

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Naturwissenschaftlich-Mathematischen

Gesamtfakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Vorgelegt von

Kathrin Leutz (M.Sc. Geographie)

aus Eberbach

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.2018

Klimawandel an öffentlichen Plätzen der Stadt Heidelberg. Transdisziplinäre
Herausforderungen urbaner Räume.

Gutachter: Prof. Dr. Werner Aeschbach
Prof. Dr. Alexander Siegmund

Zusammenfassung

„Eine alte Stadt wie Heidelberg veranschaulicht, wie ihr öffentlicher Raum die Erneuerungsphasen der Gebäude überdauert und Orte beständig unterscheidbar macht. Es ist mithin vor allem der gebaute öffentliche Raum einer Stadt, der in ihrem Gefüge Nachhaltigkeit und Identität trägt – ein Ziel, dem sich Heidelberg besonders verpflichtet fühlt.“ (STADT HEIDELBERG 2005).

Die große Herausforderung des Klimawandels erfordert Lösungen, vor allem in Städten, die für einen Großteil des anthropogenen Treibhauseffekts gleichermaßen verantwortlich sind. Aktuelle Fragestellungen zur Klimawandelanpassung haben eine hohe praktische Relevanz für die nachhaltige Stadtentwicklung einerseits und für aktuelle wissenschaftliche Aspekte andererseits. Nachhaltige Zukunftsmodelle der modernen Stadt zielen in erster Linie auf Minderung ab, mit zwei wesentlichen Faktoren: Energieeinsparung und Energieeffizienz. Zunehmende Extremereignisse wie Starkniederschläge und städtische Überhitzungsphasen sind Beispiele, die alle urbanen Handlungsfelder betreffen und Anpassungsstrategien erfordern. Hauptziel des Projekts ist die Datenerhebung und Auswertung verschiedener Klimaparameter sowie die Befragung von PassantInnen zur Wahrnehmung des Klimawandels und der Gestaltung öffentlicher Räume in Heidelberg. Der Vergleich von Standorten in der historischen Altstadt mit neu geschaffenen Flächen ermöglicht es, die Schlüsselfaktoren der Stadtplanung zu bewerten, um sowohl klimatische als auch soziale Vorteile zu generieren. Daraus ergibt sich die Forschungsfrage: Welche Impulse können neue stadtklimatische Daten und Daten zur Wahrnehmung des Klimawandels an öffentlichen Plätzen der Stadt Heidelberg für die nachhaltige Stadtentwicklung geben?

Der transdisziplinäre Ansatz basiert auf der Kombination verschiedener Methoden der Physischen sowie Human- und Sozialgeographie, der Einbeziehung von städtischen Akteuren und BürgerInnen sowie auf dem Konzept der forschungsorientierten Lehre. Letztere schafft den Studierenden ein Lernumfeld, in dem aktuelle Problemstellungen der Stadtentwicklung in Zeiten des Klimawandels erlebbar gemacht werden und ermöglicht ihnen aktiv die Bearbeitung von Lösungs- und Anpassungsstrategien mitzugestalten. In Zusammenarbeit mit dem Umweltamt der Stadt Heidelberg sollen aktuelle Fragen der städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel transdisziplinär erforscht und außerdem für die Vermittlung in der Lehramtsausbildung aufbereitet werden.

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes zeigt aktuelle Tendenzen der Klimawandelentwicklung. Im Sommer 2018 weisen viele Teile der Stadt eine starke Erhitzung und Trockenheit auf. Maßnahmen, die regulierend auf das Mikroklima wirken, stehen im Co-Benefit mit den Wünschen der Befragten nach Beschattung, Begrünung, Diversität und einer generellen Verbesserung der Aufenthaltsqualität an öffentlichen Plätzen wie dem Universitätsplatz oder der Schwetzingen Terrasse. Anpassungsmaßnahmen dieser Art sind aus wissenschaftlicher Sicht unerlässlich.

Abstract

"An old city like Heidelberg illustrates how its public space survives the renewal phases of its buildings and makes places permanently distinguishable. It is above all the built public space of a city that carries sustainability and identity in its structure – a goal to which Heidelberg feels particularly committed." (STADT HEIDELBERG 2005).

The great challenge of climate change requires solutions, especially in cities, which are equally responsible for a large part of the anthropogenic greenhouse effect. Current questions on climate change adaptation have a high practical relevance for sustainable urban development on the one hand and for current scientific aspects on the other. Sustainable future models of the modern city primarily aim at reduction, with two essential factors: energy saving and energy efficiency. Increasing heavy precipitation and overheating events are examples that affect all fields of action of the city and require adaptation strategies. The main objective of this project is to collect data, evaluate various climate parameters and to survey citizens on their perception of climate change and the design of public spaces in Heidelberg. The comparison of locations in the historical old town with newly created areas makes it possible to evaluate the key factors of urban planning in order to generate both climatic and social benefits. Following on from this, the research question is: What impulses can new urban climate data and data on the perception of climate change in public places in Heidelberg provide for sustainable urban development?

The transdisciplinary approach is based on the combination of different methods of physical as well as human and social geography, the involvement of urban actors and citizens and the concept of research-oriented teaching. The latter creates a learning environment in which students can experience the current problems of urban development in times of climate change and actively participate in the development of solution and adaptation strategies. In cooperation with the Environmental Office of the City of Heidelberg, current issues of urban development adaptation to climate change are to be researched transdisciplinarily and also prepared for teaching in teacher training.

The evaluation of the overall data set shows current trends in climate change development. In the summer of 2018, many parts of the city exhibit severe heating and drought. Measures that have a regulating effect on the microclimate are in co-benefit with the respondents' wishes for shading, greening, diversity and a general improvement in the quality of life in public places such as the University square or the Schwetzingen Terrasse. These adaptation measures are essential from a scientific point of view.

Inhalt

1 Einführung und Forschungsdesign.....	1
2 Grundlagen des Stadtklimas	8
2.1 Die Stadtatmosphäre.....	17
2.2 Bioklima und thermisches Empfinden	18
2.3 Urbane Oberflächen und Materialien	21
2.4 Urbane Biosphäre und Stadtvegetation	22
2.5 Stadt im Klimawandel.....	22
3 Lage und klimatische Beschreibung der Stadt Heidelberg	31
4 Heidelbergs innerstädtische Plätze im Vergleich	44
4.1 Die Schwetzingen Terrasse in der Bahnstadt	44
4.2 Der Universitätsplatz in der Heidelberger Altstadt.....	48
4.3 Der Bismarckplatz.....	50
5 Physisch-geographische Methoden	51
5.1 Erhebung der Klimadaten.....	52
5.1.1 Klimastationen	52
5.1.2 Weitere klimatische Erhebungen	54
5.2 Messaufbau und Vorgehen	60
6 Auswertung der Klimadaten aus den Erhebungsjahren 2017 und 2018.....	63
6.1 Vergleichsdaten zu der eigenen Erhebung.....	63
6.2 Beschreibung der Daten im Erhebungsjahr 2017	66
6.3 Ergänzende punktuelle Messungen an Sommertagen 2017	78
6.3.1 Auswertung der erhobene Oberflächentemperaturen 2017	83
6.4 Beschreibung der Daten im Erhebungsjahr 2018.....	86
6.5 Ergänzende punktuelle Messungen an einem Sommertag 2018.....	98
6.5.1 Auswertung der erhobenen Oberflächentemperaturen 2018.....	104
7 Ergänzende Ansätze	108
7.1 Methode der 3D-Solarmodellierung.....	108
7.2 Ergebnisse der 3D-Solarpotenzialanalyse.....	110
7.3 Grundlagen der Stadtgeographie	116
7.3.1 Der öffentliche Platz	117
7.3.2 Geschichtliche Entwicklung des Platzes als Teil der Stadt	120
7.3.3 Differenzierung unterschiedlicher Platztypen.....	121
7.3.4 Die Rahmenbedingungen nachhaltiger Stadtplanung.....	125
7.3.5 Bedeutung öffentlicher Räume.....	126
7.4 Methode der Befragung.....	131

7.5 Grundlagen und Methode der Mental Maps-Forschung.....	133
7.5.1 Perzeptionsforschung – Geographischer Bezug zu Wahrnehmung.....	135
7.5.2 Methode der Mental Maps.....	138
7.5.3 Funktionsweise: Karten, Typisierung und Kategorisierung.....	138
7.5.4 Erhebung im Feld und Auswertung.....	138
7.6 Auswertung des Fragebogens (1) hinsichtlich der Klimawandelwahrnehmung und Vorstellung des öffentlichen Raums	142
7.6.1 Deskriptive Stichprobenbeschreibung Fragebogen 1	142
7.6.2 Deskriptive Datenauswertung Fragebogen 1	144
7.7 Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung (GREIF).....	153
7.7.1 Deskriptive Stichprobenbeschreibung Fragebogen 2	153
7.7.2 Deskriptive Datenauswertung Fragebogen 2	155
7.8 Datenanalyse der offenen Fragen in beiden Fragebogenerhebungen	156
7.8.1 Auswertung Fragebogen 1.....	157
7.8.2 Auswertung Fragebogen 2 (GREIF).....	160
7.9 Auswertung der Mental Maps.....	161
7.9.1 Vorstellungen und Darstellungen der öffentlichen Plätze und Räume in Heidelberg.....	163
7.9.2 Auswertung der Darstellungen des Universitätsplatzes	169
7.9.3 Auswertung der Darstellungen der Bahnstadt und Schwetzingen Terrasse.....	172
8 Planungshinweise für die nachhaltige und klimangepasste Stadt.....	177
8.1 Allgemeine Eingriffsmöglichkeiten zur Klimawandelanpassung anhand ausgewählter internationaler Beispiele	177
8.2 Maßnahmen zur Schaffung einer blau-grünen Infrastruktur.....	186
8.3 Geeignete Vegetationsarten für den urbanen Raum	194
8.3.1 Kritik und Probleme am Stadtgrün und an Begrünungsmaßnahmen im Zuge nachhaltiger Stadtentwicklung.....	195
8.4 Soziale Aspekte der Gestaltung urbaner Freiräume	198
8.5 Bestandsaufnahme und Planungshinweise für ausgewählte öffentliche Plätze in Heidelberg auf Basis der erhobenen Daten.....	199
8.5.1 Gestalterische Verbesserungsvorschläge für den Universitätsplatz	200
8.5.2 Gestalterische Verbesserungsvorschläge für die Schwetzingen Terrasse	206
9 Chancen und Herausforderungen transdisziplinärer Forschung	213
10 Zusammenfassung und Ausblick.....	231
Anhang	234
I Literaturverzeichnis	234
II Ergänzende Abbildungen	254

III Fragebogen (1).....	260
IV Danksagung	263
V Eidesstattliche Versicherung.....	265

Verzeichnis der Transfer-Boxen in die Lehre

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE).....	7
Unterrichten im Kontext des Klimawandels I.....	21
Unterrichten im Kontext des Klimawandels II	23
Unterrichten im Kontext des Klimawandels III	30
Unterrichten im Kontext des Klimawandels IV.....	42
Der Forschungszyklus nach ATTESLANDER (2003).....	51
Forschendes Lernen I.....	54
Forschendes Lernen II	59
Forschendes Lernen in der Geographie I.....	61
Forschendes Lernen in der Geographie II.....	66
Forschendes Lernen in der Geographie III	83
Außerschulische Lernorte	107
Experimentieren und Programmieren lernen mit der „senseBox“	116
Perzeptionsforschung im Bildungskontext	141
Willkommen in der Wissenschaft	202
Digitale Medien in der Umweltbildung I.....	225
Digitale Medien in der Umweltbildung II	226
Forschendes Lernen nach HUBER (2014)	228
Der Lernzyklus nach KOLB (2015).....	229

1 Einführung und Forschungsdesign

Die Stadt Heidelberg setzt sich bereits seit mehreren Jahrzehnten mit den Themen Klimawandel und städtisches Mikroklima auseinander, mit zwei wesentlichen Zielen: Klimaschutz und Klimaanpassung an die sich aktuell verändernden Witterungs- und Klimabedingungen. Schon 1992 beschloss Heidelberg als erste deutsche Großstadt ein kommunales Klimaschutzkonzept und verpflichtete sich als Modellkommune dem Förderprogramm „Masterplan 100% Klimaschutz“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB). Mit einem konkreten Maßnahmenkatalog will die Stadt bis 2050 klimaneutrale Kommune werden und ihre CO₂-Emissionen um 95 % sowie den städtischen Energiebedarf um die Hälfte reduzieren (IFEU & STADT HEIDELBERG 2004). Bereits im Jahr 1995 erschien das erste Klimagutachten für die Stadt Heidelberg. Dieses entstand als Gemeinschaftsprojekt des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg und dem Unternehmen ÖKOPLANA aus Mannheim. Schon im damaligen Gutachten werden die globalen Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Klima diskutiert. Ziel des Stadtklimagutachtens war die Erstellung eines auf Modellrechnungen und Datenerhebungen fundierten, gesamtstädtischen Berichts über die klimatischen Bedingungen als Grundlage für politische und stadtplanerische Entscheidungen (STADT HEIDELBERG 1995). Im Kern basierte die Analyse auf der Auswertung der Klimadaten von 28 Messstationen verteilt auf das gesamte Stadtgebiet. Eine ausführliche Dokumentation dieser Daten sowie das Gesamtgutachten ist noch heute auf der Homepage der Stadt Heidelberg einsehbar. 2015 veröffentlichte die Stadt Heidelberg die Fortschreibung des Stadtklimagutachtens von 1995. Diese baut auf die ursprünglichen Analysen und Daten auf unter Berücksichtigung der zwischenzeitlichen baulichen Entwicklungen. Vor allem die Nachverdichtung auf dem Campusgelände Neuenheimer Feld und die Entwicklung des neuen Stadtteils Bahnstadt stellen wesentliche städtebauliche Neuerungen dar, die das urbane Klima beeinflussen. Eine Fortschreibung und damit ein langfristiges Monitoring der klimaökologischen Prozesse und Wechselwirkungen waren bereits von Beginn an geplant und mit konkreten Anknüpfungshinweisen im Ursprungsgutachten angeregt. So beabsichtigte man beispielsweise, die zu Grunde liegenden 100x100 m Rasterdaten auf eine Rastergröße von 25x25 m zu verkleinern um ein heterogeneres und detailliertes Ergebnis abzubilden. Dies wurde in der Fortschreibung umgesetzt. Kern des neuen Gutachtens ist eine Klimaanalysekarte sowie die daraus abgeleitete Planungshinweiskarte für die direkte Implementierung in der Stadtplanung und -entwicklung (STADT HEIDELBERG 1995, 2015a). Seit 2013 beschäftigt sich auch eine Vielzahl weiterer Akteure und Experten in Teilprojekten im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) mit der Zukunft der Stadt Heidelberg. Die IBA fungiert hierbei als Vermittler und Netzwerk zwischen Projektträgern, Auftraggebern, Stadt und verschiedenen Institutionen. Alle Projekte eint die Kombination aus baulicher Innovation und Aspekten der Wissensgenerierung am Standort Heidelberg.

Die sich auch in zahlreichen anderen Städten und Regionen abbildende Tendenz zu Klimaschutz und Klimaanpassung begründet sich in der aktuellen Klimawandelentwicklung und den damit einhergehenden erforderlichen Adaptionen. Derzeit leben etwa 50 % der Weltbevölkerung in Städten, Tendenz steigend. Diese sind für etwa 70 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich (IPCC 2013). Auch kann das rasche Wachstum urbaner Ballungsgebiete – vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern – nicht gleichermaßen einer nachhaltigen Entwicklung und Anpassung gerecht werden. Das Klima in Städten stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar (MCDONALD et al. 2011). „Die Kenntnis der meteorologischen Prozesse und Wechselwirkungen zwischen der Stadt, dem Umland und der Atmosphäre [...] [spielt] für das städtische Bauwesen und für eine optimale Stadtplanung, die sowohl dem Bevölkerungszuwachs, den sozialen Forderungen an die Wohnumwelt als auch dem Problem der Energie- und Wasserversorgung Rechnung trägt [eine entscheidende Rolle]“ (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, 3). Nachhaltige Zukunftsmodelle der modernen Stadt zielen dabei auf Mitigation, also Maßnahmen zum Klimaschutz wie beispielsweise Verringerung der Treibhausgasemissionen, ab, mit zwei wesentlichen Faktoren: Energieeinsparung und Energieeffizienz. Parallel dazu widmen sich Städteplaner aber zunehmend der Notwendigkeit der Anpassung an den bereits unvermeidbaren Klimawandel. Die kommunale Infrastruktur, Gesundheitsrisiken für BürgerInnen oder städtische Grünanlagen stehen unter dem sich verändernden Witterungseinfluss. Zunehmende Starkniederschläge, Überhitzung und das Auftreten von Stürmen sind Beispiele, die alle urbanen Handlungsfelder betreffen und Anpassungsstrategien erfordern. Folglich müssen vor allem stadtplanerische Maßnahmen Priorität erlangen, die zur Kappung von Temperaturmaxima beitragen, z. B. die Veränderung der Reflexionseigenschaften für kurzweilige Strahlung, die Schaffung von begrünten Flächen (Albedo- und Verdunstungseffekt) oder den verbesserten Eintrag von kühler Luft aus dem Umland (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, RUTH & BAKLANOV 2012). Die große Herausforderung des Klimawandels sorgt daher vor allem in Städten – die gleichermaßen für einen Großteil des anthropogenen Treibhauseffekts mitverantwortlich sind – für Handlungsbedarf. Gleichzeitig wird Städten aber auch eine transformative Kraft zugeschrieben mit dem Potenzial fortschrittliche Entwicklungstendenzen in andere Regionen auszustrahlen (WBGU 2016a).

Darüber hinaus belegt Heidelberg in der ZDF Deutschland Studie von 2018 Platz 2 der lebenswertesten Städte und Regionen Deutschlands. Bei der Bewertung von mehr als 50 Kategorien zu Wohnen, Arbeit, Gesundheit und Sicherheit nimmt die Stadt vor allem im Bereich Freizeit und Natur einen der vordersten Plätze ein (Platz 5 von 401) (ZDF 2018). Den insgesamt 53 Bewertungsindikatoren liegen jeweils Kennzahlen zu Grunde, die mit bis zu maximal 10 Punkten als vollständig erfüllt eingestuft werden können und mit einer bestimmten Gewichtung in das Gesamtergebnis eingehen. Der Spitzenreiter München erreichte so beispielsweise 207 Punkte, gefolgt von Heidelberg mit 205 von 300 maximal möglichen Punkten. Bei genauerer Betrachtung jedoch differenziert sich das zunächst positive Bild. So landet die Stadt beim Indikator innerstädtischer Erholungsfläche (unbebaute Fläche und Grünanlagen wie Parks, Schrebergärten, Sportflächen und Campingplätze) je Einwohner in m² in

2015 auf dem vorletzten Platz (ZDF 2018). Dieses Defizit beruht auf der tatsächlichen Gemarkungsfläche der Stadt und wird aber vor allem durch die direkt an das Stadtgebiet angrenzenden Waldflächen ausgeglichen. Durch die Betrachtung anderer Bewertungskriterien stellt sich der Wert als weit aus weniger kritisch dar, dennoch zeigt die Bewertung ein Mangel an direkten Ausgleichsflächen sowohl für die Naherholung als auch für das städtische Mikroklima in den Innenstadtbereichen. So räumen die Anteile von Erholungsflächen, Wald- und Wasserflächen prozentual an der Gesamtfläche Heidelberg hingegen einen Platz im vorderen Mittelfeld ein (ZDF 2018). Diese Flächen haben positive Auswirkungen auf Aspekte der Erholung und des Stadtklimas (GAEBE 2004, HEINEBERG 2017, KRAUSE 2004, STADT HEIDELBERG 2015a), wirken sich jedoch negativ auf die verfügbare Wohnfläche aus und sind damit direkt an die hohe Bevölkerungsdichte der Stadt und die besondere Lage Heidelbergs an den steilen Hängen des Odenwalds und beidseitig des Neckars geknüpft. Daraus ergibt sich direkt die Frage, wie Nachverdichtung und städtisches Wachstum von negativen Effekten auf das urbane Mikroklima entkoppelt werden können. Die Lösung um weiterhin eine lebenswerte Stadt und funktionierende Freiräume zu erhalten kann nur eine systemische Kombination von Maßnahmen unter Einbezug aller Ebenen und Skalen zur Klimaanpassung sein.

Die thematische Schnittstelle lokaler Klimaforschung stellt daher ein ideales Arbeitsgebiet dar, um die vorhandene fachliche Expertise im Bereich natürliche Klimavariabilität und anthropogener Klimawandel mit konkreten, anwendungsorientierten Forschungsfragen der Politik- und Verwaltungsebene der Stadt Heidelberg zu verbinden. In Zusammenarbeit mit dem Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie (Umweltamt) der Stadt Heidelberg wurden aktuelle Fragen der städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel in einem transdisziplinären Forschungsdesign untersucht. Zudem wurden Lehramtsstudierende der Geographie in Projekt- und Abschlussarbeiten in diese Forschungszusammenarbeit mit der Stadt integriert. Ausgehend von einem physisch-geographischen Blickpunkt lautet die Forschungsfrage: Welche Impulse können neue stadtklimatische Daten und Daten zur Wahrnehmung des Klimawandels an öffentlichen Plätzen der Stadt Heidelberg für die nachhaltige Stadtentwicklung geben?

Auf Basis naturwissenschaftlicher Methoden und Befunde werden die Klimabedingungen auf ausgewählten öffentlichen Plätzen im Stadtgebiet von Heidelberg analysiert, interpretiert und in einen regionalen Zusammenhang gestellt. Im nächsten Schritt dient eine 3D-Solarmodellierung der Adaption und Ableitung zukünftiger klimatischer Szenarien und möglicher Veränderungen an den gewählten Standorten. Diese Methode ermöglicht das Aufzeigen der Spanne potenzieller Veränderungen für das Mikroklima und damit der Aufenthaltsqualität. Der naturwissenschaftliche Ansatz kann dem transdisziplinären Charakter des Projekts allein jedoch nicht genügen. Erst durch diesen werden konkrete Planungshinweise, abgestimmt auf die Bedürfnisse der außerwissenschaftlichen Akteure, ermöglicht. Hierzu benötigt man ausgehend von einer physisch-geographischen Herangehensweise im Gesamtforschungssetting weitere Disziplinen und Methoden um die Forschungsfrage hinreichend beantwor-

ten und konkrete Aussagen treffen zu können. Denn nebst den erhobenen klimatischen Parametern spielen ergänzende soziale Aspekte wie Nutzung und Faktoren des Erlebens bei der Planung und Gestaltung öffentlicher Räume eine Rolle. Hierzu wurden PassantInnen im Rahmen mehrerer Erhebungen mittels Fragebogen und mithilfe der Mental Maps-Methode zu ihrer Wahrnehmung des Klimawandels und öffentlichen Raums in Heidelberg befragt. Die hier gewählte Kombination von Methoden und theoretischen Konzepten bildet den Charakter und fundiert die Aussagekraft der Untersuchung.

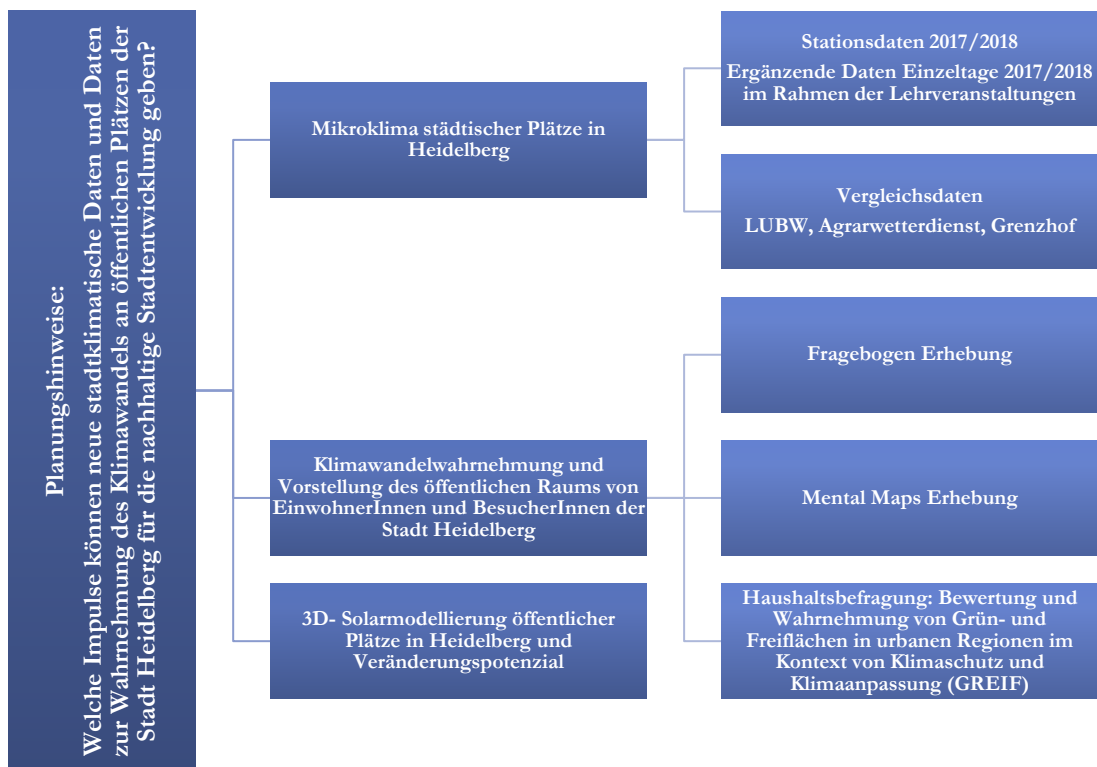


Abbildung 1: Forschungsdesign und Methodenauswahl: Die übergeordnete Fragestellung wird anhand der drei dargestellten Zugänge mit den jeweiligen Methoden und Datensätzen bearbeitet. Diese liefern in ihrer Gesamtheit Impulse für die nachhaltige Stadtentwicklung in Heidelberg (Eigene Darstellung).

Ausgehend von den gemessenen Klimadaten, die extreme Erhitzung während der Sommermonate 2018 – sowohl am Tag als auch während der Nacht - dokumentieren, den Aussagen der TeilnehmerInnen der Fragebogen- und Mental Maps-Erhebung sowie der Haushaltsbefragung im Projekt GREIF (Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung; Jun.-Prof. Dr. Anna Growe, Dr. Christoph Mager, Prof. Dr. Stefan Norra, Nicole Schmidt, Prof. Dr. Jale Tosun) und der Modellierung der Solareinstrahlung unter Einbezug von Beschattungsmaßnahmen nehmen die entwickelten Verbesserungshinweise vornehmlich das Problemfeld der „Urban Heat Island“ in den Fokus. Der Wunsch der Bevölkerung nach mehr Begrünung, Beschattung und Möglichkeiten zum Aufenthalt (z. B. durch vielfältig gestal-

tete Sitz- und Erholungsflächen) in den öffentlichen Räumen Heidelbergs zeigt dabei Synergieeffekte mit Adaptionmaßnahmen an das urbane Mikroklima auf. Dieses Co-Benefit der Maßnahmen stützt sich auf die Datenbasis dieser Arbeit und wird im Synthesekapitel anhand einiger Beispiele dargestellt.

Der letzte Teil der Arbeit setzt sich mit der Nutzbarmachung des Projektes für die transdisziplinäre Forschung und dem damit einhergehenden Mehrwert aber auch den Grenzen und Herausforderungen dieser auseinander. In diesem Kontext steht auch der Transferbereich der Arbeit in die LehrerInnenbildung über die Methode des Forschenden Lernens. Künftige Lehrerinnen und Lehrer stehen gleichermaßen an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Deren Integration in das Forschungsprojekt über assoziierte Lehrveranstaltungen trägt ergänzend den transdisziplinären Gedanken dieser Arbeit. Forschendes Lernen eröffnet dabei einen Weg für den Transfer des Forschungsgegenstandes in die Lehramtsausbildung. Denn städtische Plätze stellen einen wichtigen Bestandteil der Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern (SuS) dar und ermöglichen angehenden Lehrkräften den lebensweltlichen Zugang für SuS zu der Klimawandeldebatte. Die erhobenen Daten fördern zudem das Verständnis von Klimawandel im direkten Lebensumfeld von SuS und schlagen damit die Brücke zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Projekte wie dieses können in der Ausbildung die Basis bilden für das Verständnis inter- und transdisziplinärer Arbeitsweisen und befähigen künftige LehrerInnen exemplarisch ähnliche Projekte mit SuS durchzuführen. Gleichermäßen wird dadurch ein Netzwerk mit Akteuren in Politik und Verwaltung geschaffen. Der Effekt der Veranstaltung nach dem Konzept des Forschenden Lernens auf die Lehramtsstudierenden und deren Rolle wird parallel durch eine Zulassungsarbeit begleitet und evaluiert.

Die Modellierung von Einstrahlungsverhältnissen über städtischen Plätzen stellt außerdem ein Tool für die Stadtplanung dar, um anhand von – durch planerische Umgestaltung hervorgerufener – Messwertänderungen positive Abweichungen bezüglich des Mikroklimas und der Aufenthaltsqualität abzuschätzen. Das Solarpotenzial der betrachteten Flächen wird über das Tool VOSTOK berechnet und für die mögliche Zukunftssituation modelliert.

Übergreifendes Ziel des Projektes ist es einen Beitrag zu leisten zur Verbesserung der stadtklimatischen Bedingungen von öffentlichen Plätzen in Konvergenz mit ansprechender und funktioneller Gestaltung. Die gewählten Erhebungsmethoden entsprechend eines Mixed-Methods Ansatzes zeigen dabei Synergien zwischen beiden Ebenen auf. Da Forschung allein nicht den Bedürfnissen aus Sicht außerwissenschaftlicher Akteure gerecht werden kann, war die ständige Kommunikation und der Austausch mit dem Akteur Stadt und über die Lehre fortwährender Bestandteil der Projektarbeit. Daran anknüpfend trägt diese Arbeit dem Vorhaben des „Place-Making“ im „heiEDUCATION“-Projekt Rechnung und setzt die physikalische Umwelt in Bezug zu sozialen Aspekten im Prozess der Planung und Gestaltung von öffentlichem Raum in der Stadt. Gemäß einem „Sense of Place“ werden hier bauliche sowie klimatische Funktionalität und lebensraumbezogene Bedürfnisse

gleichermaßen in den Fokus genommen (GOLD 1980, HOUGH 2006, RELPH 2006, VERNON & TIWARI 2009).

In kritischer Betrachtung stellt das Projekt ungeachtet dessen jedoch nicht den Idealfall von transdisziplinärer Forschung dar. Bestimmte Bestandteile standen zur Verfügung, andere Aspekte waren aufgrund von verschiedenen Voraussetzungen und Gegebenheiten im Prozessverlauf aber nicht zu verwirklichen. Die Abweichungen vom Idealfall eines transdisziplinären Forschungsablaufs sind ebenso Teil dieser Arbeit. In einer folgenden Durchführung könnten weitere Perspektiven in Betracht gezogen und mit dem aus diesem Projekt erworbenen Wissen neuangegangen werden. Gerade die zeitliche Überlappung von Ergebnissen ist zentrale und in diesem Projekt nur teilweise gelungene Voraussetzung für die quantitative und qualitative Bewertung öffentlicher Räume. Die kritische Auseinandersetzung mit den Herausforderungen transdisziplinärer Projekte sowie konkrete Handlungsempfehlungen bilden den letzten Teil dieser Arbeit.

Die Arbeit gliedert sich folglich in die beiden genannten Bereiche Entwicklung von Planungshinweisen und Evaluation transdisziplinärer Forschung, beginnend mit einführenden theoretischen Grundlagen zu den Schlagworten Klimawandel, Stadtklima und den klimatischen Gegebenheiten im Untersuchungsraum Heidelberg. Nach anschließender Vorstellung der Erhebungsmethoden und Messstandorte erfolgt die Präsentation und Interpretation der erhobenen stadtklimatischen Daten. Die 3D-Solarmodellierung erweitert im nächsten Schritt die Betrachtung und Analyse der Plätze um eine Zukunftsperspektive unter der Leitfrage, welches Potenzial bereits geringfügige Umgestaltungen für das Platzklima und damit auch für den Wohlfühlaspekt bergen. Die Zukunftsszenarien eröffnen im Folgenden den Raum für ergänzende Aspekte und erweitern den Fokus um die soziale Komponente. Unter Berücksichtigung der Perspektive der AnwenderInnen in der Fachplanung dient die Gesamtheit der Daten der Formulierung konkreter Verbesserungsvorschläge für die Freiraumgestaltung der Stadt Heidelberg unter dem Aspekt der Klimawandelanpassung. Der letzte Teil der Arbeit beleuchtet die Erfahrungen mit transdisziplinärer Forschung und die daraus resultierenden Ergebnisse. Flankiert werden die Haupttexteile von graphisch abgehobenen Anwendungsbeispielen und Hinweisen für den Transfer der Thematik über die Methode des Forschenden Lernens in die LehrerInnenbildung.



Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

„In Zukunft wird es weniger auf die fachlichen Dozierkompetenzen ankommen, als auf Moderations-, Mediations- und Beratungstechniken, auf Experimentierfreude, Anleitung zu selbsttätigen Beobachtungen, Aktionen und umfassende sinnliche Erfahrungen sowie Probehandeln“ (DE HAAN & HARENBERG 1999, 53). „Bildung für nachhaltige Entwicklung verfolgt einen systemischen Ansatz, um lösungsorientiertes, kritisches Denken von Lernenden zu fördern. Auch das Forschende Lernen als eine spezifische Methode ähnelt diesem Konzept in der kreativen Herangehensweise, mit der Lernende an Lösungen von Problemstellungen durch aktive Lernprozesse wie Entwicklung einer Fragestellung, Planung, Durchführung und Reflexion herangeführt werden“ (LEUTZ 2017 o. S.).

„Handlungsleitend für die Planung einer solchen Lehrveranstaltung kann die Theorie des gemäßigten Konstruktivismus nach MANDL und REINMANN-ROTHMEIER (1998) sein, wonach das Lernen als aktiver, selbstgesteuerter, konstruktiver, situativer und sozialer Prozess beschrieben wird. Die Entwicklung der Lerneinheit wird durch die Frage geleitet, wie die verschiedenen Prozesse das individuelle Lernen der Studierenden fördern können“ (LEUTZ O. J., 192, LEUTZ 2017).

2 Grundlagen des Stadtklimas

Durch die Besiedlung eines ruralen Raumes greift der Mensch erheblich in die Landschaft ein, was folglich zu einer drastischen Veränderung des Mesoklimas führt. Urbane Räume sind anthropogen überprägte Geländestrukturen. Sie unterscheiden sich grundlegend in ihren physikalischen Eigenschaften gegenüber dem ländlichen Raum. Das mesoskalige Stadtklima ist geprägt durch eine Vielzahl an Einflussfaktoren. Abbildung 2 schematisiert das urbane klimatische System mit seinen externen sowie internen Wechselwirkungen. Neben den Effekten auf mesoskaliger Ebene sind bei der Betrachtung des Stadtklimas zudem die großskaligen Effekte des Wetters nicht zu vernachlässigen. Sie überlagern in einer Vielzahl der Tage die lokalen Strömungsbedingungen und erzeugen aufgrund ihrer großen globalen Variabilität räumlich stark differenzierte Stadtklimatypen (ARNFIELD 2003, HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, KUTTLER 2005, MALBERG 2007, OKE 1982, YANG et al. 2016).

Die externen (makroskaligen) Einflussgrößen werden beschrieben durch die freie Atmosphäre und die geographische Lage sowie deren Gegebenheiten (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, KUTTLER & WEBER 2006). Dazu zählen vor allem die Breitenlage und zugeordnete Klimazone, die Entfernung zu großen Wasserkörpern sowie die Oberflächenformen und deren Beschaffenheit (KUTTLER 2004a). In Kontrast dazu zählen zu den internen Wechselwirkungen die atmosphärische Grenzschicht – inklusive anthropogen erzeugter Gasemissionen sowie Luftschadstoffe und Wärme –, der in erhöhtem Maße versiegelte Boden und die dreidimensionale Bebauungsstruktur. Diese anthropogenen Modifikationen haben Auswirkungen auf den Strahlungshaushalt, die Temperatur, die Feuchtigkeit und die Windbedingungen. Daneben spielen zusätzlich Größen wie die Einwohnerzahl, die Stadtgröße, die Flächennutzung in Stadt und Umland sowie topographische Verhältnisse eine Rolle bei der Entwicklung des Mikro- und Mesoklimas (KUTTLER 2004a). Mikroklima bezeichnet dabei das Klima im Bereich der bodennahen Luftschichten bis ca. zwei Metern Höhe bzw. das Klima eines kleinen abgegrenzten Bereichs von wenigen Quadratmetern, das sich beispielsweise zwischen Gebäuden einer Stadt ausbildet (Abbildung 2).

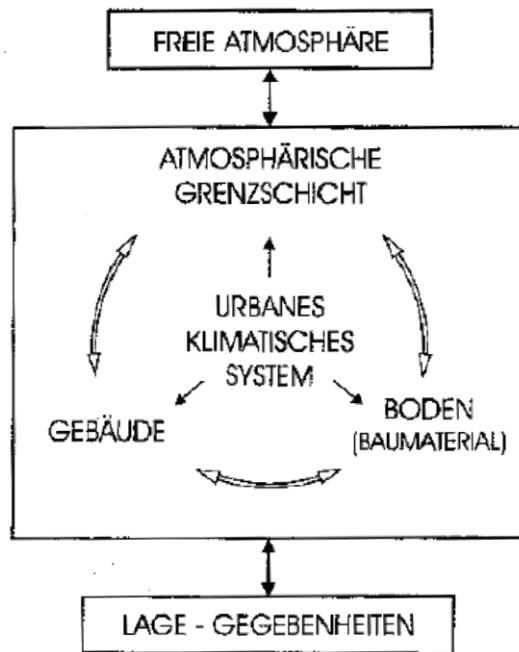


Abbildung 2: Einflussgrößen und Wechselwirkungen im urbanen Klimasystem (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, 10).

Die Stadtklimatologie stellt einen wichtigen Bereich auf dem Gebiet der angewandten Klimatologie dar. Sie bearbeitet fachbezogene Forschungsfragen und -probleme für die Regional-, Stadt- und Umweltplanung.

Auch das Stadtklima unterliegt Veränderungen aufgrund des aktuell stattfindenden Klimawandels. Die lufthygienischen und klimatischen Bedingungen in urbanen Gebieten sind zwar ebenso durch die makroskaligen Klimagegebenheiten beeinflusst, werden in größerem Maße jedoch von der Oberflächenversiegelung und der urbanen Bebauungsstruktur bestimmt (KUTTLER 2008, MALBERG 2007, MOHAJERANI, BAKARIC & JEFFREY-BAILEY 2017). Grundsätzlich funktionieren die natürlichen Prozesse auch in urbanen Räumen, sie unterliegen jedoch einer Reihe von Modifizierungen: „Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima (WMO 1981, WMO 1983) (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, 10).

Das Klima urbaner Siedlungen ist durch den als Wärmespeicher wirkenden städtischen Baukörper gekennzeichnet, der bis zu 40 % mehr Wärmeenergie als das Umland aufnehmen kann (KUTTLER 2008). Aufgrund verschiedener Faktoren wie dem erhöhten Versiegelungsgrad und einer Vielzahl anthropogener Wärmequellen, ist die Temperatur innerhalb des Stadtgebiets daher häufig merklich höher als im Umland (DE GROOT-REICHWEIN et al. 2014, HUPFER 1994, KUTTLER 2008, MALBERG 2007). Besonders spürbar wird dies in der Nacht, wenn die von den Baustoffen gespeicherte Wärme nur langsam an die Umgebungsluft abgegeben wird und sich so eine Abkühlung verzögert oder diese teilweise gänzlich ausbleibt. „Ausschlaggebend für die räumliche Temperaturverteilung während

Strahlungswetterlagen sind vor allem die landnutzungsabhängigen Boden- und Oberflächeneigenschaften“ (STADT HEIDELBERG 2015, 35). Die diverse Nutzung des Bodens – z. B. Siedlungsfläche oder Freifläche – sorgt für differenzierte thermische Eigenschaften und damit verbunden für stark schwankende Temperaturen (YANG et al. 2016).

Zusammenfassend grenzen einige Eigenschaften die Stadt und deren Klima vom ruralen Umland ab (ARNFIELD 2003, DE GROOT-REICHWEIN et al. 2014, KUTTLER 2008, MALBERG 2007, MOHAJERANI, BAKARIC & JEFFREY-BAILEY 2017, YANG et al. 2016):

- Städte weisen eine erhöhte aerodynamische Rauigkeit auf, daraus leiten sich ebenso Veränderungen der Windgeschwindigkeiten ab.
- Der Versiegelungsgrad innerhalb der Städte ist sehr kleinräumig differenziert und durch eine Vielzahl von Oberflächen und Materialien gekennzeichnet.
- Diese Vielzahl an Baumaterialien zeichnet sich durch differenzierte Eigenschaften aus wie Wärmekapazität und -leitfähigkeit. Der durch anthropogen erzeugte Wärme modifizierte Strahlungs- und Energiehaushalt ist maßgeblich verantwortlich für den in Städten charakteristischen Wärmeinseleffekt.
- Insbesondere Städte sind letztlich für einen Großteil anthropogener Emissionen verantwortlich.

Eine Quantifizierung der physikalischen Eigenschaften und Charakteristika zur Abgrenzung ländlicher und städtischer Gebiete ist in Tabelle 1 dargestellt.

Als einer der ersten, die den Begriff des städtischen Wärmeinseleffekts (engl. *Urban Heat Island*, UHI) prägten, gilt HOWARD mit seiner Studie „The Climate of London“ (1818, 1819), in der er die erhöhte Temperatur des Londoner Stadtgebiets in der Nacht im Vergleich zum Umland beschreibt (ARNFIELD 2003, DE GROOT-REICHWEIN et al. 2014, MALBERG 2007, YANG et al. 2016). Auch KRATZER, der als Begründer der Stadtmeteorologie gilt, beschrieb 1937 die Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland. Diese liegt im Schnitt bei 0,5 bis 2 K und entspricht dabei etwa der negativen Temperaturdifferenz während der „Kleinen Eiszeit“ in Mitteleuropa. Im Maximum kann die Abweichung sogar bis zu 10 K betragen (KRATZER 1937, KRATZER 1956). Am besten zu dokumentieren ist das Temperaturgefälle hin zum städtischen Umland bei autochthonen, austauscharmen Strahlungswetterlagen mit stabiler bodennaher Luftschichtung. Besonders deutlich wird der Wärmeinseleffekt bei Betrachtung der mittleren täglichen Tiefsttemperatur einer Stadt, deren Abweichung vom Umland liegt im Schnitt um 2 bis 3 K höher als dazu im Vergleich die mittlere tägliche Höchsttemperatur (Abweichung zum Umland und den Außenbezirken 0,5 K) (MALBERG 2007). Die UHI und deren Intensität können dabei einerseits durch ihre „horizontale positive Temperaturdifferenz ($\Delta t_{\text{Stadt-Umland}} = t_{\text{Stadt}} - t_{\text{Umland}}$)“ (HENNINGER 2011, 63) und andererseits durch einen „streckenabhängigen horizontalen Temperaturgradienten ($\Delta t_{\text{Stadt-Umland}} / \Delta x_{\text{Stadt-Umland}}$)“ (ebd.) nachgewiesen werden. ARN-

FIELD (2003) fasst einige weitere in der Forschung gängige Verallgemeinerungen und Fakten den städtischen Wärmeinseleffekt betreffend zusammen: Die Intensität der UHI nimmt mit zunehmender Windgeschwindigkeit und zunehmender Bewölkung ab; sie ist am größten bei antizyklonalen Bedingungen; der Effekt ist ferner im Sommer oder in der warmen Jahreshälfte am stärksten ausgeprägt und steigt tendenziell mit zunehmender Stadtgröße und/oder Einwohnerzahl weiter an; überdies ist die UHI-Intensität nachts am stärksten und kann sich bei Tag darüber hinaus umkehren; die Heiz- und Kühlraten sind auf dem Land generell höher als in der Stadt.

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften und Charakteristika von Stadt und Umland (mittlere Breiten) (nach Kuttler 2004a, Malberg 2007)

	Stadt	Umland
Rauigkeitsparameter z_0	2-10 m	0,02-3,0 m
Spezifische Wärme c	$0,9 \times 10^3 \text{ J/kg K}$	$1,8 \times 10^3 \text{ J/kg K}$
Pflanzenbedeckung	10-50 %	90-100 %
	Veränderung im Vergleich zu nicht bebautem Umland	
Globalstrahlung	bis -10 %	
Albedo	\pm	
Gegenstrahlung	bis + 10 %	
UV-Strahlung		
im Sommer	bis -5 %	
im Winter	bis -30 %	
Sonnenscheindauer		
im Sommer	bis -8 %	
im Winter	bis -10 %	
Sensibler Wärmestrom	bis + 50 %	
Wärmespeicherung in Untergrund und Baukörpern	bis + 40 %	
Lufttemperatur		
Jahresmittel	+ 2 K	
Winterminima	bis + 10 K	
in Einzelfällen	bis + 15 K	

Unter Berücksichtigung einer idealtypischen Darstellung der UHI in Form eines Temperaturanstiegs von der Peripherie bis zur Stadtmitte hin und von der Stadtmitte zur Peripherie wieder stetig abnehmend, sprechen manche Autoren auch von einem Wärmearchipel. Diesem Ansatz liegt die Tatsache zu Grunde, dass der urbane Raum durch heterogene Nutzungsflächen und dementsprechend verschiedene Temperatursprägungen gekennzeichnet ist (FEZER 1995, HENNINGER 2011). Die Heterogenität besteht sowohl in zeitlicher als auch räumlicher – vertikaler und horizontaler – Ausprägung. Vertikal lassen sich dabei drei Überwärmungsbereiche unterscheiden: Bodenwärmeinsel, Stadthindernisschichtwärmeinsel und Stadtgrenzschichtwärmeinsel. Besonders deutlich tritt der Effekt der Überwärmung in der Nacht und im Sommer auf. Während die mittlere Erwärmung im Tagesgang relativ gleichmäßig zwischen Stadt und Umland erfolgt, tritt die nächtliche Abkühlung im Stadtgebiet nicht im selben Maße ein. Verantwortlich für die verzögerte – erst in den Morgenstunden des Folgetages eintretende – Abkühlung, sind in der Stadt vor allem die höhere Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit, also die Fähigkeit des urbanen Baukörpers die Wärmeenergie tiefer und länger zu speichern. In Kontrast zu den Sommermonaten, in denen die Einstrahlungsenergie gespeichert wird, ist

es in den Wintermonaten hauptsächlich die anthropogene Abwärme, die diesen thermischen Effekt hervorruft (KUTTLER 2008, MALBERG 2007). Des Weiteren verursacht die durch die Gebäudestruktur erhöhte Bodenrauigkeit und damit einhergehende geringere Strömung und Luftgeschwindigkeit einen zusätzlichen nächtlich geringeren Abkühlungseffekt. Die Gebäudestruktur kann auch zu einer Kanalisierung des Windfelds in Straßenschluchten führen.

Winde, die von großräumigen Luftdruckgefällen gesteuert werden (Gradientwinde), wehen im Freiland breitflächig mit beständiger Richtung und Geschwindigkeit. Dieses gleichmäßige Fließen wird jedoch schon durch kleine Hindernisse wie beispielsweise Bäume gestört. Die Oberflächen von Siedlungen sind rauer als die der Freiflächen, dementsprechend liegen mehr Hindernisse vor. Die höhere Rauigkeit der städtischen Oberfläche durch die Vielfalt der Gebäude, Straßen und Freiflächen führt wiederum zu einer höheren Böigkeit (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999). Im Umland erreichen typischerweise nur hohe Wälder einen annähernd vergleichbaren z_0 -Wert (Rauigkeitsparameter) von 3,0 m. Über einer Wiesenfläche beträgt z_0 0,02 m (MALBERG 2007) (Tabelle 1). Je höher und breiter das Hindernis im Verhältnis zu seiner Grundfläche, desto größer ist die Modifikation. Zusätzlich wird Wind umso mehr verwirbelt, je stärker er ist (FEZER 1995). Die daraus resultierenden kleinen und sehr veränderlichen Zusatzbewegungen in und quer zur Hauptströmungsrichtung werden als Turbulenzen bezeichnet. Es werden zwei Formen der Turbulenzgenese unterschieden, die mechanische und die thermische Turbulenz. Die mechanische Turbulenz beschreibt die Wirbelbildung an bodennahen Hindernissen und tritt auf, wenn eine Strömung über einen rauen Untergrund fließt. Sie ist somit abhängig von der Rauigkeit und der Strömungsgeschwindigkeit. Die thermische Turbulenz entsteht durch Energiezufuhr und führt zum Auf- und Absteigen von Luftmassen. Turbulenzen sind in Städten häufiger als im Umland und werden tageszeitlich durch solare Ein- und Ausstrahlung gesteuert. Daher ist die Turbulenz insbesondere mittags und nachmittags stärker ausgeprägt. Erhöhte Geschwindigkeiten, Turbulenzen und Böigkeit treten vornehmlich an Gebäudekanten und in Form von Verwirbelungen hinter Gebäuden auf (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, KUTTLER 2004b). Durch die vermehrten Verwirbelungen im Stadtraum wird der geostrophische Wind abgebremst. Dabei wird besonders durch dichte Bebauung die bodennahe Windgeschwindigkeit deutlich vermindert. Durch die zum Zentrum hin zunehmende Bodenrauigkeit kommt es zur Umströmung der Stadt, wodurch Konvergenz- (Zusammenströmen) und Divergenzbereiche (Auseinanderströmen) entstehen (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999). Während Phasen eines vorherrschenden urbanen Wärmeinseleffekts können Ventilationsleitbahnen, die den Stadtkern mit dem Umland verbinden, zu einem Ausgleich der thermischen Belastung führen. Die durch den Wärmeinseleffekt darüber hinaus verursachte thermische Turbulenz mit erhöhten Windgeschwindigkeiten kann diesen Effekt weiterhin verstärken (KUTTLER 2004b). Dieses weitere städtische Windphänomen bezeichnet man auch als Flurwind. Im Idealfall wehen Flurwinde radial auf die Stadt zu. Diese bei autochthonen Wetterlagen durch die Bebauung induzierten Windsysteme verlaufen nicht tagesperiodisch, sondern treten sowohl tagsüber als auch nachts auf. Der städtische Wärmeinseleffekt bildet

unter ungestörten Bedingungen ein thermisches Tief im Stadtkern aus. Dieses Tief bleibt sowohl tagsüber als auch in der Nacht erhalten und induziert eine anhaltende bodennahe Strömung aus dem Umland in die Stadt. Durch die Druckunterschiede zwischen Stadt und Land (niedrigerer bodennaher Luftdruck im Stadtgebiet) wird kühlere Luft aus dem Umland in die Stadt geleitet. Diese bodennahe Strömung erwärmt sich im Stadtkern wiederum, steigt auf und kann wieder ins Umland abfließen. Die Flurwinde erreichen meist nur eine geringe Stärke (KUTTLER 2004b). Die Temperaturdifferenzen zwischen Stadt und Umland und somit die Flurwindintensitäten sind nachts am größten, wenn sich über Freiflächen eine strahlungsbedingte Temperaturinversion ausbildet, während in der Stadt vergleichsweise starke thermische Turbulenzen auftreten. Je nach Bebauungsstruktur, die das Vordringen der Flurwinde über die äußeren Baureihen hinweg verhindern kann, resultiert aus diesen Erkenntnissen auch eine erhöhte lufthygienische Belastung der Innenstädte bedingt durch den fehlenden Abtransport von Luftschadstoffen. Bei Inversionswetterlagen – gerade in Tallagen – mit geringem Luftaustausch kann sich dieses Immissionsklima weiter verstärken. Luftleitbahnen unterstützen die Be- und Durchlüftung von Städten, wobei man unter Durchlüftung den völligen Austausch lokaler Luftmassen durch reinere Luftmassen versteht. Belüftung bezeichnet lediglich die Durchmischung und horizontale Verlagerung lokal belasteter Luftmassen durch aus Ausgleichsräumen zuströmende, langsamere Luftmassen (STADT HEIDELBERG 1995). Luftleitbahnen müssen zum Erhalt ihrer Funktion mindestens 50 m breit und hindernisarm sein (STADT HEIDELBERG 2015a). Sie werden je nach ihrer Funktion unterschiedlich bezeichnet. Ventilationsbahnen sind Luftleitbahnen mit unterschiedlichen thermischen und lufthygienischen Niveaus, ihre Wirkung kann somit auch negativ ausfallen. Frischluftleitbahnen sind Luftleitbahnen, die Luftmassen ohne Schadstoffemissionen mit unterschiedlichem thermischem Niveau heranführen. Sie können die lufthygienischen Bedingungen der Stadt verbessern. Kaltluftleitbahnen liefern Luft mit geringerer bzw. ohne Wärmebelastung in Stadtgebiete, wobei das lufthygienische Niveau außer Acht gelassen wird. Somit können sie zur Abkühlung der Stadt beitragen (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999). Je nach Windbedingung kann sich im Lee einer Stadt eine sogenannte Abluffahne (engl. *Urban Plume*) ausbilden und bis mehrere Kilometer ins rurale Umland erstrecken. Infolgedessen werden auch Luftverunreinigungen aus der Stadt in die Außenbezirke transportiert und mindern die Luftqualität umliegender ländlicher Gebiete (ARNFIELD 2003, KUTTLER 2004b).

Aus der anthropogenen Überprägung ergibt sich auch ein spezifischer urbaner Wärme- und Strahlungshaushalt, welcher die Energiebilanz einer Stadt beschreibt. Im Vergleich zum ruralen Raum weist die Gleichung – die nur anwendbar ist, wenn Windstille herrscht und es keinen Niederschlag gibt – zwei zusätzliche Komponenten (Q_{anthr} und Q_{met}) auf.

$$Q^* + Q_{\text{anthr}} + Q_{\text{met}} + Q_{\text{F}} + Q_{\text{L}} + Q_{\text{B}} = 0 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (\text{Gl. 1})$$

Q^* steht für die Strahlungsbilanz (Differenz zwischen einfallender und ausfallender Sonnenstrahlung), Q_{anthr} für die anthropogene Wärmeflussdichte, Q_{met} für die metabolische Wärmeflussdichte, Q_{F}

für die fühlbare Wärmeflussdichte, Q_L für die latente Wärmeflussdichte und Q_B für den Bodenwärmestrom – auch Tagspeicher (die in Baumaterialien tagsüber gespeicherte Wärme). Die gesamte Gleichung wird laut dem Energieerhaltungsgesetz in Watt pro Quadratmeter ausgedrückt und – wenn keine Temperaturänderung der Atmosphäre stattfindet – gleich Null gesetzt, da die Summe der Komponenten aus eingehender, gespeicherter und ausgehender Wärme ausgeglichen sein muss (HENNINGER 2011, KUTTLER 2010). Der „Gehalt an Luftbeimengungen in der städtischen Grenzschicht sowie die Art, Gliederung, Nutzungsstruktur und Exposition der städtischen Oberflächen“ (HUPFER & KUTTLER 2005) beeinflussen die Energiebilanz ebenso. Demnach entspricht die anthropogene Wärmeflussdichte (Q_{anthr}) der durch den Menschen verursachten Wärmeabgabe. Damit steht die anthropogene Wärmeflussdichte auch unmittelbar in Beziehung mit der Bevölkerungsdichte und deren abhängigem Energieverbrauch (HENNINGER 2011). Die metabolische Wärmeflussdichte (Q_{met}) ergibt sich aus der direkt vom Menschen freigesetzten Wärme, die beispielsweise über die Haut an die Atmosphäre abgegeben wird. Diesem Wert wird, bezogen auf eine ganze Stadt, lediglich eine untergeordnete Rolle zugeschrieben (HENNINGER 2011). Sie spielt jedoch bei der Betrachtung der Innenraumklimatologie eine bedeutende Rolle (KUTTLER 2004b). Das mittlere Bowen-Verhältnis einer Stadtoberfläche mit $Bo = Q_F/Q_L$ liegt häufig über 1 und identifiziert den deutlichen Einfluss der fühlbaren Wärme auf die Erwärmung der Stadtatmosphäre. Das Bowen-Verhältnis beschreibt dabei den Quotienten zwischen fühlbarem und latentem Wärmestrom (KUTTLER 2004b).

