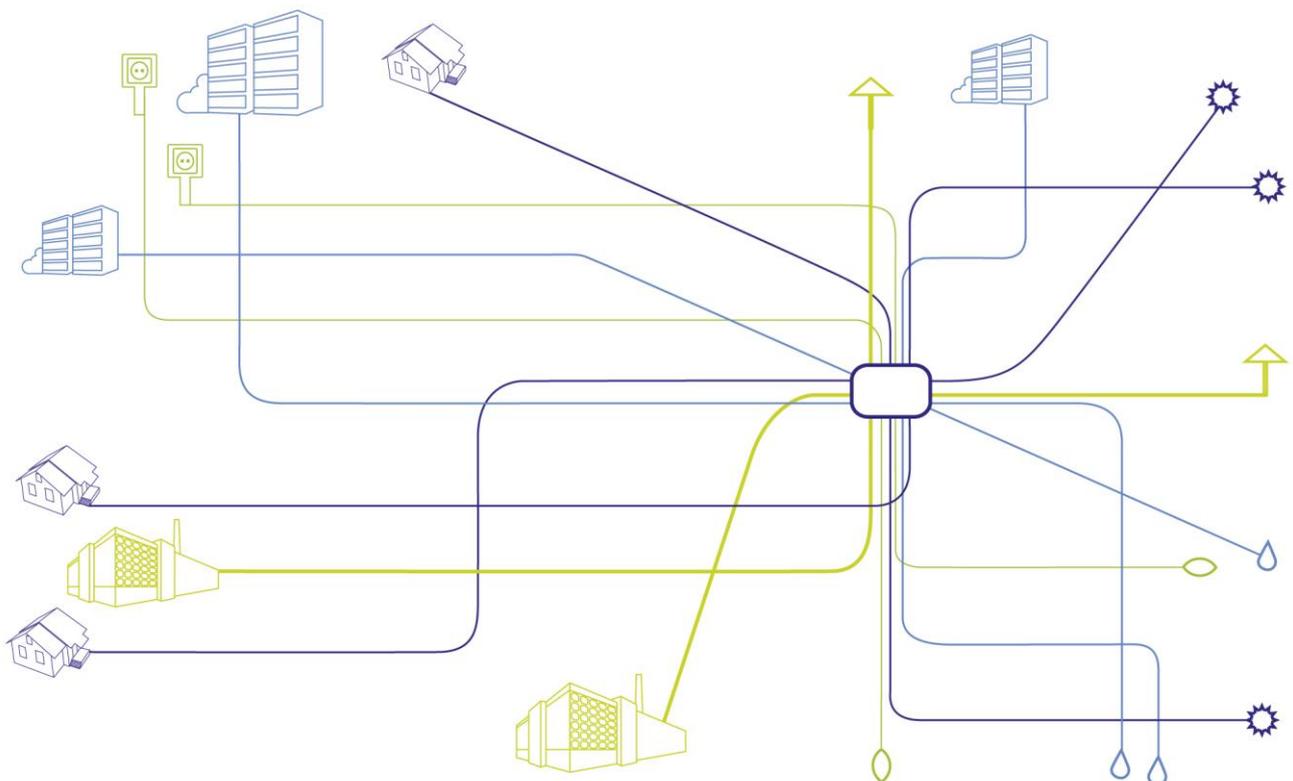




Jacky_cool_check

Effektive Maßnahmen zur Reduktion einer städtischen Wärmeinsel auf Basis von Wirkungsmodellierung und Stakeholderkooperation



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „**Smart Cities Demo – 7. Ausschreibung**“. Mit diesem Förderprogramm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, große Demonstrations- und Pilotprojekte zu initiieren, in denen bestehende bzw. bereits weitgehend ausgereifte Technologien und Systeme zu innovativen interagierenden Gesamtsystemen integriert werden.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und
Energiefonds

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und
Energiefonds

PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

A. Projektdetails

Kurztitel:	JACKY_cool_check
Langtitel:	Effektive Maßnahmen zur Reduktion einer städtischen Wärmeinsel auf Basis von Wirkungsmodellierung und Stakeholderkooperation
Programm:	Smart Cities Demo – 7. Ausschreibung
Dauer:	01.09.2016 bis 31.01.2018
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH LIFE – Zentrum für Klima, Energie und Gesellschaft
Kontaktperson - Name:	Mag. Dr. Ingrid Kaltenegger
Kontaktperson – Adresse:	Science Tower, Waagner-Biro-Straße 100, A-8020 Graz
Kontaktperson – Telefon:	+43 316 876-7635
Kontaktperson – E-Mail:	Ingrid.kaltenegger@joanneum.at
Projekt- und KooperationspartnerIn	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, WIEN
Projektwebsite:	
Schlagwörter (im Projekt bearbeitete Themen-/ Technologiebereiche)	<input checked="" type="checkbox"/> Gebäude <input checked="" type="checkbox"/> Energienetze <input type="checkbox"/> andere kommunale Ver- und Entsorgungssysteme <input checked="" type="checkbox"/> Grün- und Freiraum <input checked="" type="checkbox"/> Kommunikation und Information
Projektgesamtkosten genehmigt:	245.564,- €
Fördersumme genehmigt:	196.450.- €
Klimafonds-Nr.:	KR15SC7F13043
Erstellt am:	27.04.2018

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

B. Projektbeschreibung

B.1 Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation:	<p>Für die großen österreichischen Städte ist infolge des Klimawandels eine deutliche Zunahme der Hitzebelastung zu erwarten. Gleichzeitig wird die Nachverdichtung der Kernräume forciert. Durch die dichte Bebauung wird die Luftzirkulation eingeschränkt und die stärkere Aufheizung versiegelter Flächen verstärkt die weltweit massiven Auswirkungen der Klimaveränderung. Die Belastungen durch Periode großer Hitze haben zugenommen. Der bereits existierende Effekt städtischer Wärmeinseln (Urban Heat Islands – UHI), der durch die Baustruktur, die Oberflächenversiegelung und das Vegetations-defizit hervorgerufen wird, stellt die Städte vor große Herausforderungen.</p> <p>Mögliche Gegenmaßnahmen in bereits existierenden Stadtteilen (im Bestand) wie zum Beispiel ein Mehr an Grün, das Aufbrechen versiegelter Flächen oder eine gesteigerte Abstrahlung versiegelter Flächen und Gebäudeoberflächen sind bekannt. Um sie gezielt setzen zu können, fehlen der Stadtplanung jedoch belastbare/robuste Daten, die objektiv die Ausprägung einer Wärmeinsel zeigen, und demonstrieren, welche Kühleffekte günstig einwirkende Parameter konkret darauf haben. Weiters werden Informationen zu Anwendungsmöglichkeiten sowie zur tatsächlichen Umsetzung und Überprüfung der Effekte benötigt. Letztlich müssen Maßnahmen von ihrer Kühlwirkung her plausibel dargestellt und kommuniziert werden und mit den Nutzungsinteressen der Stakeholder dieses Stadtraums und ihrer Lebensqualität in Einklang gebracht werden.</p>
Bearbeitete Themen-/ Technologiebereiche:	<p>Grün- und Freiraum, Kommunikation und Information, Energie, Gebäude</p>
Inhalte und Zielsetzungen:	<p>Ziele des Projekts waren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validierung des theoretischen Wissens zu Untersuchungen der urbanen Wärmeinsel und der quantitativen Auswirkung von Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung sowie die Erstellung einer wichtigen Datenbasis für die zukünftige Stadtplanung;

	<ul style="list-style-type: none"> • Methodisch innovatives, integratives Vorgehen, das in anderen städtischen Kontexten replizierbar ist; • Commitment zur Maßnahmensetzung im Testgebiet Jakomini durch private und öffentliche, „informierte“ Stakeholder-gruppen; • Detaillierte Umsetzungsplanung für ein späteres Demoprojekt.
<p>Methodische Vorgehensweise:</p>	<p>Das Projekt Jacky_cool_check wendet einen innovativen Ansatz an und erarbeitet auf integrierte Weise die erforderlichen technischen, stadtplanerischen und sozialen Abklärungen von Maßnahmen gegen städtische Wärmeinseln im dicht verbauten Grazer Wohn- und Gewerbebezirk Jakomini („Jacky“).</p> <p>Grundannahme des Projektansatzes war es, dass öffentliche und private Stakeholdergruppen auf Basis fachlicher Information und, unterstützt durch einen gezielten Kommunikationsprozess, ihre eigenen Handlungsspielräume zur Reduktion einer bestehenden städtischen Wärmeinsel erkennen und auch nutzen.</p> <p>Drei Ebenen werden im Projekt zusammengeführt, um die optimale Lösung für Maßnahmen zur Reduktion von Hitzeinseln in der Stadt zu finden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technische Ebene: Erhebung des UHI Status quo und der faktisch machbaren Reduktionen durch Wirkungsberechnungen in Handlungsfeldern und Kühlungsszenarien, • Planerisch/legistische Ebene: Abstimmung der Szenarien mit der Stadtentwicklung, um den Gestaltungsspielraum festzulegen, • Soziale Ebene: Kommunikation des realistischen Kühlungspotentials an die Stakeholdergruppen des Testbezirks und Erarbeitung eines commitments zu privater und öffentlicher Maßnahmensetzung unter Einbeziehung von Interessen und Lebensqualität.
<p>Ergebnisse und Schlussfolgerungen:</p>	<p>Das Sondierungsprojekt Jacky_cool_check hat sehr gut gezeigt, wo im Bezirk Jakomini in Graz Möglichkeiten bestehen, Maßnahmen gegen Wärmeinseln zu setzen. Der Wille von Seiten der Stadtverwaltung, der Bezirksvertretung und von Seiten der BewohnerInnen des Bezirks ist groß, gemeinsam einen Prozess zu starten und Maßnahmen in einem Demoprojekt umzusetzen.</p> <p>Grundlegend dafür war die Untersuchung des Potenzials für die Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien in der</p>

	bestehenden dicht bebauten Umgebung des Bezirks Jakomini in Graz, basierend auf den städtischen Klimamodellsimulationen und der Zusammenarbeit mit den relevanten Akteuren.
Ausblick:	Die im Sondierungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse und die Kontakte zu den einzelnen Stakeholdern, allen voran der Stadtplanung und der Bezirksvertretung, bilden die Grundlage für ein Demoprojekt. Ziel des Demoprojektes ist es, einige der im Sondierungsprojekt identifizierten Maßnahmen umzusetzen und eine nachhaltige Wirkung in der Bekämpfung von Hitzeinseln im Bezirk zu erzielen.

B.2 English Abstract

Initial situation / motivation:	<p>Due to climate change, big Austrian cities will face a considerable increase of heat stress in the near future. At the same time, densification of the core parts of the cities is being intensified. Through dense building development, air circulation is limited and the intense heating of sealed surfaces increase the worldwide massive effects of climate change. Periods of high temperatures have increased. Cities are facing great challenges, due to the already existing effect of Urban Heat Islands (UHI), caused by the development structure of the city as well as by sealed surfaces and a lack of vegetation.</p> <p>Possible countermeasures in the built environment of a city, e.g. more green spaces and the unsealing of surfaces or the increased radiation of sealed surfaces and buildings are already known.</p> <p>However, to target these measures, resilient and robust data pointing out the peculiarities of Urban Heat Islands and clearly demonstrating possible cooling effects are missing in urban planning so far. What is also needed is information on different applications, their implementation, and monitoring of these effects. Lastly, the cooling effects of measures have to be presented and communicated in a feasible way to local stakeholders and be harmonized with their interests of living and quality of life.</p>
Thematic content / technology areas covered:	Green and open spaces, communication and information, energy, buildings

<p>Contents and objectives:</p>	<p>The objectives of the project are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validation of theoretic knowledge for the investigation of Urban Heat Islands and the quantitative effects of measures reducing heat stress as well as the establishment of a database that is of importance for future urban planning; • Methodologically innovative and integrated approach, replicable in other urban contexts; • Commitment by public and private „informed“ stakeholders to undertake measures in the test-district of Jakomini; and • Detailed concept for the implementation in a follow-up demonstration project.
<p>Methods:</p>	<p>The project Jacky_cool_check, uses an innovative approach and explores and elaborates the necessary requirements for measures against Urban Heat Islands from a technical, urban planning and social point of view in the densely developed residential and business district of Jakomini (“Jacky”) in Graz. Basic assumption of the project approach was that public and private stakeholder groups are able to identify and use their own scope of action to set measures against Urban Heat Islands, if they are provided with prior technical information (“informed stakeholders”) and are supported by a targeted communication process. Three levels are merged in the project to get the optimum solution for measures against Urban Heat Islands:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technical level: identification of the UHI Status-Quo and calculation of feasible heat reductions, considering measures of different potential fields of action and cooling scenarios; • Planning/legislative level: adjustment of scenarios with urban planning to determine a realistic area of action; and • Social level: communication of the realistic cooling potential towards the different stakeholder groups in the test district and elaboration of a commitment for public and private implementation of measures, including their interests and life quality.

<p>Results:</p>	<p>The exploration project Jacky_cool_check could show where there are opportunities in the district of Jakomini (Graz) to set measures against Urban Heat Islands. Public authorities, as well as the district authorities and the different stakeholders in the district assured their willingness to start a process together and to implement measures within a demonstration project.</p> <p>The foundation was laid with the assessment of the potential to implement climate adaptation measures in a densely built environment in the district of Jakomini which was mainly based on climate models and the engagement of relevant local stakeholders.</p>
<p>Outlook / suggestions for future research:</p>	<p>The knowledge and the contacts to different stakeholders (especially to the city authorities and the district Jakomini) from the project Jacky_cool_check are the basis for a demonstration project. The aim of the demonstration project is to implement some of the measures that were identified in the exploration project and to gain sustainable effects in the district of Jakomini, combating Urban Heat Islands.</p>

Projekt Jacky_cool_check – Langfassung

Inhaltsverzeichnis

B.3	Einleitung	8
B.3.1	Aufgabenstellung - Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben	8
B.3.2	Schwerpunkte und Ziele des Projektes	9
B.3.3	Aufbau der Arbeit.....	10
B.4	Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	12
B.4.1	Stand der Technik	12
B.4.2	Vorarbeiten zum Thema.....	17
B.4.3	Innovationsgehalt des Projekts.....	18
B.4.4	Verwendete Methoden im Projekt Jacky_cool_check	20
B.4.5	Vorgehensweise im Projekt Jacky_cool_check	30
B.5	Ergebnisse des Projekts	42
B.5.1	Ergebnisse auf Technischer Ebene.....	42
B.5.2	Ergebnisse auf Planerischer/legistischer Ebene.....	58
B.5.3	Ergebnisse auf Sozialer Ebene.....	61
B.5.4	Dissemination in diversen Medien.....	63
B.5.5	Dissemination auf wissenschaftlichen Konferenzen	63
B.5.6	Weitere Aktivitäten im Projekt	64
B.6	Erreichung der Programmziele	65
B.6.1	Einpassung in das Programm.....	65
B.6.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	66
B.6.3	Einbeziehung der Zielgruppen	66
B.6.4	Umsetzungspotential (Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial).....	67
B.7	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	68
B.7.1	Erkenntnisse aus dem Projekt – „Lessons learned“	68
B.7.2	Weiterführende Arbeiten nach Ende des Projekts	70
B.8	Ausblick und Empfehlungen	71
B.8.1	Ziel und grundlegende Überlegungen für ein Demoprojekt.....	71

B.3 Einleitung

B.3.1 Aufgabenstellung - Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben

Komplexe Problemlage Wärmeinseln-Grünraumverlust

Die Stadtentwicklung steht angesichts des Klimawandels und des starken Wachstums vieler Ballungszentren vor speziellen Herausforderungen: so werden zum Einen städtische Nachverdichtungsprozesse forciert, um einen weiteren Flächenverlust (und damit verbunden den Verlust an Boden und Grünraum) durch ein ungebremstes Wachstum von Städten zu bremsen, und die damit verbundenen Verkehrs- und Infrastrukturprobleme zu vermeiden. Zum anderen wird jedoch die Versiegelungsproblematik in der bestehenden Stadtstruktur durch diese Nachverdichtung verschärft. Gängige Nachverdichtungsmaßnahmen greifen in der Regel stark in die städtischen Oberflächen (Fassaden, Dachflächen, versiegelte und unversiegelte Flächen) ein und können durch die Veränderung des kleinräumigen Strahlungshaushaltes und der lokalen Luftzirkulation das Mikroklima in den Stadtquartieren deutlich verändern bzw. beeinträchtigen. Unbedachte bauliche Maßnahmen führen allzu leicht zu einer weiteren Ausprägung der Hitzebelastung in Form von Wärme- oder Hitzeinseln (Urban Heat Islands – UHI), die durch die tendenzielle Zunahme der Hitzetage ohnehin besteht. Es sind daher gezielte Ausgleichsmaßnahmen im Kontext der weiteren Verdichtung des städtischen Raums notwendig.

In Großstädten wie Graz ist man sich dieser Problematik sehr wohl bewusst, allerdings fehlen der Stadtplanung belastbare Daten zu Wärmeinseln und kleinklimatischen Effekten entsprechender Maßnahmen, um bauliche Maßnahmen an Vorgaben, die zum Hitzeschutz dienen, zu binden. Weiters sind Stadtplanung und Grünraumschutz bei ihren geplanten Strategien oft mit Akzeptanzproblemen seitens lokaler Stakeholdergruppen konfrontiert, die ihre unmittelbaren Lebensrauminteressen dadurch nicht als geschützt, sondern bedroht sehen.

Herausforderungen an die Stadtplanung

Es besteht daher die unmittelbare Notwendigkeit, umsetzbare Lösungen für die Problematik städtischer Wärmeinseln zu finden. Eine Herausforderung ist insbesondere, dass Wärmeinseln sich meist in bestehenden alten Siedlungskörpern, häufig im Innenstadtbereich, ausbilden. Nur im Fall punktueller Neugestaltungen (z.B. Baulückenfüllung) können größere räumliche Lösungen geplant werden. Meist jedoch sind in diesem Bereich keine großräumigen Neuplanungen möglich und es müssen wirksame Maßnahmen, die sich auf die Adaptierung des Baubestands konzentrieren, gefunden werden.

Für das Projekt `Jacky_cool_check` wurde als sogenanntes „Testbed“ der Bezirk Jakomini in Graz ausgewählt. Um in diesem Bezirk, in dem die Hitzebelastung – auch bedingt durch eine ständig steigende Bevölkerung und dem damit verbundenen vermehrten Bedarf an Wohnraum - bereits jetzt groß ist, die gegenwärtige Situation zu entschärfen, benötigt die Stadtplanung und die Grünraumsicherung dreierlei:

- **belastbare/robuste Daten**, die objektiv die derzeitige Ausprägung der UHI in Graz/Jakomini zeigen, und die aufzeigen, welchen Einfluss günstig einwirkende Parameter wie unversiegelte Flächen, Grünraum oder gesteigerte Abstrahlung versiegelter Flächen und Gebäudeoberflächen darauf haben, das heißt, welche Kühleffekte erreichbar sind bzw. welche Veränderung der Parameter zu welchen Ergebnissen führen kann. Damit verbunden ist auch das Wissen um die sonstige Umweltwirksamkeit von Maßnahmen (direkte und indirekte Wirksamkeit im Kampf gegen den Klimawandel). Nur durch solche Daten können entsprechende Richtlinien, Verordnungen etc. im politisch-ökonomischen Diskurs umgesetzt werden.
- konkrete Informationen zu **Anwendungsmöglichkeiten**, wie diese Parameter realistisch und nutzbringend für eine nachhaltige Planung einsetzbar sind, sowie die **tatsächliche Umsetzung und Überprüfung der Effekte**: d.h. wie muss ein Grünraum beschaffen sein, um seine kleinklimatische Wirkung zu entfalten oder welche technischen Möglichkeiten, die Albedo zu erhöhen, sind bereits realisierbar?
- Wissen um jene **Maßnahmen, die von betroffenen Stakeholdern** (Anrainer, Wirtschaft, Bezirks- und Stadtverwaltung, aber auch Investoren, etc.) akzeptiert und möglichst **aktiv mitgetragen** werden. Diese Akzeptanz und das Mittragen sind entscheidend für eine nachhaltige Wirkung der Maßnahmen und einen dadurch zu erwartenden Multiplikatoreffekt. Das bedeutet, dass diese Maßnahmen nicht nur von ihrer Kühlwirkung her hinreichend plausibel sein müssen (bzw. dies demonstriert und kommuniziert werden muss), sondern auch, dass diese Maßnahmen mit den Nutzungsinteressen der Stakeholder des Stadtraums (Wohnen, Konsumieren, Wirtschaften, Mobilität, Infrastruktur, sozialer Austausch) und ihrer Lebensqualität in Einklang gebracht werden müssen.

B 3.2 Schwerpunkte und Ziele des Projektes

Das Projekt **Jacky_cool_check** erarbeitet in einem innovativen Ansatz und auf integrierte Weise die erforderlichen technischen, stadtplanerischen und sozialen Abklärungen von Maßnahmen gegen städtische Wärmeinseln in einem dicht verbauten Grazer Wohn- und Gewerbebezirk, dem Bezirk Jakomini. Die dem Projekt zugrundeliegende Annahme ist, dass öffentliche und private Stakeholder/

gruppen auf Basis fachlicher Information, unterstützt durch einen gezielten Kommunikationsprozess, ihre eigenen Handlungsspielräume zur Reduktion einer bestehenden städtischen Wärmeinsel erkennen und nutzen können. Ebenfalls im Sondierungsprojekt erfolgte die Planung für die folgende Umsetzung der Maßnahmen in einem Demoprojekt, bestehend aus Zeit-, Arbeits-, Kosten- und Finanzierungsplanung, der Zusammenstellung des Konsortiums, sowie eines Kommunikationskonzepts und eines Konzepts zur Wirkungsüberprüfung der Maßnahmen.

Jacky_cool_check hat folgende überprüfbare Detailziele:

- Klärung der Ausgangssituation und Kalkulation der Größenordnung des lokal (im Bezirk Jakomini) durch Maßnahmensetzung erreichbaren Kühlpotentials der städtischen Wärmeinsel mittels Modellierung entsprechender Szenarien.
- Erarbeitung einer speziellen methodischen Vorgehensweise der Maßnahmen-identifizierung durch eine systemische Verknüpfung
 1. der (technischen) Ermittlung des Kühlungspotentials der Wärmeinsel,
 2. der relevanten städtischen Planungskonzepte und
 3. der Bewertung von Hitzeproblematik und Handlungsmöglichkeiten durch Stakeholdergruppen aufgrund ihrer Interessen zur Nutzung ihres Lebensraums.
- Erstellung eines Informations- und Kommunikationskonzeptes zur Einbindung der öffentlichen und privaten Stakeholdergruppen in ihrem jeweiligen Handlungsspielraum.
- Berechnung der durch die Maßnahmen verbesserten Umweltwirksamkeit in Bezug auf den Klimawandel (Einsparung an THG-Äquivalenten).
- Auswahl von und Verantwortungsübernahme zu Maßnahmen, die zu einer effektiven Reduktion der städtischen Wärmeinsel führen sollen, durch verschiedene Stakeholdergruppen.
- Erarbeitung der Planung für die Umsetzung im nachfolgenden Demoprojekt hinsichtlich Zeit-, Kosten- und Finanzierungsplan, Arbeitsplan und Zuständigkeiten der Beteiligten, Kommunikation und Wirkungsüberprüfung.

B.3.3 Aufbau der Arbeit

Methodisch gesehen wurde das Projekt auf drei Ebenen aufgebaut, um einen systemisch optimalen Ansatz zur Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion einer Wärmeinsel im Bestand zu entwickeln: der technischen, der planerisch/legislativen und der sozialen Ebene. Diese Ebenen wurden durch einen intensiven Prozess des Informationsaustausches, der Kommunikation und der Kooperation verbunden.

Das Sondierungsprojekt wurde in vier Arbeitspaketen bearbeitet, die im Folgenden beschrieben sind:

AP1 umfasste das Projektmanagement und gewährleistete eine effiziente Projektdurchführung und Kooperation der Projektpartner, sowie die Konsistenz der Projektergebnisse und des Wissenstransfers sowie die Abstimmung zwischen den Arbeitspaketen.

Das Projekt selbst setzte parallel in **AP2** und **AP3** ein:

AP2 startete mit der Erfassung und Einpflege der Daten für das Stadtklimamodell. Die Daten dazu wurden vom Stadtvermessungsamt der Stadt Graz zur Verfügung gestellt, bzw. wurden aus bereits vorhandenen Datenbanken der ZAMG generiert. Auf dieser Basis der Ist-Situation wurden erste Modellrechnungen durchgeführt, die zur

Darstellung der maximal erzielbaren Reduktion der Überwärmung des lokalen Teststadtraums führten (Szenario „Theoretisch Erreichbares“), unter der Annahme, dass damit möglichst alle im Bestand überhaupt möglichen Maßnahmen ausgeschöpft werden. Dieses „theoretisch erreichbare Szenario“ wurde in einem intensiven, wechselseitigen Austausch mit der Stadtplanung in Hinblick auf bestehende Vorgaben, Konzepte und Planungen der Stadtverwaltung (z.B. Flächenwidmungsplan, Stadtentwicklungskonzept, etc.) abgeglichen. Die Ergebnisse aus diesen Gesprächen wurden in einer zweiten Modellrechnung („realisierbares Szenario“) berücksichtigt, die das Spektrum der Maßnahmen der ersten Modellrechnung auf das unter den gegebenen Rahmenbedingungen Realisierbare reduzierte. Dieses Szenario diene als Grundlage für die Diskussion und Planung jener Aktivitäten, die im Rahmen des geplanten Demoprojektes gesetzt werden sollen.

Für die Modellierung wurden Landnutzungsklassen und Gebäudetypen benutzt, die Auswertungen erfolgten aufgrund der räumlichen Verteilung, wobei dabei nicht auf einzelne Objekte fokussiert wurde. Eine robuste Analyse fand aufgrund der Klimaindizes statt, die man im Kontext des Klimawandel interpretieren kann.-Generell werden alle Änderungen in den gewählten Klimaindizes auf den Zeitraum der Klimanormalperiode 1981 – 2010 bezogen, um von anderen Faktoren unbeeinflusste Änderungssignale der baulichen Maßnahmen zu erhalten. Weiterführende Aussagen im Kontext des fortschreitenden klimatischen Wandels können mittels geeigneter Ensembles von Klimaszenarien abgeschätzt werden.

Die ersten Arbeitsschritte in **AP3** waren die Kontaktaufnahme mit relevanten Stakeholdergruppen im Bezirk Jakomini und die Information zu Ziel und Ablauf des Sondierungsprojektes sowie ihrer möglichen Rolle darin. In Einzel- oder Gruppengesprächen wurden dabei Interessen, Einstellungen und existierende Vorschläge dieser Personen bzw. Gruppen, die in Verbindung mit den Themen Urban Heat Islands (UHI) und Gegenmaßnahmen in den Bereichen Grünraum, Bodenversiegelung, Gebäudeoberflächen stehen, erhoben. Die über diese Gespräche erhaltenen Informationen und Eindrücke sind in die Diskussion des „realisierbaren Szenarios“ (AP2) eingeflossen, sie dienten auch als Basis für das Kommunikationskonzept der weiteren Kooperation mit lokalen Stakeholdergruppen während des Sondierungsprojektes. Dieses Kommunikationskonzept wurde mit der Stadtplanung diskutiert und von dieser durch weitere wichtige Stakeholder ergänzt.

Die Vorstellung und Erläuterung des „realisierbaren Szenarios“ an die Stakeholdergruppen setzte den Eingangsimpuls für den nachfolgenden Kommunikations- und Diskussionsprozess zu den Möglichkeiten und Interessen, sich an Maßnahmen zur UHI-Reduktion im eigenen Lebensumfeld freiwillig zu beteiligen. Auch Kosten-Nutzen-Erwägungen, die mit den unterschiedlichen Maßnahmen verbunden sind, wurden dabei diskutiert. Die Verwaltung bzw. diverse betroffene Verwaltungseinheiten wurden dabei als Teil dieser Stakeholdergruppen, aber auch als Ansprechpartner für andere Stakeholdergruppen gesehen. Für die Kommunikation wurden der jeweiligen Stakeholdergruppe angepasste Methoden gewählt: Einzel- und Gruppengespräche, Diskussionsveranstaltungen oder auch Workshops.

Ziel dieses Kommunikations- und Diskussionsprozesses war die Benennung konkreter Maßnahmen, zu deren Durchführung im Demoprojekt sich die jeweilige Stakeholdergruppe bekennen sollte.

Diese Maßnahmen wurden von **AP2** für eine dritte Modellrechnung „geplantes Szenario“ übernommen. Das damit errechnete lokale UHI-Reduktionspotential stellt nunmehr die Zielvorgabe dar, die durch die Maßnahmensetzungen im Demoprojekt erreicht werden soll. Sie mündet in eine Bewertung der Effekte der Maßnahmen und wird als eine Grundlage für das Wirkungsmonitoring im Demoprojekt dienen. Um weitere Wirkungen der Maßnahmensetzung darstellen zu können, werden zusätzlich auch direkte (über das Reflexionspotential und Albedoerhöhung) und indirekte (Stromeinsparungspotential) Klimaauswirkungen berechnet und in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt.

