

Publizierbarer Endbericht

Gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Kurztitel:	KLIMPeR
Langtitel:	Klimaanalysen in der Planung und der Raumentwicklung
Zitiervorschlag:	Faltl, G., Kanonier, A., Ortner, B., Schindelegger, A., Stix, E., Weninger, A. (2024): Klimaanalysen in der Planung und der Raumentwicklung. Endbericht ACRP Implementation 2022.
Programm inkl. Jahr:	Austrian Climate Research Programme Implementation 2022
Dauer:	01.10.2023 bis 30.06.2024
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	TU Wien, Institut für Raumplanung Bodenpolitik und Bodenmanagement
Kontaktperson Name:	Prof. Dr. Arthur Kanonier (TU Wien)
Kontaktperson Adresse:	TU Wien, Institut für Raumplanung, Forschungsbereich Bodenpolitik und Bodenmanagement Karlgasse 13, 1040 Wien
Kontaktperson Tel:	01 58801 280800
Kontaktperson E-Mail:	arthur.kanonier@tuwien.ac.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Rosinak & Partner ZT GmbH (Konsortialpartner) BOKU Wien, Institut für Landschaftsplanung (Subunternehmer)
Schlagwörter:	Raumplanung, Raumordnungsrecht, örtliche Raumplanung, überörtliche Raumplanung, Planungsinstrumente, Klimawandelanpassung, Hitze, Klimaanalyse, Modellierung, Planungshinweiskarten, Vorarlberg
Projektgesamtkosten:	49.000,00 €
Fördersumme:	49.000,00 €

Allgemeines zum Projekt	
Klimafonds-Nr:	KC305571
Erstellt am:	29.07.2024

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Das gegenständliche Forschungsvorhaben setzte sich zum Ziel, konkrete Lösungen für die Integration von Klimawandelanpassungsmaßnahmen in die Raumplanungspraxis und das Raumordnungsrecht in Vorarlberg zu entwickeln und dabei die Rolle von Klimaanalysen und anderen einschlägigen Datengrundlagen zu thematisieren. Ziel war es, Empfehlungen für die Planungspraxis in Vorarlberg sowie vergleichbare Anwendungsfälle in Österreich abzuleiten.

Im Projekt konnte dazu auf eine besondere Datengrundlage zurückgegriffen werden: Das Land Vorarlberg ist über seine Grenzen hinaus in internationale Planungsprozesse gemeinsam mit der Schweiz einbezogen, den Planungen zum „Agglomerationsprogramm Rheintal“, nun bereits in der 5. Generation (kurz „Aggloprogramm“). Parallel zu diesen Planungsprozessen beauftragten der Kanton St. Gallen und das Land Vorarlberg eine Klimaanalyse. Im Rahmen des Aggloprogrammes wurden Planungshinweiskarten und weitere Analysen erstellt, deren Ergebnisse seit Ende 2023 vorliegen.

Für die Vorarlberger Rheintalgemeinden gibt es damit erstmalig in Österreich für eine ganze Region und Gemeindegrenzen übergreifend (Rheintal, Planungsgebiet Aggloprogramm) hoch aufgelöste Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten (z.B. Hitzekarte mit einer Auflösung 10x10 m). Diese Auflösung wurde bislang in Österreich nur im städtischen Kontext für Klimaanalysen verwendet.

Diese hochauflösenden Grundlagen standen in diesem Projekt für die weiterführenden Analysen und Forschungen zur Verfügung: Die im Rahmen des Aggloprogramms umgesetzten Klimaanalysen boten die Möglichkeit, die ausgewiesenen und potenziellen Entwicklungsflächen auf ihre bioklimatische Bewertung zu prüfen und daraus gezielte Anpassungsmaßnahmen und Restriktionen für die Entwicklung der Flächen abzuleiten. Die Ergebnisse konnten mit weiteren Analysedaten verschnitten und „hochsensible Gebiete“ ausgewiesen werden.

Im gegenständlichen Forschungsvorhaben standen daher das Vorgehen zur Modellierung der Klimaanalysen, zur Herstellung der Planungshinweiskarten sowie die daraus ableitbaren Empfehlungen für die Raumordnungspraxis und das Planungsrecht im Fokus der Beratungen.

Die daraus abgeleiteten Empfehlungen adressieren

- die Übersetzung der Informationen aus den Klimaanalysen und Planungshinweiskarten in konkrete Anpassungsmaßnahmen sowie
- Anpassungen in Raumordnungsinstrumenten und im Planungsrecht (Gesetze, Verordnungen).

Der Fokus lag dabei nicht auf Anpassungsmaßnahmen im Siedlungsbestand, sondern auf Entwicklungsflächen, für die eine zukünftige Bebauung und Nutzung unter Berücksichtigung der Klimaanalysen erfolgen soll.

Im Konsortium waren mit der TU Wien, der BOKU und der Rosinak & Partner ZT GmbH Partner aus Forschung und Planungspraxis vertreten. Als Umsetzungspartner beteiligte sich das Land Vorarlberg im Rahmen zweier Workshops sowie im Rahmen bilateraler Abstimmungen im Projektverlauf.

Kernergebnisse und Schlussfolgerungen:

Mit dem Stand der Technik können detaillierte Klimaanalysen und Planungshinweiskarten erstellt werden, die Diskussion zur Integration der Ergebnisse in Planungsprozesse und -entscheidungen steht im Vorarlberger Kontext jedoch noch am Beginn. Als Ergebnis können die folgenden Schlussfolgerungen formuliert werden:

- Für die optimale Berücksichtigung von Klimaanalysen und Planungshinweiskarten in Planungsprozessen sind jedenfalls entsprechende gesetzliche Grundlagen zu schaffen (Zielsetzungen, Ermächtigungen für die Berücksichtigung in Planungsinstrumenten). Das Land Vorarlberg hat diese gesetzlichen Grundlagen mit der jüngsten Novelle des Raumplanungsgesetzes erfüllt. Jedoch nicht alle Bundesländer haben diesen ersten Schritt bereits gesetzt.
- Für die Integration von Klimaanalysen braucht es einen Leitfaden, der einerseits Qualitätskriterien für Klimaanalysen und Planungshinweiskarten definiert sowie andererseits die prozessualen Schritte der Integration der Ergebnisse in Planungsinstrumente und -prozesse auf verschiedenen Ebenen festlegt. Der zweite Teil muss für die Bundesländer differenziert gestaltet werden. Eine ÖREK-Partnerschaft bietet sich für die Formulierung und breite Abstimmung eines solchen Leitfadens an.
- Für die Freihaltung von Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen ist das überörtliche Planungsinstrumentarium zur Anwendung zu bringen, da hier ein regional koordiniertes Vorgehen notwendig ist. Es können insbesondere räumlich abgegrenzte Freihaltebereiche, die dann in der örtlichen Raumplanung zu berücksichtigen sind, ausgewiesen werden.
- Auf örtlicher Ebene fehlen aktuell Vorgaben und Prüfkriterien im Rahmen der aufsichtsbehördlichen Genehmigungsläufe.

2 Executive Summary

The aim of this research project was to develop concrete solutions for the integration of climate change adaptation measures into spatial planning practice and spatial planning law in Vorarlberg, and to address the role of climate analysis and other relevant data sources. The project aims to formulate recommendations for planning practice in Vorarlberg and comparable cases in Austria.

The project was able to draw on a unique data basis for this: The state of Vorarlberg is involved beyond its borders in international planning processes together with Switzerland, the planning for the "Rhine Valley Agglomeration Program", now in its 5th generation (short "Agglo Program"). Parallel to these planning processes, the canton of St. Gallen and the state of Vorarlberg commissioned a climate analysis. As part of the Agglo Program, planning reference maps and other analyses were created, the results of which have been available since the end of 2023.

For the first time in Austria, the Vorarlberg Rhine Valley communities have high-resolution climate analysis and planning reference maps (e.g. heat map with a resolution of 10x10 m) for an entire region and thus across municipal boundaries (Rhine Valley, Agglo Program planning area). This resolution has so far only been used in an urban context for climate analysis in Austria.

This high-resolution data was available for further analysis and research in this project: The climate analyses carried out as part of the agglomeration program offered the opportunity to check the bioclimatic assessment of the designated and potential development areas and to derive targeted adaptation measures and restrictions for the development of the areas. In addition, the results could be combined with other analysis data and "highly sensitive areas" could be identified.

In addition, the current research project focused on the procedure for modelling the climate analyses, for producing the planning reference maps and the resulting recommendations for spatial planning practice and planning law.

The resulting recommendations address

- the translation of information from climate analyses and planning reference maps into concrete adaptation measures and
- adjustments in spatial planning instruments and planning law (laws, regulations).

The focus was not on adaptation measures in existing settlements, but on development areas for which future construction and use should take climate analyses into account.

The consortium included partners from research and planning practice, including the TU Wien, the BOKU University and the Rosinak & Partner ZT Ltd. The state of Vorarlberg participated as an implementation partner in two workshops and in bilateral coordination meetings during the project.

Key results and conclusions:

With the current state of technology, detailed climate analyses and planning reference maps can be created, but the discussion on integrating the results into planning processes and decisions is still in its early stages in the Vorarlberg context. As a result, the following conclusions can be drawn:

- In order to ensure that climate analyses and planning reference maps are taken into account optimally in planning processes, appropriate legal bases must be created (objectives, authorizations for consideration in planning instruments). The state of Vorarlberg has fulfilled these legal bases with the most recent amendment to the Spatial Planning Act. However, not all federal states have already taken this first step.
- For the integration of climate analyses, a guide is needed that defines quality criteria for climate analyses and planning reference maps on the one hand and the procedural steps for integrating the results into planning instruments and processes at different levels on the other. The second part must be designed differently for the federal states. An ÖREK partnership is suitable for the formulation and broad coordination of such a guide.
- The regional planning instruments must be used to keep cold air generation areas and cold air corridors undeveloped, as a regionally coordinated approach is necessary here. In particular, spatially demarcated areas can be designated that are then to be taken into account in local spatial planning.
- At the local level, there are currently no specifications or testing criteria within the framework of the regulatory approval processes.

3 Hintergrund und Zielsetzung

Die Raumplanung wird gemeinhin als Schlüsselhandlungsfeld für die Klimawandelanpassung genannt (BML 2024a, BML 2024b, BMNT 2017a, BMNT, 2017b, ÖROK 2021). Entscheidungen über die räumliche Entwicklung sind einerseits im Hinblick auf den Klimaschutz wirksam, müssen andererseits aber auch betreffend ihrer Anpassungsleistungen beurteilt werden. Die Prüfung, welche Anpassungsmaßnahmen auf welcher Ebene in Planungsprozesse und einzelne Planungsinstrumente integriert werden können bzw. sollen und ob geplante Entwicklungen unter sich verändernden klimatischen Bedingungen langfristig vertretbar sind, wird als "Climate Proofing" bezeichnet (Schindelegger et al. 2021).

Um eine räumliche Entwicklung allgemein und insbesondere eine Siedlungsentwicklung zu forcieren, die die Anpassung an bestehende Klimawandelfolgen ebenso wie an zukünftig prognostizierte Folgen sicherstellt und damit ein „Climate Proofing“ erlaubt, müssen die in den Bundesländern existierenden Planungssysteme kritisch evaluiert und weiterentwickelt werden.

Das Land Vorarlberg bzw. das Rheintal repräsentiert im Hinblick auf die Topografie, die dynamische Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung und die enge funktionale Verflechtung mit den Nachbarländern sowie die evidenten Klimasignale einen besonderen Untersuchungsraum zur Frage wie Anpassungsleistungen in die räumliche Entwicklung integriert werden können.

Zu den Klimasignalen in Vorarlberg gibt es bereits allgemeine Analysen. Die CLIMA MAP Karten geben unter Nutzung der Spartacus und ÖKS15 Daten einen groben Überblick zu Trends für das Land Vorarlberg. Im Szenario mit den geringsten Klimaschutzanstrengungen (RCP8.5) sind vor allem die großen Talschaften (Rheintal, Walgau, Montafon) gravierend von einer Zunahme an Hitzetagen betroffen, was zu einem erhöhten Bedarf an energieintensiver Kühlung führt. Auch wenn sich die Jahresniederschläge nicht signifikant ändern werden, sind vor allem Trockenperioden und jahreszeitliche Verschiebungen von Niederschlägen zunehmend ein Problem.

Das Land Vorarlberg hat die Handlungsnotwendigkeit erkannt und verfügt seit 2016 über eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (Land Vorarlberg 2016a), erstellt dazu aktuelle Aktionspläne (Land Vorarlberg 2021) und hat insbesondere Handlungsfelder für Gemeinden in einem gesonderten Dokument herausgegeben (Land Vorarlberg 2016b). Darin wird auf die Rolle der Raumplanung und des Baurechts verwiesen und die Handlungsfelder Wasserrückhalt, Objektschutz und Sommerhitze definiert. Vor allem durch die Implementierung von grüner und blauer Infrastruktur über die Instrumente der örtlichen Raumplanung sollen hier Maßnahmen umgesetzt werden.

Das gegenständliche Forschungsvorhaben setzt sich daher zum Ziel, Ansatzpunkte für die Integration von Klimawandelanpassungsmaßnahmen in die Raumplanung in Vorarlberg zu identifizieren und dabei insbesondere die Rolle

und Notwendigkeit von Klimaanalysen und anderen einschlägigen Datengrundlagen als Entscheidungsgrundlage zu thematisieren.

Als besonderer Aspekt kommt in Vorarlberg die Einbettung in internationale Planungsprozesse gemeinsam mit der Schweiz hinzu. So wurde vom Kanton St. Gallen und Land Vorarlberg eine Klimaanalyse mit dazugehörigen Planungshinweiskarten beauftragt, deren Ergebnisse und weitere Analysen seit Ende 2023 vorliegen. Für die urban geprägten Vorarlberger Rheintalgemeinden gibt es damit erstmalig in Österreich für eine ganze Region hoch aufgelöste Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten (z.B. Hitzekarte 10x10 m). Die Ergebnisse dieser Klimaanalyse bieten unter anderem die Möglichkeit, die ausgewiesenen und potenziellen Siedlungsentwicklungsflächen auf ihre bioklimatische Bewertung zu prüfen und daraus Maßnahmen und Restriktionen abzuleiten.

Mit dem Wissen um den allgemeinen Stand der Forschung, internationale Bemühungen im Alpenraum und die gemeinhin bestehende Erkenntnis, dass stärker an der konkreten Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in und über die Raumplanung auf lokaler und regionaler Ebene gearbeitet werden muss, liefert das Projekt unmittelbare Ergebnisse und Hilfestellungen für Entscheidungsträger:innen. Durch den Fokus auf konkrete Entwicklungsflächen soll diskursiv erhoben werden, inwieweit überhaupt Beurteilungskriterien auf Basis hochauflösender Klimaanalysen formuliert werden können.