Der Energiebilanz liegt die Strahlungsbilanz (Q^*) zu Grunde. Diese setzt sich aus der eintreffenden kurzwelliger Sonneneinstrahlung und der langwelliger Strahlung, die von Erde und Atmosphäre ins Weltall zurückgestrahlt wird, zusammen. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

$$Q^* = K\downarrow - K\uparrow + L\downarrow - L\uparrow - L\uparrow_{refl} \quad (Gl. 2)$$

Q^* beschreibt die Strahlungsbilanz, $K\downarrow$ die direkte (I) und diffuse (D) Globalstrahlungsflussdichte, $K\uparrow$ steht für die kurzwellige Reflexion, $L\downarrow$ für die langwellige atmosphärische Gegenstrahlung, $L\uparrow$ für die langwellige Ausstrahlung und $L\uparrow_{refl}$ für die langwellige Reflexion (KUTTLER 2004). Die Strahlungsbilanz Q^* zeichnet sich im urbanen Raum insbesondere dadurch aus, dass die kurzwellige Strahlungsflussdichte in der Stadt deutlich geringer ist als dies im Umland der Fall ist. Dies lässt sich auf die hohen Luftbeimengungen in der Stadt zurückführen, da atmosphärische Aerosole einen Teil der Strahlung absorbieren und deren Ausbreitungsrichtung ändern können (HUPFER & KUTTLER 2005). Die urbane Atmosphäre erfährt, verglichen mit dem Umland, somit eine Abschwächung von durchschnittlich 10 % der einfallenden solaren Strahlung (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, HENNINGER 2011). Die Globalstrahlung $K\downarrow$ erreicht als direkte Sonnenstrahlung (I) oder als diffuse Strahlung (D) die Erdoberfläche, an der sie entweder teilweise absorbiert oder reflektiert wird. Der Anteil der diffusen Strahlung ist dabei erhöht gegenüber der direkten Strahlung. Die kurzwellige Reflexion wird als reflektierte Globalstrahlung $K\uparrow$ angegeben und ist abhängig von Farbe, Geometrie und Struktur des urbanen Raums. Je nach Flächennutzung des ruralen Raums können sich die Werte

derer des nicht bewaldeten Umlands annähern. Die Differenz zwischen Globalstrahlung und reflektierter Globalstrahlung ist immer positiv. Der dadurch entstehende Energieüberschuss erwärmt die Erdoberfläche und demzufolge über den Bodenwärmestrom den Boden sowie die gesamte Atmosphäre. Die verminderte Globalstrahlung in einer Stadt weist jahreszeitliche Schwankungen auf, die auf den Aerosolgehalt in der Luft zurückzuführen sind. Im Winter stellen sich vermehrt stabile Luftschichtungen ein, die einen Austausch verhindern und den Aerosolgehalt konstant höher halten. Des Weiteren beeinflusst auch die Sonnenstandshöhe (Deklination und Azimut) die Globalstrahlungswerte (HELBIG, BAUMÜLLER & KERSCHGENS 1999, HENNINGER 2011, HUPFER & KUTTLER 2005).

Im Kontrast zum Umland ist die ankommende langwellige Strahlung im Siedlungsraum erhöht. Dies ist vor allem auf Mehrfachreflexionen innerhalb von Straßenschluchten und dunkle Oberflächen zurückzuführen. Daraus folgen auch eine geringere Albedo und eine geringere kurzwellige Strahlungsflussdichte. Die Intensität der langwelligen Strahlung wird durch Oberflächen- und Lufttemperaturen sowie durch die langwelligen Emissionsgrade der verschiedenen Oberflächenmaterialien des Stadtkörpers bestimmt (HENNINGER 2011, MOHAJERANI, BAKARIC & JEFFREY-BAILEY 2017). Analog dazu nimmt der Himmelssichtfaktor ψ (engl. *sky view factor*, SVF) ebenfalls großen Einfluss auf die langwellige Strahlung. Dieser ergibt sich „aus dem Quotienten der aktuellen Himmelssicht zum potentiell freien Himmel“ (KUTTLER 2004b, 264). Der Wert wird folglich beeinflusst durch die Straßenrandbebauung und Straßenbreite. Ein hindernisfreier Standort erreicht den maximalen Himmelssichtfaktor von $\psi=1$, wohingegen innerstädtische Straßenschluchten beispielsweise einen Wert von 0,4 zeigen können. Grund hierfür ist, dass die langwellige Ausstrahlung nicht direkt in die freie Atmosphäre zurückstrahlen kann, sondern durch Hindernisse und Oberflächenstrukturen erneut absorbiert und umgelenkt wird. Demnach kommt es zu einem Strahlungsgewinn und einer Temperaturerhöhung (HENNINGER 2011). Ausgehend von diesen Erkenntnissen ergeben sich aufgrund der niedrigeren kurzwelligen Strahlungsflussdichten und den erhöhten langwelligen Strahlungsflussdichten insgesamt „niedrigere Werte [hinsichtlich der Strahlungsbilanz] für den versiegelten als für den nicht versiegelten Bereich“ (KUTTLER 2004b, 264).

Die relative Luftfeuchte erreicht in Städten tendenziell niedrigere Werte aufgrund der geringen Evapotranspiration (KUTTLER 2004b). Diese ist bedingt durch das Fehlen entsprechender Grün- und Wasserflächen, die als Ausgleichsräume wirken können. Diesbezüglich spricht man auch von Städten als Trockeninseln. Generell können während der Sommermonate in der Stadt jedoch auch feuchtere Bedingungen verzeichnet werden, auch zeigt sich bei Strahlungswetterlagen eine erhöhte Luftfeuchtigkeit in der Nacht im Vergleich zum Umland und zu den Tageswerten. Diesem städtischen Feuchteüberschuss liegen verschiedene Faktoren zu Grunde. Zum einen erlaubt der Wärmeinseleffekt eine nächtliche Verdunstung, des Weiteren kommt es im Stadtgebiet zwar seltener zu Tauabsatz, dafür aber zu technisch bedingtem Wasserabsatz (z. B. über Klimaanlage). Zudem kann über Advektion aus dem Umland feuchtere Luft in die Stadtatmosphäre eingetragen werden (KUTTLER 2004b).

Gerade extreme Niederschlagsereignisse oder Trockenperioden stellen in Städten eine Herausforderung dar. Generell wird aufgrund des Versiegelungsgrades ein Großteil des Niederschlags über die Kanalisation den Vorflutern zugeführt und damit der Verdunstung entzogen (Abbildung 3). Bei Starkregen ($> 5 \text{ l/m}^2$ innerhalb von fünf Minuten) kann das Entwässerungssystem unter Umständen die Wassermengen nicht mehr aufnehmen und es kommt zu Überflutungen. Der oberirdische Abfluss kann dabei erheblichen Schaden verursachen. Außerdem führt ein Überlaufen der Mischwasserkanalisation zu einer Kontamination der Vorfluter. Bei anhaltender Trockenheit hingegen fehlt der Kanalisation Wasser – mit einhergehender Windstille kann es weiter zur Akkumulation von Spurenstoffen in der Stadtatmosphäre kommen. Auch Trinkwasserknappheit kann bei lang ausbleibendem Niederschlag und absinkendem Grundwasserspiegel eine Folge sein. Nach langen Trockenperioden kann die ausgetrocknete obere Bodenzone den Niederschlag außerdem schlecht aufnehmen, es kommt zu oberflächlichem Abfluss, erhöhter Bodenerosion und einer geringen Grundwasserneubildungsrate (ARNFIELD 2003, BREUSTE, ENDLICHER, MEURER 2007, FEZER 1995, HENNINGER 2011, KUTTLER 2008, MALBERG 2007).

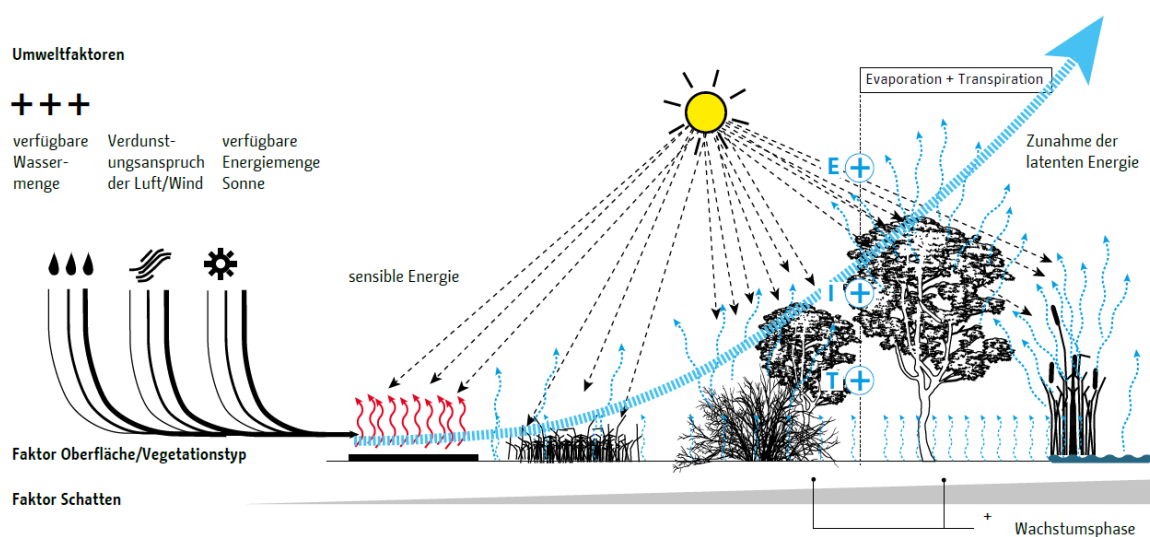


Abbildung 3: Faktoren der Kühlleistung durch Verdunstung (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 24).

Die thermischen und hydrologischen Eigenschaften werden maßgeblich durch den Versiegelungsgrad einer Stadt bestimmt. Dieser sorgt für einen verminderten oder vollständig unmöglichen Austausch von Gasen und Flüssigstoffen zwischen Boden und Atmosphäre. Zu den versiegelten Flächen zählen Gebäude, Verkehrswege und Plätze. Man unterscheidet in verschiedene Versiegelungsstufen von I) mäßige Versiegelung (10-50 % der Gesamtfläche einer Stadt, entspricht Einfamilienhaussiedlungen), II) mittlere Versiegelung (45-75 %, entspricht Blockrandbebauung), III) starke Versiegelung (70-90 %, entspricht Blockbebauung) und IV) sehr starke Versiegelung (85-100 %, entspricht intakter Blockbebauung in Innenstädten) (KUTTLER 2004a). Heidelberg weist in den Kernstadtbereichen eine mittlere bis starke Versiegelung auf.

Bei genauerer Betrachtung stellt der Nachweis des Stadtklimas generell jedoch eine Herausforderung dar. Denn der Rückschluss eines Stadtklimas auf ausschließlich Urbanisierungseffekte ist nur durch Vergleich eines aktuellen Wertes mit einem präurbanen Wert zu denselben örtlichen, klimatischen sowie zeitlichen Bedingungen möglich. Da aus präurbaner Zeit in den meisten Fällen keine Daten existieren, ist dieser Nachweis nur unter Einbezug von Modellierungen und Modellmessungen durchführbar (HENNINGER 2011).

Des Weiteren existieren, anders als bei Lufthygiene oder Lärm, für das Stadtklima keine Grenzwerte. Trotz vieler Klimamodelle, wie beispielsweise das Klima-Michel-Modell, welches neben der gemessenen Temperatur auch die durch bestimmte Wetterlagen erzeugte gefühlte Temperatur ermittelt, oder bestimmter abgeleiteter Begriffe wie der Tropennacht (Nachttemperatur $> 20\text{ °C}$) gibt es keine Grenzwerte, die fachlich oder methodisch ermittelt werden und deren Einhaltung für das Vorliegen eines Städteklimas verpflichtend sind.

2.1 Die Stadtatmosphäre

Aufgrund der zuvor beschriebenen Veränderungen der Oberflächenstruktur im urbanen Raum wird auch die Planetare Grenzschicht (Peplosphäre) im Stadtgebiet modifiziert (engl. *Planetary Boundary Layer*, PBL) und folglich als städtische Grenzschicht bezeichnet (engl. *Urban Boundary Layer*, UBL). In einer schematischen Darstellung des Stadtkörpers und der Stadtatmosphäre in Abbildung 4 wird der bodennahe Teil bis zu einer mittleren Dachniveauhöhe als Stadthindernisschicht (engl. *Urban Canopy Layer*, UCL) angeführt. Diese entspricht dem unteren Teil der Bodenschicht. Dieser gehört darauf aufbauend auch die Stadtreibungsschicht (engl. *Urban Roughness Sublayer*, URS) an. Den oberen Teil bildet die städtische Mischungsschicht (engl. *Urban Mixing Layer*, UML). Tagesgangabhängig kann diese eine Mächtigkeit von mehreren hundert Metern erreichen. Mit zunehmender Höhe verliert die vorherrschende Schubspannung der unteren Schichten an Kraft und die der Coriolis- und Gradientkraft nimmt zu. Die freie Atmosphäre (FA) schließt sich über dem Stadtkörper in einer größeren Höhe von bis zu zwei Kilometern im Vergleich zu über dem Umland an (ARNFIELD 2003, KUTTLER 2004b). Teilweise wird aufbauend auf die Stadthindernisschicht auch von einer Übergangsschicht (engl. *Urban Turbulent Wake Layer*) und einer Stadtgrenzschicht (engl. *Urban Constant Flux Layer*) gesprochen (KUTTLER 2005) (Abbildung 4).

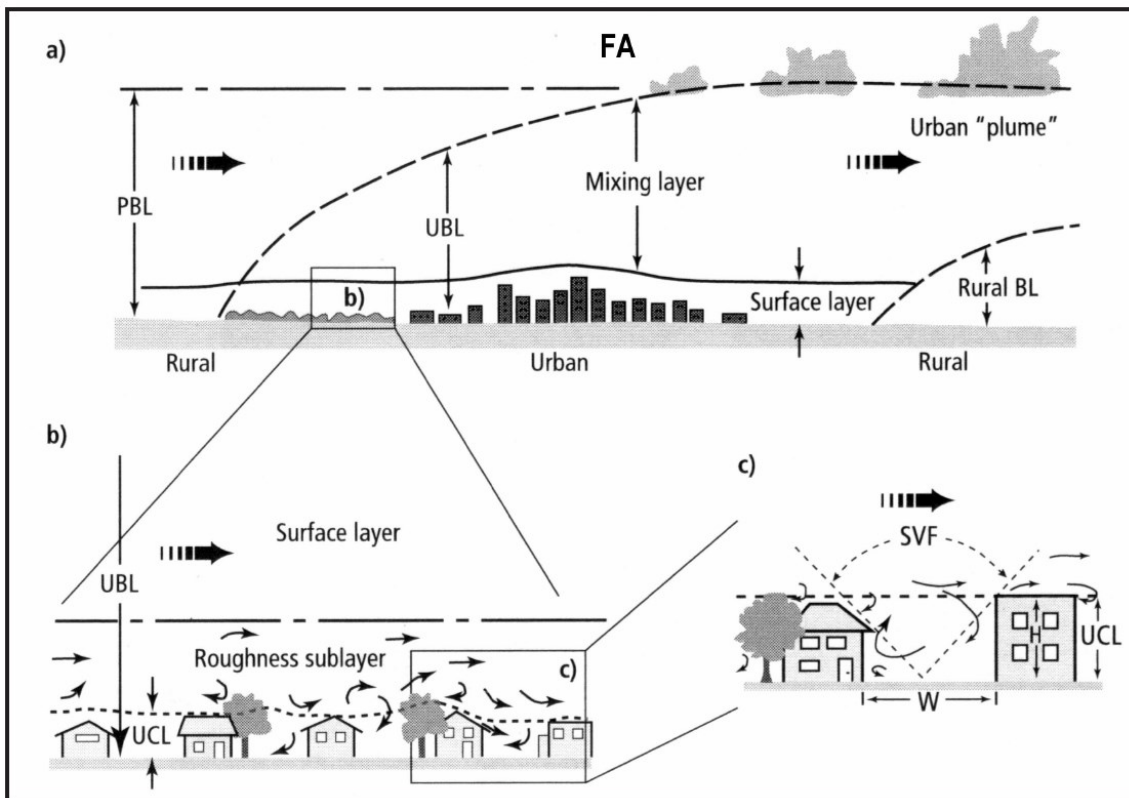


Abbildung 4: Planetare Grenzschicht über einem Stadtgebiet. A) Aufbau der Stadtatmosphäre, b) bodennahe Schichtung der städtischen Grenzschicht, c) Himmelssichtfaktor (KUTTLER 2004b).

2.2 Bioklima und thermisches Empfinden

Wie beschrieben bestimmt eine Vielzahl an Faktoren das Mikroklima in der Stadt und an öffentlichen Plätzen. Ein in jeder Hinsicht ideales Stadtklima kann es folglich in einer bestehenden Stadt nicht geben. Auch gibt es für die klimatische Verbesserung keine allgemeingültigen Konzepte, vielmehr müssen diese stets auf die individuellen Begebenheiten angepasst werden. Für das Wohlbefinden ist besonders das Bioklima entscheidend (NASTOS & MATZARAKIS 2008; MAYER et al. 2008). Dieses beschreibt die Gesamtheit der atmosphärischen Einflüsse auf den menschlichen Organismus. Nach ENDLICHER (2012) setzen sich diese aus dem thermischen, aktinischen, chemischen und neurotropischen Wirkungskomplex zusammen. Vor allem die thermischen Einflussfaktoren – bestehend aus kurzwelliger und langwelliger Strahlung, Wind, Luftfeuchte und Lufttemperatur – nehmen dabei entscheidenden Einfluss auf die menschliche Behaglichkeit (thermischer Komfort) bzw. die thermische Belastung und Gesundheit. Generell liegt bei sommerlicher Hitze größerer thermischer Stress vor als bei winterlicher Kälte. Dies geht auch mit der Tatsache einher, dass der Mensch in den Sommermonaten generell häufiger den thermischen Bedingungen ausgesetzt ist als im Winter. Dabei spielt jedoch nicht nur die erhöhte Temperatur, sondern auch die direkte Sonneneinstrahlung, Infrarotstrahlung sowie Windbedingungen und die Luftfeuchte eine entscheidende Rolle. Der „Klima-Michel“ stellt zum Beispiel ein wichtiges Modelltool in diesem Kontext dar und bezieht mehrere humanbiometeorologische Indizes (PET, PMV, PT) mit ein (Abbildung 5). Der „Klima-Michel“ berücksich-

tigt alle für den menschlichen Organismus relevanten meteorologischen Prozesse, beispielsweise die Auswirkung von Ventilation oder erhöhter Luftfeuchte auf die humane Thermoregulation, und findet u.a. beim Deutschen Wetterdienst (DWD) Anwendung (Abbildung 5). Das Modell geht von einem „Durchschnittsmenschen“ im Alter von etwa 35 Jahren mit einer Körpergröße von 1,75 m, einem Körpergewicht von 75 kg und einer Körperoberfläche von 1,9 m² aus (JENDRITZKY et al. 1990). Auch der PMV-Index (engl. *Predicted Mean Vote*) nach FANGER (1972) kategorisiert thermische Empfindung bezüglich der menschlichen Behaglichkeit bzw. Unbehaglichkeit und der zu erwartenden Belastungsstufen ein (Tabelle 2). Diese Größen basieren auf der Energiebilanz des menschlichen Körpers:

$$M + W + Q^* + Q_H + Q_L + Q_{SW} + Q_{Re} + Q_N + Q_S = 0 \quad (\text{Gl. 3})$$

mit „M dem Gesamtenergieumsatz, W der mechanischen Leistung (Arbeitsleistung nach außen), Q* der Strahlungsbilanz, Q_H dem turbulenten Fluss fühlbarer Wärme, Q_L dem turbulenten Fluss latenter Wärme infolge epidermaler Wasserdampfdiffusion ohne Schweißdrüsenbeteiligung (Perspiratio insensibilis), Q_{SW} dem turbulenten Fluss latenter Wärme durch Schweißverdunstung, Q_{Re} dem Atemwärmefluss, Q_N dem fühlbaren Wärmefluss durch Anpassung von Nahrung an die Körperkerntemperatur und Q_S dem Speicherwärmefluss durch Veränderung der Körpertemperatur. Für die genannten Größen gilt die Einheit W Person⁻¹“ (KUTTLER 2004b, 270).

Tabelle 2: PMV-Index mit PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur, engl. Physiological Equivalent Temperature) und der gefühlten Temperatur pt (engl. perceived temperature) sowie dem thermischen Empfinden und der dazugehörigen physiologischen Belastungsstufe (KUTTLER 2004b).

PMV	PET	pt	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
-3,5	4°C	-39°C	sehr kalt	extreme Kältebelastung
-2,5	8°C	-26°C	kalt	starke Kältebelastung
-1,5	13°C	-13°C	kühl	mäßige Kältebelastung
-0,5	18°C	0°C	leicht kühl	schwache Kältebelastung
± 0	20°C	20°C	behaglich	keine Wärmebelastung
0,5	23°C	26°C	leicht warm	schwache Wärmebelastung
1,5	29°C	32°C	warm	mäßige Wärmebelastung
2,5	35°C	38°C	heiß	starke Wärmebelastung
3,5	41°C		sehr heiß	extreme Wärmebelastung

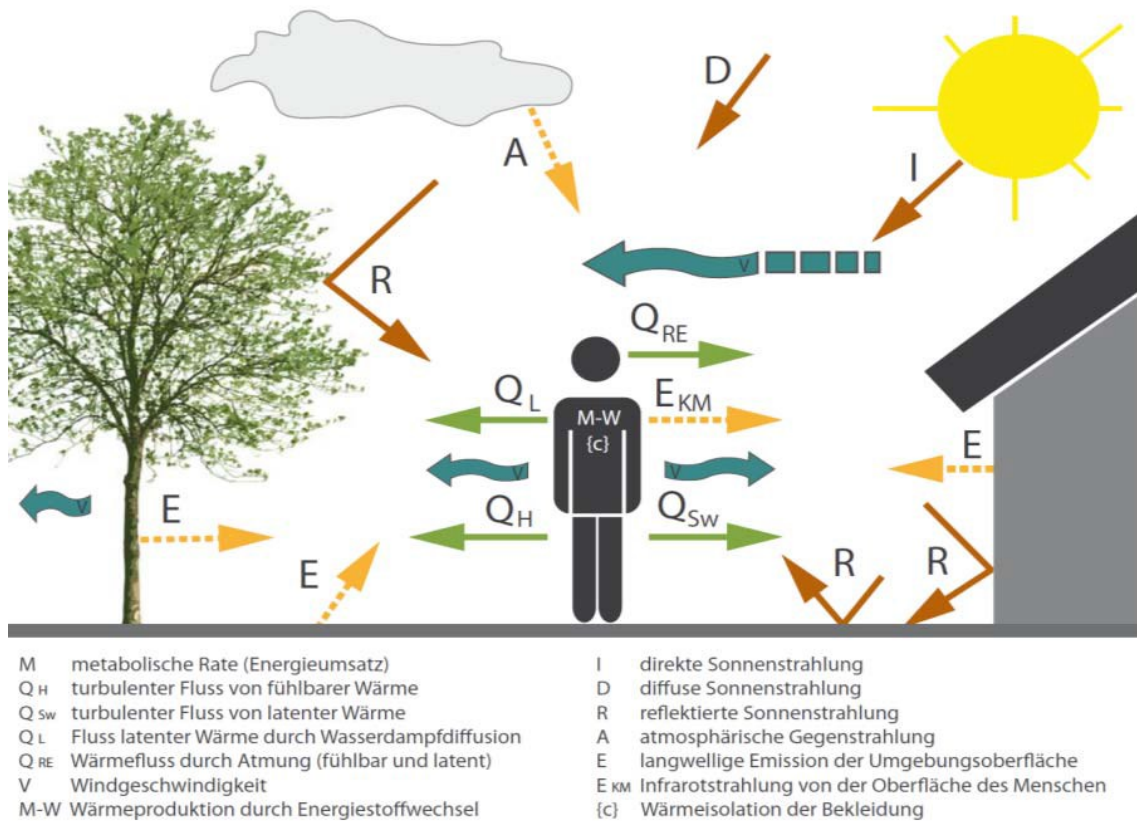


Abbildung 5: Der thermische Wirkungskomplex eines Durchschnittsmenschen am Beispiel des Klima-Michel-Modells (BAUMÜLLER 2017, 43).

Vor allem die direkte Sonneneinstrahlung beeinflusst die gefühlte Temperatur bedeutend und beeinflusst maßgeblich den thermischen Wirkungskomplex. Neben den weiteren beschriebenen Erwärmungseffekten im urbanen Raum beeinflusst darüber hinaus ebenso die individuelle Verhaltensweise, wie die Wahl von angemessener Kleidung und angepasstes Handeln und Verhalten das thermische Empfinden (BAUMÜLLER 2017). Ein Beispiel für extreme Hitzebelastung mit erhöhter Todesfolge stellt der Extremsommer 2003 in West- und Mitteleuropa dar (ROBINE et al. 2008).

Zum aktinischen Wirkungskomplex zählen UV-Strahlung, sichtbares Licht sowie Infrarotstrahlung. Die chemischen Einflüsse wiederum setzen sich aus festen, flüssigen, gasförmigen natürlichen sowie anthropogen erzeugten Luftbestandteilen zusammensetzen. Des Weiteren beschreiben Wetter- und Witterungsgeschehen, Infraschall, Feldstärkefading sowie elektromagnetische Impulsstrahlung den neurotrophen Anteil des Humanbioklimas (ENDLICHER 2012, JENDRITZKY et al. 1990). Die vier genannten Wirkungskomplexe nehmen in der Stadt eine besondere Bedeutung ein. Vor allem thermische Belastungen bedingt durch erhöhte Temperaturen und direkte Sonneneinstrahlung aufgrund fehlender Beschattungsmaßnahmen sorgen mit fortschreitendem Klimawandel für häufiger auftretende Hitzestressbedingungen. Mit einer Intensivierung der stadtklimatologischen Effekte und einer

Zunahme von Extremwetterereignissen ist zu rechnen. Schon heute sorgen langanhaltende Hitzeperioden wie im Sommer 2003 – vor allem in Großstädten – für eine erhöhte Sterblichkeit. Diese Effekte treten jedoch nicht nur in ariden oder tropischen Gebieten auf, auch in Berlin wurde der Zusammenhang zwischen Hitzestress und zunehmender Mortalität bereits nachgewiesen (GABRIEL & ENDLICHER 2011). Die Effekte von Beschattung und Versiegelung öffentlicher Flächen in der Stadt auf die thermische Belastung wurden am Beispiel des Alten Synagogeplatzes in Freiburg anhand von drei Modellen – SkyHelios, RayMan und ENVI-met – berechnet. So werden vom Klimawandel und durch nicht-klimaangepasste Bebauung und Gestaltung längere Perioden mit Hitzestress bei gleichzeitiger Zunahme der Intensität von Hitzestress abgeleitet (FRÖHLICH & MATZARAKIS 2013). Der Vermeidung von Hitzestress kommt daher eine besondere Bedeutung in der Freiraumgestaltung zu.



Unterrichten im Kontext des Klimawandels I

Die Relevanz der Thematik für die Lehrerbildung besteht in der Aktualität, dem lokalen Bezug am Standort Heidelberg und der forschungs-basierten Umsetzung (Forschendes Lernen). Klimawandel ist eine aktuelle, gesellschaftliche und von der Wissenschaft aufgegriffene Problemstellung, die auch im Kontext Lehre immer mehr an Bedeutung gewinnt – künftige LehrerInnen müssen sich mit den daran anknüpfenden Themen und Problematiken auseinandersetzen, um erfolgreich an der Schnittstelle Geographie, nachhaltige Entwicklung und Gesellschaft vermitteln zu können. Über praxisorientierte Projektseminare können dementsprechend komplexe Themen der Klima- und Umweltforschung mit Lehramtsstudierenden bearbeitet werden, um dabei sowohl fachwissenschaftliche Unterstützung zu leisten sowie die Fachwissensbildung forschungs- und anwendungsgestützt zu begleiten.

2.3 Urbane Oberflächen und Materialien

Wichtigstes Merkmal im Hinblick auf die Eigenschaften urbaner Oberflächen ist die Oberflächenvergrößerung im städtischen Siedlungsraum bedingt durch die dreidimensionale Baukörperstruktur. Hierdurch erhalten Klimaparameter wie die Sonneneinstrahlung gegenüber dem ruralen Umland eine deutlich erhöhte Angriffsfläche. Die Eigenschaften urbaner Oberflächen lassen sich in thermische und hydrologische Aspekte differenzieren. Thermische Eigenschaften werden vor allem durch den Versiegelungsgrad, die Versorgung mit Wasser, die Exposition und die Beschaffenheit des Baumaterials bestimmt – die wichtigsten Merkmale stellen dabei Farbe und Rauigkeit dar. So erhöht sich beispielsweise die Lufttemperatur an Strahlungstagen deutlich im Umfeld von dunklen Oberflächen mit geringer Albedo (Bsp. Asphalt, dunkle Dachziegel) (MOHAJERANI, BAKARIC & JEFFREY-BAILEY 2017). Alle unbepflanzten Oberflächen zeigen deutlich extremere tageszeitliche Temperaturschwankungen, während bepflanzte Flächen lediglich geringe oder kaum tageszeitlichen Schwankungen auf-

weisen. Die Integration von Begrünungsmaßnahmen in bestehende Oberflächenstrukturen stellt daher ein wichtiges Nutzungspotenzial und positiven Nebeneffekt (Co-Benefit) für die nachhaltige Stadtplanung dar. Dach- und Fassadenbegrünung oder die Baubotanik sind Beispiele solcher Maßnahmen (Kapitel 8). Hydrologische Merkmale urbaner Oberflächen werden durch folgende Faktoren definiert: Abfluss von Wasser, Infiltrationsvermögen, kapillarer Aufstieg, Versickerungsrate und Verdunstungspotenzial (HENNINGER 2011, MOHAJERANI, BAKARIC & JEFFREY-BAILEY 2017, YANG et al. 2016).

2.4 Urbane Biosphäre und Stadtvegetation

Nach den Flussauen stehen Städte auf Platz zwei der artenreichsten Landschaftstypen in Deutschland. Aufgrund der Variation von Materialien und Baustrukturen finden sich in urbanen Räumen vielfältige ökologische Nischen wieder, die vor allem auch für an Hitze angepasste Neophyten Lebensräume bieten. Städte dienen für viele Arten, darunter auch Wildtiere, vor allem als Nahrungsquelle. Ausschlaggebend für eine städtische Artenvielfalt ist das Vorhandensein von ausreichend unversiegelten Freiflächen, Garten- und Parkanlagen, Brachflächen und einer aufgelockerten Bebauung. Die Artenvielfalt ist demnach in den urbanen Randbereichen deutlich höher (NORRA 2015). Auch die urbane Flora und Fauna ist durch den Stadtklimaeffekt beeinflusst. Zu den Modifikationen zählen das frühere Einsetzen der Vegetationsperiode, Zunahme von wintergrünen, nitrophilen und lichtliebenden sowie frost- und kältempfindlichen Arten, die Ansiedlung von Neophyten und Neozoen sowie die Abnahme feuchtliebender Arten. Moose, Flechten und Farne treten beispielsweise deutlich seltener auf (HENNINGER 2011). Generell unterscheidet man zwischen urbanophoben (stadtflihenden) Arten, zu diesen zählen Lilien- oder Orchideengewächse, urbanoneutralen und urbanophilen (stadtbevorzugenden) Arten (Kapitel 8.3). Zu letzteren zählen außerdem orbitophile Arten, die sich aufgrund der Temperatur- und Bodenfeuchtebedingungen vorzugsweise an Gleisanlagen und Bahnhöfen ansiedeln. Ein großer Anteil der Stadtflora wird dabei durch sogenannte allochthone Adventivarten gestellt, die bewusst oder unbewusst anthropogen eingebracht wurden. Unzählige Stadtbaumarten sind ein Beispiel für durch den Menschen eingebrachte Adventivarten (BREUSTE, ENDLICHER & MEURER 2007).

2.5 Stadt im Klimawandel

Der neueste Bericht des Weltklimarates IPCC (2013), der Report der Royal Society und der US National Academy of Sciences „Climate Change Evidence & Causes“ (2014) und das „WMO Statement on the Status of the global Climate in 2013“ (2014) fassen das Ausmaß anthropogen hervorgerufener Veränderungen wie folgt zusammen: „Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig. Seit den 1950er-Jahren erreichten viele der beobachteten Veränderungen seit Jahrzehnten bis Jahrtausenden nie da gewesene Ausmaße. Die Atmosphäre und die Ozeane haben sich erwärmt, die Menge an Schnee und Eis hat sich verringert, der Meeresspiegel und die Konzentration der Treibhausgase sind angestiegen. Der menschliche Einfluss auf das Klima ist klar. Das zeigen die steigenden Treibhaus-

gas-Konzentrationen, die beobachtete Erwärmung und das bessere Verständnis des Klimasystems. Es ist extrem wahrscheinlich, dass der menschliche Einfluss auf das Klima die dominante Ursache der beobachteten Erwärmung seit der Mitte des 20. Jahrhunderts ist.“ Der globale Temperaturanstieg von ca. 0,85 °C in der Periode 1880-2012 ist darüber hinaus unbestritten (IPCC 2013). Verschiedene Regionen reagieren dabei unterschiedlich sensitiv auf die veränderten Umweltbedingungen. Städte nehmen im anthropogen induzierten Klimawandel eine besondere Stellung ein. Sie sind aufgrund ihrer Struktur und großen Zahl an EinwohnerInnen vulnerabler als andere Regionen. Es wird erwartet, dass der globale Klimawandel in den folgenden Jahrzehnten eine größere Belastung mit sich bringt und Auswirkungen auf zahlreiche soziale und biophysikalische Systeme wie Bevölkerungsgesundheit, städtische Infrastruktur, Energiebedarf und Wasserversorgung haben wird. Parallel stellt der starke globale Trend zur Verstädterung immer größere Herausforderungen an die städtische Bevölkerung und die lokale Verwaltung, um das Wohlergehen der wachsenden Städte zu erhalten und zu schützen (ROSENTHAL et al. 2007). Ballungsräume wie die Metropolregion Rhein-Neckar haben künftig mit zunehmenden hitzebedingten Beeinträchtigungen und weiteren vom Klimawandel ableitbaren Folgen zu rechnen (UBA 2015).



Unterrichten im Kontext des Klimawandels II

“Da sich die Debatte um den Klimawandel und Nachhaltigkeit nicht auf die wissenschaftliche Community beschränkt, sondern insbesondere in den Medien und in der Gesellschaft allgemein von großer Bedeutung ist, spielt die Thematik auch in der universitären Ausbildung und im Kontext Schule eine entscheidende Rolle. Über praxisorientierte Projektseminare können komplexe Themen der Klima- und Umweltforschung mit Studierenden bearbeitet werden, um die Fachwissensbildung forschungs- und anwendungsgestützt zu begleiten und eine innovative Lehr-Lernmethode kennenzulernen, die für Lehramtsstudierende direkt Impulse für ähnliche Projekte in der Schulpraxis geben kann. Der transdisziplinäre Ansatz schafft den Studierenden ein forschungsnahes Lernumfeld und ermöglicht ihnen aktiv die Bearbeitung von Lösungs- und Anpassungsstrategien mitzugestalten. Entsprechend erzielt das Projekt darüber hinaus ein sichtbares Ergebnis für eine gesellschaftsrelevante Problematik und leistet einen Beitrag für die nachhaltige Stadtentwicklung in Heidelberg“ (LEUTZ O. J., 195 f., LEUTZ 2017).

Auch das Klima in Heidelberg verändert sich (STADT HEIDELBERG 2015a). Maßgeblich beeinflusst wird dieses durch den Gunstfaktor des Oberrheingraben als eines der wärmsten Gebiete Deutschlands. Den Temperaturmittelwerten zufolge liegt Heidelberg auf den vorderen Plätzen der wärmsten Orte Deutschlands im Wechsel mit Regionen wie dem Bodensee oder Kaiserstuhl. Im Zuge des prognostizierten Klimawandels werden sich die Extreme weiter verstärken. Zwei Aspekte sind hierbei zu beachten: Die Temperaturerhöhung und die Niederschlagsverteilung. Erstere ist in der Fortschrei-

bung des Klimagutachtens von 2015 bereits als reine Trendprognose, abgeleitet aus existierenden Zeitreihen (zum Teil interpoliert), integriert. Man erkennt einige Ausreißer wie beispielsweise Mitte der 40-er Jahre, als es ähnlich viele Heiße Tage gab wie zu heutiger Zeit – der generelle Erwärmungstrend ist aber dennoch ablesbar. Sowohl die Anzahl der Sommertage (Maximaltemperatur ≥ 25 °C) als auch der Heißen Tage (Hitzetage) (Maximaltemperatur ≥ 30 °C) nimmt zu. Die Werte übersteigen jährlich das Mittel von 1981-2010 (STADT HEIDELBERG 2015a). Im Umkehrschluss zeigt sich diese Entwicklung auch in der Anzahl der Frost- und Eistage, mit dem eindeutigen Trend in die entgegengesetzte Richtung. Sichtbar ist diese Entwicklung sowohl in den Temperaturaufzeichnungen als auch in der Anzahl der Tage mit Schneebedeckung.

Heidelberg wird nach aktuellen Prognosen auch in Zukunft keine Trockenheit erfahren, eher ist von einer Umverteilung des Niederschlags auszugehen. Generell spricht man hierbei von einer „Mediterranisierung“ – d.h. das Klimadiagramm wird sich deutlich verändern und dem Mittelmeerklima annähern. Analog ist der weitere Anstieg der Lufttemperaturen bereits in Zahlen und Messungen belegbar. Der Jahresniederschlag wird in der Summe wenig variieren aber mehr auf das Winterhalbjahr entfallen, so dass man auch diesbezüglich eher von mediterranen Klimabedingungen sprechen kann (STADT HEIDELBERG 2015a). Der Sommerniederschlag wird in der Summe weniger werden und in weniger Einzelereignissen auftreten (Zunahme von Starkregenereignissen). In Heidelberg führten solche Starkregenereignisse in jüngerer Vergangenheit bereits zu einer Belastung und teilweisen Beschädigung der Infrastruktur der Stadt und der Forstgebiete. Das Ereignis der starken Überschwemmungen im Mai/Juni 2016 (Braunsbach) war auch in Heidelberg ein außergewöhnliches Ereignis, das in dieser Stärke bisher nicht dokumentiert wurde und passt sich in das Bild der Prognosen ein. Infolgedessen werden auch die klassischen Zusammenhänge zwischen Schneeschmelze und Hochwasser an Relevanz verlieren, da aufgrund der zeitlichen Verlagerung der Niederschläge mehr Winterhochwasser erwartet werden, zeitgleich jedoch weniger Schneebedeckung auftritt. Grundsätzlich geht man von einer allgemeinen Zunahme von außerordentlichen Wetterereignissen verschiedenster Ausprägungen im Vergleich zur klimatologischen Normalperiode aus, bedingt durch die größer werdenden Energieflüsse in der Atmosphäre. So kann die Luft in der Atmosphäre beispielsweise bei einer Erwärmung von einem Grad etwa sieben Prozent mehr Feuchtigkeit aufnehmen (Clausius-Clapeyron-Gleichung) (LATIF 2009).

Das Ergebnis aus dem Bericht zum Modellvorhaben Heidelberg zu „Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen“, dem der Referenzzeitraum 1971-2000 für heute zu Grunde liegt, zeigt die Häufigkeit von Heißen Tagen mit einem Spitzenwert von über 30 °C im Stadtgebiet und im Umland. Neben dem Ist-Zustand wird die kurz bis mittelfristige Zukunft im Zeitraum 2041-2070 sowie der langfristige Prognosezeitraum 2071-2100 modelliert und dargestellt (Abbildung 6). Gut erkennbar ist bereits im Ist-Zustand der Wärmeinseleffekt mit den zentralen Stadtvierteln und einer größeren Häufigkeit von Heißen Tagen pro Jahr in der Größenord-

nung bis ca. 24 Tage (Durchschnittswerte auf den 30-Jahres Referenzzeitraum bezogen). Dagegen liegen die Waldgebiete deutlich darunter mit teilweise null Tagen über 30 °C. Der Wald fungiert – mit gewissen Ausnahmen und Randbedingungen – als wirksamer Puffer (LUBW 2016, LUBW 2017, STADT HEIDELBERG 2015a).

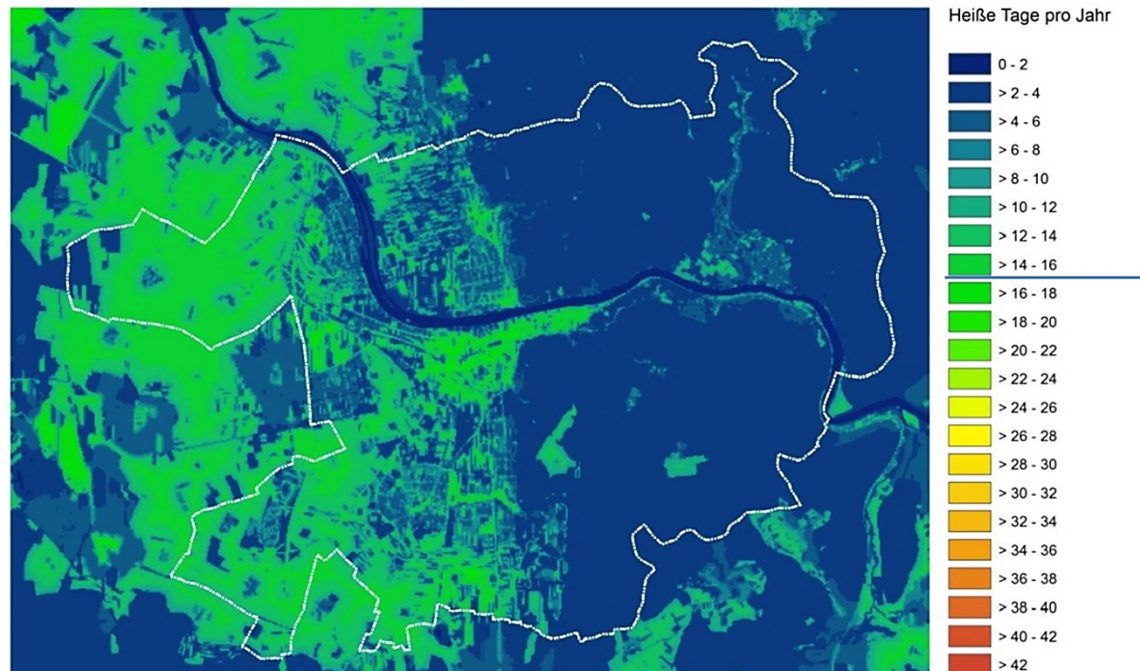


Abbildung 6: Durchschnittliche jährliche Auftretshäufigkeit Heiße Tage für den Ist-Zustand im Referenzzeitraum 1971-2000 (LUBW 2016, 18).

Im mittleren Prognosehorizont 2041-2070 erscheint ein anderes Bild mit gleicher Verteilung: Neben den stark hervorgehobenen Flächen im Stadtzentrum treten auch Feldflächen deutlicher hervor, bedingt durch die erhöhte Ausstrahlung über Freiland gegenüber Waldgebieten (Abbildung 7). Der Wärmeinseleffekt in der Oberrheinebene ist kaum noch ausgeprägt, man findet hingegen auf dem Feld ähnlich hohe Temperaturen wie im Siedlungskern. Insgesamt ergeben sich im Mittel 10-15 zusätzliche Heiße Tage (LUBW 2016, LUBW 2017, STADT HEIDELBERG 2015a).

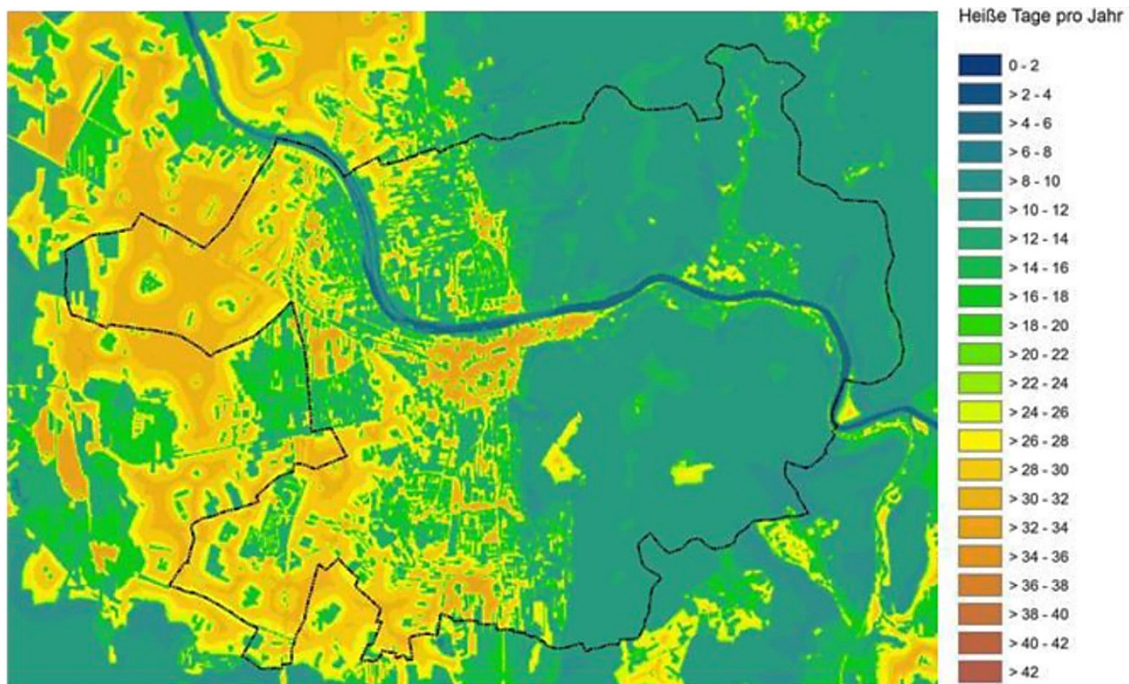


Abbildung 7: Durchschnittliche jährliche Auftretshäufigkeit Heißer Tage für den mittleren Prognosezeitraum 2041-2070 (LUBW 2016, 19).

Für die langfristige Zukunft im Zeitraum 2071-2100 zeigt sich die Entwicklungstendenz des globalen Klimawandels noch deutlicher. In den Kernstadtbereichen wie der Altstadt oder Bergheim werden bis zu 41 Heiße Tage pro Jahr erwartet, während die durchschnittliche jährliche Auftretshäufigkeit Heißer Tage im Odenwald bei etwa neun bis zwölf Tagen liegen wird (Abbildung 8). Auch die westlich des Stadtgebiets gelegenen landwirtschaftlich genutzten Flächen weisen in diesem Zeitraum bis zu 40 Heiße Tage pro Jahr auf (LUBW 2016).

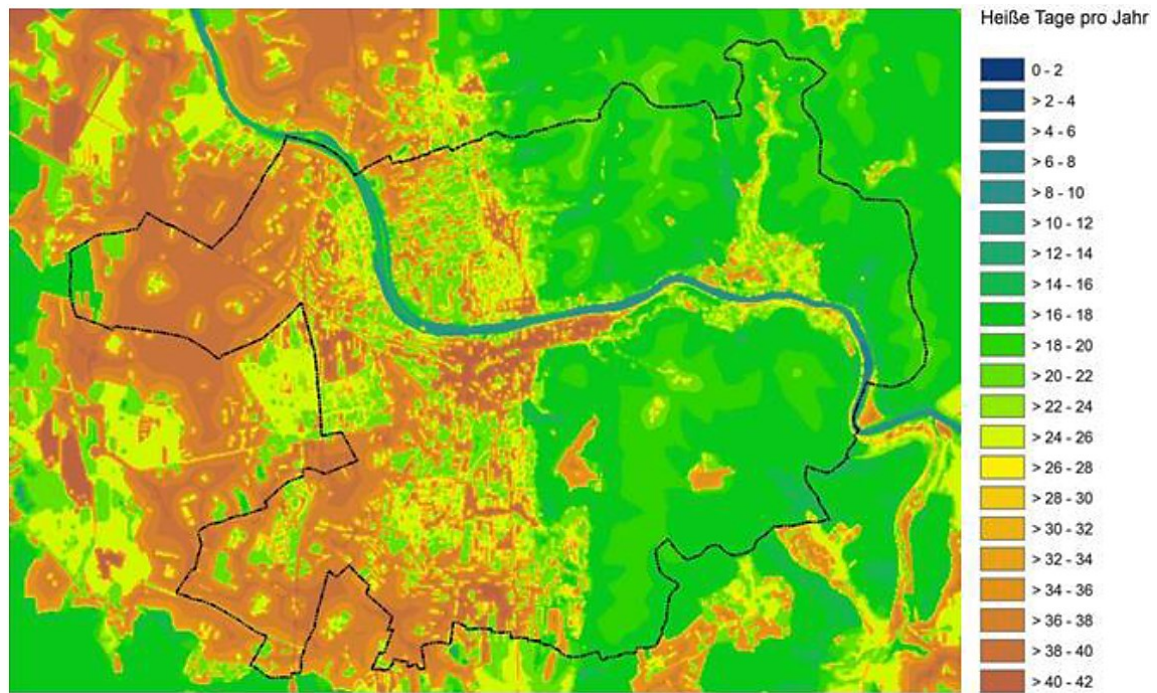


Abbildung 8: Durchschnittliche jährliche Auftrittshäufigkeit Heißer Tage für den langfristigen Prognosezeitraum 2071-2100 (LUBW 2016, 19).

Ähnliche Beobachtungen stellt man auch bei Betrachtung der Anzahl der Tage mit einer $PET > 36\text{ °C}$ und der Anzahl an Tropennächten fest. Die PET (physiologisch äquivalente Temperatur) wird als Maß für die Hitze- bzw. Kältebelastung einer Standardperson herangezogen. Ab 36 °C geht man von einer starken Wärmebelastung für einen durchschnittlichen Menschen im nicht bebauten Raum aus. Der Ist-Zustand zeigt eine deutlich differenzierte Situation. Am häufigsten treten Tage mit hoher thermischer Belastung in den stark versiegelten Stadtteilen wie der Bahnstadt oder Bergheim auf. Hier werden bereits heute durchschnittlich 30 bis 50 Tage mit einer $PET > 36\text{ °C}$ erreicht (Abbildung 9). Grünflächen zeigen die geringsten Werte, so beispielsweise die östlich an die Stadt grenzenden Waldgebiete mit 0-2 Tagen. Auch die Altstadt weist aufgrund der Beschattung in engen Gassen geringere Werte von durchschnittlich 20 Tagen pro Jahr auf. Bis 2100 nimmt die mittlere jährliche Auftrittshäufigkeit deutlich zu. Vor allem auf den Grünflächen und landwirtschaftlich genutzten Flächen werden bis 20 Tage mit einer $PET > 36\text{ °C}$ erwartet. In Teilen des Stadtzentrums werden bis zu 94 Tage mit starker Wärmebelastung prognostiziert (LUBW 2016).

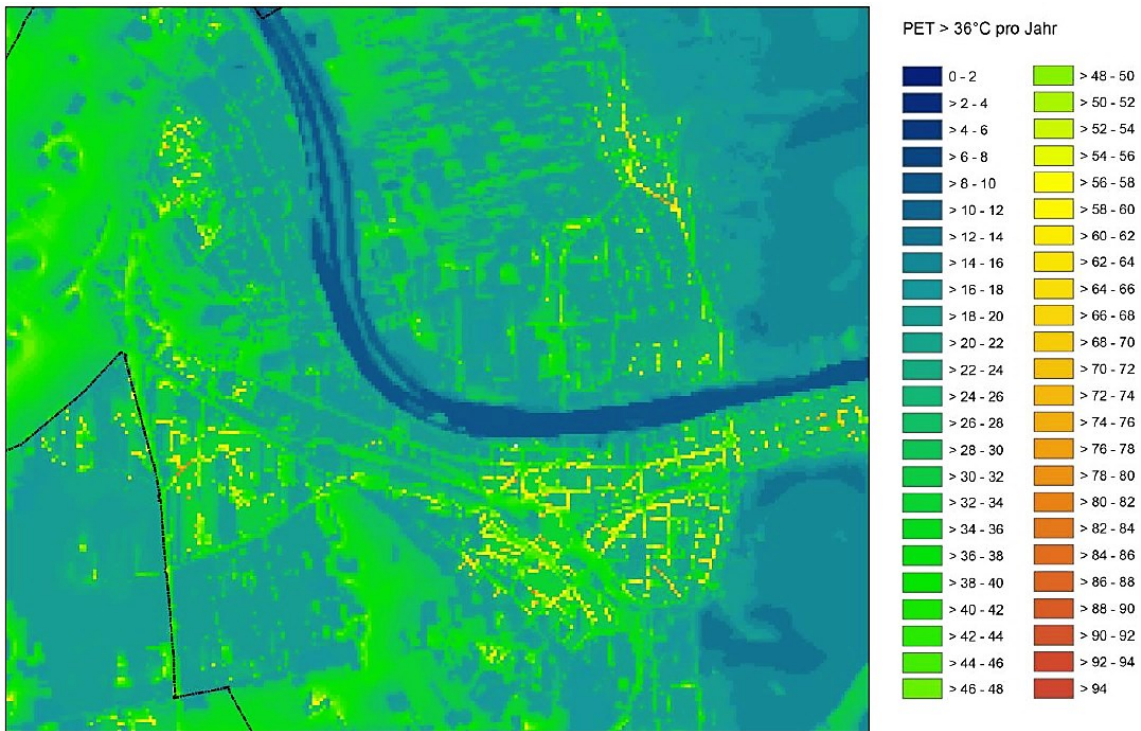


Abbildung 9: Durchschnittliche jährliche Auftrittshäufigkeit von Tagen mit einer PET > 36 °C (starke Wärmebelastung) für das Stadtzentrum im Zeitraum 2071-2100 (LUBW 2016, 24).

Die Anzahl der Tropennächte stellt im Referenzzeitraum 1971-2000 eine relativ einheitliche Verteilung über das gesamte Stadtgebiet dar. Am stärksten ist die Auftrittshäufigkeit in den engen Siedlungs- und Industriegebieten mit etwas mehr als fünf Tagen, in denen die Temperatur nachts nicht unter 20 °C fällt. Anders sehen Modellprognosen für den Zeitraum 2071-2100 aus. Im Hinblick auf die Siedlungsbereiche ist von einer Zunahme der Tropennächte um einen Faktor 7 in der Größenordnung bis zu 35 Tropennächten auszugehen (Abbildung 10). Anders als bei der Darstellung der heißen Tage durch die tagsüber auftretende Sonneneinstrahlung, ist die Rheinebene in diesem Fall nicht betroffen. Auf den landwirtschaftlichen Flächen herrscht eine hohe Ausstrahlung und eine damit einhergehende deutliche Abkühlung in der Nacht, während die Waldflächen eine gewisse Pufferwirkung aufweisen und die Wärmeenergie länger speichern. Dabei spielt jedoch die Höhe des Niveaus eine Rolle: Modelle beziehen sich in der Regel auf eine Höhe von zwei Metern über Grund, also deutlich unterhalb der Baumkronen in Bereichen, in denen Kaltluftproduktion sowie der Kaltluftabfluss wirksam wird und die folglich eine stärkere Abkühlung erfahren (LUBW 2016, LUBW 2017, STADT HEIDELBERG 2015a). Bis 2100 ist mit einer mittleren jährlichen Auftrittshäufigkeit von bis 35 Tropennächten im Stadtgebiet zu rechnen (LUBW 2016).

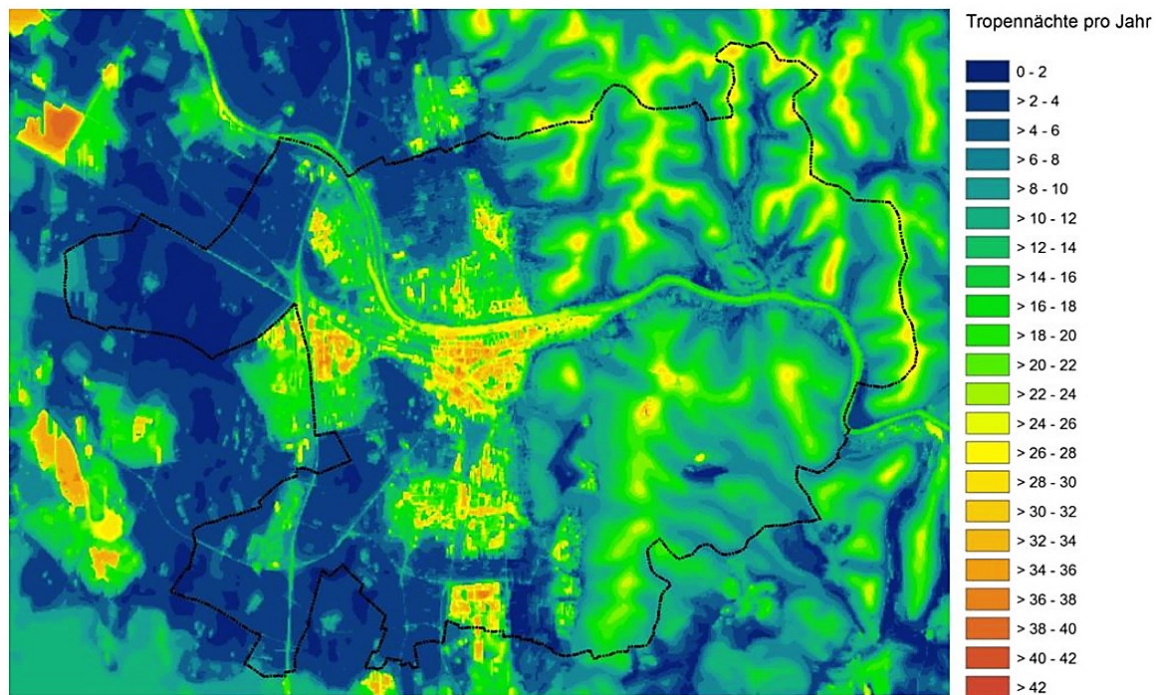


Abbildung 10: Durchschnittlich jährliche Auftretshäufigkeit von Tropennächten im Prognosezeitraum 2071-2100 (LUBW 2016, 28).