AP4 hatte die Erstellung des Umsetzungsplans zum Demoprojekt zum Ziel und setzte auf Schlüsselergebnissen von AP2 und AP3 auf. Ein Zeit- Finanzierungs- und Arbeitsplan wurde grob erarbeitet, ein Vorschlag für ein den Anforderungen der geplanten Maßnahmen entsprechendes Konsortium erstellt, basierend auf Gesprächen mit den relevanten Personen und Institutionen. Es wurde weiters ein Kommunikationsplan für das Demoprojekt skizziert, der die Kommunikation im Konsortium, mit der Stadtverwaltung, mit den anderen Stakeholdergruppen, aber auch die Kommunikation nach außen, d.h. gegenüber Medien, der interessierten Öffentlichkeit und der „scientific community“ darstellt. Ein Monitoring- und Evaluierungsplan soll die Auswertung des Erreichten sicherstellen.

B.4 Hintergrundinformationen zum Projekthalt

B 4.1 Stand der Technik

Die Entstehung einer **städtischen Wärme- oder Hitzeinsel**, oder "Urban Heat Island" (UHI, u.a. Oke, 1982) ist ein typisches Merkmal für ein Stadtklima und wird durch die Wechselwirkung mehrerer unterschiedlicher Effekte hervorgerufen (siehe Abbildung 1). Durch eine erhöhte Aufwärmung tagsüber und eine eingeschränkte Abkühlung nachts, hervorgerufen v.a. durch die Art der Bebauungsstruktur, der Oberflächenversiegelung und das Vegetationsdefizit, sind Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer. Dabei können in den Sommermonaten Unterschiede von 10°C und mehr gegenüber dem Umland erreicht werden. Auch innerhalb des Stadtgebietes entstehen Hitzeinseln, die gegenüber aufgelockerter bebauten und geringer versiegelten Nachbarzonen durch erhöhte Temperaturwerte, geringe Luftfeuchte und geringe Windgeschwindigkeiten charakterisiert sind. Die Hitzebelastung, besonders die lange Exposition während ausgeprägter Hitzeperioden im Sommer, kann sich negativ auf die Gesundheit und die Lebensqualität der Stadteinwohner auswirken (Souch and Grimmond 2004; Tan et al., 2007; Baccini et al., 2008; Son et al. 2012). Auch für die großen österreichischen Städte ist infolge des Klimawandels eine deutliche Zunahme der Hitzebelastung zu erwarten.

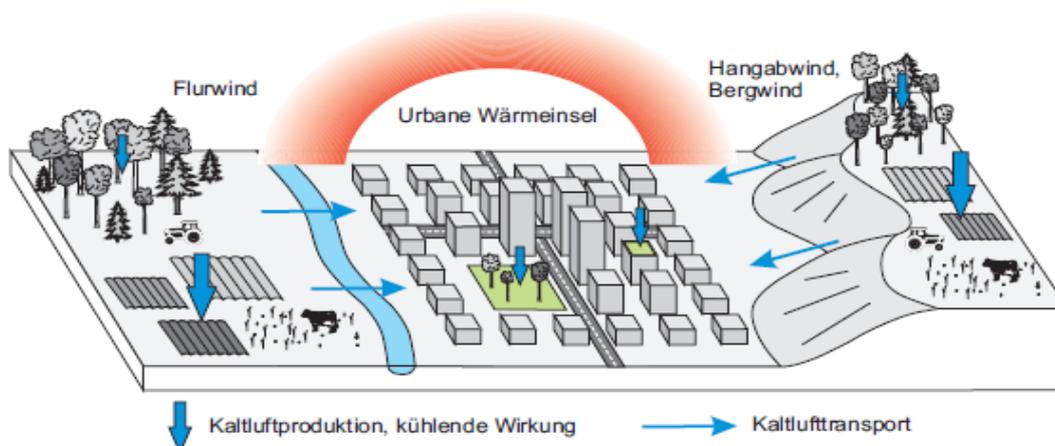


Abbildung 1: Außerstädtische und innerstädtische Kaltluftproduktionsgebiete und -transportwege. Schematische Darstellung (Gerst et al., 2011)

Klimaprojektionen für die österreichischen Städte deuten darauf hin, dass sich der beobachtete Erwärmungstrend, einschließlich häufiger auftretender extremer Hitzeereignisse, in den kommenden Jahrzehnten fortsetzen wird. Aufgrund des UHI-Effekts (Urban Heat Island), der durch die Veränderung der Energiebilanz in der bebauten Umgebung verursacht wird, sind die Städte wärmer als ihre ländliche Umgebung und daher den negativen Auswirkungen des Klimawandels stärker ausgesetzt. Bei länger andauernden Hitzewellen kann der Wärmeüberschuss in Kombination mit einer verringerten nächtlichen Abkühlung, verringerter Ventilation und möglicher Luftverschmutzung schwere gesundheitliche Auswirkungen auf die städtische Bevölkerung haben. Im Kontext der nachhaltigen Stadtentwicklung und der klimasensiblen Stadtplanung sind Maßnahmen zur Reduktion des UHI-Effekts wichtig.

Die European Environment Agency beschreibt in ihrem Bericht (EEA, 2012) Herausforderungen und Anpassungsmöglichkeiten europäischer Städte, die sich in Zukunft durch den fortschreitenden Klimawandel ergeben werden. Abbildung 2 zeigt eine Darstellung der zu erwartenden längeren Perioden mit ungewöhnlich hohen Temperaturen und die damit einhergehende Gefahr verstärkten Auftretens von UHI's in europäischen Städten zwischen 2071 und 2100. Im selben Bericht werden zusammenfassend die Haupteinflussgrößen auf die Ausprägung städtischer Wärmeinseln genannt: Parks und Grünflächen, Dach- und Fassadenbegrünung sowie versiegelte (Asphalt-)Flächen.

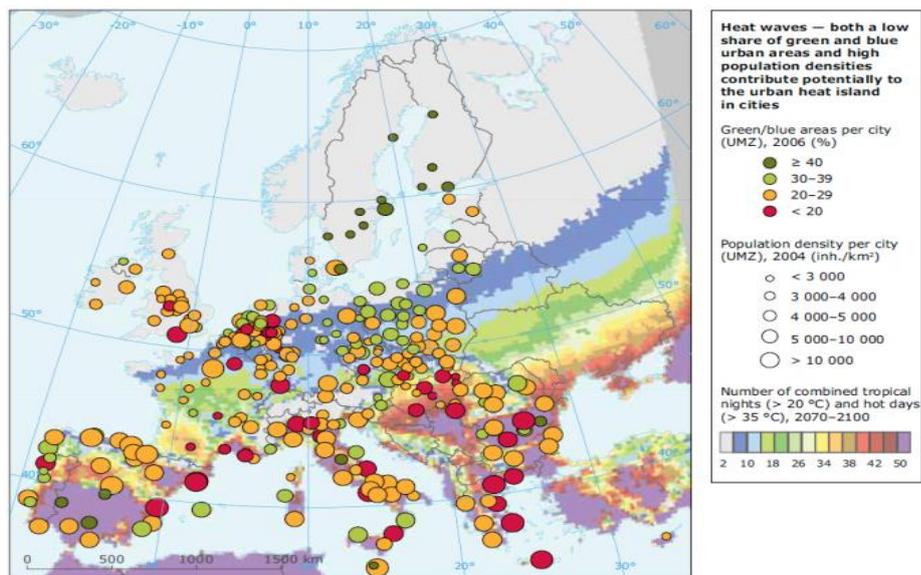


Abbildung 2: Darstellung der zu erwartenden Hitzewellen und die damit einhergehende Gefahr verstärkten Auftretens von UHI's in europäischen Städten zwischen 2071 und 2100. Quelle: EEA (2012)

Mögliche Strategien

Neben den bereits bekannten und aktiven Klimaschutzmaßnahmen (Klimaschutzpläne, etc.) sind zur Bekämpfung des UHI-Phänomens Maßnahmen im innerurbanen Bereich wesentlich. Welche diese sein könnten, ist in zahlreichen Studien belegt:

- Eine zusammenfassende Studie von bestehenden Vermeidungsstrategien von städtischen Wärmeinseln veröffentlichten Rizwan et al., 2008. Das Climate Central Institute (Princeton, N.J., USA) unterstreicht in seiner Studie „Summer in the City: Hot And Getting Hotter“ (Kenward et al., 2014), dass Stadtplaner und -designer verstärkt Bäume und Parks, sowie weiße Dächer (Albedo-Effekt) einsetzen sollten, um den durch den Klimawandel verstärkten UHI-Effekt zu verringern.
- Die Anwendung **geeigneter Materialien und Farben** für die Gebäude können die Wärmespeicherung und die Absorption der Sonnenstrahlung reduzieren (Hamdi und Schayes 2008; Krayenhoff und Voogt 2010; Santamouris et al., 2011). Bei **Erhöhung der Reflexion der Oberfläche** im Bereich von 0.08 bis 0.42, verringert sich die Oberflächentemperatur von 4.2 bis 11°C in Abhängigkeit von der Farbe des Materials. Die geschätzte Größe der Änderung für die Lufttemperatur in 2m Höhe über dem Boden ist dennoch niedriger ($\Delta T_{\text{Luft}} = 1.9^{\circ}\text{C}$ für $\Delta T_{\text{Boden}} = 12^{\circ}\text{C}$, Santamouris et al., 2012).

- Zusätzlich könnte die Geometrie und Größe von Gebäuden und Straßenräume zusammen mit Vegetationsplanung optimiert werden um eine verbesserte Ventilation und Luftqualität zu ermöglichen (Ali-Toudert und Mayer, 2007a; 2007b; Middel et al., 2014). Gago E.J. et al., 2013 geben einen guten Überblick über die geeignetsten Möglichkeiten, das Phänomen UHI nachhaltig einzudämmen.
- Zunehmend wird in heißen Sommern auch des gemäßigten Klimas neben der Heranführung von Frischluft aus außerstädtischen Kaltluftproduktionsgebieten der kleinräumige Kühleffekt von **Grünräumen** (Park Cool Islands) wichtig (Oke, 1987 in Upmanis et al., 1998), da Vegetation die Sonneneinstrahlung absorbiert und Luftbewegungen und Evaporation beeinflusst. Wesentlich ist, dass unter bestimmten Voraussetzungen Grünräume auch eine kühlende Wirkung auf die angrenzende bebaute Umgebung ausüben (Gerst et al., 2011).
- In ihrer Literaturanalyse fanden Lettmayer und Reinhofer 2015, dass Grünräume einen nachweislichen Kühleffekt auf ihre Umgebung in einem Ausmaß von bis zu 4-5°C im 2m Höhe über Grund erreichen (Abbildung 3) das reale Ausmaß des Kühleffektes aber abhängt von der Größe, dem Aufbau und der Zusammensetzung des Grünraums, der Tageszeit und der Bebauungsstruktur der Umgebung. Gebäude und Freiflächen können mit einem erhöhten Anteil an Vegetation oder Wasserflächen ausgestaltet werden, um die Effekte von Beschattung und Verdunstungskühlung zu nutzen (Akbari et al., 2001; Wilby und Perry, 2006; Gill et al., 2007).

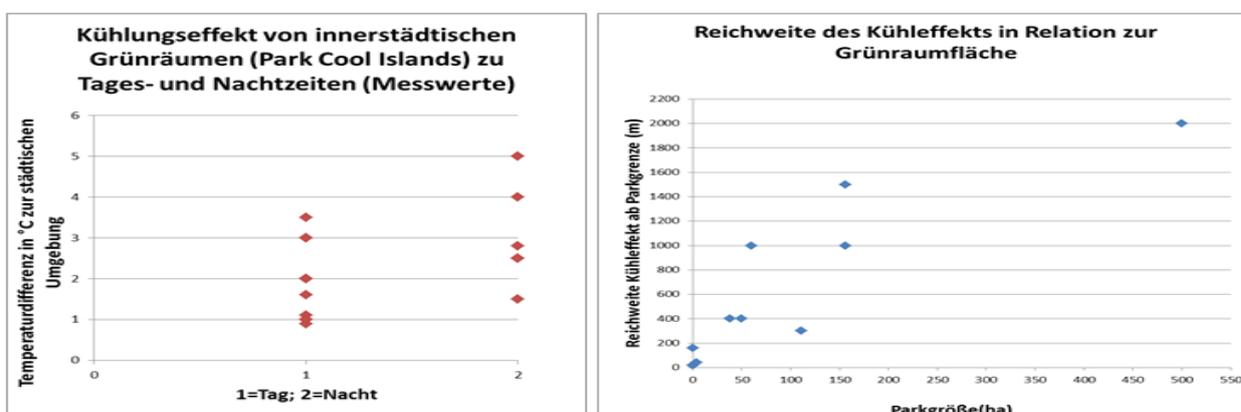


Abbildung 3: Kühlungseffekte von innerstädtischen Grünräumen (Zusammenstellung von Messwerten aus der Literatur) (Lettmayer u. Reinhofer 2015)

Stadtklima Graz

Die Analyse der Temperaturzeitreihen in der Stadt Graz und ihrer Umgebung zeigt einen Anstieg in der Anzahl der Sommertage ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) in den vergangenen Jahrzehnten (Quelle: ZAMG, HISTALP Datenbank). Basierend auf zukünftigen Klimaszenarien des IPCC (Christensen et al., 2007) ist für die Stadt Graz ein mäßiger Anstieg in der Anzahl der Sommertage in der Mitte und ein starker Anstieg am Ende

des 21. Jahrhunderts zu erwarten (Quelle: ZAMG, Projekt SISSI-II). Aus diesen Gründen ist eine optimierte Stadtplanung unter Berücksichtigung der beobachteten Trends und zukünftigen klimatologischen Auswirkungen sehr wichtig. Einerseits hat die Landschafts- und Bebauungsstruktur einen großen Einfluss auf die Temperaturverteilung innerhalb der Stadt, und andererseits spielt das lokale Klima, welches durch die umliegende Topographie und deren Geländeformen geprägt ist, eine entscheidende Rolle. Auswertungen von unterschiedlichen Stationsdaten und zahlreichen Messfahrten (Lazar et al., 1994 und 2006) zeigen auch saisonale Unterschiede in der räumlichen Struktur der Wärmeinsel in Graz. Im Frühling und im Sommer tritt die höchste Hitzebelastung im dicht bebauten Stadtkern auf und die Wärmeinsel ist durch die Bebauungsstruktur dominiert. Im Bereich von Altstadt, Gründerzeitgürtel und dichten Blockbebauungsarealen, die daran anschließen, hat sich eine Zone mit hohem Versiegelungsgrad und ausgeprägtem UHI-Effekt herausgebildet.

Ein abschwächender Einfluss auf diese Hitzeinseln durch seitliche Durchlüftung (Murtalabwärtswinde bzw. lokale Flurwinde) tritt, wenn überhaupt, nur sehr schwach auf (Lazar, R. und Sulzer, W., 2013). Der Bezirk Jakomini liegt zum Teil direkt in diesem zentralen Wärmeinselbereich, zum Teil in angrenzenden Zonen mit weiterhin hoher Versiegelungsdichte und teilweiser hoher Blockbebauung und mäßiger bis ausgeprägter Überwärmung (siehe Abbildung 4). Nur der südöstlichste Teil dieses Bezirkes zeigt den Charakter einer locker verbauten „Gartenstadt“ mit erhöhtem Anteil an Grünflächen ohne Überwärmung. Um eine geeignete Basis für die Stadtplanung zu schaffen, müssen die möglichen Auswirkungen dieser Maßnahmen quantifiziert werden und im Zusammenhang mit einer realen Umsetzung in der Stadt analysiert werden. Um die vielfältigen Prozesse der atmosphärischen Grenzschicht im urbanen Raum zu untersuchen, ist eine geeignete Modellierungsmethode notwendig. Zusätzlich ist eine ausreichende Datenbasis von meteorologischen Beobachtungen und die detaillierte Kenntnis der Stadtstruktur unabdingbare Voraussetzung.

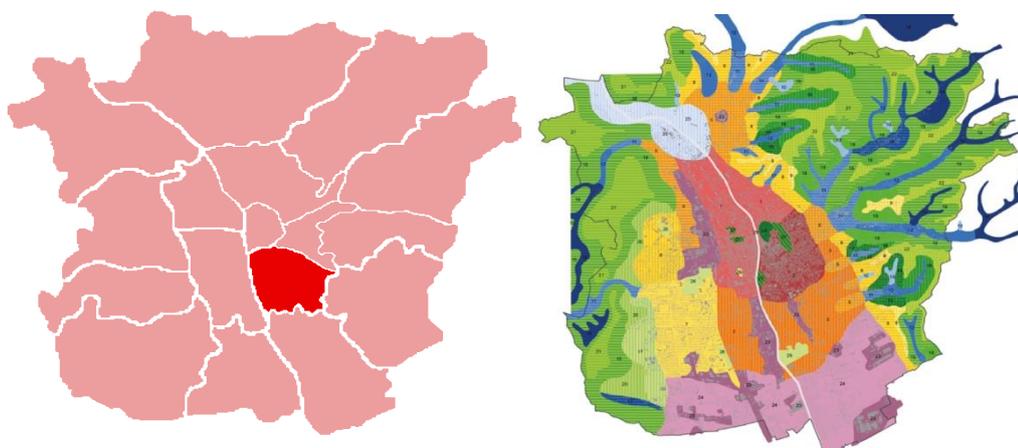


Abbildung 4: Lage des Stadtbezirks Jakomini in Graz (links); Lage der städtischen Wärmeinsel in Graz (rechts)

Quellen://de.wikipedia.org/wiki/Jakomini#/media/File:Graz_bezirk_06.png bzw. Lazar, R. und Sulzer, W. (2013)

B 4.2 Vorarbeiten zum Thema

Das Projekt Jacky_cool_check baut auf den Ergebnissen einiger Vorprojekte auf:

- Im Projekt „KELVIN - Reduktion städtischer Wärmeinseln durch Verbesserung der Abstrahleigenschaften von Gebäuden und Quartieren“ wurden unterschiedliche Konzepte zur Reduktion städtischer Wärmeinseln untersucht und die dadurch zu erwartenden Folgewirkungen in Bezug auf ein kühleres Stadtmikroklima und die Energieeinsparung durch geringeren Stromverbrauch abgeschätzt. Jacky_cool_check baut wesentlich auf den Ergebnissen dieses Projektes auf. Im Speziellen wurden die Auswirkungen der Abstrahleigenschaftsänderungen unterschiedlicher Flächen wie Dächer, Straßen, Parkflächen, aber auch der Einfluss von Gründächern eingehend untersucht und im Anschluss das Ergebnis in Form von Energieeinsparungs- und Emissionsreduktionsberechnungen für die Stadt Wien quantifiziert. Basierend auf diesen Erkenntnissen, wird in Jacky_cool_check ein analoger methodischer Ansatz zur Auswertung der UHI für die Stadt Graz angewendet.
- Das Projekt „Grüne Korridore“ fasst ausführlich den internationalen Wissensstand zu nachgewiesenen ökologischen sowie stadtklimatischen Effekten von Grünen Inseln und Grünkorridoren zusammen, analysiert ihn und leitet praxisorientierte Kriterien der Funktionalität von Grünräumen zur Kühlung ab, die als Grundlage für weitere Planungen und praktische Umsetzungen dienen. Grundintention des Projektes war, Kriterien zu entwickeln, die in späteren Umsetzungen nicht nur öffentliches, sondern auch das freiwillige Engagement von Bürgern und Bürgerinnen im Sinn einer Lebensraumgestaltung unterstützen helfen. Diese Kriterien finden im hier vorliegenden Projekt Anwendung.
- Im Projekt „FOCUS-I“ wurde das dynamische Stadtklimamodell MUKLIMO_3 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Untersuchung der zukünftigen Wärmebelastung in der Stadt Wien angewendet. Die hochaufgelösten klimatologischen Simulationen für Wien haben die Wirksamkeit von möglichen Anpassungsstrategien der Stadtplanung zur Verminderung des Hitzestresses in dicht besiedelten Gebieten bewertet. Dafür wurde eine Referenzsimulation, die im Wesentlichen der aktuellen thermischen Struktur der Stadt entspricht, erstellt und mit Beobachtungsdaten validiert. Der Einfluss verschiedener Parameter auf das Stadtklima, z.B. die Änderung des Vegetationsanteils, der Wasserflächen oder des Versiegelungsgrades, wurde mittels systematischen Sensitivitätssimulationen analysiert. Das Stadtklimamodell MUKLIMO_3 wird auch in Jacky_cool_check eingesetzt.
- Im Projekt „SISSI-II“ wurden die aktuelle und die zukünftige Wärmebelastung in größeren Städten Österreichs untersucht. Dafür wurde die Zahl der mittleren jährlichen Sommertage, Hitzetage, warmen Nächte und Tropennächte für die Städte Graz, Linz, Klagenfurt und Salzburg berechnet. Die Ausdehnung und die

Intensität der urbanen Wärmeinsel wird neben der geografischen Lage im Wesentlichen durch Art und Dichte der Bebauung, durch die Oberflächenversiegelung, dem Anteil der Vegetation und die Größe der Stadt beeinflusst.

- Kein Vorprojekt, aber ein ebenfalls durch die FFG gefördertes Projekt, parallel laufendes Projekt, welches aufgrund der dort angewendeten Methodik für das gegenständliche Projekt von Interesse ist, ist das Projekt "Photonic Cooling - Effizientere Gebäudekühlung durch Nutzung von Photonik". In diesem Projekt wurde eine neue Methode für die Abschätzung der Stromeinsparung durch den zu erwartenden geringeren Raumkühlungsbedarf verwendet. Dies war vor allem dadurch begründet, dass die verwendeten Datensätze aus den Jahren 2015-2016 stammen (und damit aktueller sind) und ein kontinuierliches Energie-Temperatur-Modell verwendet. Die neue Methode ist rechnerisch stabiler und ermöglicht eine einfachere Abschätzung der Unsicherheiten. Weitere Angaben finden sich auch in Kapitel B 4.4, Verwendete Methoden und Vorgehensweise.

B 4.3 Innovationsgehalt des Projekts

Dieses Projekt geht über den State-of-the-Art hinaus, indem es gleich mehrere innovativen Ansätze verfolgt:

- Die **technischen Ebenen** (Untersuchung der Hitzebelastung im Testbezirk und eine Reduktionsszenarienentwicklung) werden mit der **Informations- und Kommunikationsebene** gegenüber den diversen Stakeholdergruppen und der Stadtplanung verbunden. Das bedeutet, dass „systemisch denkend“ drei Ebenen zusammengeführt werden, um die optimale Lösung für Maßnahmen zur Reduktion der Hitzebelastung im Bestand zu finden:
 1. die technische, d.h. die Erhebung des UHI Status Quo und der faktisch machbaren Reduktionen inkl. Handlungsbereiche (z.B. im Grünraum, beim Albedo);
 2. die planerisch/legislative, d.h. was ist seitens der offiziellen Stadtentwicklung der Rahmen, in dem in der Stadt Veränderungen passieren sollen und dürfen, und
 3. die soziale, d.h. die Interessen und Wahrnehmung der Lebensqualität seitens der Stakeholder des Testbeds Jakomini (inkl. Der Wahrnehmung von Grünraum in evtl. ganz anderer Funktion als nur UHI-Schutz).
- Daraus wird ein innovatives methodisches Vorgehen zur Verknüpfung des Problems städtischen Klimawandels und daraus resultierender Handlungsoptionen mit der konkreten Wahrnehmungsebene der Bürger und ihrem Handlungsspielraum entwickelt. Stakeholder bekommen Wissen über den direkten Bezug zwischen dem (abstrakten) Klimaproblem der städtischen Überhitzung, ihrer persönlichen Wahrnehmung dieses Problems als Einschränkung ihrer Lebensqualität (Hitze, gesundheitliche Probleme, Grünraumverlust, ...) und ihrer Möglichkeit der Einflussnahme vermittelt.

- Der Projektansatz ist ganzheitlich gewählt, sowohl was die Einbindung vieler und unterschiedlicher Stakeholdergruppen in die Kommunikation betrifft, als auch in der Breite der behandelten Themen, wie z.B. Grün- und Freiraum, Kommunikation und Information, Energie und Gebäude.
- Wesentliches Ergebnis des Projektes ist die Erstellung einer wichtigen Datenbasis für die zukünftige Stadtplanung. Für Graz gibt es derzeit wenige Studien, in denen das zukünftige Stadtklima und die Auswirkungen von stadtplanerischen Maßnahmen auf die urbane Wärmeinsel, untersucht wurden. Im Rahmen von Jacky_cool_check wurden Modellsimulationen des Ist-Zustands (Referenz) erstellt. Diese Datenkollektion dient als Basis für künftige Stadtplanungsprojekte. Durch einen Vergleich zwischen Referenz und modifiziertem Zustand mittels Modellierung wird die Verbesserung der thermalen Eigenschaften im dicht bebauten Stadtgebiet erstmalig quantifiziert und validiert.
- Im Projekt Jacky_cool_check wird das wissenschaftliche Know-How von der Theorie in die Praxis übergeführt. Das vorliegende Projekt bietet die Möglichkeit zur Validierung des theoretischen Wissens und ist Grundlage für die weitere Entwicklung der wissenschaftlichen Basis in Bezug auf Stadtklima und Klimafolgen im urbanen Raum.
- Im Rahmen des Stakeholderprozesses und der Diskussion von möglichen Maßnahmen Wärmeinseln entgegenzuwirken, werden die Stakeholder/gruppen über die Thematik der UHI, dem diesbezüglichen Handlungsbedarfes und den eigenen Möglichkeiten informiert und dazu ermutigt, sich aktiv in die Gestaltung des eigenen Lebensraumes einzubringen und klimarelevantes Handeln zu setzen.
- In dem hier dargestellten Ansatz kommt den lokalen Stakeholdern für die Maßnahmenentwicklung eine gleichermaßen wichtige Rolle bei der Umsetzung zu wie der Stadtverwaltung, die als Repräsentant der gesamten Bevölkerung ebenfalls als Stakeholder angesprochen wird.
- Der Prozess der Arbeit mit den Stakeholdergruppen im Rahmen das Sondierungsprojektes generiert über die Maßnahmenfindung zum UHI-Problem hinausgehend sozialen Mehrwert, zum einen durch die Belebung des Bezirks durch die Maßnahmenumsetzung, zum anderen durch die Interaktion der Stakeholder, die sich rund um die Umsetzung entwickeln wird.
- Diese methodische und systemische Vorgangsweise ist prinzipiell an anderen Örtlichkeiten, sofern eine entsprechende Datenlage existiert, wiederholbar, und setzt dadurch einen Impuls für andere Stadtteile und Städte (Multiplikatoreffekt).

B 4.4 Verwendete Methoden im Projekt Jacky_cool_check

Modellierung und Datenbasis

Um die vielfältigen Prozesse der atmosphärischen Grenzschicht im urbanen Raum für das Projekt Jacky_cool_check zu untersuchen, ist eine geeignete Modellierungsmethode notwendig. Zusätzlich ist eine ausreichende Datenbasis von meteorologischen Beobachtungen und die detaillierte Kenntnis der Stadtstruktur unabdingbare Voraussetzung. Um eine geeignete Basis für die Stadtplanung zu schaffen, müssen die möglichen Auswirkungen der infrage kommenden Maßnahmen quantifiziert werden und im Zusammenhang mit einer realen Umsetzung in der Stadt analysiert werden.

Im Zuge des im Central Europe Programms der Europäischen Kommission geförderten Projekts „Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global urban heat islands phenomenon“ wurden Vermeidungs-, Risikovorsorge- und Anpassungsstrategien für städtische Wärmeinseln für 8 europäische Großstädte entwickelt (<http://eu-uhi.eu/de/>). Von besonderem Interesse war dabei, geeignete Strategien zu untersuchen, die vorwiegend städtische Lebensräume betreffen, und die gegenwärtigen Planungsinstrumente zu verbessern. Für die Stadt Wien wurden im “Urban Heat Islands – Strategy Plan Vienna” acht Hauptanpassungs- bzw. Vermeidungskategorien identifiziert, aus denen Maßnahmen zur Vermeidung und Anpassung des UHI-Effekts entwickelt wurden (siehe Abbildung 5). Dazu zählen u.a. die Gebäudekühlung, Abschattungen und „Blue roofs“ (Dächer zur Regenwasserspeicherung) bzw. Fassadenkühlung mit Wasser.

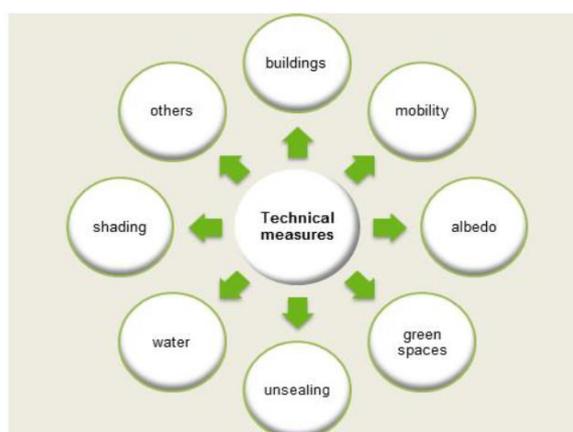


Abbildung 5: Technische Maßnahmen zur Vermeidung und Anpassung an den UHI-Effekt in Wien (Quelle: Czachs et al., 2013).