Eine derartige Übersetzung von Klimaanalysen in die Beurteilung von Anpassungsleistungen auf konkreten Flächen gibt es bisher in Österreich auf regionaler Ebene noch nicht. In Klimawandelanpassungsstrategien für Städte sind derartige Analysen zwar vorhanden, die konkrete und flächendeckende Verknüpfung mit einer Siedlungsstrategie und der Raumplanung fehlt allerdings.

Die eigentliche Planungsentscheidung und Festlegung von Inhalten in Planungsdokumenten hat natürlich unter Abwägung der Zielerreichung durch den Planungsträger zu erfolgen.

Das Projekt zielt daher darauf ab auf andere Bundesländer, Regionen und Gemeinden übertragbare Ergebnisse zu liefern. Diese sind so konkret wie möglich formuliert, abstrahieren aber den Kern aus dem betrachteten Untersuchungsraum, dem Vorarlberger Rheintal. Ergebnisse beziehen sich vor allem auf die Übersetzung von Informationen aus Klimaanalysen und Planungshinweiskarten in Anpassungsmaßnahmen und -festlegungen. Konkrete Anpassungsmaßnahmen könnten die Freihaltung von Flächen für die Sicherstellung von Frisch- und Kaltluftflüssen auf regionaler (sektorales Programm) und örtlicher Ebene (Räumlicher Entwicklungsplan, Flächenwidmungsplan) sein. Auf Bauplatzebene ist insbesondere die klimasensible Bebauung durch entsprechende Gebäudeausrichtung anhand von Bauordnungsbestimmungen und der Bebauungsplanung sowie die Steuerung der grünen und blauen Infrastruktur durch Bepflanzungsverpflichtungen oder Versiegelungsverbote auf klimaökologisch bedeutenden Flächen möglich.

4 Projektinhalt und Ergebnisse

4.1 Status Quo: Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in die Vorarlberg Raumplanung

Vorarlberg ist – wie jedes andere Bundesland auch – in der Klimawandelanpassung kein unbeschriebenes Blatt. Es existiert eine Anpassungsstrategie und ein fortlaufend aktualisierter Aktionsplan zur Umsetzung (Land Vorarlberg 2016a, Land Vorarlberg 2021). Die grundsätzliche strategische Verankerung einer Anpassungsagenda führt aber nicht per se zu einer Anpassung einschlägiger gesetzlicher Vorgaben und auch nicht zur Veränderung etablierter Abläufe und Praktiken auf Landes- oder Gemeindeebene. Das gilt auch für die Raumplanung. Der Übersetzungsprozess – aus neuen Analysen und Grundlagen (insb. Klimaanalysen) Anpassungsmaßnahmen abzuleiten und diese in raumplanerischen Instrumenten zu verankern – muss erst entwickelt werden. Im Folgenden wird daher der Status Quo der Integration von Maßnahmen der Klimawandelanpassung in das Vorarlberger Planungssystem und die Planungspraxis dargestellt.

4.1.1 Klimawandelauswirkungen in Vorarlberg

Für Österreich gibt es flächendeckend Klimaszenarien, die unter dem Kürzel ÖKS15 bekannt sind. Diese wurden gemeinsam von Bund und Ländern finanziert, basieren auf den damals aktuellen Ensemble Simulationen der internationalen CORDEX-Initiative des Weltklimaforschungsprogramms und wurden gemeinsam vom Wegener Center (Uni-Graz), der GeoSphere Austria (ehemals ZAMG) und Z_GIS (Uni Salzburg) erstellt. Die generierten Daten sind über das Climate Change Center Austria (CCCA) frei verfügbar (BMLFUW 2015). Die globalen Trends der jahreszeitlichen Verschiebung von Niederschlägen und der Erwärmung treten für Österreich aus der Analyse deutlich hervor. Die berechneten Klimaszenarien wurden im Detail auch für die einzelnen Bundesländer aufbereitet und entsprechende Berichte erstellt.

Für Vorarlberg muss mit einer Temperaturzunahme von 2,3 °C bis 4,2 °C bis zum Zeitraum 2070-2100 je nach zugrundeliegendem Szenario (RCP 4.5, RCP 8.5) gerechnet werden. Für die Winter gibt es eine Tendenz, dass diese etwas mehr Niederschlag bringen (5,6 bis 13,9 % im Mittel für das RCP 4.5 und 8.5 Szenario). Dieser Niederschlag fällt aufgrund der durchschnittlich höheren Temperaturen vermehrt in flüssiger Form und nicht als Schnee. Ein weiterer Effekt der Klimaveränderung in Vorarlberg wird die Verlängerung der Vegetationsperiode um bis zu 60 Tage sowie eine Zunahme an Hitzetagen sein (bis zu 10 zusätzliche Tage und mehr). Vor allem wird die räumliche Betroffenheit von Hitzetagen deutlich zunehmen und nicht mehr auf das Rheintal, den Walgau und Teile des Bregenzerwaldes beschränkt sein. Gleichzeitig nehmen die Frosttage massiv ab (Land Vorarlberg 2016c).

Die Analysedaten und auch deren Auflösung sind für eine erste Einschätzung der Exposition des Landes Vorarlberg gegenüber von Klimawandelfolgen zwar überaus nützlich, weisen im Hinblick auf die Nutzbarkeit in der Raumplanung aufgrund der großen Auflösung (1x1 km) aber deutliche Einschränkungen auf. Vor allem die größeren Städte haben zur Lösung dieser Problematik detaillierte Klimaanalysen beauftragt, die im DACH-Raum zumindest teilweise nach einer in Deutschland etablierten Richtlinie (VDI 3787) erarbeitet werden und mithilfe derer auch Planungshinweiskarten erstellt werden. (Stadt-)Klimaanalysen konzentrieren sich auf das Themenfeld Hitze und ermöglichen im Gegensatz zu den grob aufgelösten ÖKS15-Analysen auch Aussagen auf lokaler Ebene. In der Regel werden die aktuellen klimatischen Bedingungen als Eingangsparameter für die Analyse verwendet, obwohl auch zukünftige Szenarien berücksichtigt werden könnten.

4.1.2 Existierende Datengrundlagen für Bestandsaufnahmen und -analysen in der Raumplanung

Die Bestandsaufnahme und -analyse bildet in der überörtlichen wie örtlichen Raumplanung die zentrale Grundlage für die Argumentation von Entscheidungen über die Raumentwicklung im Rahmen der Möglichkeiten der jeweiligen Planungsinstrumente. Klimawandelanpassungsmaßnahmen in der Planung benötigen daher eine entsprechend fundierte Datenbasis. Das betrifft (i) bestehende und bereits messbare Auswirkungen des Klimawandels und (ii) zu einem gewissen Grad die Vorhersage der erwartbaren weiteren Veränderungen.

Im Folgenden werden die relevanten Gefahrenprozesse und existierenden Datengrundlagen in Vorarlberg aufgeschlüsselt:

Gefahrenprozess	Exposition	Datenquellen, Verfügbarkeit
Hochwasser - fluvial	HQ30, HQ100, Restrisikobereiche, Abflussuntersuchungen, Gefahrenzonenpläne der BWV; flächendeckend in allen Gewässerabschnitten der BWV verfügbar	WISA WebGIS Anwendung, HORA WebGIS, Geodaten sind für Gemeinden frei verfügbar
Hochwasser-pluvial	Einheitliche Kartendarstellung des modellierten Oberflächenabflusses seit 07/2024	Abrufbar via HORA WebGIS, Geodaten sind für Gemeinden frei verfügbar
Wildbäche	Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung	online publiziert via www.waldatlas.at , Geodaten sind für Gemeinden frei verfügbar
Lawinen		
Rutschungen		
Steinschlag, Fels-/Bergstürze	Hinweisbereich in Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung	
Trockenheit	ÖKS15 Szenarien	Daten und Factsheets für die Bundesländer via www.klimaszenarien.at abrufbar
Hitze		

Tabelle 1: Datengrundlagen zu verschiedenen Gefahrenprozessen in Vorarlberg

Die überblickshafte Darstellung zeigt, dass lediglich jene Naturgefahren, die in den Aufgabenbereich der Bundeswasserbauverwaltung (BWV) und der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) fallen umfassend und in einem hohen Detaillierungsgrad untersucht sind. Belastbare und hochauflösende Datengrundlagen v.a. zu Hitze existieren derzeit noch nicht.

Neben den Datengrundlagen zu Gefahrenprozessen stellt das Land Vorarlberg eine Vielzahl von Geodaten über die WebGIS Anwendung des Landes, den Vorarlberg Atlas, zur Verfügung. Im Bereich der Raumplanung sind die folgenden Inhalte abrufbar:

- **Landesraumpläne:** Blauzone, Grünzone, EKZ-Eignungszone, EKZ-Landesraumplan,
- **Flächenwidmungspläne:** Bestand flächendeckend für das gesamte Land, Umwidmungen, Seveso II Schutzabstand,
- **Bauflächennutzung:** Analyse der gewidmeten aber noch unbebauten Bauflächen (zuletzt 2020),
- **Inventar Weißzone:** Grundlagenanalyse zu Erschließungsgrad und Zustand von Landschaftsräumen für die Berücksichtigung in der Bestandsaufnahme/-analyse,
- **Kulturlandschaftsinventar Montafon:** Grundlagenanalyse für die Berücksichtigung in der Bestandsaufnahme/-analyse.

Allgemeine klimarelevanten Daten sind im Atlas ebenfalls publiziert:

- **Solarpotential** (Stand 2017) – Analyse für Gebäude (Einzeldachflächen > 4m²); Sonnenscheindauer an Tag 111 (21. April); Jahresertrag auf der Teilfläche und Jahresertrag pro m², Solarerträge nach Klassen,
- **Solarenergie-Jahressumme:** Jahressumme der Solarpotentials in kWh pro Quadratmeter und Jahr, 1m Raster in Vorarlberg,
- **Potenzielle Sonnenscheindauer:** Potenzielle Sonnenscheindauer am 21. April (Tag 111) in Stunden, 1m Raster in Vorarlberg,
- **Gründächer:** Aufnahme der existierenden Gründächer basierend auf Orthofotos (Stand 2020),
- **Windenergie:** mittlere Windgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Höhen und mittlere Leistungsdichte W/m².

Während sich die publizierten Daten im Reiter Klima bisher ausschließlich auf klimaschutzrelevante Aspekte bezogen haben, können nun seit kurzem die Ergebnisse aus der Klimaanalyse für das Rheintal (Meteotest 2023) im existierenden WebGIS abgerufen werden. Damit steht für die Vorarlberger Rheintalgemeinden nun erstmals eine Datengrundlage für den Umgang mit Hitzeinseln, Kaltluftentstehungsgebieten oder Kaltluftflüssen zur Verfügung.

4.1.3 Klimawandelanpassung in der Vorarlberger Raumplanung

In Vorarlberg gibt es derzeit kein eigenständiges Konzept oder Programm für die Klimawandelanpassung (und den Klimaschutz) in und über die Instrumente der Raumplanung. Nur für die Agglomerationsgemeinden (11 Vorarlberger Gemeinden im Agglomerationsperimeter Rheintal – Schweiz) gibt es seit Anfang 2024 ein Klimawandelanpassungskonzept mit Fokus Hitze (Rosinak & Partner

2024). Grundlage für Initiativen und Maßnahmen ist die Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, die 2015 verabschiedet wurde. Streng genommen ist die Einbeziehung von Klimaanalysen zuallererst eine Risikomanagementaufgabe. Der Schutz vor Naturgefahren findet aber – wie in anderen Bundesländern auch – prominent Eingang in die Anpassungsstrategie. Diese formuliert aber keine eigenständigen (messbaren) Ziele, sondern listet bezogen auf einzelne Sektoren Handlungsprioritäten auf (Land Vorarlberg 2016a). Der Teil der Anpassungsstrategie für Gemeinden unterscheidet verschiedene Handlungsfelder, wobei auch hier keine eigentlichen Zielsetzungen formuliert werden (Land Vorarlberg 2016b). Die folgenden Handlungsfelder für Gemeinden werden in der Anpassungsstrategie identifiziert:

- **Schutz vor Naturgefahren:** v.a. Prävention durch Raumplanung mittels Freihaltung von Hochwasserretentions- und Hochwasserabflussbereichen; primär auf Hochwasser bezogen; Überwärmung und Hitze bzw. fehlende Abkühlung wird nicht als Naturgefahr angesprochen.
- **Raumplanung & Baurecht:** „Als Baubehörde kann die Gemeinde die Umsetzung von Maßnahmen zur Klimawandelanpassung einfordern (z.B. versickerungsfähige Beläge, Grünflächengestaltung bzw. Bepflanzungen) oder im Rahmen von Baugrundlagenbestimmungen Bewusstseinsbildung betreiben.“ (ebd. 3); Handlungsfelder sind Wasserrückhalt, Objektschutz, Sommerhitze.
- **Ökosysteme, Biodiversität und Naturschutz:** „Als örtliche Raumplanungsbehörde kommt der Gemeinde im Bereich Naturschutz eine große Bedeutung zu.“ (ebd. 7)

Für die konkrete Erreichung einer Anpassung in den einzelnen Handlungsfeldern gibt es kein eigenständiges Instrumentarium. Die Landesverwaltung sowie die Kommunen sind dazu angehalten die Umsetzung unmittelbar in ihren Verantwortungsbereichen vorzunehmen. Hier spielen naturgemäß informelle Prozesse und Instrumente eine wesentliche Rolle. Ein Überblick über Fachkonzepte, Planungen und Projekte im Bereich der Klimawandelanpassung in Vorarlberg findet sich im Anhang in Tabelle 3.

KLIMAWANDELANPASSUNG MITTELS RAUMPLANERISCHER INSTRUMENTEN

Raumplanerische Entscheidungen wirken langfristig. Dementsprechend ist es zentral zu überlegen, welche einzelnen Anpassungsmaßnahmen über Planungsinstrumente umgesetzt werden können und was eine Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen konkret bedeuten. Solche Maßnahmen sind insbesondere:

- **Reduktion der Fläche für Bautätigkeit**, um so viel Mutterboden wie möglich mit (allen) Bodenfunktionen zu erhalten;
- **Waldflächen** gezielt von infrastruktureller Erschließung und Bebauung freihalten;
- **Freihaltung** von natürlichen **Retentionsflächen** und **Abflusskorridoren** für Hochwasser (pluvial, fluvial)
- **Stabilisierung des Grundwasserregimes** bei gleichzeitiger Entlastung der technischen Infrastruktur (Oberflächenwassersammler)
- Regulierung/Verbesserung des **Mikroklimas**
- Sicherung von **Ökosystemleistungen** (ökologisch wertevolle Flächen & Konnektivität)

Die genannten Anpassungsleistungen können als flächenbezogen erbrachte „Services“ und daher auch als Ecosystem Services (ESS) kategorisiert werden. Entsprechend der CICES-Klassifizierung sind nur einige ESS tatsächlich planungsrelevant bzw. können sie in Planungsinstrumente unmittelbar übersetzt werden (siehe Tabelle 2).