Der Sommer 2018 – charakterisiert durch extreme Trockenheit, lang andauernde Hitzeperioden und wenige Einzelextremereignisse – steht beispielhaft für die Tendenz der künftigen Klimaentwicklung und damit einhergehender Belastungen – nicht nur in Heidelberg. Er stellt darüber hinaus eine Ausnahmeerscheinung bezüglich der vorherrschenden Hauptluftmassen und Großwetterlagen dar. Die für Mitteleuropa typische Westwindlage kam im Sommer 2018 kaum zum Tragen, vielmehr sorgte eine Blockade der atlantischen Luftmassen bei gleichzeitigem Auftreten kontinentaler Luftströmungen aus östlicher Richtung für ein dauerhaftes Hoch.

Im Rahmen dieser übergreifenden Trends wird der interdisziplinären Forschung auf städtischer Ebene Vorrang eingeräumt, um adaptive Antworten auf den lokalen Klimawandel entwickeln zu können. „Der Klimawandel und das Paradigma der nachhaltigen Entwicklung erfordern die Zusammenführung getrennter Disziplinen in der interdisziplinären Forschung“ (ROSENTHAL et al. 2007, 844).



Unterrichten im Kontext des Klimawandels III

Handeln für Klimaschutz und Nachhaltigkeit beginnt bei der Bildung und ist auch im Rahmen der „Sustainable Development Goals“ (SDG 4 – Hochwertige Bildung) verankert. Täglich trifft ein Mensch der G20-Staaten durchschnittlich 120 umweltrelevante Entscheidungen und hat das Potenzial kleine Revolutionen im Alltag anzustoßen. Gemäß dem Motto: „Jeder ist Teil des Problems und jeder muss Teil der Lösung werden“ (Nachhaltigkeitskongress "Mehr TateN! - Mehr Zukunft" am 13. April 2018 in Stuttgart). Die Transformation zur Nachhaltigkeit kann Co-Benefit digitaler Transformation sein, stellt aber gleichermaßen eine der größten zivilisatorischen Herausforderungen und kulturelles Problem der heutigen Zeit dar. Gewohnheiten basieren auf historisch geschaffenen Normen und Werten. Diese Praktiken sind gesellschaftlich geformt und werden habituell umgesetzt. Der Mensch als soziales Wesen neigt zu blindem Folgen solcher sozialen Normen. Jedoch kann durch richtige Interventionen ein großer Wandel hervorgerufen werden (Fall der Berliner Mauer) und die Geschichte als Labor fungieren. Eine nachhaltige Alternative muss vorgelebt werden, um Aufklärung und eine Verhaltensänderung hervorzurufen und so den Bias, also die Diskrepanz zwischen Verstehen und Handeln aufzulösen. In diesem Sinne argumentiert auch Uwe Schneidewind, Präsident des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie in seinem neuesten Buch „Die Große Transformation. Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels.“ (2018): „Im Kern handelt es sich bei der Idee Nachhaltiger Entwicklung um ein kulturelles Projekt. Nachhaltige Entwicklung beschreibt einen weiteren Schritt in der Entwicklung menschlicher Zivilisation hin zu einer Welt, in der die Würde und die Entfaltungsmöglichkeiten von Menschen überall auf dieser Welt heute und in Zukunft Kompass für gesellschaftliches, politisches und ökonomisches Handeln sind.“ (SCHNEIDEWIND 2018, 24). Der von Schneidewind geprägte Begriff „Zukunftskunst“ meint „die Kompetenz [...], das Zusammenspiel von technologischen, ökonomischen, politisch-institutionellen und kulturellen Dynamiken in Prozessen der Großen Transformation zu verstehen und sie für das Projekt einer Nachhaltigen Entwicklung fruchtbar zu machen.“ (SCHNEIDEWIND 2018, 34). In diesem Kontext kann das Forschende Lernen eine fruchtbare Rolle bei der Kompetenzbildung spielen.

Die Lage und allgemeine klimatische Begebenheiten im Raum Heidelberg werden im folgenden Kapitel 3 betrachtet. Diese sind Ausgangspunkt für die Messung und Beschreibung mikroklimatischer Parameter an ausgewählten Standorten im Stadtgebiet sowie daran anknüpfender Erhebungen.

3 Lage und klimatische Beschreibung der Stadt Heidelberg

Die Stadt Heidelberg liegt auf 49° 25' nördlicher Breite und 8° 43' östlicher Länge auf einer Höhe von 114 Meter über Normalnull (NN). Die kürzeste Entfernung von Heidelberg zum Meer beträgt ca. 420 km in nord-westlicher Richtung. Das Stadtgebiet liegt auf dem Schwemmkegel des Neckars am östlichen Rand der Oberrheinebene und im stark reliefierten Hangbereich des Neckartals, einem großen Ost-West-Taltrichter. Teile der Gemarkungsfläche gehören auch zum Odenwald, der an die Oberrheinebene grenzt (STADT HEIDELBERG 2015a). Als dritte morphologische Einheit lässt sich die Bergstraße ergänzen, sie verläuft am Westrand des Odenwalds und ist durch das antezedente Durchbruchstal des Neckars in einen nördlichen und südlichen Teil gegliedert (Abbildung 11). Das Stadtgebiet liegt überdies im Ballungsraum Rhein-Neckar mit den einhergehenden klimaökologischen Belastungsfaktoren. Die Altstadt Heidelbergs ist eingebettet in die Ausläufer des Neckartals mit den Erhebungen Königsstuhl (568 m ü. NN) und Gaisberg (376 m ü. NN) im Süden und Weißer Stein (548 m ü. NN) und Heiligenberg (445 m ü. NN) im Norden. Die Grabenschultern erreichen hier Höhen von um die 550 m ü. NN (HUPFER 1994, STADT HEIDELBERG 2015a).

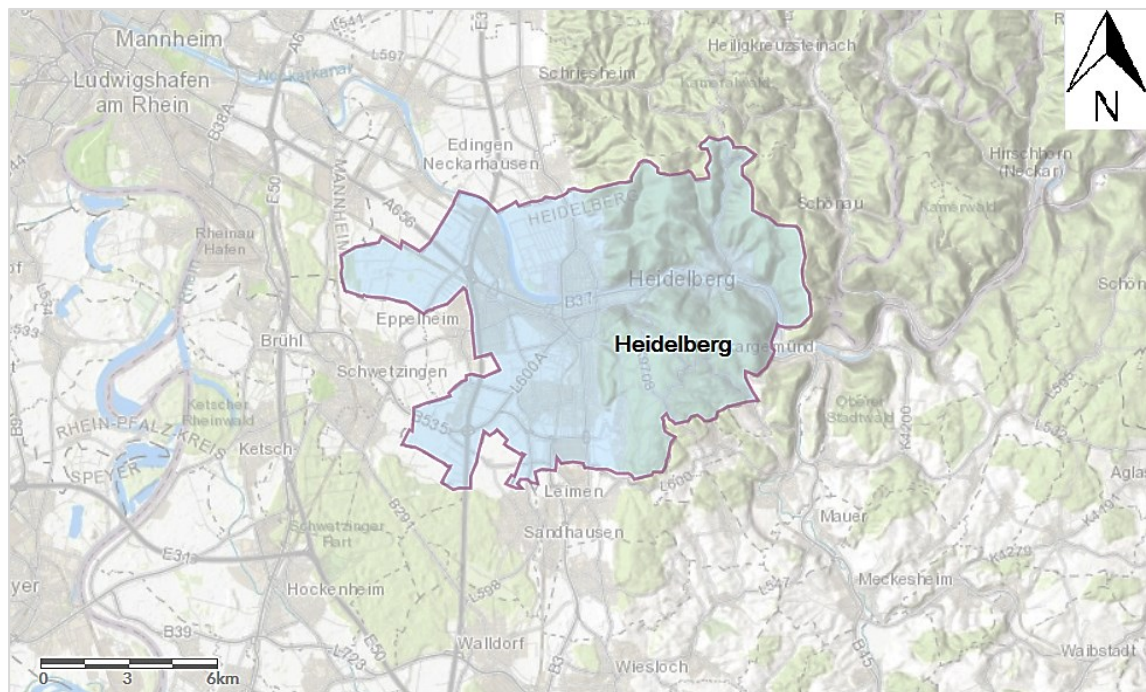


Abbildung 11: Naturräumlich Lage der Gemarkungsfläche Heidelberg (Eigene Darstellung, Kartendaten: ESRI ARCGIS).

Die Gemarkungsfläche Heidelbergs nimmt ein Gebiet von etwa 109 km² ein. Diese setzen sich aus ca. 2968 ha Siedlungsfläche – davon 937 ha Verkehrsfläche, 3184 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche und den restlichen 4396 ha Waldfläche sowie 254 ha Wasserfläche zusammen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist vor allem durch den von fruchtbaren Flusslehm- und Schwemmlößböden gekennzeichneten Neckar-Schwemmkegel begünstigt. Entlang des Bergstraßenhangs verläuft die

Trennlinie zwischen Odenwald und oberrheinischer Tiefebene und damit auch die Grenze der Hauptklimatope Waldklima im Odenwald (grün) und Freilandklima in der Ebene (hellblau) wie in der Klimatopkarte Heidelbergs (Abbildung 12) dargestellt (STADT HEIDELBERG 2015a). Diese basiert auf einer Klassifizierung ausgehend von der Nutzungsstruktur, „des mittleren Versiegelungsgrades und der mittleren Strukturhöhe auf Basis von Eingangs- und Literaturdaten“ (STADT HEIDELBERG 2015a, 15), sowie dem Abgleich mit Luftbildern. Während sich das Waldklimatop durch eher niedrige Windgeschwindigkeiten auszeichnet und sowohl Temperatur als auch Feuchte im Tagesgang wenig variieren, ist das Freilandklimatop aufgrund der fehlenden Waldfläche durch stark ausgeprägte Feuchte- und Temperaturschwankungen sowie eine hohe Windoffenheit charakterisiert. Die bebauten Gebiete hingegen lassen sich in mehrere unterschiedliche Klimatope einteilen: Den größten Teil nimmt in Heidelberg das Stadtrandklima (gelb) ein. Dieses tritt in peripheren Randgebieten mit eher dörflichen Strukturen auf, Beispiele hierfür sind die Stadtteile Pfaffengrund und Kirchheim. In Richtung Zentrum schließt sich daran das Innenstadtklimatop (rot) an, das in den Stadtteilen Altstadt, Weststadt sowie in Teilen Bergheims und Neuenheims auftritt. Diese sind die am stärksten verdichteten Stadtteile Heidelbergs mit dem geringsten Grünflächenanteil. Hier treten verstärkt sehr böige Winde mit hohen Geschwindigkeiten auf, die in den engen Straßen kanalisiert werden. Parallel kommt es hier im gesamten Stadtgebiet am häufigsten zu einer starken lokalen Überwärmung gekoppelt mit einer hohen Wärmespeicherkapazität der Baukörper und einer geringen Verdunstungsleistung. Hinzu kommt eine hohe lufthygienische Belastung durch lokale Emissionen. Im nahegelegenen Umfeld der Innenstadt findet man schließlich das Stadtklimatop (orange). Hier ist der Grünflächenanteil höher und die Bebauungsdichte geringer (STADT HEIDELBERG 2015a).

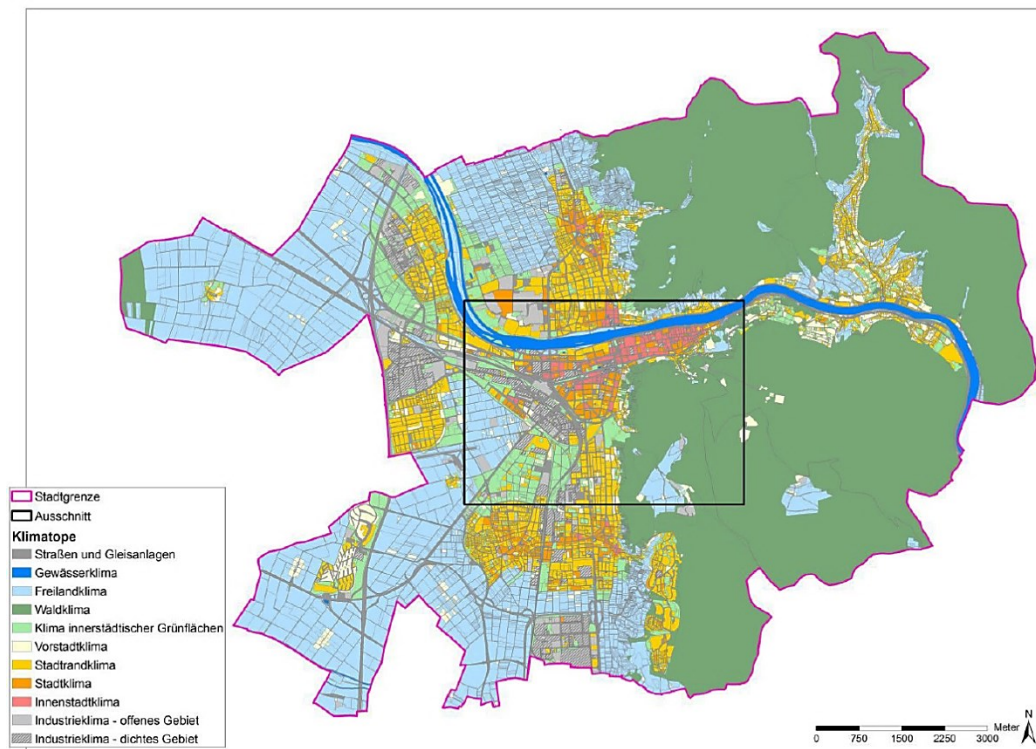


Abbildung 12: Klimatopkarte Heidelbergs (STADT HEIDELBERG 2015a, 20).

Aus den im Klimagutachten der Stadt Heidelberg untersuchten Aspekten Belüftung und Erwärmung wird die Klimaanalysekarte (Abbildung 13) abgeleitet. Grüne Signaturen kennzeichnen Ausgleichsflächen, die durch die Produktion von Kaltluft regulierend wirken. Rötliche Farbmarkierungen hingegen zeigen Wirkungsräume an, in denen Erwärmung erzeugt wird bis hin zur Entstehung von starker Erhitzung. Je dichter besiedelt und weniger durchlässig sowie höher bebaut ein Gebiet ist, desto rötlicher erscheint es in der Signatur (z. B. Bahnstadt, Teile Bergheims und Pfaffengrunds). Umgekehrt sind die grünen Flächen dort am wirkungsvollsten, wo sie direkt Kaltluft für umliegende Wohnflächen produzieren. Für die angrenzende Bebauung sind folglich innerstädtische Grünflächen klimatisch wirksamer und bedeutsamer als umliegende Waldgebiete (Kapitel 8) (STADT HEIDELBERG 2015a).

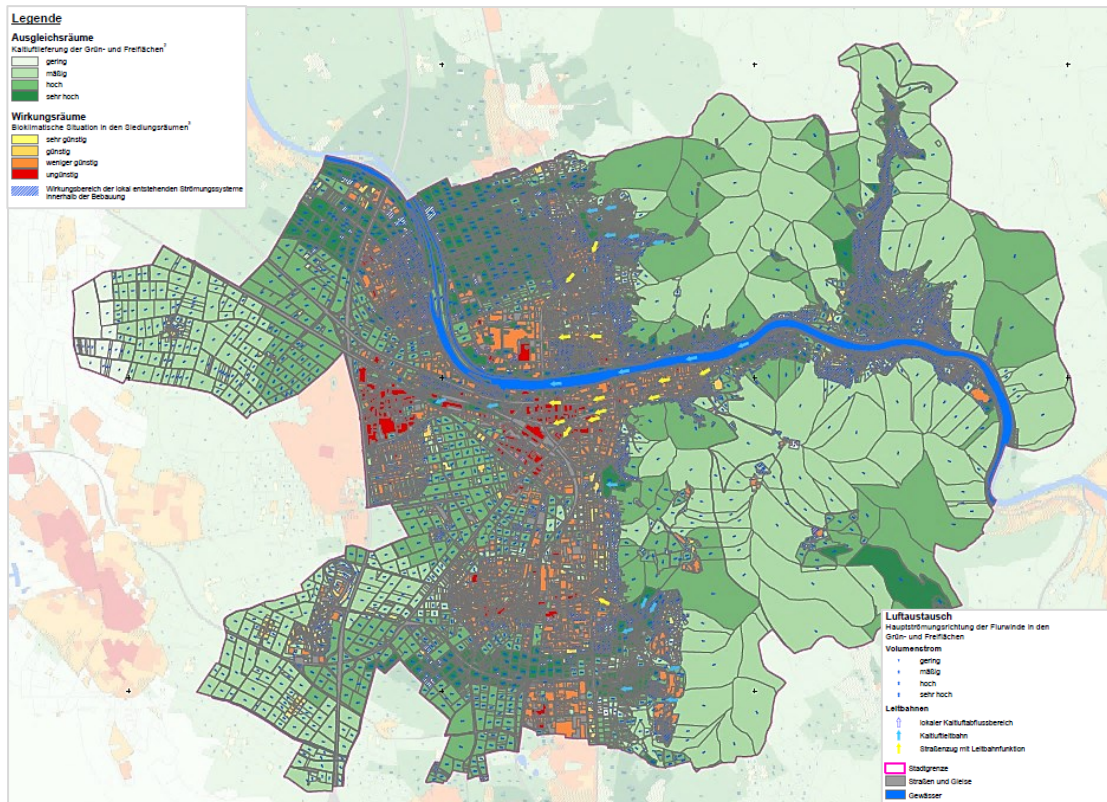


Abbildung 13: Klimanalysekarte aus dem Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg (STADT HEIDELBERG 2015b).

Das Klima Heidelbergs gehört der Klassifikation „nach Köppen und Geiger folgend [...] dem warmgemäßigten, vollhumid-maritimen Klimazonentyp Cfb an“ (STADT HEIDELBERG 2015a, 9) und ist mehrheitlich von Westwindlagen geprägt. Die maritim-atlantisch bestimmten Luftmassen aus westlicher Richtung transportieren die Wärme des Golfstroms nach Mitteleuropa. Die aus Südwest strömenden subtropisch-mediterranen Luftmassen sorgen für ein mildes Klima (FLOHN 1950, GLASER & SCHÖNBEIN 2007, KÖPPEN & GEIGER 1961, STADT HEIDELBERG 2015a, TROLL & PAFFEN 1964). Luftmassen atlantischen Ursprungs bestimmen die Wetterlage in Mitteleuropa zu etwa 50 %, wobei sich deren Einfluss in Richtung Osten zunehmend abschwächt. Richtung Süden wirken die Alpen als natürliche Barriere und sorgen für ein deutlich selteneres Vordringen südlicher Luftströmungen. Luftmassen kontinentalen Ursprungs aus östlicher Richtung treten in ihrer Häufigkeit ähnlich derer aus Süden auf. Ihr Einfluss ist hauptsächlich in Osteuropa wirksam und schwächt sich in Richtung Westen deutlich ab. Durch Hochdruckgebiete geprägte stationäre Wetterlagen sorgen im Sommer meist für heiße, trockene Wetterlagen mit kontinentalen Luftmassen (DIERCKE 2007, GERSTENGARBE, WERNER & RÜGE 1999) (Abbildung 14).



Abbildung 14: Hauptluftmassen und Großwetterlagen in Mitteleuropa (DIERCKE 2007, 92).

Der Oberrheingraben nimmt aus klimatischer Sicht eine Sonderstellung ein und gilt als Gunstraum. Durch die südwestliche Ausrichtung und einer Höhenlage von maximal 100-200 m ü. NN werden regelmäßig um wenige Grade erhöhte Temperaturen im Vergleich zu Regionen außerhalb der Rheinebene verzeichnet (FEZER, OEHMANN & SEITZ 1977). In den Hochlagen der angrenzenden Mittelgebirge misst man hingegen die tiefsten Jahresdurchschnitte, so werden im Südschwarzwald beispielsweise Jahresmittel von 3 °C dokumentiert. Der Pfälzer Wald dient des Weiteren als natürliche Barriere „gegen die maritimen Wetterlagen aus West und Nordwest“ (FRANKENBERG 1988, 9 f.), während der Odenwald kontinentale Ostwetterlagen abschirmt. Die Monatsmitteltemperaturen sinken nachweislich nie unter 0 °C. Der Oberrheingraben stellt ferner keine Tieflage mit typischer Kaltluftsenke dar (GLASER & SCHÖNBEIN 2007). Durch die Lage treten innerhalb dieses Gebiets die höchsten Temperaturen in den westlichen Grabenrandbereichen auf. Begünstigende Faktoren sind die trockenadiabatische Erwärmung der absinkenden Luftmassen und die erhöhte Sonneneinstrahlung infolge der leeseitigen Wolkenauflösung (Föhn-Effekt). Deutlich wird diese Differenz bei direktem Vergleich der Temperaturen in der Oberrheinebene mit denen in der Umgebung. Während in Heidelberg im Durchschnitt 15 heiße Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) gezählt werden, liegt die Zahl im Odenwald bei drei. Auch die Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) übersteigt mit durchschnittlich 58 Tagen in Heidelberg deutlich die Zahl von im Mittel 27 Tagen im Odenwald (Periode 1981-2010) (STADT HEIDELBERG 2015a, HLNUG 2018). Die Temperaturdifferenz in der Ebene ist zwischen Tag und Nacht stark ausgeprägt. Der am Tag erfolgenden starken Aufheizung folgt eine nächtliche intensive Abkühlung. Auch die Differenz zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat in der Ebene beträgt bei Heidelberg 18,7 K (FEZER, OEHMANN & SEITZ 1977).

Die Überwärmung des Stadtgebiets Heidelberg wird auch anhand der folgenden Abbildung 15 deutlich. Diese zeigt eine Temperaturdarstellung der bodennahen Luftschicht auf Basis der Flächennutzung – angegeben durch Versiegelungsgrad, Versiegelungsdichte, Rauigkeit und weiterer Nutzungsparameter – unter Berücksichtigung des zu Grunde liegenden Reliefs. Deutlich erkennbar ist der natürliche Wärmeinseleffekt zum Zeitpunkt 4:00 Uhr morgens an einem Strahlungstag. Dementsprechend nimmt das Modell einen Tag im Zeitraum Mai bis August an, an dem keine übergeordnete Wetterlage wirksam ist mit unbewölktem Himmel, reiner Sonneneinstrahlung und reinem Strahlungsantrieb für das Wetter. Die in Abbildung 15 dargestellten Temperaturen ergeben sich durch die verstärkte Erwärmung versiegelter Flächen mit dem entsprechenden Strahlungsinput und andere – auch durch die Durchlüftung – abkühlende Flächen. Das Modell zeigt dabei eine zeitliche Varianz (STADT HEIDELBERG 2015a).

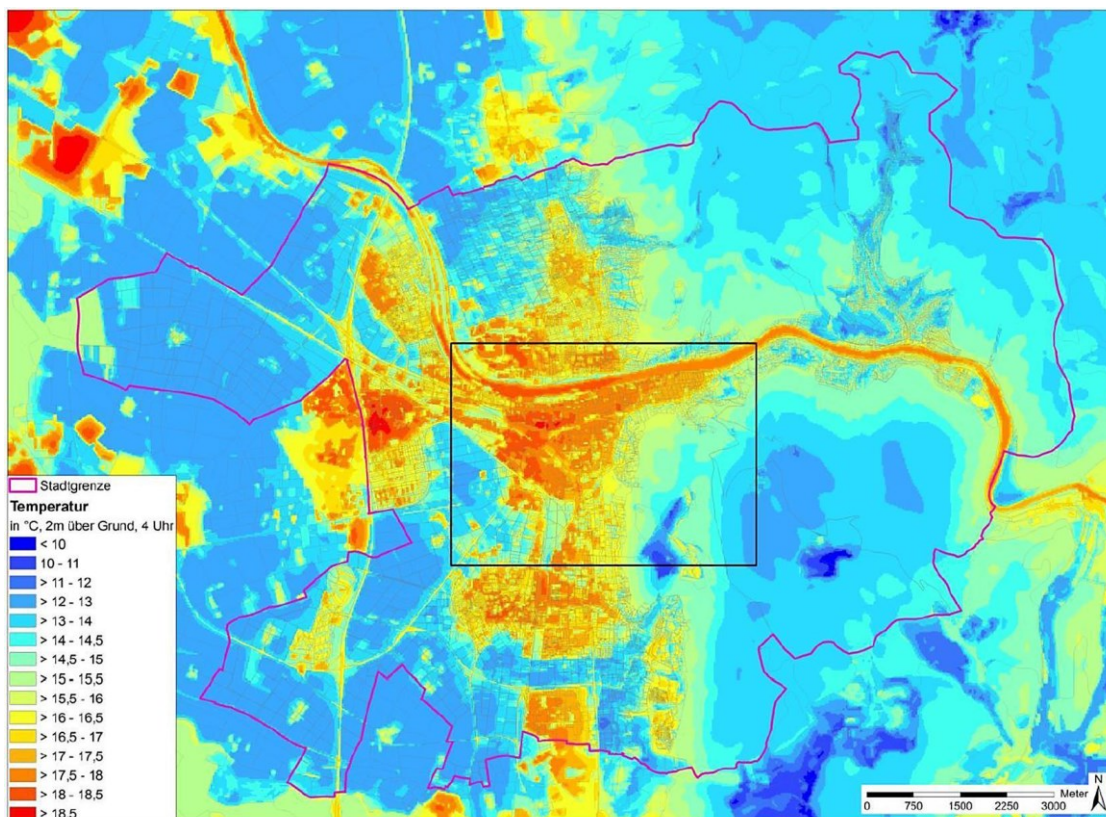


Abbildung 15: Bodennahe Temperaturen (°C) zum Zeitpunkt 4:00 Uhr morgens im Stadtgebiet Heidelberg (STADT HEIDELBERG 2015a, 37).

Gemäß dem auf langjährigen Messwerten basierten Klimadiagramm (Referenzperiode 1981-2010) beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur in Heidelberg 11,4 °C bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 732 mm (Abbildung 16). Der wärmste Monat ist der Juli (20,6 °C), die niedrigsten Werte werden im Januar mit durchschnittlich 2,4 °C erreicht. Folglich sinken in keinem Monat die Durchschnittswerte unter den Gefrierpunkt (ROSNER 2008, STADT HEIDELBERG 2015a).

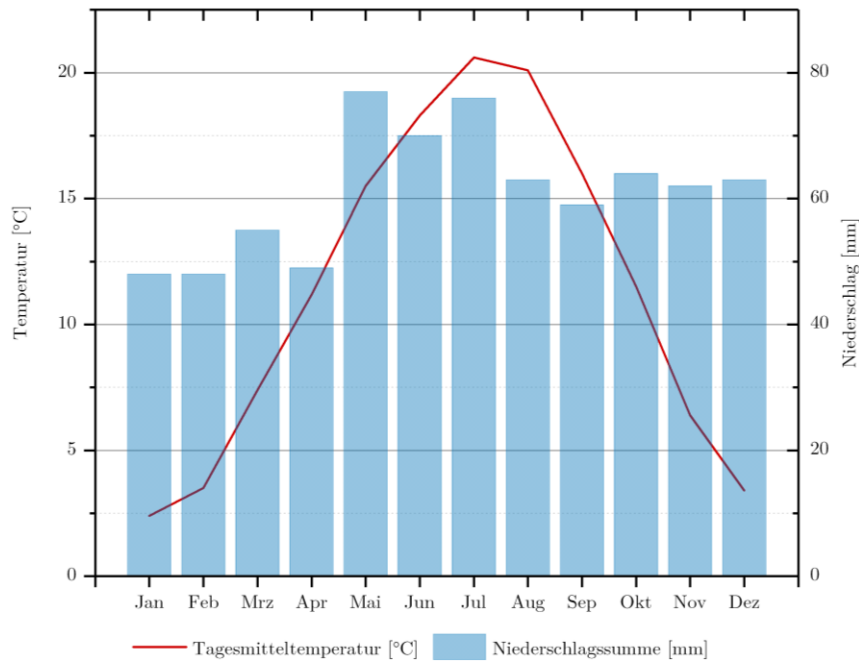


Abbildung 16: Klimadiagramm der Stadt Heidelberg nach der DWD Klimastation Heidelberg im Zeitraum 1981-2010 (Eigene Darstellung nach STADT HEIDELBERG 2015a).

Mit im Mittel 58 Sommer- ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) und 15 Hitzetagen ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) liegt Heidelberg deutlich über dem Durchschnitt der Oberrheinebene. Des Weiteren zeigt die dem Klimagutachten (2015) entnommene Tabelle insgesamt 49 Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) und 11 Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) für die Periode 1981-2010 (Abbildung 17). Mit $12,2 \text{ °C}$ im Jahresmittel war Heidelberg im Jahr 2011 der wärmste Ort Deutschlands (STADT HEIDELBERG 2015a). Mit hoher Einstrahlungsintensität geht in den Sommermonaten häufig ein hoher Dampfdruck von $\geq 15 \text{ hPa}$ einher, man spricht von Schwüle bei der „das Wasserdampfgefälle von der feuchten Haut zur Luft so gering [ausgeprägt ist], dass der Schweiß nicht mehr verdunstet“ (FEZER, OEHMANN & SEITZ 1977, 28).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Temperatur °C Tagesmittel	2.4	3.5	7.4	11.2	15.5	18.3	20.6	20.1	16.0	11.5	6.4	3.4	11.4
Temperatur °C mittl. Tagesmax.	4.8	6.5	11.3	15.9	20.4	23.3	25.7	25.4	20.8	15.3	9.1	5.6	15.3
Temperatur °C mittl. Tagesminin.	-0.1	0.6	3.7	6.4	10.6	13.4	15.6	15.2	11.7	8.1	3.8	1.1	7.5
Temperatur °C absol. Tagesmax.	16.2	20.0	25.4	28.0	32.7	37.4	37.1	38.8	32.2	28.5	20.2	18.5	38.8
Temperatur °C absol. Tagesmin.	-17.5	-12.4	-12.0	-5.0	1.0	3.5	7.7	6.1	2.0	-3.2	-7.6	-15.0	-17.5
Niederschlagssumme mm	48	48	55	49	77	70	76	63	59	64	62	63	732
Dampfdruck hPa	6.0	6.0	7.1	8.3	10.2	13.7	15.2	15.1	12.9	10.7	7.9	6.5	10.0
Feuchte %	79	74	69	64	64	65	64	65	71	77	80	80	71
Mittl. Anzahl der Sommertage	0.0	0.0	0.0	1.3	6.4	11.7	16.8	16.3	5.2	0.3	0.0	0.0	58.0
Mittl. Anzahl der Hitzetage	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.9	6.4	4.9	0.5	0.0	0.0	0.0	15.3
Mittl. Anzahl der Frosttage	13.6	11.8	5.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.7	12.3	49.7
Mittl. Anzahl der Eistage	5.4	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.0	11.6
Mittl. Anz. der Schneedeckentage	7.6	4.7	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.7	18.2
Mittl. Sonnenscheindauer h	46	78	118	173	206	215	233	219	157	101	50	35	1631

Abbildung 17: Langjährige Klimakenngrößen und -parameter der DWD Klimastation Heidelberg für den Zeitraum 1981-2010 (STADT HEIDELBERG 2015a, 10).

Die Jahressumme der Sonnenstunden beträgt 1631 Stunden, wobei die höchsten Sonnenscheindauern von Mai bis August mit jeweils über 200 Stunden erreicht werden. Die Spätherbst- und Wintermonate, also vor allem November bis Januar, gelten mit Summen bis 50 Stunden eher als sonnenarm (STADT HEIDELBERG 2015a). In diesen Monaten findet man in Heidelberg des Öfteren eine besondere Inversionswetterlage vor. Diese ist durch ihre namensgebende Inversionsschicht charakterisiert. In dieser nimmt entgegen allgemeingültiger Bedingungen die Temperatur mit zunehmender Höhe zu (BAUER et al. 2010). Insgesamt unterscheidet man drei Inversionstypen: Die Boden- bzw. Strahlungsinversion, die Aufgleit inversion und die Absink inversion (Abbildung 18).

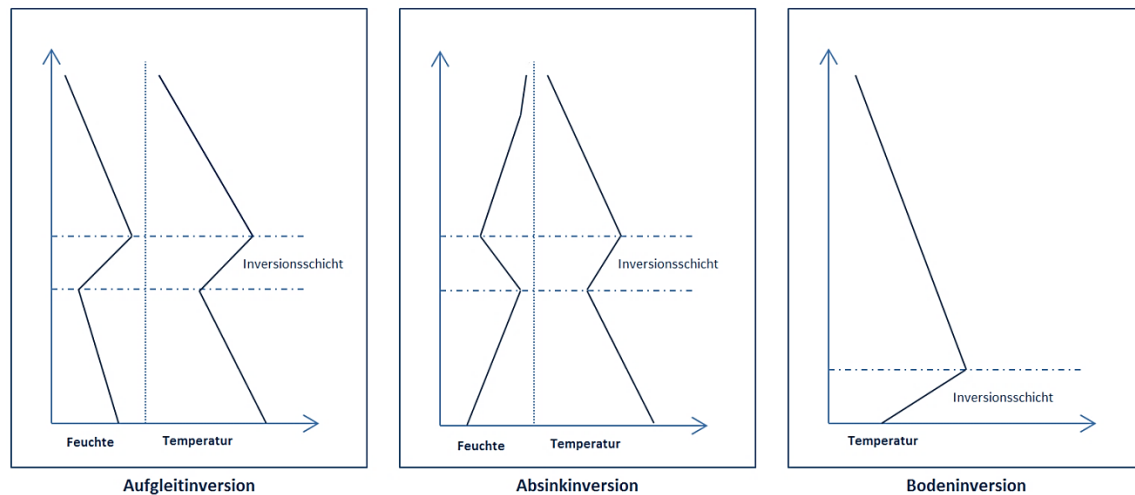


Abbildung 18: Vertikale Feuchte- und Temperaturprofile der verschiedenen Typen einer Inversionswetterlage (Eigene Darstellung nach <http://www.georeise.de/lexikon/i/inversion.htm> am 07.03.2018).

Die Umkehrung des Temperaturgefälles entsteht durch die erhöhte nächtliche Ausstrahlung und die darauf folgende Abkühlung des Bodens. Die unmittelbar darüber liegenden Luftschichten kühlen infolgedessen ebenfalls stärker aus als die darüber liegenden Luftmassen. Aufgrund der niedrigen bodennahen Temperaturen kommt es häufig zur Nebelbildung, während auf den Grabenschultern sonniges Wetter vorherrscht. Generell dauert die Wetterlage an, bis die bodennahen Luftschichten durch die Einstrahlung wieder erwärmt sind und sich das gängige Temperaturgefälle wieder einstellt. Anhaltende Inversionswetterlagen verursachen in Ballungsräumen gelegentlich Smog-Wetterlagen, in denen es zu erhöhten Luftschadstoffkonzentrationen kommt, da die Temperaturumkehrung den vertikalen Luftaustausch behindert (JACOBET 1984, POTT & HÜPPE 2007). In Heidelberg kommt es jedoch meist zu einer raschen Auflösung der Inversion. Denn die von den Höhen abfließende Luft, die sich beim Abfall in die Ebene adiabatisch erwärmt, verhindert einen Kaltluftstau und somit die Nebelbildung. Folglich kann die morgendliche Einstrahlung das Gebiet rasch erwärmen. Gerade deshalb sind die Lagen an der Bergstraße besonders frostsicher. In Ausnahmefällen treten jedoch auch hier vor allem während der Wintermonate Inversionslagen auf, die bis zu mehreren Tagen andauern. In der Talmündung, die sich ebenfalls durch Nebel- und Frostarmut auszeichnet, bedingt der häufig wehende Wind einen ständigen Luftaustausch und schnelle Inversions- bzw. Nebelauflösung. Am häufigsten treten Tal- und Flussnebel in den Monaten September bis April auf, verursacht durch die Wasserdampfung des Neckars und begünstigt durch die aufgrund der Stadt-Emissionen erhöhte Anzahl an Kondensationskernen in der Luft. Analog ist auch die Bewölkung in den Wintermonaten stärker ausgeprägt und erreicht ihr Maximum meist im Dezember. Parallel dazu lässt sich eine Zunahme der Bewölkung in westöstlicher Richtung feststellen (HUPFER 1994, STADT HEIDELBERG 2015a, WIEDERMANN 1991). Der starke klimatische Einfluss des Odenwalds bedingt häufig die für Heidelberg charakteristische östliche Windrichtung. An den Hängen des Odenwalds kommt es zu Kaltluftabflüssen, die bis in die Neckar-Rhein-Ebene vordringen. Über dem reibungsarmen Neckar

wird die Strömung kanalisiert und dominiert aufgrund der großen Hangneigung im Übergang von Odenwald zur Bergstraße das Windgeschehen im Stadtgebiet. Diese für Heidelberg charakteristische Strömung wird „Neckartäler“ genannt und breitet sich fächerförmig in die Rheinebene aus (HUPFER 1994, STADT HEIDELBERG 2015a). Sie transportiert mit einer Mächtigkeit von ca. 20-30 m kühle Luft aus dem Neckartal in die Stadt und sorgt dort für Temperatúrausgleiche. Daraus folgt, dass laut Klimagutachten der Stadt Heidelberg (2015) nur 9,9 % der Siedlungsfläche als ungünstig eingestuft werden, während 18,7 % als sehr günstig klassifiziert sind. Die Kanalisierung der Höhenströmung im Neckartal sowie Abwinde des Odenwaldes über den Neckar führen zu einer dominanten Ost-West-Strömung in Heidelberg, welche die städtische Wärmeinsel Richtung Westen verlagert (BAUER et al. 2010, FEZER, HILLE & SEITZ 1977, FEZER, OEHMANN & SEITZ 1977, FRICKE 1996, HUPFER 1994, LESER 1984, ROSNER 2008, STADT HEIDELBERG 2015a, WIEDERMANN 1991).

Für einen effektiven Luftaustausch zur Verbesserung der thermischen und lufthygienischen Bedingungen in der Stadt sind Luftleitbahnen von großer Bedeutung. Neben dem Neckartal tragen einige weitere Luftleitbahnen zum klimatischen Ausgleich im Stadtgebiet Heidelbergs bei. Zu den wichtigsten Gebieten gehört beispielsweise der Bergfriedhof am östlichen Rand der Südstadt gelegen. Dieses Areal trägt durch den dichten Baumbestand zur Kaltluftproduktion bei und bildet eine Schneise für einfließende Kaltluft aus den angrenzenden bewaldeten Hangbereichen. Insbesondere die in der Nähe verlaufenden relativ raugkeitsarmen Gleisareale ermöglichen das Vordringen der Kaltluft in Richtung stark belasteter Gebiete um den Hauptbahnhof. Durch die Kaltluftabflussbahn der Freiflächen zwischen Boxberg und Rohrbach profitiert vor allem der südöstliche Teil Rohrbachs. Über Grün- und Freiflächen des Stadtteils Emmertsgrund wird Kaltluft kanalisiert und kann über hangabwärts gelegene Freiflächen Richtung Bundesstraße und Gewerbegebiet Rohrbach strömen. Im nördlichen Stadtteil Handschuhsheim kommt es bei autochthonen Wetterlagen an den östlichen Hängen zu einem flächenhaften Abfließen der Kaltluft, die im Mühlbachtal kanalisiert wird. Dabei nimmt deren Mächtigkeit weiter zu und der Stadtteil wird größtenteils durch- und überströmt. Ebenso kommt es in weiteren Hangeinschnitten, wie am Steinberg, zur Akkumulation und verstärktem Abfließen von Kaltluft (HUPFER 1994, STADT HEIDELBERG 2015a, WIEDERMANN 1991).

Nachfolgende Abbildung 19 aus dem Stadtklimagutachten 2015 basiert auf einem 3D-Geländemodell mit einer Rastergröße von 100x100 m. Über dieses wird in der Simulation ein Strömungsfeld gelegt, um die Windrichtungen im Stadtgebiet, durch die angegebenen Pfeile darzustellen. Auch die Windstärken sind für jedes Raster abgebildet. In höheren Lagen findet die Kaltluftbildung statt und formiert Kaltluftabflüssen an den Hängen. Deutlich erkennbar an den höheren Windgeschwindigkeiten ist zudem der Kaltluftabfluss aus dem Neckartal. Inmitten liegen die Wirkungsbereiche, die mehr oder weniger gut durchströmt sind, sowohl in den engeren Wohnbereichen als auch über die großen Schneisen. Bei West- oder Südwestanströmung, wie sie häufig vorkommt, erscheint diese Ausprägung teilweise noch deutlicher als bei rein autochthonen Bedingungen (STADT HEIDELBERG 2015a).

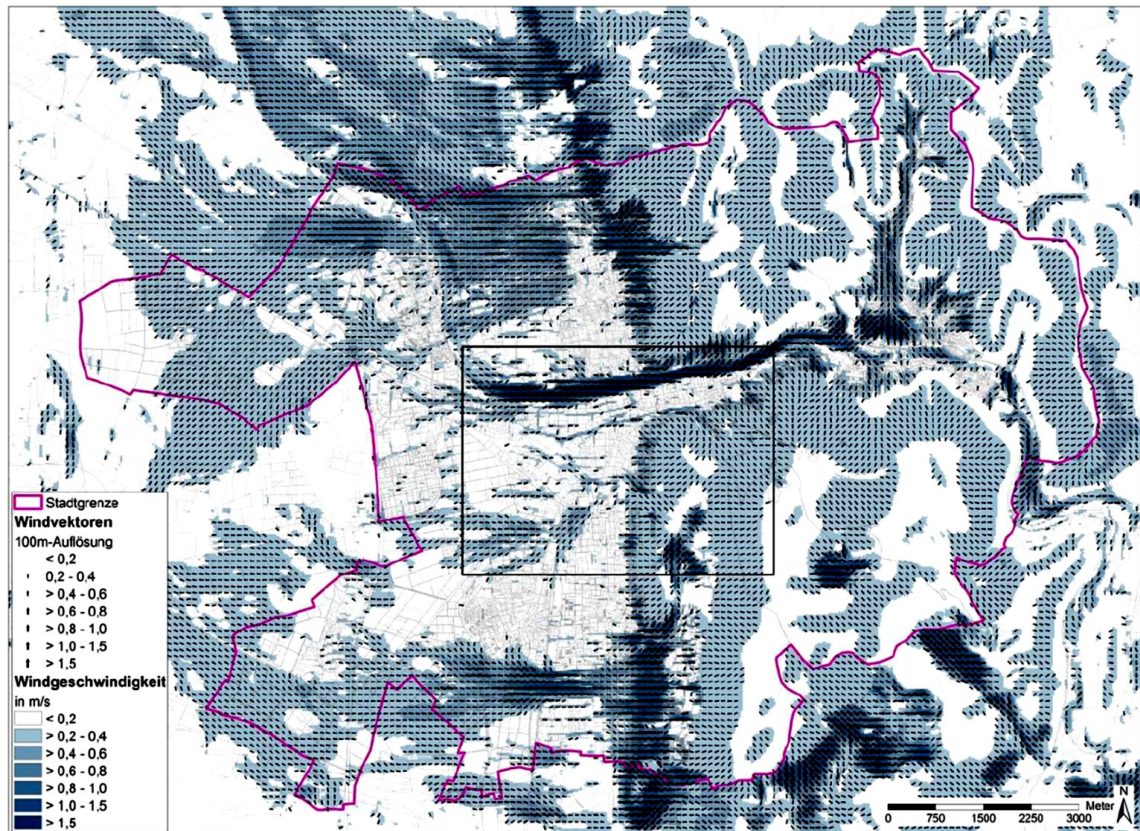


Abbildung 19: Modelliertes Strömungsfeld in zwei Metern über Grund der Stadt Heidelberg (STADT HEIDELBERG 2015a, 43).

Aus dem Klimadiagramm Heidelbergs ablesend fallen die meisten Niederschläge in den Monaten Mai bis Juli. Diese Niederschläge treten oftmals in Form von Schauern und Gewittern als Folge konvektiver Wolkenbildung durch die hohe Einstrahlungsintensität auf, während die Niederschläge im Winter aus advektiven Luftmassen resultieren (HUPFER 1994, STADT HEIDELBERG 2015a, WIEDERMANN 1991).

Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 21) zeigt die Niederschläge für ausgewählte um den Oberrheingraben gelegene Stationen: Johanniskreuz (1) auf 472 m Höhe im Pfälzer Wald, Landau (2) auf 150 m, Ludwigshafen (3) in der Mitte der Oberrheinebene auf 100 m, Heidelberg-Stadt (4) auf 112 m, Heidelberg-Kohlhof (5) auf 443 m und Beerfelden im Odenwald (6) auf 442 m in West-Ost-Richtung aufgetragen (WIEDERMANN 1991) (Abbildung 20).

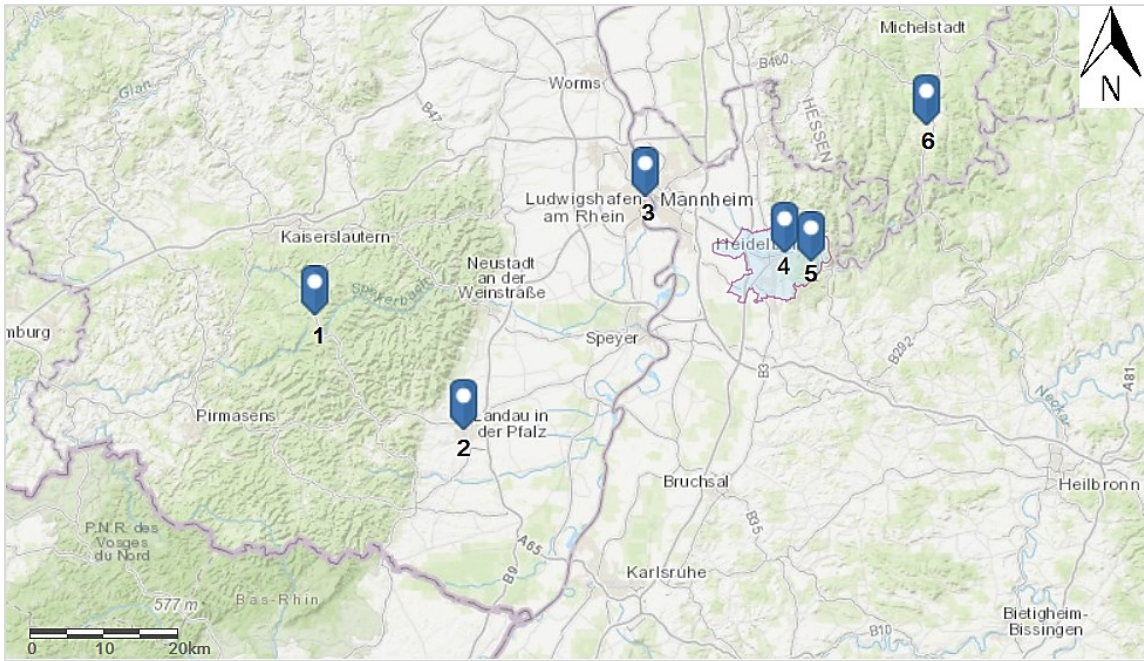


Abbildung 20: Karten der Stationen : Johanniskreuz (1), Landau (2), Ludwigshafen (3), Heidelberg (4), Heidelberg-Kohlhof (5) und Beerfelden im Odenwald (6) (Eigene Darstellung, Kartendaten: ESRI ARCGIS).

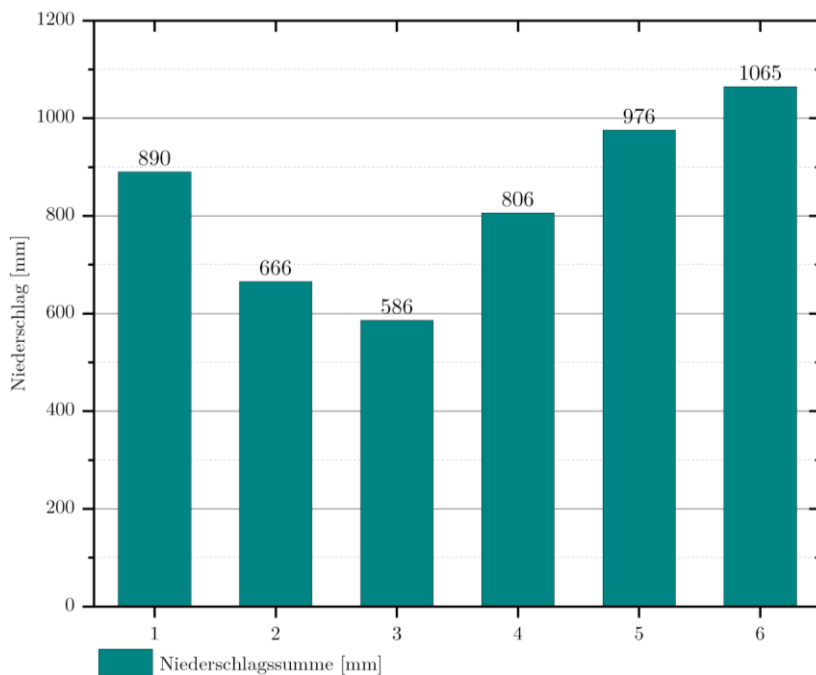


Abbildung 21: Niederschlagswerte der einzelnen Stationen (Eigene Darstellung nach WIEDERMANN 1991).

Die aus Westen strömenden Luftmassen regnen in den linksrheinischen Gebirgen Vogesen und Pfälzer Wald ab und erwärmen sich beim Absinken in die Oberrheinebene. Dabei kommt es aufgrund der abnehmenden relativen Luftfeuchte zur Wolkenauflösung – man spricht hierbei vom Regen-

schatten. Der Regenschatten auf östlicher Rheinseite tritt wiederum nur sehr selten auf. Weiter in östlicher Richtung über die Ebene hinweg werden die Luftmassen an den östlichen Grabenschultern zum Aufstieg gezwungen. Es kommt zum Luftmassenstau, die Luftmassen verdichten sich und nähern sich beim Aufstieg durch die stetige Abkühlung dem Taupunkt an, bis es schließlich zur Wolkenbildung unter Sonnenscheinabnahme, Kondensation und folglich zu Niederschlägen kommt. Dementsprechend werden im westlichen Oberrheingraben verhältnismäßig geringere Niederschlagswerte erreicht (DANNERT 1991, FRANKENBERG 1988, GROSCHOPF 2009, FUCHS, WIEDERMANN 1991, WILMANN & WIMMENAUER 1989).

Zusammenfassend stellt der „Neckartäler“ eine der wichtigsten Ausgleichströmungen Heidelbergs dar. Der Neckartalabwind versorgt weite Teile des Stadtgebiets mit Kaltluft aus dem Odenwald und dringt aufgrund seiner Mächtigkeit bis in die Rheinebene vor. Dennoch weisen gerade die dicht bebauten Gebiete der Altstadt und weitere Stadtteile wie beispielsweise die Bahnstadt gerade in den Sommermonaten eine Überhitzung auf. Diese Gebiete, in denen sich auch viele öffentliche Freiräume wie der Universitätsplatz oder die Schwetzingter Terrasse befinden, sind in Heidelberg besonders vulnerabel für urbane Überhitzung und eine Verschärfung der klimatischen Situation im Zuge des aktuell stattfindenden Klimawandels. Für die vergleichende mikroklimatische Betrachtung wurden die öffentlichen Plätze Universitätsplatz in der Altstadt und die Schwetzingter Terrasse in der Bahnstadt ausgewählt. Einige ergänzende Messungen fanden darüber hinaus am Bismarckplatz statt. Diese Gebiete werden im folgenden Kapitel 4 beschrieben.



Unterrichten im Kontext des Klimawandels IV

Der Bildungsplan 2016 (Baden-Württemberg) bietet viele Anknüpfungspunkte für das Thema Klimawandel. So findet sich beispielsweise im Bildungsplan für die gymnasiale Oberstufe das Thema Globale Herausforderung: Klimawandel. „Ursachen und Dimensionen des Klimawandels [sollen] auf der Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse“ (KM 2016, 30) erarbeitet und darauf aufbauend Anpassungsmaßnahmen, Lebens- und Arbeitsweisen bewertet werden. Der Einbezug des Themas Klimawandel ist dabei nicht auf die MINT-Fächer wie Geographie und Physik beschränkt, sondern sollte fächerübergreifend diskutiert und gelehrt werden.

4 Heidelbergs innerstädtische Plätze im Vergleich

Der Universitätsplatz im Zentrum der Altstadt ist ein historischer, seit dem 18. Jahrhundert bestehender Platz. Auch die umliegenden Gebäudekomplexe und die Struktur der Altstadt bestehen in dieser Konstellation seit vielen Jahrzehnten. Im Vergleich hierzu ist die Schwetzingener Terrasse ein sehr junges städtebauliches Projekt, das im Jahr 2013 im Zuge der Entwicklung der Bahnstadt fertiggestellt wurde. Während der Universitätsplatz ursprünglich als Parade- und Exerzierplatz entworfen und erbaut wurde, ist die Schwetzingener Terrasse Teil eines großen Stadtentwicklungsprojektes nach dem Vorbild des nachhaltigen und urbanen Bauens, bei welchem ökologische Aspekte und die Auswirkungen des städtischen Klimawandels in die Planung einbezogen wurden. Der Bismarckplatz in Bergheim hingegen gilt als Verkehrsplatz – neben dem Hauptbahnhof – als einer der wichtigsten Verkehrsknotenpunkte für den öffentlichen Nahverkehr. Er unterliegt aufgrund seiner Funktion anderen planerischen und gestalterischen Kriterien und ist daher nicht wesentlicher Teil dieser Untersuchung (HEIDELBERG MARKETING o. J., HEINEMANN 1978, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018)

4.1 Die Schwetzingener Terrasse in der Bahnstadt

Die Schwetzingener Terrasse entstand im Rahmen der Stadterweiterung und Entwicklung des neuen Heidelberger Stadtteils Bahnstadt auf den ehemaligen Flächen des Güterbahnhofs sowie den umliegenden Brachflächen und demonstriert einen modernen städtischen Platz. Das Konzept der Bahnstadt sieht eine Nutzungsdurchmischung mit der Priorität der Nachhaltigkeit vor. Ergänzend soll eine enge Verzahnung zwischen Wohnen, Wissenschaft, Gewerbe und Kultur geschaffen werden. Die perforierte Blockrandbebauung aus Passivhäusern mit aufgelockerten Innenhöfen und Grünflächen prägen das Bild des Stadtteils. Generell ist die Lage der Bahnstadt zunächst jedoch eher ungünstig zu beurteilen, da Ostwinde eher den Weg durch die Weststadt nehmen und die Schneise der Bahnanlagen ebenfalls nicht direkt die Bahnstadt beeinflusst. Auch im Klimagutachten ist die Bahnstadt in der Klimaanalysekarte mit einer rot-dunkelroten Signatur gekennzeichnet (siehe Kapitel 3), geschuldet durch den urbanen Charakter des Viertels. Eine freie Villenbebauung war jedoch ausdrücklich weder gewünscht noch erstrebenswert, da der zentrale Standort der Nachverdichtung dienen musste. Eine wichtige Bedeutung nehmen bei dieser hohen Dichte beispielsweise die Innenhöfe ein, diese eröffnen die Möglichkeit ein Binnenklima zu schaffen, welches in kleinem Rahmen eine Verbesserung hervorrufen kann. Gleichzeitig trifft die Ausstrahlung des Neckartalabwindes („Neckartäler“), die sich über die Straßenbahnen fortsetzt, die großen Terrassenflächen der Bahnstadt, welche in Richtung der Hauptwindachsen verlaufen. Diese vorteilhaften Bedingungen wurden bei der Planung konsequent weiter genutzt. Man erhält aus beiden Seiten, der südwestlichen bedingten Wetterlagen-Anströmung und aus Richtung des Neckartals eine Öffnung, die sich durch den Stadtteil zieht. Darüber hinaus spielen Einzelmaßnahmen wie zum Beispiel die Dachbegrünung oder große Wasserflächen eine entscheidende Rolle für das Mikroklima. In Konsequenz daran wurde gegenüber der ursprünglichen

Schotterfläche als Inbegriff einer Wärmeinsel eine deutliche Aufwertung erzeugt. Ziel war das Schaffen von Wohnraum und Arbeitsplätzen, jedoch nicht im Sinne einer gemischten Nutzung wie in einem Vorort, sondern mit Fokus auf der nachhaltigen Entwicklung eines urbanen, dichten, durchmischten Stadtquartiers im Sinne der Europäischen Stadt. Die Alternative einer Einfamilienhaussiedlung hätte eventuell kleinklimatische Vorteile gebracht, im Gegenzug aber deutlich mehr Individualverkehr produziert. Auch hier griff der Prozess der Abwägung unter der Leitfrage: Was ist für welche Fläche die beste städtebauliche Entwicklung?