Im Projekt Jacky_cool_check wird das vom Deutschen Wetterdienst (DWD) entwickelte Stadtklimamodell MUKLIMO_3 (3D Mikroskaliges Urbanes KLImaModell) zur Simulation der urbanen Wärmebelastung im Jakomini-Bezirk verwendet. Das MUKLIMO_3-Modell (Sievers und Zdunkowski, 1985; Sievers, 1990; Sievers, 1995; Sievers, 2012; Sievers, 2016) ist ein mikroskaliges z-Koordinatenmodell, das auf Reynolds-gemittelten Navier-Stokes (RANS) Gleichungen basiert, um atmosphärische Strömungsfelder in einer bebauten Umgebung zu simulieren. Die thermodynamische Version des Modells (Sievers, 2016) enthält prognostische Gleichungen für Lufttemperatur und -feuchte, atmosphärische Wärmeflüsse und Feuchtebudgets im Boden (Sievers et al., 1983), und ein Vegetationsmodell basierend auf Siebert et al. (1992).

Die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Gebäuden erfolgt durch eine Parametrisierung der Gebäude anhand dreier statistischer Maßzahlen: Gebäudedichte, Wandfläche pro Gitterzelle und Gebäudehöhe. Die Parametrisierung des atmosphärischen Flusses innerhalb der unaufgelösten Stadt beruht auf der Ähnlichkeit eines Gases mit einem porösen Medium (Gross, 1989). Die Berechnung der kurzwelligen Bestrahlungsstärken am Boden, an den Wänden und auf dem Dach von Gebäuden basiert auf der Methode von Sievers und Früh (2012) zur Beschreibung unaufgelöster Bebauung. Die Parametrisierung der langwelligen Strahlung, die den Einfluss von Wolken berücksichtigt, wurde von Möller (1954) und Zdunkowski et al. (1975) beschrieben. Das Modell berücksichtigt weder Wolken- und Niederschlagsprozesse, noch horizontalen Abfluss oder anthropogene Wärme (z. B. Verkehr oder Wärme, die von einer Klimaanlage erzeugt wird).

Die Vegetation im Baumkronenmodell, bestehend aus drei vertikalen Schichten, und ein 15-schichtiges Bodenmodell sind in den Simulationen enthalten. Das Modell unterscheidet vier Hauptnutzungsarten: Gebäude, Bäume, freie Flächen und Wasser. Die Gitterzellen mit Gebäuden enthalten keine Bäume, jedoch ist es möglich, den Anteil der niedrigen Vegetation zu definieren, der auch in den Simulationen mit Gründächern berücksichtigt wird. Der Anteil der versiegelten und nicht versiegelten Flächen wird in allen Gitterzellen außer Wasser berücksichtigt. Der Modellierungsansatz berücksichtigt komplexe Gelände- und Landnutzungsverteilungen einschließlich eines detaillierten Verzeichnisses von potentiellen Gründächern. Die Modelldomäne umfasst den Jakomini-Bezirk und seine unmittelbare Umgebung mit einer Domaingröße von $138 \times 135 \times 25$ Rasterpunkten. Der horizontale Rasterabstand beträgt 20 m. Die vertikale Auflösung des 1D-Modells mit 52 Stufen variiert von 10 bis 100 m mit einer höheren Auflösung in Bodennähe und einer geringeren Auflösung in der maximalen Höhe von etwa 2000 m.

Die Veränderungen der städtischen Wärmebelastung werden mit der Methode zur Berechnung von Klimaindizes, der sogenannten "Quadermethode" (Früh et al., 2011; Zuvela-Aloise et al. 2014), bewertet, die eine Analyse von Wärmebelastungsänderungen über einen längeren Zeitraum ermöglicht. Die Quadermethode entspricht einer trilinearen Interpolation von meteorologischen Feldern, die aus eintägigen 3D-Simulationen des Stadtklimamodells MUKLIMO_3

stammen. Es werden acht idealisierte Simulationen für eine Dauer von 24 Stunden für die beiden vorherrschenden Windrichtungen (Nordwest und Südost) berechnet, die den Eckpunkten des Quaders entsprechen. Die Berechnung der Klimaindizes für einen Zeitraum von 30 Jahren basiert auf interpolierten Feldern der Maximumtemperatur aus den acht eintägigen Simulationen unter Verwendung von klimatologischen Daten einer Referenzstation als Eingabe.

Klimaparameter, wie die mittlere jährliche Anzahl von Sommertagen (ST: $T_{\max} \geq 25$ °C), Hitzetagen (HT: $T_{\max} \geq 30,0$ °C), und Tropennächten (TN: $T_{\min} \geq 20,0$ °C), basierend auf ETCCDI-Indizes (Experten-Team (ET) zur Erkennung von Klimaänderungen und Indizes; Zhang et al., 2011), werden als Indizes für die Bewertung der städtischen Bedingungen herangezogen.

Weitere Informationen zur Modellinitialisierung und zur Beschreibung der Randbedingungen sind in Zuvela-Aloise et al. (2011; 2014; 2016; 2017) zu finden.

Berechnung und Interpretation der Klimaschutzwirksamkeit

Zuerst wurde eine Modellierung des lokalen Kühlpotentials durch die Veränderung der Gebäudeisolierungen durchgeführt, in einem weiteren Schritt wurde abschließend die Klimawirksamkeit einer ev. Albedoerhöhung der horizontalen (Dächer, Boden) und vertikalen Flächen (Fassaden) und einer Erhöhung des Vegetationsanteils (Grünflächen, Dachbegrünung) erhoben und zum besseren Verständnis in zwei Teile getrennt:

- Analyse und Berechnung der auf die Modellierung des lokalen Kühlpotentials erzielbaren „indirekten“ **(geochemischen) Klimaauswirkungen** durch den zu erwartenden geringeren Raumkühlungsbedarf (THG-Emissionseinsparung durch geringeren Stromverbrauch).
- Analyse der zu erwartenden „direkten“ **(geophysikalischen) Klimaschutzwirksamkeit** der Maßnahmen infolge einer möglichen Veränderung der Oberflächenalbedo und damit Veränderung des Rückstrahlungseffekts der eingehenden Globalstrahlung (unter Berücksichtigung der atmosphärischen Transmission).

Methode indirekte Klimaschutzwirksamkeit

Bei der Abschätzung der Stromeinsparung durch den zu erwartenden geringeren Raumkühlungsbedarf wurde im derzeit laufenden FFG-Projekt "Photonic Cooling - Effizientere Gebäudekühlung durch Nutzung von Photonik"¹ eine neue Methode aus dem anstelle der Methode aus dem bereits im Jahr 2015 abgeschlossenen Projekts "KELVIN"² verwendet. Die Gründe für diese Änderung waren:

Die „Photonic Cooling“ Methode verwendet Daten von 2015-2016.

¹ FFG Projekt 854702 " Photonic Cooling - Effizientere Gebäudekühlung durch Nutzung von Photonik"

² FFG Projekt 845136 "KELVIN - Reduktion städtischer Wärmeinseln durch Verbesserung der Abstrahleigenschaften von Gebäuden und Quartieren"

Die „KELVIN“-Methode verwendet ein Modell, das den Energiebedarf in diskreten Temperaturbereichen schätzt, während die „Photonic Cooling“-Methode ein kontinuierliches Energie-Temperatur-Modell verwendet. Die neue Methode ist rechnerisch stabiler und ermöglicht eine einfachere Abschätzung der Unsicherheiten. Da die Ergebnisse und Quelldaten des Projektpartners Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) jedoch diskret sind (d.h. die Anzahl der Sommer- oder Wärmetage), wurde eine zusätzliche Methode entwickelt, um die ZAMG-Ergebnisse in einen kontinuierlichen Variablensatz umzurechnen.

Die neue Methode wird im Folgenden beschrieben.

Von 1981 bis 2010 gab es durchschnittlich 60,3 Sommertage pro Jahr (25°C und mehr). Die Experimente modellieren die Reduktion der Anzahl der Sommertage pro Jahr. Das Modell zur Abschätzung der Stromeinsparung basiert jedoch nicht auf der Veränderung der Sommertage, sondern jene der Kühlgradtage. Daher ist eine Methode erforderlich, die die Reduktion der Sommertage in eine Reduktion der Kühlgradtage umwandelt. Dies erfordert vier Schritte:

- die Veränderung des Mittelwertes von T_{\max} für jedes Experiment wird geschätzt,
- die Änderung in T_{\max} wird in eine Änderung in T_{ave} umgewandelt,
- die Änderung in T_{ave} wird in eine Änderung der Tage des Kühlgrades umgewandelt und
- die Veränderung der Kühlgradtage wird zur Abschätzung der Veränderung des Strombedarfs herangezogen.

- **Schritt 1 - Schätzung der Veränderung des Mittelwertes von T_{\max}**

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF – Probability density function) von T_{\max} ist in Abbildung 6 dargestellt. Dieses Diagramm zeigt auch das am besten geeignete normale PDF für $T_{\max} > 15^{\circ}\text{C}$ (schattiert). Die Beobachtungen sind deutlich asymmetrisch (rechtsdrehend), daher wurden nur Daten mit $T_{\max} > 15^{\circ}\text{C}$ verwendet, so dass die rechte Seite des PDFs richtig geschätzt wird.

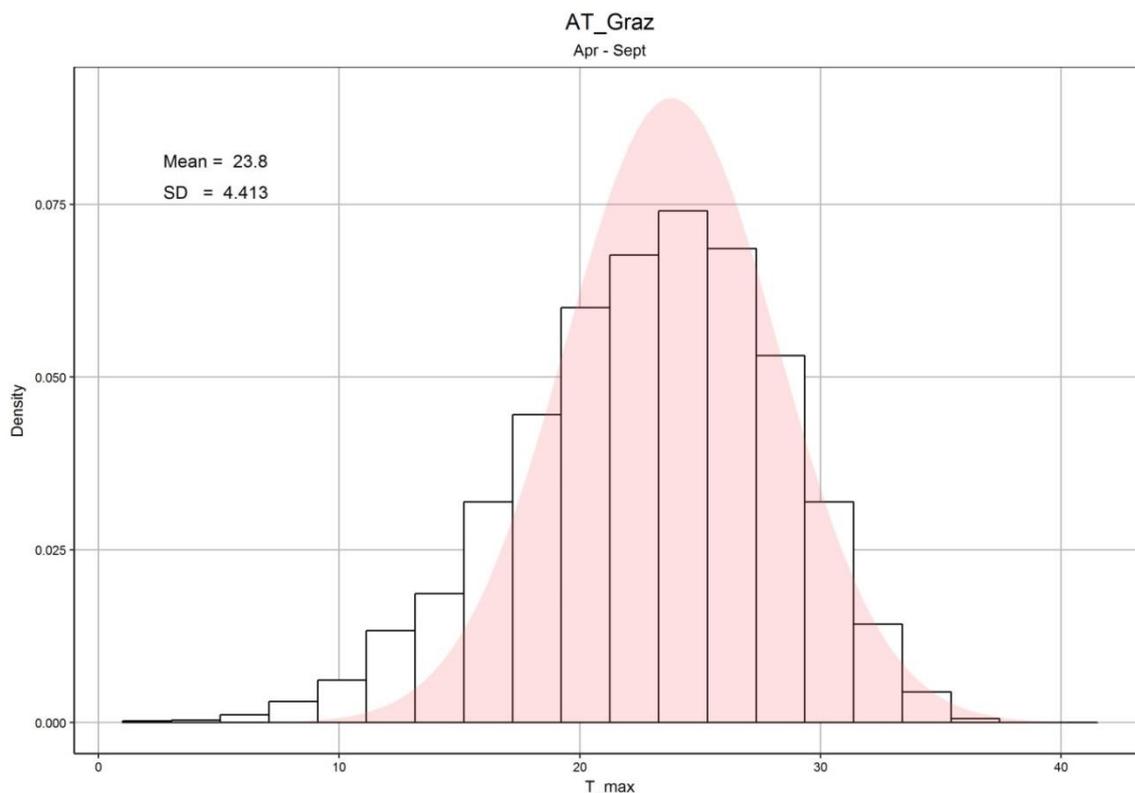


Abbildung 6: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF) von T_{\max} in Graz von April bis September (1990 - 2016). Der schattierte Bereich (pink) ist die normale PDF, die an die Beobachtungen für $T_{\max} > 15^{\circ}\text{C}$ angepasst ist.

Der Mittelwert von T_{\max} der Tage mit $T_{\max} > 15^{\circ}\text{C}$ von 1990 bis 2016 betrug 23,8. Die Anzahl der Sommertage kann aus der modellierten PDF geschätzt werden. Die Veränderung der Anzahl der Sommertage kann auch unter der Annahme geschätzt werden, dass jedes Experiment eine Verschiebung in der PDF verursacht (d.h. das Experiment führt zu einer Veränderung des Mittelwertes und ändert nicht die Standardabweichung der Verteilung).

- **Schritt 2 - Änderung in T_{max} in Änderung in T_{ave} umwandeln**

Sobald die Änderung des Mittelwerts von T_{max} für jedes Experiment geschätzt wird, muss sie in eine Änderung des Mittelwerts von T_{ave} umgerechnet werden. Abbildung 7 zeigt das Verhältnis von T_{ave} zu T_{max} in Graz für die Jahre 1990 bis 2016.

$$T_{ave} = -1,725945 + 0,816436 T_{max}, r^2 = 0,8818 \quad (1)$$

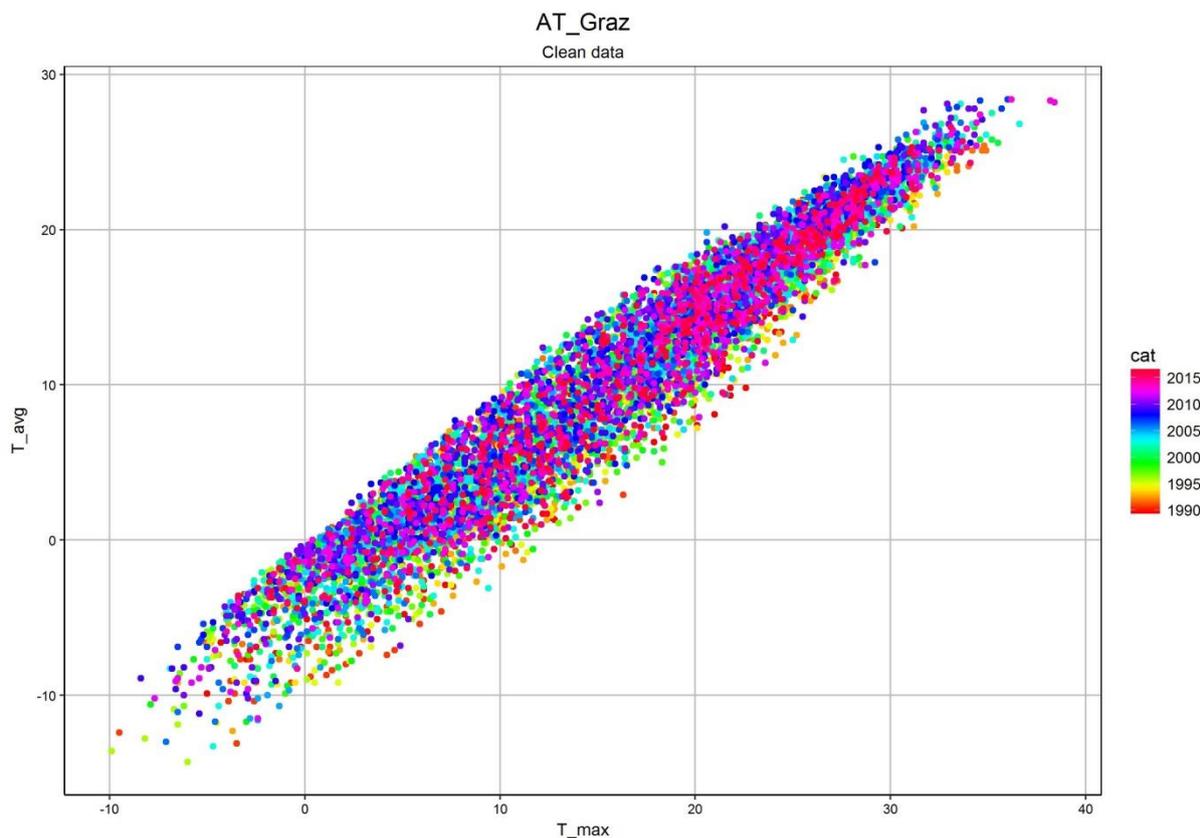


Abbildung 7: T_{ave} im Vergleich zu T_{max} für die Zeitperiode 1990 - 2016 in Graz

Somit kann die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von T_{max} für jedes Experiment in ein PDF von T_{ave} für jedes Experiment konvertiert werden, wobei S.D. = Standardabweichung:

$$\text{Mittelwert } T_{ave} = \text{Mittelwert } T_{max} * 0,816436 - 1,725945 \quad (2)$$

$$\text{S.D. } T_{ave} = \text{S.D. } T_{max} * 0,816436 \quad (3)$$

- **Schritt 3 - Berechnung der Veränderung der Kühlgradtage (CDDs)**

Die Anzahl der Kühlgradtage (CDDs) kann für jedes PDF mit Hilfe der folgenden Gleichung geschätzt werden:

$$CDD = \frac{N\sigma}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Z_o)^2}{2}} + \frac{N(\mu - T_o)}{\sqrt{2\pi}} \text{erf}(Z_o, \infty) \quad (4)$$

wobei N = Anzahl der Tage, über die der Mittelwert und die Standardabweichung für die PDF berechnet wurden, mit

μ, σ = Mittelwert und Standardabweichung der PDF,

erf = die Fehlerfunktion³,

T_o = die Basistemperatur zur Berechnung der Anzahl der Kühlgradtage (normalerweise 18,3°) und

$Z_o = (\mu - T_o) / \sigma$

- **Schritt 4 - Schätzung der Stromänderung**

In dem von der FFG geförderten und zuvor schon öfters erwähnten Projekt „Photonic Cooling“ wurde eine Beziehung für den Strombedarf pro m² Kühlung in Abhängigkeit von der Temperatur für Österreich entwickelt:

$$E_{\text{cooling}}[\text{Wh/d/m}^2] = 2.6918 \ln(1 + e^{(T-22.3)}) \quad (5)$$

Mit Hilfe von Gleichung 5 und der mittleren bzw. Standardabweichung der Temperatur kann man eine stochastische Schätzung der für die Kühlung benötigten Energie an jedem Tag innerhalb eines Jahres erstellen, indem man eine stochastische Schätzung von T_{ave} an jedem Tag erzeugt.

Ein VBA-Algorithmus (Visual Basic for Application) wurde geschrieben, um 1000 jährliche Schätzungen für 183 Tage pro Jahr (d.h. April - September) zu berechnen. Der Durchschnitt dieser Schätzungen ist die geschätzte Energie, die für jedes Experiment benötigt wird.

³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Fehlerfunktion>

Methode direkte Klimaschutzwirksamkeit

Die Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels durch die Veränderung von Albedo, physikalischem Strahlungsantrieb und äquivalenten momentanen CO₂-Emissionen erfolgte nach der schon im Projekt „KELVIN“ entwickelten Methode. Diese Methode beginnt mit dem einfachen Modell, das von Lenton und Vaughan 2009 und Bright et al. 2012 entwickelt wurde.

$$RF_{\alpha}(y) = -R_{TOA} k(y)^2 \Delta\alpha(y) \frac{A(y)}{A_E} \quad (1a)$$

$$RF_{\alpha}(y) = -R_s(y) k(y) \Delta\alpha(y) \frac{A(y)}{A_E} \quad (1b)$$

wobei RF_{α} = der Strahlungsantrieb [W/m²], R_{TOA} = der Sonnenfluss im obersten Bereich der Atmosphäre [W/m²]⁴, k = der atmosphärische Transmissionsgrad [ohne Einheit], R_s = die an der Erdoberfläche gemessene Strahlung [W/m²], $\Delta\alpha$ = die Veränderung der Oberflächenalbedo [ohne Einheit] auf einer Fläche A [m²], A_E = Fläche der Erde = $5,1 \times 10^{14}$ m² und y = Jahre. Der chemische Strahlungsantrieb durch einen Puls von Kohlendioxid wird von Myhre et al., 2013 gegeben:

$$RF_{CO_2}(y) = \beta \log\left(\frac{C_0 + \Delta C}{C_0}\right) \quad (2)$$

wobei β = die Strahlungskraftkonstante = 5,35 W/m² (Myhre et al., 1998, IPCC, 2013), C_0 = die atmosphärische Referenz-CO₂-Konzentration = 400,53 ppmv im Jahr 2016 (NOAA, 2017) und ΔC die Änderung der CO₂-Konzentration gegenüber der Referenz ist. Eine kleine Störungsannäherung vornehmend, und CO₂ in Masse in CO₂ in ppmv umwandelnd, wird Gleichung 2 weiter verändert zu:

$$RF_{CO_2}(y) = \frac{\beta}{C_0} \left(\frac{\Delta C(y)}{M_{CO_2}}\right) \left(\frac{M_{air}}{m_{atm}}\right) 1 \times 10^6 = K \Delta C(y) \quad (3)$$

wobei m_{atm} = Masse der Atmosphäre = $5,1 \times 10^{15}$ Tonnen, M_{CO_2} = Molmasse von CO₂ = 44,0095 g/mol, M_{air} = Molmasse von Luft = 28,95 g/mol und ΔC in Tonnen CO₂ ausgedrückt wird.

Die Menge an CO₂ für einen CO₂-Puls, der in einem bestimmten Jahr emittiert wird, nimmt jedoch mit der Zeit ab (Joos et al., 2013). Daher

$$RF_{CO_2}(y, y_0) = K \Delta C(y_0) CO_2Decay(y) \quad (4a)$$

und

$$RF_{CO_2}(y) = K \Delta C(y) \otimes CO_2Decay(y) \quad (4b)$$

4 TOA=Top of Atmosphere

wobei \otimes der Faltungsoperator ist und $CO_2Decay(y)$ gegeben ist durch

$$CO_2Decay(y) = A_0 + \sum_{i=1}^3 A_i e^{\frac{-y}{T_i}} \quad (5)$$

mit $A_0 = 0,2173$, $A_1 = 0,2240$, $A_2 = 0,2824$, $A_3 = 0,2763$, $T_1 = 394,4$ Jahre, $T_2 = 36,54$ und $T_3 = 4,34$ Jahre (Joos et al., 2013).

Der kombinierte physikalische und chemische Strahlungsantrieb der Aktivität ist somit gegeben durch:

$$RF(y) = RF_{\alpha}(y) + RF_{CO_2}(y) \quad (6)$$

Darüber hinaus wurde als zusätzliche Komponente ein Algorithmus zur Schätzung der Albedo eines urbanen Canyons entwickelt, basierend auf dem Modell von Qin, 2015. Die Ergebnisse des Algorithmus wurden mit gemessener Albedo Werte aus Aida, 1982 (wie in Fortuniak, 2008) und Pawlak&Fortuniak, 2010, verglichen. Das städtische „Schlucht Modell“ zweier Häuserreihen erlaubte die korrekte Abschätzung der Albedowirkung für Straßenteile sowohl in den dicht, also auch weniger dicht bebauten Stadtteilen von Jakomini. Dazu konnte auch die Veränderung der Albedo durch das Hinzufügen von Bäumen in den städtischen Straßenzügen modelliert werden.

Stakeholder und Kommunikation

Zu Beginn des Projektes wurde ein Kommunikationsplan erstellt, der die wesentlichsten Punkte zusammenfasste, wie die wichtigsten Interessensgruppen zum Projekt Jacky_Cool_Check identifiziert, erreicht und mit welchen Kommunikationsmitteln und -wegen sie über das Projekt informiert und in das Projekt eingebunden werden sollen.

Der Kontakt zu maßgeblichen Stakeholdern vor allem vor Ort war in allen Phasen des Projektes und besonders auch in Hinblick auf die Fortführung in einem nachfolgenden Demo-Projekt essentiell. Eine Stakeholderlandschaft, die mit dem Projekt mitwächst, half dabei, möglichst alle wesentlichen Stakeholdergruppen im Bezirk zu erfassen. Der Kommunikationsplan war als „living document“ zu verstehen, welches bei Bedarf im Laufe des Projektes an neue Gegebenheiten angepasst bzw. erweitert wurde. Dies betraf vor allem Informationen und Überlegungen aus Gesprächen und Interaktionen mit den Stakeholdern sowie diverse Vorträge und Konferenzbeiträge.

Die Kommunikation mit den Stakeholdern fand in mehreren Schritten statt:

- In den ersten Monaten des Sondierungsprojektes wurden die Stakeholder über das Projekt an sich (Ziel und Ablauf des Projektes sowie ihrer möglichen Rolle darin) und die Problematik der innerstädtischen Hitzeinseln informiert und mit grundlegendem Infomaterial bedient (Ein-Seiter, siehe Anhang 1) und Foliensatz). In Einzel- oder Gruppengesprächen wurden Interessen, Einstellungen und existierende Vorschläge dieser Personen bzw. Gruppen, die in Verbindung mit den Themen Hitzeinseln in der Stadt und Gegenmaßnahmen in den Bereichen Grünraum, Bodenversiegelung, Gebäudeoberflächen stehen, erhoben. Gleichzeitig wurden auch Informationen über den/die Stakeholder eingeholt: was ist der Wirkungskreis des/der jeweiligen Stakeholder(s), wie ist die Einschätzung des Gegenübers in Bezug auf das Stakeholderengagement im Bezirk Jakomini (bisherige Aktivitäten, Stakeholderlandschaft, etc.).
- Auf Basis der in den ersten Gesprächen erhaltenen Informationen wurde der Kommunikationsplan erarbeitet, der den Diskussionsprozess mit den Stakeholder/gruppen (inkl. Stadtverwaltung) genauer darstellt. Er beschreibt den zeitlichen Ablauf, die verschiedenen Aktivitäten im Rahmen des Projektes, eine Beschreibung der Stakeholder(gruppen), des Informationsmaterials und der Kommunikationskanäle, sowie eine Darstellung, wie Information über das Projekt Jacky_cool_check in der Scientific Community und einer thematisch interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden wird.
- Nach Erarbeitung eines ersten Szenarios durch den Projektpartner ZAMG wurde ein realisierbares Szenario mit der Stadtverwaltung erarbeitet, das dann in weiterer Folge an die Stakeholder kommuniziert wurde und als Diskussionsbasis zu den Konsequenzen, Ideen, Vorschlägen, Kosten/Nutzen-Verhältnissen, die sich daraus für die Handlungsmöglichkeiten der einzelnen Gruppen ergeben, diente. Dieser Diskussionsprozess nutzte je nach Stakeholdergruppe geeignete unterschiedliche Methoden (Diskussionsveranstaltungen, Ausstellungen, Workshops, Einzelgespräche).
- Bei einer großen Abschlussveranstaltung wurden noch einmal die Ideen, die aus den vorangegangenen Gesprächen und Veranstaltungen generiert worden waren, zusammengefasst und diskutiert.
- Für die Kommunikation mit einer thematisch interessierten Öffentlichkeit wurden Zeitschriftenartikel, Presseaussendungen, etc. verfasst. Weiters wurde eine Projektseite auf Facebook („Projekt_Jacky_Cool_check“) eingerichtet (siehe Abbildung 8).

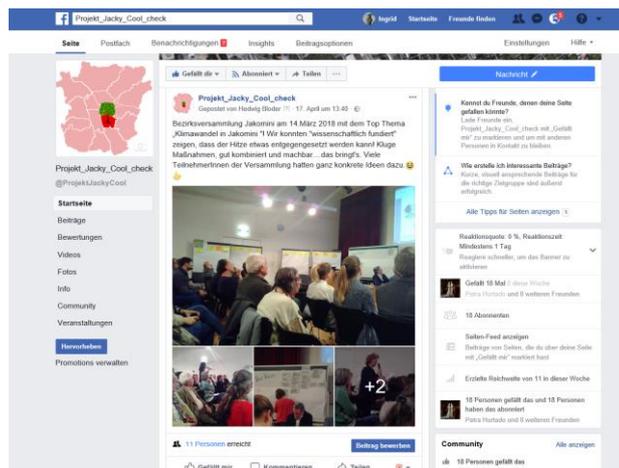


Abbildung 8: Screenshot der Facebookseite „Projekt JackyCool“

- Die wissenschaftliche Community wurde auf mehreren Konferenzen über den wissenschaftlichen Ansatz und die Ergebnisse des Projektes informiert.

Für alle Interaktionen wurden geeignete Materialien erstellt, z.B. Präsentationen, Informationsblätter, etc.

B 4.5 Vorgehensweise im Projekt Jacky_cool_check

Im Folgenden wird die Vorgehensweise im Projekt näher beschrieben.