ESS – Ökosystemdienstleistungen (planungsrelevant)	
Regulierende Leistungen	Filterwirkung (Luft, Wasser)
	Lärmreduktion
	Visuelle Verbesserung
	Wasserretention und -infiltration
	mikroklimatische Regulierung
Kulturelle Leistungen	Erholungsfunktion
Unterstützende Leistungen	Grundwasserbildung

Tabelle 2: Planungsrelevante Ökosystemdienstleistungen nach CICES-Klassifizierung

Basierend auf den planungsrelevanten Ökosystemdienstleistungen können folgende planerische Maßnahmen für die Anpassung genutzt werden:

- **Freihaltung von Flächen** für (i) Wasserabfluss, -retention, -infiltration, (ii) Ökosystemleistungen, (iii) Verbesserung Mikroklima
- **Erhaltung von Mutterboden – Steuerung der Versiegelung** (Beitrag zum Oberflächenwassermanagement, Mikroklima, Ökosystemleistungen)
- **Anordnung von Gebäuden und Gestaltung von Straßenräumen** (Mikroklima, Windsituation, Ermöglichung Kaltluftfluss, Pflanzgebote und Pflanzbindungen)
- **Gestaltung von Gebäuden** (Grünelemente, Reflektion)

Mit dem Fokus des Projektes auf Klimaanalysen, und damit die Gefährdung durch Hitze, sind die folgenden Maßnahmen tatsächlich für die Integration in Planungsinstrumente geeignet:

- **Freihaltung von Flächen** zur Kaltluftbildung, dem Kaltluftfluss bzw. der Frischluftzufuhr (Räumlicher Entwicklungsplan, Flächenwidmungsplan)
- **Herstellung siedlungsinterner grüner Infrastruktur** mittels unversiegelter Fläche und durch Pflanzgebote und Pflanzbindungen (Räumlicher Entwicklungsplan, Flächenwidmungsplan, Bebauungsplan, Baugrundlagen, Bauverfahren)
- **Anordnung/ Ausrichtung von Gebäuden** unter Berücksichtigung von Kaltluftflüssen und zur Verhinderung von Wärmeinseln (Bebauungsplan)
- **Gestaltung von Gebäuden** zur Verhinderung von Wärmeinseln (Bebauungsplan, Baugrundlagen)

RECHTLICHE SITUATION – ZIELE, INSTRUMENTE

Sämtliche Entscheidungen in der Raumplanung haben im Sinn der finalen Determinierung (Lienbacher, 2016) zur Erreichung der auf gesetzlicher Ebene festgelegten Ziele beizutragen. Im Vorarlberger Raumplanungsgesetz (VLbg RPG LGBl. Nr. 36/1996 idF 57/2003) sind im Hinblick auf die Klimawandelanpassung die folgenden beiden Ziele relevant:

- § 2 Abs 2 Ziele der Raumplanung sind ... lit b die Erhaltung der **Vielfalt von Natur und Landschaft und der Schutz des Klimas**
- § 2 Abs 3 Bei der Planung sind insbesondere folgende weitere Ziele zu beachten: ... lit c: Die natürlichen und naturnahen Landschaftsteile, die Freiräume für die Landwirtschaft und die Naherholung sowie die Trinkwasserreserven sollen erhalten bleiben. ... lit d: Die Siedlungsgebiete sind bestmöglich **vor Naturgefahren** und den **nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels zu schützen**; die zum Schutz vor Naturgefahren und den nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels **notwendigen Freiräume** sollen erhalten bleiben.

Status Quo: Das VlbG RPG hat seit der Novelle 57/2023 sowohl Klimaschutz als auch Klimawandelanpassung als Zielsetzung festgeschrieben. In diesem Kontext hat die Raumplanung also im Rahmen ihrer instrumentellen Möglichkeiten neben dem bestmöglichen Schutz vor Naturgefahren die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels in der Entscheidungsabwägung zu berücksichtigen. Die Zielsetzung ist sowohl auf örtlicher als auch auf regionaler Ebene zu berücksichtigen.

RAUMPLANERISCHE INSTRUMENTE

In Vorarlberg können für das gesamte Landesgebiet oder Teile desselben Landesraumpläne gemäß § 6 VlbG RPG verordnet werden. Es gibt keine weiteren Vorgaben oder Verpflichtungen zu einer inhaltlich einschlägigen Auseinandersetzung. Dementsprechend steht es der Landesregierung frei Themenbereiche, die im überwiegenden überörtlichen Interesse liegen, in Landesraumplänen zu regeln. Aktuell existieren folgende für die Klimawandelanpassung relevanten Landesraumpläne:

- **Grünzone Rheintal & Walgau:** Die Grünzonen im Rheintal und Walgau wurden 1977 durch die Landesregierung verordnet (LGBl. Nr. 8/1977 und 9/1977). Sie dienen zur Erhaltung eines funktionsfähigen Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes, dem Erhalt von Naherholungsgebieten sowie dem Erhalt der Voraussetzungen für eine leistungsfähige Landwirtschaft. Die festgelegten Flächen werden im Hinblick auf ihre Funktionen (sprich ESS) nicht ausdifferenziert. Somit werden auch jene Flächen, die etwa für eine Kaltluftproduktion und die Kaltluftleitung wesentlich sind, nicht vermerkt. Dies liegt am Alter der Grünzonenverordnung, kann aber durchaus ergänzt werden.
- **Blauzone:** Die Blauzone wurde 2013 von der Landesregierung beschlossen (LGBl. Nr. 1/2014) und hat zum Ziel den Siedlungsraum von Hochwasserereignissen zu schützen, Flächen für schutzwasserwirtschaftliche Maßnahmen zu sichern sowie Flächen für den Hochwasserabfluss und -rückhalt von einer Bebauung freizuhalten. Hochwassergefahrenzonen werden basierend auf Eintrittswahrscheinlichkeiten abgegrenzt, die wiederum auf der Beobachtung und statistischen Analyse vergangener Ereignisse in Kombination mit einer numerischen Modellierung festgelegt werden. Sie sind daher als dynamische Informationsquelle zu verstehen, die an geänderte Umweltbedingungen (veränderte Wetterlagen, erhöhter Abfluss durch fehlende Gletscher und hohe Schneefallgrenzen) anzupassen sind. Die Festlegung der Blauzone greift diese u.a. klimawandelbedingte Dynamik nicht auf. Sie basiert in ihrer Festlegung daher weder auf konkreten festgestellten Hochwasserabflussbereichen noch berücksichtigt sie Klimawandelfolgen.

Status Quo: Landesraumpläne sind in Vorarlberg grundsätzlich geeignet, um Ziele und Maßnahmen der Klimawandelanpassung auf überörtlicher Ebene festzulegen. Die zwei relevanten verordneten Landesraumpläne haben allesamt aber keinen Bezug zu Zielen und Maßnahmen der Klimawandelanpassung bzw. der Integration von Klimaanalysen und Szenarien über die Veränderung von Umweltbedingungen.

Das Gros räumlicher Anpassungsmaßnahmen liegt in der Entscheidungshoheit der Gemeinden und kann in die örtlichen Planungsinstrumente eingebettet werden.

In Vorarlberg wurden bis 2019 Räumliche Entwicklungskonzepte (REK) als konzeptionelle strategische Raumentwicklungsinstrumente mit Selbstbindung für die Gemeinden erstellt. Mittlerweile sind strategische Entwicklungskonzepte als sogenannte Entwicklungspläne (REP) (§ 11 VlbG RplG) zu erstellen und zu verordnen. Der Räumliche Entwicklungsplan ist Grundlage für die Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung und als Verordnung nicht unmittelbar anwendbar. Im REP sind gemäß § 11 VlbG RplG Aussagen zu verschiedensten Aspekten zu treffen. Davon umfasst ist auch die Entwicklung von Natur und Landschaft und der Schutz des Klimas (§ 11 Abs. 1 lit. d), die Sicherung von Freiräumen zum Schutz von Naturgefahren (§ 11 Abs. 1 lit. e) und die bauliche Entwicklung unter Beachtung der nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels (§ 11 Abs. 1 lit. f).

Status Quo: Der Räumliche Entwicklungsplan muss entsprechend der gesetzlichen Vorgaben klimatische Änderungen und dahingehend Änderungen der Umweltbedingungen (mit einhergehender Veränderung von Naturgefahrenexpositionen) verpflichtend bearbeiten und einschlägige Festlegungen treffen.

Dem Räumlichen Entwicklungsplan nachgereiht ist der Flächenwidmungsplan, der von jeder Gemeinde für das gesamte Gemeindegebiet im eigenen Wirkungsbereich zu erstellen ist (§ 12 VlbG RplG). Mit dem Flächenwidmungsplan können in Vorarlberg die folgenden Anpassungsmaßnahmen forciert werden.

- **Freihaltung von Flächen:** Im Flächenwidmungsplan gibt es die Möglichkeit Freiflächen-Freihaltegebiet zu widmen, die von einer Bebauung freizuhalten sind. Insbesondere kann dies zum Schutz des Landschafts- und Ortsbildes oder wegen der natürlichen Verhältnisse (Naturgefahrenexposition, Grundwasserstand etc.) erfolgen (§ 18 Abs 5). Die aktuelle Formulierung von Freiflächen-Freihaltegebieten stellt einerseits auf die zwei Funktionen Schutz des Landschafts- und Ortsbildes und andererseits auf die Freihaltung aufgrund der natürlichen Verhältnisse ab. Es besteht demnach keine explizite Ermächtigung wonach Flächen aufgrund der Funktion, die sie für das Mikroklima haben (Kaltluftentstehung, Kaltluftbahnen, Minderung der Hitzebelastung), als Freihaltegebiete ausgewiesen werden können.

- **Grünstreifen/Grüngürtel** zu Gliederung des Siedlungskörpers: In Vorarlberg gibt es im Flächenwidmungsplan keine Möglichkeit Freihalteflächen zur Siedlungsgliederung und Sicherstellung von „Grüner Infrastruktur“ auszuweisen.

Status Quo: Der Flächenwidmungsplan erlaubt in Vorarlberg grundsätzlich die Gliederung der Siedlungs- und Freiflächen, hat hier aber noch deutliche Limitationen im Hinblick auf die Freihaltung für Klimawandelanpassungszwecke. Eine Freihaltung aufgrund der Ökosystemdienstleistungen, die einzelne Flächen erbringen, ist nach aktuellem Recht nicht vorgesehen.

In Vorarlberg besteht keine generelle Bebauungsplanungspflicht. Bebauungspläne sind demnach optional zu erstellen, wenn dies von der Gemeinde aus Gründen der zweckmäßigen Bebauung als erforderlich erachtet wird. Es gibt außerdem keinerlei Pflichtinhalte. Im Hinblick auf Klimawandelanpassung sind die folgenden Festlegungsmöglichkeiten relevant (§ 28 Abs 3 VlbG RPG):

- lit n) die äußere Gestaltung der Bauwerke (z.B. Flucht- und Firstrichtung, Gliederung, Dachform und -eindeckung, Lauben, Balkone, Verputz, Farbe)
- lit p) die Flächen, die im öffentlichen Interesse von jeder oder von einer bestimmten Bebauung freizuhalten sind (z.B. Umgebung von Denkmälern, landschaftlich und städtebaulich wertvolle Ausblicke, zur Erhaltung von Natur und Landschaft, aus Gründen des Klimaschutzes oder zur Anpassung an den Klimawandel frei zu haltende Flächen),
- lit s) Bestimmungen über das Anpflanzen und die Erhaltung von Grünflächen, Bäumen und Sträuchern.

Status Quo: Bebauungspläne unterliegen in Vorarlberg in ihrer Erstellung ausschließlich dem planerischen Ermessen der Gemeinden. Im Vergleich zu anderen Bundesländern sind sie daher nicht generell für die bauliche Entwicklung maßgeblich. Mithilfe der Bebauungsplanung können grundsätzlich Flächen im öffentlichen Interesse von einer Bebauung freigehalten und Gebäude entsprechend gestaltet werden. Pflanzgebote und Pflanzbindungen sind ebenfalls möglich, aber es gibt dafür derzeit keinen Vollzugsmechanismus.

Auf örtlicher Ebene gibt es auf Basis der letzten Novelle des Raumplanungsgesetzes umfangreiche Möglichkeiten Anpassungsmaßnahmen in die verbindlichen Instrumente zu integrieren und entsprechend der Zielsetzung ist dies auch jedenfalls zu prüfen und sofern möglich umzusetzen.

In Vorarlberg gibt es für die Raumplanung auf überörtlicher sowie örtlicher Ebene durch die die politische Priorisierung des Themas – Beschluss des Klimanotstands 2019 (Beilage LGBl. Nr. 89/2019) –, die Zielsetzungen in Strategiedokumenten und dem Raumplanungsgesetz sowie die Ermächtigungen, Anpassungsmaßnahmen in Planungsinstrumente zu integrieren, kein Defizit mehr bei der Ermächtigung. Zielsetzungen sind daher klar formuliert und die Handlungsoptionen liegen vor.

4.2 Potenziale von Klimaanalysen- und Planungshinweiskarten zur Anwendung in der Raumplanung

4.2.1 Das Fallbeispiel Rheintal

Ein Schwerpunkt des Agglomerationsprogramms 5. Generation im Rheintal ist eine Strategie zur Klimawandelanpassung. Das Agglomerationsprogramm ist ein Instrument für die Planung und Umsetzung konkreter Projekte, die vom Schweizer Bund gefördert werden. Auch Vorarlberger Rheintalgemeinden sind am Agglomerationsprogramm Rheintal beteiligt und profitieren von Förderungen des Schweizer Bundes.

Der Kanton St. Gallen hat gemeinsam mit dem Land Vorarlberg eine Klimaanalyse in Auftrag gegeben (Meteotest, 2023), die Grundlage der Klimawandelanpassungsstrategie im Agglomerationsprogramm ist. Die Strategie legt den Fokus auf Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen der Hitze, umfasst aber auch Maßnahmen in den Teilstrategien Landschaft, Siedlung und Verkehr. Das Klimawandelanpassungskonzept (Rosinak & Partner ZT GmbH, 2024) wurde von einer Fachgruppe, in der Expert:innen von Land, Kanton, KLAR!-Regionen sowie den St. Galler und Vorarlberger Gemeinden vertreten waren, begleitet. Für alle 23 Städte und Gemeinden (davon 11 in Vorarlberg) wurden Maßnahmen und Gemeindesteckbriefe, Gemeindegarten sowie Planungshinweiskarten ausgearbeitet. Weiter wurden sensible, große, un bebauten Flächen beurteilt und Maßnahmen empfohlen, ebenso zu vulnerablen Gruppen sowie zu besonders sensiblen Siedlungsrandern auf Gemeindeebene. Für die so genannten Entwicklungsschwerpunkte Wohnen/Arbeiten/Bahnhof wurden konkrete Maßnahmen verortet.

Bisher fehlte in der Agglomeration Rheintal weitgehend die Datenbasis als Entscheidungsgrundlage für Klimawandelanpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene – was die Raumplanung betrifft. Um Entscheidungen hinsichtlich Flächennutzungen vor allem im Siedlungsgebiet treffen zu können, sind Kenntnisse über die stadtklimatischen Verhältnisse notwendig. Diese Kenntnisse können aus (Stadt)Klimaanalysen gewonnen werden. Aus Klimaanalysen lassen sich sogenannte Planungshinweiskarten ableiten, welche Aussagen über Flächen auf großmaßstäbiger Ebene ermöglichen.