Die Anbindung ist durch die Lage im Stadtgebiet und durch den Hauptbahnhof, der sowohl Zugang zum öffentlichen Nahverkehr als auch zum Fernverkehr bietet, optimal (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Das Stadtplanungsbüro Trojan & Trojan aus Darmstadt entwickelte im Siegerentwurf 2009 für den Stadtteil eine Struktur, welche die alten Bahnlinien erhält, in den Stadtgrundriss übersetzt und diesen unterteilt. Zum Pfaffengrunder Feld wurden Terrassenplätze eingeführt von wo aus V-förmig die Straßen nach Norden hin verlaufen. Dies dient zum einen der Orientierung im Stadtteil und zum anderen dem Durchbrechen einer monotonen Front. Auf diese Weise wurden überschaubare Quartiere geschaffen, in denen Nachbarschaften entstehen können und die für eine bessere Durchlüftung und Verbesserung des Klimas Sorge tragen (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Die langgestreckten Straßenzüge (Langer Anger, Grüne Meile, Czernyring und Eppelheimer Straße) mit beidseitiger Begrünung leiten auch den „Neckartäler“ noch bis in den Stadtteil hinein. Somit wird unter Zuhilfenahme des „Neckartälers“ eine ausreichende Durchlüftung gewährleistet. Wenn in der zweiten Nachthälfte die Wirkung des „Neckartälers“ abschwächt, entsteht im Gebiet des Pfaffengrunder Felds eine Art Kaltluftsee, da die Agrarflächen gegenüber bebauten Flächen deutlich schneller abkühlen. Die warme Luft über der versiegelten Fläche kann somit aufsteigen und die kühle Luft über die Terrassen und Straßenzüge in die Bahnstadt abfließen. Die deutliche klimatische Verbesserung gegenüber der ehemaligen Nutzung wurde auch im Umweltbericht von 2004 bestätigt. Somit wurde durch den Quartiersgrundriss sichergestellt, dass das Klima im Gebiet deutlich verbessert wird und auch in der Zukunft erhalten bleibt. 2003 wurde der Entwurf in die Rahmenplanung übertragen; die wesentliche Struktur blieb, von kleinen Änderungen abgesehen, erhalten (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018).

Frühzeitig wurde auch ein Konzept zum öffentlichen Raum erstellt (2003-2007 mit Fortschreibung der Rahmenplanung), das auf ein Zusammenführen verschiedener thematischer Grundkonzepte baut. Dabei spielen eine Rolle die Energiekonzeption (alle Neubauten im Passivhaustandard), ein Parkraumkonzept (Mehrfachnutzung von Parkplätzen, z. B. in Tiefgaragen tagsüber für Arbeitende oder Einkaufende und nachts für Besucher und Anwohner; im öffentlichen Raum gibt es darüber hinaus

bewirtschaftete Kurzzeitparkplätze), das Ausgleichsflächenkonzept (Bahnflächen boten einen Lebensraum für Eidechsen, diese und andere geschützte Arten mussten umgesiedelt werden), ein Dachbegrünungskonzept auch in Zusammenhang mit dem artenschutzrechtlichen Ausgleich (66 % der Dachflächen müssen extensiv begrünt werden, dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass durch die Speicherwirkung der Begrünung und des Substrats ein Beitrag für die Niederschlagsretention geleistet wird und Verdunstung einsetzen kann), sowie dem Niederschlagswasserbewirtschaftungskonzept (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Dieses ist vor allem prägnant erkennbar an den Wasserbecken entlang des Langen Angers. Ziel ist es, alles Niederschlagswasser im Stadtteil zu halten, um zu verdunsten bzw. zu versickern und so wenig wie möglich der Kanalisation zuzuführen, wo es sich mit Abwasser mischt und damit eine Klärung benötigt. Die mehrfache Funktionalität der Wasserbecken wirkt sich nicht nur im Sommer positiv auf das Mikroklima und die Gestaltung aus, sondern kann den Becken auch zusätzlich Wasser zugeleitet werden. Bei Hochwasser wird dieses dann dem Grundwasser zugeführt. Die Wasserbecken bestehen aus dichten Wannen, in die das Wasser aus den umliegenden Baufeldern fließt und welches dort bei Eintritt geklärt wird. Im Falle von Starkregenereignissen fließt das Wasser in die in den Treppenstufen integrierten Überläufe, sogenannte Rigole, die in Form von perforierten Rohren den Abfluss verzögert dem Grundwasser zuführen. Für besonders starke Hochwasserereignisse stehen darüber hinaus zusätzliche Abflüsse zur Verfügung, die das Wasser im Notfall in die Kanalisation ableiten (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018).

Die Grundidee bezüglich der Gestaltung bestand darin, auf der der Stadt zugewandten Seite entlang des langen Angers eine höhere, geschlossene Bebauung zu errichten und diese zum Feld hin in ihrer Dichte abzustufen, mit dem positiven Effekt, dass aus den Innenhöfen ein Sichtbezug in die freie Landschaft besteht. Außerdem kann man von den Obergeschossen in den Gebäuden am Langen Anger über die anderen Dächer hinwegsehen. Das Ziel lag zudem nicht darin, geschlossene Blöcke zu entwickeln, sondern diese aufzuteilen um kleine informelle Wege entstehen zu lassen. Auch diese Lücken haben den positiven Effekt, Wind und Kaltluft in das Quartier zu leiten (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018).

Die Stadtkante, die aus der Entfernung gut sichtbar ist, sollte eine Einheit und gestalterische Harmonie ausstrahlen. Daher fiel die Wahl auf einen hellen Fassadengrundton und das Motiv einer Dreigeschossigkeit mit einem ausgekragten Flugdach. Diese Vorgaben dienten den Architekten als Vorlage; darüber hinaus wäre jedoch auch eine kleinteiligere Aufgliederung im Sinne einer gründerzeitlichen Stadt (Parzellenbebauung) vorstellbar gewesen (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Aus Vermarktungsgründen war dies aber weniger attraktiv, da sich unter den Baublöcken Tiefgaragen

befinden. Dieser Umstand – große Tiefgaragen in Kombination mit dem Verkauf von Einzelobjekten auf der Oberfläche – ist aus eigentumsrechtlicher Sicht mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden.

Der optische Anblick wirkt auf den ersten Blick einheitlich, bei genauerer Betrachtung ist jedoch jeder Block individuell gestaltet – Vielfalt in der Einheit. Im Wettbewerb offen gehalten wurde die farbliche Akzentuierung der Blöcke, diese Entscheidung oblag den jeweiligen Investoren; größeren Wert legte man auf eine Differenzierung durch Materialität. Schwierigkeiten bereitet dabei der Passivhausstandard der in der Umsetzung massive Kosten verursacht. In den meisten Fällen fällt die Entscheidung auf ein Halbwärmedämmverbundsystem mit einem Dämmschutzpaket und Putzversiegelung. Zusätzliche gestalterische Elemente können zurückgesetzte Fenster mit einer farblich abgesetzten Laibung sein (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Grundsätzlich wird ein Quartier bzw. ein Block von einem Architekten und einem Bauherren entwickelt. Bezüglich der Details treten diese in einen Aushandlungsprozess mit den Investoren ein.

Eine vorgehängte Fassade in Form einer Natursteinmauer wurde bisher nur in einem Fall in der Bahnstadt verwirklicht. Problematisch ist hierbei ebenfalls die Einhaltung der Passivhausstandards, da in diesem Fall die Dämmung durchbrochen wird, um die Steine an der Vorsatzschale zu halten. Eine Alternative ist das Verkleben der Natursteine auf der Fassade, hierfür gab es bei Baubeginn jedoch lediglich zwei Produkte auf dem Markt, die diese Technik ermöglichten.

Die Stadt Heidelberg präsentiert die Schwetzingen Terrasse als einen nutzungsneutralen Ort, der wirksam gestaltet wurde und als sozialer Raum fungieren soll. Eine Betrachtung der Funktionen der Schwetzingen Terrasse hebt den Platz als multifunktionalen Raum hervor. Demnach spiegelt der Platz einen sozialen Raum für Begegnung wieder, der den öffentlichen Handel, Freizeit und Erholung vereint. Dem Platz wird – wie auch dem gesamten Stadtteil – eine eigene Identität zugeschrieben, die an die Geschichte des Areals als Güter- und Gleiszone angelehnt ist (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018). Um eine solche Multifunktionalität der Schwetzingen Terrasse zu erreichen, ist eine entsprechende Gestaltung des Raumes von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grund wurde die Schwetzingen Terrasse als trapezförmiger offener und gleichzeitig beherrschter Platz geplant und gestaltet. Die Beherrschtheit des Platzes entsteht durch das Gebäude der Kindertagesstätte im nordöstlichen Platzbereich. Der Platz nimmt gemäß seiner Gestaltung dabei eine Art Zwischenraum ein, der das Urbane mit dem Naturraum verbindet. Wasserfontänen und die gewählte Bepflanzung, die gleichermaßen als Abgrenzung des Platzes dienen sollen, charakterisieren diesen Übergang. Den südlichen Bereich des Platzes bildet der sogenannte Stadtbalkon, der durch zahlreiche, in einem Raster angeordnete Kirschbäume und eine Möblierung mit Bänken und Abfalleimern auffällt. Der Baumbestand an der Schwetzingen Terrasse soll im Sommer eine schattenspendende Funktion erfüllen. Die

Bäume sind hierzu in einem geordneten Raster angepflanzt und hoch aufgeastet. Gemeinsam mit den wassergebundenen Oberflächen sollen sie besonders im Sommer für eine angenehme Atmosphäre sorgen. Im Sinne der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit wurden für die Errichtung der Schwetzingter Terrasse recyclebare Rohstoffe verwendet und eine standortgerechte Bepflanzung gewählt. Obwohl der Platz an sich versiegelt ist, wurde bei der Gestaltung darauf geachtet, dass Bereiche mit begrünter Fläche in den Platz integriert werden (BEHNISCH ARCHITEKTEN 2016, STADT HEIDELBERG 2005, STADT HEIDELBERG 2007, STADT HEIDELBERG 2004, STADT HEIDELBERG 2018).



Abbildung 22: Luftaufnahme der Schwetzingter Terrasse in der Bahnstadt, im Vordergrund die Berufsfeuerwache der Stadt Heidelberg (Eigene Aufnahme am 03.06.2018).

4.2 Der Universitätsplatz in der Heidelberger Altstadt

Die erste urkundliche Erwähnung Heidelbergs als Stadt stammt aus dem Jahr 1196. In den darauffolgenden Jahrzehnten dehnte sich Heidelberg nach dem Leitbild der mittelalterlichen Stadt rechtwinklig in einer regelmäßigen Viertelstruktur weiter aus. Dieser Grundriss in Parzellenstruktur ist in der historischen Altstadt weitestgehend bis heute erhalten. Als Zentrum der kurfürstlichen Herrschaft wurde die Kernstadt in mehreren Phasen erweitert bis zum Verlust der politischen Machtstellung im Zuge der Verlagerung der Kurfürstenresidenz nach Mannheim zu Beginn des 18. Jahrhunderts (STAKELBECK & WEBER 2010). Der Universitätsplatz (früher Paradeplatz, Ludwigsplatz, Museumsplatz und Langemarckplatz) liegt zentral in der Altstadt Heidelbergs unmittelbar an der Hauptstraße, die als Fußgängerzone und Einkaufsmeile eine wichtige Achse der Stadt darstellt. Die städtebauliche Struktur der Altstadt ist geprägt durch Blockrandbebauung und (teil-)versiegelte Innenhöfe. Bis heute lassen sich die Ursprünge der Altstadt anhand des mittelalterlichen Grundrisses mit engen Gassen und

Bauten aus der Barockzeit nachvollziehen. Der Universitätsplatz dehnt sich heute westlich und südlich der Alten Universität aus und wird in Richtung Süden durch die Neue Universität begrenzt. Die an der Westseite des Platzes verlaufende Grabengasse markiert den Verlauf der ersten Stadtbefestigung. Heute wird der Universitätsplatz, welcher im 18. Jahrhundert auf den Mauern des früheren zerstörten Augustinerklosters als Parade- und Exerzierplatz errichtet wurde, als wichtiger öffentlicher Raum genutzt (HEIDELBERG MARKETING o. J.). Da ab 1730 hier Paraden der kurpfälzischen Gruppen abgehalten wurden, hieß er zunächst Paradeplatz. Zu Ehren des Großherzogs Ludwig benannte man den Platz zu Beginn des 19. Jahrhunderts in Ludwigsplatz um. Das im Jahre 1828 von der Museumsgesellschaft an der Südseite des Platzes errichtete Museum, welches später der Universität als Kollegienhaus diente, begründete eine weitere kurzzeitige Umbenennung in Museumsplatz. 1901 entstand vor dem Gebäude eine vertiefte Grünanlage auf dem Platz, die jedoch mit der Errichtung der Neuen Universität gemeinsam mit dem ehemaligen Museum weichen musste (Abbildung 23). Nach der Neugründung der Universität zu Beginn des 19. Jahrhunderts durch den badischen Großherzog Karl Friedrich wurde ab 1928 erstmals die Bezeichnung Universitätsplatz geprägt. Zwischen 1933 und 1945 erfolgte die letzte kurzzeitige Umbenennung des Platzes in Langemarckplatz in Gedenken an die im Ersten Weltkrieg bei Langemarck gefallenen jungen Soldaten (HEINEMANN 1978).

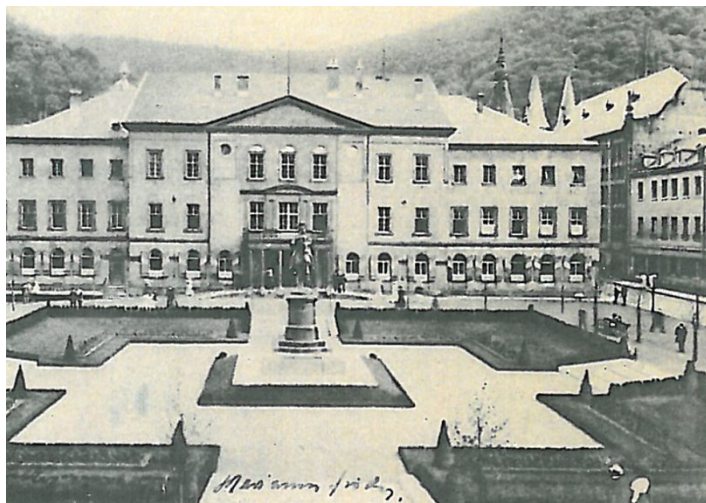


Abbildung 23: Historische Abbildung des Universitätsplatzes mit der Gartenanlage vor der heutigen Neuen Universität (Online unter: [https://www.heidelberg.de/hd,Lde/HD/Lernen+ und+ Forschen/Geschichte+ der+ Wissenschaftsstadt.html](https://www.heidelberg.de/hd,Lde/HD/Lernen+und+Forschen/Geschichte+der+Wissenschaftsstadt.html) am 09.04.2018).

Der Untergrund des thematisierten Raumes besteht aus Kopfsteinpflaster, wobei an den Randbereichen des Platzes zwei Baumgruppen angelegt wurden. Vor dem Eingang der Alten Universität, bestehend seit der frühen Neuzeit, befindet sich der Löwenbrunnen, der ehemals eine wichtige Bedeutung für die Wasserversorgung der Stadt hatte und dem kurpfälzische Wappentier gewidmet ist (HEIDELBERG MARKETING o. J.).



Abbildung 24: Luftaufnahme des Universitätsplatz in der Altstadt Heidelbergs (Eigene Aufnahme am 03.06.2018).

Aufgrund der historischen Gebäudekomplexe und städtebaulichen Strukturen der Altstadt stellt der Universitätsplatz ein Gegenbeispiel eines öffentlichen Raums im Vergleich zur Schwetzingen Terrasse, als Teil eines nachhaltigen jungen Stadtentwicklungsprojekts, dar.

4.3 Der Bismarckplatz

Der Bismarckplatz im Heidelberger Stadtteil Bergheim befindet sich im Zentrum Heidelbergs und bildet neben dem Hauptbahnhof den Hauptverkehrsknotenpunkt für den Heidelberger Nahverkehr. Seine günstige Lage zur Altstadt, seine gute Verkehrsanbindung an den städtischen Bus- und Bahnverkehr und seine Nähe zu zahlreichen umliegenden Einkaufszentren machen diesen Platz zu einem Umschlags- und Treffpunkt für etliche BürgerInnen und TouristInnen unterschiedlicher Interessen. Aus klimatologischer Sicht stellt der Bismarckplatz einen recht offenen Raum mit einer benachbarten Grünfläche dar, der jedoch durch hochfrequentierte Hauptverkehrsachsen in nördlicher, südlicher und östlicher Richtung einer hohen Luftschadstoffbelastung und Lärmbelästigung ausgesetzt ist.

Da der Fokus dieser Arbeit auf dem Vergleich der beiden Standorte Schwetzingen Terrasse und Universitätsplatz bzw. Bahnstadt und Altstadt liegt, fanden am Bismarckplatz lediglich einzelne ergänzende Datenerhebungen im Rahmen der Messkampagne 2017 statt. Dieser Standort ist nicht Teil der eingehenden Betrachtung und bedarf daher keiner detaillierteren Beschreibung an dieser Stelle.

5 Physisch-geographische Methoden

Der Ansatz, der in dieser Arbeit verfolgt wird, ist angelehnt an das Konzept der Mixed Methods und geprägt durch einen differenzierten Methodenmix aus quantitativen und qualitativen Erhebungsmethoden der Klima- und Sozialgeographie. Die Verknüpfung unterschiedlicher Methoden eröffnet ein differenzierteres und besseres Verständnis von Zusammenhängen zwischen räumlicher und sozialer Ebene, um der Erschließung des Raums als Gesamtheit aller Faktoren näherzukommen. Die Triangulation von Methoden ist vor allem als Herangehensweise der qualitativen Forschung bekannt und soll den vertiefenden Zugang zum Gegenstandsbereich eröffnen (BOURDIEU 1991, CRESWELL 2014, KUCKARTZ 2014, DAMYANOVIC 2018, WINTZER 2018). Dennoch liegt der Fokus in dieser Arbeit auf der Anwendung quantitativer Verfahren. Die verschiedenen Methoden erfüllen dabei jeweils separate Funktionen und werden in Kapitel 5 dargestellt.



Der Forschungszyklus nach ATTESLANDER (2003)

“Der Forschungszyklus in der Geographie wird meist von dem Konzept eines empirischen Forschungsprozesses nach ATTESLANDER (2003) aus der Quantitativen Sozialforschung kommend, abgeleitet. In diesem 5-phasigen Zyklus steht zu Beginn die theoretische Vorbereitung, also die Problem benennung, der Überblick über den aktuellen Forschungsstand und die Suche nach forschungsleitenden Hypothesen und Fragestellungen. Im zweiten Schritt findet die Benennung des Gegenstands statt. Dabei werden die Definition des Gegenstandsbereichs, das Festsetzen der zu Grunde liegende(n) Theorie(n) und Formulierung der Hypothesen zur Planung und Vorbereitung der Erhebung festgelegt. In der dritten Phase erfolgt die Durchführung des Vorhabens mit der Erhebung oder Sammlung von Daten oder auch bezeichnet als Operationalisierung von Indikatoren und Instrumenten. Im vierten Schritt, der Analyse und Auswertung, folgt nun die Hypothesenüberprüfung und eine Aufbereitung der gewonnenen Daten zu Befunden. In der letzten Phase erfolgt schließlich die Berichterstattung und Umsetzung bzw. Verwertung der Forschungsergebnisse. Der letzte Schritt kann münden in Problemlösungen, neue Hypothesen, einer generellen Evaluation des Forschungszyklus sowie Veröffentlichungen. Wobei ATTESLANDER (2003) die hier genannten Schritte als Dimensionen bezeichnet und diese jeweils in verschiedene Phasen unterteilt: den Gegenstandsbezug, die Logik, die Methode sowie die Organisation der Forschung. Die fünf Dimensionen wiederum sind in diesem Fall in drei Strukturen gegliedert: Dimension eins und zwei ziehen den Entdeckungszusammenhang auf, Dimension drei und vier stellen den Begründungszusammenhang dar und Dimension fünf beinhaltet den Verwertungszusammenhang“ (LEUTZ O. J., 194, LEUTZ 2017).

5.1 Erhebung der Klimadaten

Zur Identifikation des städtischen Mikroklimas von Heidelberg dienen die im Rahmen mehrerer Messkampagnen an verschiedenen Standorten erhobenen Klimaparameter. Im folgenden Abschnitt werden die unterschiedlichen Erhebungen sowie die verwendeten Messgeräte und Parameter dargestellt.

5.1.1 Klimastationen

Zum längerfristigen Monitoring der Parameter Lufttemperatur und Luftfeuchte wurden an zwei Standorten Wetterstationen, ausgestattet mit je einem Datenlogger, errichtet. Standort A lag in der Altstadt im Innenhof des Universitätsverwaltungsgebäude Carolinum in ca. 100 m Luftlinie südlich des Universitätsplatzes. Standort B dokumentierte das Mikroklima in der Bahnstadt auf einer Rasenfläche südwestlich der Promenade in ca. fünf Metern Abstand zur Schwetzingener Terrasse (Abbildung 25). Die Messhöhe befand sich jeweils in etwa zwei Metern über Grund (Abbildung 26).

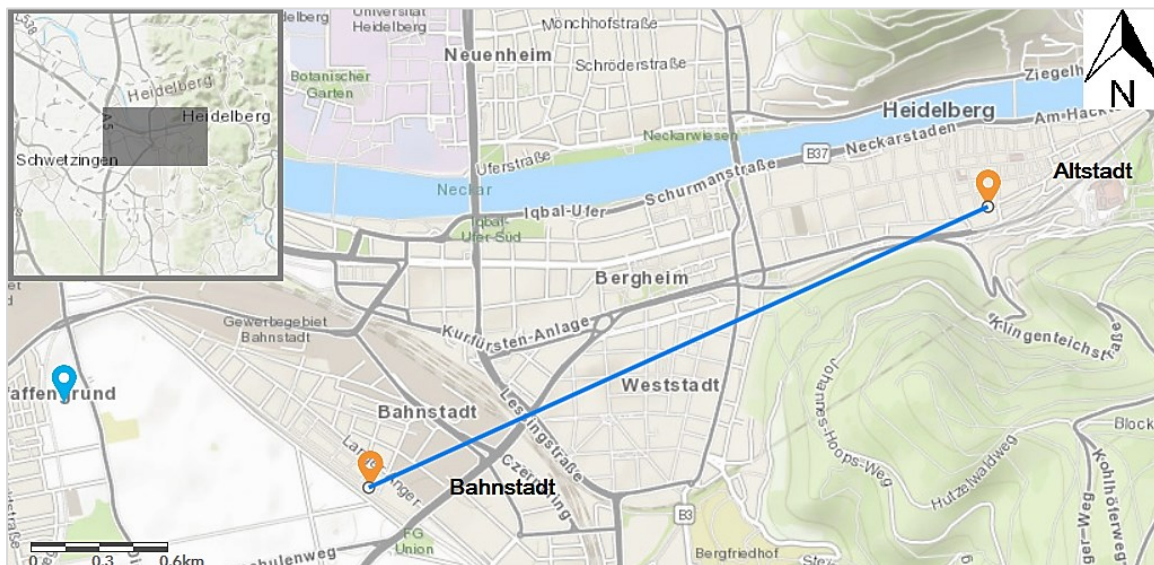


Abbildung 25: Karte der Klimastationen Altstadt und Bahnstadt in Heidelberg (Eigene Darstellung, Kartendaten: ESRI ARCGIS).

Für die Messungen kamen Mini-Thermohygrographen mit internen Sensoren für die Lufttemperatur und relative Feuchte des Typs OPUS 10THI 8152.0 der Firma Dostmann electronic zum Einsatz. Darüber hinaus sind in das Gerät die Sensoradaption und eine serielle Schnittstelle für den Datentransfer integriert. Auf dem Display sind die aktuellen Messwerte sowie der Status ablesbar. Der Datenlogger misst den aktuellen Wert im Minutentakt und speichert den Mittelwert im Intervall von jeweils zehn Minuten. Ausgelesen werden die Daten mittels der Software SmartGraph2 bzw. SmartGraph3, anschließend erfolgt ein Export in Microsoft Excel oder andere Auswertungsprogramme. Die Software (SmartGraph 2 bzw. SmartGraph 3) dient darüber hinaus der Konfiguration der Messgeräte.

Der Messbereich für den Temperatursensor liegt zwischen -20 °C bis 50 °C bei einer Genauigkeit von $\pm 0,3\text{ °C}$ im Bereich von 0 °C bis 40 °C (Anzeigegenauigkeit 1 Digit) und einer Auflösung von $0,1\text{ °C}$. Für die relative Feuchte liegt der Messbereich bei 10% bis 95% mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ (Anzeigegenauigkeit 1 Digit) und einer Auflösung von $0,5\%$. Die Erfassung der Umgebungstemperatur erfolgt über einen Halbleiter bzw. temperaturabhängigen Widerstand oder Thermistor mit negativem Temperaturkoeffizienten (NTC = Negative Temperature Coefficient). Mit zunehmender Temperatur sinkt der Widerstand. Der Volumenwiderstand besteht in der Regel aus keramischen Werkstoffen auf Grundlage von Magnesium- und Titanoxid oder Magnesium- und Nickeloxid. Der Sensor misst den Widerstandswert bei einer bestimmten Temperatur und wandelt diesen anhand der Steinhart-Hart-Gleichung in einen Temperaturwert um. Die Temperatur T wird als Funktion des gemessenen elektrischen Widerstandes R ausgedrückt und in °C ausgegeben (VERNIER o. J. a). Durch ihre hohe Empfindlichkeit, kleine Größe und Trägheit stimmen NTC-Widerstände bereits nach kurzer Zeit mit der Umgebungstemperatur überein (DOSTMANN ELECTRONIC 2001, DWD 2012, VERNIER o. J. a).

Der batteriebetriebene Datenlogger eignet sich durch das große interne Speichervolumen und einen niedrigen Energieverbrauch für Langzeitmessungen dieser Art (DOSTMANN ELECTRONIC 2001).



Abbildung 26: Klimastationen in der Bahnstadt angrenzend an die Schwetzingter Terrasse (links) und im Innenhof des Universitätsverwaltungsgebäudes in der Altstadt (rechts) im Sommer 2018 (Eigene Aufnahmen).



Forschendes Lernen I

Forschendes Lernen unterscheidet sich von anderen Lernformen dadurch, „dass die Lernenden den Prozess eines Forschungsvorhabens, das auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen gerichtet ist, [...] in selbständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit in einem übergreifenden Projekt (mit)gestalten, erfahren und reflektieren“ (HUBER 2014, 25). Die Abgrenzung des Begriffs Forschendes Lernen von den oft synonym verwendeten Unterformen Forschungsbasierte Lehre und Forschungsorientierte Lehre ist entscheidend, da sich diese grundsätzlich im Partizipationsgrad der Studierenden, den Lernzielen und dem jeweiligen Fokus unterscheiden. Beim Forschenden Lernen nach HUBER (2014) durchlaufen die Studierenden aktiv den Forschungsprozess als Ganzes – von der Entwicklung der Fragestellung, der Durchführung und Anwendung von Methoden und Techniken sowie der Kommunikation der Ergebnisse. Der/Die Lehrende eröffnet den Studierenden einen Raum, eigene Projekte begleitet zu durchlaufen und erste Erfahrung mit (studentischer) Forschung bereits während des Studiums zu sammeln. Diese Definition entspricht weitestgehend den Begriffsbestimmungen des Learning through research nach REINMANN (2016) und des research-based learning nach HEALEY & JENKINS (2009). Zudem liegt der Fokus bei HUBER (2014) auch auf der Bedeutung der Ergebnisse eines Forschungsprozesses. Im Sinne eines transdisziplinären Ansatzes sind die Ergebnisse nämlich hier auch für „Dritte“ (HUBER 2014, 25) von Bedeutung und werden in die Gesellschaft zurückgespiegelt. Auch die Rolle der Lehrenden kann sich in diesem Kontext ändern – ausgehend von der Rolle des Vorbilds oder Beraters hin zum Coach und/oder ‚Auftraggeber‘ in Abhängigkeit des Selbstständigkeits- und Selbststeuerungsgrades der Studierenden (LEUTZ O. J., 192 f., LEUTZ 2017).

5.1.2 Weitere klimatische Erhebungen

Verschiedene Einflussgrößen prägen das Mikroklima durch „Unterschiede im Wärme- und Wasserhaushalt sowie in der Struktur des Windfeldes in der bodennahen [...] Grundsicht der Troposphäre“ (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, 230). Zu diesen Parametern gehören Relief, Bodenform, Oberflächengewässer, Vegetation und Landnutzung.

Im Rahmen der Messungen, die einer geländemeteorologischen Untersuchung dienen und in temporär errichteten „Messstationen“ bei ausgewählten Wetterlagen stattfanden, werden nur kurze Messreihen erfasst. Sie dienen damit vorrangig der „Gewinnung von Wertekombinationen meteorologischer Parameter, die eine Ermittlung oder Prüfung allgemein gültiger meteorologischer Gesetzmäßigkeiten erlauben sollen“ (ebd., 231). Im Rahmen der geländemeteorologischen Analysen wurden repräsentativ für das Geländeklima der Stadt an ausgewählten Sommertagen folgende Parameter erfasst und ausgewertet: Lufttemperatur und relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Oberflächen-

temperaturen (Infrarotstrahlung) verschiedener Materialien. Die Definitionen dieser Größen sowie die zur Messung verwendeten Methoden und Geräte werden im Folgenden dargestellt.

5.1.3 LabQuest 2 von Vernier

Messgeräte wie das LabQuest 2 wurde als digitaler Interface Datenlogger der Firma Vernier Software & Technologie eigens zu pädagogischen Zwecken für den Gebrauch im Bildungswesen entwickelt. Die mobile Schnittstelle erlaubt durch drei analoge Steckplätze den gleichzeitigen Gebrauch mehrerer Messsonden bzw. Sensoren und eine direkte Sichtung der Messergebnisse über das Display. Anhand integrierter Werkzeuge können die Daten unmittelbar graphisch dargestellt und analysiert werden. Über eine USB-Schnittstelle lässt sich der interne Speicher erweitern oder das Gerät zum Datentransfer anschließen. Zur Präsentation der Daten am PC wird das Programm LabQuest Viewer oder Logger Lite Pro verwendet. Die Daten können dann wiederum in gängige Analyse- und Grafikprogramme wie Microsoft Excel oder OriginPro exportiert werden. Die Messung und Darstellung der Parameter erfolgt in Echtzeit und wird auf dem integrierten LED-Display angezeigt. Die Messwerterfassung über einen längeren Zeitraum kann über die Auswahl des Messzeitraums und Messintervalls automatisiert erfolgen, so dass parallel die Durchführung analoger Messungen möglich ist, die als Referenzwerte fungieren können.

Zur Messung der Lufttemperatur dient der Sensor „Stainless Steel Temperature Probe“ (TMP-BTA) bzw. Sensoren des Typs „Surface Temperature Sensor“ von Vernier. Letzterer dient für den Einsatz in Luft und Wasser; für den Gebrauch in rauerer Umgebungen empfiehlt Vernier die Nutzung des erst genannten Sensors. Der Edelstahl Temperaturfühler ermittelt die Umgebungstemperatur in einem Temperaturbereich von -40 °C bis 135 °C bei einer Genauigkeit von $\pm 0,2\text{ °C}$ bei 0 °C bzw. $\pm 0,5\text{ °C}$ bei 100 °C (VERNIER o. J. a). Für den Surface Temperature Sensor wird der Messbereich -25 °C bis 125 °C mit einer Auflösung von $0,08\text{ °C}$ (-25 bis 0 °C) bzw. $0,03\text{ °C}$ (0 bis 40 °C), $0,1\text{ °C}$ (40 bis 100 °C) und $0,25\text{ °C}$ (100 bis 125 °C) angegeben (VERNIER o. J. d). Beide Sensoren nutzen wie der Datenlogger des Typs OPUS 10 das NTC-Prinzip zur Temperaturbestimmung.

Für die Messung der Windgeschwindigkeit wurde ein Anemometer (ANM-BTA von Vernier) eingesetzt. Das Flügelrad-Anemometer, dessen Rotationsachse parallel zur Windrichtung gerichtet wird, ermittelt die Windgeschwindigkeit anhand der Übertragung des Winddrucks auf mehrere geneigte, konzentrisch zur Drehachse angeordnete Metallplatten (DWD 2012). Der Windgeber ist mit einem magnetischen Sensor an der rotierenden Achse versehen, welche Drehungen von 360° zulässt. Wird das Flügelrad durch eine Luftströmung in Drehung versetzt, löst ebendies einen Magnetschalter aus. Diese Rotation wird je nach Bauart in ein elektronisches Signal umgewandelt und aufgezeichnet. Die Rotationsgeschwindigkeit wird demnach als Maß für die Windgeschwindigkeit verwendet. Der Messbereich des Sensors liegt zwischen $0,5\text{ m/s}$ und 30 m/s und erreicht bei Windgeschwindigkeiten bis 5 m/s eine Genauigkeit von $\pm 0,15\text{ m/s}$ (VERNIER o. J. b).

Zur Ermittlung der relativen Luftfeuchte diente der „Relative Humidity Sensor“ von Vernier. Dieser überwacht die Luftfeuchtigkeit im Bereich von 0 % bis 95 % mit einer Abweichung von $\pm 5\%$ (VERNIER o. J. c). Der integrierter Feuchtesensor von Hy-Cal Engineering des Typs IH-3602-L verwendet als Messzelle ein kapazitives Polymer. „Kapazitive Hygrometer bestimmen die Luftfeuchte durch die Messung der Änderung der elektrischen Eigenschaften eines Kondensators bei Feuchteaufnahme oder -abgabe“ (DWD 2015, 5-1). Die integrierte Schaltung erzeugt eine Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der relativen Feuchte der Umgebungsluft (VERNIER o. J. c).

5.1.4 Digitales Anemometer

Die analoge Messung der Windgeschwindigkeit erfolgte mit einem digitalen Schalenanemometer (Typ 4.3406.00.000) der Firma Thies Klima. Dieses setzt sich aus einem Windgeber (Schalenstern) und einer Datenerfassungseinheit (digitales Anzeigegerät) zusammen und ermittelt die Windgeschwindigkeit ebenfalls nach dem Prinzip der Übertragung des Winddrucks auf den Schalenstern und geräteinternen Umwandlung in ein elektrisches Signal. Zur mobilen Messung von horizontalen Windgeschwindigkeiten wird das Gerät senkrecht in ca. zwei Metern über Grund gehalten. Mit dem Einschalten des Geräts und dem Halten in der Luftströmung wird der aktuelle Momentanwert angegeben. Durch Änderung des Betriebsmodus wechselt die Anzeige zum zehn Sekunden gleitenden Mittelwert. Die Mittelwertbildung startet automatisch mit Inbetriebnahme des Gerätes. Der Messbereich liegt zwischen 0,5 m/s und 50 m/s bei einer Genauigkeit von $\pm 3\%$ bzw. $\pm 0,5$ m/s (Anzeigegenauigkeit 1 Digit) (THIES KLIMA o. J.)

5.1.5 Thermo-Hygrometer/Psychrometer

Thermo-Hygrometer dienen der zeitgleichen Bestimmung von relativer Luftfeuchte und Lufttemperatur. Beide Parameter werden anhand zweier Sensoren ermittelt. Der Feuchte-Temperaturfühler ist dabei in ein feuchtes Material gehüllt. Bei einem vorbeigeleiteten Luftstrom setzt die Verdunstung der Flüssigkeit ein, wobei die Luftfeuchtigkeit einerseits die Geschwindigkeit der Verdunstung, andererseits die Intensität der entstehenden Verdunstungskälte am Feuchte-Sensor bestimmt. Die Verdunstungskälte führt zu einer Temperaturdifferenz zwischen dem Feuchte- und Trocken-Temperaturfühler, welcher die Umgebungstemperatur misst. Anhand dieser Differenz bestimmt das Psychrometer die relative Luftfeuchtigkeit (ILÖK 2006, TESTO 2014).

„Die Luftfeuchtigkeit ist die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes. Sie wird durch verschiedene Feuchtemaße beschrieben“ (ILÖK 2006, 8). Der Wert der relativen Luftfeuchte wird üblicherweise in der Einheit Prozent angegeben und gibt das Verhältnis von Wasserdampfdruck und Sättigungsdampfdruck an. Während der Wasserdampfdruck den Partialdruck des Wasserdampfes in der Atmosphäre darstellt, also den Teildruck, den der gasförmige Wasserdampf zum Gesamtdruck beiträgt, bezeichnet der Sättigungsdampfdruck den „bei einer [bestimmten] Temperatur [...] maximal mögliche[n] Wasserdampfdruck“ (ebd., 9). Also den maximal möglichen Gehalt an Wasserdampfmolekülen. Die relative Feuchte beschreibt folglich das Verhältnis des aktuellen zum maximal möglichen

Dampfdruck. Stimmen beide Werte überein und die Sättigung der Luft mit einer relativen Feuchte von 100 % tritt ein, geht bei Abfall der Lufttemperatur unter den Taupunkt der Wasserdampf in den flüssigen Aggregatzustand über (GEBHARDT ET AL. 2007, ILÖK 2006, SCHÖNWIESE 2008).

„Die Temperatur ist ein Maß für die [...] Geschwindigkeit, mit der sich die Teilchen [eines Stoffes] bewegen“ (ILÖK 2006, 3), hier angegeben in Grad Celsius (°C), deren Nullpunkt entsprechend dem Gefrierpunkt von Wasser definiert ist. Die Lufttemperatur ergibt sich außerdem in Abhängigkeit der Eigenschaften des Grundes, des Reliefs und der Höhenlage (ILÖK 2006, SCHÖNWIESE 2008).

Wie die Lufttemperatur wird auch die Luftfeuchte einheitlich in ca. zwei Metern Höhe über Grund und mit einem Mindestabstand zu Wasserflächen von 50 m gemessen. Zum Einsatz kamen Thermohygrometer der Firma testo (Typ testo 625) mit über eine Fühlerleitung verbundenem Feuchte-Fühlerkopf. Diese ermitteln die Umgebungstemperatur im Bereich - 10 °C bis + 60 °C bei einer Messgenauigkeit von $\pm 0,5$ °C und einer Auflösung von 0,1 °C ebenfalls über einen NTC-Widerstand. Die relative Feuchte wird bis maximal 100 % ermittelt und mit einer Genauigkeit von $\pm 2,5$ % und einer Auflösung von 0,1 % ausgegeben. Das Display zeigt aktuelle Messwerte an und erlaubt über wenige Tasten auch die Darstellung von Minimal- bzw. Maximalwerten (TESTO 2014).

5.1.6 Infrarot-Thermometer

Infrarot-Temperaturmessgeräte bestimmen die abgegebene Infrarotstrahlung und somit die Temperatur eines zu messenden Objekts auf kurzer Distanz und ohne dieses dabei zu berühren (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, ILÖK 2006, BRUNOTTE, GEBHARDT & MEUSBURGER 2001).

Sobald ein Objekt eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt von 0 Grad Kelvin (-273,15 °C) besitzt, sendet dieses elektromagnetische Eigenstrahlung aus. Hierbei stellt die Infrarotstrahlung den Teil dieser dar, der als Wärmestrahlung zur Temperaturmessung verwendet wird. Die abgegebene Strahlung fällt durch die Linse des Gerätes, welche sie bündelt und auf einem Sensor abbildet. Dieser verstärkt die Infrarotstrahlung und wandelt sie folgend in ein proportionales elektrisches Signal um. Dieses Signal wird in eine Ausgabegröße proportional zur Temperatur des gemessenen Objekts umgerechnet und digital weiterverarbeitet. Schließlich kann der errechnete Messwert der Objekttemperatur auf dem Anzeigedisplay abgelesen werden (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, ILÖK 2006, BRUNOTTE, GEBHARDT & MEUSBURGER 2001).

Als Strahlung bezeichnet man sich ausbreitende Wellen, die hierbei Energie in Form von teilweise fühlbarer Wärme transportieren. Strahlung kann sich sowohl in ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie in der Wellenlänge (Abstand zwischen zwei Wellenbergen) oder der Frequenz (Anzahl der Wellendurchgänge je Zeiteinheit) unterscheiden. Als elektromagnetische Strahlung bezeichnet man außerdem Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. So auch die von der Sonne ausgehende und auf der Erde auftreffende kurzwellige elektromagnetische Solarstrahlung. Diese wird von

der Erde, welche wiederum aufgrund der relativ geringen Oberflächentemperatur langwellige Strahlung aussendet (terrestrische Strahlung), zum Teil absorbiert und teilweise reflektiert (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, ILÖK 2006, BRUNOTTE, GEBHARDT & MEUSBURGER 2001). Die Albedo wiederum ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen einer nicht selbst leuchtenden Fläche und wird als Verhältnis aus reflektierter zu einfallender, kurzwelliger Strahlung definiert. Sie ermöglicht somit Rückschlüsse auf das Erwärmungspotenzial einer Oberfläche. Die Bestrahlung und vornehmlich die Besonnung einer diffus reflektierenden Fläche ist maßgeblich für deren Temperatur, wobei hierbei nicht nur deren Oberflächenfarbe, sondern auch deren Neigung und Exposition zur Sonne Einfluss nehmen. Besonnung bezeichnet hierbei die direkte auf eine Fläche auftreffende Sonneneinstrahlung, wohingegen Bestrahlung auch die diffuse Himmelsstrahlung – also sowohl die kurzwellige, von Wolken reflektierte terrestrische Strahlung am Tage, als auch die langwellige atmosphärische Gegenstrahlung in der Nacht – miteinschließt. Zur Messung der Wärmerückstrahlung eines Standortes oder einer Fläche in Folge von Besonnung werden Perioden mit hoher Ein- und Ausstrahlung empfohlen, also idealerweise Mittagszeiten an wolkenlosen Tagen, um das Auftreten möglicher Messfehler durch ein verringertes Niveau kurzwelliger Strahlung zu minimieren. Nach dem modifizierten Stefan-Boltzmann-Gesetz lässt sich die langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche berechnen (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, ILÖK 2006, BRUNOTTE, GEBHARDT & MEUSBURGER 2001).

$$L \uparrow = \epsilon * \sigma * T_0^4 \text{ [m}^{-2}\text{]} \quad (\text{Gl. 4})$$

mit ϵ = Emissionsvermögen, das bei einem idealen schwarzen Körper = 1 ist, σ = Stefan-Boltzmann-Konstante mit $5,67 * 10^{-8} \text{ [W m}^{-2} \text{ K}^{-4}\text{]}$ und T_0 = Oberflächentemperatur [K].

Nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz wird die Wellenlänge maximaler Energie umso größer, je kleiner die Temperatur des emittierenden Körpers ist (BARSCH, BILLWITZ & BORK 2000, ILÖK 2006, BRUNOTTE, GEBHARDT & MEUSBURGER 2001).

Zur Ermittlung der Oberflächentemperatur im Gelände dienen Geräte der Marke Afriso Typ TM 8-IR. Der Messbereich liegt für die Infrarotstrahlung bei - 33 °C bis + 500 °C bei einem Verhältnis von 11:1 der Entfernung zum Messpunkt und für das Thermoelement bei - 64 °C bis + 1400 °C. Die Messgenauigkeiten liegen im Infrarotbereich bei $\pm 2 \text{ °C}$ und für die Temperaturmessung bei $\pm 1 \text{ °C}$ (AFRISO o. J.).

Der Solar Reflectance Index (SRI) berücksichtigt neben der Albedo (Grad der Strahlungsreflexion) auch die Abwärme einer Oberfläche und ist umso höher, je geringer das Aufheizungspotenzial einer Fläche ist (Wert zwischen 0 und 100). Die Albedo gibt das Potenzial der Rückstrahlung einer Oberfläche an mit 0 gleich geringe Reflexion und 1 gleich hohe Reflexion (Abbildung 27) (SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016).












Dach	 ▲ Teer und Splitt 0,03 – 0,18	 ▲ Wellblech 0,10 – 0,15	 ▲ Dachziegel 0,10 – 0,35	 ▲ stark reflektierendes Dach 0,60 – 0,70
Wand	 farbige Wand 0,15 – 0,35	 Backstein / Naturstein 0,20 – 0,40	 weiße Wand 0,50 – 0,90	 ♀ Bäume 0,15 – 0,18
Boden	 — Asphalt 0,05 – 0,20	 — Beton 0,10 – 0,35	 — Gras 0,25 – 0,30	

Abbildung 27: Albedowerte unterschiedlicher Dach-, Boden-, Ober- bzw. Wandflächen (Quelle: SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 39).



Forschendes Lernen II

„Je nach Format lernen die Studierenden in der universitären Lehre einen Ausschnitt aus der Forschungspraxis kennen, stellen einen theoretischen Bezugsrahmen her und haben Teil an (empirischer) Forschung. In der Geographie findet diese Vorgehensweise vielfach Anwendung. Viele praxisorientierte Lehrformate wie Geländepraktika oder Übungen sind direkt an Forschungsprojekte gekoppelt und vermitteln gleichermaßen Methodenwissen, Fachwissen und Kenntnisse über Forschungstätigkeiten. Im Masterstudiengang Geographie an der Universität Heidelberg werden diese Kompetenzen weiter ausgebaut durch das Modul ‚Kleine Forschergruppe‘, das wahlweise im Bereich Humangeographie, Physische Geographie oder Geoinformatik abgelegt werden kann. Hierbei vertiefen die Studierenden die selbstständige und projektorientierte Arbeit und erlernen „eigenständige Forschungen zu planen sowie themenspezifische empirische Designs und Methoden auszuwählen und umzusetzen“ (GEOGRAPHISCHES INSTITUT UNIVERSITÄT HEIDELBERG 2015). Dabei wird in Kleingruppen komplementär zum Vorgehen in der ‚tatsächlichen‘ Forschung das Thema, das Konzept und das Vorgehen von den Studierenden selbst erarbeitet. Solche Lehrformate eröffnen den Studierenden einen Raum, in dem zusätzlich „anhand aktueller Forschungsarbeiten der Aufbau und Ablauf wissenschaftlicher Projekte sowie Fragen der Auswahl von Theorie und Methode“ (GEOGRAPHISCHES INSTITUT UNIVERSITÄT HEIDELBERG 2015) angeeignet und eingeübt werden können“ (LEUTZ O. J., 194 f., LEUTZ 2017). Gerade in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) bietet sich Forschendes Lernen an Schule und Hochschule über das reine Experimentieren hinaus an.

5.2 Messaufbau und Vorgehen

Vor den Messungen der jeweiligen Erhebungsphasen und -tage wurden der zeitliche und räumliche Rahmen sowie die Mess- und Qualitätsziele festgelegt. Ein Messprotokoll diente zur sachgemäßen und einheitlichen Dokumentation von Standort und Messergebnissen an den Einzelerhebungstagen im Rahmen der Lehrveranstaltungen.

„Alle meteorologischen Größen unterliegen kurzfristigen zeitlichen Schwankungen im Bereich von Sekunden bis zu mehreren Minuten oder Stunden“ (ILÖK 2006, 87). Diese Schwankungen werden durch Turbulenz der Atmosphäre oder Ungenauigkeiten bzw. Fehlmessungen der Messinstrumente hervorgerufen (ILÖK 2006). Da diese Schwankungen jedoch nicht erfasst werden sollen und keine Rolle in Bezug auf die Fragestellung spielen, wurden die Messwerte zeitlich gemittelt. Diesbezüglich wurde ein Mittelungsintervall von 30 min gewählt und die laufenden Messungen regelmäßig überprüft.

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die Messungen zeitgleich unter denselben Bedingungen an den verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Messungen begannen jeweils vormittags gegen 10:00 Uhr und endeten gegen 16:00 Uhr am Nachmittag. In diesem Zeitraum wurden in einem Intervall von 5 Minuten sowohl die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit als auch die Windgeschwindigkeit gemessen und im Messprotokoll verzeichnet. Ergänzend zur Lufttemperatur wurden Oberflächentemperaturen von umliegenden Objekten mithilfe eines Infrarot-Thermometers aufgenommen. Diese Zusatzmessungen ermöglichen einen Vergleich verschiedener Baumaterialien bezüglich ihrer Hitzeabgabe und erlauben somit Rückschlüsse auf den Einfluss von neuen und alten Baustrukturen sowie Baumaterialien auf das Mikroklima einer Stadt.

Die Messungen erfolgten in einer Höhe von ca. zwei Metern über Grund im Abstand von mindestens drei Metern zu Gebäuden. Die LabQuest2 Sensoren wurden ebenfalls in zwei Metern Höhe an einem beschatteten Standort nahe den manuellen Messungen installiert und zeichneten die Daten über den genannten Zeitraum auf. Aufgrund mangelhafter Beschattung an allen Standorten wurden die Sensoren in direkter Umgebung von Bäumen angebracht, so dass kein Mindestabstand zu diesen eingehalten wurde. Da aber der Aufbau an allen Standorten nach demselben Prinzip erfolgte, sind diese Daten dennoch untereinander vergleichbar (Abbildung 28).



Abbildung 28: Beispielhafter Messaufbau an einem Geländetag am Universitätsplatz (links) und an der Schwetzingen Terrasse (rechts) im Sommersemester 2017 und 2018 (Eigene Aufnahmen).

Alle erhobenen und zum Vergleich herangezogenen Klimadaten wurden mithilfe der Programme Microsoft Excel und OriginPro ausgewertet und die Ergebnisse graphisch dargestellt.



Forschendes Lernen in der Geographie I

„Im Sommersemester 2017 fand am Geographischen Institut der Universität Heidelberg in Kooperation mit der Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg (Research Group for Earth Observation) eine Geländeübung unter dem Titel „Klimawandel im städtischen Raum am Beispiel Heidelberg“ statt. Über diese Lehrveranstaltung war es möglich, Studierende in das Dissertationsprojekt aktiv einzubinden. Ausgehend von der Frage, welche neuen Impulse durch die Erhebung von Klimadaten an ausgewählten öffentlichen Räumen in Kombination mit Befragungen zur Wahrnehmung von städtischen Plätzen und zum Klimawandelempfinden der Bevölkerung im Zuge einer nachhaltigen Stadtentwicklung generiert werden können, sollten die Teilnehmenden – unter Anleitung – alle Etappen von wissenschaftlicher Forschung durchlaufen: Entwicklung der Fragestellung, Sichtung des Forschungsstandes, Klärung methodischer Fragen, Durchführung der Datenerhebung sowie die Diskussion der Ergebnisse und die Darstellung derselben in einem Protokoll inklusive eigener Diagramme. [...] Zur Vorbereitung der Geländetage absolvierten die Studierenden einen Einführungstag mit einer theoretischer Hinführung zum Thema und einer Testphase der zum Einsatz kommenden Feldgeräte. Der Theorieblock war in mehrere Themenbereiche unterteilt: Nach Präsentation der Lernziele und des Forschungsstandes wurden die Standorte (öffentliche Plätze in Heidelberg – Bismarckplatz, Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse), die Messgeräte und der Fragebogen vorgestellt und diskutiert.“

In diesem Rahmen hatten die Studierenden die Möglichkeit, die zu verwendenden Messgeräte zu testen und sich mit der Handhabung vertraut zu machen. Zum Einsatz kamen analoge Geräte wie Anemometer, Thermo-Hygrometer, Infrarotthermometer, Schallpegelmessgeräte und GPS-Geräte, deren Werte abgelesen, manuell dokumentiert und gemittelt werden müssen. Parallel dazu fanden sogenannte digitale LabQuest2-Geräte Anwendung. Dabei handelt es sich um didaktische Messgeräte, die eigens für den Gebrauch im Bildungswesen entwickelt wurden. Hier können parallel bis zu drei Sensoren (z. B. Thermometer, Anemometer und Barometer) angeschlossen werden. Nach Festlegen des Messzeitraums und -intervalls misst das Gerät eigenständig die gewählten Parameter und liefert ergänzende Vergleichsdatensätze zu den manuellen Messungen. An den eigentlichen Geländetagen arbeiteten die Studierenden in Kleingruppen von ca. drei Personen zusammen an ihrem jeweiligen Standort und führten dort – ausgehend von der eigens gewählten Fragestellung – eigenständig die manuellen und digitalen Messungen sowie die Befragungen durch. Um Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Vorgehens zu gewährleisten, wurden jeweils Standort, Messaufbau und Messziele dokumentiert. Betreut wurden die Studierenden hierbei durch mich und eine wissenschaftliche Hilfskraft. Die Auswertung der Daten und Zusammenstellung der Ergebnisse erfolgte in Form eines Gruppenprotokolls“ (LEUTZ O. J., 197 f., LEUTZ 2017). Ergänzt wurde diese Geländeübung durch weitere Lehrveranstaltungen in den darauffolgenden Semestern, die einzelne Aspekte und Methoden sowie ergänzende Themen in verschiedenen Formaten erneut aufgriffen.

6 Auswertung der Klimadaten aus den Erhebungsjahren 2017 und 2018

Das erste Ergebniskapitel befasst sich mit der Darstellung der 2017 und 2018 erhobenen Wetter- bzw. Klimadaten sowie deren vergleichender Gegenüberstellung. Die Beschreibung des klimatischen Ist-Zustandes im Untersuchungsgebiet Heidelberg und die Erfassung der städtischen Hitze Problematik eröffnen den Raum für ergänzende Methoden und anknüpfende Planungshinweise zur Klimaanpassung im Stadtgebiet. Die Erhebung aktueller Daten in Kombination verschiedener weiterer Methoden ist ein zentraler Weg, den Klimawandel in Heidelberg zu adressieren.

Zur mikroklimatischen Beschreibung der Standorte wurden punktuelle Erhebungen an einzelnen Sommertagen 2017 und 2018 vorgenommen, ergänzt werden diese Daten durch ein längerfristiges Monitoring der Parameter Lufttemperatur (°C) und relative Luftfeuchte (%) mittels zweier Wetterstationen an den Standorten Altstadt (A) und Bahnstadt (B). Aufgrund der Hitzebelastung während der Sommer- und Herbstmonate und da sich zu dieser Zeit vermehrt Menschen im öffentlichen Raum zum Verweilen aufhalten, werden nur diese Jahreszeiten in die Betrachtung einbezogen.

Die erste Datenbeschreibung bezieht sich auf das Erhebungsjahr 2017. In diesem fand die Aufzeichnung lediglich an Standort B in der Bahnstadt statt, beginnend am 22. August und endend am 9. November. Es wurde jeweils der Start- und Endmesszeitpunkt um 14:00 Uhr gewählt. Alle Vergleichsdaten beziehen sich auf exakt denselben Zeitraum. Am 11. September wurde der Datenlogger zur Datensicherung für ca. eine Stunde der Wetterhütte entnommen, dieser Zeitraum wurde bei der Analyse ausgeschlossen. Die Messkampagne 2017 diente der Entwicklung und Implementierung der Methodik in Vorbereitung für die Erhebung 2018.

6.1 Vergleichsdaten zu der eigenen Erhebung

Als Vergleich dienen Daten der Klimastation der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) in der Berliner Straße, Ecke Blumenthalstraße im Stadtteil Neuenheim (Karte der Klimastationen Abbildung 29 und Tabelle 3). Die Messstation für Luftqualitätsdaten existiert bereits seit 1984, Lufttemperaturdaten sind jedoch erst ab dem 26.04.2001 verfügbar. Daher beschränkt sich die vergleichende Analyse auf diesen Zeitraum. Die Zeitangaben der Wetterstationen beziehen sich auf die Mitteleuropäische Zentralzeit (MEZ; bzw. UTC+ 1), eine Korrektur für die Sommerzeit (MESZ) wurde per Hand für alle Daten durchgeführt und bei allen Berechnungen berücksichtigt. Alle Zeitangaben beziehen sich folglich, sofern nicht anders angegeben, auf die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ).