Auswahl des Testbeds

Die Auswahl des Bezirks Jakomini als Testbed für das Projekt wurde bereits vor der Antragstellung getroffen, es sei hier jedoch kurz dargestellt, warum gerade dieser Bezirk ausgewählt wurde.

Der Bezirk Jakomini, der 6. Bezirk in Graz und im Volksmund „Jacky“ genannt, hat aufgrund einer intensiven Nachverdichtung durch Wohnbauprojekte das Potenzial für zusätzliche Bevölkerungszunahme und damit verbunden, akuten Handlungsbedarf was die Sicherung von Freiräumen anbelangt. In Jakomini wohnen schon derzeit auf einer Fläche von knapp 4,06 km² 38.000 Personen (Stand: 31.12.2015), was einer Einwohnerdichte von 9.359 EinwohnerInnen pro km² entspricht. Knapp 24,5 % der EinwohnerInnen im Bezirk Jakomini sind nicht österreichische StaatsbürgerInnen (Quelle:

http://www1.graz.at/statistik/Bevölkerung/Bezirksauswertungen/Bezirk_final_06.pdf).

Der Bezirk liegt am linken Murofer südlich der Inneren Stadt. Der Bezirk zeichnet sich durch seine zentrale Lage aus, und beherbergt zahlreiche wichtige Institutionen, wie die Grazer Messe, die Stadthalle oder den Campus „Neue Technik“ und „Inffeldgasse“ der TU Graz. Mit einer Fläche von ca. 75.000 m² ist der Augarten einer der bedeutendsten städtischen Freiräume in Graz und die grüne Lunge im Bezirk Jakomini. Trotzdem zählt der Bezirk zu jenen mit den geringsten Grünraumflächen, im Bezirksranking befindet er sich an vorletzter Stelle. Die Bezirksvertretung in Jakomini ist sehr aktiv und hat bereits mehrere Initiativen zum Schwerpunkt „Begrünung des Bezirks“ gesetzt.

Modellierung

Eine schematische Darstellung der Eingangsdaten und des Modellaufbaus von MUKLIMO_3 ist in Abbildung 9 dargestellt. Die geomorphologischen Daten für den Bezirk Jakomini stammen von der Stadtverwaltung Graz (Stadtplanungsamt und Stadtvermessungsamt der Stadt Graz). Die Daten umfassen Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten, das digitale Oberflächenmodell (DOM) und das Gründachpotenzial für den Jakomini-Bezirk. Zusätzliche Informationen über die Baumdichte pro Landnutzungs-kategorie wurden aus den paneuropäischen hochauflösenden Datensätzen der Copernicus Land Monitoring Services berechnet.

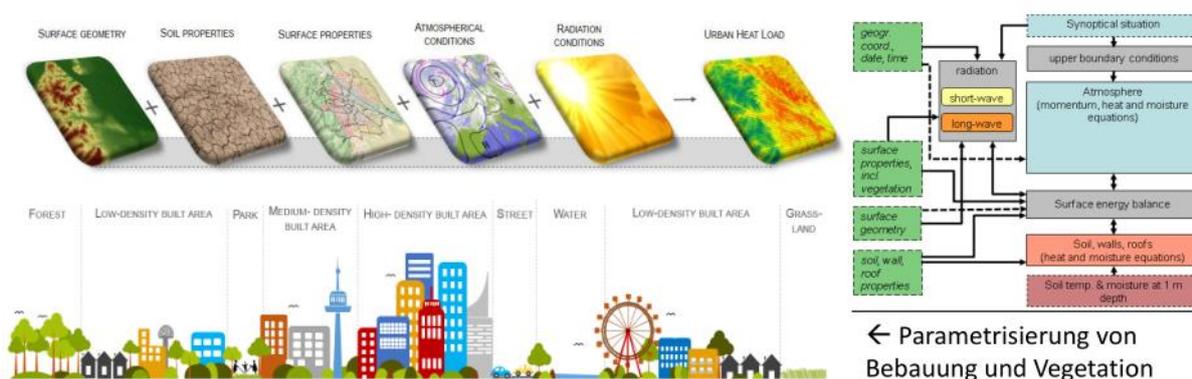


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Eingangsdaten und des Modellaufbaus von MUKLIMO_3

Die Landnutzungsverteilung, einschließlich bebauter, versiegelter und grüner Flächen, ist in Abbildung 10 dargestellt. Auf Grundlage der verfügbaren Daten aus dem Zeitraum 2011/2012 umfasst der Bezirk Jakomini eine Fläche von 406,1 ha, von denen 64% bzw. 259,9 ha versiegelte und bebaute Flächen sind. Die versiegelten Flächen bedecken 136,3 ha und die bebaute Fläche beträgt insgesamt 101,9 ha, wovon 11% der Dächer (11,2 ha) für eine potentielle Begrünung in Frage kommen. Die Transportinfrastruktur bedeckt 16,2% bzw. 65,7 ha der Fläche von Jakomini. Grüne Flächen bedecken 74,3 ha bzw. 18,3% der Bezirksfläche und Wasserflächen betragen 1,5% bzw. 6,2 ha. Der Landnutzungsdatensatz umfasst 23 verschiedene Landnutzungstypen.

Jeder Landnutzungstyp im MUKLIMO_3 Modell wird durch eine Reihe von Parametern genauer definiert, um städtische Strukturen und Oberflächeneigenschaften zu beschreiben. Dazu zählen unter anderem: Anteil der bebauten Fläche, mittlere Gebäudehöhe, Wandflächenindex, Anteil der Versiegelung, Anteil der Baumbedeckung, Anteil der niedrigen Vegetation, Baumhöhe, Höhe der niedrigen Vegetation, Albedo von Dächern, Wänden und versiegelten Flächen und Anteil von grünen Dächern. Die für den Bezirk Jakomini berechneten Landnutzungsparameter werden auch im Modell für die Umgebung des Bezirks angewendet, unter der Annahme, dass sich die typischen Merkmale der Gebäudetypen nicht wesentlich unterscheiden. Ein Beispiel dieser Darstellung ist in Tabelle 1 gezeigt. Die Farben entsprechen den Landnutzungsklassen (Reihen) in Abbildung 10. Die Parameter

(Spalten) bestimmen die Eigenschaften der Landnutzungsklassen und die Farben sind ein Indiz dafür, welche Art von Klassen hauptsächlich betroffen sind (d.h. bebaute Flächen, Grünflächen, Wasser) und sind in Tabelle 2 definiert. Eine genauere Erklärung diese Parameter kann Sievers (2016) entnommen werden.

Die meteorologischen Daten aus der Messstation Graz Flughafen (Zeitreihen der Tagesmitteltemperatur, der relativen Luftfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der stündlichen Windrichtung für den Zeitraum 1981-2010) stammen aus der ZAMG Datenbank.

Die Datenvorbereitung für das Stadtklimamodell wurde in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase wurden nur die Daten in der Ausdehnung des Bezirks Jakomini vorbereitet. Nach den ersten Modellierungsergebnissen wurde das Modellgebiet erweitert und damit die benötigten Umgebungsdaten zusätzlich bearbeitet.

Graz: Jakomini Bezirk

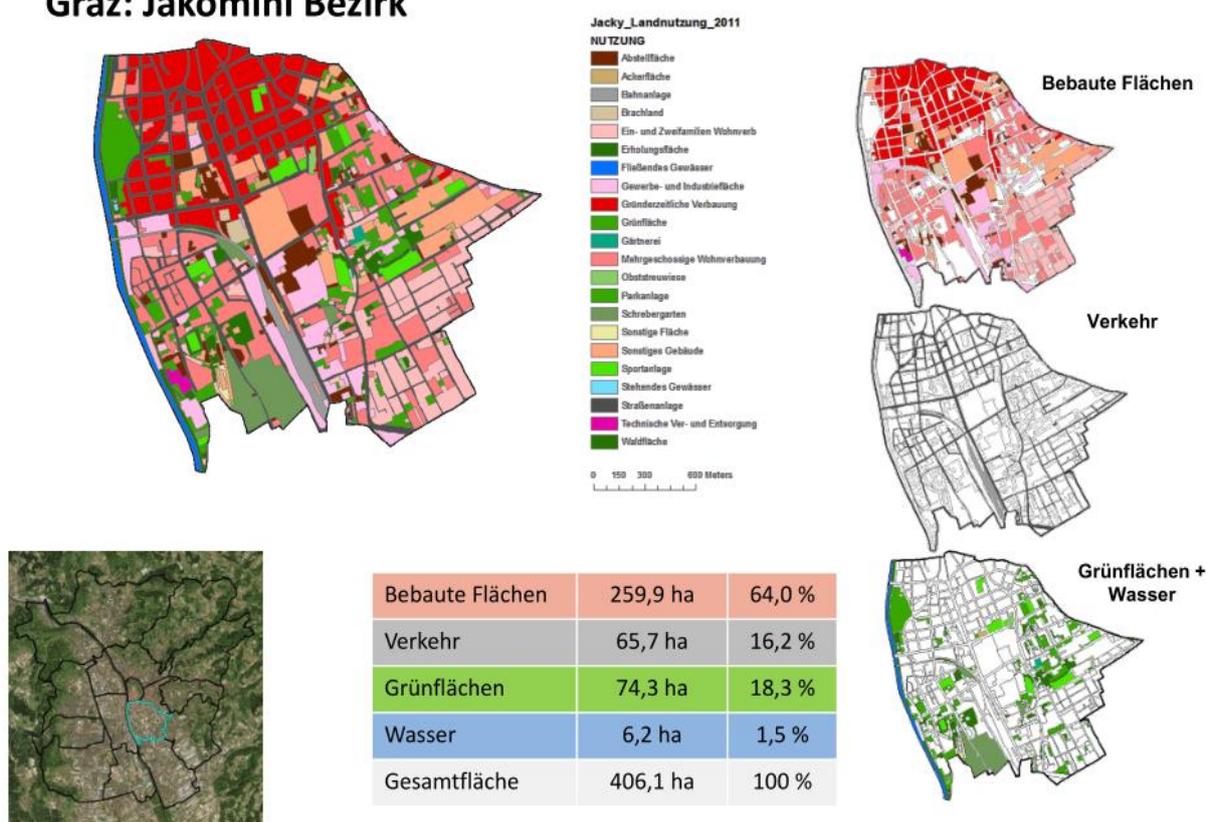


Abbildung 10: Die Landnutzungsklassifikation für Jakomini. Rötliche Farben stehen für bebaute Flächen, graue Farben für Verkehr, grüne Farben für Gebiete, in denen Vegetation dominiert, und blaue Farben für Wasser.

Tabelle 1 zeigt die numerische Darstellung der Landnutzungsklassen (Reihen) in Parametern (Spalten), die in MUKLIMO_3 verwendet werden. Die Farbe weisen auf die Landnutzungsklassen in Abbildung 10 hin. Tabelle 2 beschreibt die einzelnen Landnutzungsparameter.

Tabelle 1: Numerische Darstellung der Landnutzungsklassen (Reihen) in Parametern (Spalten)

Bezeichnung	Typ	vg1	vg2	wai1	wai2	h1	h2	vs	z0	hbm	hst	bf0	bf1	lai	hca	sigbm	sigma	grant	albw	albd	albvs
Abstellflaeche	1	0.06	0	0.63	0	9.03	0	0.83	0.2	0	0	0	0	0.9	0.1	0	0.19	0.00	0.3	0.2	0.2
Acker	2	0	0	0	0	0	0	0.35	0.1	8	4	0.03	0.3	0.9	0.5	0.02	0.9	-	-	-	0.2
Bahnanlage	3	0	0	0	0	0	0	0.94	0.1	0	0	0	0	0.8	0.2	0.04	0.31	-	-	-	0.2
Brachland	4	0.28	0	2.46	0	9.97	0	0.38	0.2	0	0	0	0	0.8	0.3	0	0.63	0.00	0.3	0.2	0.2
Ein- und Zweifamilien Wohnverbauung	5	0.18	0	2.76	0	6.87	0	0.22	0.2	0	0	0	0	0.9	0.5	0	0.84	0.00	-	-	0.2
Erholungsflaeche	6	0	0	0	0	0	0	0.39	0.2	12	4	0.05	0.4	0.9	0.3	0.16	0.69	-	-	-	0.2
Fliessendes Gewaesser	7	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0.5	0	0.06	-	-	-	-1
Friedhof	8	0	0	0	0	0	0	0.51	0.2	16	2	0.05	0.4	0.9	0.3	0.12	0.84	-	-	-	0.2
Gebaedeflaeche im Freiland	9	0.22	0	2.76	0	6	0	0.31	0.2	0	0	0	0	0.9	0.5	0	0.69	0.00	0.3	0.2	0.2
Gewerbe- und Industrie	10	0.37	0	1.39	0	7.22	0	0.6	0.2	0	0	0	0	0.8	0.3	0	0.2	0.00	0.3	0.2	0.2
Gruenderzeitliche Verbauung	11	0.54	0	4.37	0	16.29	0	0.31	0.2	0	0	0	0	0.9	0.4	0	0.85	0.00	0.3	0	0.2
Gruenflaeche	12	0	0	0	0	0	0	0.31	0.2	16	8	0.03	0.3	1	0.5	0.3	0.87	-	-	-	0.2
Gaertnerei	14	0	0	0	0	0	0	0.47	0.2	5	1.5	0.03	0.3	0.9	0.5	0.07	0.59	-	-	-	0.2
Hecke-Allee	15	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	10	4	0.05	0.5	1	0.5	0.25	0.96	-	-	-	0.2
Mehrgeschossige Wohnverbauung	16	0.36	0	3.36	0	13.49	0	0.43	0.2	0	0	0	0	0.8	0.3	0	0.81	0.00	0.3	0.2	0.2
Mittelalterliche Verbauung	17	0.63	0	4.4	0	17.18	0	0.38	0.2	0	0	0	0	0.7	0.4	0	0.43	0.00	0.3	0.2	0.2
Obstbau, Plantage	18	0	0	0	0	0	0	0.39	0.2	12	5	0.05	0.5	1	0.5	0.03	0.99	-	-	-	0.2
Obststreuwiese	19	0	0	0	0	0	0	0.08	0.2	12	5	0.05	0.5	1	0.5	0.07	0.73	-	-	-	0.2
Parkanlage	20	0	0	0	0	0	0	0.18	0.2	16	4	0.05	0.5	1	0.4	0.24	0.82	-	-	-	0.2
Schrebergarten	21	0	0	0	0	0	0	0.28	0.2	6	3	0.05	0.4	1	0.5	0.2	0.88	-	-	-	0.2
Sonstige Flaechen	22	0	0	0	0	0	0	0.87	0.2	7	2	0.05	0.5	0.9	0.1	0.05	0.62	-	-	-	0.2
Sonstiges Gebaeude	23	0.52	0	1.66	0	11.46	0	0.57	0.2	0	0	0	0	0.8	0.3	0	0.34	0.00	0.3	0.2	0.2
Sportanlage	24	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	6	3	0.05	0.5	0.9	0.2	0.04	0.66	-	-	-	0.2
Stehendes Gewaesser	25	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0.9	0.1	0	0.93	-	-	-	-
Strassenanlage	26	0	0	0	0	0	0	0.92	0.1	0	0	0	0	0.8	0.1	0.1	0.91	-	-	-	0.2
Technische Ver- und Entsorgung	28	0.06	0	3.07	0	11.32	0	0.46	0.2	0	0	0	0	0.7	0.2	0	0.56	0.00	0.3	0.2	0.2
Wald	29	0	0	0	0	0	0	0.28	0.2	20	8	0.05	0.5	1.1	1	0.58	0.9	-	-	-	0.2

Tabelle 2: Beschreibung der Landnutzungsparameter

Parameter	Beschreibung
<i>vg1</i>	Flächenanteil der Gebäude des ersten Typs an der Grundfläche [dimensionslos]
<i>vg2⁽¹⁾</i>	Flächenanteil der Gebäude des zweiten Typs an der Grundfläche [dimensionslos]
<i>wai1</i>	"Wandflächenindex" des ersten Gebäudetyps, typ. Verhältnis Wandfläche zu Grundfläche [dimensionslos]
<i>wai2⁽¹⁾</i>	"Wandflächenindex" des zweiten Gebäudetyps [dimensionslos]
<i>h1</i>	Höhe Gebäudety 1 [m]
<i>h2⁽¹⁾</i>	Höhe Gebäudety 2 [m]
<i>vs</i>	Versiegelungsgrad der Flächen zwischen Gebäuden [dimensionslos]
<i>z0</i>	Bodenrauigkeit der gebäudefreien Flächen bzw. der Flächen unter Bäumen [m]
<i>hbm</i>	Baumhöhe [m]
<i>hst</i>	Höhe des Stammraums [m]
<i>bf0</i>	Blattflächendichte im Stammraum, bezogen auf einen Einzelbaum [m^{-1}]
<i>bf1</i>	Blattflächendichte im Kronenbereich, bezogen auf einen Einzelbaum [m^{-1}]
<i>lai</i>	Blattflächenindex der Canopy-Schicht [dimensionslos]
<i>hca</i>	Bewuchshöhe der Canopy-Schicht [m]
<i>sigbm</i>	Bestandsdichte der Bäume (Baumbedeckungsgrad) [dimensionslos]
<i>sigma</i>	Bodenbedeckung durch den Bewuchs der Canopy-Schicht [dimensionslos]
<i>grant</i>	Anteil der Gründächer für Landnutzungsklassen mit Gebäuden [dimensionslos]
<i>albw</i>	Albedo der Wände [dimensionslos]
<i>albd</i>	Albedo der Dächer [dimensionslos]
<i>albvs</i>	Albedo der versiegelten Bodenflächen [1]
<i>kwand^{(1)*}</i>	k-Wert der Gebäudewände [$W/(m^2 \cdot K)$]
<i>kdach⁽¹⁾</i>	k-Wert der Gebäudedächer [$W/(m^2 \cdot K)$]
<i>cwand⁽¹⁾</i>	Spezifische Wärmekapazität der Gebäudewände [$J/(K \cdot m^2)$]
<i>cdach⁽¹⁾</i>	Spezifische Wärmekapazität der Gebäudedächer [$J/(K \cdot m^2)$]

⁽¹⁾ Parameter wurden gegenüber den Vorgabewerten des Modells nicht verändert bzw. wurde jeweils nur ein Gebäudety simuliert.

Begehung/Befahrung des Bezirks durch Projektteam

Um einen Eindruck des Bezirks und ein Gefühl für die Gegebenheiten in Jakomini zu bekommen, wurden vom Projektteam insgesamt zwei „Befahrung“ des Bezirks mit dem Rad durchgeführt.

Dabei wurde klar ersichtlich, dass die EinwohnerInnen des Bezirkes Jakomini unterschiedlich stark von der Hitze Problematik betroffen sind: den innenstadtnahen Teil des Bezirkes dominiert eine sogenannte Blockrandbebauung. Dabei sind die Wohngebäude um einen gemeinsamen Hof gruppiert und von der/den Straße/n eingerahmt. Im Bezirk Jakomini sind diese Hofflächen meist noch begrünt, jedoch ist diese Fläche oft nur wenige Quadratmeter groß.

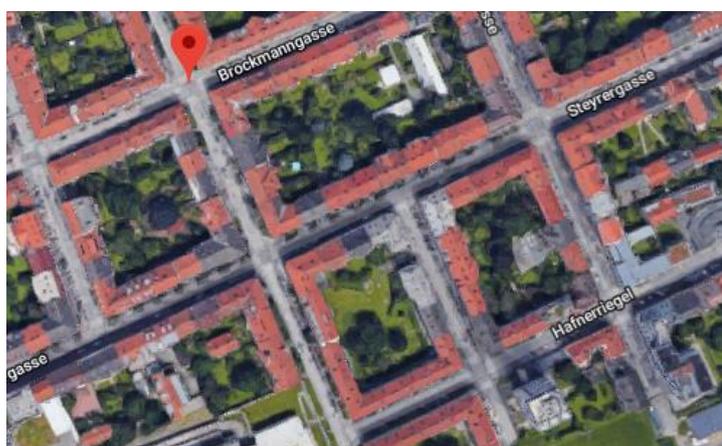


Abbildung 11: Innenhöfe Blockrandbebauung (Quelle: Google Maps)



Abbildung 12: Blockrandbebauung in der Klosterwiesgasse (eigenes Foto)

Viele Vorgärten, besonders z.B. entlang der Klosterwiesgasse, nahe dem Jakominiplatz sind begrünt.



Abbildung 13: blühende Vorgärten in Jakomini (eigenes Foto)

Der Messevorplatz (Abbildung 14) ist versiegelt und strahlt auch in die Umgebung aus.



Abbildung 14: versiegelter Messevorplatz (eigenes Foto)

Entlang der Conrad-von-Hötzendorfstrasse gibt es bereits in Teilabschnitten Rasenbetten für die Straßenbahngleise. Das Foto der begrünten Haltestelle stammt aus der Annenstraße, Grenzstraße zwischen den Bezirken Lend und Gries (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15: begrünte Haltestelle und Rasenbett für die Straßenbahn (eigenes Foto)

Gegen Süden hin wird die dichte innenstädtische Bebauung langsam von Einfamilienhäusern mit größeren Gärten und Grünflächen abgelöst und es gibt auch mehr öffentliche Freiflächen zur Naherholung der BewohnerInnen.

Weitere Bilder sind in einer Fotodatenbank gespeichert.

Die Abbildung der Anzahl der Sommertage mit Temperaturen über 25°C (Abbildung 16) bestätigt den Eindruck, dass die Hitzeproblematik im Bezirk Jakomini vor allem in Richtung Stadtzentrum sehr stark ausgeprägt ist.

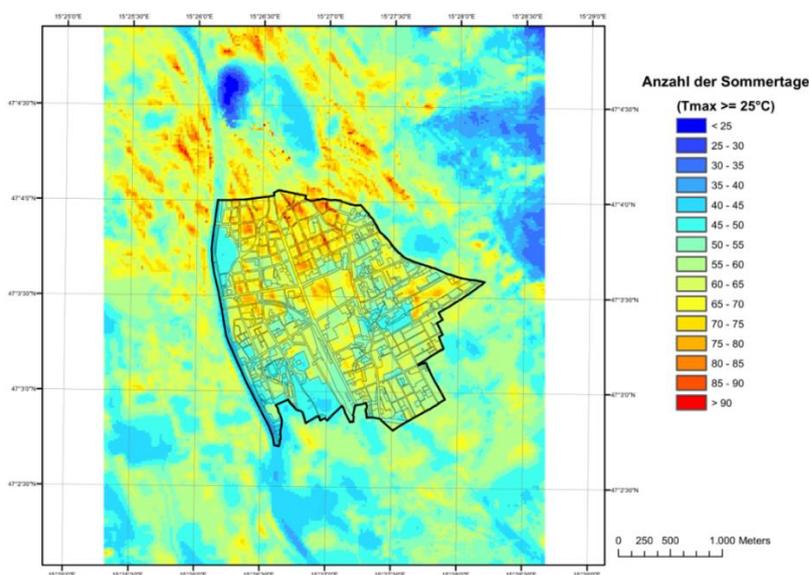


Abbildung 16: Anzahl der Sommertage in Jakomini und deren Verteilung

Stakeholdereinbindung

Erste Kontakte zu Stakeholdern wurden bereits in der Antragsphase aufgebaut:

- So wurde der damalige amtierende Stadtrat des Bezirks Jakomini bereits im März 2016 kontaktiert und zu einem Gespräch eingeladen, um über das geplante Projekt zu informieren.
- Auch von Seiten der Stadtplanung wurden einige wichtige Stakeholder bereits in der Projekt-Antragsphase genannt.
- Aufgrund des großen Interessens von Seiten des Bezirksrats, wurde das Projektteam im Juli 2016 gebeten, eine Präsentation der geplanten Aktivitäten vor dem Bezirksrat zu geben.
- Im Oktober 2016 wurde das Projektteam dann gebeten, einen Vortrag im Sozialmedizinischen Zentrum (SMZ) zu halten.

Diese ersten Kontakte noch vor dem eigentlichen Beginn des Projektes führten zu einer ersten Stakeholderliste mit Stakeholder/gruppen, Unternehmen und Institutionen im Bezirk Jakomini, die für das Projekt von Interesse bzw. wichtig waren. Die Stakeholderliste wurde als Excel-Datei erstellt und laufend erweitert. Auf Basis der ersten Gespräche und der ersten Stakeholderliste wurde auch der Kommunikationsplan erarbeitet.

Diese erste Stakeholderliste war der Ausgangspunkt für alle weiteren Gespräche. Sie wurde kontinuierlich um zusätzlich genannte Personen, Gruppen, Institutionen, Unternehmen erweitert. Erreicht werden sollte eine möglichst vollständige Erfassung aller möglichen Stakeholder/-gruppen:

- Alte/Junge
- Alteingesessene/neu Zugezogene/MigrantInnen
- Vereine, Pfarren, Verbände, etc.
- Betriebe bzw. Einrichtungen mit großem Flächen- und Handlungspotential, z.B. TU Graz, Grazer Messe, STYRIA AG
- Zusammenschlüsse von Betrieben
- Große Wohnanlagen mit großem Flächen- und Handlungspotential (Anrainer bzw. Wohnbaugenossenschaften)
- Ämter der Stadt Graz mit relevantem Zuständigkeitsbereich (Bauamt, Stadtplanung, Verkehrsplanung, Grünraum, Umweltamt)
- Wohnbau (seitens der Stadt Graz, Wohnbaugenossenschaften)

Die Verwaltung bzw. diverse betroffene Verwaltungseinheiten wurden als Teil dieser Stakeholder/gruppen, aber auch als Ansprechpartner für ander Stakeholder/gruppen gesehen. Die Stakeholder wurden in einer erweiterbaren „Stakeholderlandschaft“ grafisch dargestellt, aus der die Bedeutung ihrer Rolle für das Projekt, ihre Zugehörigkeit zu einer Stakeholdergruppe sowie ihre Beziehungen zu anderen Stakeholdern ablesbar waren. Abbildung 17 zeigt die Stakeholderlandschaft im Bezirk Jakomini.

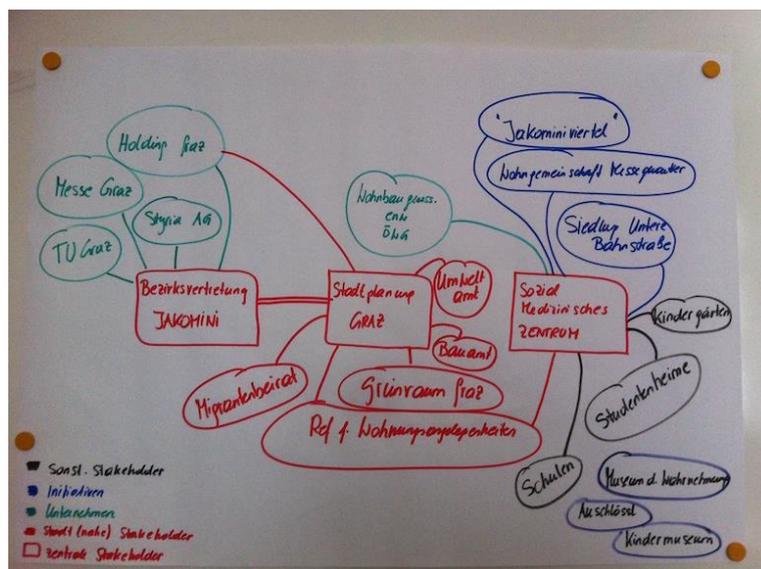


Abbildung 17: Stakeholder im Bezirk Jakomini

Nach der Abstimmung eines ersten, maximalen Szenarios („Basisszenario“) mit der Stadtplanung, wurden die Materialien angepasst.

Die Methoden, mit denen Stakeholder kontaktiert und informiert wurden, unterschieden sich je nach Stakeholdergruppe bzw. je nach Zeitpunkt im Projektverlauf. Zu Beginn des Projektes waren dies:

- Präsentationen
- Einzelgespräche und
- Interviews

Mittels dieser drei wesentlichen Methoden wurde grundlegend über das Projekt informiert und Informationen über die einzelnen Stakeholder/gruppen eingeholt. Ein Ein-Seiter sowie verschiedene Foliensätze, angepasst an die Bedürfnisse der jeweiligen Stakeholder, wurden vorbereitet bzw. je nach Anlass adaptiert.

Nach Vorliegen des Basisszenarios wurde die Bandbreite möglicher Maßnahmen mit der Stadtverwaltung besprochen, um zu klären, inwieweit das Basisszenario in Bezug auf den Flächenwidmungsplan, das Stadtentwicklungsprogramm, die Bauordnung, die

Grünraumplanung, evtl. auch in Bezug auf Stadtentwicklungspläne speziell für den Bezirk Jakomini, überhaupt umgesetzt werden könnte.

In weiterer Folge wurden mit den unterschiedlichen Stakeholder/gruppen konkrete Maßnahmen erarbeitet, die mit der Stadtplanung wiederum besprochen wurden und im Demoprojekt umgesetzt werden sollen.