Durch die mit 10 x 10 m hoch aufgelöste Klimaanalyse in der Agglomeration Rheintal wurde versucht, die Lücke in der Datenbasis zu schließen und eine Entscheidungsgrundlage für künftige Anpassungsmaßnahmen auf regionaler Ebene sowie in den Gemeinden zu schaffen. Die vorliegende Klimaanalyse fokussiert auf das Handlungsfeld Hitze, wobei sowohl das thermische Empfinden im Freien während des Tages als auch die Abkühlungseffekte durch nächtliche Kaltluftströmungen untersucht wurden.

Mit den aus der Klimaanalyse abgeleiteten Planungshinweiskarten sowie einer Überlagerung mit anderen raumplanerischen Fragestellungen erfolgte eine

Kategorisierung von Flächen je nach humanbioklimatischer Situation und Bedeutung.

Es stellt sich nun einerseits die Frage, wie diese Ergebnisse über die überörtlichen und örtlichen Raumplanungsinstrumente in konkrete Festlegungen umgesetzt werden können und inwiefern die dafür erforderliche parzellenscharfe Abgrenzung möglich und sinnvoll ist. Andererseits soll herausgefunden werden, inwiefern die für die Agglomeration Rheintal getroffene Kategorisierung von Flächen auf andere Regionen bzw. Städte in Österreich übertragbar ist und ob sich aus den lokalen Ergebnissen abstrahierbare, allgemeingültige Aussagen ableiten lassen.

Die wesentliche Grundlage dafür bildet die Planungshinweiskarte auf Basis der Klimaanalyse für die Vorarlberger Rheintalgemeinden. Grundlegende Begriffe sowie der Prozess der Erstellung von Klimaanalysen und deren Ableitung in Form von Planungshinweiskarten ist im Anhang des Berichts enthalten.

4.2.2 Planungshinweiskarten und Kategorisierung von Flächen

Die Planungshinweiskarte ist eine Übersetzung der Ergebnisse aus der Klimaanalyse in eine für die Raumplanung nutzbare kartographische Darstellung, die hitzebedingte Gefährdungsbereiche (Bereiche mit hoher PET, siehe Anhang A2) und klimaökologische Ausgleichsbereiche ausdifferenziert. Auch dynamische Komponenten, wie z.B. Kaltluftbahnen sind meist in die Darstellung integriert. Damit soll eine Einbindung der Ergebnisse der Klimaanalyse in Planungsprozesse erleichtert werden. Planungshinweiskarten beruhen im Wesentlichen auf einer flächenhaften Ausweisung von Siedlungs- und Freiflächen, welche je nach bioklimatischer Situation oder Bedeutung beurteilt bzw. kategorisiert werden. Neben dem thermischen Komfort spielen für diese Kategorisierung insbesondere auch die Kaltluftprozesse eine wesentliche Rolle. Die Beurteilung der Flächen gibt Hinweise zur klimatischen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungs- oder Bebauungsänderungen. Generell gelten bebaute Flächen als lokalklimatische Lasträume, während Grün- und Freiflächen als Ausgleichsräume zu verstehen sind (vgl. VDI 3787, Blatt 1).

Die Klimaanalyse bildet die Grundlage für die Planungshinweiskarten. Die konkrete Ausgestaltung erfolgt immer unter Berücksichtigung von stadtklimatologischem Expert:innenwissen. Planungshinweiskarten sind "differenzierte, aber generalisierte Darstellungen" (VDI 3787, Blatt 1) und sollen dabei auch ohne besondere Fachkenntnisse lesbar sein. Sie zielen darauf ab, Flächen hervorzuheben, welche aus klimatologischer Sicht besonders schützenswert sind und auf welchen Flächen Handlungen zur Verbesserung der humanbioklimatischen Situation gesetzt werden sollten, ohne bereits konkrete Maßnahmen zu nennen.

Besonders schützenswert sind Freiflächen innerhalb und um Siedlungsgebiete, die Teil einer Kaltluftleitbahn und somit maßgeblich für das Eindringen von Kaltluft in das Siedlungsgebiet sind, wo die Kaltluft für einen abkühlenden Effekt

sorgen kann. Besonders schützenswert sind außerdem Flächen, auf denen überdurchschnittlich viel Kaltluft produziert wird. Verschiedene Landnutzungen produzieren dabei in Abhängigkeit vom Bewuchs unterschiedlich viel Kaltluft, wobei es hier bisher keinen festgelegten (Grenz)Wert gibt, ab wann von überdurchschnittlicher Kaltluftproduktion gesprochen werden kann.

Handlungen im bebauten Gebiet sind vor allem dort zu setzen, wo die thermische Belastung sehr hoch ist. Begrünungsmaßnahmen sowie ausreichend viele und große Ausgleichsräume können die thermische Belastung für angrenzende bebaute Flächen reduzieren.

Für die Erstellung der Planungshinweiskarten in der Agglomeration Rheintal (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) erfolgte eine Unterscheidung in Tag- und Nachtsituation. Am Tag wurden sowohl die Siedlungsgebiete als auch die Grün- und Freiflächen vorrangig aufgrund der modellierten PET-Werte beurteilt und klassifiziert in Flächen mit sehr ungünstiger bis sehr günstiger bioklimatischer Situation. Für die Nacht erfolgte eine Einteilung der Grün- und Freiflächen vorrangig aufgrund von Kaltluftparametern in Flächen mit geringer bis sehr hoher bioklimatischer Bedeutung.

Klimatische Wirkungs- und Ausgleichsräume am Tag Agglomeration Rheintal

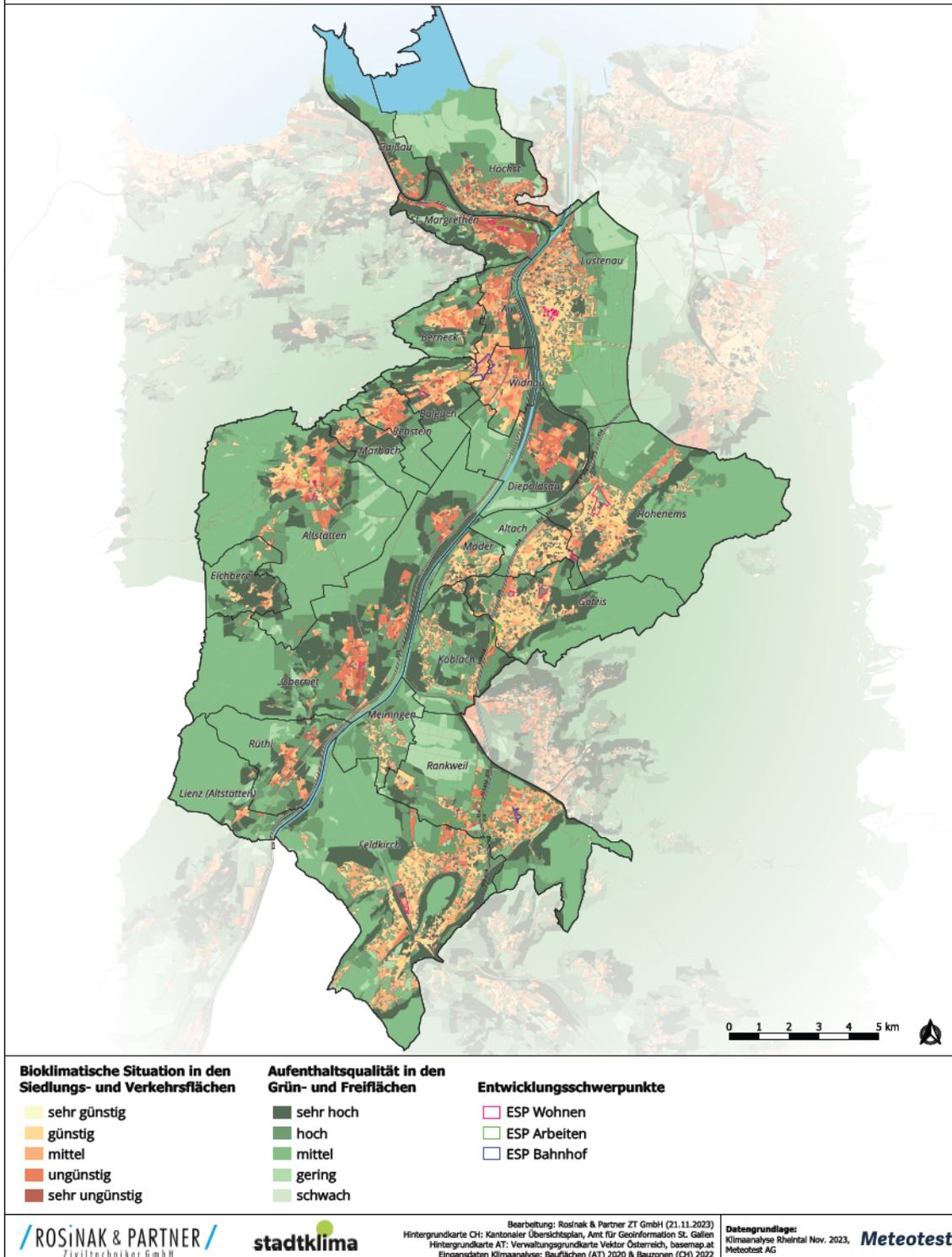


Abbildung 1: Planungshinweiskarte der Tagsituation, Agglomeration Rheintal (Quelle: Rosinak & Partner 2024, auf Grundlage der Klimaanalyse Rheintal von Meteotest 2023)

An dieser Stelle sei allerdings angemerkt, dass es keine einheitliche festgelegte Vorgehensweise für die Erstellung von Planungshinweiskarten gibt und die Einteilung der Flächen, wie sie im Zuge der Klimaanalyse für die Agglomeration Rheintal getroffen wurde, nicht allgemein gültig ist. Die VDI-Richtlinie gibt hier zwar ein Schema für die Darstellung der Planungshinweiskarten vor, welches jedoch bei der Erstellung der Planungshinweiskarten für die Agglomeration Rheintal nicht vollständig zur Anwendung gekommen ist. So sieht die VDI-Richtlinie beispielsweise keine Unterscheidung in Tag- und Nachtsituation vor, die jedoch im Zuge der Arbeiten in der Agglomeration erfolgt ist.

Dieser Aspekt wurde auch in den interdisziplinären Fachworkshop am 19. März 2024 eingebracht. Modellierungsexpert:innen und Klimatolog:innen stellten in der Diskussion fest, dass Planungshinweiskarten je nach räumlichem Kontext und Verwendung der Karte unterschiedliche Aspekte in den Vordergrund stellen. Wichtig ist daher vor allem eine transparente Vorgehensweise, um die Ergebnisse aus Klimaanalysen bzw. Planungshinweiskarten richtig zu interpretieren. Auch wurde in der Diskussion festgehalten, dass von Beginn an klar sein muss, welche Ziele im Hinblick auf räumliche Planungsprozesse mit der Klimaanalyse bzw. den daraus abgeleiteten Planungshinweiskarten verfolgt werden sollen, um die für die jeweilige Anwendung korrekten Modelle bzw. Modellparameter zu wählen. Als Beispiel ist hier die Wahl eines geeigneten Maßstabs sowie die damit einhergehende räumliche Auflösung der Modellierung zu nennen.

Darüber hinaus gibt es bisher keine Harmonisierung und Standardisierung, da dafür auch keine rechtliche Zuständigkeit gegeben ist. Somit gelten Klimaanalysen wie Planungshinweiskarten als fachliche Gutachten ohne unmittelbare normative Wirkung.

Im Workshop wurde auch diskutiert, dass von Seiten der Raumplanung bzw. der Entscheidungsträger:innen häufig detaillierte, quantitative Aussagen gewünscht sind mit sehr konkreten Handlungsempfehlungen, welche alleine aus der Planungshinweiskarte aber nicht abgeleitet werden können. Insgesamt hat der Workshop gezeigt, dass es noch viel Potenzial zur Weiterentwicklung gibt, insbesondere im Hinblick auf die Übersetzungsleistung für Entscheidungsträger:innen.

Mit den Modellierungsergebnissen aus der Klimaanalyse für das Rheintal wurde versucht, eine Beurteilung von potenziellen Entwicklungsflächen vorzunehmen und diese auf Grundlage der Planungshinweiskarten in hoch und weniger klimasensible Flächen zu kategorisieren. Da es bisher keine einheitliche bzw. standardisierte Vorgehensweise sowohl für die Erstellung von Klimaanalysen sowie für die Ableitung von Planungshinweiskarten gibt, kann die für das Rheintal vorgenommene Kategorisierung nicht allgemein gültig sein. Wie auch im interdisziplinären Fachworkshop festgestellt wurde, fehlen außerdem klare Richt- bzw. Grenzwerte, weshalb die Bildung von abstrahierbaren und übertragbaren Flächenkategorien sehr komplex ist und sich als nicht praktikabel erwiesen hat.

Aufgrund der fehlenden Standardisierung bei der Erstellung von Klimaanalysen und Planungshinweiskarten können Flächenbeurteilungen für unterschiedliche Städte und Regionen unterschiedlich ausfallen, je nachdem, wie genau die Planungshinweiskarte erstellt und abgeleitet wurde. Daher ist die kausale Verknüpfung von Flächenkategorien aus der Klimamodellierung und zugehörigen Anpassungsleistungen aktuell (noch) nicht zielführend.

4.2.3 Ableitbare Aussagen für die Raumplanung

Die Lesbarkeit von Planungshinweiskarten für Entscheidungsträger:innen und Fachexpert:innen ohne besondere Kenntnisse zum Entstehungsprozess der Klimaanalyse (Modellierungsansatz, verwendete Parametrisierung) ist eine wesentliche Bedingung, um konkrete Maßnahmen zur Minderung der Hitzebelastung in der Raumplanung festlegen zu können. In der Raumplanung wird – begründet durch die finale Determinierung – ein besonderes Augenmerk auf die Grundlagenforschung, und damit die Bereitstellung ausreichender Entscheidungsgrundlagen, gelegt. Sobald also eine Klimaanalyse und eine Planungshinweiskarte vorliegt, ist diese als Grundlage bei der Erstellung und Änderung Räumlicher Entwicklungspläne, von Flächenwidmungsplänen oder Bebauungsplänen zu berücksichtigen. Für Entscheidungsträger:innen sind hierbei in erster Linie folgende Fragen relevant, die im Zuge des Projektes in den beiden Fachworkshops und dem Projektteam selbst umfassend diskutiert wurden:

- Kann eine Fläche, die wichtig für die Produktion von Kaltluft ist, baulich entwickelt werden?