Der 30-Minutenmittelwert wird aus 1-Minutenmittelwerten zum Ende des halbstündigen Messintervalls arithmetisch gebildet. Die Messhöhe liegt hier vier Meter über Grund (LUBW 2017). Die Stati-

onsdaten Bahnstadt und Altstadt liegen in einer Aggregation von zehn Minuten vor, zur Vergleichbarkeit mit dem Datensatz der LUBW-Station in Neuenheim werden jeweils die Mittelwerte im 30-Minuten-Intervall betrachtet. Des Weiteren stehen eine Vielzahl meteorologischer Daten der Agrarmeteorologie Baden-Württemberg zur Verfügung. In Heidelberg betreibt die Institution drei Stationen. Die Station Heidelberg liegt im Pfaffengrunder Feld, 1,4 km Luftlinie westlich der Schwetzingener Terrasse. Daten der Station sind jedoch erst seit 01.12.2017 verfügbar. Des Weiteren befinden sich in der Umgebung die Stationen Kirchheim (3,4 km Luftlinie südwestlich der Bahnstadt; Daten verfügbar seit 01.01.1994), Rohrbach (4,3 km Luftlinie südöstlich der Bahnstadt; Daten verfügbar seit 01.01.2010) und Ladenburg (9 km Luftlinie nordwestlich der Bahnstadt; Daten verfügbar seit 01.01.1994). Alle Stationen befinden sich auf landwirtschaftlichen Nutzflächen und zum Teil in zeitweise beregnetem Obstbestand in einer Messhöhe von zwei Metern über Grund. Die Angaben beziehen sich an den genannten Stationen ebenfalls auf die MEZ (UTC+ 1). Die Werte liegen als Stundenmittel vor und werden anhand von 10-Minuten-Durchschnittswerten gebildet (AGRARMETEOROLOGIE BADEN-WÜRTTEMBERG 2018). In der vergleichenden Analyse wurden die eigenen Daten in Stundenmittelwerte (jeweils zum Ende des stündlichen Messintervalls) umgerechnet.

Darüber hinaus stehen Daten einer Klimastation des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg (Arbeitsgruppe Prof. Lucas Menzel) in der Nähe des Grenzhofs, ca. 4 km nordöstlich der Bahnstadt zur Verfügung. Die Daten liegen ab 08.11.2016 in einer Auflösung von 15 Minuten vor und werden ebenfalls auf einer landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche aufgezeichnet. Die verschiedenen Daten, deren Zeiträume sowie die Verfügbarkeit der Vergleichsdaten sind in der folgenden Übersicht dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht über die Datengrundlage, bestehend aus eigenen Daten und Vergleichsdatensätzen.

	Klimastation 2017 (B)	Klimastation 2018 (A+ B)	LUBW Neuenheim	Agrarmeteorologie	Grenzhof	Lehrveranstaltung 2017	Lehrveranstaltung 2018
Parameter	T [°C], rH [%]	T [°C], rH [%]	T [°C], rH [%], WS [m/s]	T [°C]	T [°C]	T [°C], rH [%], WS [m/s], T _{Fläche} [°C]	T [°C], rH [%], WS [m/s], T _{Fläche} [°C]
Zeitraum	22.08.17 14:00 Uhr – 09.11.17 14:00 Uhr	01.06.18 00:00 Uhr – 31.08.18 24:00 Uhr	Seit 26.04.200 1	Heidelberg: Seit 12.2017 Kirchheim: 01.1994 Ladenburg: 01.1994 Rohrbach: 01.2010	Seit 08.11.20 16	04.07.17, 28.07.17, 04.08.17	20.07.18
Auflösung	10min Mittelwerte	10min Mittelwerte	30min Mittelwerte	60min Mittelwerte	Mittelwerte	15min Mittelwerte 5min Absolutwerte, 30min Mittelwerte	5min Absolutwerte, 30min Mittelwerte
Datenverfügbarkeit			Online Karten- und Daten- dienst	Online Daten- dienst			

T= Lufttemperatur; rh= relative Luftfeuchte; WS= Windgeschwindigkeit; T_{Fläche}= Oberflächentemperatur

Die Messstandorte der eigenen Klimastationen sowie der Vergleichsstationen sind in der folgenden Karte dargestellt (Abbildung 29).

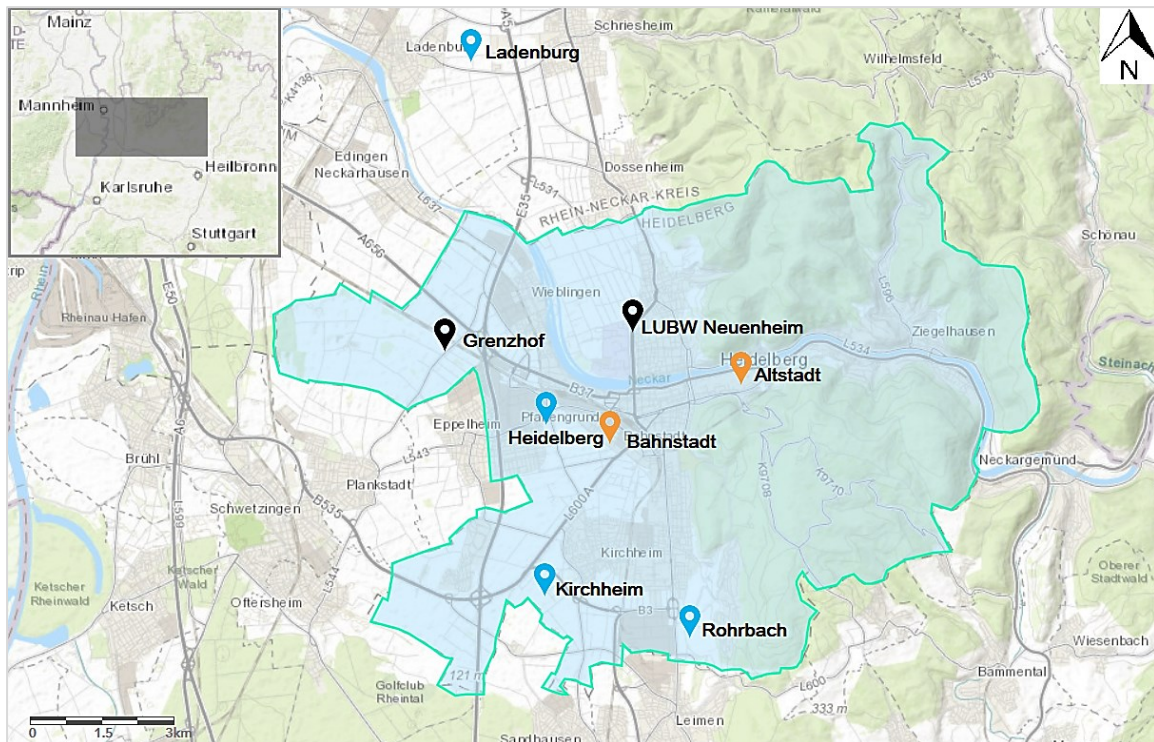



Abbildung 29: Stationskarte mit den eigenen Messstationen Altstadt und Bahnstadt (orange), der LUBW-Station in Neuenheim (schwarz), den Stationen des Agrarwetterdienstes (blau) und der Messstation des Geographischen Instituts Grenzhof (schwarz) (Eigene Darstellung, Kartendaten: ESRI ARCGIS).



Forschendes Lernen in der Geographie II

Im Rahmen der Lehrtätigkeit am Geographischen Institut und der Öffnung der Veranstaltung für beide Hochschulen Universität Heidelberg und Pädagogische Hochschule Heidelberg konnten viele Studierende in das Forschungsprojekt eingebunden werden. Darüber hinaus entstanden einige assoziierte studentische Abschlussarbeiten. Die Bachelorarbeit von Hannah Tengler beschäftigte sich beispielsweise mit der Untersuchung der städtischen Wärmeinsel in Heidelberg auf Basis der Analyse klimatologischer Ereignistage und ergänzenden eigenen Messungen.

6.2 Beschreibung der Daten im Erhebungsjahr 2017

Über den Betrachtungszeitraum 2017 lag die Durchschnittstemperatur der Klimastation Bahnstadt, angrenzend an die Schwetzingen Terrasse, bei 14,4 °C mit einer Standardabweichung von 5,3 °C. Die niedrigste Lufttemperatur von 0,1 °C wurde am 31.10.2017 um 9:00 Uhr aufgezeichnet, der Spitzenwert von 32,0 °C wurde am 30.08.2017 um 16:00 Uhr erreicht. Die relative Feuchte lag im Mittel bei 77,1 %, die Standardabweichung beträgt 15,0 %. Das Minimum lag am 23.08.2017 um 17:00 Uhr bei 35,3 % (Abbildung 30).

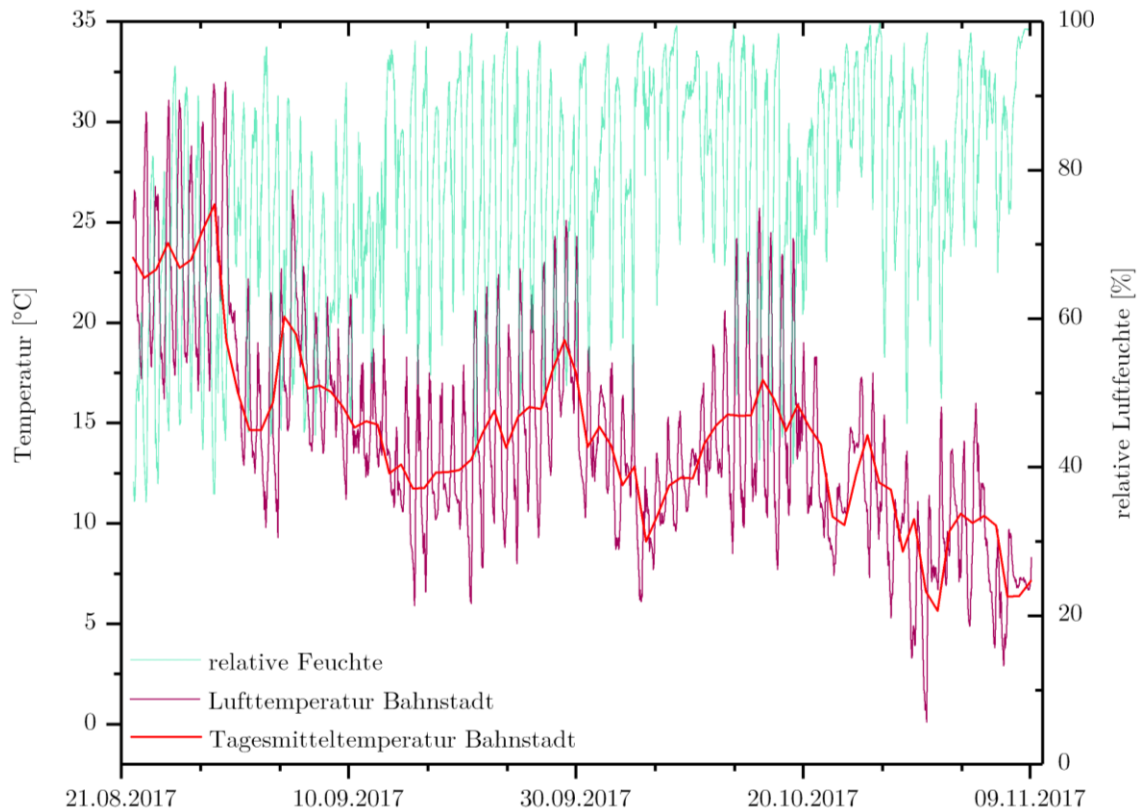


Abbildung 30: Darstellung des Lufttemperaturverlaufs, der Tagesmitteltemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit an der Messstation Bahnstadt für den Zeitraum 22.08.2017 14:00 Uhr bis 09.11.2017 14:00 Uhr (Eigene Darstellung).

Insgesamt erreicht bzw. übersteigt die Lufttemperatur an der Station Bahnstadt an elf Tagen den Wert von 25,0 °C im Beobachtungszeitraum. Diese werden als Sommertage ($T_{\max} \geq 25,0$ °C) kategorisiert. Die Marke von 25,0 °C wurde zuletzt am 16.10.2017 überschritten, 30,0 °C traten letztmalig am 30. August auf, dieser war zeitgleich der wärmste Tag während der Aufzeichnungen am Standort. Insgesamt wurden im Spätsommer Ende August sechs heiße Tage mit $T_{\max} \geq 30,0$ °C gemessen. Darüber hinaus traten im Zeitraum zwei aufeinander folgende Tropennächte mit $T_{\min} \geq 20$ °C (18:00-06:00 Uhr UTC, 20:00-08:00 MESZ) auf (29.08. auf 30.08. und 30.08. auf 31.08.).

Vergleich der eigenen Daten mit Stationsdaten in Neuenheim

Im folgenden Abschnitt werden die Daten der Messstation an der Schwetzingter Terrasse mit den Stationsdaten der LUBW an der Berliner Straße verglichen. Betrachtet wird der Überschneidungszeitraum 22.08.2017 14:00 Uhr bis 09.11.2017 14:00 Uhr, ausgenommen der 31.08.2017, da hier keine Vergleichsdaten der LUBW zur Verfügung stehen. Im Überschneidungszeitraum entspricht der Korrelationskoeffizient $r = 0,976$. Der Mittelwert der Station in der Bahnstadt liegt bei 14,3 °C mit einer Standardabweichung von 5,3 °C, während er an der Berliner Straße 14,4 °C mit einer Standardabweichung von 5,0 °C beträgt. An beiden Standorten treten die Minimalwerte und Maximaltemperaturen an denselben Tagen auf. Der Minimalwert von 2,5 °C wird an der Berliner Straße am 31.10.2017 um

7:30 Uhr erreicht, dieser ist damit um 2,4 K höher als das Minimum von 0,1 °C an der Schwetzingener Terrasse (31.10.2017 09:00 Uhr). Der Höchstwert von 31,4 °C wird an der Vergleichsstation am 30.08.2017 um 17:00 Uhr dokumentiert, an der Schwetzingener Terrasse liegt dieser zum selben Zeitpunkt bei 32 °C. Die Spannweite der Lufttemperatur ist folglich an der Schwetzingener Terrasse etwas größer als an der Berliner Straße, während die Durchschnittstemperatur im beobachteten Zeitraum eine Differenz von - 0,05 K in der Bahnstadt im Vergleich zu Neuenheim zeigt. Auch bei Betrachtung der tageszeitlichen Amplitude der Werte ist eine Über- bzw. Unterschreitung der Höchst- und Tiefstwerte der Station in der Bahnstadt gegenüber derer im Stadtteil Neuenheim zu erkennen (Abbildung 31).

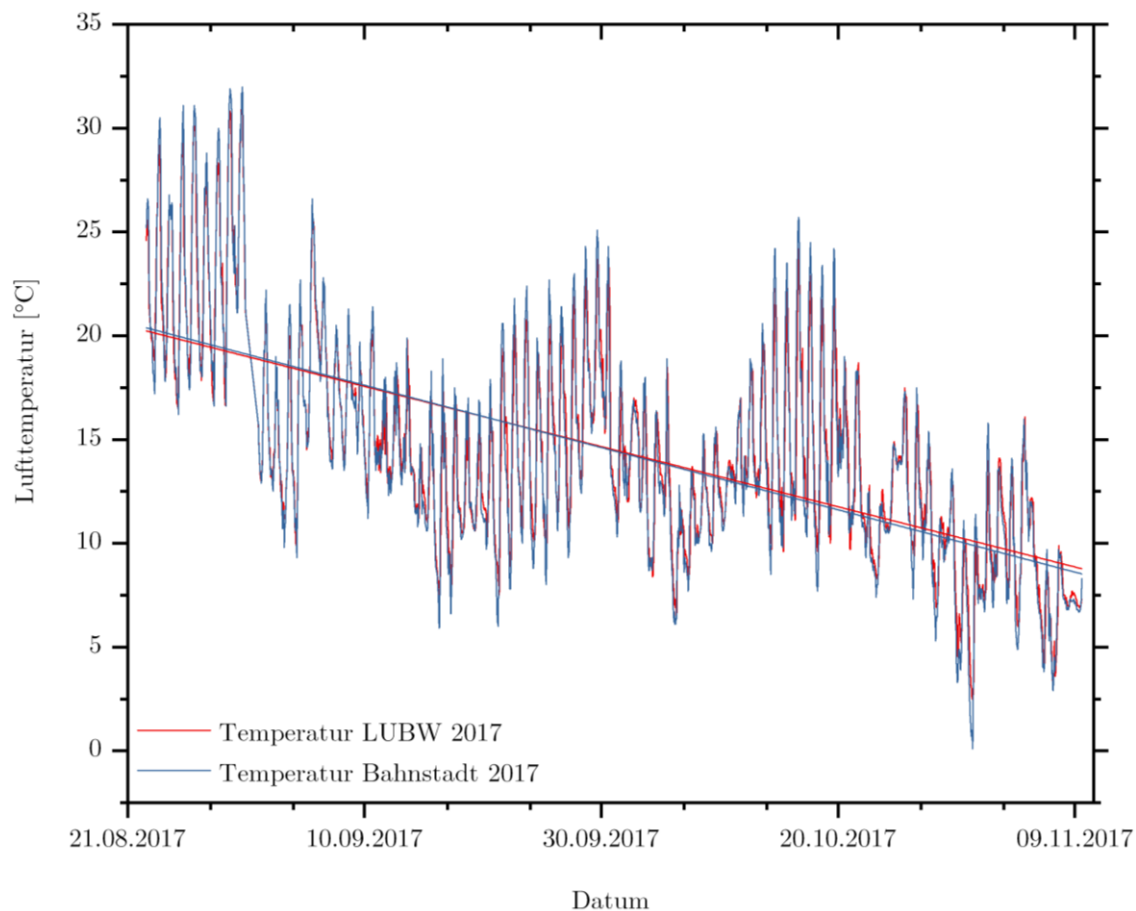


Abbildung 31: Temperaturverlauf an der Station Bahnstadt und der LUBW-Station an der Berliner Straße für den Zeitraum 22.08.2017 14:00 Uhr bis 09.11.2017 14:00 Uhr (ausgenommen 31.08.2017) im Vergleich. Ergänzend ist der lineare Fit beider Kurven dargestellt (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Der lineare Fit beider Kurven (Abbildung 31) zeigt, dass die Temperatur in der Bahnstadt während wärmerer Perioden zu Beginn des Beobachtungszeitraums tendenziell leicht über der in Neuenheim liegt, während sich dieser Trend etwa gegen Ende September 2017 umkehrt und die positive Abweichung der Temperatur an der Berliner Straße leicht zunehmend ist bis zum Ende der Datenerhebung 2017 am 09.11.2017.

Vergleich der Tagesmitteltemperaturen und Nachttemperaturen

Im nächsten Schritt erfolgt ein Vergleich der Tagesmitteltemperaturen und nächtlichen Temperaturen beider Standorte. Die größte negative Temperaturdifferenz ausgehend von den Tagesmittelwerten wird am 30.10.2017 mit - 0,67 K erreicht (niedrigere Temperatur in der Bahnstadt). Die größte positive Abweichung von 0,62 K tritt am 16.10.2017 auf (Abbildung 32).

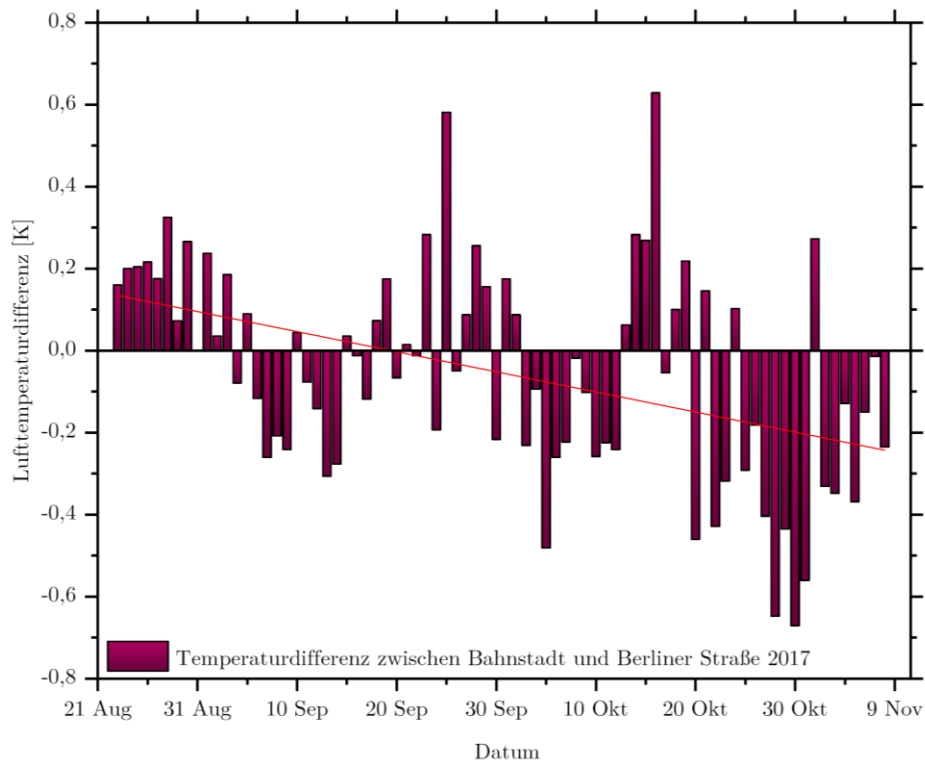


Abbildung 32: Lufttemperaturdifferenz (in K) ausgehend von den Tagesmittelwerten zwischen den Stationen Bahnstadt und Berliner Straße in Neuenheim für den Beobachtungszeitraum 2017 sowie der lineare Fit der Gesamtdifferenz zwischen den Standorten (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

In folgender Abbildung 33 sind die Temperaturdifferenzen für den Beobachtungszeitraum im Tagesgang in Form eines Thermoisoplethendiagramms dargestellt. Die höchsten Temperaturdifferenzen treten ab September über Mittag zwischen etwa 11:00 und 15:00 Uhr auf. Im August zeigen sich ebenfalls Temperaturdifferenzen von 1 bis 2 K in den frühen Abendstunden zwischen 17:00 und 20:00 Uhr. Niedrigere Werte an der Schwetzingen Terrasse von - 2 bis - 1 K treten hauptsächlich Ende August in den Morgenstunden und im Oktober und Anfang November zwischen 19:00 und 20:00 Uhr auf.

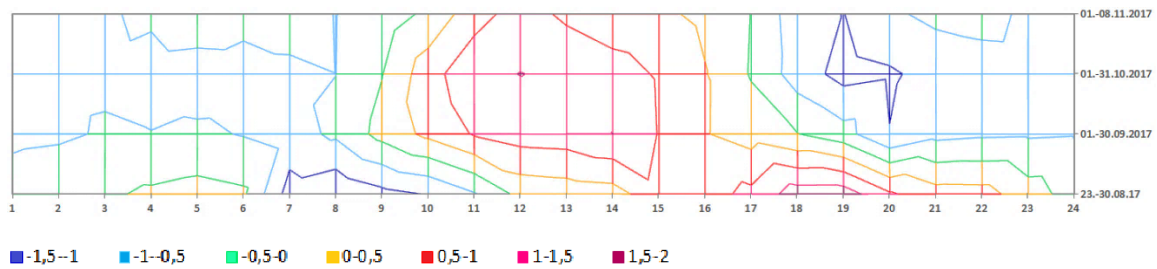


Abbildung 33: Thermoisoplethendiagramm: Tagesgang der Lufttemperaturdifferenz (in K) zwischen den Stationen Bahnstadt und Berliner Straße in Neuenheim im Erhebungszeitraum 2017. Die größten Abweichungen beider Messstandorte treten in den Mittagsstunden auf (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

In der weiteren Analyse wurden Daten der Vorjahre der LUBW-Station für den Überlappungszeitraum 22.08. bis 09.11. herangezogen, alle beschriebenen Werte beziehen sich auf diesen Zeitraum (Abbildung 34 und 35). Zunächst erfolgt ein Vergleich der Mittelwerte. Für die Bahnstadt liegt dieser wie oben beschrieben im Jahr 2017 bei 14,4 °C (31.08.2017 eingeschlossen). Der Mittelwert der LUBW Station in Neuenheim liegt im Vorjahr 2016 bei 15,1 °C, 2015 bei 14,0 °C, 2014 bei 15,3 °C, 2013 bei 14,8 °C, 2012 bei 13,8 °C, 2011 bei 15,1 °C und 2010 bei 12,9 °C. Im nächsten Schritt wurden die Tagesmitteltemperaturen (0:00 bis 23:30 Uhr, angenähert an die 24-Punkt-Methode: 23:51 UTC des Vortages bis 23:50 UTC) im Zeitraum verglichen. Anhand der Darstellung lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen, allerdings stellt das Jahr 2010 das kälteste in diesem Zeitraum dar. Der Mittelwert über alle Jahre liegt bei 14,4 °C und damit die Periode im Jahr 2017 an der Station Bahnstadt genau im Mittel.

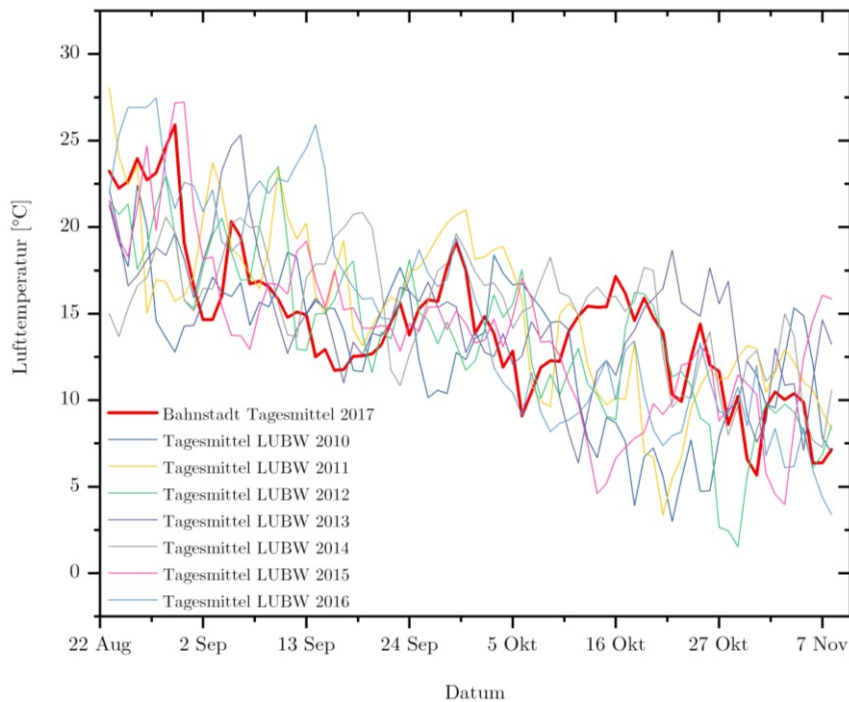


Abbildung 34: Vergleich der Tagesmitteltemperaturen an der Station Bahnstadt 2017 mit der Station an der Berliner Straße für die Vorjahre 2010 bis 2016 jeweils im Beobachtungszeitraum 22.08. bis 09.11. (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Zieht man im nächsten Schritt weitere Jahre in die Betrachtung mit ein, zeigt sich folgendes Bild.

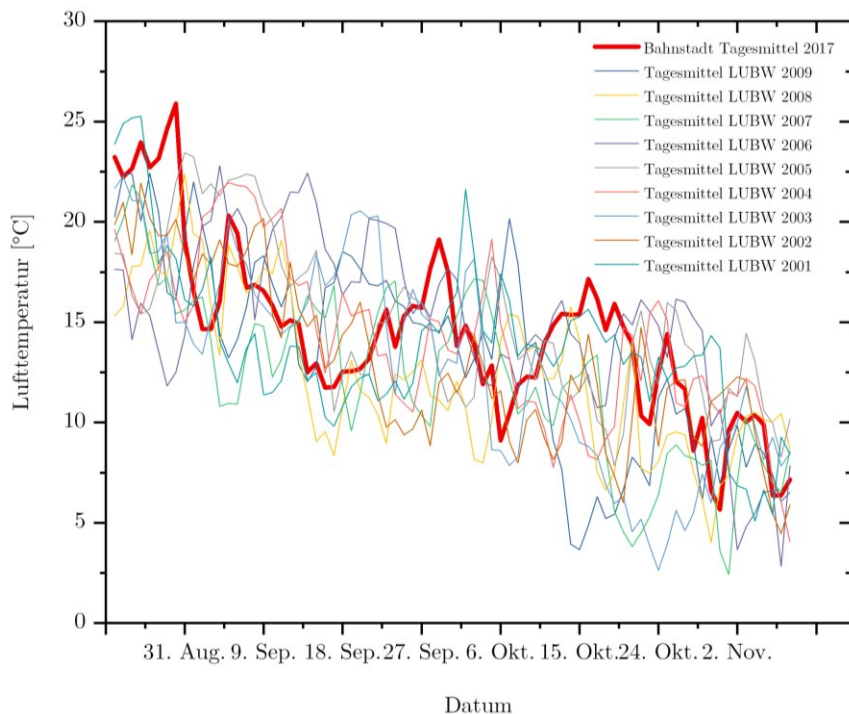


Abbildung 35: Vergleich der Tagesmittelwerte für die Lufttemperatur an der Station Bahnstadt im Jahr 2017 und an der Berliner Straße für die Jahre 2001 bis 2009 jeweils im Beobachtungszeitraum 22.08. bis 09.11. (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Nachfolgende Abbildung 36 zeigt die Tagesmitteltemperaturen im Beobachtungszeitraum für alle Jahre 2001-2017 als Isolethendiagramm. Die höchste Tagesmitteltemperatur tritt am 23.08.2011 mit 28,1 °C auf. Der durchschnittlich kälteste Tag ist der 29.10.2012 mit einer Durchschnittstemperatur von 1,5 °C.

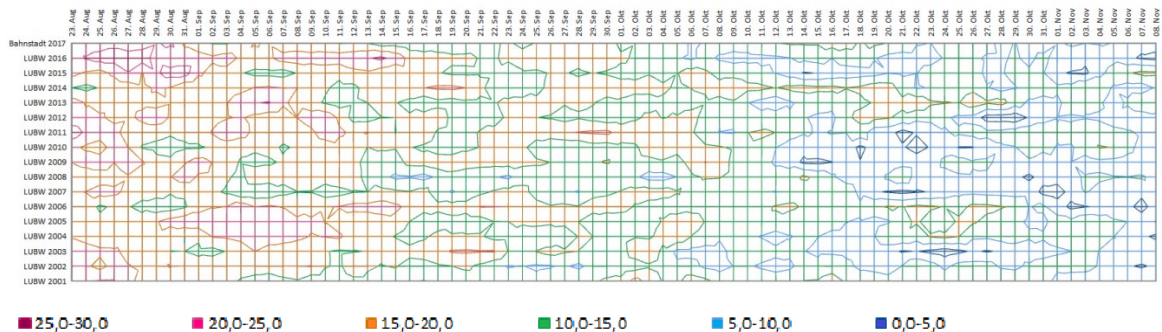


Abbildung 36: Thermoisoplethendiagramm der Tagesmitteltemperaturen im Beobachtungszeitraum für die Station Bahnstadt 2017 sowie die Vergleichsjahre seit 2001 der Station Berliner Straße in Neuenheim. Das Jahr 2017 am Standort Bahnstadt zählt im Vergleich zu den wärmsten in der abgebildeten Periode (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Anhand der Darstellungen lässt sich erkennen, dass die Messung am Standort Bahnstadt 2017 zu Beginn des Erhebungszeitraums im Vergleich zu den Jahren 2001-2009 zu den wärmsten zählt. Auch Ende September und Mitte Oktober wurden überdurchschnittlich warme Phasen dokumentiert. Für diese Jahre 2001-2009 ergibt sich ein etwas niedrigerer Mittelwert von 13,5 °C im Betrachtungszeitraum. Für die einzelnen Jahre liegt dieser im Bereich von 12,1 °C (2007) bis 15,0 °C (2006). Der außergewöhnliche Hitzesommer 2003 zeigt mit einem Mittelwert von 12,9 °C für den Beobachtungszeitraum im Herbst eher unterdurchschnittliche Werte. Auch das Jahr 2015 trat durch ungewöhnlich hohe Temperaturen hervor, der Herbst war hier hingegen mit 14,0 °C Mitteltemperatur ebenfalls durchschnittlich im Vergleich zu den hier beobachteten Vorjahren.

Für alle Vergleichsjahre 2001 bis 2016 liegt der Mittelwert für den Untersuchungszeitraum bei 13,9 °C mit einer Standardabweichung von 1,05 °C. Daraus folgt eine positive Abweichung des Jahres 2017 am Messstandort Bahnstadt von 0,5 K (Abbildung 37).

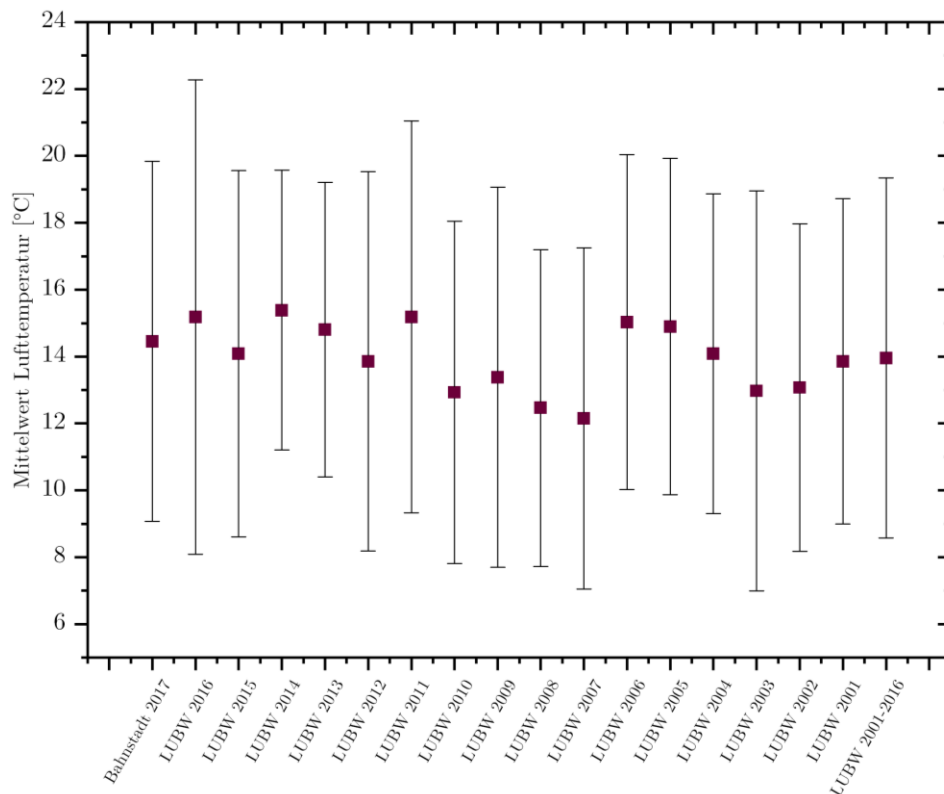


Abbildung 37: Mittelwerte mit Standardabweichungen der Lufttemperaturen am Messtandort Bahnstadt 2017 und Berliner Straße für die Jahre 2001 bis 2016 jeweils für den Zeitraum 22.08. bis 9.11. (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Zusammenfassend zählt der Herbst 2017 (22.08. bis 09.11.2017) im Vergleich zu den Daten der Vorjahre an der Station Berliner Straße zu den wärmeren (Tabelle 4). Auch liegt der Mittelwert der Bahnstadt 2017 mit 14,4 °C um 0,5 K über dem Durchschnitt der Jahre 2001 bis 2016 in Neuenheim. Auf den Extremsommer 2003 folgte ein vergleichsweise kühlerer Herbst. In allen Jahren werden auch im Herbst einige Sommertage mit Temperaturen von über 25 °C erreicht.

Tabelle 4: Wichtige Werte des Erhebungsjahrs 2017 und Vergleichswerte im Überblick.

	Mitteltemperatur [°C] (22.08. – 09.11.)	Minimaltemperatur [°C]	Maximaltemperatur [°C]
Bahnstadt 2017	14,4 (14,3)	0,1	32,0
LUBW 2017	14,3	2,5	31,4
LUBW 2016	15,1	1,9	34,4
LUBW 2015	14,0	2,7	34,8
LUBW 2003	12,9	0,1	30,5
LUBW 2001-2016	13,9		

Vergleichende Betrachtung der Anzahl an Sommertagen und Heißen Tagen

Anhand der Betrachtung der klimatologischen Ereignistage lässt sich eine deutlichere Entwicklung erkennen. An der Station Berliner Straße nimmt vor allem die Häufigkeit von Heißen Tagen zu. Tra-

ten in den Jahren 2002, 2004, 2006, 2007, 2008 für den Zeitraum im Herbst jeweils keine heißen Tage und in den Jahren 2003, 2005 und 2010 jeweils nur ein Hitzetag auf, ist die Anzahl dieser ab 2011 steigend (Abbildung 38). In der Bahnstadt treten im Jahr 2017 jeweils 6 Sommer- und Hitzetage auf. In Neuenheim sind es 10 Sommertage und 3 heiße Tage im selben Zeitraum 2017. Die Gesamtzahl der meteorologischen Ereignistage ist folglich an beiden Stationen fast identisch, lediglich die Kategorisierung aufgrund der Maximaltemperatur unterscheidet sich. Am Standort Bahnstadt steigt die Temperatur an mehreren Tagen bis zur 30 °C-Marke an, während diese in Neuenheim nicht erreicht wird und folglich nur als Sommertag kategorisiert wird, so beispielsweise am 23.08. und 25.08.2017. Hitzetage stellen streng genommen auch Sommertage dar, wurden in dieser Betrachtung jedoch nur in die Anzahl der heißen Tage aufgenommen. Sommertage hingegen sind in diesem Fall gekennzeichnet durch eine Maximaltemperatur von mindestens 25 °C, erreichten die 30 °C jedoch nicht. Besonders deutlich treten in dieser Darstellung die Jahre 2011 mit 14 Sommertagen und 6 Hitzetagen im Herbst und das Jahr 2016 mit 14 Sommertagen und 10 Hitzetagen im selben Zeitraum hervor. Die Jahre 2003 bis 2006 weisen eine Anzahl von Sommertagen ± 10 auf, Hitzetage treten hier jedoch kaum auf. Die Herbstmonate in den darauffolgenden Jahren 2007 bis 2010 sind gekennzeichnet durch verhältnismäßig wenige meteorologische Ereignistage. Die Gegenüberstellung weist aber ggf. auch auf mikroklimatische Unterschiede der beiden Standorte hin.

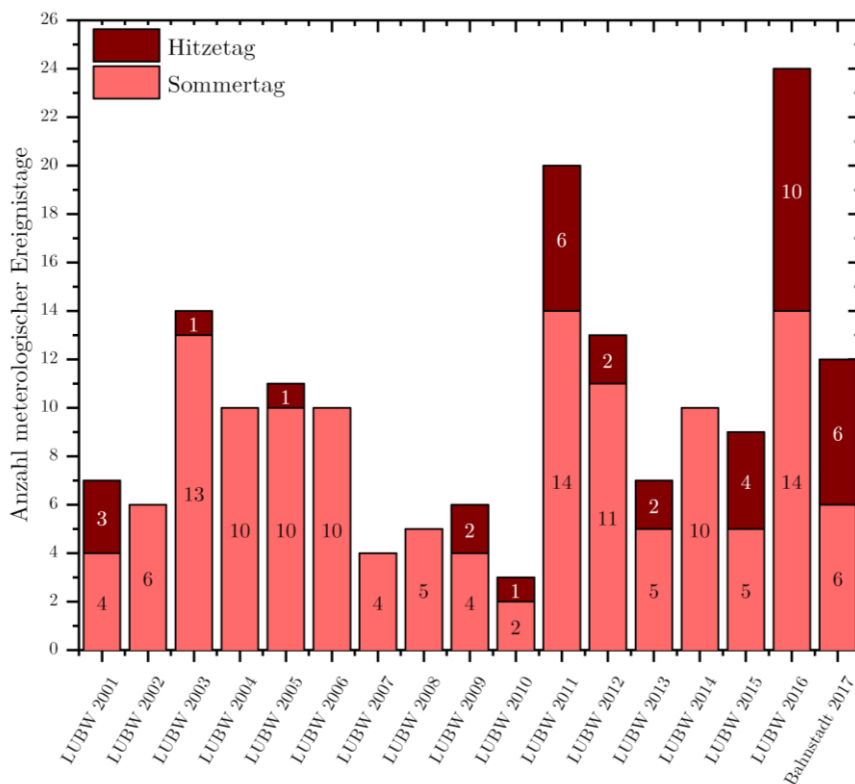


Abbildung 38: Anzahl der Sommer- und Hitzetage an der Station der LUBW und an der Station Bahnstadt für den Zeitraum 22.08. bis 9.11. der jeweiligen Jahre. Vor allem die Anzahl Heiße Tage ist zunehmend im Vergleich der vergangenen Jahre (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Nächtliche Temperaturen und Tropennächte

Nach Beschreibung der Anzahl von Sommer- und Hitzetagen werden im nächsten Schritt die nächtlichen Temperaturen und Anzahl der Tropennächte $T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ (18:00 bis 06:00 Uhr UTC) miteinander verglichen. Hierbei gehen ebenfalls die Daten der Jahre 2001 bis 2016 der LUBW-Station und der Datensatz für die Station Bahnstadt aus dem Jahr 2017 ein. Betrachtet wird wie zuvor der Überlappungszeitraum 22.08. bis 9.11.

Der durchschnittliche Mittelwert für die Nachttemperaturen liegt im Zeitraum Ende August 2017 bis Anfang November 2017 bei $12,6 \text{ °C}$ mit einer Standardabweichung von $4,2 \text{ °C}$. An der Station Bahnstadt erreicht die kälteste Nacht vom 31.10. auf 01.11.2017 eine Mitteltemperatur von $3,6 \text{ °C}$, die wärmste $23,1 \text{ °C}$ vom 30. auf den 31.08.2017. Die durchschnittlich kältesten Nächte über den gesamten Vergleichszeitraum werden mit $10,1 \text{ °C}$ 2007 an der Station Berliner Straße verzeichnet, den höchsten Wert von $13,8 \text{ °C}$ erreichen die Nächte im selben Zeitraum im Jahr 2014. Der durchschnittliche Mittelwert über alle Jahre an beiden Stationen liegt bei $12,3 \text{ °C}$.

Das Isolethendiagramm der Nachtmitteltemperaturen im Beobachtungszeitraum zeigt folgende Verteilung (Abbildung 39). Die wärmste Nacht über alle untersuchten Jahre tritt 2011 von 23. auf den 24.08. auf mit einer Mitteltemperatur von $27,1 \text{ °C}$. Die kälteste Nacht mit $0,2 \text{ °C}$ im Mittel wird vom 29. auf den 30.10.2012 verzeichnet.

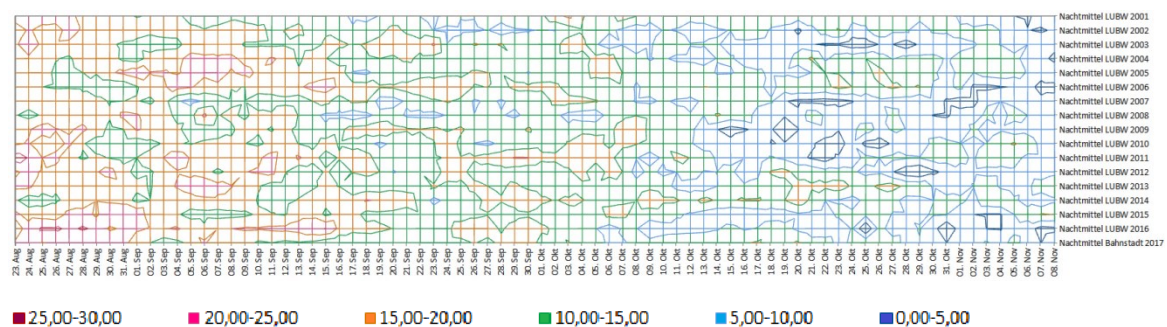


Abbildung 39: Thermoisoplethendiagramm der Nachtmitteltemperaturen in der Bahnstadt im Beobachtungszeitraum 2017 im Vergleich zu den Nachtmitteltemperaturen der Vorjahre an der LUBW Station für den jeweils identischen Zeitraum 22.08. bis 9.11. Besonders zu Beginn des Erhebungszeitraums treten vergleichsweise hohe nächtliche Temperaturen im Jahr 2017 auf (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Im nächsten Schritt wird der Gesamtdatensatz auf die Anzahl der Tropennächte im Zeitraum für die einzelnen Jahre untersucht (Abbildung 40). Im Zeitraum Ende August bis Anfang November in den Jahren 2001 bis 2017 treten Tropennächte an der LUBW-Station erst ab 2011 auf. In den vorherigen Jahren fielen die nächtlichen Temperaturen in den Herbstmonaten immer unter die 20 °C -Marke. 2011 werden an der Station Berliner Straße zwei Tropennächte in aufeinander folgenden Nächten von 22. auf 23. und 23. auf 24.08.2011 dokumentiert. 2012 weist für den Betrachtungszeitraum keine

Tropennacht auf, ebenso 2014. 2013 wurde eine Nacht mit Minimaltemperaturen von $\geq 20\text{ °C}$ verzeichnet, diese trat von 05. auf 06.09.2013 auf. Im Jahr 2015 sank die nächtliche Temperatur an drei aufeinander folgenden Nächten im Zeitraum 29.08. bis 01.09.2015 nicht unter 20 °C . Im darauffolgenden Jahr 2016 treten im beobachteten Zeitraum die häufigsten Tropennächte auf. Insgesamt fällt die Temperatur in vier Nächten nicht unter die Grenztemperatur: 24. auf 25.08., 27. bis 29.08. und zu einem relativ späten Zeitpunkt zwischen 14. und 15.09.2016. An der Station Bahnstadt treten im Jahr 2017 zwei Tropennächte zwischen 29. und 31.08.2017 auf, diese sind ebenfalls an der Station der LUBW dokumentiert (Abbildung 40).

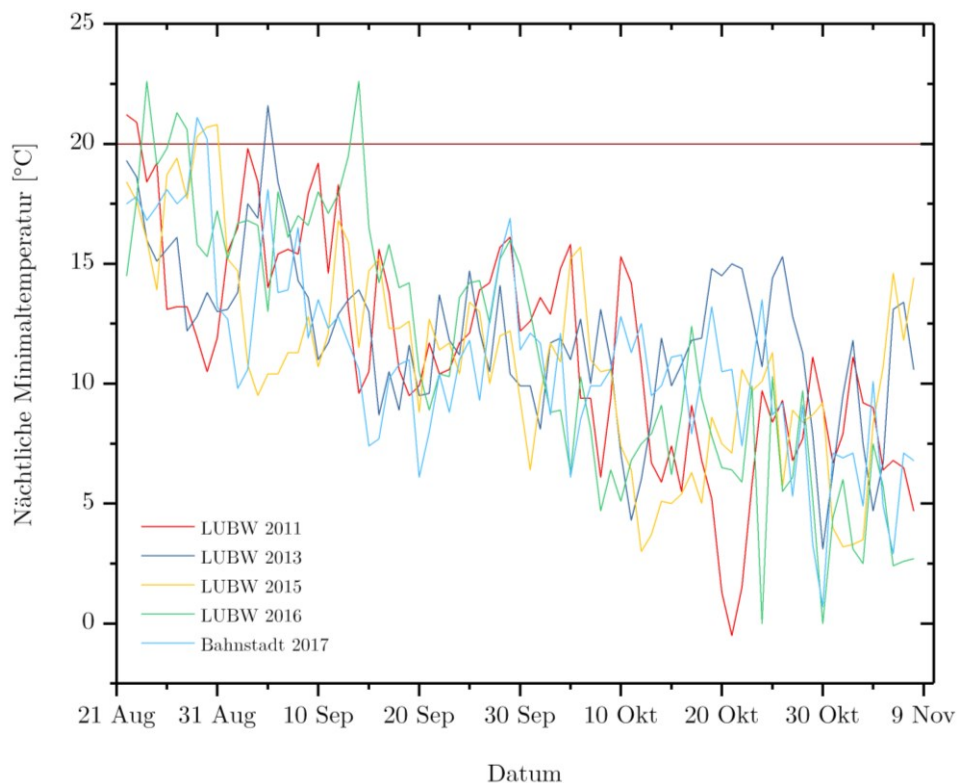


Abbildung 40: Tropennächte mit $T_{\min} \geq 20\text{ °C}$ an der Station Bahnstadt im Jahr 2017 und an der Vergleichsstation der LUBW in den Jahren 2011, 2013, 2015 und 2016 jeweils im Zeitraum 22.08. bis 9.11. Im Jahr 2017 werden am Standort Bahnstadt 2 Tropennächte dokumentiert (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Ausgehend von den in die Beobachtung einbezogenen Daten stellt sich der Herbst 2016 mit 14 Sommertagen, 10 Heißen Tagen und 4 Tropennächten als der wärmste dieser Jahreszeit dar (Tabelle 5). In der Bahnstadt werden im Herbst 2017 jeweils 6 Sommer- bzw. Hitzetage und 2 Tropennächte dokumentiert. In Neuenheim erreicht die Temperatur im selben Zeitraum nur an 3 Tagen die 30 °C -Marke.

Tabelle 5: Anzahl der meteorologischen Ereignistage des Erhebungsjahrs 2017 im Vergleich zu ausgewählten Jahren der LUBW-Station in Neuenheim.

	Anzahl Sommertage	Anzahl Heißer Tage	Anzahl Tropennächte
Bahnstadt 2017	6	6	2
LUBW 2017	10	3	2
LUBW 2016	14	10	4
LUBW 2015	5	4	3
LUBW 2011	14	6	2
LUBW 2010	2	1	-
LUBW 2005	10	1	-
LUBW 2003	13	1	-

Weitere vergleichende Auswertungen

Im nächsten Schritt wurden auch Daten des Agrarwetterdienstes Agrarmeteorologie Baden-Württemberg und die Daten der Klimastation des Geographischen Instituts Nahe des Grenzhofs in die Betrachtung miteinbezogen. Da für die Station Heidelberg des Agrarwetterdienstes in nächster Nähe zur Bahnstadt erst seit 01.12.2017 Daten verfügbar sind, wurden nur die Stationen Kirchheim, Ladenburg und Rohrbach als Vergleiche herangezogen. Der Mittelwert an der Station Bahnstadt liegt wie oben beschrieben über den Betrachtungszeitraum 2017 (22.08.-09.11.) bei 14,4 °C. In Kirchheim beträgt dieser 13,9 °C, in Ladenburg 13,4 °C, in Rohrbach 14,2 °C und am Grenzhof 14,0 °C. Die stärkste Korrelation mit der Bahnstadt weist der Datensatz der Station Rohrbach auf ($r = 0,9977$), hier nähern sich auch die Mittelwerte am stärksten an. Der im Mittel wärmste Standort ist 2017 demnach die Bahnstadt (Abbildung 41).

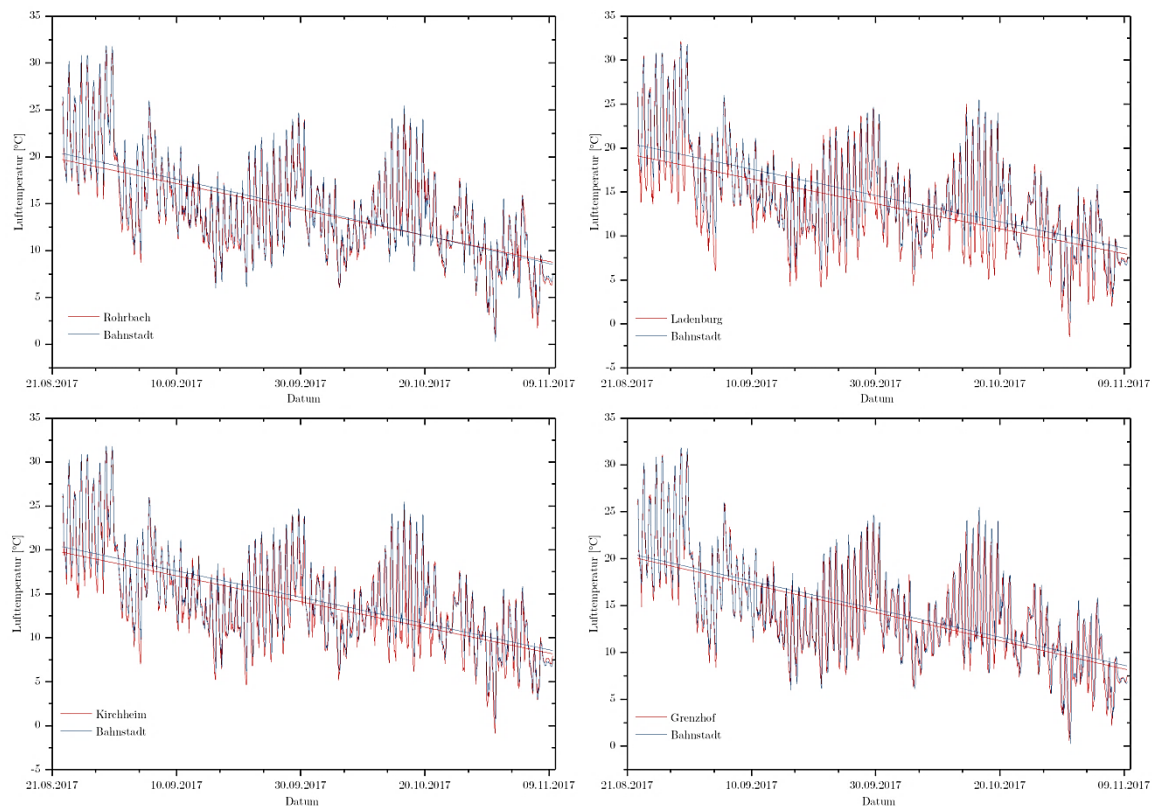


Abbildung 41: Stationsvergleich der Temperaturmesswerte zwischen der Bahnstadt, Rohrbach (oben links), Ladenburg (oben rechts), Kirchheim (unten links) und Grenzhof (unten rechts) jeweils mit Darstellung des linearen Fits der Kurven (22.08.-09.11.2017) (Eigene Darstellung, Daten: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg, Geographisches Institut Universität Heidelberg, LUBW).

6.3 Ergänzende punktuelle Messungen an Sommertagen 2017

Neben der Erhebung der Klimastationsdaten wurden punktuell an einzelnen Tagen weitere Messwerte an verschiedenen Standorten im Stadtgebiet aufgezeichnet. Diese befanden sich auf der Schwetzingener Terrasse, am Universitätsplatz und am Bismarckplatz. Ziel hierbei war die ergänzende und vergleichende Analyse der mikroklimatischen Bedingungen an den ausgewählten Stadtplätzen. Lediglich am 04.07.2017 konnten zeitgleich an allen drei Standorten Messungen durchgeführt werden. Ergänzend wurden am 28.07.2017 Daten an der Schwetzingener Terrasse und am 04.08.2017 am Universitätsplatz erhoben. Gemessen wurden jeweils die Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Oberflächentemperaturen verschiedener Oberflächen und Materialien. Dabei kamen parallel digitale LabQuest2-Geräte mit den entsprechenden Sensoren und analoge Infrarotthermometer, Anemometer und Thermohygrometer zum Einsatz. Die LabQuest2-Messgeräte wurden zu Beginn der Messungen mit den Sensoren in ca. zwei Metern über Grund an einem Standort im Schatten installiert. Hierzu dienten Bäume und Wäscheleinen als Hilfsmittel. Die manuellen Messgeräte wurden im Intervall von fünf Minuten in einer Messhöhe von ebenfalls ca. zwei Metern abgelesen und in einem Messprotokoll dokumentiert. Im Nachgang wurden alle Daten zur Vereinheitlichung auf 30 Minuten gemittelt, der Wert um 14:00 Uhr entspricht dabei sechs gemittelten Werten

zwischen 13:35 und 14:00 Uhr. Der Messzeitraum lag an allen Tagen zwischen ca. 10:00 Uhr morgens und ca. 16:00 Uhr am Nachmittag. Diese Daten dienen darüber hinaus dem Vergleich zwischen analoger und digitaler Messung. Auch hier dienen Werte der LUBW-Messstation an der Berliner Straße als Vergleichsdatensatz. Alle Erhebungen fanden an Sommertagen mit einer Lufttemperatur $\geq 25,0$ °C statt. Am 04.07.2017, als an allen drei Standorten parallel Daten erhoben wurden, herrschte beispielsweise eine Hochdruckbrücke über Mitteleuropa und sorgte in Heidelberg für einen Sommertag mit Temperaturen über 25,0 °C (Abbildung 42).