- **Gespräche mit der Stadtplanung**

Die Gespräche mit der Stadtplanung waren besonders wichtig in Hinblick auf die Abstimmung/Übereinstimmung mit übergeordneten Konzepten für die Stadt bzw. urbane Region. Die Stadt Graz hat sich in den letzten Jahren vermehrt darum bemüht, auch in den übergeordneten Konzepten für die Stadt Maßnahmen für den Ausbau von Grün- und Freiflächen einzubringen, darunter fallen das Stadtentwicklungskonzept 4.0, das als Grundlage für den Entwurf des Flächenwidmungsplan 4.0 diene. Weiters zu beachten sind das Sachprogramm Grünraum, ebenso wie die Planmäßige Nachverdichtung. Nachverdichtungsmaßnahmen greifen in der Regel stark in die Gestaltung städtischer Oberflächen (Fassaden, Dachflächen, versiegelte und unversiegelte Flächen) ein. Diese Veränderungen können einen wesentlichen Einfluss auf das städtische Mikroklima innerhalb der Stadtquartiere haben. Aus bisherigen Bestrebungen ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen Grünraumerhalt und Nachverdichtung, das in Hinblick auf das Stadtklima intelligent gelöst werden muss.

Ein erstes Gespräch mit der Stadtplanung fand kurz nach Beginn des Projekts statt. Bei diesem Treffen wurden das Kommunikationskonzept und die Liste der wichtigsten Stakeholder durchbesprochen und Ergänzungen eingebracht. Weiters wurde die Datenweitergabe an die ZAMG von Seiten der Stadtvermessung veranlasst.

Im Frühling 2017 wurde nach Vorliegen der ersten Modellierungen ein erstes konkretes Gespräch mit der Stadtplanung durchgeführt. Ziel war die Abstimmung der Modellierungen mit den realistischen Gegebenheiten vor Ort bzw. mit den rechtlichen und planerischen Vorgaben, nach denen sich die zu planenden Maßnahmen richten müssen. Dieses Gespräch war sehr konstruktiv und die Stadtplanung hat bestätigt, dass Modellierungen wie diese sehr notwendig seien, um konkrete Maßnahmen planen und in weiterer Folge auch durchführen zu können.

Ein weiteres Gespräch im Oktober 2017 diente der Präsentation der vorläufigen Endergebnisse des Projekts. Aufgrund dieses Gesprächs wurde ein weiteres Gespräch im Dezember initiiert, bei dem sich erstmals drei Abteilungen nur zu diesem Thema austauschten: nämlich die Stadtplanung, das Umweltamt und die Abteilung Grünraum und Gewässer.

Dabei wurden noch einmal die mit den Stakeholder/gruppen erarbeiteten Maßnahmen vorgestellt und diskutiert.

- **Gespräche mit der Bezirksvertretung**

Bereits im Vorfeld der Projekteinreichung wurde der Kontakt zur Bezirksvertretung des Bezirks Jakomini hergestellt. Diese zeigte sich von Beginn an sehr interessiert am Projekt. Die Bezirksvertretung in Jakomini ist sehr aktiv und hat bereits mehrere Initiativen zum Schwerpunkt „Begrünung des Bezirks“ gesetzt. Nach Einzelgesprächen mit der Bezirksvertretung (die im Laufe des Projektes mehrfach (planmäßig) wechselte, fand eine erste öffentliche Präsentation des Projekts Jacky_cool_check bei einer Bezirksratssitzung im Bezirk statt. Weitere Gespräche, Präsentationen und Workshops folgten.

- **Gespräche mit unterschiedlichen Stakeholder/gruppen**

Hierzu wurden zahlreiche Gespräche, Präsentationen und Workshops abgehalten. In einer Schlussveranstaltung wurden sämtliche gesammelten Maßnahmen noch einmal präsentiert, diskutiert und niedergeschrieben.

Verbreitung in der Scientific Community und einer thematisch interessierten Öffentlichkeit

Neben den unmittelbaren Kontakten zu den Stakeholdern im Bezirk Jakomini sollte das Projekt auch einer fachlich interessierten Community präsentiert werden bzw. öffentlichkeitstaugliche Information zum Projekt bereitgestellt wird. Dies wurde in Form von wissenschaftlichen Vorträgen und Postern bei Konferenzen und anderen wissenschaftlichen Veranstaltungen und der Verfassung verständlicher Kurzdarstellungen für Printmedien (z.B. Wissenschaftsseiten der Tageszeitungen) gemacht. Bei den ausgewählten Konferenzen und Veranstaltungen im In- und Ausland wurden sowohl der planerische Ansatz und die Stakeholdereinbindung als auch sowie die Modellierung präsentiert.

B.5 Ergebnisse des Projekts

B 5.1 Ergebnisse auf Technischer Ebene

Für die technische Ebene waren die Ziele wie folgt definiert:

- Erstellung der Datenbasis für die Quantifizierung der urbanen Wärmeinsel via Stadtklimamodellierung (Orographie, Landnutzung, Stadtstruktur, meteorologische Daten).
- Modellierung der städtischen Wärmeinsel und der Raumplanungsmaßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung.
- Abschätzung des Kühlungspotentials und Identifizierung der Datenlücken für die Modellvalidierung.
- Berechnung und Interpretation des Klimaschutzwirksamkeit der geplanten Maßnahmen

Die Punkte **Datenbasis** und die **Stadtklimamodellierung** wurden bereits in B 4 – Vorgehensweise bzw. Verwendet Methoden beschrieben. Sie bildeten die Grundlagen für die weiteren Arbeiten.

Abschätzung des Kühlungspotentials

Die Ergebnisse einer Referenzsimulation basierend auf der aktuellen urbanen Morphologie des Bezirks Jakomini unter Verwendung klimatologischer Daten für den Zeitraum 1981-2010 sind Abbildung 18 zu entnehmen. Zu sehen sind die Anzahl der Sommer- (a) und Hitzetage (b) in einem Jahr. Beide Klimaindizes zeigen eine höhere Wärmebelastung in dicht bebauten Gebieten im nördlichen und mittleren Teil des Bezirks und eine niedrigere Wärmebelastung in den Bereichen mit höherem Anteil an Vegetation oder Wasser (vergleiche Abbildung 10) jährliche Anzahl der Sommertage innerhalb von Jakomini reicht von 39,2 bis 100,5 Tagen mit einem Mittelwert von 60,3 Tagen. Die jährliche Anzahl der Hitzetage innerhalb von Jakomini reicht von 4,2 bis 24,4 Tagen mit einem Mittelwert von 9,3 Tagen. Leider gibt es im Bezirk Jakomini keine klimatologische Messstation im Zeitraum 1981-2010, und die Ergebnisse für die mittlere Jahreszahl der ST können nicht direkt validiert werden. Ein dichtes Netzwerk von Messstationen wäre für eine detaillierte quantitative Analyse der Modellierungsergebnisse erforderlich. Die sich daraus ergebende mittlere jährliche ST-Anzahl liegt jedoch in der erwarteten Schwankungsbreite für die Stadt Graz (Graz Flughafen: 66,6 ST; Graz UNI: 63,0 ST). Aufgrund der räumlichen Gitterauflösung und des verwendeten Modellierungsansatzes, werden die mikroskaligen Prozesse auf der Ebene der Gebäude im Modell parametrisiert. Daher sind die Modellergebnisse nicht notwendigerweise auf der Ebene eines einzelnen Gebäudes anwendbar und ein mikroskaliger Modellierungsansatz mit aufgelösten Gebäuden und individueller Gebäudegeometrie wäre für eine detailliertere Analyse erforderlich.

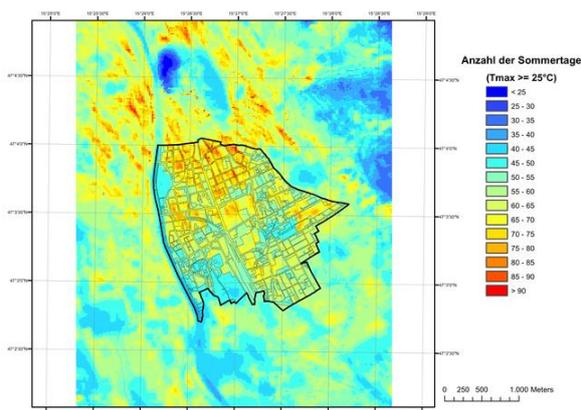
Eine Reihe von Simulationen mit veränderten Landnutzungseigenschaften wurde durchgeführt, um das Kühlpotenzial verschiedener Klimaanpassungsstrategien zu bewerten. Die Änderung der Wärmebelastung wird als Differenz der mittleren jährlichen ST-Anzahl im Vergleich zur Referenzsimulation ausgedrückt. Die Verringerung der Wärmebelastung um mehr als -10 ST im Jahresmittel wird als starker Kühleffekt angesehen, während eine Änderung von etwa -5 ST als mäßiger Kühleffekt angesehen wird. Eine Wärmebelastungsdifferenz von weniger als 1 ST (Äquiv. bis etwa 0,1 K) wird als unter der Modellgenauigkeit liegend angesehen.

Einige Kühlungsmaßnahmen für Jakomini wurden vorgeschlagen und deren Umsetzung für MUKLIMO_3 sind in Tabelle 3 beschrieben. Die Modellexperimente (in Folge „Experimente“ genannt) sind in drei Gruppen, in Abhängigkeit ihres Einflussbereiches, eingeteilt:

- Boden (Bodenbeschaffenheit)
- Grünraum (Vegetation und Grünräume)
- Gebäude.

Bei den Boden-Experimenten handelt es sich um Änderungen des Anteils versiegelter Flächen und des Reflexionsgrades solcher Oberflächen. Die Grünraum-Experimente beinhalten Änderungen des Anteils niedriger Vegetation, der Anzahl an Bäumen oder die Einführung neuer Grünflächen. Bei den Gebäude-Experimenten handelt es sich um Änderungen der Albedo von Dächern oder Wänden, oder die Umwandlung von Dächern in Gründächer.

(a)



(b)

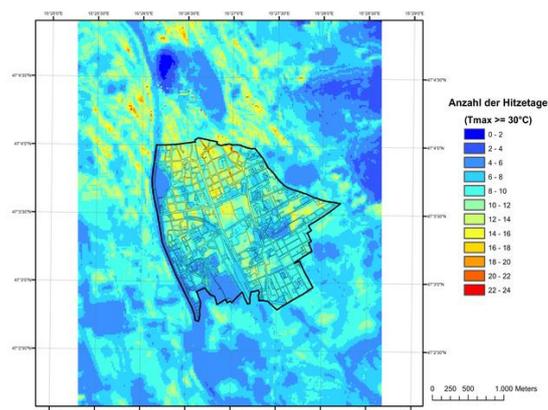


Abbildung 18: Referenzsimulation für Jakomini (schwarze Kontur) für den Zeitraum 1981-2010 für (a) die Anzahl der Sommertage und (b) die Anzahl der Hitzetage.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Modellsimulationen der einzelnen Abkühlungsmaßnahmen. Die zwei rechten Spalten zeigen die klimatologische Wirkung jeder Maßnahme als Mittelwert über Jakomini und als Maximalwert. Der Schlüssel ist *: $1 < \Delta ST < 5$, **: $5 \leq \Delta ST < 10$, ***: $\Delta ST \geq 10$.

Experiment	Beschreibung	Klimatologische Wirkung	
		Mittel	Max
00	Referenz	-	-
01	Boden: Entsiegelung -50%	*	**
02	Boden: Reflexion 0,2 → 0,7	*	***
03	Grünraum: niedriger Vegetation	-	*
04	Grünraum: Erhöhung des Anteils von Bäumen +50%	-	**
05	Grünraum: 30.000 Bäume (Straßenanlagen)	*	***
06	Grünraum: 30.000 Bäume (mehrere Anlagen)	*	***
07	Gebäude: Dachalbedo 0,2 → 0,7	*	**
08	Gebäude: Wandalbedo 0,3 → 0,7	*	***
09	Gebäude: Dachbegrünung 50%	*	**
10	Gebäude: Potentielle Dachbegrünung	-	*

Experimente zur Bodenbeschaffenheit

Bodenversiegelung bezeichnet die Bedeckung des natürlichen Bodens mit Bauwerken des Menschen und hat zwei große Auswirkungen: erstens wirkt sie sich sehr negativ auf den natürlichen Wasserhaushalt aus, da der Boden nicht mehr als Puffer dient; zweitens, da die Versiegelung oft mit Beton oder Asphalt erfolgt, führt dieses Material zu einer erhöhten Wärmebelastung aufgrund ihrer Wärmespeicher- und Wärmeübertragungseigenschaften. Deshalb wird Entsiegelung als eine Kühlungsmaßnahme angesehen.

Abbildung 19a zeigt die Verteilung der versiegelten Flächen und Abbildung 19 zeigen die Auswirkung einer Entsiegelung von -50% auf die Anzahl der Sommertage, Tropennächte und Hitzetage. Im Bezirk Jakomini wurden in diesem Fall etwa 70 ha versiegelte Flächen durch niedrige Vegetation (48,5 ha) oder freien Boden (21,1 ha) ersetzt. Die Simulation zeigt eine Verringerung der Wärmebelastung über einen großen Bereich des Bezirks Jakomini. Der Kühleffekt ist von geringer bis mäßiger Intensität – z.B. ist die größte Abnahme von Sommertagen (-7,9) in den Straßenschluchten im nördlichen Teil von Jakomini zu verzeichnen. Der stärkste Kühleffekt zeigt sich über Verkehrsflächen sowie in dicht bebauten Gebieten.

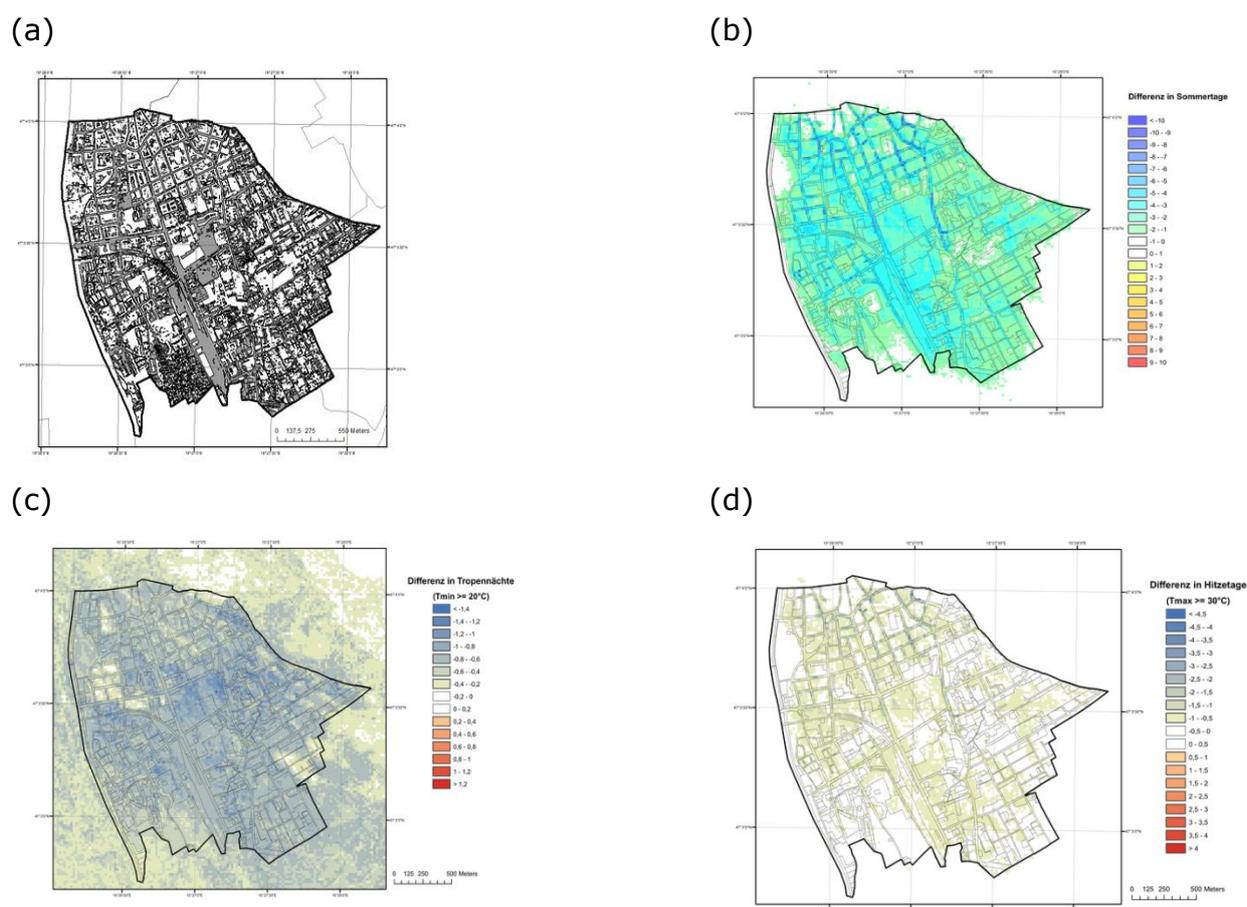
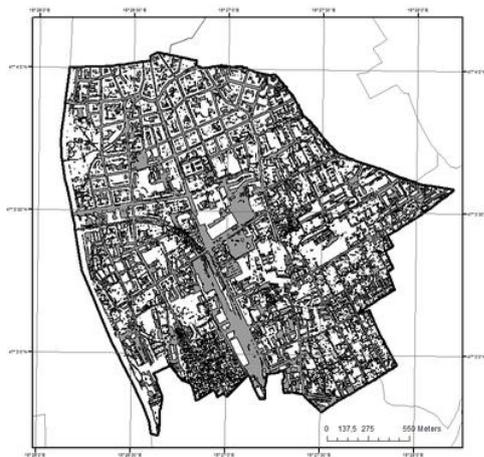


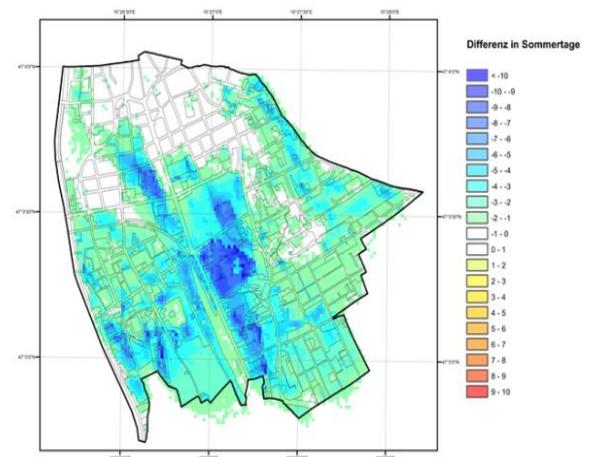
Abbildung 19: Auswirkung einer Entsiegelung von 50%. (a) Versiegelte Flächen. Änderung der Anzahl (b) der Sommertage, (c) der Tropennächte, (d) der Hitzetage gegenüber der Referenzsimulation.

Änderungen der Bodenreflexion haben zur Folge, dass weniger Sonneneinstrahlung absorbiert wird, was zu einer Abkühlung führt. Die Auswirkung einer Erhöhung der Reflexion vom Referenzwert 0,2 auf 0,7 ist in Abbildung 20 zu sehen. Die größte Abnahme der Sommertage (-11,7) ist im südlichen Teil von Jakomini zu verzeichnen. Der Grund für die unterschiedliche Verteilung der Abkühlung gegenüber der Entsiegelung um -50% ist, dass der Nordteil von Jakomini aus höheren Gebäuden besteht, was zu mehr Schatten führt, weshalb eine Änderung der Bodenreflexion wenig Einfluss hat. Anders verhält es sich in Stadtteilen, die offener und weniger durch Schatten bedeckt sind. Hier hat die Erhöhung des Reflexionsgrades einen größeren Einfluss.

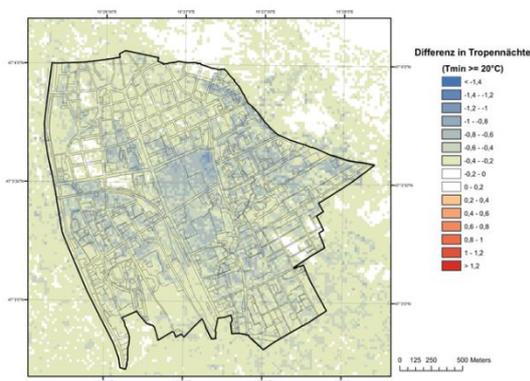
(a)



(b)



(c)



(d)

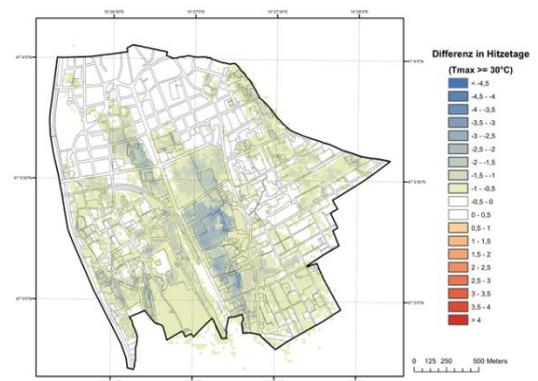


Abbildung 20: Auswirkung einer Erhöhung der Reflexion von 0,2 auf 0,7. (a) Versiegelte Fläche. Änderungen der Anzahl (b) der Sommertage, (c) der Tropennächte und (d) Hitzetage gegenüber der Referenzsimulation.

Experimente zu Vegetation und Grünräumen

Vegetation als Kühlungsmaßnahme bietet einige Vorteile gegenüber typischen Oberflächenmaterialien wie Beton, Asphalt, Metall, die in städtischen Gebieten zu finden sind. Vegetation hat eine geringere Wärmespeicherkapazität, kann zur Abschattung führen und durch Transpiration eine Feuchtequelle für die Luft darstellen.

Im Bezirk Jakomini ist eine Fläche von ca. 104,2 ha mit Vegetation bedeckt, was etwas mehr als 25% der gesamten Fläche von Jakomini ausmacht. Abbildung 21 zeigt die Auswirkung einer Erhöhung der Vegetation auf die Anzahl der Sommertage. Weil die Änderungen bezüglich Tropennächte und Hitzetage relativ klein sind, werden diese Abbildungen nicht gezeigt. Eine Erhöhung der niedrigen Vegetation um +30% (Abbildung 21b) hat kaum einen Einfluss auf die Abkühlung. Eine Erhöhung des Anteils der Bäume um 50% (Abbildung 21d) führt zu lokalen Abkühlungen mit einer maximalen Reduktion um 5,9 Sommertage. Des Weiteren finden sich in Abbildung 6d einige Flächen, die eine leichte Erhöhung der Anzahl der Sommertage zeigen. Weil Ventilation einen Abkühlungseffekt bringt, kann eine Erhöhung des Baumanteils und die damit verbundene höhere Reibung für den Wind zu einer Reduktion dieses Ventilationseffektes führen. Trotz dieser kleinen Erwärmung führt die Erhöhung des Baumanteils um 50% insgesamt, d.h. gemittelt über die gesamte Fläche von Jakomini, zu einer Abkühlung mit einer Differenz von ca. -0,3 Sommertagen.

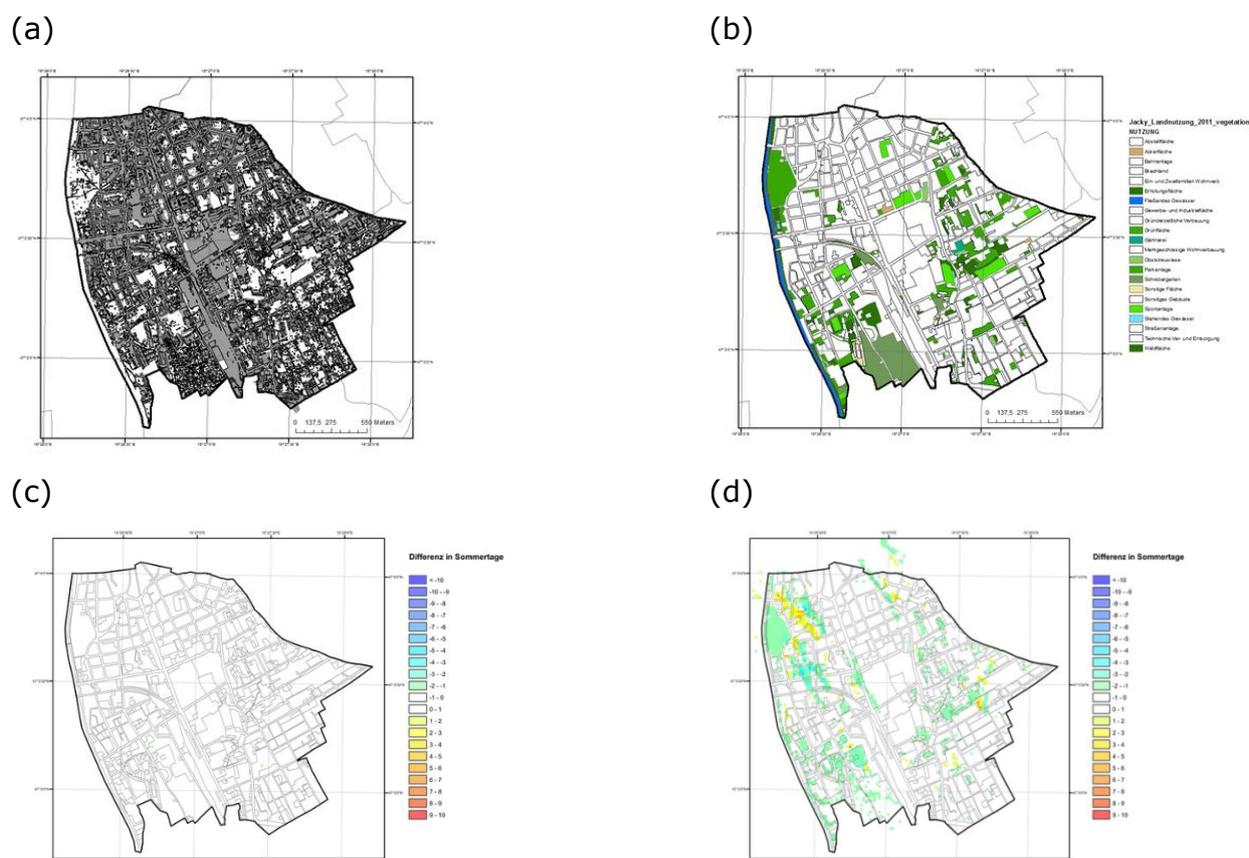


Abbildung 21: Verteilung (a) der versiegelten Flächen und Gebäuden und (b) der Grünflächen. Auswirkung einer Erhöhung (c) der niedrigen Vegetation um +30% und (d) der Bäume um +50%.

Ein realistischer Vorschlag für eine Abkühlungsmaßnahme bezüglich Bäumen war, dass jeder Einwohner von Jakomini die Möglichkeit hat, einen Baum zu pflanzen. Diese Maßnahme würde einer Erhöhung der Baumanzahl um ca. 30.000 entsprechen. Die Frage, die sich bei diesem Experiment stellte, war herauszufinden, wo man diese Bäume pflanzen sollte, um die größte Auswirkung zu erreichen.

Vier Experimente wurden mit zwei unterschiedlichen Baumhöhen (5 m, 10 m) und zwei unterschiedlichen Baumverteilungen durchgeführt. Die erste Baumverteilung entspricht einer Neupflanzung von Bäumen ausschließlich im Bereich von Straßenanlagen, mit der Begründung, dass in diesem Areal mit einer höhere Wärmebelastung in der Zukunft zu rechnen ist, wenn keine entsprechenden Gegenmaßnahmen getroffen werden (Die zweite Baumverteilung entspricht einer Neupflanzung von Bäumen in Gebieten, in denen Bäume normalerweise zu finden sind (Straßenanlagen, Bahnanlagen, Parkanlagen, Erholungsflächen, Grünflächen, sonstige Flächen), die der Einfachheit halber als „mehrere Anlagen“ bezeichnet werden. Diese Verteilungen sind in Abbildung 22 dargestellt. In allen Experimenten entspricht ein Baum einer Fläche von 10m².

(a)



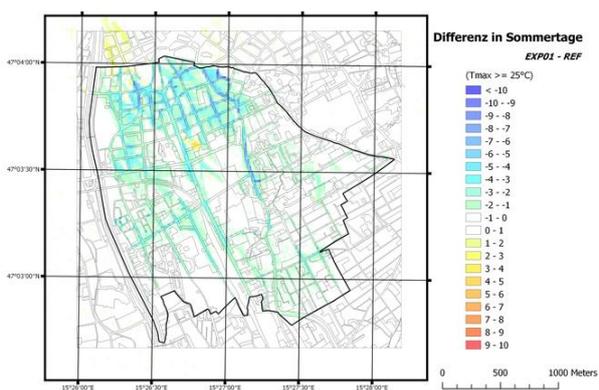
(b)



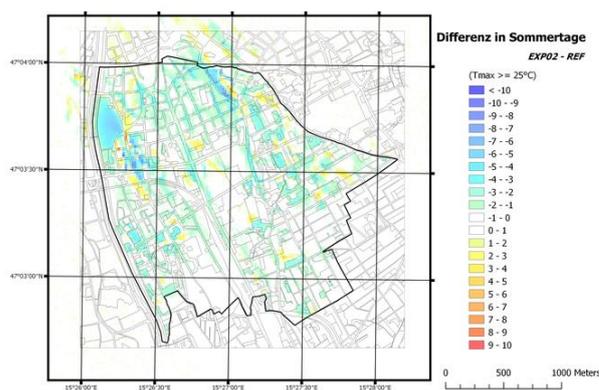
Abbildung 22: Die Verteilung für 30.000 neue Bäume: (a) Straßenanlagen, (b) Straßenanlagen, Bahnanlagen, Parkanlagen, Erholungsflächen, Grünflächen und sonstige Flächen.