Es gibt in Vorarlberg aktuell keine Normen, die eine Widmung und Bebauung von für die Kaltluftproduktion wesentlichen Flächen untersagt. Wird eine Fläche aber über eine Analyse in ihrer Funktion für die Kaltluftproduktion als bedeutend identifiziert, ist dies entsprechend der jüngst geänderten und verfeinerten Zielsetzungen im Vorarlberger Raumplanungsgesetz jedenfalls in Planungsentscheidungen zu berücksichtigen. Es wird bei einer Betrachtung auf Grundstücksebene in der Regel nicht möglich sein eine nicht tolerierbare mikroklimatische Verschlechterung festzustellen. Dementsprechend muss eine Freihaltung solcher Flächen über strategische und langfristige Planungsfestlegungen erfolgen und kann nicht in einer Einzelbeurteilung behandelt werden. Dies weist auf die fehlende spezifische Nutzung des überörtlichen Planungsinstrumentariums hin.

- Welche Maßnahmen müssen in Kaltlufteinwirkungsbereichen gesetzt werden und wo genau? Wie müssen diese Maßnahmen konkret gestaltet sein?

Mit einer (Stadt)Klimaanalyse und Planungshinweiskarte ist es nicht möglich konkrete planerische Maßnahmen räumlich eindeutig festzulegen und deren Ausgestaltung zu definieren. Es gibt vielmehr einen Handlungsspielraum in dem eine Sicherstellung und ggf. auch eine Verbesserung der Kaltluftentstehung und des Kaltluftflusses möglich ist. Dementsprechend müssen Maßnahmen in einem diskursiven Planungsprozess – je nach Maßstabsebene regional oder kommunal – unter Beiziehung entsprechender

Expert:innen gefunden werden. Aus der initialen Klimamodellierung können z.B. nicht automatisiert Mindestbreiten für Kaltluftkorridore abgeleitet werden. Hier ist eine Betrachtung des konkreten Kontexts erforderlich.

- Welche Maßnahmen sind auf noch unbebauten Baulandflächen zu setzen und wie können sie rechtlich verankert werden? Können oder müssen als Bauland gewidmete, unbebaute Flächen rückgewidmet werden? Kann eine Brache rückgewidmet werden?

Unbebaute Baulandflächen können im Vorarlberger Kontext grundsätzlich jederzeit ihrer zulässigen Nutzung zugeführt und entwickelt werden. Die Identifikation der tatsächlichen klimatologischen Funktionen auf siedlungsinternen Einzelflächen auf Basis der Klimaanalyse ist nur bedingt möglich. Die Bebauung der Fläche bei Ergreifen von Kompensationsmaßnahmen (Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, Strauch- und Baumpflanzungen) führt nicht zwingend zu einer örtlichen Verschlechterung. Damit ist auf Basis von Klimaanalysen keine konditionale Rechtsfolge – wie z.B. die Notwendigkeit einer Rückwidmung – abzuleiten. Entschließt sich die Planungsbehörde zu einer Rückwidmung, ist hier der Wertverlust entsprechend der einschlägigen Bestimmungen zur Entschädigungspflicht im Vorarlberg Raumplanungsgesetz zu ersetzen.

Im Rahmen des Projekts lag ein Fokus auch auf der Nutzbarkeit von Planungshinweiskarten für Entscheidungs:trägerinnen. Um Planungshinweiskarten für die raumplanerische Praxis nutzbar zu machen, ist es sinnvoll, bestimmte Flächen zu priorisieren. Der Fokus muss dabei naturgemäß auf Flächen mit Entwicklungspotential (Siedlungserweiterungsflächen, Verdichtungspotentiale, ungenutzte Baulandreserven) liegen, da die Instrumente der örtlichen (und überörtlichen) Raumordnung in diesen Bereichen effektiv Wirkung entfalten können.

Die in den Planungshinweiskarten beurteilten Flächen wurden in der Agglomeration Rheintal mit unbebauten Bauflächen sowie Siedlungsrandflächen überlagert (siehe Beispiel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Als hoch klimasensibel wurden dabei all jene Flächen eingestuft, die entweder Kaltluftentstehungsgebiete sind, im Einfluss von Kaltluftleitbahnen verortet sind oder an thermisch stark belastete bebaute Flächen angrenzen.

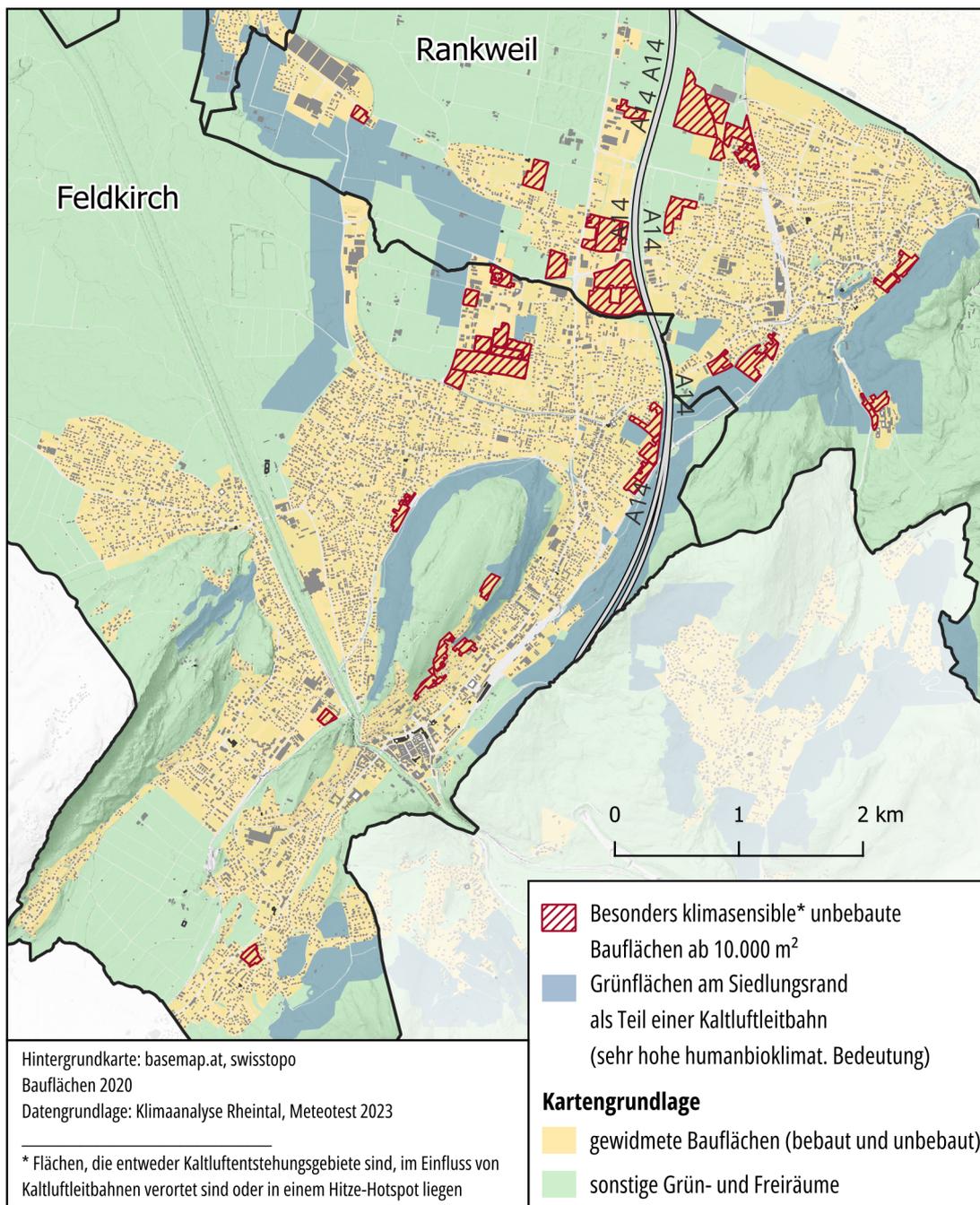


Abbildung 2: Überlagerung der Ergebnisse der Klimaanalyse Rheintal mit unbebauten Bauzonen und Siedlungsrandflächen - Beispiel aus den Gemeinden Feldkirch und Rankweil

Durch die Überlagerung und Verschneidung der Planungshinweiskarte mit anderen raumplanerischen Themen (z.B. landwirtschaftlich wertvolle Flächen, Gebiete mit vulnerablen Bewohner:innen etc.) können jene Flächen ermittelt werden, welche priorisiert zu behandeln sind. Wichtig dabei ist die Unterscheidung, ob die Flächen aufgrund thermischer Belastung oder aufgrund von Kaltluftparametern als klimasensibel einzustufen sind. Je nach Flächenkategorien müssen unterschiedliche Anpassungsleistungen definiert werden, um die klimatische Funktion der Flächen zu berücksichtigen.

Die Raumplanung auf der Ebene der Flächenwidmung kann besonders wirksam sein, indem sie die Nutzung bestimmter Flächen ermöglicht oder beschränkt (vgl. VDI 3787, Blatt 1). Generell sind Grün- und Freiflächen von besonderer Bedeutung, da diese für die nächtliche Kaltluftproduktion eine entscheidende Rolle spielen und bei Hitzebelastungen im Siedlungsgebiet zudem thermisch ausgleichend wirken und damit das Mikroklima im bebauten Gebiet verbessern.

Um den Kaltlufttransport hin zum Siedlungsgebiet nicht zu behindern, sind insbesondere Hanglagen von einer Bebauung freizuhalten, da diese intensiven Kalt- und Frischlufttransport ermöglichen (vgl. VDI 3787, Blatt 1). Es wird außerdem empfohlen, Siedlungen mit ausreichend großen Grünflächen zu umranden sowie Grünzüge entlang der Orographie sicherzustellen, um den Luftaustausch zu fördern und so die Siedlungsgebiete zu entlasten.

Es ist daher klimatisch fast immer sinnvoll, Grün- und Freiflächen zu erhalten. Werden Grünflächen bebaut – insbesondere bereits als Bauland gewidmete Flächen – so ist auf eine klimatische sensible Bebauung zu achten. Das bedeutet neben möglichst geringer Versiegelung und Begrünungsmaßnahmen auch, die Kaltluftströme bei Gebäudehöhe und -ausrichtung zu berücksichtigen. Dabei können Planungshinweiskarten Auskunft darüber geben, ob die Flächen in einer thermisch belasteten Umgebung lokalisiert sind und welche Kaltluftprozesse hier wirksam werden. Die auf Basis der Klimaanalyse Rheintal vorgenommenen Überlagerungen können hilfreich sein, um eine Einordnung der zu bebauenden Flächen hinsichtlich ihrer Klimasensibilität zu treffen.

4.2.4 Forschungsbedarf und Unsicherheitsbetrachtung

Die Aussagekraft von Klimaanalysen und Planungshinweiskarten hängt von verschiedenen Faktoren wie dem Analysemaßstab, der Qualität der Eingangsdaten und der angewandten Methodik ab. Bisher fehlt eine einheitliche Vorgehensweise für die Erstellung von Klimaanalysen. Die VDI-Richtlinien geben zwar einen Orientierungsrahmen vor, sind jedoch rechtlich nicht bindend. Die Richtlinien werden außerdem aktuell überarbeitet, weshalb sie teilweise nicht mehr den neuesten Stand der Technik wiedergeben. Zudem gibt es für Stadtklimaanalysen, im Gegensatz zu anderen Umweltbereichen wie Luftverschmutzung, bisher keine klaren Grenz- oder Richtwerte (vgl. VDI 3787, Blatt 8).

Hoch aufgelöste Klimaanalysen wie in der Agglomeration Rheintal verfolgen den Anspruch, auf lokaler, großmaßstäbiger Ebene Aussagen zur bioklimatischen Situation treffen zu können. Jedoch sind Klimaanalysen und Planungshinweiskarten trotz sorgfältiger Modellierung stets mit gewissen Unsicherheiten verbunden, welche nicht vollständig beseitigt werden können.

Unsicherheiten in der Modellierung und bei der Ableitung von Planungshinweiskarten

Modelle können die Wirklichkeit lediglich mit einer bestimmten Auflösung sowie anhand der verfügbaren Eingangsdaten (Geodaten und meteorologische Grundlagen) und den zur Verfügung stehenden Rechenressourcen abbilden. Darüber hinaus erfordert die Nutzung von Modellen stets Annahmen über den Zustand der Atmosphäre, die als Randbedingungen in das Modell eingehen (vgl. Regionalverband Ruhr RVR; 2022).

Aufgrund eines fehlenden Standards im Sinn eines Bemessungsereignisses und entsprechender einheitlicher Modellierungsvorgaben, müssen neben der Entscheidung für ein geeignetes Modell auch andere Parameter für jede Klimaanalyse individuell festgelegt werden, wie etwa die Entscheidung für einen Index zur quantitativen Bewertung der thermischen Umgebung. Auch der Auswertzeitpunkt der Modellierungsergebnisse muss auf Grundlage von Erfahrungswerten gewählt werden, da insbesondere die Kaltluft räumlich und zeitlich sehr variabel ist. Generell erfordert die Modellierung aufgrund der zu treffenden Modellannahmen umfangreiches Expert:innenwissen über klimatische Größen und physikalische Prozesse von Klimaparametern.

Auch für die Ableitung der Planungshinweiskarten gibt es keine klar festgelegte Vorgehensweise, da die Integration von Expert:innenwissen laut VDI-Richtlinie wesentlich ist. Für die kartographische Darstellung der Planungshinweiskarte wird in der VDI-Richtlinie (VDI 3787, Blatt 1) die flächenhafte Ausweisung von vier Stufen für Siedlungsflächen und drei Stufen für Freiflächen vorgeschlagen. In der Fachwelt werden Planungshinweiskarten jedoch unterschiedlich ausgestaltet und nicht immer kommt die VDI-Richtlinie zur Anwendung, wie auch bei der Klimaanalyse für die Agglomeration Rheintal.

Die Bewertung der bioklimatischen Situation in den Planungshinweiskarten der Agglomeration Rheintal basiert unter anderem auf einer Mittelung bzw. Generalisierung der Werte der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) über unterschiedlich große Flächen oder Zonen, die aus den Flächennutzungsinformationen, Flächenwidmungs- und Zonenplänen abgeleitet werden. Dies ermöglicht einen Überblick über die Verteilung der Hitzebelastung über das untersuchte Gebiet sowie die Ermittlung von Hitze-Clustern. Die spezifischen und oft komplexen lokalen klimatischen Bedingungen können damit jedoch nicht in ihrer ganzen Tiefe abgebildet werden. Die Darstellung der klimatischen Situationen bleibt daher eine Annäherung, die nicht alle Feinheiten und Variationen des Mikroklimas einfangen kann (Rosinak & Partner 2024). Das gilt insbesondere auch bei der Darstellung komplexer Umweltprozesse wie der Kaltluftdynamik.