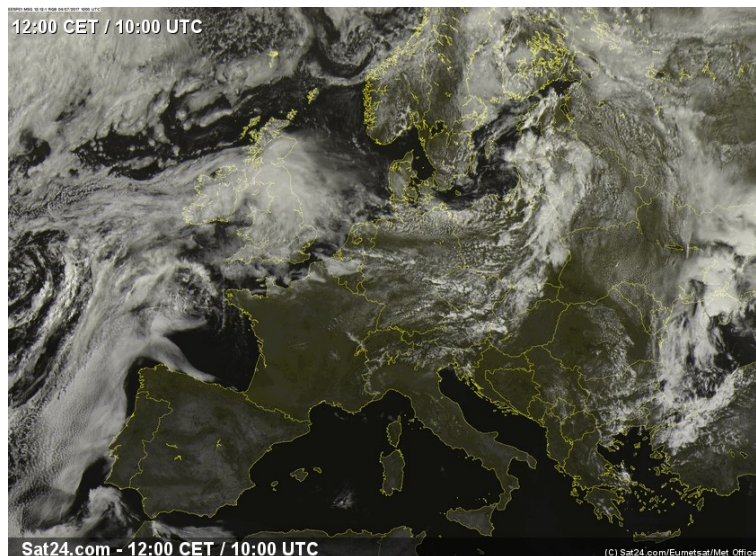


Abbildung 42: Satellitenbild der Großwetterlage (Hochdruckbrücke) über Europa am 04.07.2017 um 12:00 Uhr MESZ (Online unter: <http://www.sat24.com/image.ashx?region=eu&time=201707041200&ir=False> am 13.09.2018).

Bei Gegenüberstellung der Werte zwischen Erhebung mittels analoger Messgeräte und automatisierter digitaler Messung über die LabQuest2-Geräte zeigen sich an allen drei Standorten Abweichungen. Diese liegen für den Parameter Lufttemperatur jeweils im Bereich von etwa $\pm 0,5$ K und sind beispielsweise zurückzuführen auf leichte Unterschiede der Messstandorte. Für den Mittelwert der Lufttemperatur über den Messzeitraum ergibt sich am Bismarckplatz anhand der LabQuest-Messung 24,8 °C und anhand der Messung mittels Thermohygrometer 25,2 °C, daraus ergibt sich eine Abweichung von 0,4 K. An der Schwetzingen Terrasse beträgt die Abweichung 0,9 K. Hier liegt ebenfalls der mittlere Wert der manuellen Messung mit 25,1 °C über dem der digitalen mit 24,2 °C. Am Universitätsplatz weicht der Mittelwert der digitalen Messung mit 23,8 °C positiv um 0,8 K zu 23,0 °C ab. Die mittlere Abweichung liegt am Standort Bismarckplatz bei 0,4 K, am Universitätsplatz bei - 0,8 K und an der Schwetzingen Terrasse bei 0,8 K. Am Universitätsplatz liegen die Messwerte der digitalen Messung im Zeitraum von ca. 11:15 bis 12:15 Uhr kurzzeitig über denen der manuellen Messung und entwickeln sich im weiteren Verlauf weiter auseinander (Abbildung 43). Da im Messprotokoll keine Hinweise zu möglichen kleinräumigen Standortänderungen oder andere Einflussfaktoren vermerkt sind, ist keine Aussage über den Grund dieser Abweichung möglich. Generell

lässt sich anhand dieser Erhebung keine eindeutige Über- bzw. Unterschätzung der Lufttemperatur bei einer der beiden Messvarianten nachweisen. Zum Vergleich dient wiederum die Station der LUBW in der Berliner Straße. Diese zeigt für den Erhebungszeitraum Werte im oberen Bereich, angenähert an die Messergebnisse am Bismarckplatz und an der Schwetzingener Terrasse und liegt in weiten Teilen im Mittel zwischen beiden Messreihen am Universitätsplatz (Abbildung 43).

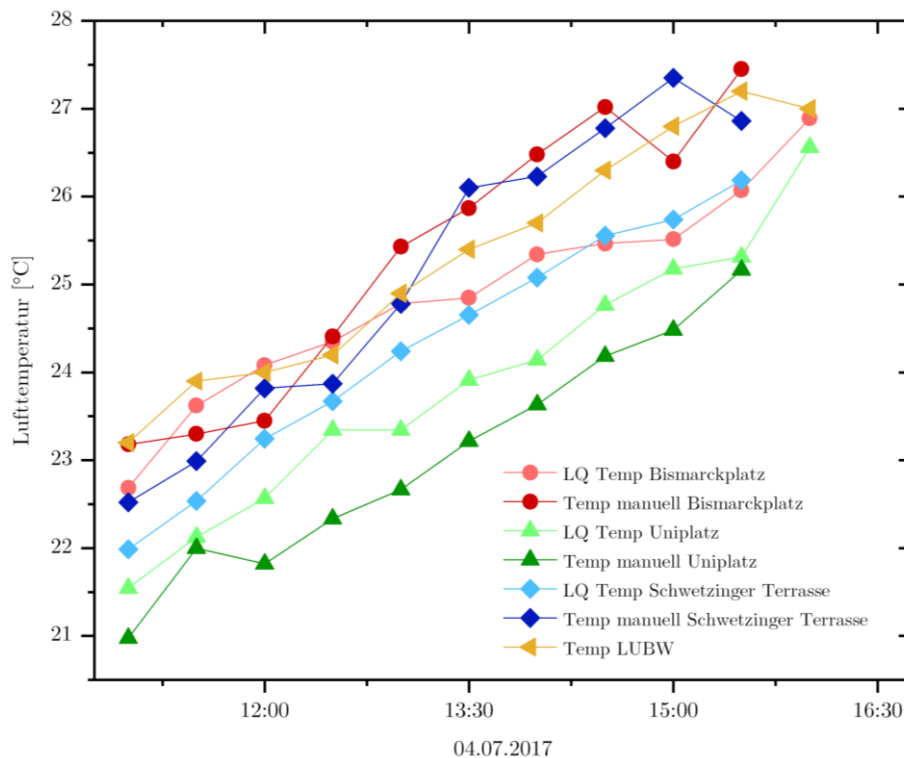


Abbildung 43: Vergleich der Temperaturmessungen mittels digitalem LabQuest2 Sensor (LQ Temp), analogem Thermohygrometer (Temp manuell) und Daten der LUBW Station am 04.07.2017. Der Temperaturverlauf der verschiedenen Stationen und Messvarianten weicht dabei deutlich voneinander ab im Tagesgang (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Im Beobachtungszeitraum steigen die Werte an allen Standorten über den Schwellenwert für einen Sommertag von 25,0 °C an. Der wärmste Standort war an diesem Tag der Bismarckplatz, die niedrigsten Werte wurden am Universitätsplatz gemessen. Der Temperaturverlauf an der Schwetzingener Terrasse liegt überwiegend zwischen diesen, übersteigt zur Mittagszeit gegen 13:30 Uhr und am Nachmittag gegen 15:00 Uhr jedoch auch kurzzeitig die Werte des Bismarckplatzes (Abbildung 43).

Neben der Temperatur wurden zeitgleich auch die Parameter Windgeschwindigkeit (Abbildung 44), Luftfeuchtigkeit (Abbildung 45) und die Oberflächentemperatur (Abbildung 46 ff.) verschiedener Materialien und Strukturen gemessen. Abgesehen von den Oberflächentemperaturen wurden auch diese Parameter parallel durch beide Messvarianten aufgezeichnet. Folgende Abbildungen zeigen den Vergleich dieser Werte.

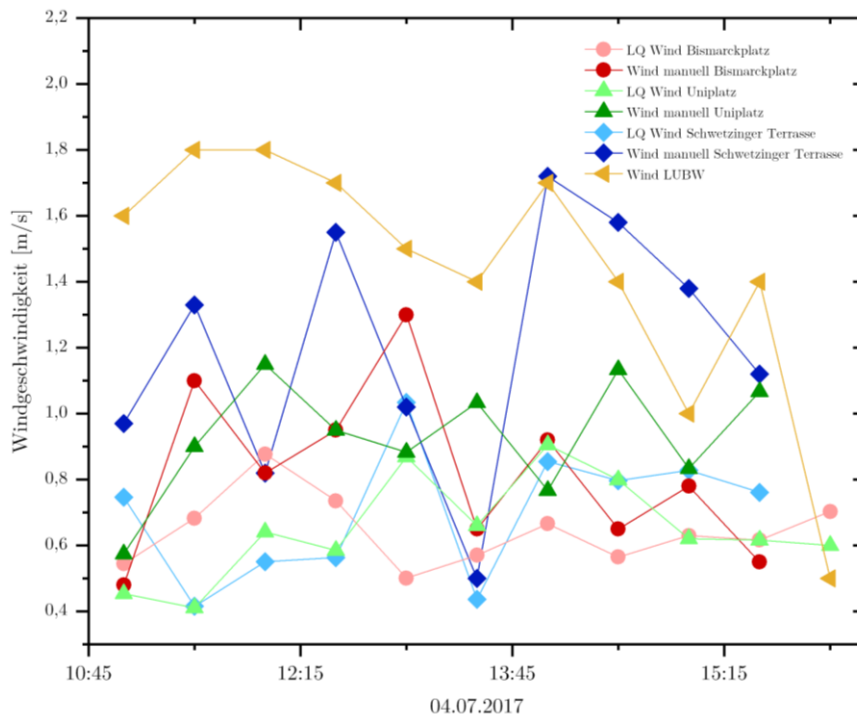


Abbildung 44: Vergleich der Messung der Windgeschwindigkeit mittels digitalem LabQuest2 Sensor (LQ Wind), analogem Anemometer (Wind manuell) und Daten der LUBW Station am 04.07.2017. Die Werte zeigen lokale Bedingungen ohne erkennbaren Trend (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Insgesamt treten niedrige Windgeschwindigkeiten variierend zwischen 0,41 m/s (LQ Wind Schwetzingen Terrasse und LQ Wind Uniplatz) und 1,8 m/s (Wind LUBW) auf (Abbildung 44). Am Bismarckplatz beträgt die mittlere Abweichung zwischen analoger und digitaler Messung 0,1 m/s, am Universitätsplatz 0,2 m/s und an der Schwetzingen Terrasse 0,5 m/s. Diese Werte spiegeln kleinräumige Turbulenzen an den jeweiligen Standorten wider und entsprechen einem schwachen Wind (Windstärke in Beaufort – Bft 1-2).

Für die Messung der Luftfeuchtigkeit stehen keine Vergleichswerte der Neuenheimer Station zur Verfügung. Hier erfolgt lediglich die Beschreibung und Gegenüberstellung der digitalen und analogen Messungen. Im Tagesverlauf nimmt die relative Luftfeuchtigkeit an allen Standorten, unabhängig der Messvariante, erwartungsgemäß ab. Die höchsten Werte erreicht die analoge Messung am Standort Universitätsplatz (rH manuell Uniplatz), beginnend bei 57,7 % und endend bei 44,7 %. Die niedrigsten Werte weisen die Kurven am Bismarckplatz und an der Schwetzingen Terrasse auf, jeweils über das digitale LabQuest2 Gerät gemessen (Abbildung 45). An allen drei Standorten zeigen die Werte der manuellen Messung positive Abweichungen gegenüber dem digitalen Messgerät. Die mittlere Abweichung am Bismarckplatz beträgt 4,1 %, am Universitätsplatz 5,5 % und an der Schwetzingen Terrasse 4,6 %. Der mittlere Startwert über alle Standorte liegt bei 43,6 % mit einer Standardabweichung

chung von 4,2 %. Dieser fällt auf einen mittleren Endwert von 39,6 % bei einer Standardabweichung von 2,9 % (Abbildung 45).

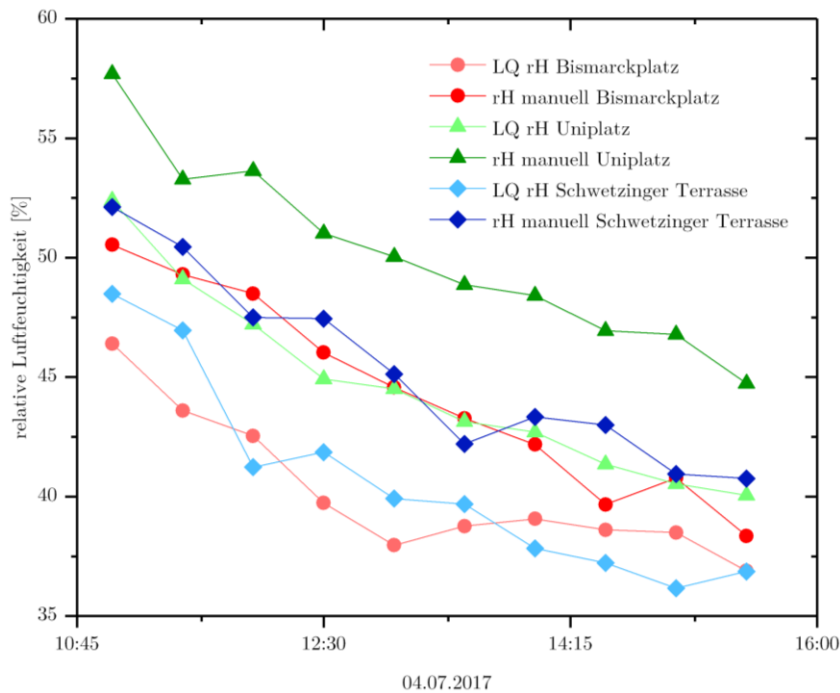


Abbildung 45: Vergleich der Messung der relativen Luftfeuchtigkeit mittels digitalem LabQuest2 Sensor (LQ rH) und analogem Thermohygrometer (rH manuell) am 04.07.2017 an den jeweiligen Standorten. Die Luftfeuchte nimmt im Tagesgang ab, die Werte weichen an den Standorten deutlich voneinander ab (Eigene Darstellung).

Die Werte der Messtage am 28.07.2018 und 04.08.2017 ergänzen die bisherigen Ergebnisse. Beide Tage erreichen jedoch nur knapp die 25,0 °C-Marke eines Sommertages. Beschrieben werden jeweils die mittels manueller Messung erhobenen Daten. Am 28.07.2017 fanden die Messungen zwischen 11:00 Uhr am Vormittag und 15:30 Uhr am Nachmittag auf der Schwetzingen Terrasse statt. Die Lufttemperatur erwärmte sich in diesem Zeitraum von 21,1 °C auf 25,1 °C bei einem Mittelwert von 22,9 °C und einer Standardabweichung von 1,3 °C. Die Luftfeuchtigkeit betrug im Mittel 52,1 % bei einem schwachen Wind von im Mittel 2,3 m/s. Am 04.08.2017 zeigt sich eine Temperaturentwicklung zwischen 11:30 und 15:30 Uhr von 23,0 °C bis 25,0 °C am Universitätsplatz in der Altstadt. Der Mittelwert liegt bei 23,8 °C mit einer Standardabweichung von 0,7 °C. Die relative Luftfeuchte sank von einem Anfangswert von 60,7 % auf einen Endwert von 48,1 % im Beobachtungszeitraum. Der schwache Wind erreichte eine mittlere Windgeschwindigkeit von 1,2 m/s bei einer Standardabweichung von 0,4 m/s.



Forschendes Lernen in der Geographie III

„Der Gedanke, dass Forschendes Lernen auch die eigene Forschung bereichern kann, ist meiner Meinung nach sehr wichtig. Die Kopplung von Lehrveranstaltungen an Forschungsprojekte kann nicht nur für beide Seiten – Lehrende und Lernende – lohnend sein, sie ist sogar durch viele Parallelen und Berührungspunkte zwischen dem Forschungszyklus (ATTESLANDER 2003) einerseits und dem Lernzyklus (KOLB 2015) andererseits naheliegend. An diesen Überschneidungspunkten kann Forschendes Lernen mit verschiedenen Formaten ansetzen.“ (LEUTZ O. J., 193 f.). Als Lernziele der Veranstaltung im Sommersemester 2017 wurden definiert, „eigenständig Messungen und PassantInnenbefragungen zum Stadtklima und dem öffentlichen Raum durchzuführen, die Daten anhand einer eigens entwickelten Forschungsfrage auf Basis des aktuellen Forschungsstandes zu bewerten und zu diskutieren und das Konzept des Forschenden Lernens zu reflektieren und eigene Ideen, z. B. für die Schule, zu entwickeln. Methoden- und Medienkompetenz sowie Eigenverantwortung und Selbstorganisation sollten dabei gleichermaßen geschult werden. Zur Erreichung der Lernziele standen den Studierenden eine Vielzahl an Hilfs- und Beratungsangeboten sowie technischem Equipment zur Verfügung“ (Leutz o. J., 197). Die Rückmeldungen der TeilnehmerInnen bestätigen die Vorzüge der gewählten Methode. Im Gesamten wurde die Lehrveranstaltung als gut bewertet. Der Arbeitsaufwand, das Tempo und das Niveau wurden durchgehend als angemessen eingeschätzt. Besonders „[p]ositiv hervorgehoben wurden die praktische Umsetzung von Lehrinhalten aus vorangegangenen Veranstaltungen, die Anwendung von Geräten und Methoden, der wissenschaftliche Zugang und die Aktualität sowie die eigene Erhebung und selbstständige Arbeitsweise – d.h. die Wahl einer Forschungsfrage, Selbstorganisation in Kleingruppen und Autonomieerfahrung in der Erhebungsphase. Die eingereichten Protokolle entsprachen dem zuvor besprochenen Standard für wissenschaftliche Arbeiten. Anhand der eigens gewählten Fragestellungen bearbeiteten und evaluierten die Gruppen die Erhebungsdaten und gelangen dabei zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen und Thesen. Der entstandene Eindruck durch die eingereichten Arbeiten bestätigte mir den insgesamt positiven Effekt des eigenständigen Lernens. Die individuelle Schwerpunktsetzung ermöglichte es den Studierenden unterschiedliche Themen und Aspekte in den Fokus ihrer Auswertung zu stellen und erzeugte dadurch vielfältige Betrachtungsweisen und Ergebnisse, die durch engere Vorgaben vermutlich nicht entstanden wären“ (LEUTZ O. J., 199, LEUTZ 2017).

6.3.1 Auswertung der erhobene Oberflächentemperaturen 2017

Im Rahmen dieser drei Messtage (04.07, 28.07. und 04.08.2017) wurden darüber hinaus Oberflächentemperaturen über Infrarotsensoren gemessen um die Wärmeabstrahlung unterschiedlicher Materia-

lien und Oberflächenelemente zu vergleichen. Exemplarisch werden nun folgend einige Ergebnisse dargestellt.

Die höchste Oberflächentemperatur der Erhebungsphase weist der dunkle Asphaltbodenbelag am Bismarckplatz auf, dessen mittlere Temperatur liegt bei direkter Sonneneinstrahlung im Messzeitraum am 04.07.2017 bei 43,9 °C mit einem Maximalwert von 47,7 °C (Abbildung 46). Auch der helle Farbasphalt auf der Schwetzingen Terrasse erhitzt sich bei direkter Sonneneinstrahlung im selben Zeitraum auf 44,5 °C. Die niedrigsten Temperaturen zeigen helle, beschattete Oberflächen wie die Kopfsteinpflasterung am Universitätsplatz mit einer mittleren Oberflächentemperatur von 19,5 °C. Demgegenüber liegt der Mittelwert der Oberflächentemperatur desselben Bodenbelags am identischen Standort bei direkter Sonneneinstrahlung um 14,9 K höher bei 34,4 °C. Auch zeigt eine begrünte Fläche, wie die an die Schwetzingen Terrasse angrenzende Rasenfläche entlang der Promenade, bei direkter Sonneneinstrahlung deutlich geringere Werte von im Mittel 29,6 °C gegenüber 40,7 °C Mitteltemperatur einer versiegelten Fläche durch Farbasphalt. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2018 zeigen für dieselbe Rasenfläche infolge andauernder Trockenheit und Hitzebelastung deutlich erhöhte Werte (Abbildung 67).

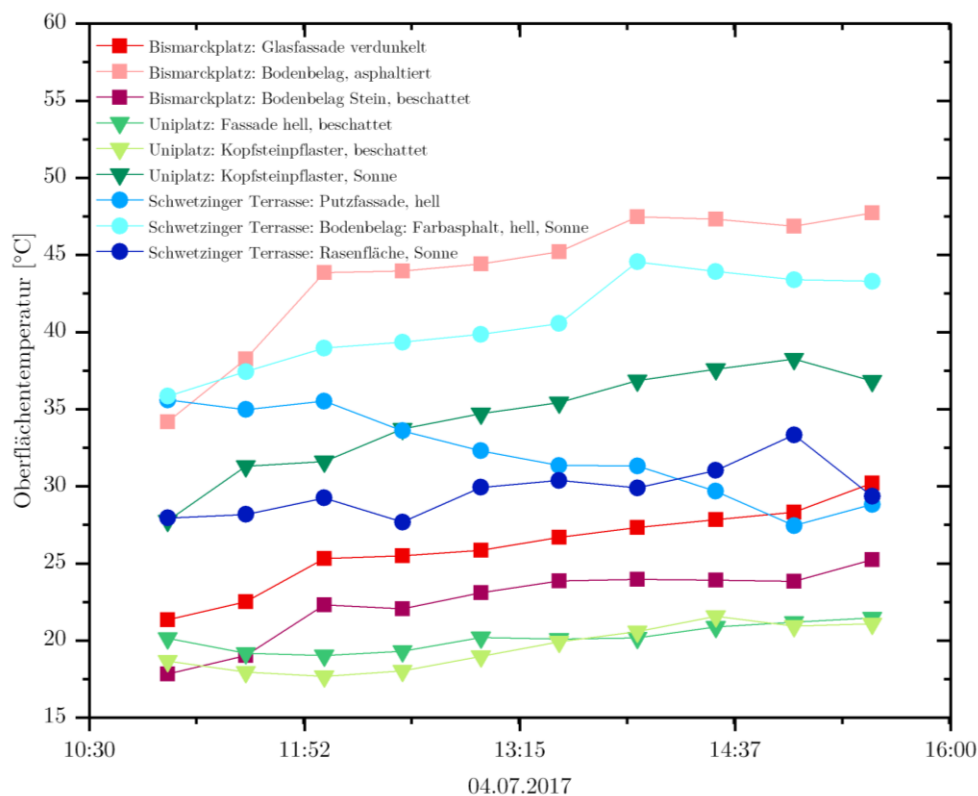


Abbildung 46: Vergleich der Oberflächentemperaturen verschiedener Fassadengestaltungen und Bodenbeläge an den drei Standorten Bismarckplatz, Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse. Die Differenz kühler beschatteter Flächen und dunkler infolge direkter Sonneneinstrahlung stark erhitzter Flächen beträgt im Mittel bei 24,4 °C (Eigene Darstellung).

Diese Messergebnisse bestätigen sich anhand der übrigen Messtage an den jeweiligen Standorten. Am 28.07.2017 wurden parallel Messungen der Oberflächentemperatur an zwei Gebäudefassaden, mit in einem Fall heller Gestaltung und im zweiten Fall dunklerer Gestaltung, mit der Oberflächentemperatur der Vegetation einer Grünfläche verglichen (Abbildung 47). Während die helle Fassade eine mittlere Oberflächentemperatur von 24,7 °C bei einem Maximum von 28,1 °C aufweist, liegt diese bei der dunkleren Fassade bei 34,9 °C und einem Maximum von 44,4 °C, jeweils bei direkter Sonneneinstrahlung. Die Grünfläche zeigt an der Blattoberfläche eines Staudengewächses eine Mitteltemperatur von 19,2 °C. Der Werteverlauf spiegelt des Weiteren die zunehmende Bewölkung im Tagesverlauf ab etwa 12:00 Uhr am Mittag wider. Die Wertegenauigkeit unterliegt aufgrund der Einstrahlungsverhältnisse gewissen Einschränkungen (Kapitel 5.1.6).

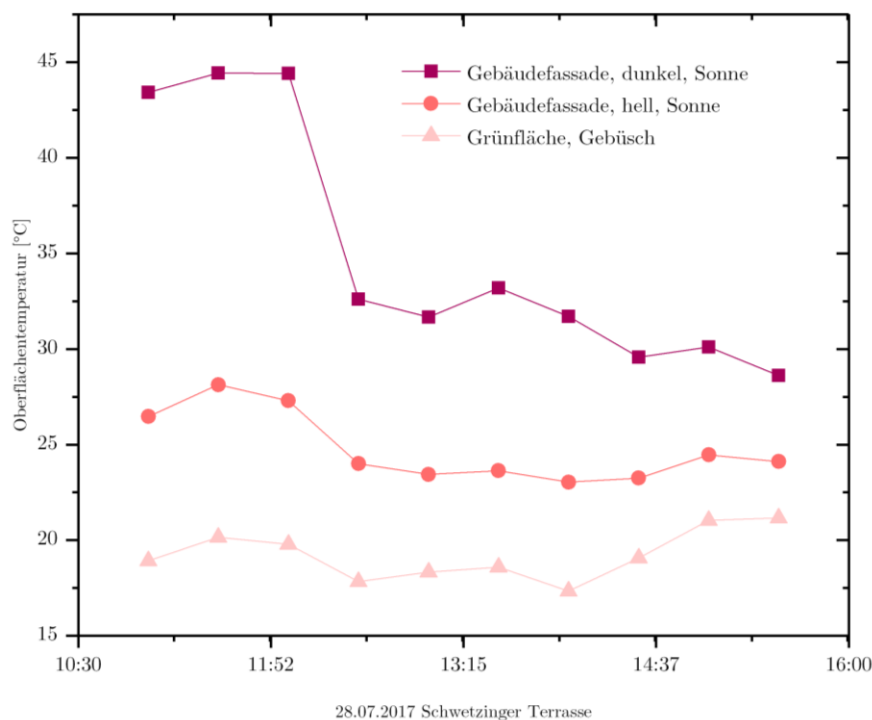


Abbildung 47: Vergleich der Oberflächentemperaturen verschiedener Fassadengestaltungen und einer Grünfläche an der Schwetzingen Terrasse am 28.07.2017 jeweils bei zunehmender Bedeckungsgrad im Messverlauf (Eigene Darstellung).

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich für den Universitätsplatz am 04.08.2017. Da an diesem Tag stärkere Bewölkung vorherrschte, ist die Temperaturdifferenz zwischen beschatteten und besonnten Standorten nicht so deutlich ausgeprägt und der Verlauf infolge der Strahlungsungleichheit schwankend (Kapitel 5.1.6). Der Mittelwert der Oberflächentemperatur des Kopfsteinpflasters erreicht in der Sonne 24,2 °C und im Schatten 21,1 °C (Abbildung 48). Parallel wurde die Temperaturentwicklung der beschatteten Fassade der Neuen Universität dokumentiert. Diese bewegt sich im Bereich von 20,8 °C bis 23,0 °C.

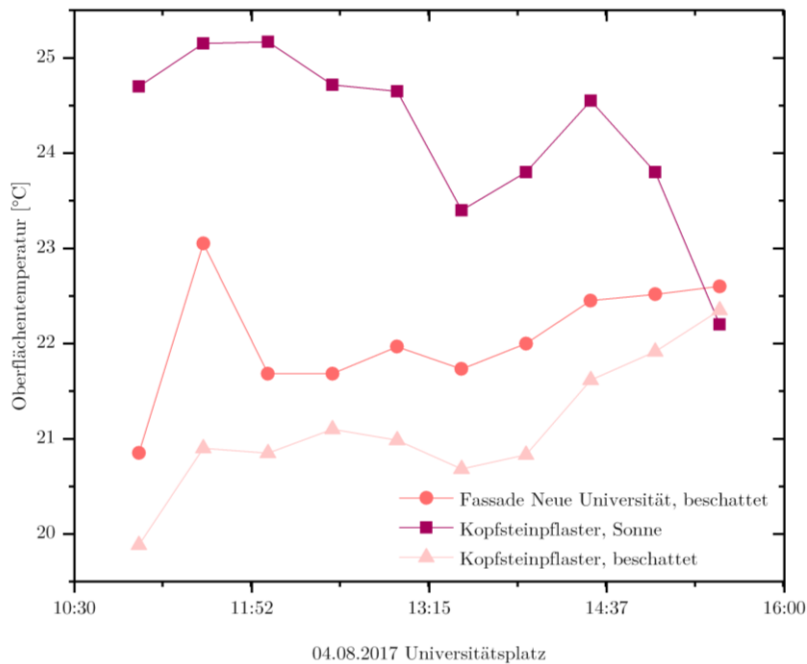


Abbildung 48: Vergleich der Oberflächentemperaturen verschiedener Bodenbeläge am Universitätsplatz und der Fassade der Neuen Universität am 04.08.2017 (Eigene Darstellung).

6.4 Beschreibung der Daten im Erhebungsjahr 2018

Auf diese erste Erhebungsphase 2017 baut die Messkampagne im Jahr 2018 auf, deren Ergebnisse werden folgend vorgestellt.

Für das Jahr 2018 wurden die Parameter Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit für die Sommerperiode über die Monate Juni, Juli und August (JJA) an zwei Standorten dokumentiert. Alle folgenden Beschreibungen und Vergleiche beziehen sich – abweichend von der Auswertung der Daten 2017 – auf diesen Zeitraum. Standort B in der Bahnstadt ist identisch mit dem Standort aus dem Vorjahr 2017 und befindet sich auf der direkt an die Schwetzingen Terrasse angrenzenden Rasenfläche. Standort A befindet sich in der Altstadt, auf Höhe der Seminarstraße 2 im Innenhof des Universitäts-Verwaltungsgebäudes. Dieser befindet sich ca. 100 Meter Luftlinie südlich des Universitätsplatzes (Abbildung 29).

Zunächst werden die erhobenen Daten der beiden Stationen beschrieben und ausgewertet, um diese im nächsten Schritt untereinander und wie für das Jahr 2017 erfolgt mit weiteren Daten zu vergleichen.

Mitteltemperaturen im Vergleich

Die mittlere Temperatur im Beobachtungszeitraum liegt in der Altstadt bei 22,5 °C mit einer Standardabweichung von 5,2 °C, in der Bahnstadt beträgt diese 22,7 °C bei einer Standardabweichung von 5,4 °C (Abbildung 49). Die einzelnen Monate betrachtend liegt die Mitteltemperatur im Juni in der Altstadt bei 21,0 °C und in der Bahnstadt bei 21,1 °C, im Juli bei 23,6 °C (Altstadt) bzw. 23,9 °C

(Bahnhof) und im August bei 22,9 °C (Altstadt) und 23,1 °C (Bahnhof). Die Bahnhof zeigt dementsprechend über den gesamten Beobachtungszeitraum höhere mittlere Lufttemperaturen im Vergleich zur Altstadt. Bei Betrachtung der Vergleichsdaten der Vorjahre bis 2001 der Station der LUBW an der Berliner Straße zeichnet sich ein genereller Trend zu höheren Mitteltemperaturen für den Gesamtzeitraum Juni bis August ab. Lediglich das Jahr 2003 mit einem extrem warmen und trockenen Sommer übersteigt im Mittel die Werte des Jahres 2018 (Abbildung 49). Die Vergleichsdaten der LUBW-Station an der Berliner Straße in Neuenheim zeigen 2018 ähnliche Werte wie der Standort Altstadt mit einer mittleren Temperatur für die Monate Juni bis August von 22,5 °C und einer Standardabweichung von 5,0 °C (Abbildung 49).

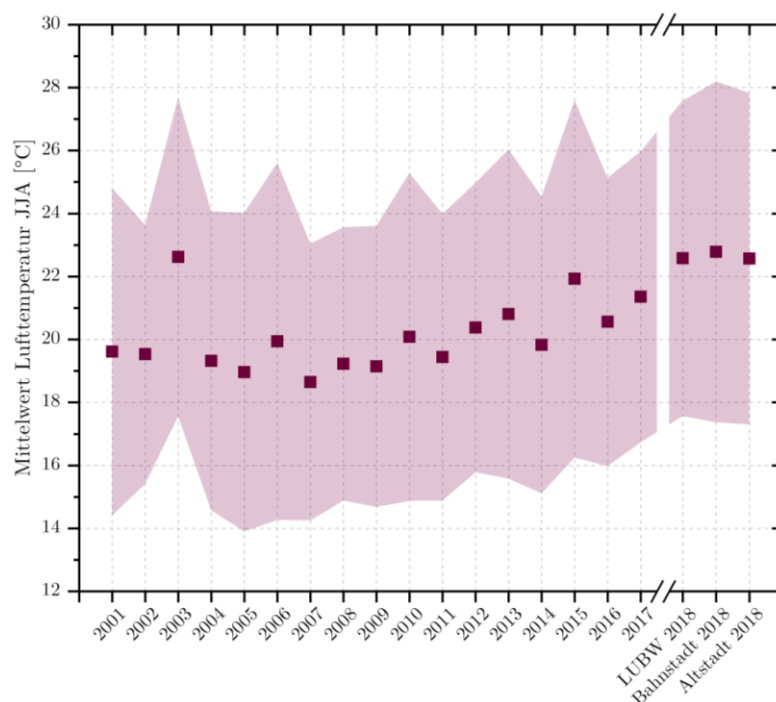


Abbildung 49: Mittelwerte der Lufttemperatur mit der Standardabweichung der Verteilung für den Zeitraum 01.06. bis 31.08. der einzelnen Jahre und Stationen. Herausragend stellt sich das Jahr 2003 dar, dessen Wert sich die letzten Jahre immer mehr annähern (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Die Maximaltemperatur wird an den beiden Standorten Altstadt und Bahnhof nicht am selben Tag verzeichnet, am 31.07.2018 um 15:00 Uhr liegt diese in der Altstadt bei 38,9 °C, in der Bahnhof wird diese am 03.08.2018 um 17:00 Uhr mit 37,7 °C erreicht. Der Minimalwert von 8,3 °C wird am 26.08.2018 um 05:10 Uhr an der Schwetzingen Terrasse gemessen. Der niedrigste Wert von 9,3 °C in der Altstadt wird am selben Tag um 07:30 Uhr aufgezeichnet. Höhere Maxima und demnach Absolutwerte werden diesem Beispielwert folgend in der Altstadt gemessen, die Tagesmitteltemperatur hingegen ist in der Bahnhof höher (Abbildung 51). Die relative Luftfeuchte liegt in der Altstadt im Mittel bei 58,5 %, in der Bahnhof bei 57,4 % (Abbildung 50).

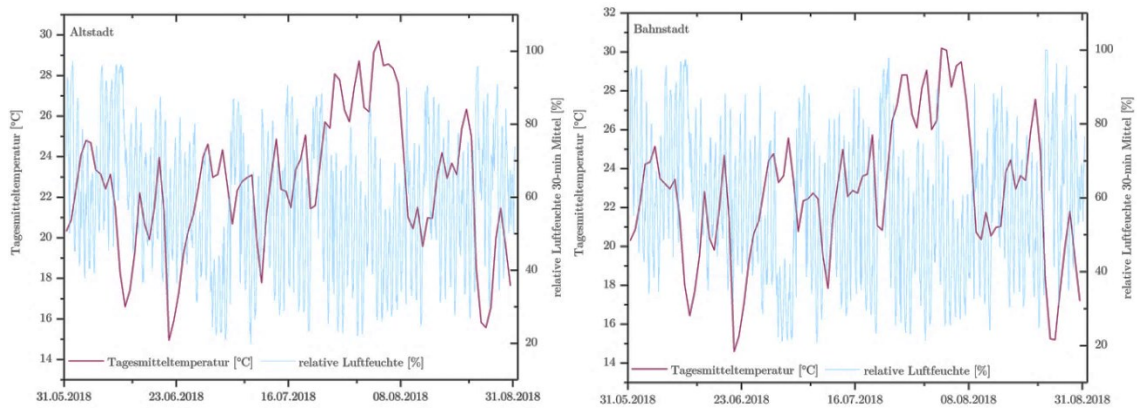


Abbildung 50: Tagesmitteltemperaturen und relative Feuchte im 30-Minuten Mittel der Station Altstadt (links) und Bahnstadt (rechts) für den Zeitraum 01.06.2018 bis 31.08.2018 (Eigene Darstellung).

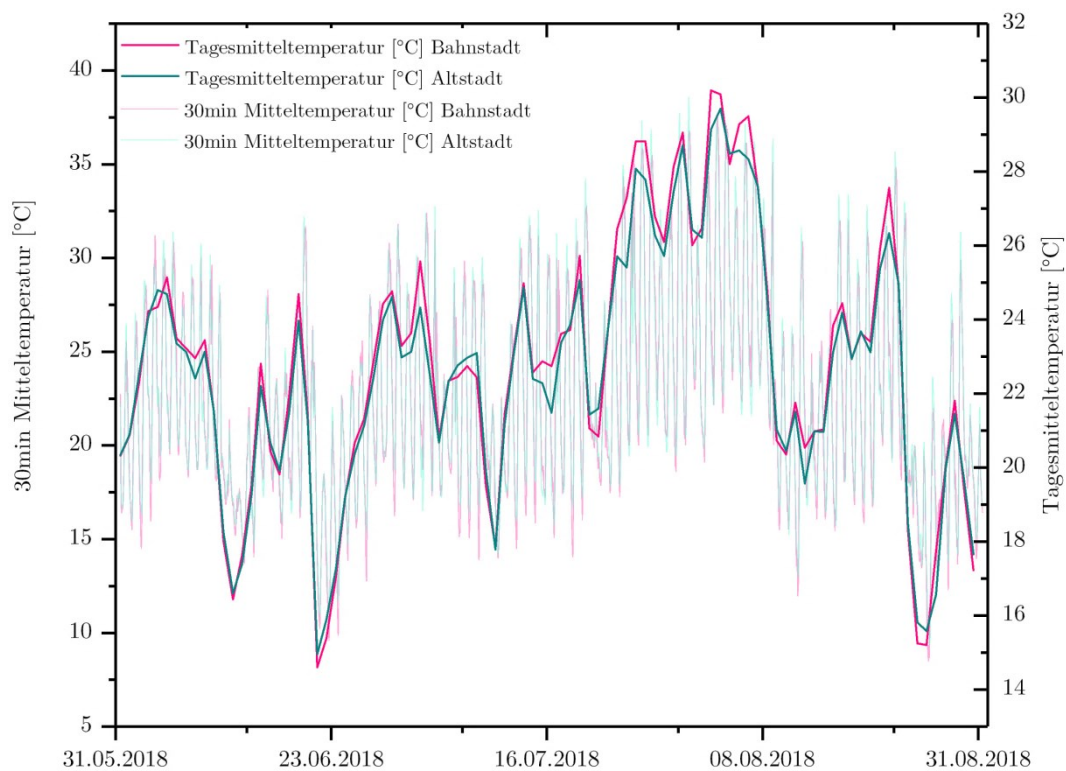


Abbildung 51: Temperaturverlauf (30-Minuten Mittelwert und Tagesmittelwert) über den Messzeitraum 01.06. bis 31.08.2018 der Stationen Altstadt und Bahnstadt im Vergleich (Eigene Darstellung).

Erwartungsgemäß weisen die Daten beider Stationen eine starke Korrelation auf. Für den Parameter Lufttemperatur liegt diese bei $r = 0,975$. Der Korrelationskoeffizient für die relative Luftfeuchte liegt bei $r = 0,962$.

Temperaturdifferenz beider Standorte 2018

Das Thermoisoplethendiagramm zeigt die Temperaturdifferenz des Standortes Bahnstadt zum Standort Altstadt, dargestellt ist der Tagesgang für die Monate Juni bis August 2018. Die Abbildung 52 zeigt, dass die positiven Abweichungen der Lufttemperatur am Vormittag und bis zum Mittag am stärksten ausgeprägt sind. Der Standort Bahnstadt ist während dieser Zeit durchschnittlich um 1-2 K wärmer als die Altstadt. Am frühen Nachmittag kehrt sich die Temperaturdifferenz um, zwischen 13:00 Uhr und ca. 16:30 Uhr sind höhere Temperaturen in der Altstadt verzeichnet, bevor ab dem frühen Abend bis in die Nacht die Temperaturen in der Bahnstadt wieder die Werte der Altstadt übersteigen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Erwärmung über Tag in der Bahnstadt deutlich schneller voranschreitet, erst ab dem Mittag treten auch in der Altstadt vergleichsweise hohe bzw. höhere Temperaturen auf. Diese Energie wird in der Bahnstadt deutlich länger gespeichert und in der ersten Nachthälfte wieder an die Umgebung abgegeben. Erst in der zweiten Nachthälfte ab ca. 2:00 Uhr, im Hochsommer bei heißeren Tagesmaximalwerten ab etwa 3:00 Uhr, fallen die Temperaturen in der Bahnstadt wiederum unter die der Altstadt (Abbildung 52). Diese Umkehrung könnte bedingt sein durch das Vordringen des Ostwindes „Neckartäler“ bis zur Bahnstadt und dem Einfluss des sich im Gebiet des Pfaffengrunder Feldes ausbildenden Kaltluftsees, der durch Ausgleichsströmungen in die Bahnstadt fließt. Zudem könnte sich der jeweilige Messstandort in den Daten abzeichnen. Während die Station an der Schwetzingter Terrasse auf freier Fläche an der Promenade, die zum Pfaffengrunder Feld hin geöffnet ist, aufgestellt wurde, befinden sich am Standort Altstadt Gebäude in direkter Umgebung. Zudem liegt der Messstandort Altstadt im Innenhof des Universitätsverwaltungsgebäudes, der von drei Seiten umschlossen ist und daher möglicherweise weniger durchlüftet ist und weniger vom Einfluss des Neckartalabwindes profitieren kann als andere Gebiete der Altstadt. Am Nachmittag tritt hier eine Art Hitzestau auf, der mit Einsetzen des „Neckartälers“ aufgelöst wird, während die Abkühlung der Bahnstadt erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt eintritt. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Flurwinde aus dem Pfaffengrunder Feld lediglich die vorderen Baureihen der Bahnstadt durchdringen. Eine Durchlüftung des kompletten Stadtteils kann nicht erreicht werden, sie nehmen jedoch Einfluss auf das Mikroklima am Standort B, der direkt der ersten Baureihe in Richtung Pfaffengrunder Feld vorgelagert ist. Des Weiteren wirkt der „Neckartäler“ aufgrund seiner Erwärmung bei Durch- und Überströmen der Altstadt und Bergheim in der Bahnstadt nicht mehr in demselben Maße.

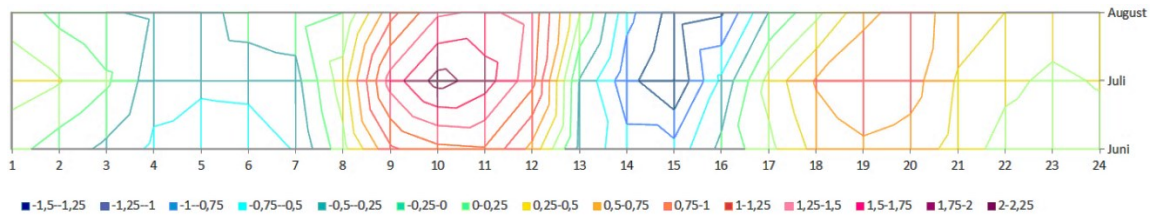


Abbildung 52: Thermoisoplethendiagramm der Lufttemperaturdifferenz in K zwischen der Station Bahnstadt und der Station Altstadt im Tagesverlauf im Beobachtungszeitraum Anfang Juni bis Ende August 2018. Die größten positiven Abweichungen am Standort Bahnstadt treten am Vormittag bis ca.12:30 Uhr auf (Eigene Darstellung).

Der Mittelwert der Temperaturdifferenz zwischen den beiden Messstandorten Bahnstadt und Altstadt beträgt 0,21 K und ist im Verlauf zwischen Juni und Ende August leicht ansteigend (Abbildung 53). Die größte positive Abweichung der Lufttemperatur in der Bahnstadt wird am 25.07.2018 mit 1,8 K erreicht. Die größte negative Abweichung mit niedrigerer Tagesmitteltemperatur in der Bahnstadt wird am 22.07.2018 mit - 0,7 °C aufgezeichnet.

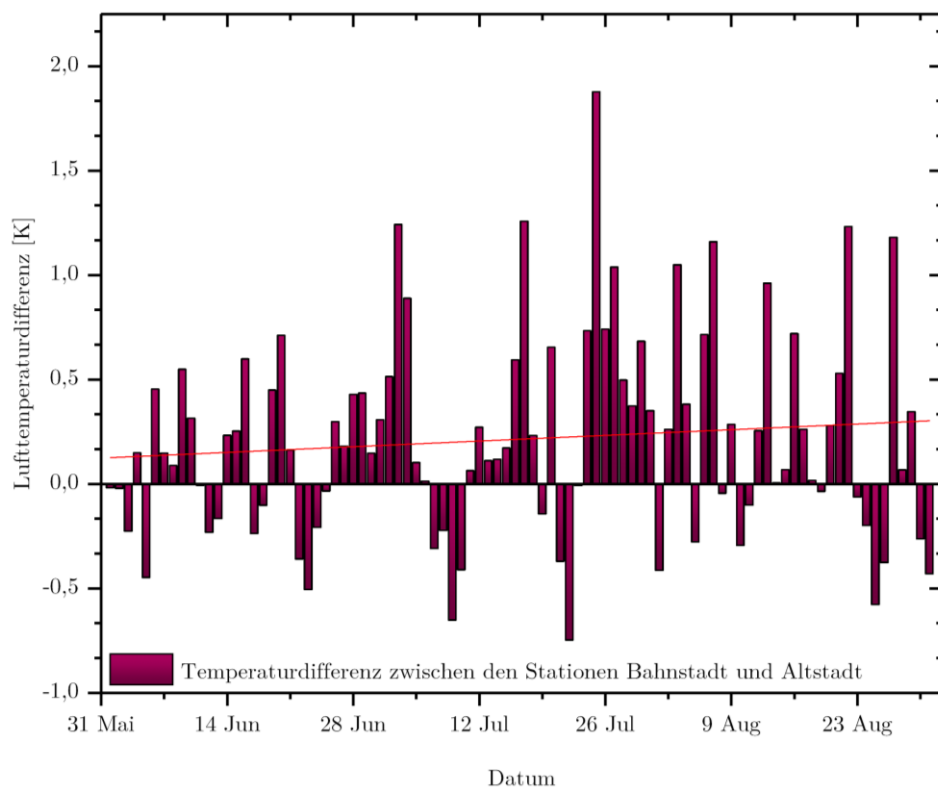


Abbildung 53: Temperaturdifferenzen basierend auf den Tagesmittelwerten der Stationen Bahnstadt und Altstadt für den Beobachtungszeitraum Juni bis August 2018, sowie der lineare Fit der Differenz. Dieser gibt im Mittel wärmere Bedingungen am Standort Bahnstadt an (Eigene Darstellung).

Einfluss auf die Temperatur nimmt wie vorangehend dargestellt die unmittelbare Umgebung beider Messstandorte. Während die Station in der Bahnstadt auf freier Fläche installiert wurde, befindet sie sich in der Altstadt in näherer Umgebung zu Gebäuden und größeren Bäumen. Diese sorgen zeitwei-

se für Beschattung, dies nimmt jedoch keinen entscheidenden Einfluss auf die Erwärmung der Lufttemperatur wie die folgende Abbildung 54 zeigt. Die Grafik verdeutlicht zudem die Vergleichbarkeit der Standorte und folglich der erhobenen Daten. Häufig ist die Amplitude der Temperaturkurve im Tagesgang in der Bahnstadt etwas breiter ausgeprägt. Die Erwärmung setzt etwas früher ein und hält länger an. Die Kurve der Altstadt verläuft in vielen Fällen steiler, so dass oftmals das Tagesmaximum in der Altstadt früher erreicht wird als in der Bahnstadt. So treten in der Bahnstadt im Tagesverlauf mehr Werte mit höheren Temperaturen auf und sorgen für eine durchschnittlich höhere Tagesmitteltemperatur. Die in den umliegenden Gebäuden der Altstadt und im Untergrund gespeicherte Wärme sorgt in einigen Fällen vermutlich auch für höhere Minimaltemperaturen in der Nacht im Vergleich zur Bahnstadt. In anderen Nächten wiederum fällt die Temperatur in der Altstadt unter die in der Bahnstadt. Während die Altstadt unter dem Einfluss der Stärke des „Neckartälers“ und der Kaltluftabflüsse aus dem Klingenteichtal steht, tritt der Neckartalabwind in der Bahnstadt weniger ausgeprägt in Erscheinung. Diese Differenzen sind auf die jeweilige Wetterlage und dadurch bedingte Ausprägung der Ausgleichsströmungen zurückzuführen (Kapitel 3 und 4).

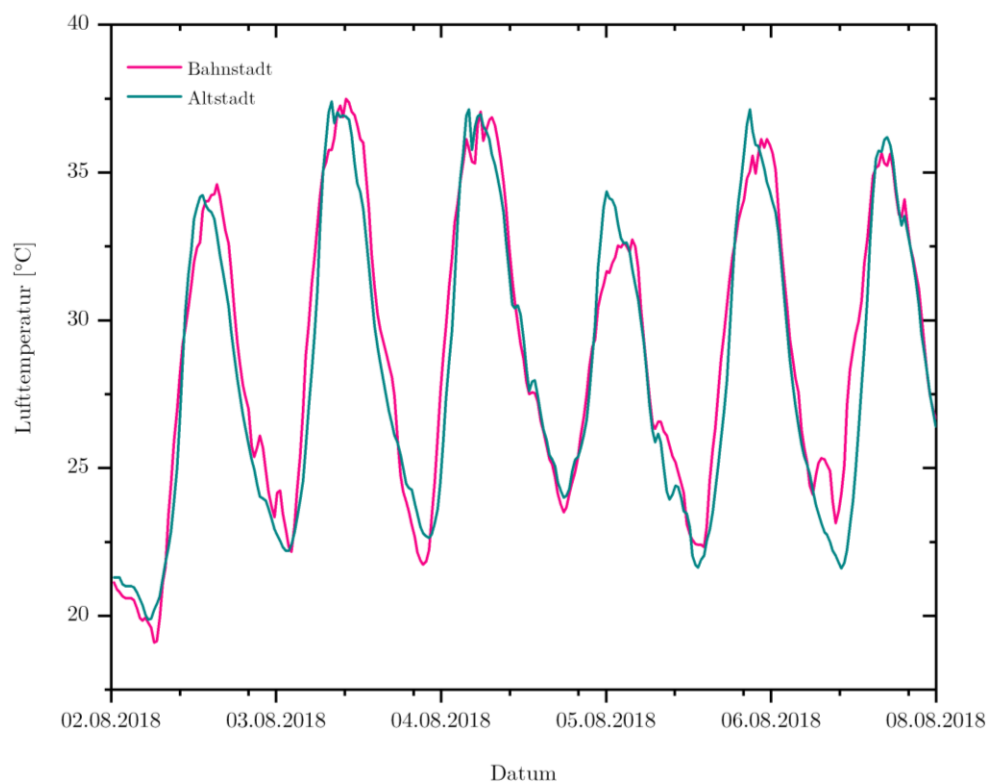


Abbildung 54: Temperaturgang (30-Minuten Mittelwerte) der Stationen Altstadt und Bahnstadt im Zeitraum 02.08.-07.08.2018 zur Darstellung der Amplituden (Eigene Darstellung).

Zusammenfassend sind die extremen Bedingungen des Jahres 2018 an allen in die Betrachtung mit einbezogenen Stationen dokumentiert. Die höchste JJA-Mitteltemperatur von 22,7 °C tritt in der Bahnstadt auf, die Altstadt und die LUBW-Station liegen mit jeweils 0,2 K darunter. Die beiden ebenfalls extremen Sommer 2015 und 2003 weisen eine mittlere Temperatur der Monat Juni bis Au-

gust von 21,9 °C (2015) bzw. 22,6 °C (2003) auf. Der Maximalwert der vergleichenden Betrachtung von 39,1 °C ist im Sommer 2015 an der Station Berliner Straße dokumentiert (Tabelle 6).

Tabelle 6: Wichtige Werte des Erhebungsjahrs 2018 und Vergleichswerte im Überblick.

	Mitteltemperatur [°C] (01.06. – 31.08.)	Minimaltemperatur [°C]	Maximaltemperatur [°C]
Altstadt 2018	22,5	9,3	38,9
Bahnstadt 2018	22,7	8,3	37,7
LUBW 2018	22,5	9,6	36,5
LUBW 2015	21,9	9,8	39,1
LUBW 2003	22,6	11,3	37,3

Vergleichende Betrachtung der Anzahl an Sommertagen und Heißen Tagen

Im Vergleich der Anzahl meteorologischer (Sommer-) Ereignistage werden die extremen Bedingungen des Sommers 2018 wiederholt deutlich. Die Anzahl der Sommer- aber vor allem Heißen Tage während der Monate Juni, Juli und August 2018 übersteigt deutlich die Summe dieser Tage in den vorhergehenden Vergleichsjahren. Die Anzahl der Hitzetage ist an den Standorten Altstadt und Bahnstadt mit 44 bzw. 46 Heißen Tage deutlich erhöht gegenüber dem Standort Neuenheim mit 32 Heißen Tagen (Abbildung 55). Die Differenz ist zum Teil jedoch vermutlich auch auf die Datenverfügbarkeit zurückzuführen. Für die LUBW-Station stehen auf 30 Minuten gemittelte Werte zur Verfügung, die Datenlogger der Stationen in der Altstadt und in der Bahnstadt geben die Werte im 10-Minuten Mittel aus. Die niedrigere Anzahl könnte in einigen Fällen auf die Mittelung der Werte um 30,0 °C an der Station Neuenheim zurückzuführen sein. Darüber hinaus weist die Umgebung der LUBW-Station etwas weniger versiegelte Flächen und einen erhöhten Grünanteil auf. Dennoch zeigt sich auch bei Betrachtung der 30-Minuten Mittelwerte aller drei Stationen eine Überschreitung der Heißen Tage in der Altstadt und in der Bahnstadt um ca. fünf Tage gegenüber der LUBW-Station in Neuenheim. Demnach können rund die Hälfte aller Tage im Beobachtungszeitraum Juni-August 2018 in der Altstadt und in der Bahnstadt der Kategorie Heißer Tag zugeordnet werden. Lediglich der Extremsommer 2003 übersteigt mit insgesamt 76 Ereignistagen (50 Sommertage und 26 Heiße Tage) die Gesamtzahl des Jahres 2018 für die Periode Juni, Juli und August an der Station in Neuenheim (Abbildung 55).

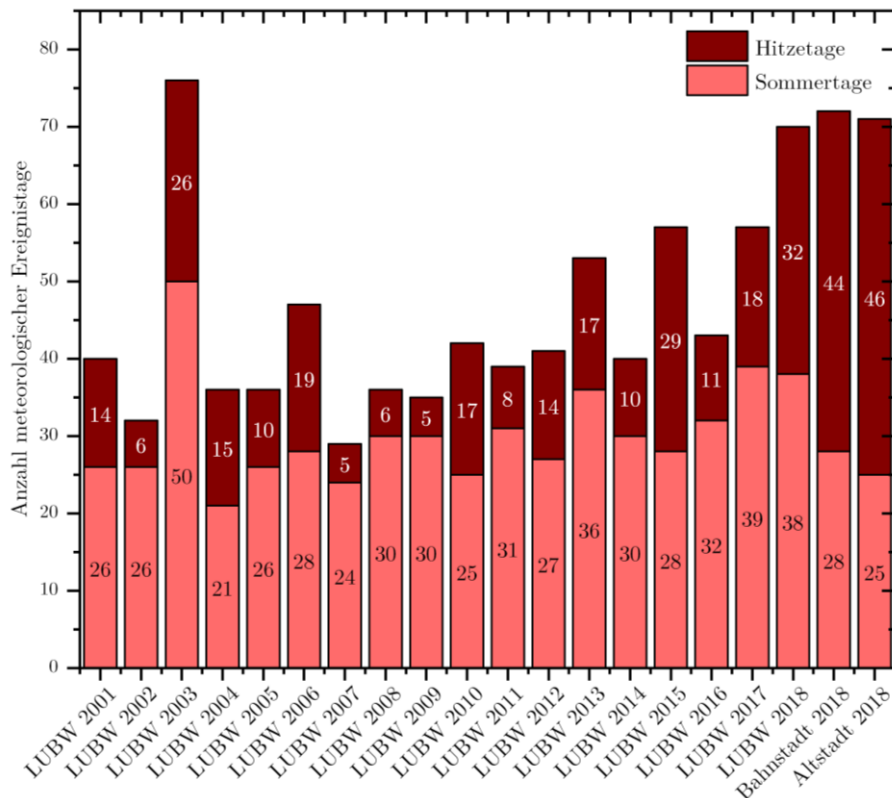


Abbildung 55: Anzahl der Sommer- und Hitzetage an der Station der LUBW und an den Stationen Altstadt und Bahnstadt für den Zeitraum 01.06. bis 31.08. der jeweiligen Jahre. Herausragend ist das Jahr 2003 und die Zunahme an Heißen Tagen im Jahr 2018 an allen Standorten (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Nächtliche Temperaturen und Tropennächte

Daran anknüpfend tritt im Messzeitraum 2018 eine erhöhte Anzahl von Tropennächten auf. In der Bahnstadt wird die Temperaturmarke von 20 °C (18:00 Uhr bis 06:00 Uhr UTC) in 15 Nächten nicht unterschritten. Die wärmste Nacht mit einer Minimaltemperatur von 23,5 °C tritt dabei von 04.08. auf den 05.08.2018 auf. In der Altstadt werden 14 Tropennächte gemessen, die wärmste Nacht im Beobachtungszeitraum ist ebenfalls die Nacht des 04.08. auf 05.08.2018. Hier sank die Temperatur in der Altstadt nicht unter 24,0 °C. Diese ist damit in der Altstadt sogar um 0,5 K höher als in der Bahnstadt (Abbildung 56). Die Tiefsttemperaturen dieser Nacht werden jedoch erst in den Morgenstunden erreicht, um 24:00 Uhr am 04.08.2018 beträgt die Temperatur in der Altstadt noch 29,0 °C und in der Bahnstadt 28,5 °C. In Neuenheim werden ebenfalls 14 Nächte mit Temperaturen über 20 °C gemessen. Im Hitzesommer 2003 treten an der Station Berliner Straße im Vergleich 11 Tropennächte in den Monaten Juni, Juli und August auf (Abbildung 56).