Abbildung 23 zeigt die Ergebnisse der vier Experimente in Hinblick auf ihre klimatologische Wirkung. Abbildung 23a und Abbildung 23b zeigen die Differenz der Anzahl der Sommertage gegenüber der Referenzsimulation (Abbildung 18) für eine Baumhöhe von 5 m, und Abbildung 23c und Abbildung 23d für eine Baumhöhe von 10m. Abbildung 23a und Abbildung 23c zeigen die größte Reduzierung der Sommertage, was deutlich entlang der Straßen zu sehen sind - punktuelle Minima ergeben eine Reduzierung von -11,1 und -21,1 Sommertagen. Wenn die 30.000 Bäume über eine größere Fläche verteilt sind (Abbildung 23b und Abbildung 23d), fällt die Abkühlung geringer aus (-10,8 und -13,3 Sommertage). Zusätzlich ist zu bemerken, dass z.B. in Parkanlagen, in denen bereits vor Durchführung des Experiments ein nennenswerter Anteil an Bäumen vorhanden ist, eine erhöhte Baumdichte zu einer geringen Zunahme der Sommertage an ausgewählten Stellen führt (Abbildung 23b und Abbildung 23d). Wenn die Bäume allerdings nur innerhalb der Straßenanlagen gepflanzt werden (Abbildung 23a und Abbildung 23c), tritt dieser Effekt nicht auf.

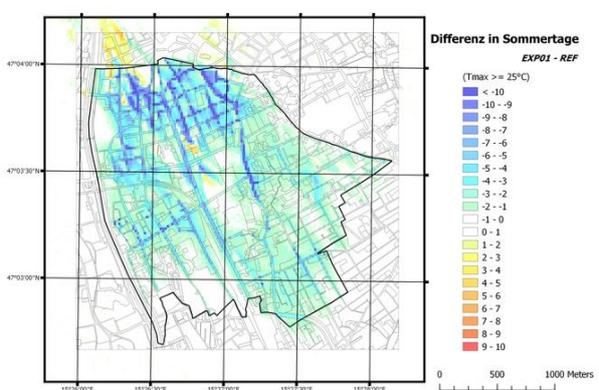
(a)



(b)



(c)



(d)

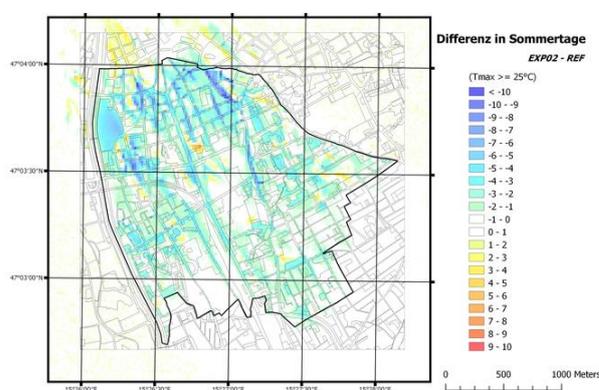


Abbildung 23: Differenz in Sommertagen gegenüber Referenz für (a) 5 m hohe Bäume in Straßenanlagen, (b) 5 m hohe Bäume in mehrere Anlagen (siehe Text), (c) 10 m hohe Bäume in Straßenanlagen, (d) 10 m hohe Bäume in mehrere Anlagen (siehe Text).

Es gibt auch die Möglichkeit, Dächer zu begrünen. Aus der gesamten Gebäudefläche (101,9 ha) gibt es ca. 11,2 ha, die potentiell begrünt werden können (siehe Abbildung 24). Die Modellsimulationen mit begrünten Dächern weisen geringfügige bis mäßige Kühleffekte auf, wenn die Vegetation auf 50% der Dächer berücksichtigt wird (Abbildung 24b). Die Kühlwirkung von Gründächern hängt stark von der Grünfläche ab. Je höher der Anteil der Gründächer, desto höher ist die Kühlwirkung. Unter Berücksichtigung eines realistischen Werts für das Gründachpotenzial im Bezirk Jakomini von nur 11% wird der Kühleffekt jedoch beträchtlich reduziert, was nur zu geringfügigen Änderungen der Wärmebelastung führt.



Abbildung 24: Grunddachpotenzial in Jakomini. (a) Gebäude innerhalb Jakomini, (b) potentielle Gründächer.

Experimente zu Gebäuden

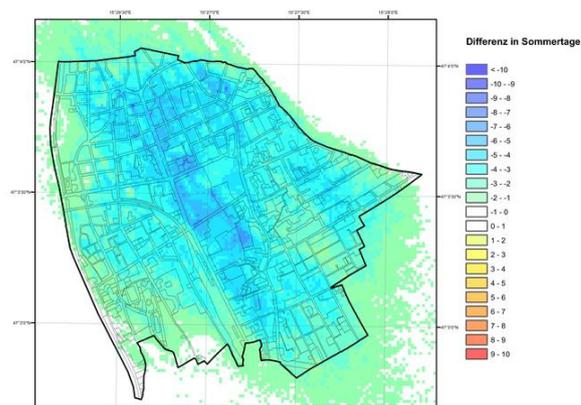
Etwa 25% der gesamte Fläche von Jakomini sind mit Gebäuden bedeckt (Abbildung 25a und Abbildung 24b). Eine Kühlungsmaßnahme, die Gebäude betrifft, ist beispielsweise die Änderung der Dachalbedo oder Wandalbedo. Die Auswirkungen einer Erhöhung der Dachalbedo von 0,2 auf 0,7 ist in Abbildung 25b dargestellt. Die Auswirkung einer Erhöhung der Wandalbedo von 0,3 auf 0,7 ist in Abbildung 25c dargestellt. Ein Albedowert von 0,7 entspricht in etwa der Reflektivität weißer Keramik (Prado und Ferreira 2005).

Beide Fälle führen zu moderaten bis starken Abkühlungseffekten im Bezirk Jakomini. Der Kühleffekt der erhöhten Wandreflexion ist in lokaler Umgebung in Gebäudenähe stärker ausgeprägt mit einer punktuellen Abnahme von -10,7 Tagen. Die größten Abnahmen finden sich in jenem Bereich, in dem die Gebäude ziemlich offen Richtung Süden ausgerichtet sind. Gemittelt über die Fläche von Jakomini zeigt sich bezüglich der Abnahme der Anzahl an Sommertagen, dass die Erhöhung der Dachalbedo zu einer geringen Abkühlung führt als die Erhöhung der Wandalbedo (-3,2 im Gegensatz zu -3,0 Sommertagen).

(a)



(b)



(c)

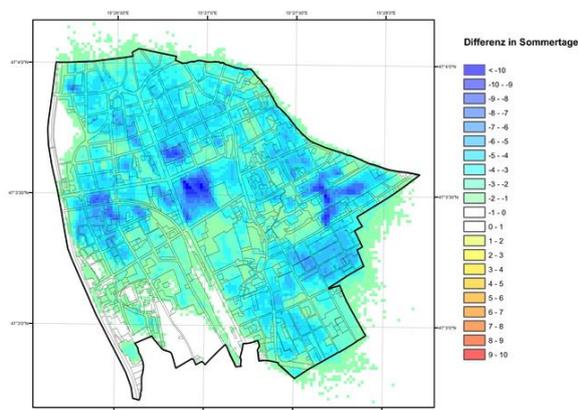


Abbildung 25: (a) Gebäude innerhalb Jakomini. Auswirkung einer Erhöhung der (b) Dachalbedo von 0,2 auf 0,7 und (c) Wandalbedo von 0,3 auf 0,7.

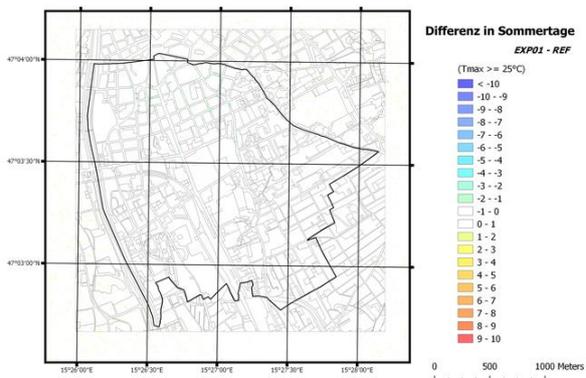
Kombination von Kühlungsmaßnahmen

Die vorherigen Experimente haben die Kühlungsmaßnahmen getrennt dargestellt, um eine Abschätzung darüber zu gewinnen, wie groß die Änderungen sein müssen, um einen messbaren Einfluss zu erzielen. Bei diesen Änderungen handelt es sich um extreme Maßnahmen, die in der Realität oft schwer umzusetzen sind. Ein etwas realistischerer Versuch könnte daher die Kombination mehrerer Anpassungsmaßnahmen mit jeweils geringfügigen Änderungen sein. Tabelle 4 zeigt eine Reihe von Kombinationsversuchen (K1-5), deren Ergebnisse in Abbildung 26 zu sehen sind. Experiment K1 startet mit einer Entsiegelung von -10%, was zu keiner großen Auswirkung führt (Abbildung 26a). Experiment K2 kombiniert K1 mit einer Erhöhung der Reflexion von 0,2 auf 0,3, was zu einer leichten Abkühlung in ausgewählten Bereichen von Jakomini führt (Abbildung 26b). Experiment K3 kombiniert K2 mit einer Zunahme an Bäumen um 10%, was jedoch kaum zu einer Änderung gegenüber K2 führt (Abbildung 26c). Experiment K4 kombiniert K3 mit einer Erhöhung der Dachalbedo von 0,2 auf 0,5 und erstmals ist eine flächendeckende Abkühlung über Jakomini zu erkennen (Abbildung 26d). Eine Kombination von K3 mit einer Erhöhung der Wandalbedo von 0,3 auf 0,5 (Experiment K5) führt zu einer großen Abkühlung (Abbildung 26e). Eine Zusammenfassung der Auswirkung dieser Maßnahmen ist in Tabelle 4 dargestellt.

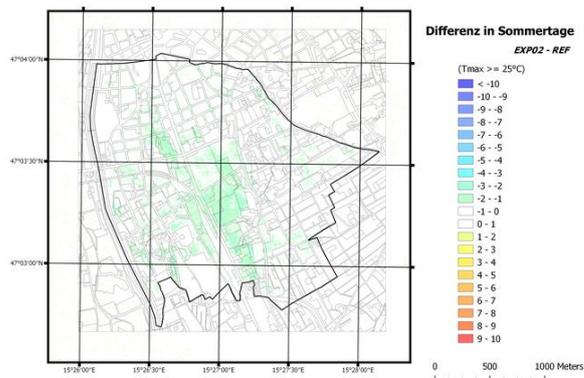
Tabelle 4: Beschreibung der Kombination von Maßnahmenexperimenten. Die zwei rechten Spalten zeigen die klimatologische Wirkung jeder Maßnahme als Mittelwert über Jakomini und als Maximalwert. Der Schlüssel ist *: $1 < \Delta ST < 5$, **: $5 \leq \Delta ST < 10$, ***: $\Delta ST \geq 10$.

Experiment	Beschreibung	Klimatologische Wirkung	
		Mittel	Max
K1	Entsiegelung -10%	-	-
K2	K1 + Reflexion 0,3	-	*
K3	K2 + Bäume +10%	-	*
K4	K3 + Dachalbedo 0,5	*	**
K5	K4 + Wandalbedo 0,5	**	**

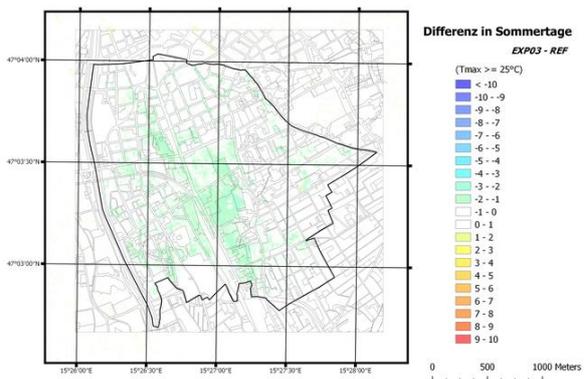
(a)



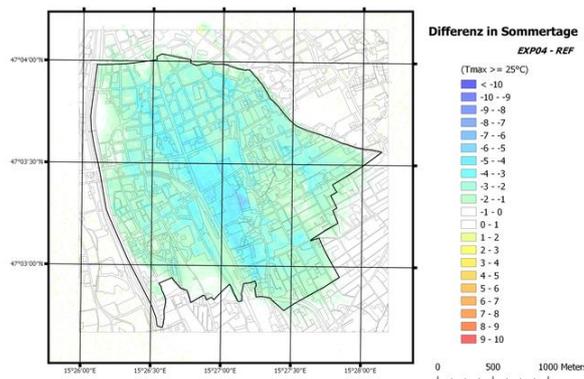
(b)



(c)



(d)



(e)

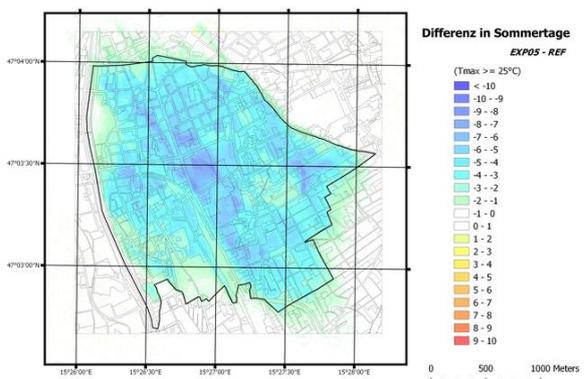


Abbildung 26: Eine Kombination der Kühlungsmaßnahmen für die Experimente in

Ergebnisse zur Abschätzung der indirekten Klimaschutzwirkung

Die Schätzungen der Anzahl der Sommertage, der CDDs und des Strombedarfs für die Kühlung im Bezirk Jakomini für die verschiedenen von ZAMG modellierten Experimente sind in Tabelle 5 dargestellt.

Wie zu erwarten war, ist der Rückgang der CDDs (0 - 4%) und somit der Rückgang des Strombedarfs für die Kühlung gering (0 - 9%), da die Veränderungen in der Anzahl der Sommertage ebenso relativ gering sind (0 - 5%). Die absolute Höhe der Stromeinsparung ist sehr niedrig, da der Strombedarf für die Kühlung ohne Experimente bei etwa 230 MWh/Jahr liegt. Die durch die Reduktion des Stromverbrauchs eingesparten Treibhausgasemissionen (3,6t CO_{2e}) sind im Verhältnis jedoch noch kleiner, da Österreich auch unter Berücksichtigung der Stromimporte (0,185t CO_{2e}/MWh) eine relativ geringe Emissionsintensität aufweist.

Tabelle 5: Geschätzter Mittelwert, Standardabweichung von T_{max} und T_{avg} , Anzahl der Sommertage, CDDs und Strombedarf für die Kühlung in Graz, Jakomini für die verschiedenen von ZAMG modellierten Experimente.

Modell	T_{max}				T_{avg}				Strombedarf [MWh]	Δ Strombedarf [MWh]
	Mittelwert	S.D.	Sommertage		Mittelwert	S.D.	CDDs			
			Summe	$\Delta\%$			Summe	$\Delta\%$		
ZAMG (1980 – 2010)	23.1	4.4	60.3		17.1	3.6	192.8		227.3	
NOAA (1990 – 2016)	23.8	4.4	71.9		17.7	3.6	224.1		310.9	
Exp_003	22.9	4.4	58.1	-3.6%	17.0	3.6	187.5	-2.7%	213.2	14 (6%)
Exp_006	22.9	4.4	58.1	-3.6%	17.0	3.6	187.5	-2.7%	212.5	15 (7%)
Exp_008	23.0	4.4	60.2	-0.2%	17.1	3.6	192.5	-0.1%	227.7	0 (0%)
Exp_011	23.0	4.4	60.0	-0.5%	17.1	3.6	192.0	-0.4%	222.9	4 (2%)
Exp_014_01	23.0	4.4	60.1	-0.3%	17.1	3.6	192.3	-0.3%	228.3	0 (0%)
Exp_014_02	23.0	4.4	60.1	-0.3%	17.1	3.6	192.3	-0.3%	228.1	0 (0%)
Exp_016	22.8	4.4	57.1	-5.3%	16.9	3.6	185.1	-3.9%	206.7	21 (9%)
Exp_018	22.9	4.4	57.3	-5.0%	17.1	3.6	192.8	-3.7%	207.9	19 (9%)

Ergebnisse zur Abschätzung der direkten Klimaschutzwirkung

Von den acht von der ZAMG ausgewerteten Experimenten bewirken nur die Experimente 6, 16 und 18 eine Veränderung der Albedo. Die Veränderung des Versiegelungsgrads (Experiment 3), der Vegetationshöhen in Grünflächen (Experiment 8, 11 und 14) und der Dachbegrünung (Experiment 19 - 22) beeinflussen lediglich die Evapotranspirationsmenge von Wasser, verändern die Albedo allerdings nur unwesentlich. Die Ergebnisse in Bezug auf Veränderungen der Strahlungsintensität und äquivalente Einsparungen von Treibhausgasemissionen sind in Abbildung 27 bis Abbildung 30 für die verbleibenden Experimente dargestellt. Die Experimente 6 und 16 verursachen den größten Rückgang des Strahlungsantriebs (ca. $8,0 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$) und sparen die meisten Treibhausgasemissionen (ca. 750.000 t CO_{2e} über 50 Jahre). Dies entspricht mit 150.000 t CO₂/Jahr etwa den Jahresemissionswerten von 17.000 Österreichischen Verbrauchern.

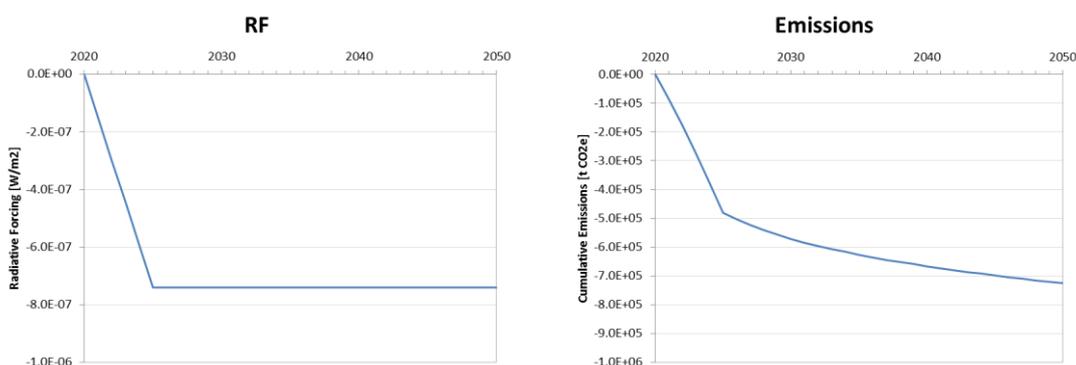


Abbildung 27: Experiment 6 - Erhöhung der Albedo von gepflasterten Flächen auf 0,7

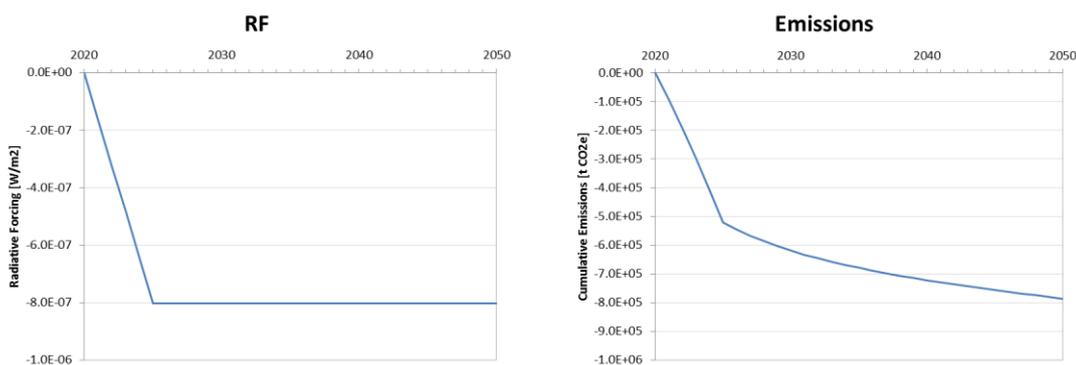


Abbildung 28: Experiment 16 - Erhöhung des Albedos von Dächern auf 0,7

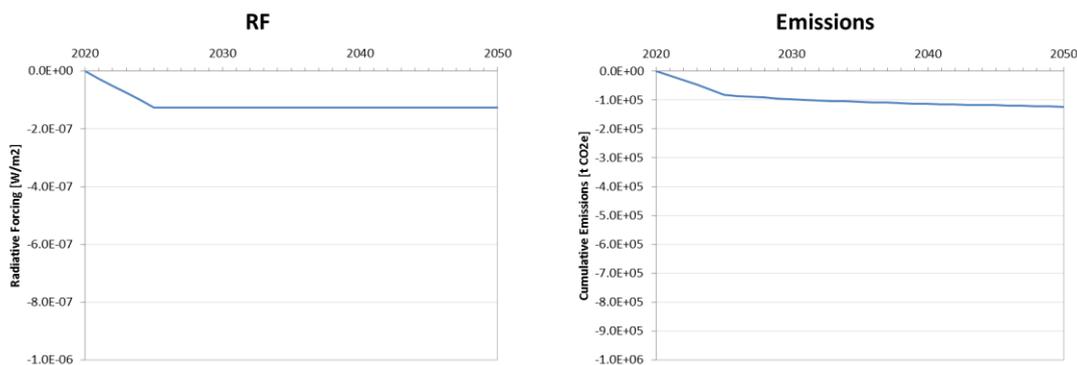


Abbildung 29: Experiment 18 - Erhöhung des Albedo-Werts der Fassadenflächen auf 0,7

Experiment 18 b wurde von der ZAMG nicht wirklich modelliert, aber wir hielten es für interessant, die Auswirkungen der Baumpflanzung mit einer angenommenen letztendlichen Baumhöhe von 10m über 15 Jahre auf theoretisch allen Straßen abzuschätzen. Die Bäume würden die scheinbare Tiefe des „Straßenschlucht“ verringern und die Albedo des urbanen Canyons erhöhen. Dies liegt in erster Linie nicht an der Fassadenfarbe bzw. der Farbe der Blätter, sondern an den zusätzlichen, „im Kreis geführten“ Reflexionen innerhalb des Canyons. Das Ergebnis ist, dass die Bäume allein durch die Veränderung der Albedo über 50 Jahre rund 550.000 t CO_{2e} einsparen, wobei der in den Baumbeständen selbst gebundene Kohlenstoff hier nicht mit einbezogen wurde.

Es ist interessant festzustellen, dass dieses Experiment ungefähr so effektiv ist wie die Aufhellung der Gehwege und Dächer. Das Pflanzen von Bäumen wird auch zusätzliche Vorteile haben, die es für Stadtplaner attraktiv machen sollte, diese im Kampf gegen städtische Wärmeinseln, aber auch andere positive Umwelteffekte einzusetzen.

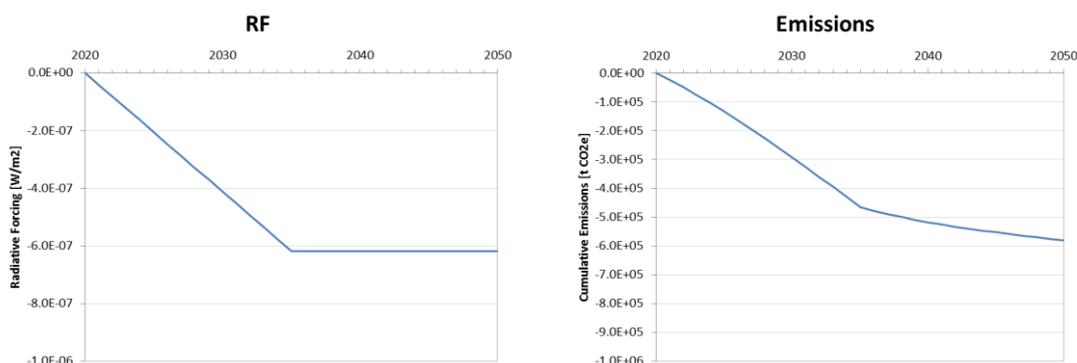


Abbildung 30: Experiment 18b - Bäume pflanzen, die über 15 Jahre die Höhe von 10 m erreichen.

B 5.2 Ergebnisse auf planerischer/legistischer Ebene

Ein erstes Abstimmungstreffen mit den Vertretern der Stadtplanung zu Beginn des Projektes statt. Dieses Treffen diene vor allem dazu, den Kommunikationsplan zu besprechen, eventuelle weitere Stakeholder ausfindig zu machen und weitere Fragen zu besprechen. Wichtig war auch die interne Abstimmung zur Datenverfügbarkeit bei der Stadt Graz. Hier wurde der Kontakt zum Stadtvermessungsamt hergestellt, das die Daten (Katasterdaten und Luftbilddauswertungen) der ZAMG zur Verfügung stellte.

Ein zweites Treffen war nach der Errechnung des Szenarios „Theoretisch Erreichbares“ vorgesehen, die Terminvereinbarung gestaltetet sich allerdings schwierig und langwierig, da zu dieser Zeit (Frühling 2017) der Flächenwidmungsplan 4.0. in Graz fertiggestellt werden musste und es so zu einer längeren Verzögerung kam. Erst Mitte Mai 2017 konnte ein Termin für dieses Gespräch festgelegt werden. Bei diesem wurde das Szenario „Theoretisch Erreichbares“ vom Projektteam präsentiert und mit der Stadtplanung diskutiert. Es wurden verschiedene Modellierungen vorgestellt, die unterschiedliche Maßnahmen bzw. deren Kombination untereinander und die sich daraus ergebenden Kühlungseffekte zeigten. Ebenso wurden aber Datenlücken aufgezeigt: so waren die Daten der Innere Stadt nicht verfügbar, ebenso wenig wie die Daten der an Jakomini angrenzenden Bezirke, was aber durch die Beeinflussung der angrenzenden Flächen auf den Bezirk Jakomini unbedingt notwendig war. Die Daten wurden vor dem Sommer 2017 nachgeliefert und die Modellierungen nachfolgend entsprechend angepasst.

Ein weiteres Treffen fand im Oktober 2017 statt, Gegenstand dieses Treffens war die Diskussion und Festlegung der endgültigen Maßnahmen, die für eine Umsetzung in einem Demoprojekt notwendig waren. Grundsätzlich zeigte sich die Stadtplanung sehr interessiert an den Ergebnissen und versicherte auch, dass gerade solche Berechnungen und Modellierungen wie sie im Projekt erstellt wurden, sehr wertvoll für die Stadt seien.

Es kam jedoch auch ganz klar die Aussage, dass nicht die Stadt alleine für alle Kosten aufkommen könne. Idealerweise sollten die Stakeholder einen Maßnahmenkatalog „ihrer“ Maßnahmen erstellen und an die Stadt liefern. Die aktive Mithilfe der BürgerInnen ist unbedingt notwendig und wichtig. Vorschläge über Maßnahmen zu Gebieten im Bezirk, die am ärgsten von der Hitze betroffen sind, sind dabei vorrangig. Die Bezirksvertretung spielt dabei nach Meinung der Stadtverwaltung eine große Rolle und soll darlegen, wie die Ergebnisse für die eigenen Bürger am besten präsentiert werden sollen.

Vorgeschlagen wurde weiters ein Workshop mit den Abteilungen, die direkt vom Thema betroffen sind, also der Stadtplanung, dem Umweltamt und der Abteilung Grünraum und Gewässer, die am 5.12.2017 auf Einladung des Umweltamts hin auch stattfand.

Dabei wurde das gesamte Projekt noch einmal aufgerollt und die Ideen präsentiert, die in den Stakeholderworkshops mit den BewohnerInnen von Jakomini generiert wurden. Vor allem einer dieser Vorschläge, nämlich für jede/n BürgerIn von Jakomini

einen Baum zu pflanzen bzw. einen Bezirksbaum zu kreieren wurde von der ZAMG modelliert und das Ergebnis präsentiert und besprochen. Für die hohe Wärmebelastung innerhalb der Straßenanlagen, insbesondere im nördlichen Teil von Jakomini, könnte die Pflanzung von ca. 30.000 Bäumen zu einer Abnahme der Sommer- und Hitzetage führen. Die Abkühlung hierbei wäre größer, wenn die Bäume nur innerhalb der Straßenanlagen anstatt in mehreren zusätzlichen Gebieten gepflanzt würden, da sonst der Abkühlungseffekt sonst „verdünnt“ würde.