Sobald sehr detaillierte Analysen erforderlich sind, stößt man bei der Nutzung von Planungshinweiskarten an Grenzen. Diese Karten sind nicht geeignet für die genaue Abbildung von mikroklimatischen Effekten, die sich in unmittelbarer Nähe von Gebäuden oder in Bezug auf Windkomfort abspielen. Die erforderliche

Auflösung für solche Detailanalysen liegt im Bereich von wenigen Metern und muss jedenfalls höher sein als für Stadt- und Regionalklimaanalysen üblich. Die Planungshinweiskarten sollten also mit einem Verständnis für die natürlichen Variabilitäten und im Kontext weiterer Umweltinformationen interpretiert werden (vgl. ebd.).

Schließlich stellen die Karten „nur“ eine Momentaufnahme dar, die sowohl auf aktuellen Eingangsdaten basiert als auch auf einer Auswertung zu einer bestimmten Uhrzeit. In der Klimaanalyse der Agglomeration Rheintal werden beispielsweise die möglichen zukünftigen Veränderungen des Klimas nicht berücksichtigt. Auch können sich die Eingangsdaten aufgrund von städtebaulichen Maßnahmen wie Neubauprojekte ändern. Zukünftige Klimaänderungen als auch bereits absehbare Neubauprojekte könnten allerdings bereits in der Modellierung berücksichtigt werden (ebd.).

Ganz wesentlich ist jedenfalls die Dokumentation der Klimaanalyse samt Ausgangsdaten und Parametrisierung, die in den meisten öffentlich zugänglichen Klimaanalysen und Planungshinweiskarten im deutschen Sprachraum bislang nicht offengelegt werden. Die raumplanerischen Anforderungen für die Begründung von parzellenscharfen Abgrenzungen einzelner Maßnahmen werden dadurch erschwert, wenn nicht sogar verunmöglicht, und benötigen daher einen eignen Übersetzungs- und Diskussionsprozess im Vorfeld von Planungsentscheidungen.

Forschungsbedarf zu Kaltluft

Neben den Unsicherheiten, die im Zuge der Modellierung und beim Ableiten von Aussagen aus den Planungshinweiskarten entstehen, gibt es auch noch einige Fragestellungen insbesondere zu den Kaltluftprozessen, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht beantwortet werden können und wo weitere Forschung notwendig ist. Kapitel 6 der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5 – *Entwurf* identifiziert wesentliche Forschungslücken zur Kaltluftentstehung und -dynamik und in weiterer Folge auch zur Modellierung und Bewertung von Kaltluft.

Für die Modellierung der Kaltluftentstehung gibt es bisher nur unzureichende Daten über die vom Landnutzungstyp abhängigen Parameter, insbesondere hinsichtlich des produzierten Kaltluftvolumens. Konkrete Angaben zur erforderlichen Größe von Kaltlufteinzugsgebieten können daher zumindest aktuell noch nicht erfolgen. Unklarheiten gibt es auch im Zusammenhang mit der Struktur und Gestaltung von Kaltlufttransportbahnen. Darauf aufbauend bedarf es außerdem ergänzender Forschungsarbeiten zur Eindringtiefe der Kaltluft in bebaute Gebiete und den Einfluss von Hindernissen auf den Kaltluftabfluss. Hier sind vor allem experimentelle Projekte gefragt, die auch eine Validierung von zuvor modellierten Daten bewerkstelligen können.

Neben den Kaltluftprozessen selbst gibt es auch noch Forschungslücken im Bereich der Kaltluftmodellierung. So muss geklärt werden, ob die derzeit angesetzte Turbulenzparametrisierung auch für sehr stabilen Schichtungen

angewandt werden kann. Für die Bedeutung von Kaltluft in der Planung ist außerdem eine objektive Bewertung der lokalen Kaltluft entscheidend. In dem Zusammenhang muss einerseits untersucht werden, inwiefern transportierte Kaltluft als Frischluft oder belastete Luft gilt; andererseits bedarf es noch weiterer Forschung für ein besseres Verständnis hinsichtlich der Häufigkeit und der Quantität des Kaltluftvolumenstroms. (vgl. VDI 3787, Bl. 5, *Entwurf*).

4.2.5 Fazit

Damit Klimaanalysen und die daraus abgeleiteten Planungshinweiskarten eine zuverlässige Grundlage für raumplanerische Einzelentscheidungen und strategische Instrumente bilden können, sind Unsicherheiten einerseits gering zu halten und sind andererseits wo gegeben auszuweisen. Um sicherzustellen, dass die Qualität der Modellergebnisse ausreichend ist und damit diese in weiterer Folge auch sinnvoll genutzt werden können, müssen Mindestanforderungen für die Erstellung festgelegt werden, vor allem in Bezug auf die Eingangsdaten und Methodik.

Insbesondere, wenn es auf Grundlage von Klimaanalysen möglicherweise zu Einschränkungen in der Nutzung bestimmter, klimasensibler Flächen kommen soll, muss die Vorgehensweise bei der Erstellung von Klimaanalysen so transparent und nachvollziehbar wie möglich dokumentiert sein. Dass eine transparente Vorgehensweise wesentlich ist, wurde auch von den Modellierungsexpert:innen und Klimatolog:innen im Fachworkshop besonders betont. Zum gleichen Schluss kommt auch die ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren“, welche ähnliche Fragestellungen im Zusammenhang mit gravitativen Massenbewegungen und der Erstellung und Nutzung von Gefahrenkarten und Gefahrenhinweiskarten bearbeitet hat (ÖROK 2015).

Für einen Vergleich der Ergebnisse von Klimaanalysen verschiedener Städte und Regionen ist eine einheitliche Vorgehensweise sowie die Definition von verbindlichen Richt- bzw. Schwellenwerten unerlässlich. Das gilt insbesondere auch für die Kategorisierung der klimatischen Bedeutung von Flächen im Zuge der Ableitung von Planungshinweiskarten aus den Ergebnissen der Klimaanalyse. Für die Raumplanung sind Planungshinweiskarten als Übersetzung der Modellierungsergebnisse für planerische Aktivitäten essenziell. Trotz der flächenhaften Ausweisung in Stufen je nach klimatischer Situation und Bedeutung der Flächen gilt es aber zu beachten, dass eine parzellenscharfe Abgrenzung anhand der Planungshinweiskarten nicht sinnvoll ist und die Umgebung immer miteinzubeziehen ist. Die Diskussion in den Workshops hat weiters sehr deutlich klar gemacht, dass zuerst aus raumplanerischer Perspektive festgelegt werden muss für welche Entscheidungen und Prozesse Klimaanalysen und Hinweiskarten herangezogen werden sollen, damit die Übersetzung der Modellierungsergebnisse gelingen kann.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Projekt KLIMPeR konnte die wesentlichen gesteckten Zielsetzungen erreichen, gleichzeitig war im Projektrahmen eine explorative Umsetzung der Integration der für das Rheintal vorliegenden Klimaanalyse und Planungshinweiskarten in der Vorarlberg Raumplanungssystematik noch nicht möglich. Aus dem Projekt ergeben sich folgende zentrale Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Klimaanalysen in der Grundlagenforschung

- Klimaanalysen sind in ihrer Modellierung und Parametrisierung derzeit nicht standardisiert. Das ermöglicht den Auftraggeber:innen eine auf die konkrete Verwendung abgestimmte Analyse zu beauftragen. Dementsprechend ist bereits vorab der Anwendungszweck – vor allem in der Raumplanung – von den Auftraggebenden zu definieren, damit die Ergebnisse sinnvoll nutzbar sind.
- Auch bei einer entsprechenden auf den Zweck abgestimmten Klimaanalyse sind Aussagen nur vermeintlich parzellenscharf und nicht vergleichbar in Klassifizierungen zu überführen wie etwa bei der Gefahrenzonenplanung der Bundeswasserbauverwaltung für Hochwassergefahren. Es ist mit den aktuellen Modellierungsmöglichkeiten und unter der Einhaltung der verfassungsrechtlichen Erfordernisse (Gleichheitssatz, Verhältnismäßigkeit bei Eigentumseingriffen, Sachlichkeitsgebot) aktuell nicht möglich konditionale Normen abzuleiten. Thermisch belastete Gebiete oder Kaltluftentstehungsgebiete können auf Basis einer Klimaanalyse daher z. B. nicht einer Rückwidmungspflicht unterworfen werden. Klimaanalysen sind somit Bestandteil der Grundlagenforschung und sind in Planungsprozessen und bei Planungsentscheidungen jedenfalls in der Abwägung zu berücksichtigen.

Integration von Klimaanalysen in die Raumplanung

Die Recherchen im Rahmen des Projektes haben gemeinsam mit den Workshops deutlich die Notwendigkeit eines prozessualen Zugangs für die Integration der Inhalte von Klimaanalysen in die Raumplanung ergeben.

- **Fachliche Vorarbeit auf Landesebene – Leitfaden:** In der Diskussion mit den Kolleg:innen des Amtes der Vorarlberger Landesregierung ist deutlich geworden, dass die Integration von Klimaanalysen in Planungsprozesse und -entscheidungen zwar wesentlich wäre, aber bisher noch nicht erfolgt ist. Durch die föderale Struktur in der Raumplanung muss die fachliche Vorarbeit dafür auf Länderebene erfolgen, wenn sich auch Struktur und Inhalte gleichen. Es erscheint ungeeignet die Umsetzung den Gemeinden ausschließlich selbst zu überlassen, da damit kaum eine koordinierte Vorgangsweise bei der Freihaltung von Flächen erreicht werden kann. Es kann daher empfohlen werden einen allgemeinen Teil eines Leitfadens zur Integration von Klimaanalysen in die Raumplanung zu erstellen, der in

weiterer Folge in länderspezifische Leitfäden integriert werden kann. Allgemeine Aspekte zu Klimaanalysen, die in einem Leitfaden erklärt werden sollten, wären:

- Überblick zu Klimaanalysen und Planungshinweiskarten bezüglich der unterschiedlichen Methodiken und Eignungen für die Integration in die Raumplanung. Damit soll ein allgemein verständlicher Überblick gegeben werden.
- Maßstab und Auflösung der notwendigen Analyse für konkrete Fragestellungen unter Auflistung der konkreten Eignung (Mikroanalyse auf Gebäudeebene, Stadtklimaanalyse etc.).
- Mögliche existierende Parameter (Hitzebelastung, Kaltluft, nächtliche Abkühlung etc.) erläutern und deren Funktion für die klimatische Regulierung in Siedlungsbereichen erläutern.
- Mögliche (Mindest-)Inhalte von Klimaanalysekarten und Planungshinweiskarten für die Vorbereitung von Ausschreibungen.
- Parameter und Schwellenwerte – bzw. Bandbreiten – für die Kategorisierung der klimatologischen Bedeutung von Einzelflächen.
- Methodik und Abgrenzung von Teilflächen anhand ihrer Funktion (siedlungsnaher Kaltluftentstehung, Kaltluftbahn etc.).

Prozessuale Schritte für die konkrete Integration:

- (i) Identifikation des Bedarfs einer Klimaanalyse, Festlegen der räumlichen Abgrenzung und Definition der Nutzung der erwarteten Ergebnisse (Basis für Planung grüner Infrastruktur auf Quartiersebene, Identifikation von Kaltluftbahnen für die langfristige Freihaltung etc.).
- (ii) Ausarbeitung einer Klimaanalyse für den Untersuchungsraum unter Einbeziehung aller relevanten Einflüsse aus dem umgebenden Raum. Erstellung einer Planungshinweiskarte, die Aussagen zu den geforderten wesentlichen Aspekten trifft.
- (iii) Kategorisierung von Einzelflächen nach ihrer klimatologischen Bedeutung und anschließende Überlagerung der Ergebnisse mit bestehenden Planungsgrundlagen (z.B. dem bestehenden Flächenwidmungsplanung) und Identifikation von Flächen mit Handlungsnotwendigkeit.
- (iv) Planerische Abwägung der Handlungserfordernisse und -möglichkeiten durch die jeweilige Planungsbehörde, die zu einer Entscheidung und damit einer konzeptionellen Festlegung oder hoheitlichen Norm führt (z.B. Widmung von Freiflächen oder Freihaltegebieten in Kaltluftentstehungsgebieten).
- **Gesetzliche Rahmenbedingungen:** Im Land Vorarlberg wurden während der Projektlaufzeit mit einer Novelle des Raumplanungsgesetzes sämtliche gesetzlich erforderlichen Grundlagen und Ermächtigungen geschaffen, um

die Aussagen von Klimaanalysen und Planungshinweiskarten in Planungsprozesse und die existierenden hoheitlichen Planungsinstrumente zu integrieren. Bundesländer, die diese Voraussetzungen noch nicht geschaffen haben, sind angehalten dies durch entsprechende Novellen zu tun.

- **Rolle der überörtlichen Raumplanung:** In der Diskussion und im Projektverlauf hat sich die Bedeutung der überörtlichen Raumplanung im Umgang mit bestehenden und durch den Klimawandel verstärkter thermischer Belastung der Siedlungsräume gezeigt. Kaltluftentstehungsgebiete, Kaltluftbahnen sowie Frischluftbahnen sind über regionale Planungsinstrumente konzeptionell oder verbindlich auszuweisen. Dafür braucht es neben Klimaanalysen einen planerischen Übersetzungsprozess, da entsprechende Flächen vielfältige Funktionen erfüllen. Dieser muss für viele Fragestellungen regional koordiniert erfolgen. Die überörtliche Raumplanung ist daher angehalten hier eine Leitungsfunktion zu übernehmen.

Die Formulierung eines Leitfadens und die Harmonisierung der Integration von Klimaanalysen in der Raumplanung kann nicht über Kleinprojekte erreicht werden, sondern stellt einen Prozess für sich dar. Dieser könnte insbesondere im Rahmen einer ÖREK-Partnerschaft erfolgen. Diese eigens in der ÖROK eingerichteten thematische Arbeitsgruppen haben sich über die Jahre als fachliche Koordinationsstellen etabliert und können auch für das vorliegende Thema neben einem Materialienband einen Leitfaden sowie Empfehlungen erstellen. Konkrete Ansatzpunkte für eine ÖREK-Partnerschaft bietet das ÖREK 2030, insbesondere in Säule 1 „Mit räumlichen Ressourcen sparsam und schonend umgehen“ (vgl. u.a. Ziel 5 und Ziel 6, ÖROK 2021). Die Arbeiten könnten sich an der ÖREK-Partnerschaft „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren“ orientieren (ÖROK 2015).

C) Projektdetails

6 Methodik

Das Projekt KLIMPeR wählt einen *Mixed-Method* Zugang und hat eine durchwegs anwendungsorientierte Perspektive. Im Folgenden sind die einzelnen Meilensteine des Projektes und der genutzte Methodenmix erläutert.

Arbeitspaket Nr. 1: Status Quo und Datengrundlagen: Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in die Vorarlberger Raumordnung

Angewendete Methodologie:

- Literatur- und Rechtsrecherche sowie Inhaltsanalyse von Policy Dokumenten (planungsrechtliche Normen, offizielle Strategiedokumente etc.)
- Rücksprache mit LOI-Partnern und Planungsträgern zur Darstellung von existierenden Praxiszugängen für einzelne Anpassungsleistungen

Meilensteine:

- **M 1.1 Projektworkshop mit Kooperationspartnern im Rheintal**

Der Kick-Off-Workshop mit den LOI-Partnern fand am **14. Dezember 2023** statt. Bei diesem Treffen wurde das Projekt KLIMPeR vorgestellt, die einzelnen Arbeitspakete besprochen und der zeitliche Ablauf erläutert.