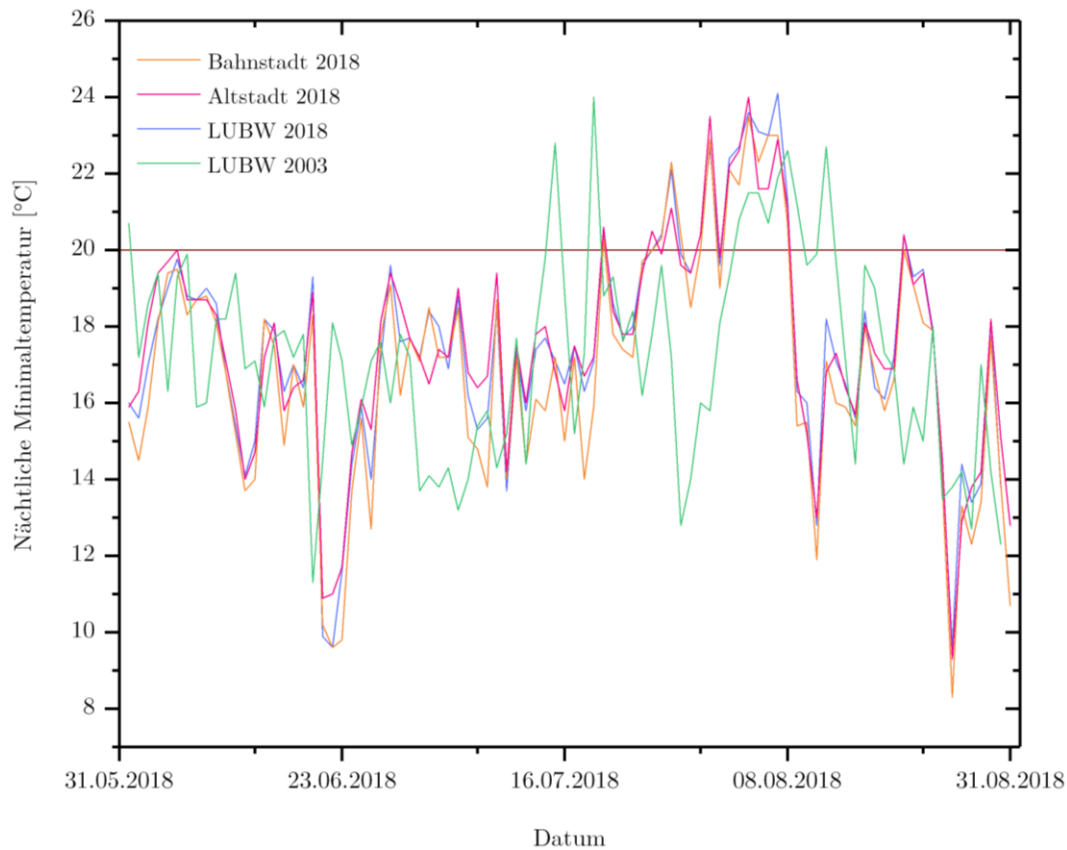


Abbildung 56: Tropennächte mit $T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ an den Stationen Bahnstadt, Altstadt 2018 und an der Vergleichsstation der LUBW in Neuenheim für die Jahre 2018 und 2003. 2018 treten basierend auf den eigenen Messdaten 14 bzw. 15 Tropennächte auf (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Bei der Analyse der Anzahl der meteorologischen Ereignistage tritt vor allem das Jahr 2003 deutlich in Erscheinung. Die Anzahl an Sommertagen, Heißen Tagen und Tropennächten ist im Jahr 2018 ähnlich hoch. Vor allem in der Altstadt und Bahnstadt treten jedoch nahezu doppelt so viele Heiße Tage auf wie 2003. In Neuenheim 2018 und 2003 ist der Anteil an Sommertagen, die das Maximum von 30 °C nicht erreichen vergleichsweise höher. Mit 15 Tropennächten tritt in der Bahnstadt 2018 eine Extremlnacht mehr auf als an den Vergleichsstationen Altstadt und Berliner Straße (Tabelle 7).

Tabelle 7: Anzahl der meteorologischen Ereignistage des Erhebungsjahrs 2018 im Vergleich zu ausgewählten Jahren der LUBW-Station in Neuenheim.

	Anzahl Sommertage	Anzahl Heiße Tage	Anzahl Tropennächte
Altstadt 2018	28	44	14
Bahnstadt 2018	25	46	15
LUBW 2018	38	32	14
LUBW 2003	50	26	11

Gegenüberstellung der Tagesmitteltemperaturen mit Daten der Vergleichsstationen

Auch bei Betrachtung der Tagesmitteltemperaturen von 2018 mit ausgewählten Vergleichsjahren der Daten der LUBW-Station zeigt sich die Vergleichbarkeit mit Extremsommern der letzten Jahre wie 2015 oder 2003 (Abbildung 57). Im Hitzesommer 2003 wurde an der Station Neuenheim eine mittlere Temperatur für die Sommermonate Juni, Juli und August von 22,6 °C gemessen. Dieser Wert liegt damit genau zwischen den Werten der Stationen Altstadt und Bahnstadt im Jahr 2018. 2015 lag dieser im Vergleich bei 21,9 °C, 2017 bei 21,3 °C. Die höchste Tagesmitteltemperatur dieser Auswertung wurde mit 31,7 °C am 04.07.2015 dokumentiert. Die niedrigste JJA-Mitteltemperatur an der Station Neuenheim im Beobachtungszeitraum 2001-2018 wird mit 18,6 °C im Jahr 2007 gemessen. Der Wert für die Bahnstadt 2018 von 22,7 °C ist damit die höchste JJA-Mitteltemperatur seit 2001.

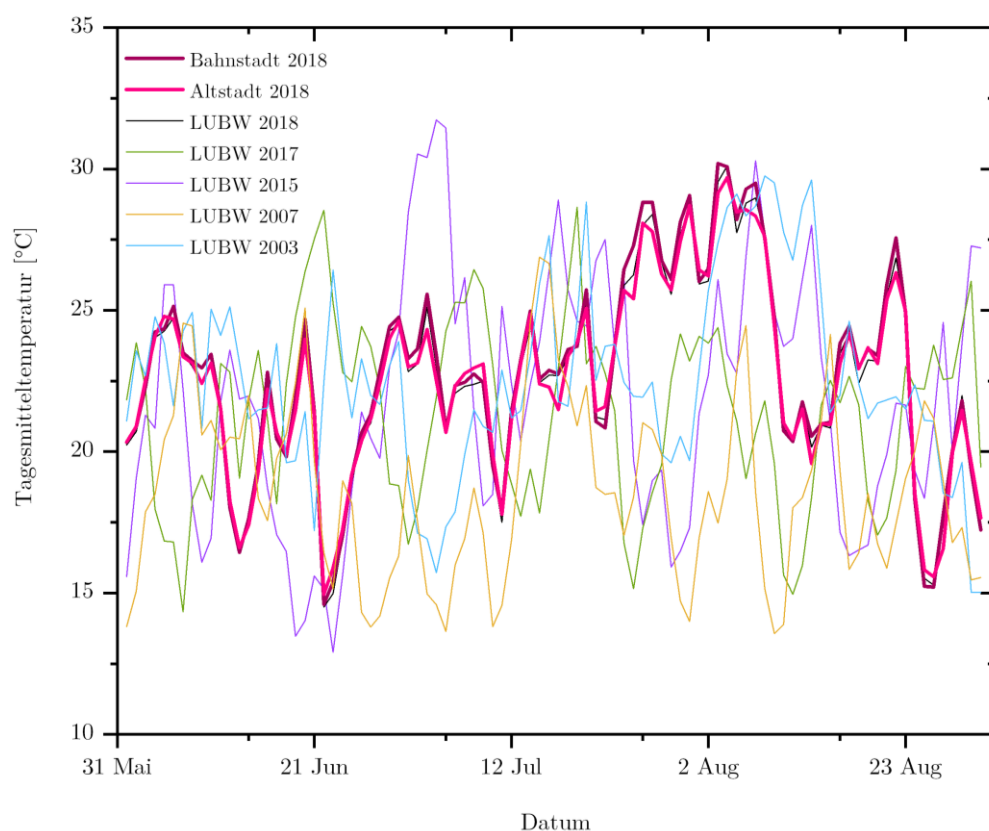


Abbildung 57: Vergleich der Tagesmitteltemperaturen der Stationen Bahnstadt und Altstadt mit der LUBW-Station in Neuenheim für ausgewählte Jahre. Die Werte von 2018 nähern sich dabei dem Extremsommer von 2003 an (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Auch das Thermoisoplethendiagramm der Tagesmitteltemperaturen 2018 im Vergleich mit den Jahren seit 2001 an der LUBW-Station an der Berliner Straße in Neuenheim zeigt die konstant hohen Werte des Sommers 2018 (Abbildung 58). Während in vielen vorherigen Jahren die Tagesmitteltemperaturen im Juni, Juli und August häufig unter die 20 °C-Marke fallen, werden 2018 an allen dargestellten Stationen mit wenigen Ausnahmen Tagesmittelwerte von über 22 °C erreicht. Kurze Temperatureinschnitte mit Tagesmittelwerten unter 20 °C treten lediglich an wenigen aufeinanderfolgenden

Tagen Mitte bzw. Ende Juni, zwischen dem 10.07. und 12.07., am 11.08. sowie 13.08. und gegen Ende des Messzeitraums ab dem 24.08.2018 auf. Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch für die Sommer 2003 und 2015 ab, wobei der Juni 2015 noch durch vergleichsweise kühlere Temperaturen gekennzeichnet ist und höhere Tagesmittelwerte kontinuierlich erst ab Ende Juni auftreten. Die Darstellung verdeutlicht demzufolge wiederum die im Vergleich der letzten Jahre extrem konstante Wetterlage mit hohen Temperaturen und wenig Niederschlag.

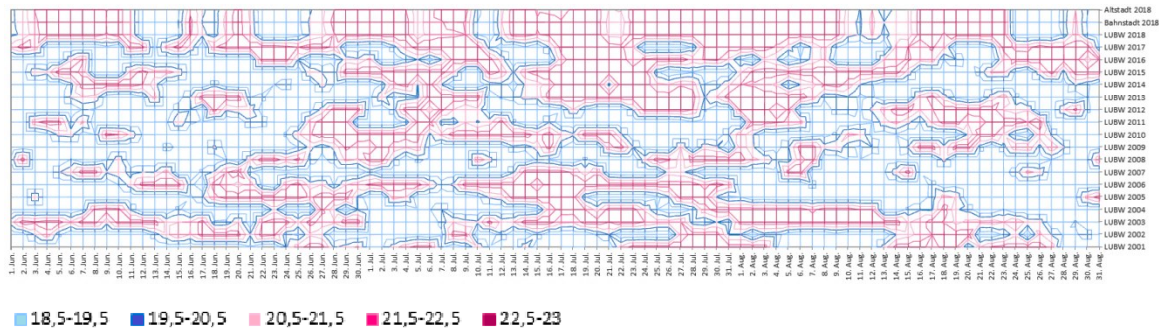


Abbildung 58: Thermoisoplethendiagramm der Tagesmitteltemperaturen in der Bahnstadt und in der Altstadt sowie in Neuenheim im Beobachtungszeitraum 01.06.-31.08.2018 im Vergleich zu den Tagesmitteltemperaturen der Vorjahre an der LUBW Station. Das Jahr 2018 stellt sich hierbei im Vergleich zu den Vorjahren als nahezu ausnahmslos warm bis heiß dar (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

Im nächsten Schritt werden die Daten wie bereits für das Jahr 2017 in einer vergleichenden Analyse weiteren Stationsdaten gegenübergestellt. Als Vergleich dienen neben der Station der LUBW in Neuenheim die Stationen Heidelberg, Kirchheim, Ladenburg und Rohrbach der Agrarmeteorologie Baden-Württemberg (Abbildung 59). Betrachtet wird wie im vorherigen Abschnitt der Zeitraum 01.06. bis 31.08.2018. Die Mittelwerte der eigenen Stationen liegen – wie oben beschrieben – im Messzeitraum in der Altstadt bei 22,5 °C und in der Bahnstadt bei 22,7 °C. Die LUBW-Station erreicht einen JJA-Mittelwert von 22,5 °C. Ähnlich hoch liegt dieser an der Station Rohrbach mit 22,2 °C. Der niedrigste Mittelwert wird an der Umlandstation in Ladenburg mit 21,5 °C gemessen. Dazwischen reihen sich die Werte für Kirchheim und Heidelberg mit jeweils 21,8 °C im Durchschnitt ein. Die Standardabweichungen bewegen sich im Bereich von 3,1 °C bis 3,5 °C. Das höchste Tagesmittel der Temperatur mit 30,1 °C weisen die Stationen Bahnstadt und Neuenheim auf. Dieser Maximalwert tritt in der Bahnstadt am 03.08.2018 auf, in Neuenheim um einen Tag versetzt am 04.08.2018. Der kälteste Tag ist der 22.06. mit einer Durchschnittstemperatur in Ladenburg von 13,3 °C. Generell ist die Amplitude der Lufttemperatur im Tagesgang im Umland stärker ausgeprägt. Der Verlauf der Temperaturkurve innerstädtischer Messstationen verläuft vergleichsweise flacher und Extremwerte treten zeitlich versetzt auf. Während natürliche Oberflächen ihre maximale Wärmespeicherkapazität durch Einstrahlung schneller erreichen als versiegelte Flächen in städtischen Gebieten und aufgrund ihrer im Vergleich deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit erheblich weniger Energie in den Unter-

grund ableiten, sorgt die darüber hinaus zugeführte Energie zu einer schnelleren Erwärmung der Umgebungsluft im Umland (Kapitel 2).

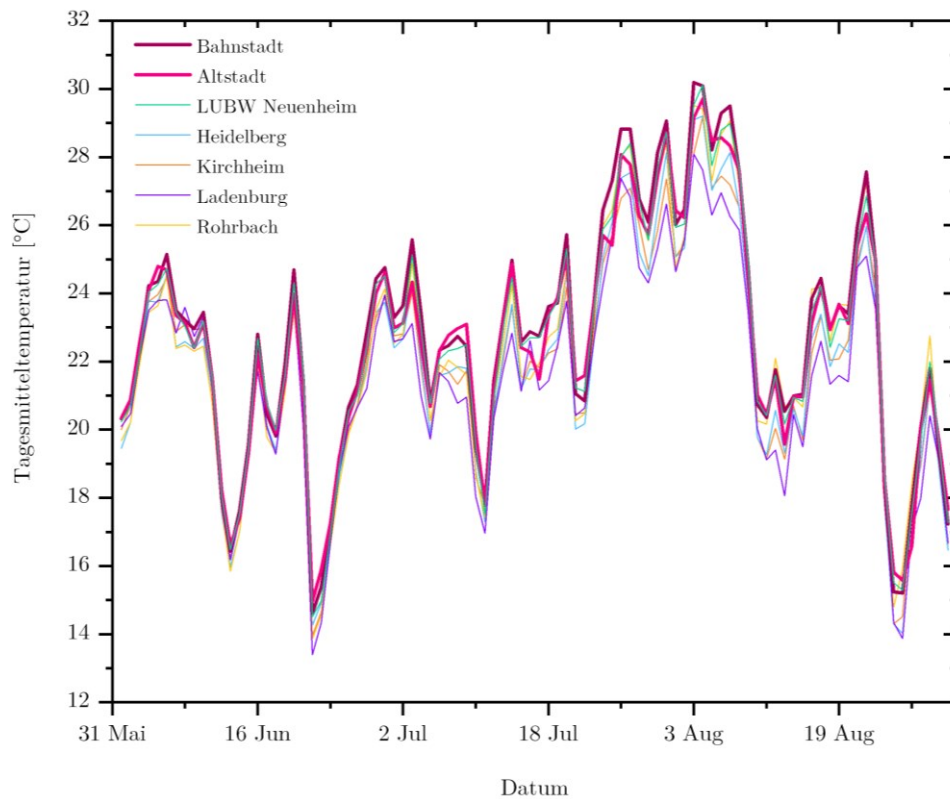


Abbildung 59: Vergleich der Tagesmitteltemperaturen der Stationen Bahnstadt und Altstadt mit der LUBW-Station in Neuenheim und den Stationen Heidelberg, Kirchheim, Ladenburg und Rohrbach der Agrarmeteorologie Baden-Württemberg im Erhebungszeitraum 01.06.2018 bis 31.08.2018 (Eigene Darstellung, Daten: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg, LUBW).

Auch die mittleren Nachttemperaturen zeigen die kühlestn Nächte an der Station Ladenburg mit 17,7 °C im Zeitraum 01.06. bis 31.08.2018 (Abbildung 60). In der Bahnstadt sowie in der Altstadt liegt diese bei 20,1 °C über den gesamten Zeitraum 2018. Vergleichend dazu liegt die mittlere Temperatur aller Nächte am Messstandort Heidelberg der Agrarmeteorologie auf dem Pfaffengrunder Feld bei 19,1 °C, in Kirchheim bei 18,6 °C und in Rohrbach bei 19,5 °C. An der LUBW Station in Neuenheim wird die höchste mittlere Nachttemperatur über den Gesamtzeitraum von 20,5 °C gemessen. In der wärmsten Tropennacht aller Stationen am 04.08. auf den 05.08.2018 beträgt die Mitteltemperatur in der Altstadt 27,7 °C.

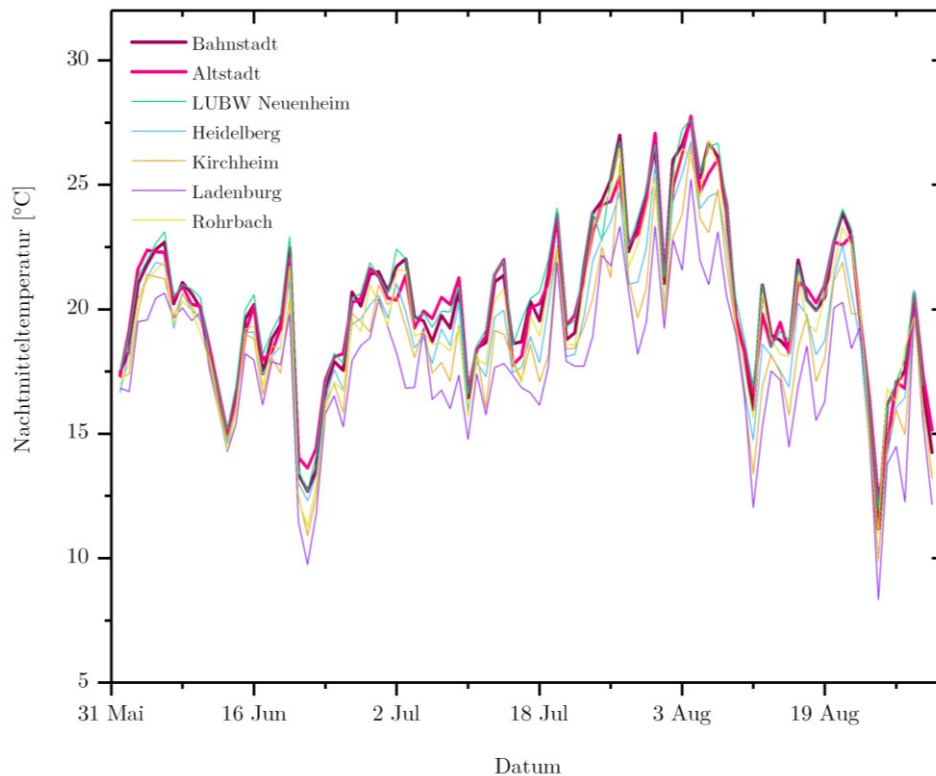


Abbildung 60: Vergleich der mittleren Nachttemperaturen der Stationen Bahnstadt und Altstadt mit der LUBW-Station in Neuenheim und den Stationen Heidelberg, Kirchheim, Ladenburg und Rohrbach der Agrarmeteorologie Baden-Württemberg im Erhebungszeitraum 01.06.2018 bis 31.08.2018 (Eigene Darstellung, Daten: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg, LUBW).

Zusammenfassend stellt sich die Bahnstadt im Mittel wärmer dar als die Altstadt und umliegende Vergleichsstationen im Zeitraum Juni, Juli und August 2018. Die Erwärmung tritt in der Bahnstadt im Tagesgang darüber hinaus früher ein und hält länger an. Die Anzahl meteorologischer Ereignistage ist vergleichbar mit dem extremen Sommer 2003 und nähert sich den Zukunftsprognosen – wie in den Grundlagenkapiteln zur klimatischen Situation Heidelbergs dargestellt (Kapitel 3) – an.

6.5 Ergänzende punktuelle Messungen an einem Sommertag 2018

Ergänzend wurden auch 2018 an einem Sommertag (20.07.2018) parallele Messungen im Tagesverlauf (10:00-15:30 Uhr) an den Standorten Schwetzingener Terrasse und Altstadt durchgeführt. Abweichend zum Vorjahr fanden die Messungen in der Altstadt aufgrund einer Veranstaltung nicht direkt am Universitätsplatz, sondern wenige Meter versetzt im Innenhof der Neuen Universität statt. Das Wetter am 20.07.2018 stand unter Einfluss des Hochdruckgebiets „Gottfried“ und sorgte in Heidelberg für Temperaturen über 30,0 °C (Abbildung 61).

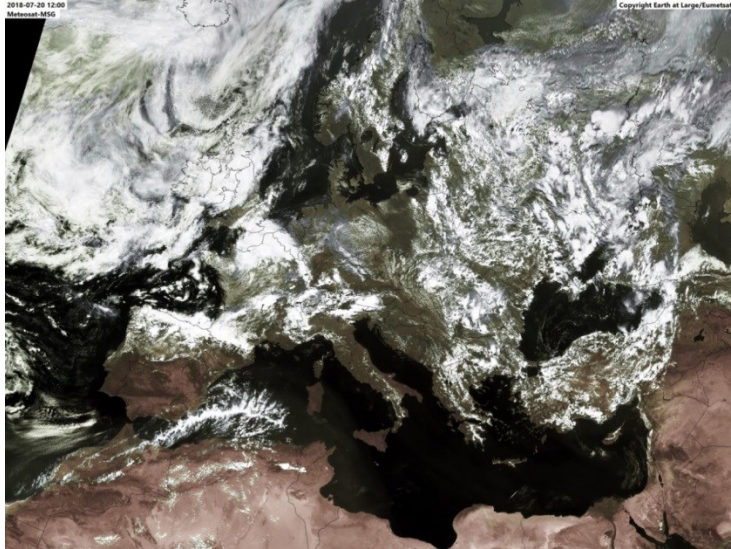


Abbildung 61: Satellitenbild der Großwetterlage über Europa am 20.07.2018 um 12:00 Uhr MESZ (Online unter: http://imkhp2.physik.uni-karlsruhe.de/~muehr/satpicsf/FV/EUR/201807201200_met8.jpg am 13.09.2018).

Wie bereits 2017 wurden die Daten über zwei Messvarianten aufgezeichnet: Mittels digitalem LabQuest2-Datenlogger und manuell über Anemometer und Thermohygrometer. Die Standorte der LabQuest2-Messgeräte sowie Sensoren befanden sich dabei vergleichbar jeweils im Schatten eines Baumes in ausreichend Abstand zu umliegenden Gebäuden (> 5 m). Die Messungen mithilfe der Handfeldgeräte fanden in unmittelbarer Nähe zu den LabQuest2-Messsensoren statt.

Die Auswertung der LabQuest2-Daten bestätigt die Beobachtung des Vorjahres mit erhöhten Temperaturen an der Schwetzingener Terrasse im Vergleich zur Altstadt. Jedoch zeigen die manuellen Messungen ein gegenteiliges Ergebnis, hier liegen die Temperaturen an der Neuen Universität über den Werten in der Bahnstadt (Abbildung 62). Erst gegen Ende des Messzeitraums steigen die Werte in der Bahnstadt steiler an und nähern sich dabei dem Verlauf der Vergleichsdaten in der Altstadt an. Zur Abschätzung der genaueren Messmethode wurde die Station Heidelberg des Agrarwetterdienstes in 1,5 km Luftlinie zur Schwetzingener Terrasse als Vergleich herangezogen. Bei direkter Gegenüberstellung dieser Daten zeigt sich eine geringfügig stärkere Korrelation für die Lufttemperatur zwischen den Stationsdaten und der LabQuest2-Messung am Standort Schwetzingener Terrasse ($r = 0,999$). Der Korrelationskoeffizient zwischen manueller Messung und den Stationsdaten des Agrarwetterdienstes liegt am selben Standort bei $r = 0,983$. Diese geringe Abweichung könnte aufgrund der Nähe beider Messstandorte einen Hinweis liefern auf mögliche Fehler in der manuellen Messweise, deren Werte deutlich unter allen weiteren Werten am Messtag liegen (Abbildung 62). Dieser Test wurde auch für die Messergebnisse in der Altstadt durchgeführt und zeigt für den Parameter Temperatur ebenfalls eine höhere Korrelation mit den LabQuest2-Messungen im Vergleich zu den Handmessungen. Auch für den Parameter relative Luftfeuchte zeigt sich eine stärkere Korrelation der LabQuest2-Daten an der Schwetzingener Terrasse mit den Daten der nahe gelegenen Agrarwetterstation ($r = 0,993$). Die

Korrelation mit der manuellen Messung ergibt vergleichend einen Koeffizienten von $r = 0,932$. Um diese Schlussfolgerung zu bekräftigen wurden für diesen Tag ergänzend die Messwerte der LUBW-Station in Neuenheim in einer vergleichenden Analyse gegenübergestellt. Auch hier zeigen die LabQuest2-Werte in beiden Fällen eine höhere Korrelation mit den Stationsdaten in Neuenheim. Die Daten zur Windgeschwindigkeit eignen sich aufgrund lokaler Bedingungen nur geringfügig für einen direkten Vergleich. Generell zeigen die Vergleiche mit den Stationen in Neuenheim und des Agrarwetterdienstes im Pfaffengrunder Feld lediglich eine schwache bis mittlere Korrelation. Sie sind im Fall der digitalen Messvariante über LabQuest2-Sensoren jedoch generell stärker, während zwischen Stationsdaten und manuellen Messdaten keine bzw. negative Korrelationen für die Windgeschwindigkeiten auftreten. Lediglich im Vergleich der Agrarstation Heidelberg mit der manuellen Messung in der Altstadt zeigt sich eine starke Korrelation von $r = 0,816$ für die Windgeschwindigkeit.

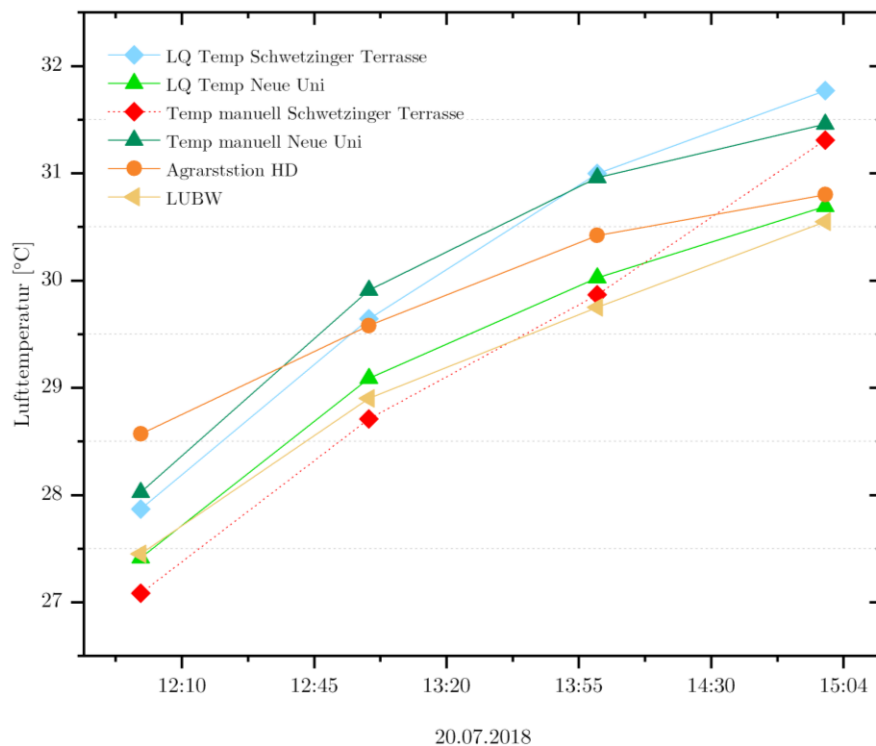


Abbildung 62: Temperaturmesswerte der verschiedenen Messgeräte LabQuest2 und Thermohygrometer an den Standorten Schwetzingen Terrasse und Neue Universität im Vergleich zu den Stationsdaten der LUBW in Neuenheim und der Agrarmeteorologie in Heidelberg am 20.07.2018. Da von einer fehlerhaften manuelle Messung an der Schwetzingen Terrasse ausgegangen wird, ist diese als gepunktete Linie dargestellt (Eigene Darstellung, Daten: Agrarmeteorologie Baden-Württemberg, LUBW).

Im letzten Schritt wurden zur Überprüfung der Annahme fehlerhafter manueller Messungen an der Schwetzingen Terrasse die Daten des Messtags den Daten der eigenen Messstationen an den Standorten Bahnstadt und Altstadt gegenübergestellt. In der Bahnstadt liegt der Standort der Station lediglich

ca. 50 m von der Messstelle am 20.07.2018 entfernt. In der Altstadt beträgt die Entfernung zwischen Klimastation in der Seminarstraße und dem Messstandort im Innenhof der Neuen Universität etwa 90 m Luftlinie. Der direkte Vergleich zeigt, dass auch hier an beiden Standorten geringfügig höhere Korrelationen der LabQuest2-Messungen mit den Stationsdaten erreicht werden im Vergleich zu den Daten der manuellen Messungen (Bahnstadt: LabQuest2 – Station $r = 0,967$, manuell – Station $r = 0,912$; Altstadt: LabQuest2 – Station $r = 0,967$, manuell – Station $r = 0,960$). Bei Einbezug des Thermoisoplethendiagramms der Temperaturdifferenz beider Standorte (Abbildung 52) zeigt sich für den Erhebungstag 20.07.2018 ein für den Sommerzeitraum typisches Bild: Die Temperaturen in der Bahnstadt liegen während der Nacht sowie am Vormittag über denen in der Altstadt. Lediglich am Morgen sowie am Nachmittag kehrt sich die Tendenz um und die Lufttemperaturen in der Altstadt überschreiten zeitweise die Werte in der Bahnstadt. Die Tagesmitteltemperatur ist in der Bahnstadt mit $25,7\text{ °C}$ um $0,7\text{ K}$ höher als in der Altstadt. Das gegenüber Extremwerten unempfindliche Streuungsmaß Modus bzw. der Modalwert gibt im Vergleich ebenfalls einen höheren Wert als häufigste Ausprägung für die Bahnstadt über den gesamten Erhebungszeitraum an (Altstadt $19,4\text{ °C}$, Bahnstadt $20,0\text{ °C}$). Wenn auch die Auswertungen der Klimastationsdaten an den Standorten Altstadt und Bahnstadt für das Jahr 2018 zeitweise Überschreitungen der Maximalwerte in der Altstadt gegenüber der Bahnstadt zeigen, liefern diese geringen Abweichungen dennoch einen möglichen Hinweis für die Fehlerhaftigkeit der manuellen Messungen in der Bahnstadt. Generell sind die Handmessungen aufgrund von Bedien- und Anwendungsfehlern anfälliger für fehlerhafte Werte, während die Sensoren der digitalen LabQuest2-Datenlogger nach vorheriger Programmierung kontinuierlich unter denselben Bedingungen messen.

Die Mittelwerte im Überschneidungszeitraum 10:55-15:10 Uhr liegen im Bereich zwischen $29,1\text{ °C}$ (manuelle Messung Schwetzingen Terrasse) bis $30,8\text{ °C}$ (Klimastation Altstadt). Die Station Altstadt zeigt darüber hinaus die extremste Temperaturentwicklung mit einem Anstieg um etwa 10 °C (Abbildung 63).

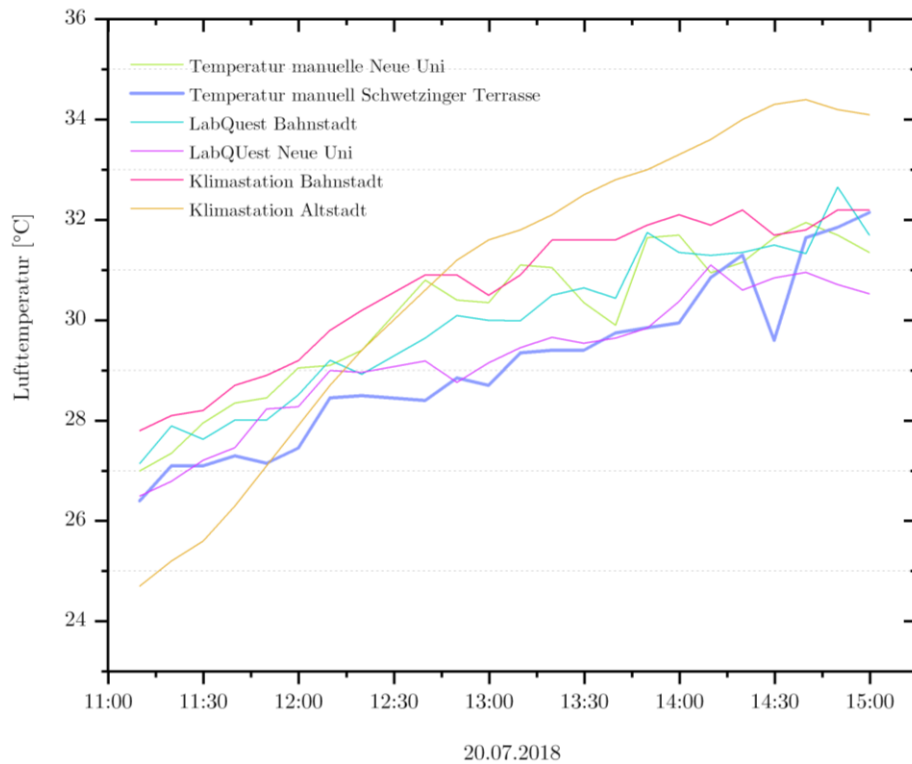


Abbildung 63: Vergleich der Temperaturmesswerte und -verläufe der verschiedenen Messgeräte und Stationen am 20.07.2018 (Eigene Darstellung).

Geht man aufgrund der Vergleiche von einer fehlerhaften manuellen Messung an der Schwetzingen Terrasse aus, reihen sich die Daten der digitalen Messung in die Ergebnisse aus dem Vorjahr ein. Demnach liegt die Temperatur in der Bahnstadt über der in der Altstadt. Im Überschneidungszeitraum beträgt der Mittelwert am Universitätsplatz $29,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei einer Standardabweichung von $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. An der Schwetzingen Terrasse liegt dieser um $0,7\text{ K}$ höher bei $29,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einer Standardabweichung von $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Darüber hinaus wurden neben der Lufttemperatur auch Messungen der Windgeschwindigkeit (Abbildung 65) und der relativen Luftfeuchte (Abbildung 64) mit beiden Messvarianten erfasst. Die relative Luftfeuchte liegt im Mittel zwischen $24,0\text{ }\%$ (LabQuest2 Schwetzingen Terrasse) und $31,0\text{ }\%$ (Schwetzingen Terrasse manuell). Die Werte für die Altstadt liegen mit $27,3\text{ }\%$ (LabQuest2) bzw. $29,9\text{ }\%$ (manuell) dazwischen. Somit zeichnen sich auch für diesen Parameter deutliche Abweichungen unter den Messmethoden ab, insbesondere für den Standort Bahnstadt.

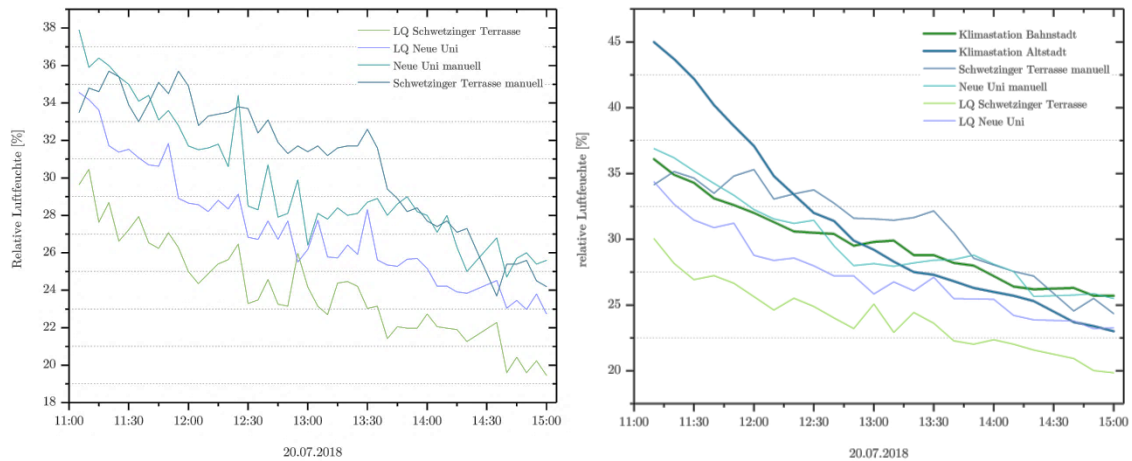


Abbildung 64: Entwicklung der relativen Luftfeuchte an den Standorten Altstadt und Bahnstadt während der Messkampagne am 20.07.2018, aufgenommen über verschiedene Messgeräte (links) und vergleichende Darstellungen mit den Daten der beiden Klimastationen Altstadt und Bahnstadt (rechts) (Eigene Darstellung).

Insgesamt treten am 20.07.2018 niedrige Windgeschwindigkeiten variierend zwischen im Mittel 0,4 m/s (LabQuest2) und 0,9 m/s (manuell) auf. Die Windgeschwindigkeiten an der Schwetzingen Terrasse sind noch schwächer ausgeprägt mit im Mittel 0,05 m/s (LabQuest2) und 0,6 m/s (manuell) (Abbildung 65).

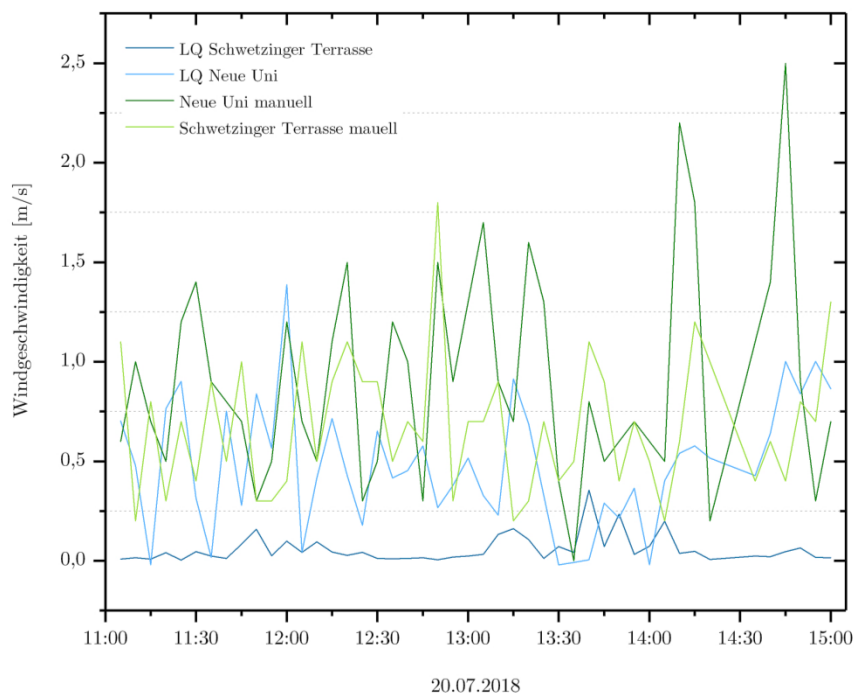


Abbildung 65: Windgeschwindigkeiten an den Standorten Altstadt und Bahnstadt während der Messkampagne am 20.07.2018, aufgenommen über verschiedene Messgeräte. Die Ergebnisse zeigen generell niedrige Windgeschwindigkeiten und geben lokale Bedingungen der jeweiligen Standorte wieder (Eigene Darstellung).

6.5.1 Auswertung der erhobenen Oberflächentemperaturen 2018

Ergänzend wurden auch 2018 die Oberflächentemperaturen verschiedener Materialien vergleichend gemessen und dokumentiert. Dabei wurden sowohl die Wärmeabstrahlung verschiedener Bodenflächen und Fassaden, als auch weitere Gestaltungselemente der Plätze unter direkter Sonneneinstrahlung und unter Beschattung mittels Infrarotthermometer ermittelt (Abbildung 66).

Im Innenhof der Neuen Universität in der Altstadt wurden beispielsweise die Temperaturverläufe der Oberflächentemperaturen einer Sitzbank aus Beton unter direkter Sonneneinstrahlung, der Blattoberfläche einer Staude in der Sonne sowie einer beschatteten Sandsteinmauer im Zeitraum 11:30-15:30 Uhr erfasst. Die höchste Temperatur weist die Sitzfläche aus Beton auf, beginnend bei 34,5 °C und ansteigend auf im Maximum 47,2 °C. Die mittlere Oberflächentemperatur liegt bei 42,6 °C. Die Blattflächen erhitzen sich unter direkter Sonneneinstrahlung auf bis zu 38,7 °C. Folglich liegt die Temperaturdifferenz eines Grünelements im Vergleich zu einem versiegelten Gestaltungselement trotz lang andauernder Trockenheit bei annähernd - 10 K. Die den Innenhof begrenzende Sandsteinmauer weist im Mittel eine Oberflächentemperatur von 23,8 °C im Schatten auf. Maximal erreicht diese einen Wert von 26,4 °C. Diese häufig als Sitzfläche genutzte Ummauerung ist damit im Mittel um 18,8 K kälter als die Sitzgelegenheit aus Beton (Abbildung 66).

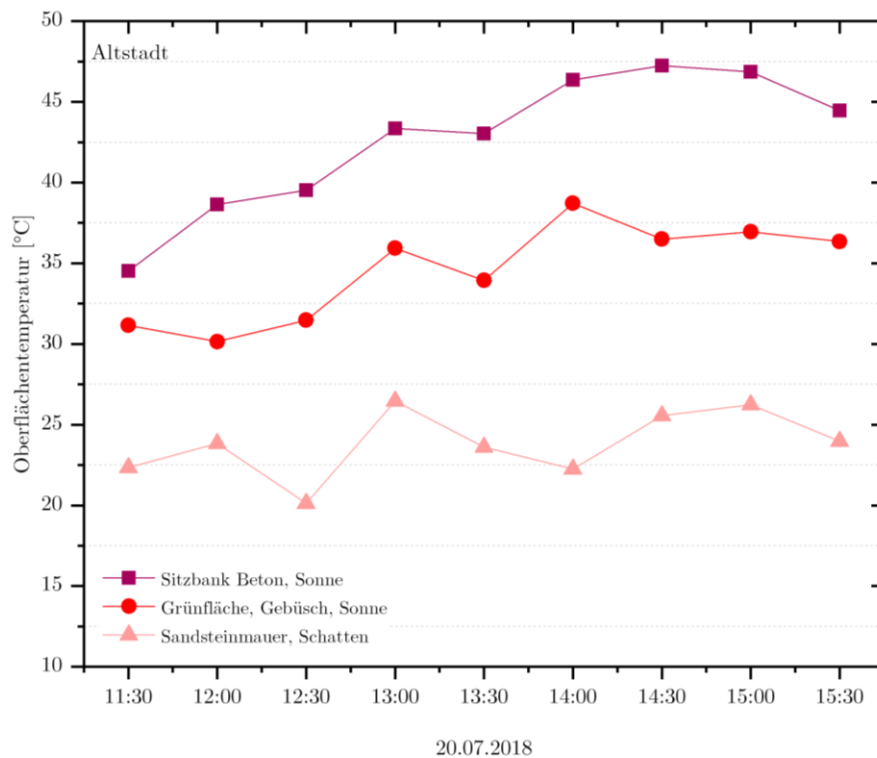


Abbildung 66: Oberflächentemperaturen verschiedener Elemente im Innenhof der Neuen Universität während der Messkampagne am 20.07.2018. Die Temperaturdifferenz zwischen der kältesten und wärmsten Oberfläche beträgt im Mittel 18,8 K (Eigene Darstellung).

An der Schwetzingener Terrasse werden die Oberflächentemperaturen einer verputzten Fassade im Schatten, einer Bodenplatte aus grauem Stein im Schatten sowie die angrenzende Rasenfläche unter Sonneneinstrahlung miteinander verglichen (Abbildung 67). Die höchste Temperatur weist die von der Sonne beschienene und aufgrund der lang andauernden Trockenheit bräunlich verfärbte Rasenfläche auf. Deren mittlere Oberflächentemperatur liegt im Beobachtungszeitraum bei 48,4 °C und erwärmt sich auf maximal 53,4 °C. Die beiden im Schatten liegenden Flächen weisen Temperaturen von im Mittel 26,1 °C (Bodenbelag) und 28,4 °C (Putzfassade) auf. Beide beschatteten Flächen erreichen ihre jeweilige Maximaltemperatur im Messzeitraum von 37,2 °C bzw. 34,5 °C am frühen Nachmittag gegen 14:30 Uhr. Diese liegen damit dennoch unter der Minimaltemperatur der Fläche in der Sonne von 41,0 °C. Die Kühlleistung der Grünelemente ist unter den extremen Bedingungen der Sommermonate 2018 deutlich eingeschränkt im Vergleich zu den Messergebnissen aus dem Jahr 2017. Dort konnte gezeigt werden, dass die Oberflächentemperaturen vitaler Grünflächen selbst unter direkter Sonneneinstrahlung deutlich unter derer versiegelter Flächen liegen (Abbildung 46).

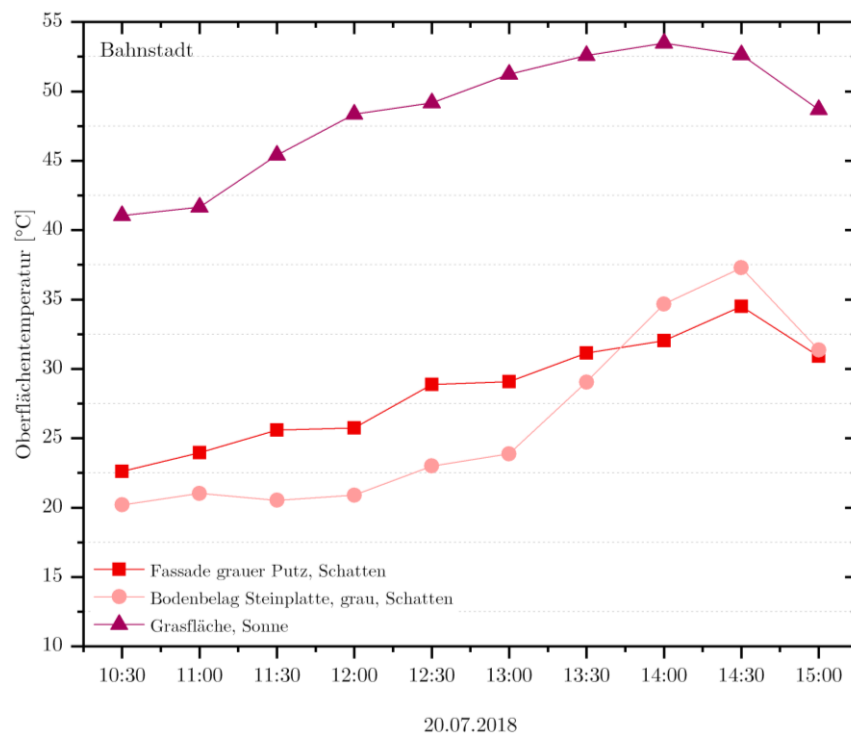


Abbildung 67: Oberflächentemperaturen verschiedener Elemente an der Schwetzingener Terrasse während der Messkampagne am 20.07.2018. Herausragend stellt sich die Temperatur der Rasenfläche in Folge extremer Trockenheit dar (Eigene Darstellung).

Die Ergebnisse der Oberflächentemperaturdifferenzen im Rahmen der Messkampagnen 2017 und 2018 werden des Weiteren durch den optischen Eindruck der folgenden Aufnahmen gestützt (Abbildung 68).



Abbildung 68: Zustand der Rasenflächen an der Promenade in der Bahnstadt (rechts und links an die Schwetzingen Terrasse angrenzend) im vitalen Zustand im August 2017 (links) und infolge wochenlang anhaltender Trockenheit und Hitzebelastung im August 2018 (rechts) (Eigene Aufnahmen).

Die in diesem Kapitel beschriebenen Datensätze zeigen sowohl Chancen aber auch Risiken für die Interpretation des städtischen Mikroklimas auf und liefern nicht nur Hinweise für die nachhaltige Stadtentwicklung sondern zeigen in zweiter Linie auf der Metaebene ebenfalls Impulse für den Aufbau eines idealen Messnetzes um Hitze in der Stadt Heidelberg zu dokumentieren. Darüber hinaus quantifizieren und bestätigen vor allem die 2018 erhobenen Daten generelle Trends und Prognosen, die auch Teil des Klimagutachtens der Stadt Heidelberg von 2015 sind (Kapitel 3). Sie stellen den Ist-Zustand der städtischen Überhitzung dar und sind Ausgangspunkt der Empfehlungen für Anpassungsmaßnahmen öffentlicher Räume in der Stadt. Des Weiteren zeigen die Daten deutlich die Einschränkung der regulierenden Funktion von Grünflächen unter extremen Bedingungen. Ergänzt werden die Mikroklimadaten durch Daten zum Klimaempfinden und Vorstellungen zum öffentlichen Raum sowie durch eine Solarmodellierung der beiden öffentlichen Plätze Schwetzingen Terrasse und Universitätsplatz. Die Gesamtheit der Daten fundiert die Planungshinweise für öffentliche Freiräume in Heidelberg. Im Fokus liegt hierbei das Problemfeld der „Urban Heat Island“ und Möglichkeiten zur Adaption und Milderung des Effekts im urbanen Raum. Aufbauend auf die physisch-geographischen Grundlagen, Methoden und Ergebnisse der eigenen Erhebungen wird in den folgenden Kapiteln zunächst das Potenzial von Anpassungsmaßnahmen mithilfe einer Modellierung des Solarpotenzials überprüft und die Thematik im nächsten Schritt um die soziale Komponente erweitert. Hierfür erfolgt jeweils zunächst eine Vorstellung der Grundlagen bzw. Methoden um ergänzend weitere Ergebnisse darzustellen.



Außerschulische Lernorte

Geländearbeit eröffnet den Raum für direkten Kontakt mit einem Thema. Außerschulische Lernorte spielen dabei eine wichtige Rolle. Auch Naturerlebnis- oder Naturerfahrungsräume können Kontrasträume zum urbanen Raum sein. Sie bieten Möglichkeiten der Naturerfahrung, des Umgestaltens, des Experimentierens und der Identifizierung mit der Natur. Die naturnahe Gestaltung bedarf darüber hinaus wenig extensiver Pflege im Vergleich zu herkömmlichen Spielflächen. Über Programme wie „Natur in Stadt und Land“ können Kommunen Förderung für die Umgestaltung einer geeigneten Fläche in einen Naturerfahrungsraum erhalten. Auch sind im Zuge der Verstädterung neuartige Naturerfahrungsräume – angelehnt an die Stadtökologie oder Stadtnatur – denkbar. Konzepte und Evaluationen findet man beispielsweise bei SCHEMEL, REIDL & BLINKERT (2005) oder SCHEMEL (1998).

7 Ergänzende Ansätze

Auf Basis der ausgewerteten Klimadaten werden in den folgenden Kapiteln ergänzende Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage hinzugezogen. Dabei wird zunächst die Modellierung des Solarpotenzials der beiden Plätze Schwetzingen Terrasse und Universitätsplatz beschrieben und die Betrachtung im darauffolgenden Abschnitt um die human- bzw. sozialgeographische Perspektive erweitert. Neben Grundlagen zur Stadtgeographie und der Funktion öffentlicher Räume bilden die Auswertung des eigens für dieses Projekt entworfenen Fragebogens (Fragebogen 1) und der Mental Maps-Erhebung den Kern der erweiterten Analyse. Ergänzt werden diese Daten durch Daten einer Haushaltsbefragung in Wieblingen die im Rahmen des Projekts GREIF (Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung) erhoben wurden (Fragebogen 2).

7.1 Methode der 3D-Solarmodellierung

Die räumliche und zeitliche Streuung der Sonneneinstrahlung ist aufgrund der komplexen Gebäudestrukturen im Stadtraum sehr variabel. Diese Analyse dient der Modellierung des Einflusses des Begrünungsgrades und von Beschattungsmaßnahmen auf öffentlichen Plätzen auf die tägliche durchschnittliche Sonneneinstrahlung unter Berücksichtigung der Schattenbildung. Während herkömmliche GIS-basierte Einstrahlungsmodelle zumeist auf zweidimensionalen digitalen Höhenmodellen basieren, werden in dem hier angewandten 3D-Modell zudem Gebäudefassaden und Verschattungseffekte durch Bebauung und Bepflanzung berücksichtigt. Für die detaillierte Modellierung der Sonneneinstrahlungsverteilung wurde das C++ command line-Tool VOSTOK (Voxel Octree Solar Toolkit) der Abteilung Geoinformatik (GIScience) des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg genutzt (Vostok ist darüber hinaus das russische Wort für die Himmelsrichtung Osten, in der die Sonne aufgeht). VOSTOK modelliert die einfallende Sonneneinstrahlung in 3D-Punktwolken (d. h. beliebige XYZ-Koordinaten) in einer konfigurierbaren Auflösung auf Grundlage der eingegebenen Rasterebenen. Das Tool basiert auf der Verwendung der open-source Datenbank SOLPOS.H (Solar Position and Intensity) des U.S. Department of Energy National Renewable Energy Laboratory zur Berechnung des Sonnenstands für einen bestimmten Ort im Tages- und Jahresgang. Als Grundlage der 3D-Solarpotenzialberechnung dienen CityGML-Dateien (City Geography Markup Language) der öffentlichen Räume in Heidelberg (Abbildung 69). Im ersten Schritt wurden diese für die Anwendung in VOSTOK in regelmäßig gerasterten 3D-Punktwolken, also regelmäßig angeordnete Punkte, konvertiert. Für die korrekte Ergebniserzeugung des Solarpotenzials ist dabei ein einheitlicher Detailgrad Voraussetzung. Die Wahl eines zu groben Rasters mit einer geringen Punktdichte kann zu fehlerhaften Berechnungen führen. Da die Räume nicht isoliert betrachtet werden können, spielt auch die umgebende Nachbarschaft der zu modellierenden Flächen bei der Eingabe eine Rolle um korrekte Werte und Darstellungen zu erhalten. Der Schattenwurf der umgebenden Objekte wird anhand von 3D-Würfeln (Voxeln) modelliert, diese definieren die Umgebung eines 3D-Punktes. Vo-

xel bezeichnet dabei einen Gitterpunkt in einem 3D-Gitter, während Pixel Punkte in einer zweidimensionalen Rastergrafik beschreiben. VOSTOK kalkuliert schließlich anhand der „für jeden Punkt der Eingangspunktwolke bekannten Koordinaten, den bekannten Koordinaten der die Sonne möglicherweise blockierenden Voxel und dem Sonnenpfad [...] das Sonnenpotential einschließlich der Reduktion durch Verschattung durch umliegende Objekte“ (LIN et al. 2017, 361) (JOCHEM, HÖFLE & RUTZINGER 2011, LIANG et al. 2014, LIN et al. 2017, NREL 2002, OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM 2012, REGVAT et al. 2014, THE VOXEL OCTREE SOLAR TOOLKIT o. J.).