Ergebnisse aus den Gesprächen und dem Workshop:

- Für eine Umsetzung der Idee der 30.000 zusätzlichen Bäume wären noch mehr Informationen notwendig, so z.B. über die Größe der Bäume, die Blattgröße, den Wasserbedarf und den jeweils für einen Baum geeigneten Standort. Große Verdunstung und damit ein Effekt für das Klima ist nur erreichbar mit Bäumen, die viel Wasser benötigen. Auf einzelnen Plätzen und in einzelnen Straßenzügen könnte das möglich sein, für den gesamten Bezirk würde das sehr kompliziert werden.
- Eventuell könnte man damit beginnen, zu modellieren, wie viele Bäume als Minimum gesetzt werden müssten, um einen ersten Effekt zu erzielen.
- Man müsste auch Biologen in das Demoprojekt einbinden, um herauszufinden, was in 20 Jahren, bei wärmer werdenden Temperaturen, überhaupt noch wachsen würde.
- Die Idee, neue Dachfarben vorschreiben zu können, bzw. Tipps zu geben, wo man solche bekommt und dass sie zu verwenden wären, wird als gut befunden. Eine Besonderheit von Graz, die dabei allerdings zu berücksichtigen ist, ist die Altstadtsschutzzone. Dabei ist der nördliche Teil des Bezirks Jakomini, also der Teil, der am meisten von der Hitze betroffen ist, in der Altstadtsschutzzone 3 angesiedelt (weitere Informationen: http://www.grazerbe.at/Kategorie:Zone_3). Reflektierende Anstriche, die einen Kühlungseffekt haben, sind in den betroffenen Gebieten sicher nicht möglich. Hier sollte die ASVK unbedingt eingebunden werden.
- Innenhöfe sollten weiter entsiegelt und begrünt werden, wobei es sich dabei eher um sehr kleinräumige Maßnahmen handelt, die jedoch gerade in Gebieten mit hoher Wärmebelastung große lokale Wirkung zeigen würde.
- Es könnten bestimmte Plätze in Graz, wie z.B. der Ortweinplatz oder der Messevorplatz entsiegelt und begrünt werden, aber auch ganze Straßenzüge anders geplant werden. Es kam der Vorschlag, bestimmte Plätze oder Straßenzüge genauer durchzuplanen, und mehrere Gestaltungsvorschläge zu erarbeiten, also auch mit Wasser kombinieren. Das müsste gemeinsam mit dem Straßenbauamt, und auch mit Landschaftsplanern, etc., durchgeführt werden.
- Bei der Entsiegelung großer Parkplätze ist zu beachten, dass diese aus wasserrechtlichen Gründen nicht einfach in sickerfähige Flächen umwandelbar sind, hier müsste man eine generelle Umplanung bzw. Verkleinerung, etc. andenken.

- Künftig sollen mehr Straßenbegrünungen geplant werden, an Frage an Abteilung Grünraum und Gewässer wurde gestartet und neue Methoden werden von denen schon erprobt. So wurde zum Beispiel ganz aktuelle für die Eggenberger Allee eine neue Methode aus Schweden „importiert“. Dabei handelt es sich um Know-how, wie auch neben Gleisen und parallel zu Straßen große Bäume gesetzt werden können, die dann trotzdem genug Licht, Wasser und Erde zur Verfügung haben, dies könnte für die Conrad-von-Hötzendorfstrasse erprobt werden.
- Weitere mögliche Maßnahmen wären (vermehrt) begrünte Straßenbahngleise.
- Ergebnisse aus dem Projekt wären sicher auch für andere Stadtteile interessant.
- Man ist sich andererseits sehr wohl bewusst, dass es Aktivbürger nicht leicht haben, hier müsste man daran arbeiten, Verfahren zu vereinfachen. So dauern z.B. die Anträge für das Anlegen von Gemeinschaftsbeeten oder anderen Bepflanzungen zu lange. Die Bürger müssten darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Anträge Monate vor der ersten Bepflanzung eingebracht werden müssten, damit dann mit der Genehmigung rechtzeitig gerechnet werden kann. Solche Hinweise könnten man vermehrt in der stadteigenen Bürgerinformationszeitung BIG, die an alle BürgerInnen der Stadt geht, veröffentlichen.
- Angemerkt wurde auch, dass die Rechtsprechung in Bezug auf Haftungen in den letzten Jahren sehr extrem wurde, ebenso wie der Bewertungsaufwand für Maßnahmen, um die Genehmigungen erteilen zu können.
- In der Stadt sollte die Bündelung von Abteilungen hinsichtlich Klimawandelanpassungsmaßnahmen ein Ziel sein. Es wurde im Rahmen des Projekts klar, dass sehr viele Ämter (mehr als gedacht) mit einzelnen Anliegen bezüglich Klimaschutzmaßnahmen im weitesten Sinne befasst sind. Die (bessere) Verschränkung dieser Abteilungen (z.B. Straßenbauamt, Baudirektion, etc.) wäre notwendig und sinnvoll, da könnte eventuell auch die neue Klimastrategie helfen, die in der Stadt gerade erstellt wurde. In dieser Klimawandelanpassungsstrategie könnten einzelne Maßnahmen dann in Kombination mit dem Demoprojekt ganz konkret aufgegriffen und in Angriff genommen werden, untermauert mit konkreten Daten.
- Die Auflösung der Modellierung mit MUKLIMO_3 ist nicht ideal geeignet für die kleinteiligen Innenhöfe am nördlichen Rand von Jakomini. Es wurde vorgeschlagen, das Programm ENVIMET der BOKU im Demoprojekt zu verwenden.
- Die Veränderung an Sommer- und Hitzetagen in der Modellierung wird als eher wenig aussagekräftig empfunden, da dies als sehr subjektives Gefühl empfunden wird.
- Es muss jedoch auch das Bewusstsein bei der Bevölkerung da sein, dass Maßnahmen und Aktivitäten etwas kosten. Die kürzliche Pflanzung von 45 Bäumen in einem anderen Stadtteil belief sich auf mehrere Hunderttausend Euro.

Es wurde vorgeschlagen, dass der Bezirk eine Prioritätenliste erstellen sollte und sie der Stadtplanung vorlegen sollte, das könnte ev. ein verkürzter Weg sein („Doppelpass zwischen Ämtern und Bezirksrat“). Die Einrichtung eines „Runden Tisches Jakomini“ für Umsetzung der Maßnahmen wurde vorgeschlagen.

B 5.3 Ergebnisse auf Sozialer Ebene

Die Ergebnisse auf sozialer Ebene umfassen sowohl die Arbeiten mit der Bezirksvertretung sowie die Arbeit mit den Stakeholder/gruppen im Bezirk selbst und waren sehr aufschlussreich. Die einzelnen Veranstaltungen wurden mitprotokolliert und die vorgeschlagenen Maßnahmen gesammelt und in einer Tabelle zusammengefasst, die der Stadtplanung präsentiert wurde. Weiters wurden die Maßnahmen noch einmal in einer Bezirksversammlung am 14.3.2018, gemeinsam mit einer Projektvorstellung und allgemeinen Informationen zum Klimawandel in Graz (gemeinsam mit Prof. Lazar) diskutiert.

Einige interessante Rückmeldungen aus diesen Workshops sind hier exemplarisch zusammengefasst:

- Vereine im Bezirk setzen schon seit Langem viele kleine Maßnahmen. Besonders wichtig wäre die Unterstützung der Stadt bei der Begrünung, vor allem von Hinterhöfen, Vorgärten und Dächern. Oft scheitert es hier an administrativen Vorgaben bei der Einreichung. Das Thema Haftung ist ebenfalls ein großes Thema. Im Bezirk gibt es kaum Plätze zum Zusammenkommen, wo man sich gerne aufhält. Das Bedürfnis nach Grün ist sehr groß (hat sich aus einer Befragung ergeben), die Straßen im Bezirk sind schmal, an den Fassaden etwas zu ändern ist schwierig. Im Bezirk gibt es ein hohes Maß an Eigeninitiative.
- MigrantInnen: hier war auffallend, dass in dieser Stakeholdergruppe wenig Bewusstsein für das Thema und keine kollektive Wahrnehmung des Problems vorliegt. Als Grund wurde genannt, dass sich MigrantInnen meist gar keine Maßnahmen leisten könnten. Eine Aufklärungs-Kampagne, z.B. mit Aufklebern und dem direkten Ansprechen von Geschäften und Restaurants im Bezirk wurde vorgeschlagen. Schulungen für Bepflanzungen könnten angeboten werden, Multiplikatoren würden dann das Wissen weitertragen. Aus dieser Gruppe kam der Vorschlag einen „Quartiers- oder Bezirks-Baums“ zu kreieren, so dass letztendlich jede/r BürgerIn die grundsätzliche Möglichkeit hätte, einen Baum am Balkon oder im Hof zu pflanzen, bzw., wenn das nicht möglich wäre, an einem anderen Ort im Bezirk.
- Wohnbaugenossenschaften: Insgesamt wurde mit zwei Wohnbaugenossenschaften gesprochen, wobei besonders eine mit ihrer großen Anlage „Messequartier“ Interesse gezeigt hat. Es fanden insgesamt zwei Sitzungen statt und es wurden etliche Ideen generiert, die in naher Zukunft umgesetzt werden könnten. Im Quartier gibt es Senioren- und Studentenwohnungen, es sind soziale Einrichtungen mit ihren Tageseinrichtungen vor Ort und es bestünde die Möglichkeit, die

unterschiedlichen BewohnerInnen in Projekten zusammenzubringen. Dazu gäbe es schon einige Ideen, wie die Bepflanzung von Fassaden, eine Optimierung der bestehenden Dachbegrünung, das Pflanzen von Obstbäumen und anderen Nutzpflanzen, etc., die man in einem Demoprojekt ausprobieren könnte. Ohne das Engagement der BewohnerInnen geht aber gar nichts. Dies wird aber auch als Mehrwert für die Siedlung gesehen: „jeder kann was beitragen“. Es gilt, die Begeisterung fürs Mittun zu wecken, Multiplikatoren zu bekommen, man könnte eine „Grüne Gruppe“ gründen. Knackpunkt: Versiegelung der Grazer Messe nebenan, Hitzestau breitet sich da auch in die Siedlung aus.

Eine weitere Wohnbaugenossenschaft besitzt in Jakomini vorwiegend Sozialwohnungen, dort sind Maßnahmen in dem Bereich schwierig.

- Sozialmedizinisches Zentrum (SMZ): hier wurde vor allem der Gesundheitsaspekt von Grün bzw. von fehlendem Grün angesprochen
- Umweltamt/polit. Büro Stadt Graz: Jacky_cool_check ist ein wichtiges Projekt für die Stadt, Finanzierung für Maßnahmen fehlt wie überall in der Stadt, Wohnbaugenossenschaften sollten noch mehr über die Förderung für Fassaden und Dachbegrünung durch das Umweltamt informiert, Architekten und Planer angesprochen werden. Wichtig ist es zu zeigen, was es für Graz bringt, Hitzetage und Starkregen sind Thema in Graz. Bisher gibt es keine Ergebnisse für Graz, nur Daten aus Studien sind verfügbar, abschreckend sind die Kosten. Aber: das Thema betrifft ja auch viele andere Abteilungen in der Stadt: Stadtbauamt, Straßenamt, Grünraumabteilung, Stadtplanung – hier wird bereits intensiv an einer Zusammenarbeit zum Thema gearbeitet.
- Abteilung Grünraum und Gewässer, Stadt Graz: Gewisse Grünflächen im Bezirk sollten einfach bestimmt und angeordnet werden. Die wichtigste Frage, die zu klären ist: wie wirkt sich eine Grünfläche aus und wie ist sie in der Pflege/Aufrechterhaltung? Gut wäre eine Darstellung der Auswirkungen auf Straßenebene.

Erfreulich war auch die Kontaktaufnahme von Seiten anderer Institutionen und Vereine, die vom Projekt gehört hatten, wie zum Beispiel der FH Joanneum und der Initiative für ein unverwechselbares Graz.

In einem letzten Workshop im März 2018 wurden noch einmal das Projekt und die gesammelten Ideen vorgestellt und diskutiert.

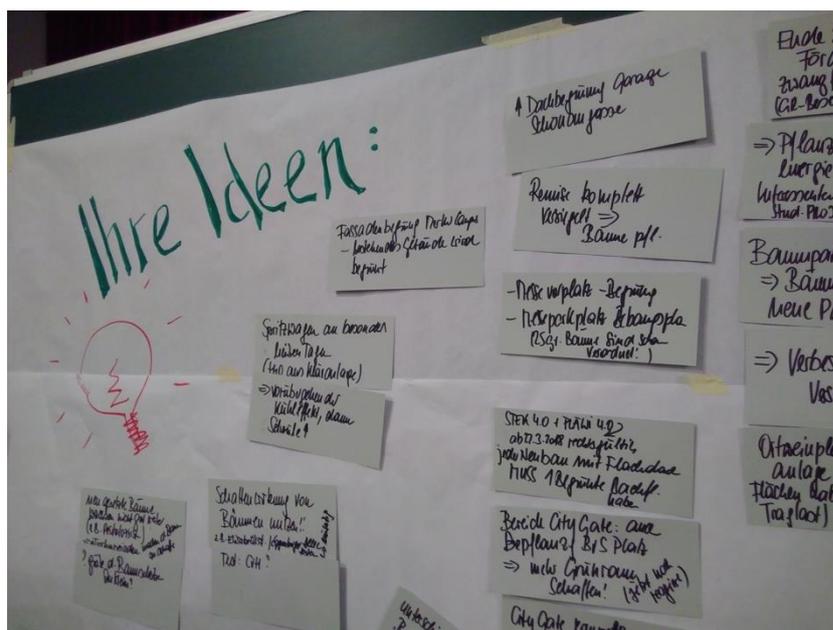


Abbildung 31: Ideen der Stakeholder in Jakomini

B 5.4 Dissemination in diversen Medien

Im Laufe der Hitzewellen, die im Sommer 2017 in Österreich zu beobachten waren, gab die ZAMG eine Pressemeldung aus, in der über das Projekt Jacky_cool_check informiert wurde (Anhang 2). Diese Presseaussendung rief großes Medienecho hervor und in weiterer Folge wurde das Projekt in etlichen regionalen und überregionalen Zeitungen vorgestellt. Diese Reaktion zeigte die Wichtigkeiten des Themas „Überhitzung in der Stadt“ beeindruckend auf.

Die Problematik der Hitzeinseln in der Stadt und das Projekt selbst bekannt zu machen, waren ein wesentlicher Teil des Sondierungsprojekts und die Dissemination wird auch ein wesentlicher Bestandteil des Demoprojektes sein, denn nur, wenn die Problematik bekannt gemacht und Lösungen aufgezeigt werden, und zwar in einer verständlichen und ansprechenden Art und Weise, werden die sich angesprochen fühlen.

B 5.5 Dissemination auf wissenschaftlichen Konferenzen

Obwohl das Projekt Jacky_cool_check sehr praxisnahe konzipiert wurde, war es trotzdem wichtig, die Ergebnisse auch einem wissenschaftlichen Fachpublikum zu präsentieren und über die Ergebnisse zu diskutieren.

Sowohl von der technischen Ebene (Modellierung, Berechnung des Kühlpotentials) als auch von der planerischen und sozialen Ebene (Stakeholdereinbindung, Gespräche mit der Stadtplanung, etc. wurde das Projekt auf mehreren nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert, darunter die REALCorp, der 18. Österreichische Klimatag und

die EGU (European Geosciences Union) General Assembly in Wien, sowie die European Conference for Applied Meteorology and Climatology (Irland) und der European Roundtable on Cleaner Production and Consumption (ERSCP) in Griechenland. Insgesamt wurden acht Konferenzen besucht, die Erkenntnisse aus Gesprächen mit FachkollegInnen flossen in das Projekt ein.

B 5.6 Weitere Aktivitäten im Projekt

Vernetzung mit dem Projekt „Urban Cool Down“

Beim 18. Österreichischen Klimatag im Mai 2017 kam es zur Vernetzung mit einem weiteren Sondierungsprojekt aus der 7. Ausschreibung „Smart Cities Demo“, dem Projekt „Urban Cool Down“⁵. Das Ziel von Urban Cool Down war es ebenfalls, neue Wege zu definieren, wie eine umfassende kühlende Wirkung in urbanen Räumen erreicht und einer Überhitzung von dicht bebauten Stadtquartieren entgegengewirkt werden kann. Die Planung und Gestaltung von klimawirksamen (Frei-)Räumen mit traditionellen wie auch innovativen Kühlungstechnologien wird dabei auf eine technische und soziale Machbarkeit geprüft. Um dieses Ziel zu erreichen, werden in einem multidisziplinären und Inklusion fördernden Ansatz flächendeckend im Testbed zweier Untersuchungsgebiete vielfältige Verbesserungsmaßnahmen erarbeitet. Dazu sind folgende Teilziele nötig:

- Aufbereiten und Zusammenführen von technologischen, stadtklimatischen und grünraumplanerischen Wissensbeiträgen, Trends und Rahmenbedingungen
- Herstellen von Schnittstellen zur (aktiven) Mobilität, zum Gebäude und zur Energie sowie zur kommunalen Ver- und Entsorgung
- Konzeption des Cool-Demo-Projektes und der Roadmap
- Planung und Konzeption der Prozessbegleitung, des Monitorings und Evaluierung für das Demo-Projekt.

Diese Auflistung zeigt bereits viele Gemeinsamkeiten mit dem Projekt Jacky_cool_check. Im Oktober 2017 fand eine gemeinsame Begehung der beiden Projektteams vor Ort im Bezirk Jakomini statt, bei der gemeinsam weitere Maßnahmen für die Reduktion von Hitzeinseln im Bezirk generiert wurden. Weiters fanden erste Planungsschritte für eine Zusammenarbeit im Demoprojekt Jacky_cool_GO statt.

⁵ <http://www.smartcities.at/assets/Uploads/Projektbeschreibung-SOND-Urban-Cool-Down-Stand-Nov2016.pdf>

B.6 Erreichung der Programmziele

B.6.1 Einpassung in das Programm

Der inhaltliche Schwerpunkt des Sondierungsprojekts Jacky_cool_check lag im Bereich „Stadtoasen – smarte Grün- und Freiraumgestaltung im urbanen Raum“. Dieser Punkt der Ausschreibung spricht explizit die smarte Einbindung und Anreicherung der Funktionalitäten von Grün- und Freiräumen im Rahmen der Entwicklung eines smarten Stadtgebiets oder Quartiers an. Im Falle von Jacky_cool_check fand dies in einem bereits bestehenden Stadtteil, dem Bezirk Jakomini, statt und befasst sich mit möglichen Maßnahmen, die im Bestand umgesetzt werden können.

Dabei ist besonders die Erhitzungsproblematik in der Stadt bzw. in einem Stadtteil ein Thema. Die Identifizierung von Hitzeinseln im Testgebiet, deren Vermeidung bzw. die Identifizierung von Maßnahmen, um diese Hitzeinseln reduzieren zu können und die Berechnung der Reduktion des Kühlungsbedarfs durch diese Maßnahmen waren zentrales Thema von Jacky_cool_check.

Mit dem gegenständlichen Projekt wurden, wie ausgeschrieben, integrative und über den State-of-the-Art hinaus gehende Lösungen, die das Ziel der ökologisch und sozial nachhaltigen Grün- und Freiraumgestaltung mit den weiteren Handlungsfeldern Kommunikation und Information, Energie und Gebäude kombiniert, erarbeitet. Dabei wurde in einem innovativen Ansatz die technische Ebene (Erhebung des UHI Status Quo und der faktisch machbaren Reduktionen durch Wirkungsberechnungen in Handlungsfeldern und Kühlungsszenarien) mit der planerisch/legistische (Abstimmung der Szenarien mit der Stadtentwicklung, um den Gestaltungsspielraum festzulegen) und der sozialen Ebene (Kommunikation des realistischen Kühlungspotentials an die Stakeholdergruppen des Testbezirks und Erarbeitung von möglichen Maßnahmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedürfnisse und der Lebensqualität) zusammengeführt, um die optimale Lösung für Maßnahmen zur Reduktion von Hitzeinseln zu finden. Die umfassende Einbindung relevanter Akteure und NutzerInnen bei der Entwicklung smarter Freiraumkonzepte war ein zentrales Element im Projekt selbst und einer nachfolgenden Projektumsetzung.

Bei dem gegenständlichen Projekt handelt es sich um eine Sondierung, die das Ziel hatte, ein Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsvorhaben (F&E&I) vorzubereiten. Bereits im Zuge der Arbeiten im hier dargestellten Projekt wurde ein Konzept für ein Demoprojekt entwickelt. Dafür wurde eine genaue Analyse des Potentials für eine Umsetzung erstellt, die auch die Grenzen und Risiken einer Umsetzung klar darlegte. Im Rahmen der Konzepterstellung wurde, soweit möglich, ein Arbeits-, Zeit- und Kostenplan, sowie ein Monitoring- und Kommunikationskonzept erstellt.

Wie in der Ausschreibung gefordert, sind die ausgearbeiteten Lösungen auf eine baldige Umsetzung hin konzipiert, die Umsetzung selbst liegt jedoch in der Hand anderer Akteure als des Projektkonsortiums und ist daher von diesem nur bedingt beeinflussbar.

B 6.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Das Projekt Jacky_cool_check wurde im Ausschreibungsschwerpunkt 3: Stadtoasen - smarte Grün- und Freiraumgestaltung im urbanen Raum eingereicht. Die Programmziele, die das Vorhaben adressiert hat und die Ergebnisse aus dem Projekt sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Gesamtziel des Programms und erreichte Ergebnisse

Ausschreibungsziele	Ergebnisse aus Jacky_cool_check
Stadt(region) muss als Testbed genutzt werden.	Das Sondierungsprojekt Jacky_cool_check wurde im Grazer Wohn- und Gewerbebezirk Jakomini durchgeführt. Dieser Bezirk ist dicht besiedelt, stark verbaut und versiegelt, jedoch sehr aktiv im Hinblick auf Aktivitäten im Bereich „Begrünung des Bezirks“ und somit ein ideales Testbed für ein Projekt im Baubestand.
Mehrwert gegenüber Einzelsystem/-lösung ist zu generieren, neue Konzepte sozialer Innovation sollen eingesetzt werden.	Die Stärken des Projekt-Ansatzes liegen vor allem in der Ganzheitlichkeit des Projektkonzepts, das zum Thema Wärmeinsel die technischen Ebenen mit der Informations- und Kommunikationsebene verbindet, sowie in der vielstufigen Einbindung öffentlicher und privater Stakeholder/gruppen in den Sondierungsprozess.

B 6.3 Einbeziehung der Zielgruppen

Das Projekt Jacky_cool_check baut wesentlich auf die Einbeziehung der relevanten Stakeholder auf. Diese waren vor allem:

- Abteilungen der Stadt Graz, die mit dem Thema Hitzeinseln besonders befasst sind, allen voran das Stadtplanungsamt, von dem schon bei Beantragung des Projektes ein LoI vorlag, aber auch die Abteilung für Grünraum und Gewässer und das Umweltamt der Stadt Graz;
- Die Bezirksvertretung des Bezirkes Jakomini in Graz;
- Die Einwohnerinnen und Einwohner des Bezirkes, im Projekt vertreten durch Zusammenschlüsse wie Vereine, Aktivgruppen, etc.;
- Gewerbetreibende, Unternehmen, Institutionen im Bezirk, wie die TU Graz, Wohnbaugenossenschaften, etc.

Sämtliche Stakeholder wurden durch das ganze Projekt hindurch immer wieder bei verschiedenen Gelegenheiten wie Einzel- und Gruppengesprächen, Workshops, Diskussionen, Bezirksversammlungen und anderen Veranstaltungen über das Projekt informiert, um ihre Meinung gefragt und aktiv mit einbezogen. Von Seiten der unterschiedlichen Stakeholder(gruppen) besteht über das gesamte Projekt hin großes Interesse an der Generierung und möglichen Umsetzung unterschiedlicher Maßnahmen (siehe auch B 4.5 und B 5.3).

B 6.4 Umsetzungspotential (Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial)

Die Erwärmung in Städten wird mehr und mehr zu einem relevanten Thema. Aufgrund der dichten Bebauung und der zunehmenden Versiegelung wird die Luftzirkulation eingeschränkt und die Aufheizung verstärkt. Die Auswirkungen der Klimaveränderung werden sichtbar und vor allem spürbar.

Die Ergebnisse des Projekts Jacky_cool_check bieten sowohl öffentlichen als auch privaten Stakeholdern in einem Stadtteil von Graz die Grundlage für eine realistische Einschätzung von städtischen Hitzeinseln und damit verbundenen möglichen Handlungsspielräumen und Gegenmaßnahmen. Die Modellierungen der ZAMG zeigen sehr gut, wie durch einzelne Maßnahmen und deren Kombination untereinander im Bezirk Jakomini ein guter Kühlungseffekt erreicht werden kann, die Berechnungen der Klimawirksamkeit unterstreichen dies noch.

Die betroffenen Stakeholdergruppen waren von Anfang an im Projekt mit eingebunden. Gemeinsam mit ihnen wurde eine Vielzahl an Maßnahmen erarbeitet, die am Ende des Sondierungsprojektes noch einmal gemeinsam diskutiert und festgehalten wurden.

Die Stärken des Ansatzes liegen vor allem in der Ganzheitlichkeit des Projektkonzepts, indem die technische Ebene mit der Informations- und Kommunikationsebene verbunden werden. Eine intensive Kommunikation, stakeholder-spezifisch und anschaulich, ist auch für das Demoprojekt unabdingbar.

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen es beiden Partnern weitere F&E Vorhaben (mit) zu entwickeln.

Ergebnisse aus dem Sondierungsprojekt, aber noch viel mehr aus dem Demoprojekt haben großes Potential, auch in anderen Stadtteilen von Graz aber auch in anderen Städten verwendet zu werden. Das Interesse wurde von Seiten der Stadtplanung schon bekundet.

Im Zuge des Projektes wurde ein nachfolgendes Demoprojekt, das auf eine zeitnahe Umsetzung einiger der erarbeiteten Maßnahmen abzielt, soweit es aufgrund des Verlaufs des Sondierungsprojektes möglich war, schon geplant und ausgearbeitet. Derzeit sind einige Punkte in der Ausgestaltung dieses Demoprojekts noch offen. Wie bereits für das Sondierungsprojekt gilt auch für das Demoprojekt, dass ein solches ohne Förderung nicht umsetzbar sein wird. Ebenso ist es essentiell, dass die Stadt

Graz bzw. der Bezirk den Lead in einem Demoprojekt übernimmt, um die Maßnahmen im Bezirk gut verankern zu können.

Die geplante Messkampagne und Validierung des Modells im vorgesehenen Demoprojekt, bietet hinsichtlich zukünftiger Anwendungen die Möglichkeit, Unsicherheiten innerhalb der Modellierungen zu reduzieren

B.7 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

B 7.1 Erkenntnisse aus dem Projekt – „Lessons learned“

Das Sondierungsprojekt Jacky_cool_check hat sehr gut gezeigt, wo im Bezirk Jakomini in Graz Möglichkeiten bestehen, Maßnahmen gegen Wärmeinseln zu setzen. Der Wille von Seiten der Stadtverwaltung, der Bezirksvertretung und von Seiten der BewohnerInnen des Bezirks ist groß, gemeinsam einen Prozess zu starten und Maßnahmen in einem Demoprojekt umzusetzen.

Grundlegend dafür war die Untersuchung des Potenzials für die Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien in der bestehenden dicht bebauten Umgebung des Bezirks Jakomini in Graz, basierend auf den städtischen Klimamodellsimulationen und der Zusammenarbeit mit den relevanten Akteuren. Die Analyse der städtischen Wärmebelastung konzentrierte sich auf die Tagesbedingungen während der Sommerperiode. Für die Bewertung thermischer Veränderungen wurden Klimazahlen wie zum Beispiel die jährliche Anzahl an Sommertagen (ST: $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) verwendet.

Die Modellierungssimulationen zeigen, dass ein starker Kühleffekt (mehr als -10 ST) erreicht werden kann, wenn:

- Materialien mit hohen Albedo-Werten ($\sim 0,7$) an Wänden und Dächern von Gebäuden verwendet werden,
- eine signifikante (mehr als 50%) Reduktion an Straßenbelag erfolgt
- sowie eine zunehmende Vegetation auf den Dächern ermöglicht wird.