Inhaltlich wurde mit den LOI-Partnern bereits auf die mögliche Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in die Vorarlberger Raumplanung (Instrumente, rechtlicher Rahmen, Möglichkeiten) sowie auf die Systematisierung von Flächen und die dazu laufenden Arbeiten eingegangen.

Bei diesem Kick-Off wurden auch die Termine, möglichen Teilnehmenden und inhaltlichen Fragestellungen für die beiden im Rahmen des Projektes stattfindenden Workshops beraten und vereinbart. Die LOI-Partner übermittelten im Nachgang des Kick-Offs ergänzende Informationen an das Projektteam.

- **M 1.2 Grundlagenbericht zum Status Quo als Basis für den Projektbericht und für die weiteren Arbeitspakete**

Der Grundlagenbericht zum Status Quo als Basis für den Projektbericht wurde auf Basis der erfolgten Recherchen und Inhaltsanalysen sowie der ergänzenden Informationen des LOI-Partner erstellt und in den vorliegenden Projektendbericht integriert.

AP Nr. 2: Systematisierung von Flächenkategorien und Definition der jeweiligen Anpassungsleistungen

Angewendete Methodologie:

- Sichtung und systematische Auswertung der Klimaanalysen und Verschneidung mit den räumlichen Planungen (GIS-Analyse, Raumanalyse, Definition von Kriterien für die Flächenauswahl / Kriterien – Anpassungsleistungen)
- Kategorisierung der zu betrachtenden Flächen und Abgleich mit den Ergebnissen aus der Status Quo-Analyse, ggf. ergänzende Literaturrecherche (Rechtsgrundlagen, Instrumente)
- Interdisziplinärer Fachworkshop (voraussichtlich in Wien) zur Abstimmung über Flächenkategorisierung und die jeweiligen Anpassungsleistungen

Meilensteine:

- **M 2.1 Interdisziplinärer Fachworkshop**

Der interdisziplinäre Fachworkshop mit einem Schwerpunkt auf Modellierung fand am **19. März 2024** – und damit etwas später als ursprünglich geplant – statt. An diesem Workshop nahmen 16 Personen teil: das KLPMer Bearbeitungsteam von BOKU, TU und Rosinak & Partner, Modellierungsexpert:innen aus Österreich, Schweiz und Deutschland sowie Vertreter:innen von Landes- bzw. Stadtplanungsabteilungen in Österreich und Klimakoordinationsabteilungen. Das Projekt KLIMPeR und seine Anliegen wurden vorgestellt, der Schwerpunkt lag auf der Vorstellung des Pilotgebiets im Rheintal sowie der Methodik der Modellierung und Ableitung von Planungshinweiskarten. Insbesondere die Methodik und Herangehensweise auf der regionalen Ebene wurde intensiv diskutiert. Hinweise aus dieser Diskussion flossen in den Projektbericht sowie insbesondere in die Empfehlungen ein.

Ein weiterer Punkt umfasste den Ausblick auf die Übertragung der Ergebnisse in die Planungspraxis und das Planungsrecht. Auch hier wurden erste Erkenntnisse für die weiteren Arbeiten mitgenommen.

- **M 2.2 Tabelle mit abstrahierten und übertragbaren Flächenkategorien und zugehörige Anpassungsleistungen, sowie ein Kapitel mit Argumentationslinien zu den Anpassungsleistungen je Kategorie**

Dieses Kapitel wurde in angepasster Art und Weise sowie insbesondere auf den vertieften Recherchen und Forschungsschritten sowie des Modellierungsworkshops erstellt. Eine generelle kausale Verknüpfung von Flächenkategorien aus der Klimamodellierung und zugehörigen Anpassungsleistungen stelle sich als nicht praktikabel heraus. In der Analyse wurde daher die Überlagerung der Ergebnisse der Klimaanalyse und der Planungshinweiskarten forciert, um hier die bioklimatisch wesentlichen

Flächen zu identifizieren, auf die bei Planungsentscheidungen besonders Rücksicht zu nehmen ist.

AP Nr. 3: Empfehlungen für die Implementierung in der Planung und Raumentwicklung, Dissemination

Angewendete Methodologie:

- Ein Workshop mit Akteur:innen aus der Praxis
- Projektteamtreffen: Systematisierung der nötigen Anpassungen in Instrumenten, im Raumordnungsrecht, Vorschlag konkreter Maßnahmen
- Synthese, Ausarbeitung von Empfehlungen für die Umsetzung, Festhalten weiteren Forschungsbedarfs

Meilensteine:

- **M 3.1 Praxis-Workshop mit Akteur:innen aus der Verwaltung und Politik:**

Der Praxis-Workshop war zunächst für den 22. Mai 2024 vor Ort in Bregenz geplant gewesen, musste aber aufgrund der zeitlichen Verfügbarkeit relevanter LOI-Partner auf den **13. Juni 2024**, online, verschoben werden. Der Workshop fand daher unter Teilnahme des KLIMPeR Bearbeitungsteams sowie Vertreter:innen des Landes Vorarlberg (Überörtliche und örtliche Raumplanung, Planungsrecht, Klimakoordination, insgesamt ca. 12 Personen) statt.

Auch bei diesem Workshop wurde zum Einstieg das Projekt KLIMPeR, die Klimaanalyse im Rheintal sowie bisherige Modellierungsergebnisse und die Methodik vorgestellt. Der Schwerpunkt dieses Workshops lag aber auf der Übersetzung der Klimaanalysen in die Raumplanungspraxis und das Raumplanungsrecht. Mit den Teilnehmer:innen fand daher ein intensiver Austausch zu den Möglichkeiten statt, wie die Ergebnisse von hochauflösenden Klimaanalysen in das Planungsrecht und die Planungspraxis in Vorarlberg erfolgen könnte. Der Zeitpunkt der Workshops lag trotz Verschiebung sehr gut, da zu diesem Zeitpunkt bereits der Entwurf der Empfehlungen und Schlussfolgerungen mit den Praxis- und Anwendungspartnern beraten und insbesondere auf die Praxistauglichkeit abgetestet werden konnten. Die Beratungsergebnisse flossen direkt in die Finalisierung des Berichts – und hier besonders in die Anwendungsempfehlungen – ein.

- **M 3.2 Endbericht mit Anwendungsempfehlungen**

Als finaler Schritt wurde der Endbericht mit den Anwendungsempfehlungen, die insbesondere die Beratungen aus den beiden Workshops umfänglich berücksichtigen, erstellt.

Übersicht: Projekttreffen des Bearbeitungsteams:

- 2023-11-15: Internes Kick-Off Meeting
- 2023-12-14: Kick-Off-Meeting mit den LOI-Partnern
- 2024-01-18: Internes Projektmeeting
- 2024-03-19: Interdisziplinärer Fachworkshop und anschließendes Projektmeeting
- 2024-06-13: Praxis-Workshop und anschließendes Projektmeeting
- Weitere Abstimmungen fanden telefonisch, per Online-Meeting sowie via E-Mail statt.

7 Arbeits- und Zeitplan

Der Arbeits- und Zeitplan für das Projekt wurde grundsätzlich entsprechend dem eingereichten Projektentwurfs abgearbeitet und nur geringfügig angepasst. Der Projektstart wurde mit Oktober 2023 festgelegt und die Workshops an die Verfügbarkeit der LOI-Partner sowie die Ferien-/Urlaubszeiten angepasst. Die Meilensteine des Projektes wurden entsprechend des angeführten Gantt-Diagramms abgearbeitet.

	10/23	11/23	12/23	01/24	02/24	03/24	04/24	05/24	06/24
AP1 Status Quo und Datengrundlagen			M 1.1 M 1.2						
AP2 Flächenkategorisierung und Anpassungsleistung						M.2.1	M 2.2		
AP3 Empfehlungen für die Implementierung in der Planung und Raumentwicklung, Dissemination								M 3.1	M 3.2
AP4 Projektmanagement	M 4.1 M 4.2								M 4.3

8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Im Projekt KLIMPeR war keine Publikationstätigkeit innerhalb der Projektlaufzeit vorgesehen. Da außerdem mit Expert:innen und Mitarbeiter:innen der Verwaltung in Workshops gearbeitet wurde, gab es auch keine weitere öffentliche Disseminierung der Zwischenergebnisse.

Quellenverzeichnis

- BMLFUW (2015): Endbericht, ÖKS15 Klimaszenarien für Österreich. Daten – Methoden – Klimaanalyse.
- BML (2024a): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1 - Kontext.
- BML (2024b): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 2 - Aktionsplan. Handlungsempfehlungen für die Umsetzung.
- BMNT (2017a): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1 - Kontext.
- BMNT (2017b): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 2 - Aktionsplan.
- Deutscher Wetterdienst (DWD). "Wetterlexion: Autochthone Witterung." Online: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=100304&lv2=100072>, 12.07.2024.
- Land Vorarlberg (2016a): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Vorarlberg. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Online: https://vorarlberg.at/documents/302033/472360/AdVL+2016_Strategie+zur+Anpassung+an+den+Klimawandel_web.pdf/62659df7-e965-503f-50f6-6ed2f2a83c0b, 12.07.2024.
- Land Vorarlberg (2016b): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Vorarlberg. Handlungsfelder für Gemeinden. Online: https://vorarlberg.at/documents/302033/472360/AdVL+2016_Klimawandel-Handlungsfelder_Gemeinden.pdf/8cd232fe-b890-ce2a-8dab-4e7b0ed83e71, 12.07.2024.
- Land Vorarlberg (2016c): Klimaszenarien für das Bundesland Vorarlberg bis 2100.
- Land Vorarlberg (2021): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Vorarlberg. Aktionsplan 2021/2022. Online: <https://vorarlberg.at/documents/302033/0/Vorarlberger+Aktionsplan+Klimawandelanpassung+2021-22.pdf/e34e2fd0-c427-9b09-adb3-ce19351dcf70?t=1628852989571>, 12.07.2024.
- Lienbacher G. (2016). Raumordnungsrecht. In: Bachman, S., Baumgartner, G., Feik, R., Fuchs, C., Giese, K., Jahne, I. D., Lienbacher, G. (Hrsg). Besonderes Verwaltungsrecht (11. Auflage). Wien: Verlag Österreich.
- Meteotest (2023): Klimaanalyse Rheintal. Modellgestützte Klimaanalyse. Technische Dokumentation der modellgestützten Klimaanalyse und der Umsetzung der Ergebnisse in Klimaanalysekarten und Planhinweiskarten für die Projektpartner
- ÖROK (2015): Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung, Materialienband. ÖROK: Wien.
- ÖROK (2021): ÖREK 2030, Österreichisches Raumentwicklungskonzept, Raum für Wandel. ÖROK: Wien.
- Regionalverband Ruhr (RVR) (2022): Leitfaden für den Einsatz von Stadtklimamodellen. Online: https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Umwelt_Oekologie/Klima/Stadtklima/RVR_Leitfaden_Stadtklimamodelle_2023.pdf, 12.07.2024
- Rosinak & Partner ZT GmbH (2024): Klimawandelanpassungskonzept mit Fokus Handlungsfeld Hitze. Agglomerationsprogramm Rheintal 5. Generation.
- Schindelegger, A., Weichselbaumer, R., Damyanovich, D., Reinwald, F. (2021): "Climate Proofing" - Ein Framework zur Integration der Klimawandelanpassung in die Raumplanung. Der Öffentliche Sektor, 47(2), S. 9-25.
- VDI 3787 Blatt 1:2015-09 Umweltmeteorologie; Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen (Environmental meteorology; Climate and air pollution maps for cities and regions). Beuth Verlag.

VDI 3787 Blatt 2: 2022-06 Umweltmeteorologie; Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung der thermischen Komponente des Klimas. Beuth Verlag.

VDI 3787 Blatt 5 - *Entwurf*: 2024-03 Umweltmeteorologie; Lokale Kaltluft. Beuth Verlag.

VDI 3787 Blatt 8: 2020-09 Umweltmeteorologie; Stadtentwicklung im Klimawandel. Beuth Verlag.

Anhang

A1: Fachkonzepte, Planungen und Projekte im Bereich der Klimawandelanpassung in Vorarlberg

Fachkonzept / Planung / Projekt	Wo	Wann
Naturgefahren		
Aufgreifen Klimawandelanpassung im Raumbild Vorarlberg durch Berücksichtigung von Gefahrenzonen sowie Frei- und Grünräumen	Vorarlberg	2019
Wald/Forst		
Beratung durch Waldaufseher und die Förderprogramme des Landes für Waldbesitzer zur naturnahen Bewirtschaftung und intensivierten Waldpflege strukturreicher Mischwälder, um eine höchstmögliche Stabilität gegenüber Klimaänderungen zu bieten	Vorarlberg	seit 2019
Saatgutgewinnung besonders toleranter Baumarten im Landesforstgarten Vorarlberg	Vorarlberg	laufend
Vorbereitung auf Schädlingsbefall und Windwürde durch Monitoring von Schadorganismen und Errichtung weiterer Nasslager	Vorarlberg	laufend
Maßnahmenvorschläge zur Anpassung der Waldökosysteme an die Klimaveränderungen im Rahmen der Vorarlberger Waldstrategie 2030+	Vorarlberg	seit 2021
Wassermanagement		
Wasserwirtschaftsstrategie 2025 unter Berücksichtigung von Klimaszenarien	Vorarlberg	2020
Biodiversität / Ökosysteme		
Schwerpunktt Themen «Moore» und «Biotopvernetzung» in der Landesabteilung für Umwelt und Klimaschutz	Vorarlberg	2018/2019
Erhebung begrünter Dachflächen (Monitoring)	Vorarlberg	seit 2018
Broschüre «Begrünte Dächer – Neue Wege der Baukultur», die über Vorteile der Dachbegrünung informiert und Praxisbeispiele enthält	Vorarlberg	2021
Österreichische Moorstrategie mit einem Aktionsplan für Vorarlberg	Vorarlberg	2022
Bekämpfung von invasiven Neobiota in Naturschutzgebieten durch rechtliche Anpassungen zur Bekämpfung von Neozoen und Etablierung einer Zusammenarbeit mit der Vorarlberger Jägerschaft zur Bekämpfung von Neozoen	Vorarlberg	2021/2022
Landwirtschaft		
Veranstaltungsreihe «Die Kammer kommt in die Region 2021» zur Information der Landwirt:innen über die Möglichkeiten zur Reduzierung Ammoniak-Emissionen	Vorarlberg	2021
Menschliche Gesundheit		
Umsetzung des Luftqualitätsplans mit über 150 Einzelmaßnahmen zur Verringerung der Schadstoffbelastung	Vorarlberg	seit 2018
Gebäude & urbaner Raum		
Information zu Handlungsfeldern der Gemeinden zur inhaltlichen Unterstützung der Anpassung auf Gemeindeebene	Vorarlberg	2016
Klimawandelworkshops in sieben Gemeinden zum Thema klimafitte kommunale Gebäude und Infrastruktur	Vorarlberg	2021/2022
Integration des Kriteriums «Klimafolgenanpassung» im Kommunalen Gebäudeausweis und damit verknüpfte erhöhte Förderungen	Vorarlberg	seit 2021

