen in der Kategorie „Grafische Benutzeroberfläche“. 105

Abbildung II.2.30: Einblick in den Evaluationsworkshop in Dortmund; Vertreter*innen der Partnerkommunen erläutern die Erfahrungen mit PALM-4U (Quelle: TU DO) 107

Abbildung II.2.31: Ergebnisse der Evaluation für die insgesamt 157 Anforderungen. 109

Abbildung II.3.1: Anteil der verschiedenen Bereiche an der Gesamtemission von CO_2 in Deutschland. Quelle: BMU 2016) 113

Abbildung II.3.2: Übersicht über das Design der Konzeptstudie. 118

Abbildung II.3.3: Übersicht über die Untersuchungs (A-D)- und jeweiligen Aufgabenfelder. © FiW 121

Abbildung II.3.4: Darstellung der Phasen einer systematischen Vorgehensweise und den darin zu beantwortenden Fragen. © FIW 121

Abbildung II.3.5: Darstellung der Phasen eines systematischen Vorgehens und den jeweils zentralen Prozessen. © FiW 122

Abbildung II.4.1: Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Module A, B und C für die Entwicklung eines praxistauglichen Stadtklimamodells für die Anwendung zur klimaangepassten Planung und Entwicklung von Siedlungsräumen. Schematische Darstellung ohne Anspruch auf Vollständigkeit. © FIW 125

Abbildung II.5.1: Geplante Arbeitspakete im Verbundvorhaben ProPolis © GERICS 128

Tabellenverzeichnis

Tabelle I.4.1: Übersicht über die derzeit in den Modellkommunen gebräuchlichen Klimamodelle und damit ermittelten Parametern und Indikatoren (eigene Erhebung und Zusammenstellung) 13

Tabelle II.1.1: Übersicht über mögliche Nutzergruppen (nicht abschließend) 26

Tabelle II.1.2: Übersicht über konkrete Nutzungssituationen der Partnerkommunen 28

Tabelle II.2.1: Muster der Nutzungssituation-Raster 37

Tabelle II.2.2: Übersicht der Experteninterviews 40

Tabelle II.2.3: Tabellarische Darstellung der Schnittstellen 58

Bildhinweis

Titel, obere Abbildung: © GEO-NET, Visualisierung der PALM-4U Modellergebnisse einer Testrechnung zur Bebauungsplanung der Ermekeilkaserne in Bonn

Titel, untere Abbildung: © FiW, Expertenwerkstatt für Kommunen „Stadtklimamodelle in der Anwendung“, organisiert vom difu am 28.11.2018 in Berlin

Projektpartner