Die Minderungsmaßnahmen sollten umfassend angewendet werden, um eine wesentliche

Wirkung zu erzielen. Das Potenzial für die Einführung von Gründächern in Jakomini ist jedoch begrenzt. Daher kann die beste Kühlleistung erzielt werden, indem verschiedene Anpassungsmaßnahmen an den verfügbaren Oberflächen kombiniert werden. Die große Herausforderung ist nun, geeignete Maßnahmen zu finden, die sowohl eine gute Kühlleistung im Testgebiet als auch eine Anpassung an das bereits bestehende Stadtbild ermöglichen. Da in den innerstädtischen Bereichen keine großflächigen neuen Stadtentwicklungen möglich sind, müssen sich die Maßnahmen auf die Anpassung des aktuellen Gebäudebestands konzentrieren.

Die Stadtklimamodell-Simulation lieferte ein Basisszenario, welches das theoretisch mögliche maximale lokale Kühlpotenzial zeigt. Dieses Szenario wurde zusammen mit den Ergebnissen der ersten Interaktion mit den Stakeholdern mit der Abteilung für Stadtplanung diskutiert und ergab ein "realistisches" Szenario, das zeigt, was unter Berücksichtigung des Flächennutzungsplans sowie anderer Gegebenheiten im Bezirk Jakomini wirklich möglich ist.

Von Seiten der Stadtplanung wurde das Projekt als sinnvoll und im Einklang mit den übergeordneten Konzepten der Stadt angesehen. Es wurde sowohl von Seiten der Stadtverwaltung als auch von Seiten des Bezirksrats mehrfach bestätigt, wie wichtig solche Daten und Darstellung sind.

Als sehr positiv erwies sich der Zugang zu den verschiedenen Stakeholder/gruppen im Bezirk. Die angesprochenen VertreterInnen von Vereinen, Institutionen, etc. standen gerne für Interviews, Gespräche und Veranstaltungen zur Verfügung und arbeiteten sehr aktiv und produktiv in der Ideengenerierung und Ausarbeitung möglicher Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzeinseln mit.

Auch der Kontakt zur Bezirksvertretung war sehr intensiv und erfolgreich. Bereits in der Antragsphase fand ein Treffen mit dem Bezirksvorsteher Jakomini statt. Dieser wichtige Multiplikator und Kontaktpunkt für weitere Stakeholder(gruppen) unterstrich das große Interesse des Bezirks an diesem Projekt und sicherte die Unterstützung seitens des Bezirksrates zu. Über den Bezirksrat wurden mittels Bezirksversammlungen, Stadtteilversammlungen und Bezirksratssitzungen alle BürgerInnen des Bezirks mehrfach zu projektbezogenen Veranstaltungen eingeladen und viele BewohnerInnen des Bezirks kamen diesen Einladungen nach. Da Änderungen im baulichen Bestand immer auch ein Eingriff in das soziale Umfeld der Menschen sind, die in diesem Gebiet leben, ist während des gesamten Prozesses eine gute, umfassende und stakeholder-spezifische Kommunikation notwendig.

Folgende „lessons learned“ für das nachfolgende Demoprojekt konnten abgeleitet werden:

- Die Wege in der Stadtverwaltung, zwischen den Abteilungen, sind komplex und werden noch durch unterschiedliche politische Zuständigkeiten erschwert. Die Vorgänge in der Stadtverwaltung und auch im Bezirk haben ihre eigene Dynamik, die von Außen wenig bis gar nicht beeinflussbar sind. Für viele Planungsschritte und Aktivitäten musste demnach mehr Zeit veranschlagt werden als ursprünglich angenommen, auch weil manchmal plötzlich neu auftretende Dringlichkeiten in der Verwaltung unvorhersehbare Verzögerungen verursachen. So gab es zum Beispiel während des Projekts im Februar 2017 Gemeinderatswahlen, die die politischen Zuständigkeiten gerade auch in den für das Projekt relevanten Stadtabteilungen änderten.

- Es braucht innovative und mitunter plakative Darstellungsformen und Informationsmaterialien zur Verteilung an die Stakeholder, die die Ergebnisse dieses Projektes nochmals anschaulich und leicht verständlich aufbereiten. Durch die Gebäude- und Vegetationsparametrisierung im Modell basierend auf Landnutzungsklassen, ist die detaillierte Information über einzelne Objekte nicht vorhanden. Aus diesem Grund ist die Anwendung eines mikroskaligen Modells mit höherer Auflösung bei spezifischen Planungsprojekten zu empfehlen. Solche Modellierungen würden auch eine bessere Wirkung auf die breite Öffentlichkeit erzielen, da die Ergebnisse anschaulicher dargestellt werden könnten.
- Im Rahmen von Jacky_cool_check wurden eine neue Datenbasis, sowie eine anzupassende Modellkonfiguration verwendet, die auch ausreichend getestet und validiert werden müssen. Etwaige Fehler und Lücken in der Datenbasis, die zur Validierung der meteorologischen Felder des Modelloutputs, sowie die Modellunsicherheiten in Bezug auf die Parametrisierung der landschaftlichen und urbanen Strukturen, stellen eine Herausforderung dar, die im Demoprojekt zu berücksichtigen ist.
- Themen wie die Wirkung von Hitzeinseln auf Gesundheit und Wohlbefinden, sowie die Wirkung vor allem von Begrünungsmaßnahmen in der „Feinstaubhauptstadt“ Graz sollten unbedingt ins Projekt aufgenommen werden.

B 7.2 Weiterführende Arbeiten nach Ende des Projekts

Bereits für Mai 2018 sind weitere Arbeiten und Aktivitäten geplant, um die Umsetzung von Maßnahmen in einem Demoprojekt voranzutreiben.

- Mitte Mai gibt es ein Koordinationstreffen zur Weiterentwicklung von Ideen für das Umsetzungsprojekt.
- Für Anfang Mai wurde ein Treffen mit einer Initiative im Bezirk vereinbart, um Möglichkeiten auszuloten, wie man weiter in Richtung Demoprojekt gehen kann
- Ende Mai gibt es von Seiten des Bezirksrats eine erste Aktion, um die Idee des Bezirksbaums in Jakomini voranzutreiben.

B.8 Ausblick und Empfehlungen

Im Sondierungsprojekt wurden bereits erste Planungen für ein nachfolgendes Demoprojekt durchgeführt.

B 8.1 Ziel und grundlegende Überlegungen für ein Demoprojekt

Ziel des Demoprojektes ist es, einige der im Sondierungsprojekt identifizierten Maßnahmen umzusetzen. Die Abklärungen für eine Umsetzung wurden im Sondierungsprojekt durchgeführt. Es wurde von allen Seiten und von allen Beteiligten großes Interesse an einem Demoprojekt bekundet, jetzt gilt es, konkrete Maßnahmen an ausgewählten Standorten zu definieren und zu einem gemeinsamen Ganzen zu integrieren.

Das Demoprojekt soll eine nachhaltige Wirkung im Bezirk aufweisen, also nicht nur kurzfristige Lösungen (z.B. zeitlich begrenzte Bepflanzungen) umfassen. Es ist zu beachten, dass dabei, zumindest in der ersten Phase, auch niederschwellige Maßnahmen zu berücksichtigen sind, die prinzipiell für alle BewohnerInnen im Bezirk zugänglich sind.

Im Rahmen des Sondierungsprojektes wurde klar, dass ein Umsetzungsprojekt im Bezirk Jakomini nur dann sinnvoll durchgeführt werden kann, wenn die führende Rolle bei der Stadtplanung bzw. (eventuell noch sinnvoller) bei der Bezirksvertretung liegt. Dies ist notwendig, um einen besseren Zugang zu den BürgerInnen, den involvierten Stadtbehörden und sonstigen Stakeholdern (Betriebe?...) zu erhalten, deren Unterstützung zu sichern und eine Verankerung der gesetzten Maßnahmen in der Stadt- und Bezirkspolitik zu garantieren. Die öffentliche Hand sollte auch bezüglich der möglichen Förderschienen die Führung übernehmen.

Zum Teil könnten sich Lösungen auch mit Maßnahmen kombinieren lassen, die von anderen Abteilungen der Stadt ohnehin in einem ähnlichen oder auch anderen Zusammenhang durchgeführt werden müssen. Ein Beispiel dafür stellt die Sanierung der Gleiskörper mit gleichzeitiger Begrünung der Gleisanlagen dar.

Die wissenschaftlichen Partner ZAMG und JOANNEUM RESEARCH aus dem Sondierungsprojekt wären weiterhin als wissenschaftliche Begleitung an Bord.

Es wurde ein mögliches Projektkonsortium zusammengestellt und die Grundlagen für einen Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan sowie ein Kommunikationskonzept und eines Konzepts zur Wirkungsüberprüfung der Maßnahmen (Validierung) erarbeitet. Somit wurde die Grundlage gelegt, einen reibungslosen Übergang in ein Demoprojekt zu gewährleisten. Dieses zielt dann darauf ab, die im Sondierungsprojekt erarbeiteten Maßnahmen konkret umzusetzen und damit zu demonstrieren, wie eine urbane Hitzeinsel durch Erfassung ihres Kühlpotentials und Aktivierung der relevanten Stakeholdergruppen bestmöglich abgeschwächt werden kann.

Folgende relevante Inhalte für ein Demoprojekt wurden erfasst:

- Das Demoprojekt muss in einem größeren Zusammenhang gesehen und entsprechend angesetzt werden. Weitere Messungen sind unbedingt notwendig, um die theoretischen Ergebnisse aus den Modellierungen nachzuvollziehen. Es wird die Verwendung eines verbesserten Modells für die Simulation vorgeschlagen, da mit MUKLIMO_3 nicht so detailgenau gearbeitet werden kann. Es sollte eine punktegenaue Darstellung möglich sein. Dies ist einerseits für die Stadtabteilungen wichtig, die für die Umsetzung auch intern stichhaltige und leicht nachvollziehbare Instrumente brauchen. Zum Andern können auch der Bevölkerung die Ergebnisse besser nahegebracht und anschaulich präsentiert werden. Das MUKLIMO_3 Modell hat eine gröbere Auflösung und Parametrisierung von Gebäude und Vegetation. Es ist nicht geeignet für die Auswertung einer bestimmten Kleinfläche, aber es wäre möglich, unterschiedliche Baumanteile, Baumgrößen, Blattflächenindex oder Wiesen großräumig auf verfügbaren Freiflächen zu simulieren.
- Weitere positive Nebeneffekte der Maßnahmen sind zu berücksichtigen und zu evaluieren: Pflanzen
 - als Maßnahme zur Reduktion von Feinstaubbelastung (Studien)
 - stärkt Fauna im Stadtbereich (z.B. Bienen, Insekten, Vögel)
 - Stärkt menschliches und psychisches Wohlbefinden.
- Die Kosten der ausgewählten Maßnahmen sind abzuschätzen und deren Finanzierung unter Berücksichtigung der möglichen Förderungen zu prüfen. Die Finanzierung der Maßnahmen stellt sicherlich einen Knackpunkt dar. Von Privaten ist auf jeden Fall wenig an finanzieller Unterstützung zu erwarten. Eventuell sind Zwischenfinanzierungen nötig, z.B. Wohnbaugenossenschaften könnten hier auch einen Beitrag leisten.
- Sponsoring und Crowdfunding sind anzudenken.
- Um Fragestellungen bezüglich der Haftung zu klären, sollte im Demoprojekt ein Rechtsanwalt mit einbezogen werden.
- Um Anreize zu setzen, könnte ein Award für Maßnahmen kreiert werden (für die beste Maßnahme, für die beste Aktivgruppe, etc.).
- Fragen der Verantwortung und Betreuung der gesetzten Maßnahmen sind bereits im Vorfeld zu klären (z.B. Pflegemaßnahmen).
- Das Demoprojekt ist auch ein starkes Community Thema, das im Bezirk gut zu verankern und mit anderen Maßnahmen zu Stärkung des Zusammenhaltes im Bezirk zu verknüpfen ist (gemeinsame Aktionen).

- Eine Kombination von Klimaschutzmaßnahmen mit der sozialen Komponente ist notwendig (z.B.: ein Park ist eine Maßnahme zur Kühlung der Stadt, ein Feinstaubschlucker und ein Ort wo Leute zusammenkommen). Solche Projekte sollen integrativ und partizipativ sein, jeder soll mitmachen können.
- Das Gesundheitsthema und die soziale Dimension dieser Klimaschutzmaßnahmen müssen noch stärker in den Vordergrund gerückt werden. Information über erhöhtes Wohlbefinden und reduzierte Gesundheitsprobleme durch die gesetzten Maßnahmen sind den Stakeholdern verstärkt zu kommunizieren.
- Die Darstellung des Kühlungseffektes (Reduktion der Sommer- und Hitzetage um 2-3 Grad) ist für die BürgerInnen nicht genug fassbar, dies wurde mehrmals in den Gesprächen angemerkt. Hier muss noch mehr an plakativer Information erfolgen.
- Für Demoprojekt sehr wichtig: Auswahl niederschwelliger „low hanging fruits“ Maßnahmen, damit erste Erfolge schnell sichtbar werden. Hierzu könnten erste Baumpflanzungen vor der Messe, (vom Bezirksrat angedacht) beitragen. Auch ist die Sichtbarkeit von Einzelmaßnahmen ist zu stärken.
- Das Gesundheitsthema und die soziale Dimension von Klimaschutzmaßnahmen soll stärker in den Vordergrund gerückt werden.

Als Zeitrahmen sind 3 (bis 4) Jahre vorzusehen, um die teilweise langen Vorlauf- und Abstimmungszeiten in der Verwaltung zu berücksichtigen.

Für das Demoprojekt ist eine Messkampagne vorgesehen, in welcher die thermischen und Biokomfort-Bedingungen vor, während und nach der Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen analysiert werden können. Ebenfalls geplant ist eine Befragung der Bevölkerung zur subjektiven Einschätzung der Wirkung von gesetzten Maßnahmen in Hinblick auf das Kühlpotential statt.

Bereits im Sondierungsprojekt hat sich gezeigt, wie wichtig eine zielgerichtete und ansprechende Kommunikation vor allem mit der betroffenen Bevölkerung aber auch zur Verbreitung von Vorhaben, Ergebnissen, etc. ist. Dies wird ein Schwerpunkt im Demoprojekt sein.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Außerstädtische und innerstädtische Kaltluftproduktionsgebiete und –transportwege. Schematische Darstellung.....	13
Abbildung 2:	Darstellung der zu erwartenden Hitzewellen und die damit einhergehende Gefahr verstärkten Auftretens von UHI's in europäischen Städten zwischen 2071 und 2100.....	14
Abbildung 3:	Kühlungseffekte von innerstädtischen Grünräumen (Zusammenstellung von Messwerten aus der Literatur)	15
Abbildung 4:	Lage des Stadtbezirks Jakomini in Graz (links); Lage der städtischen Wärmeinsel in Graz	16
Abbildung 5:	Technische Maßnahmen zur Vermeidung und Anpassung an den UHI-Effekt in Wien.	20
Abbildung 6:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF) von T_{max} in Graz.	24
Abbildung 7:	T_{ave} im Vergleich zu T_{max} für die Zeitperiode 1990 - 2016 in Graz	25
Abbildung 8:	Screenshot der Facebookseite „Projekt JackyCool“	30
Abbildung 9:	Schematische Darstellung der Eingangsdaten und des Modellaufbaus von MUKLIMO_3	31
Abbildung 10:	Die Landnutzungsklassifikation für Jakomini. Rötliche Farben stehen für bebaute Flächen, graue Farben für Verkehr, grüne Farben für Gebiete, in denen Vegetation dominiert, und blaue Farben für Wasser.	32
Abbildung 11:	Innenhöfe Blockrandbebauung	35
Abbildung 12:	Blockrandbebauung in der Klosterwiesgasse.....	35
Abbildung 13:	blühende Vorgärten in Jakomini.....	36
Abbildung 14:	versiegelter Messevorplatz	36
Abbildung 15:	begrünte Halttestelle und Rasenbett für die Straßenbahn.....	37
Abbildung 16:	Sommertage in Jakomini und deren Verteilung	37
Abbildung 17:	Stakeholder im Bezirk Jakomini	39
Abbildung 18:	Referenzsimulation für Jakomini für den Zeitraum 1981-2010 für (a) die Anzahl der Sommertage und (b) die Anzahl der Hitzetage.	43
Abbildung 19:	Auswirkung einer Entsiegelung von 50%. (a) Versiegelte Flächen. Änderung der Anzahl (b) der Sommertage, (c) der Tropennächte, (d) der Hitzetage gegenüber der Referenzsimulation.	45
Abbildung 20:	Auswirkung einer Erhöhung der Reflexion von 0,2 auf 0,7. (a) Versiegelte Fläche. Änderungen der Anzahl (b) der Sommertage, (c) der Tropennächte und (d) Hitzetage gegenüber der Referenzsimulation.....	46
Abbildung 21:	Verteilung (a) der versiegelten Flächen und Gebäuden und (b) der Grünflächen. Auswirkung einer Erhöhung (c) der niedrigen Vegetation um +30% und (d) der Bäume um +50%.	47
Abbildung 22:	Die Verteilung für 30.000 neue Bäume: (a) Straßenanlagen, (b) Straßenanlagen, Bahnanlagen, Parkanlagen, Erholungsflächen, Grünflächen, sonstige Flächen.	48
Abbildung 23:	Differenz in Sommertagen gegenüber Referenz für (a) 5 m hohe Bäume in Straßenanlagen, (b) 5 m hohe Bäume in mehrere Anlagen (siehe Text), (c) 10 m hohe Bäume in Straßenanlagen, (d) 10 m hohe Bäume in mehrere Anlagen.....	49
Abbildung 24:	Gründachpotenzial in Jakomini. (a) Gebäude innerhalb Jakomini, (b) potentielle Gründächer.	50
Abbildung 25:	(a) Gebäude innerhalb Jakomini. Auswirkung einer Erhöhung der (b) Dachalbedo von 0,2 auf 0,7 und (c) Wandalbedo von 0,3 auf 0,7.....	51
Abbildung 26:	Eine Kombination der Kühlungsmaßnahmen für die Experimente in.....	53

Abbildung 27: Experiment 6 - Erhöhung der Albedo von gepflasterten Flächen auf 0,7	56
Abbildung 28: Experiment 16 - Erhöhung des Albedos von Dächern auf 0,7	56
Abbildung 29: Experiment 18 - Erhöhung des Albedo-Werts der Fassadenflächen auf 0,7	57
Abbildung 30: Experiment 18b - Bäume pflanzen (Höhe von 10m über 15 Jahre)	57
Abbildung 31: Ideen der Stakeholder in Jakomini	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Numerische Darstellung der Landnutzungsklassen in Parametern	33
Tabelle 2:	Beschreibung der Landnutzungsparameter	34
Tabelle 3:	Zusammenfassung der Modellsimulationen der einzelnen Abkühlungsmaßnahmen	44
Tabelle 4:	Beschreibung der Kombination von Maßnahmenexperimenten.	52
Tabelle 5:	Geschätzter Mittelwert, Standardabweichung von T_{max} und T_{avg} , Anzahl der Sommertage, CDDs und Strombedarf für die Kühlung in Graz, Jakomini für die verschiedenen von ZAMG modellierten Experimente.	55
Tabelle 6:	Gesamtziel des Programms und erreichte Ergebnisse	66

C. Literaturverzeichnis

- Aida, M. Urban albedo as a function of the urban structure—a model experiment *Boundary-layer meteorology*, 1982, 23, 405-413
- Akbari H, Pomerantz M, Taha H (2001): Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy* 70, 3, 295-310
- Ali-Toudert F, Mayer H (2007a) Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy* 81,742-754
- Ali-Toudert F, Mayer H (2007b) Thermal comfort in an east–west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. *Theoretical and Applied Climatology* 87, 223-237
- Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabczenko D, Schindler C, Michelozzi P (2008) Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology* 19(5), 711–719
- Bright, R. M., Cherubini, F., & Strømman, A. H. (2012). Climate impacts of bioenergy: Inclusion of carbon cycle and albedo dynamics in life cycle impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 37, 2-11
- Czachs Ch., Reinwald F. Brandenburg Ch., Gantner B., Allex B., Preiss J., Liebl U. (2013), Urban Heat Islands – Strategy Plan Vienna, Proceedings REAL CORP 2013 Tagungsband 20-23 May 2013, Rome, Italy, ISBN: 978-3-9503110-5-1, Editors: Manfred SCHRENK, Vasily V. POPOVICH, Peter ZEILE, Pietro ELISEI.
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioic A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A., and Whetton P.: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007
- European Environment Agency - EEA (2012), Urban adaptation to climate change in Europe, EEA Report 2/2012, © EEA, Copenhagen, 2012, ISBN 978-92-9213-308-5, ISSN 1725-9177, doi:10.2800/41895
- Fortuniak, K. Numerical estimation of the effective albedo of an urban canyon *Theoretical and Applied Climatology*, 2008, 91, 245-258
- Früh B., Becker P., Deutschländer T., Hessel J.-D., Kossmann M., Mieskes I., Namyslo J., Roos M., Sievers U., Steigerwald T., Turau H., Wienert U.: Estimation of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 50, 167-184. 2011
- Gago E.J., J. Roldan, R. Pacheco-Torres, J. Ordóñez (2013), The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects, *Renewable and Sustainable Energy Review* s25 (2013) 749–758, Elsevier, doi:10.1016/j.rser.2013.05.057
- Gerst F., Bubbenzer O., Mächtle B. 2011: Klimarelevante Einflüsse urbaner Bodeninanspruchnahme. Literaturstudie und Systemmodell. Beitrag zu EU-Projekt URBAN-SMS.
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/inhalte/urbansms/pdf_files/final_results/German_Items/23_Kurzfassung_deutsch_De.pdf (Zugriff 27.4.2015)
- Gill SE, Handley JF, Ennos AR, Pauleit S (2007) Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment* 33, 115-133

- Gross G.: Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. *Beiträge zur Phys. Atmos.* 62, 57–72. 1989
- Hamdi R, Schayes G (2008) Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics. *International Journal of Climatology* 28, 973-982
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Joos, F., Roth, R., Fuglestedt, J. S., Peters, G. P., Enting, I. G., Bloh, W. V. et al. (2013). Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: a multi-model analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(5), 2793-2825.
- Kenward A., D: Yawitz, T. Sanford, R. Wang (2014), Summer in the city: hot and getting hotter. Climate Central. <http://assets.climatecentral.org/pdfs/UrbanHeatIsland.pdf>
Accessed: 05 August 2015
- Krayenhoff ES, Voigt JA (2010) Impacts of Urban Albedo Increase on Local Air Temperature at Daily–Annual Time Scales: Model Results and Synthesis of Previous Work. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 49, 1634-1648
- Lazar R, Buchroithner M.F., Kaufmann V.: *Stadtklimaanalyse Graz*. Hrsg.: Magistrat Graz, Stadtplanungsamt. 1994
- Lazar R., Sulzer W., Fallinski T., Kern K., Kraack L., Podesser A., Wallner H., Wurm M.: *Endbericht und Ergebnisdokumentation zur Thermalbefliegung 2004 Graz*. Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz. 2006
- Lazar R., Sulzer W.: *Stadtklimaanalysen Graz 1986 – 1996 – 2004 – 2011*. Hsg. Magistrat Graz, Stadtvermessungsamt. <http://www.geoportal.graz.at/cms/beitrag/10223258/5414865>. 2013
- Lenton, T. M., & Vaughan, N. E. (2009). The radiative forcing potential of different climate geoengineering options. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(15), 5539-5561
- Lettmayer, G., Reinhofer, M.(2015): *Grüne Korridore Graz. Vorstudie. Bericht im Auftrag des Amtes der Stmk. Landesregierung, A 15 Energie, Wohnbau, Technik*. Graz
- Middel A, Hab K, Brazel AJ, Martin CA, Guhathakurta S (2014) Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning* 122, 16-28
- Möller F.: Ein Kurzverfahren zur Bestimmung der langwelligen Ausstrahlung dicker Atmosphärenschichten, *Arch. Met. Geoph. Biokl. A*, 7, 158–169. 1954
- Myhre, G., Highwood, E.J., Shine, K.P. and Stordal, F. (1998) New estimates of radiative forcing due to well mixed greenhouse gases, *Geophysical Research Letters*, Vol. 25, No.14, p2717
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing Supplementary Material. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Available from www.climatechange2013.org and www.ipcc.ch.
- Oke T. R. (1982), The energetic basis of the urban heat island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455) 1–24

- Pawlak, W. & Fortuniak, K. Application Of Physical Model To Study Effective Albedo Of The Urban Canyon University of Lodz, Poland, 2010
- Prado R. T. A., Ferreira F. L.: Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials, *Energy and Buildings* 37, 295–300. 2005
- Qin, Y. Urban canyon albedo and its implication on the use of reflective cool pavements *Energy and Buildings*, 2015, 96, 86-94
- Rizwan A. M., L. Y. C. Dennis, Ch. Liu (2008), A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of Environmental Sciences*, Volume 20, Issue 1, 2008, Pages 120–128, doi:10.1016/S1001-0742(08)60019-4
- Santamouris M, Synnefa A, Karlessi T (2011) Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions, *Solar Energy* 85 (2011) 3085–3102
- Santamouris M, Gaitani N, Spanou A, Saliari M, Giannopoulou K, Vasilakopoulou K, Kardomateas T (2012) Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas - Design realization and results of the flisvos project. *Build. Environ.* 53, 128-136
- Siebert J., Sievers U., Zdunkowski W.: A one-dimensional simulation of the interaction between land surface processes and the atmosphere. *Bound.-Layer Meteor.* 59, 1–34. 1992
- Sievers U., Forkel R., Zdunkowski W.: Transport equations for heat and moisture in the soil and their application to boundary layer problems. *Beiträge Physik der Atmosphäre* 56, 58-83. 1983
- Sievers U., Zdunkowski W.: A numerical simulation scheme for the albedo of city street canyons. *Boundary-Layer Meteorology* 33, 245-257. 1985
- Sievers U.: Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. *Umwelt-meteorologie, Schriftenreihe Band 15: Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni in Lahnstein. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf.* S. 92–105. 1990
- Sievers U.: Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen. *Met. Zeit.* 4, 3-15. 1995
- Sievers U.: Das kleinskaliges Strömungsmodell MUKLIMO_3 Teil 1: Theoretische Grundlagen, PC-Basisversion und Validierung, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 240, 142 pp. 2012
- Sievers U., Früh B.: A practical approach to compute short-wave irradiance interacting with subgrid-scale buildings. *Met. Zeit.* 21, 349-364. 2012
- Sievers U.: Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO_3. Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 248. 155 pp, ISBN 978-3-88148-490-9. 2016
- Son J, Lee J, Anderson GB, Bell ML. (2012) The Impact of Heat Waves on Mortality in Seven Major Cities in Korea. *Environ Health Perspect* 120:566–571
- Souch C and CSB Grimmond (2004) Applied climatology: heatwaves. *Prog. Phys. Geog.*, 28 (4), 599–606
- Tan J, Zheng Y, Song G, Kalkstein LS, Kalkstein AJ, Tang X (2007) Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *Int J Biometeorol*, 51:193-200
- UHI 2015: Urban Heat Island strategy plan for Vienna: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf>
- Upmanis H., Eliasson I., Lindqvist S. 1998: The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology* 18 (1998) 681-700

- Wilby R L and Perry G L W (2006) Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK. *Progress in Physical Geography*, 30(1), pp. 73–98
- Zdunkowski W.G., Paegle J., Reilly J.: The effect of soil moisture upon the atmospheric and soil temperature near the air-soil interface, *Arch. Met. Geoph. Biokl. A*, 24, 245–268. 1975
- Zhang X., Alexander L., Hegerl G.C., Jones P., Tank A.K., Peterson T.C., Trewin B., Zwiers F.W.: Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 851-870. 2011
- Žuvela-Aloise M., Nemeč J., Oberzaucher J., Kossmann M.: SISSI-II: Simulationen von Städtischen Klima Szenarien 2, BMWF project report ZAMG, pp. 65. 2011
- Žuvela-Aloise M.: FOCUS-I: Adaptation and mitigation of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model ZAMG, ACRP final report, pp 67. 2013
- Žuvela-Aloise M., Koch R., Neureiter A., Böhm R., Buchholz S.: Reconstructing urban climate of Vienna based on historical maps dating to the early instrumental period. *Urban Climate* 10, 490-508. 2014
- Žuvela-Aloise M., Koch R., Buchholz S., Früh B.: Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna, *Climatic Change* 135.3-4 (2016): 425-438. 2016
- Žuvela-Aloise M., Andre, K., Schwaiger, H., Bird, D. N., & Gallaun, H.: Modelling reduction of urban heat load in Vienna by modifying surface properties of roofs. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-14. 2017 doi:10.1007/s00704-016-2024-2. 2017

D. Anhang

Anhang 1: Ein-Seiter

Anhang 2: Presseaussendung ZAMG Sommer 2017

IMPRESSUM

Verfasser:

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH

Mag. Dr. Ingrid Kaltenegger
Science Tower
Waagner-Biro-Straße 100
A-8020 Graz
Telefon: +43 316 876-7635
E-Mail: ingrid.kaltenegger@joanneum.at

Projekt- und Kooperationspartner

Zentralanstalt für Meteorologie und
Geodynamik (Wien)

Eigentümer, Herausgeber und**Medieninhaber:**

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer:

Die AutorInnen tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes:

ZS communication + art GmbH