Vortrag und Workshop zur Erarbeitung von wirkungsvollen Planungsprozessen und Umsetzungstools zu wassersensibler Quartiersentwicklung, welche die Landschaft und ihren natürlichen Wasserkreislauf in den Fokus der Planung rückt und damit neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen schafft.	Agglomeration	Seit 2021
Berücksichtigung von Klimawandelanpassung in räumlichen Entwicklungsplänen (REP)	Vorarlberg	2021/2022
Klimawandelanpassung im Verkehrsbereich auf Grundlage der Maßnahmen des Mobilitätskonzept 2019 (Begrünung, helle Oberflächen, Wasserflächen im Siedlungsraum)	Vorarlberg	laufend

Tabelle 3: Fachkonzepte, Planungen und Projekte im Bereich der Klimawandelanpassung in Vorarlberg

A2: Grundlegende Begriffe für die human-biometeorologische/klimatische Bewertung von Flächen in Klimaanalysen

Eine (Stadt)klimatologische Analyse kann aus unterschiedlichen Perspektiven erfolgen. In der Klimaanalyse für die Agglomeration Rheintal erfolgt die Bewertung der Flächen auf der Grundlage human-biometeorologischer und bioklimatischer Kriterien. Folgender Abschnitt erläutert die wesentlichen Schlüsselbegriffe:

Thermisches Empfinden

Der menschliche Körper, ein Temperaturregler, reagiert auf thermische Umwelteinflüsse durch autonome und verhaltensbedingte Anpassungen. Es existieren verschiedene Indizes zur quantitativen Bewertung der thermischen Umgebung (vgl. VDI 3787, Bl. 2):

- **PET (Physiological Equivalent Temperature)** und *SET (Standard Effective Temperature)* sind speziell darauf ausgerichtet, das menschliche Empfinden zu repräsentieren.
- **UTCI (Universal Thermal Climate Index)** bietet einen umfassenden Ansatz, der diverse Umweltvariablen berücksichtigt.
- **GT (Gefühlte Temperatur)** bietet eine direkte Einschätzung basierend auf Temperatur und Windgeschwindigkeit.

Kaltluft

Kaltluft spielt eine wichtige Rolle in den Bereichen Stadtentwicklung, Straßenbau, Landwirtschaft und Immissionsschutz. In Bezug auf die Stadtentwicklung wird Kaltluft als die Luft definiert, die sich bei autochthonen Wetterlagen in gegliedertem Gelände bildet und lokal die Temperatur beeinflusst.

Die Berücksichtigung von Kaltluft in der Raumplanung ist essenziell, da die Nutzung von Freiräumen eng mit der Entstehung und Strömung von Kaltluft verbunden ist. Darüber hinaus gewinnt Kaltluft angesichts des sich verändernden Klimas an zusätzlicher Bedeutung.

Die positiven Effekte der Lufttemperaturminderung und der Durchlüftung durch Kaltluft stehen im Vordergrund und bieten auch lufthygienische Vorteile. Lokale Kaltluft kann bei windschwachen, wolkenarmen Wetterlagen die nächtliche Lufttemperatur in Siedlungsgebieten senken. Zudem kann lufthygienisch unbelastete Kaltluft ("Frischluff"), die nach Überwindung der Randbebauung in Siedlungsgebiete eindringt, die Luftqualität vor Ort verbessern (vgl. VDI 3787, Bl. 5).

Kaltluftentstehung

Lokale Kaltluft bildet sich primär während klarer, windschwacher Nächte durch negative Strahlungsbilanzen. Die Abkühlung des Bodens führt zu einer kühleren Luftschicht direkt über der Oberfläche, was durch turbulente Mischvorgänge und Wärmeleitung aus tieferen Schichten modifiziert wird.

Kaltluftdynamik

- **Vertikale Struktur und Strömungsgeschwindigkeit:** Kaltluft bewegt sich hangabwärts und sammelt sich in Tälern, wobei ihre Mächtigkeit und Strömungsgeschwindigkeit variieren.
- **Einfluss der Topografie:** Lokale Geländeformen beeinflussen die Bewegung und Ansammlung der Kaltluft. Hindernisse wie Gebäude und Vegetation können die Luftströme modifizieren und lokale Unterschiede in der Kaltluftverteilung hervorrufen.
- **Einfluss von Hindernissen:** Gebäude und Vegetation wirken als Barrieren, die die Kaltluftströmungen umlenken oder abbremsen, wobei poröse Hindernisse wie Büsche und Baumgruppen die Turbulenz und somit die Dynamik der Kaltluft beeinflussen.

(vgl. VDI 3787, Bl. 5)

Häufigkeit von Kaltluftphänomenen

Die Häufigkeit der Kaltluftbildung ist stark von den vorherrschenden meteorologischen Bedingungen abhängig, wobei klare, windschwache Nächte die Bildung begünstigen.

Kaltluftwirkung

- **Human-biometeorologische Wirkungen:** Kaltluft senkt die Umgebungstemperaturen, was besonders in städtischen Wärmeinseln während der Nachtstunden die Lebensqualität verbessern kann.

Human-biometeorologische Bewertung von Kaltluft (vgl. VDI 3787, Bl. 5, Entwurf)

- **Bewertungsgrößen**
Die Kaltluftvolumenstromdichte, definiert durch das Produkt aus Strömungsgeschwindigkeit und Schichtdicke der Kaltluft, ist von zentraler Bedeutung für die Bewertung der Belüftungseffizienz in urbanen Räumen. Die VDI-Richtlinie teilt diese Volumenstromdichte in verschiedene Leistungsklassen ein, die von „extrem gut“ bis „gering“ reichen. Diese Klassifizierung erlaubt eine qualitative Einschätzung des natürlichen Kühlungs- und Belüftungspotenzials durch Kaltluftströmungen in städtischen Gebieten.
- **Relevanzbewertung der Kaltluft**
Die VDI-Richtlinie schlägt ein Bewertungsschema vor, um die Relevanz von Kaltluft für städtische Siedlungsgebiete zu bestimmen. Diese Relevanz wird auf der Grundlage von Topografie und Landnutzung in die Kategorien gering, prüfbedürftig und hoch eingestuft. Die Einteilung in diese Kategorien entscheidet darüber, ob weiterführende Analysen zur Wirkung der Kaltluft erforderlich sind, was eine grundlegende Voraussetzung für die Planung und Umsetzung von urbanen Entwicklungsprojekten darstellt.

- **Bewertung von Planungsmaßnahmen auf Kaltluftphänomene**

Die Bewertung von Planungs- und Baumaßnahmen, die potenziell Kaltluftphänomene beeinflussen, wird durch eine Analyse der Veränderungen in der Kaltluftvolumenstromdichte und der Strömungsgeschwindigkeit vorgenommen. Die VDI-Richtlinie legt dar, wie diese Maßnahmen die angrenzenden Siedlungsbereiche sowie die lokale Luftqualität beeinflussen könnten. Dies umfasst eine gründliche Untersuchung, ob die Maßnahmen die Kaltluftdurchlüftung verbessern oder vermindern, was entscheidend für die Minimierung negativer Auswirkungen auf das lokale Mikroklima und die Maximierung der positiven Effekte ist.

A3: Modellgestützte Klimaanalyse im Handlungsfeld Hitze

Die Analyse des Hitzerrisikos in besiedelten Gebieten kann entweder durch direkte Messungen oder durch numerische Simulationen erfolgen. Während direkte Messungen punktuelle Daten liefern, ermöglichen Simulationen eine umfassende und detaillierte Analyse der klimatischen Veränderungen und ihrer flächendeckenden Auswirkungen. Beispiele für numerische Klimasimulationsmodelle sind Kaltluftabflussmodelle, Windfeldmodelle, Stadtklimamodelle und darauf aufbauende Ausbreitungsmodelle oder Modelle zur Berechnung human-biometeorologischer Kenngrößen (vgl. VDI 3787, Bl.1, S.37).

Unterschiede in (Stadt-)Klimamodellen

Stadtklimamodelle variieren in ihren Eigenschaften, um optimal auf die spezifischen Anforderungen verschiedener Anwendungsfälle abgestimmt zu sein. Diese Modelle unterscheiden sich auch hinsichtlich der Genauigkeit, mit der sie atmosphärische Prozesse abbilden. Ein Beispiel hierfür ist das Stadtklimamodell PALM-4U, das fähig ist, Turbulenzen bis zur Subgridskala aufzulösen. Abhängig vom Untersuchungsziel – sei es thermischer Komfort, Kaltlufthaushalt oder Windkomfort – ist die Auswahl des passenden Modells entscheidend.

Die Modelle wurden von verschiedenen Entwicklern konzipiert und differenzieren sich nicht nur im Hinblick auf den Anwendungsfall, sondern auch in Bezug auf ihre möglichen Auflösungen, die Größe des Modellgebiets sowie ihre Randbedingungen und die Art des Nestings, also der Einbettung von kleineren, höher aufgelösten Modellgebieten in größere, weniger hoch aufgelöste Modellgebiete. Diese Aspekte sind ausschlaggebend für die Anpassungsfähigkeit des Modells an spezifische städtische Umgebungen und die Genauigkeit der Simulationsergebnisse (vgl. Regionalverband Ruhr RVR 2022).

Grundlagen der Modellierung

Im spezifischen Kontext der Agglomeration Rheintal wird das Stadtklimamodell PALM-4U eingesetzt. Stadtklimamodelle basieren auf den physikalischen Grundgleichungen, die atmosphärische Prozesse nachahmen. Dazu zählen die Navier-Stokes-Gleichungen für fluiddynamische Strömungen, Energieerhaltungsgleichungen für thermodynamische Vorgänge und Massentransportgleichungen für die Verteilung von Partikeln und Gasen.

Ein erfolgreicher Einsatz solcher Modelle setzt umfangreiches Fachwissen voraus, das die Auswahl und Aufbereitung der Eingangsdaten, die Spezifizierung des Anwendungsfalles, den Betrieb der Modelle und die Interpretation der Ergebnisse umfasst. Ebenso wichtig ist die Interpretation der Ergebnisse, die Kenntnisse der Grundlagen der Meteorologie und des Modellhintergrundes voraussetzt.

- **Maßstabsebene**

Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1, Kapitel 5 betont die Notwendigkeit, Klimafaktoren auf verschiedenen Planungsebenen zu berücksichtigen. In dieser VDI-Richtlinie wird ein detaillierter Überblick über die Instrumente und

Pläne dargestellt, die auf verschiedenen Maßstabsebenen in der Raum- und Stadtplanung eingesetzt werden.

Eine Auswahl des geeigneten Maßstabs für die Modellierung je nach Anwendungsfall ist essenziell. Während in überregionalen, kleinmaßstäbigen Analysen meist grobe Aussagen zu den klimatischen Verhältnissen über ein großes Gebiet getroffen werden können, erlauben Stadtklimaanalysen mit einer entsprechenden Auflösung auch Aussagen über die Gegebenheiten auf lokaler Ebene. Bedarf es Aussagen auf Ebene einzelner Baukörper, so ist eine Mikroklimasimulation erforderlich. Wichtig dabei ist, dass je nach gewähltem Maßstab eine geeignete Auflösung zu wählen ist und die Datenqualität entsprechend hoch sein muss.

Die für die Agglomeration Rheintal vorliegende Klimaanalyse stellt dabei einen Sonderfall dar. Hinsichtlich des Maßstabs handelt es sich um eine Regionalklimaanalyse, für welche in der VDI-Richtlinie eine Auflösung von 100 m oder mehr empfohlen wird. Für die Klimaanalyse der Agglomeration Rheintal wurden jedoch hochauflösende Simulationen mit einer für Stadtklimaanalysen typischen Auflösung von 10 x 10 m durchgeführt. Das Vorarlberger Rheintal ist zu einem urbanen Ballungsraum zusammengewachsen und die hohe Auflösung erlaubt trotz des großen Modellgebiets Aussagen auf lokaler Ebene zu treffen. Voraussetzung ist jedoch eine sehr umfassende Vorarbeit und eine hohe Genauigkeit der Eingangsdaten.

- **Eingangsdaten**

Stadtklimamodelle sind auf detaillierte Informationen über die physikalischen Eigenschaften städtischer Oberflächen angewiesen. Wesentlich sind dabei Daten zur Landnutzung, die Höhen von Gebäuden und Vegetation sowie die Orografie des betrachteten Gebiets. Die benötigte Detailtiefe und Qualität der Eingangsdaten variieren je nach der horizontalen Auflösung, mit der die Modelle betrieben werden. Für Regionen übergreifende Analysen, wie beispielsweise die Agglomeration Rheintal, ist eine Harmonisierung der Eingangsdaten erforderlich.

Primär stützen sich Stadtklimamodelle auf öffentlich zugängliche Daten, die von den Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Bundesländer oder den Kommunen bereitgestellt werden, wie dies auch in der Agglomeration Rheintal der Fall war. (vgl. Regionalverband Ruhr RVR 2022)

- **Initialisierungen und Randbedingungen**

Neben statischen Eingangsdaten benötigen (Stadt-)klimamodelle meteorologische Randbedingungen als Antrieb für die Simulation. Häufig werden als synoptische Randbedingung autochthone Wetterlagen festgelegt, welche als "eigenbürtige" Wetterzustände charakterisiert sind. In Abwesenheit dominanter überregionaler Windsysteme ermöglichen diese Wetterlagen die deutliche Manifestation lokalklimatischer Phänomene eines

spezifischen Ortes. Typischerweise werden unter solchen Bedingungen kleinräumige Windsysteme wie Berg- und Talwinde oder nächtliche, durch Ausstrahlung bedingte Kaltluftseen sichtbar. (vgl. DWD Wetterlexikon)

Diese Wetterlagen bieten somit ideale Bedingungen zur Untersuchung und Modellierung von lokalklimatischen Besonderheiten.

Die Auswahl der synoptischen Randbedingungen in einem Modell hängt sowohl von der Modellkonfiguration als auch von der Auswahl des Anwenders ab.

Beispielsweise bietet das Stadtklimamodell PALM-4U zwei Typen von Randbedingungen an: zyklische und dynamische. Zyklische Randbedingungen setzen das Modell mit konstanten meteorologischen Parametern auf, die dann die autonome Entwicklung des Mikroklimas durch interne Berechnungen atmosphärischer Prozesse ermöglichen. Dynamische Randbedingungen hingegen gestatten durch die fortlaufende Einführung aktualisierter meteorologischer Daten an den Modellgrenzen eine kontinuierliche Modifikation des Mikroklimas. Beide Ansätze erfordern eine präzise Erfassung und Integration meteorologischer Daten durch den Anwender. (vgl. Regionalverband Ruhr RVR 2022)

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.