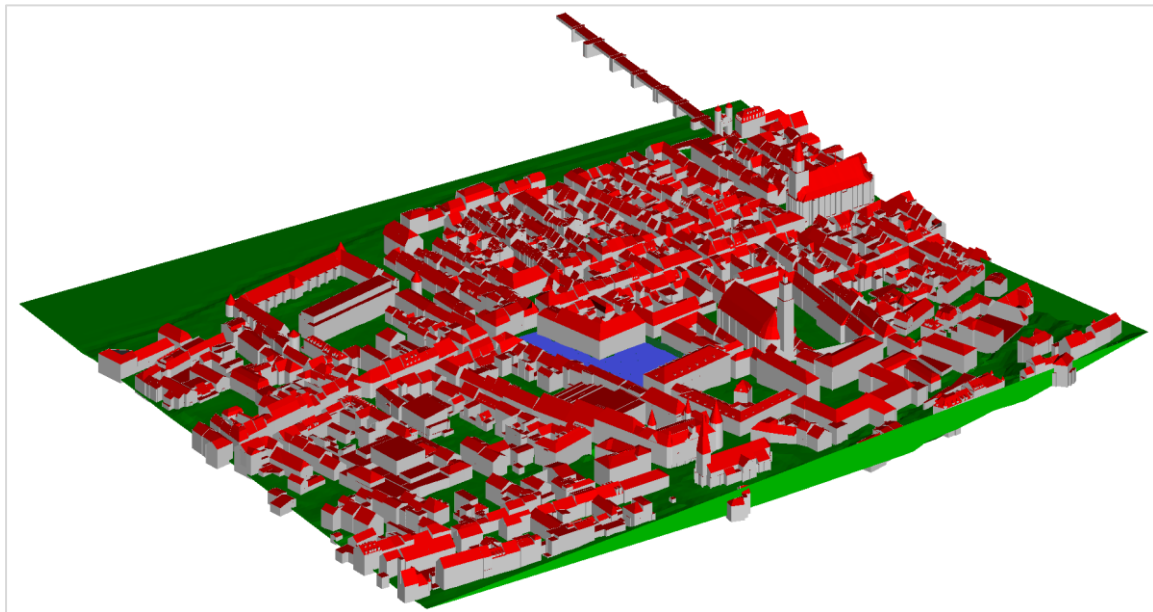


Abbildung 69: Ausschnitt des 3D-Stadtmodells (CityGML) der Altstadt Heidelbergs mit dem Universitätsplatz (blau) (Daten: STADT HEIDELBERG 2018, FZKVIEWER KIT 2018).

Die Umwandlung der City GML-Files erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden aus diesen Object-Dateien generiert. In diesen sind jedoch keine Informationen zum Relief angegeben. Erst durch Erzeugung der Punktwolken über ein Mesh in der gewünschten Punktdichte, hier im Raster mit der Zellgröße von 1x1 m, werden die entsprechenden Dateiformate generiert.

Die resultierende Datei enthält das berechnete Solarpotential in Wattstunden pro Quadratmeter (Wh/m^2) und Tag, summiert für jeden Rasterpunkt und gibt damit den Ist-Zustand wieder. In einem zweiten Schritt können künstliche Objekte wie Bäume in die 3D-Szene gesetzt werden, um das Potenzial unterschiedlicher Gestaltungselemente zu quantifizieren. So können künftige Entwicklungspotenziale der Flächen, vor allem im Beispiel der Schwetzingen Terrasse, modelliert und abgebildet werden. Die Erhöhung des Grünanteils bzw. Simulation eines vollständigen Entwicklungszustandes der Vegetation vermindert durch die hervorgerufene Beschattung das Einstrahlungspotenzial und damit einhergehend die Erhitzung der Flächen. Anhand der Modellierung können folglich verschiedene Gestaltungs- und Entwicklungsszenarien der ausgewählten Räume im Jahres- und Tagesverlauf dargestellt und Maßnahmen abgeleitet werden. Folgende Abbildung 70 zeigt mögliche Anpassungsmaß-

nahmen mit ihren jeweiligen Kühlwirkungen im Tagesverlauf. Vor allem wasserversorgte Vegetation sowie stehende und vegetationsbestandene Wasserflächen tragen maßgeblich zur Kühlung der Umgebungsluft in den Mittags- und frühen Abendstunden bei. Auch ist der Kühleffekt bei direkter Sonneneinstrahlung aufgrund der entstehenden Verschattung und der Albedo höher. Rasenflächen und Wiesen hingegen erreichen in den Nachtstunden die höchste Kühlleistung (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016).

Kühlwirkung von Anpassungsmaßnahmen im Tageslauf

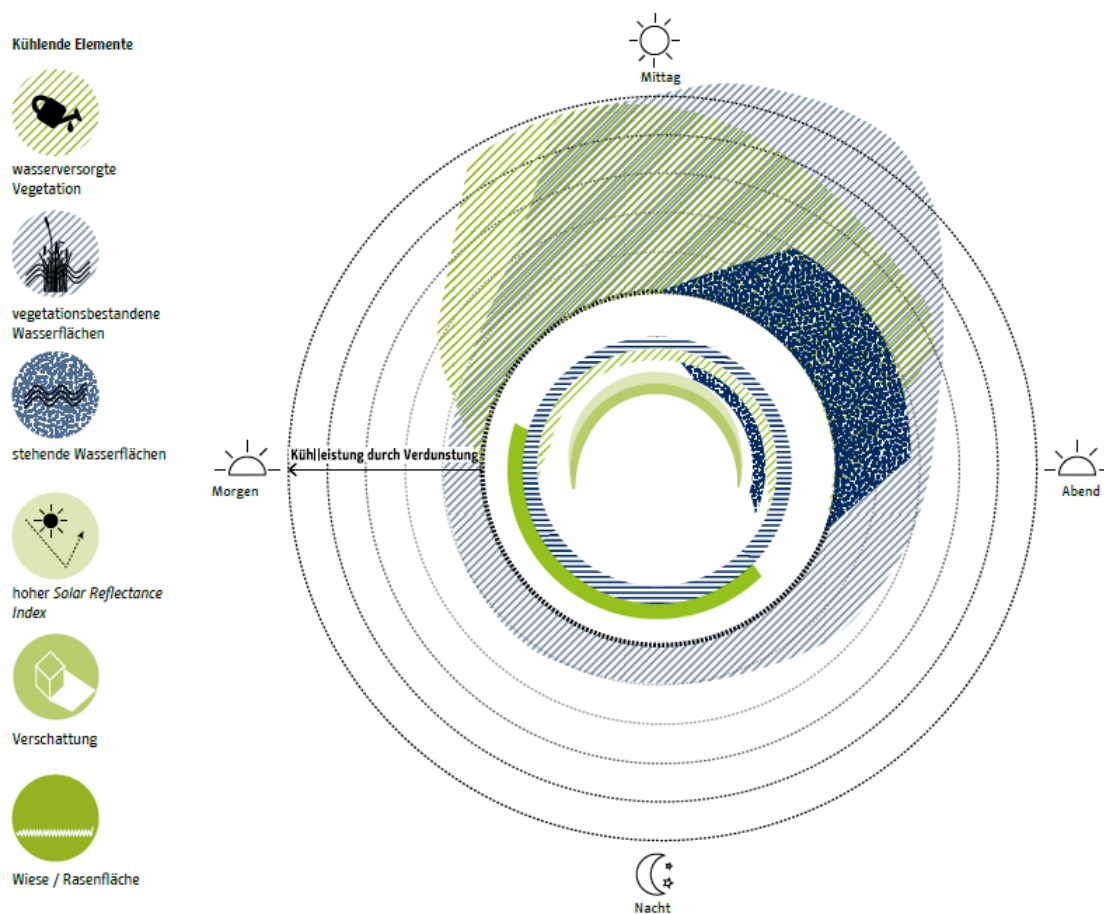


Abbildung 70: Kühlwirkung verschiedener Klimaanpassungsmaßnahmen im Tagesverlauf (Quelle: SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 48).

7.2 Ergebnisse der 3D-Solarpotenzialanalyse

Mithilfe des Tools VOSTOK wurde zunächst für beide Flächen (Schwetzinger Terrasse und Universitätsplatz) der Ist-Zustand des Solarpotenzials unter Einbezug von Gebäudeumgebung und Verschattungseffekten berechnet. Es werden jeweils die Werte für den Zeitraum Juni bis August 2018 (JJA) dargestellt. Für den Ist-Zustand liegen die in Kapitel 7.1 beschriebenen Stadtmodelle zu Grunde, diese beinhalten lediglich die Gebäudestruktur und keine Vegetationsobjekte. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass die tatsächlich Abweichungen etwas geringer ausfallen als im Folgenden dargestellt. Dies betrifft vor allem den Universitätsplatz, da der Baumbestand am Platz, der im 3D-

Stadtmodell nicht abgebildet wird, nicht in die Berechnung des Ist-Zustandes eingeht. Im Soll-Zustand sind diese Vegetationsobjekte inklusive zusätzlicher Beschattungsmaßnahmen dargestellt (Abbildung 72 und 74). Auf der Schwetzingen Terrasse ist der Baumbestand bisher wenig in der Entwicklung fortgeschritten und nimmt folglich wenig Einfluss auf die Beschattung am Platz (Abbildung 22 und 105).

Alle folgend vorgestellten Daten wurden im Koordinatensystem DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (EPSG Code:31467) bearbeitet, dieses liegt ebenfalls den von der Stadt Heidelberg zur Verfügung gestellten Ausgangsdaten der 3D-Stadtmodelle zu Grunde.

Das mittlere tägliche Solarpotential in Wattstunden pro Quadratmeter beträgt an der Schwetzingen Terrasse für den Zeitraum Juni, Juli und August 2018 432.157 Wh/m² bei einem Minimum von 50.648 Wh/m² und einem Maximum von 776.581 Wh/m². Am Universitätsplatz liegt das Mittel bei 499.822 Wh/m². Der Minimalwert liegt am Universitätsplatz bei 51.493 Wh/m² und der Maximalwert bei 743.165 Wh/m². Der modellierte Ist-Zustand beider Flächen ist in der folgenden Abbildung 71 dargestellt.

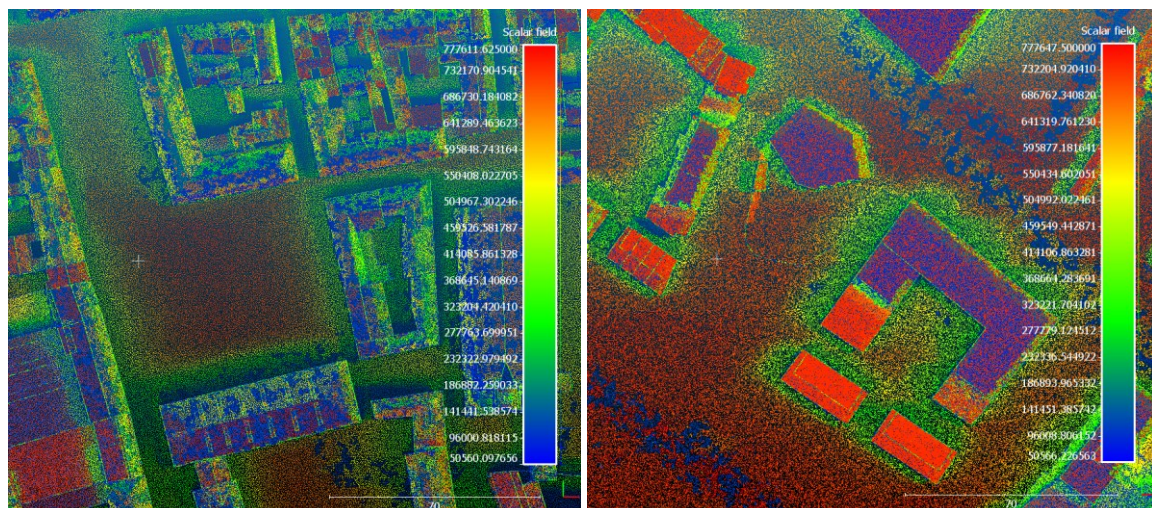


Abbildung 71: Screenshots des Ist-Zustandes der Punktwolken am Universitätsplatz (links) und an der Schwetzingen Terrasse (rechts) dargestellt in CloudCompare (Einheit des Maßstabes in Meter; dargestellte Werte (= Scalar Field) sind tägliches Solarpotential in Wattstunden pro m²). Vegetation ist aufgrund des zu Grunde liegenden 3D-Stadtmodells nicht berücksichtigt (Eigene Berechnung).

Im nächsten Schritt wurden ergänzende Beschattungsmaßnahmen und ausgewachsene Vegetationselemente simuliert und die Berechnung anhand dieser künstlichen Szenen erneut durchgeführt (Abbildung 72 und 74). Die in den Soll-Szenen künstlich hinzugefügten Objekte nehmen Bezug auf die erhobenen Klimadaten, die eine starke Hitzebelastung der Gebiete aufzeigen (Kapitel 6) und auf die Wünsche und Vorstellungen der befragten Personen hinsichtlich einer Umgestaltung öffentlicher Plätze in Heidelberg (Kapitel 7.6 und 7.9). Hierbei lässt sich das Potenzial der Veränderung anhand einfacher Maßnahmen quantifizieren.

Der Soll-Zustand der Schwetzinger Terrasse wurde anhand der aus der folgenden Abbildung 72 der 3D-Szene generierten Punktwolke simuliert. Der Baumbestand zeigt ein verdichtetes, den Platz bedeckendes Kronendach, zusätzlich wurde ein Sonnensegel im Bereich des Wasserfontänenfelds installiert. Auf Höhe der Promenade, die quer über den Platz verläuft und als Rad- und Fußwegverbindung dient, befindet sich keine Vegetation. Ebenso ist der Bereich um die Kindertagesstätte freigehalten, da dieser für Anlieferverkehr und Kurzzeitparkflächen vorgesehen ist.

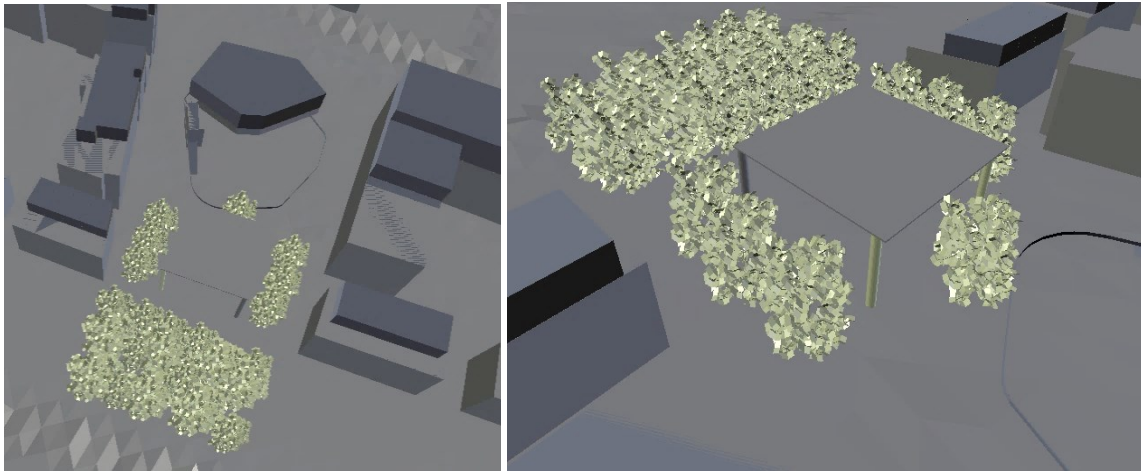


Abbildung 72: Simulierter Soll-Zustand der Schwetzinger Terrasse bestehend aus verdichtetem Baumbestand (basierend auf der aktuellen Anordnung des noch jungen Baumbestands) und einem Sonnensegel, das die Fläche des Wasserfontänenfelds beschattet (Eigene Darstellung).

Die Berechnung des Soll-Zustandes ergibt für die Schwetzinger Terrasse einen verringerten Mittelwert von 371.907 Wh/m^2 . Minimum und Maximum weichen dabei kaum vom Ist-Zustand ab, jedoch verringert sich der Median folglich ebenfalls deutlich von 439.906 Wh/m^2 auf 363.168 Wh/m^2 . Die Reduktion des täglichen Solarpotenzials liegt somit für die gesamte Fläche bei $13,9 \%$ bei einer Standardabweichung von $6,0 \%$. Dieser Wert fällt nicht höher aus, da auch der nicht beschattete Bereich um die Kindertagesstätte in die Berechnung einfließt. Zum Aufenthalt wird aber vor allem der Bereich südlich der Kindertagesstätte ab dem Wasserfontänenfeld genutzt. Dieser ist im simulierten Soll-Zustand nahezu vollständig beschattet (Abbildung 73). Bei isolierter Betrachtung dieses südlichen Bereichs liegt die mittlere Reduktion des täglichen Solarpotenzials deutlich höher bei 58% , da im Ist-Zustand aufgrund der jungen Vegetation kaum Verschattung erzeugt wird.

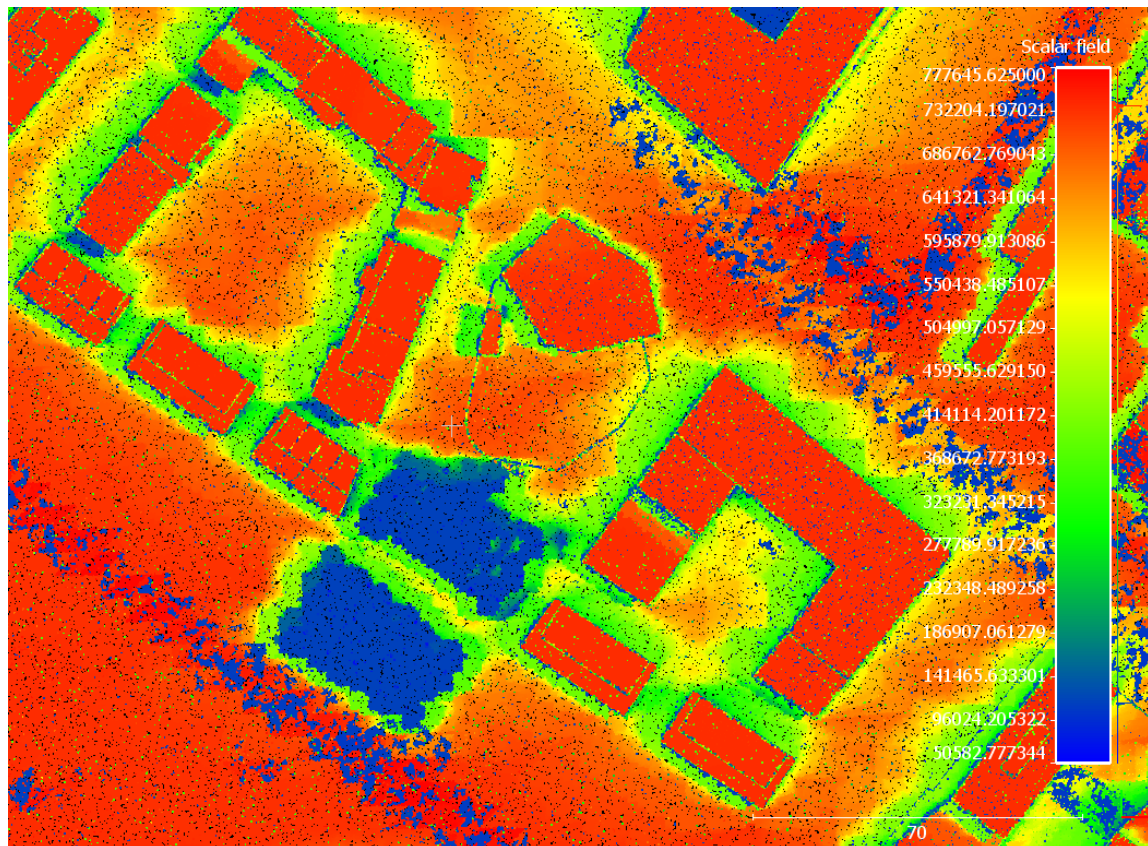


Abbildung 73: Soll-Zustand der Punktwolke an der Schwetzingen Terrasse dargestellt in CloudCompare (Einheit des Maßstabes in Meter; dargestellte Werte (= Scalar Field) sind tägliches Solarpotenzial in Wh/m²). Blaue Bereiche zeigen die beschatteten Flächen mit verringerter Einstrahlung an (Eigene Berechnung).

Am Universitätsplatz sorgt eine Kombination aus zusätzlicher Bepflanzung, Beschattung und kombinierten Sitzelementen bzw. -gruppierungen für eine Entlastung der derzeitigen Hitzebelastung während der Sommermonate. Die simulierten Gestaltungselemente, auf denen die Berechnung des Soll-Zustandes basiert, sind in der folgenden Abbildung 74 dargestellt. Auf die genaue Beschreibung der denkbaren Maßnahmen und Elemente zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität während der hitzebelasteten Sommermonate wird in Kapitel 8.5.1 eingegangen. In die Berechnung des Ist- und Soll-Zustandes geht am Universitätsplatz jeweils nur der südliche Teil des Platzes vor der Neuen Universität ein. Der nördliche Teil zwischen Hauptstraße und Merianstraße wird nicht betrachtet, da hier entlang direkt der Verkehr auf der Grabengasse verläuft und in diesem Bereich keine Sitzmöglichkeiten vorhanden sind.

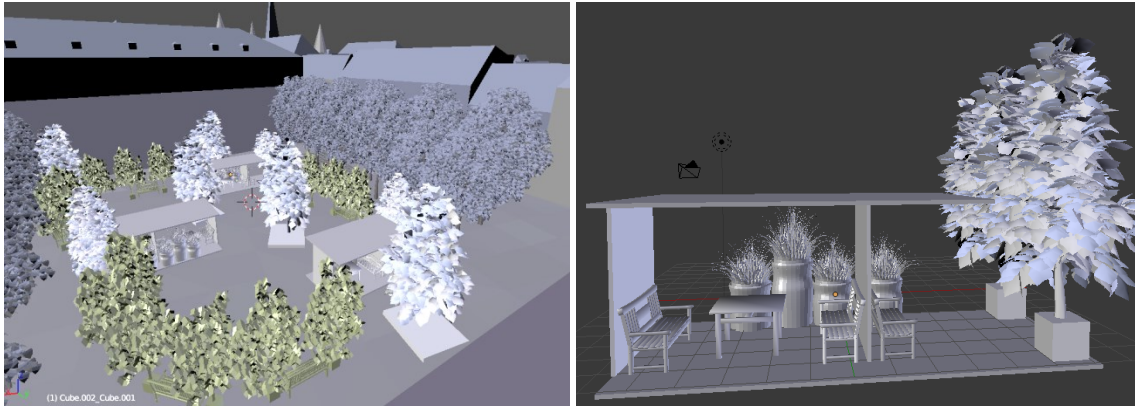


Abbildung 74: Simulierter Soll-Zustand des Universitätsplatzes mit zusätzlichen Beschattungs- und Aufenthaltselementen bestehend aus erweitertem Baumbestand und Überdachungsmodulen. Diese Gestaltungselemente schließen die Leere, die den Platz bisher beherrscht und schaffen vielfältige Aufenthaltsoptionen, die aufgrund der Beschattungsmaßnahmen auch im Sommer nutzbar sind (Eigene Darstellung).

Der Mittelwert des täglichen Solarpotenzials für den Soll-Zustand am Universitätsplatz beträgt 228.628 Wh/m^2 . Auch für diesen Platz weichen die Minimal- und Maximalwerte für die beiden Zustände jeweils nur geringfügig ab. Der Median reduziert sich von 640.455 Wh/m^2 auf 134.396 Wh/m^2 . Basierend auf dem verringerten Mittelwert beträgt die Reduktion des täglichen Solarpotenzials auf dieser Fläche $54,2 \%$. Nicht berücksichtigt wurde für den Ist-Zustand dabei, wie oben beschrieben, der aktuelle Baumbestand östlich und westlich des Platzes sowie für beide Zustände der nördliche Teil um den Löwenbrunnen (Abbildung 75). Folglich ist von einer etwas niedrigeren tatsächlichen Reduktion auszugehen und der für die Schwetzingen Terrasse errechnete Wert kann als Näherungswert an die potenzielle Reduktion angenommen werden. Dennoch lässt sich das Potenzial möglicher Anpassungsmaßnahmen anhand der vorgestellten Ergebnisse beispielhaft quantifizieren und zeigt die Wirkungsfähigkeit solcher Strategien bezogen auf die Hitzebelastung der Stadtteile während der Sommermonate. Das Tool lässt sich, anhand der hier gezeigten Anwendung, auf alle Flächen für die 3D-Modelle zur Verfügung stehen übertragen. Ausgehend von dem berechneten Solarpotenzial, wäre zudem eine Erweiterung des Tools zur Abschätzung tatsächlicher Temperaturwerte und der daraus resultierenden thermischen Belastung vorstellbar.

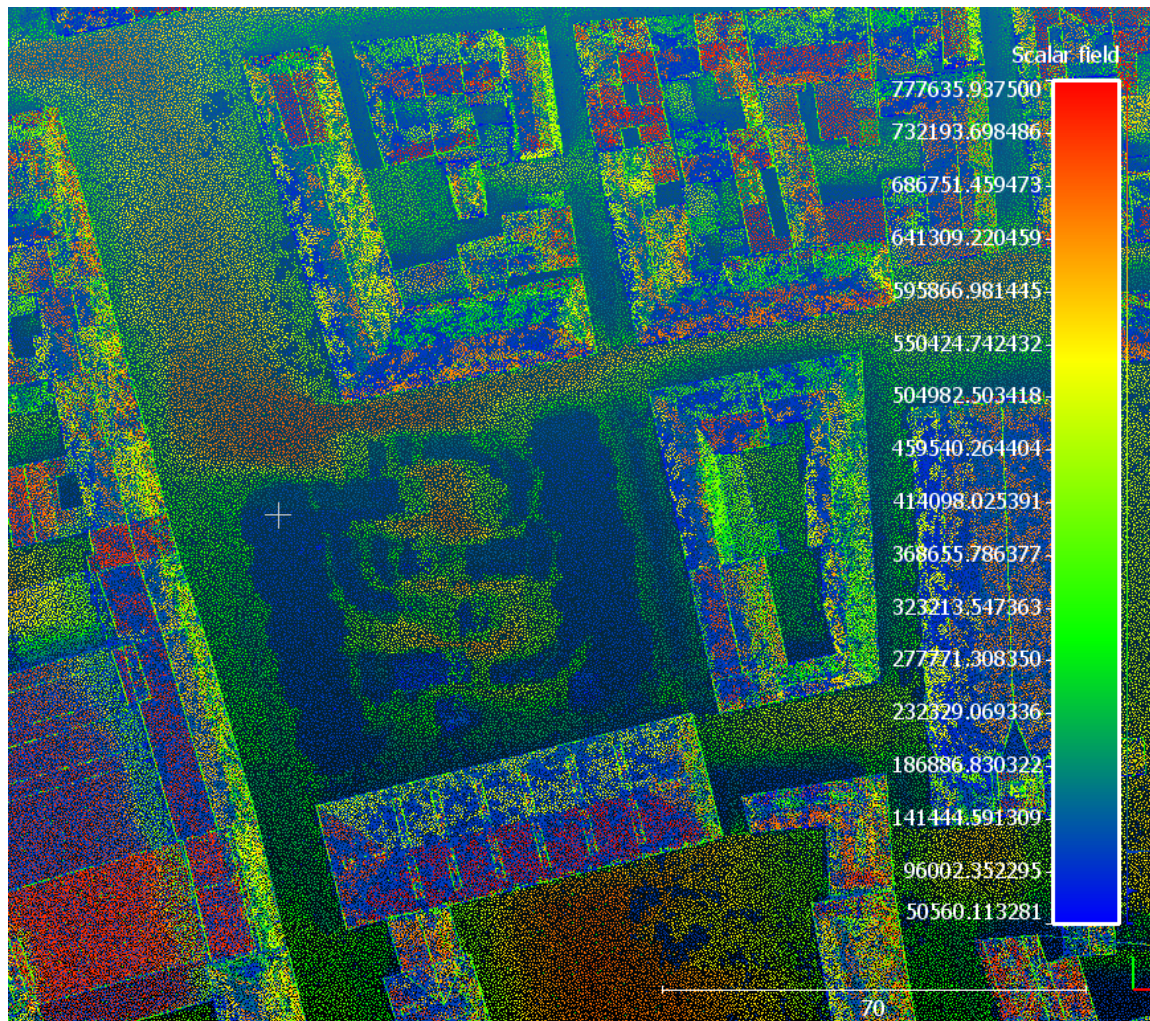


Abbildung 75: Soll-Zustand der Punktwolke am Universitätsplatz dargestellt in CloudCompare (Einheit des Maßstabes in Meter; dargestellte Werte (= Scalar Field) sind tägliches Solarpotenzial in Wh/m²). Blaue Bereiche zeigen die beschatteten Flächen mit verringerter Einstrahlung an (Eigene Berechnung).

Weitere Darstellungen der 3D-Solarpotenzialmodellierung sowie Histogramme, welche die statistischen Parameter der Soll- und Ist-Zustände bezüglich des täglichen Solarpotenzials in Wh/m² zeigen und auf deren Basis die Auswertung der Werte erfolgte, sind im Anhang beigefügt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Solarpotenzialanalyse sowie der vorangegangenen Beschreibung der Klimadaten, nehmen weitere Daten Einfluss auf die Entwicklung von Adaptionenmaßnahmen für die ausgewählten Flächen. Vor der Ergebnisdarstellung der Fragebogenerhebung und der Mental Maps-Erhebung zum Klimawandelempfinden und Assoziationen zu öffentlichen Räumen in Heidelberg erfolgt zunächst eine Beschreibung der stadt- und sozialgeographischen Grundlagen (Kapitel 7.3) und eingesetzten Methoden (Kapitel 7.4 und 7.5).



Experimentieren und Programmieren lernen mit der „senseBox“

Zum besseren Verständnis von Datenerhebungs- und Datenverarbeitungsprozessen bietet die senseBox in den Editionen „home“ oder „edu“ eine Plattform im Baukastenprinzip zum Programmieren und Experimentieren. Verschiedene Sensoren und Bauteile wie Temperatursensoren oder Bewegungssensoren können dabei modular, je nach Forschungsfrage und Interesse auf einer Microcontrollereinheit, basierend auf einem Arduino, betrieben werden. Die erhobenen Daten können für die Datenplattform und die openSenseMap zugänglich gemacht werden und stehen dann der Community zur Analyse zur Verfügung. Neben der Erfassung von Umweltdaten und dem Verständnis ihrer Systemzusammenhänge steht hierbei das Experimentieren und Erlernen erster Programmierkenntnisse im Vordergrund (SENSEBOX 2018).

7.3 Grundlagen der Stadtgeographie

„Lebendige, dynamische Städte mit großer Mannigfaltigkeit enthalten den Samen für ihre eigene Regeneration und verfügen über genügend Energien, um Probleme in Angriff zu nehmen und Bedürfnissen zu dienen, die nicht alleine sie selbst angehen.“ (JACOBS 1993, 220).

Diese positive Betrachtungsweise des Wesens einer Stadt beschreibt das Potenzial, das eine Stadt in sich trägt, sich innovativ und dynamisch dem Wandel der Zeit zu stellen und dabei ihre eigene Identität zu bewahren. Die Wahrnehmung einer Stadt ist dabei sehr divers und erfolgt aus einer Vielzahl unterschiedlicher Perspektiven: BewohnerInnen, BesucherInnen und TouristInnen, PlanerInnen, ArchitektInnen, PolitikerInnen, ÖkonomInnen, SoziologInnen, HistorikerInnen, alte und junge Menschen, Fremde und Einheimische. Die Stadt ist ein komplexer Gegenstand mit vielfältigen Dimensionen und Sichtweisen – die baulichen und räumlichen Aspekte definieren ihre Struktur (Straßen, Plätze, Quartiere, Topographie etc.); ihre Funktionen und Nutzungspotenziale haben unterschiedlichste Zwecke und Ziele (Konsum, Transport, Wohnen und Leben, Arbeit, Kultur, Freizeit und Erholung etc.); die Gesellschaft einer Stadt beschreibt schließlich ihr politisches und ökonomisches Gefüge, ihre Bevölkerung und Entwicklung sowie ihre Sozialstruktur (BERDING, SCHMITT, SELLE & WACHTEN 2008). Grundsätzlich kann man das System Stadt in die beiden Glieder natürliches System Stadt und gesellschaftliches System Stadt unterscheiden (BREUSTE, ENDLICHER & MEURER 2007, HEINEBERG 2017). Im Kontext der großen gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts wie dem Klimawandel wird Städten – anknüpfend an das Eingangszitat – eine transformative Kraft zugeschrieben. Urbane Räume nehmen demnach eine bedeutende Stellung ein für zukunftsweisende, in diesem Fall nachhaltige Entwicklungen, die sich auf umliegende Räume übertragen können. Im Zuge der urbanen Transformation zur Nachhaltigkeit kommt der Forschung wesentliche Bedeutung zu, sie unterstützt und begleitet diese Prozesse. Die Entwicklung soll dabei im

Hinblick auf drei Aspekte erfolgen: „Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, Teilhabe als Ausdruck einer auf die Bedürfnisse der Menschen ausgerichteten Stadtentwicklung und Eigenart als Perspektive für den Umgang mit sozio-kultureller Vielfalt und den regionalen, spezifischen Entwicklungsdynamiken“ (WBGU 2016b, 1). Wachsende Städte und die weltweit zunehmende Stadtbevölkerung sind Treiber und Betroffene von (Umwelt-)problemen gleichermaßen und erfordern datengestützte Anpassungsmaßnahmen. Grundlegende Aufgabe der Wissenschaft liegt neben der Grundlagenforschung in der Erzeugung anwendungsorientierter Forschungsergebnisse und darauf aufbauender Umsetzungsstrategien und Handlungsempfehlungen. Diese müssen angepasst sein auf die Bedürfnisse und Besonderheiten einer Stadt und sind abhängig von ihrer Funktion und individuellen Merkmalen (WBGU 2016a, WBGU 2016b). Die datenbasierte Transformation öffentlicher Plätze und Freiräume kann auf kleinerer Maßstabsebene Ausgangspunkt sein für stadt- und umlandübergreifende Umwandlungsprozesse.

Aufgrund der großen Variabilität von Stadttypen, Strukturen und Ansätzen lässt sich – um der Vielfalt gerecht zu werden – auch von Stadtgeographien sprechen. Stadt wird hier als territorialer Raum beschrieben, als physisch und gesellschaftlich abgrenzbares Wirkungsgefüge, der sich entscheidend in seiner Gestalt und Funktion vom Umland abhebt (Zentrale-Orte-Theorie nach Walter Christaller). Nach der Global City-Forschung stellen Städte Knotenpunkte globaler Vernetzungs-, Verkehrs-, Handels-, und Kommunikationsströme dar. Städte als Zentren von Ökonomie und Macht bilden demnach interne Ungleichheiten (Hierarchien, soziale Differenzen etc.) aus, nähern sich – global betrachtet – in ihrem Gefüge jedoch immer mehr einander an. Inwiefern das Idealbild einer Stadt der tatsächlichen Realität entspricht oder vielmehr nur Ideologie oder Utopie widerspiegelt, ist Teil der konstruktivistischen Theorieperspektive auf den Raum Stadt. Das Konstrukt Stadt steht hier im Antagonismus zwischen idealtypischen Assoziationen und macht- und interessen geleiteten Diskursen. Aus realistischer Perspektive hingegen wird die Stadt vielmehr auf ihre materialistische, infrastrukturelle Komponente dezimiert aus der soziale Diskrepanzen hervorgehen (GRAHAM 2010, FASSMANN 2004, LICHTENBERGER 1991, MATTISSEK 2008, OBENBRÜGGE 2014).

Gleichwohl unterscheidet sich die Struktur einer Stadt auch im Hinblick auf ihren kulturellen Genesungshintergrund. Das US-amerikanische System unterscheidet sich dabei beispielsweise grundsätzlich in seinem Aufbau und Modell von der islamisch-orientalischen oder lateinamerikanischen Stadt (GAEBE 2004, HEINEBERG 2017).

7.3.1 Der öffentliche Platz

Der öffentliche Platz als ein Stadtraumtyp ist Teil des öffentlichen gestalteten Raums einer Stadt oder einer Gemeinde und ist für die Öffentlichkeit und Allgemeinheit zugänglich. Aus diesem Verständnis gehört das gesamte Stadtgebiet dem öffentlichen Raum an. Hierzu zählen neben den freien Außenräumen wie Straßen, Parks und Parkplätze auch Innenräume wie Kirchen, Einkaufspassagen und generell öffentliche Gebäude aber auch virtuelle Orte wie Chat-Rooms (BERDING 2012). Der öffent-

liche Raum erhält hierdurch seine Durchlässigkeit und Kontinuität. Im Gegensatz zu Straßen stellen Plätze eher Räume des Verweilens und weniger des Bewegens dar (GEHL & SVARRE 2016). Aus architektonischer Betrachtung stellt ein Platz einen zum Himmel hin offenen, geordneten und gefassten Raum dar, welcher durch seine bauliche Einfassung begrenzt wird. Nach dem lateinischen Wort „platea“ wird ein Platz als „breite Straße“ beschrieben. Aus dieser Definition heraus ist ein Platz eine Verbreiterung bzw. Aufweitung im baulichen Gefüge bzw. eine Stelle oder ein Raum, die eine Person oder ein Objekt einnimmt (tatsächlich oder abstrakt) (KRAUSE 2004). Gleichwohl muss der Begriff „Platz“ nicht zwangsläufig Teil einer solchen Bezeichnung sein um dennoch einen solchen auszumachen (Bsp. Gendarmenmarkt in Berlin oder Schwetzingen Terrasse in Heidelberg). Im planerisch-geographischen Rahmen steht der Platz für eine städtebauliche Definition und bezeichnet eine Raumfläche. Dieser Raum ist definiert durch eine öffentliche oder nicht öffentliche Fläche, die sowohl offen als auch umschlossen sein kann und nach Lage, Gestalt, Typ, Rang oder Zweck differenziert wird. Plätze prägen das Erscheinungsbild der Städte und stehen wie sie selbst unter stetiger Entwicklung und fortwährendem Wandel. Planung und Gestaltungsrahmen variieren dabei gleichermaßen wie Nutzungszwecke und Funktionen. Wurden Plätze früher seit der Antike an vorwiegend als aktiv genutzte öffentliche Räume für Handel, Transport und Produktion genutzt, erfahren sie in der Neuzeit eine eher passive Nutzung als Erholungsräume oder Veranstaltungsorte. Die Nutzung unterlag in vielen Fällen einem Wandel von wirtschaftlichem Gebrauch hin zu kulturellen und sozialen Zwecken. Neben den genannten übernimmt der öffentliche Raum des Weiteren auch politische und ökologische Funktionen. Zu den heute immer noch wirksamen ökonomischen Bedeutungen zählen Lagewert, Standortbindung, Investitionsimpulse, Standortfaktor und -konkurrenz. Eine ansprechende und ästhetische Gestaltung und Erscheinung des öffentlichen Raums wirken sich demnach ebenfalls positiv auf die wirtschaftliche Bedeutung dessen aus (BERDING 2012, BERDING, SCHMITT, SELLE & WACHTEN 2008, GAEBE 2004, LEFEBVRE 2006, MOCZEK & RAMBOW 2012, WIDMER 1904). Gemäß dem beschriebenen Wandel sind Plätze auch immer Geschichtsträger und geben einer Stadt Identität und Bedeutung. Unterdessen stellt der öffentliche Raum gleichermaßen einen sozialen Ort der Begegnung und gesellschaftlicher Erfahrung dar und ist verknüpft mit einer Vielzahl an Assoziationen und Empfindungen. Einem Ort werden deshalb immer Werte (z. B. von Sicherheit oder Unsicherheit, des Wohlbefindens u. v. m.) zugeschrieben, die nicht allein durch äußere Merkmale bestimmt werden, sondern im Deutungskontext der individuellen Wahrnehmung und Geschichte stehen. Ein Indiz für die Relevanz dieser Erkenntnisse stellt auch die identitätsstiftende „Personifizierung“ und gleichermaßen Aneignung eines Platzes durch Vergabe von Kosenamen dar (Bsp. „Alex“ für Alexanderplatz oder „Kotti“ für Kottbusser Tor, jeweils in Berlin; „Bissi“ für Bismarckplatz in Heidelberg). Neben historischer Identität, kultureller Vielfalt, Sozialisation, Kommunikation und Aktivität können öffentliche Räume auch Bedrohung, Unsicherheit und Ausgrenzung schaffen. „Für ihr Wohlbefinden braucht eine Person einen gewissen Grad von (raumwirksamer) Abgeschlossenheit um sich postuliert Chr. Alexander (1977/1995, 561), nicht zu offen und nicht zu geschlossen [sollte

ein Platz sein]“ (KRAUSE 2004, 23) (BERDING 2012, GAEBE 2004, HEINEBERG 2017, JÖCHNER 2008, MOCZEK & RAMBOW 2012, KEMME & REICHER 2009, KEMPER & REUTLINGER 2015, KRAUSE 2004, VHW 2017).

Oftmals wird mit dem Begriff Platz auch eine touristische Blickweise hervorgerufen, die sich vornehmlich an bedeutsamen Plätzen, gekoppelt an sakrale oder öffentliche Bauten bekannter Städte orientiert. Analog hierzu sind beispielsweise der Marienplatz in München, der Markusplatz in Venedig, der Alexanderplatz in Berlin oder der Petersplatz in Rom zu nennen. Auch eine romantische Sicht auf den städtischen Platz steht mit dieser Erkenntnis in Zusammenhang: Plätze symbolisieren Leben, sie sind Orte des Vergnügens und Konsums. Die Vorstellung einer südeuropäischen Piazza beispielsweise versinnbildlicht das südländische Lebensgefühl mit seinen KünstlerInnen, Straßencafés, Restaurants, Brunnen und Marktständen. Daraus folgt ein weiteres Kennzeichen des öffentlichen Raums: Seine Multifunktionalität (BREUSTE, ENDLICHER & MEURER 2007, FAHLE 2015, FISCHER 2011). „Gelungene Plätze sind Mikrokosmen städtischen Lebens. Sie bieten Anregung und Entspannung; hier finden Märkte und öffentliche Veranstaltungen statt, man trifft Freunde und lässt die Welt an sich vorüberziehen“ (WEBB 1990, 8).

Demgegenüber stehen durch die Multifunktionalität bedingte Nutzungs- und Interessenskonflikte im öffentlichen Raum bzw. an öffentlichen Plätzen. Freischankflächen vor Gaststätten und Cafés, Parkplätze vor Geschäften oder rechtliche verbindliche Gehwegbreiten stehen in Konflikt mit dem generellen Wunsch der Bevölkerung nach mehr Stadtgrün und Erholungsraum. Mit der Variabilität der Nutzungsaspekte gehen eine Reihe an problematischen Begleiterscheinungen einher: Lärm, Verschmutzung von Luft und Boden oder Vandalismus. Es ist eine Gratwanderung, dem Anspruch verschiedener Nutzergruppen an einem Platz gerecht zu werden, denn gleichwohl sind mit dem öffentlichen Raum keine Besitzansprüche verbunden. Besonders schwierig erscheint dieser Aushandlungsprozess bei Betrachtung der am öffentlichen Raum im äußersten Fall interessierten bzw. beteiligten Akteure: Stadtplanungsamt, Bauordnungsamt, Ordnungsamt, Verkehrsamt, Tiefbauamt, Institutionen der Wirtschaftsförderung, Kulturamt, Stadtmarketing, Stadtwerke, Polizei, Einzelhandelsverband, Gewerkschaften, EigentümerInnen, MieterInnen und PächterInnen, KonsumentInnen, Bürgerinitiativen sowie ArchitektInnen und einige mehr (DIETRICH & KENGYEL 2016, GEHL & SVARRE 2016, GROSCH & PETROW 2016). Auch weitere Probleme wie Übernutzung oder Entleerung und Funktionsverlust können Folge von Nutzungskonflikten oder zeitlicher Entwicklung sein. Veränderung von Eigentumsverhältnissen, Nutzungsintensivierung, Modernisierung oder Vernachlässigung können dabei gleichzeitig (in verschiedenen Räumen) auftreten. Plätze unterliegen dahingehend auch dem ständigen Wandel und einer fortwährenden Anpassung. Bestenfalls jedoch stellen Plätze den Spiegel der Gesellschaft dar, ein Mosaik aus Bedürfnissen, Gruppierungen und sozialen Schichten (DIETRICH & KENGYEL 2016, GEHL & SVARRE 2016, GROSCH & PETROW 2016).

Für die Standortattraktivität wird auch der Lebensqualität eine wichtige Rolle zugeschrieben, die gleichermaßen für das „Funktionieren“ eines Platzes herangezogen werden kann. Die subjektive Lebensqualität gibt dabei den Grad des Wohlbefindens einer Person oder Personengruppe an. Dazu zählen Faktoren wie Zufriedenheit und emotionales Wohlbefinden eines Individuums, aber auch äußere Indikatoren wie die Umwelt oder das wirtschaftliche und gesellschaftliche Umfeld. Für Architekt und Stadtplaner Dietrich Wilhelm Dreyse müssen für den Erfolg und die Attraktivität eines urbanen Platzes fünf Kriterien erfüllt sein: Plätze brauchen eine Grenze, einen baulichen Rahmen; umliegende Gebäude müssen eine dynamische Erdgeschosszone haben, die sich dem Platz öffnet; angrenzende Wohngebäude sollten mit der Fensterfront und nicht der Rückfassade an den Platz anschließen; der Platz sollte uneingeschränkt öffentlich sein und sich durch ein bestimmtes Merkmal wie ein Kunstobjekt, ein Brunnen oder hervorstechende Pflanzgestaltung hervorheben (FR 2012, VHW 2017).

7.3.2 Geschichtliche Entwicklung des Platzes als Teil der Stadt

In der griechischen Antike stellte die „Agora“ den wichtigsten Versammlungsort dar. Sie wurde genutzt für Handel, Festivitäten sowie politische Entscheidungsfindungen. Die Entwicklung der Plätze erfolgte dabei eher zufällig und unregelmäßig. Sie unterlag aber dennoch einem gewissen Schema in dem Tempel und Altäre und ein unbefestigter Untergrund typische Elemente darstellen (FAHLE 2015, KRAUSE 2004).

Charakteristisches Merkmal einer Stadt der römischen Antike war das „Forum“. Dieses entwickelte sich aus der Agora heraus und etablierte sich als politisches, juristisches, ökonomisches und religiöses Zentrum einer Stadt. Zum ersten Mal entstanden mit dem Forum zentrale geplante Plätze an der Kreuzung der wichtigsten Hauptstraßen. Der römische monumentale Platz unterscheidet sich in weiteren Merkmalen von der griechischen Agora: Der Platz wird nun befestigt und Skulpturen, Hallen sowie Versammlungsorte zierten das Bild des öffentlichen Raums (FAHLE 2015, FISCHER 2011, HEINEBERG 2017, KRAUSE 2004).

Im Mittelalter schließlich fand eine Aufteilung in verschiedene nutzungsgebundene Einzelplätze statt. Es entstanden Marktplätze, Ringplätze mit Kirchen in ihrem Zentrum oder Dreiecksplätze. Auch dienten Plätzen, als geplante Elemente der Infrastruktur der Städte, nun zur Übersichtlichkeit in den Straßenzügen (FAHLE 2015, KRAUSE 2004).

Zur Zeit des Absolutismus differenzierten sich die Platztypen weiter aus. Lustplätze, Paradeplätze oder Prachtplätze prägten das Stadtbild. Diese sind mit monumentalen Bauten zur Demonstration von Macht und Reichtum ausgestattet. In dieser Zeit beginnen auch die Verkehrsberuhigung von Plätzen und eine zunehmende Verlagerung des Handels und der Produktion von den Plätzen in umliegende Geschäfte und Kaufhallen (FAHLE 2015, KRAUSE 2004).

Ab der Revolution 1848 wird die öffentliche Meinungskundgebung und politische Aktivität auf öffentlichen Plätzen zunehmend unerbeten. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entstanden immer mehr Stadtgrünplätze, die der Erholung dienen. Denkmäler, Grünelemente und Brunnen zieren diesen Platztypus. Sie werden häufig als Freizeistätten in Wohngebieten integriert (FAHLE 2015, KRAUSE 2004).

Während zur Zeit des Nationalsozialismus der Paradeplatz zur öffentlichen Kundgebung wiederentdeckt wird, setzt ab den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts die Entwicklung zum heutigen Verständnis des öffentlichen Platzes ein. Verkehrsberuhigung, ökologische Aufwertung und die Schaffung von Erholungsräumen in der Stadt sind bis heute Ziele der Freiraumgestaltung im Sinne des „Ökologischen Stadtbbaus“ (KRAUSE 2004).

7.3.3 Differenzierung unterschiedlicher Platztypen

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Platztypen erscheint eine Kategorisierung und idealtypische Differenzierung, die empirisch nicht immer eindeutig zuzuweisen ist, dennoch als analytisch sinnvoll. Die grundlegende Unterscheidung von Platztypen kann einerseits hinsichtlich ihrer Morphologie oder andererseits gemäß ihrer Nutzung erfolgen. Nach morphologischen Gesichtspunkten unterscheidet man Plätze in erster Linie anhand ihrer geometrischen Grundform und Proportion, also deren Rahmen und der sich daraus ergebenden Form. Als Grundelemente dienen Quadrate (Rasterplatz), Rechtecke (Tiefen-/Breitenplatz), Trapeze, Kreise (Sternplatz), Dreiecke (Gelenkplatz) oder Ellipsen sowie Mischformen daraus. Davon ausgehend beschreibt AMINDES Klassifizierung (1994) zehn unterschiedliche Platztypen hinsichtlich ihrer Raumwirkung und stellt damit eine der wichtigsten Kategorisierungsgrundlagen hinsichtlich der Morphologie dar (Abbildung 76). Er entwickelt dabei die von ZUCKER (1959) beschriebenen fünf Platztypen weiter. Der laut ZUCKER vollkommenste Platz ist der geschlossene Platz, wobei BOUDON beschreibt, dass „[w]enn der Innenraum von sechs Flächen, das heißt, Boden, Decke und die vier Wände eingegrenzt wird, so bedeutet das nicht, daß ein Raum, der nur von fünf Flächen eingefasst wird, sei es ein Hof, sei es ein Platz, nicht auch ein geschlossener Raum wäre“ (BOUDON 1991, 29).

Der „geschlossene Platz“ (Saalplatz) ist der Begrifflichkeit AMINDES folgend charakterisiert durch die ihn von allen Seiten umschließenden Platzwände. Straßeneinmündungen werden durch Torbögen verborgen. Beim „halboffenen Platz“ (Taschenplatz) fehlt die vierte umschließende Wandbegrenzung. Oftmals entsteht er als taschenartige seitliche Ausweitung einer vorbeiführenden Straße (Bsp. Anatomieplatz in Heidelberg, hier weitet sich die Hauptstraße auf, sodass die vierte den Platz umgebende Wand fehlt). Dem „offenen Platz“ (Gartenplatz) hingegen fehlt dem Namen nach die Randbebauung. Meist ist dieser umgeben von Straßen und gestaltet mit Grün-, Wasser- oder Steinflächen. Der „beherrschte Platz“ (Architekturplatz) wird von einer dominierenden Einzelarchitektur bestimmt und ist dem Zweck deren Präsentation unterstellt (Bsp. Marktplatz in Heidelberg, die Heiliggeistkirche stellt die beherrschende Einzelarchitektur dar). Der „bebaute Platz“ (Kernplatz) hingegen bietet

den Platzboden für meist zentriert angeordnete Architektur, die diesen charakterisiert. Heute oft zu Kreisverkehren umfunktioniert, dient der „zentrierte Platz“ (Sternplatz) der Verbindung von Straßenzügen und Sichtachsen und stellt markante Orientierungspunkte dar. Der Straßenplatz oder nach AMINDE „gestreckte Platz“ ergibt sich zumeist aus der räumlichen Erweiterung eines Verkehrsweges. Mehrere miteinander verbundene Plätze bilden den „gruppierten Platz“, der häufig einen zentralen, bedeutungsvollen Ort einer Stadt einnimmt. Der „skulpturale Platz“ wird dominiert durch geometrisch angeordnete, offen zueinander gestellte Baukörper. Ein „fragmentarischer Platz“ schließlich wird beschrieben durch eine offene Gruppierung von Baukörpern, Installationen und einzelarchitektonischen Versatzstücken (AMINDE 1994, CURDES 1993, KRAUSE 2004) (Abbildung 76).

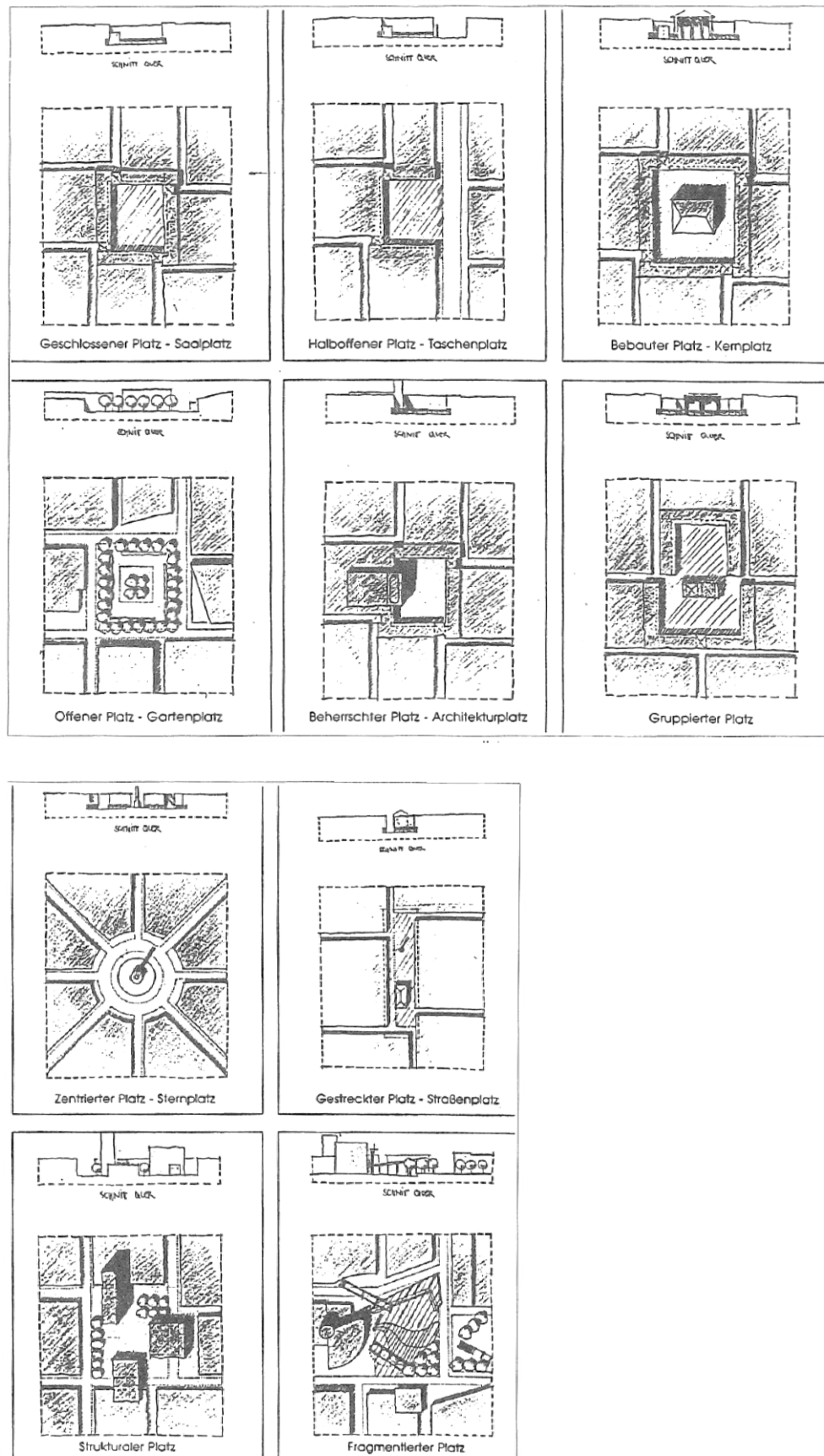


Abbildung 76: Platztypen und ihre Gestaltung nach AMINDE 1994 (CURDES 1993, 136).

Neben dieser Klassifizierung existieren noch einige weitere Einteilungen, die sich in der Platzgrundform und deren Abwandlungen „(Knickung, Segmentierung, Addition, Durchdringung und Verfremdung)“ (KRAUSE 2004, 19) begründen und dabei die Nutzung und Bedeutung außer Acht lassen. Diese Gliederungen beziehen sich jedoch vornehmlich auf planmäßig angelegte Plätze (AMINDE 1994, CURDES 1993, KRAUSE 2004).

Die Kategorisierung nach Nutzungsmerkmalen hingegen versucht eine Charakterisierung gemäß den Aktivitäten auf einem Platz. Hinsichtlich der häufigsten Nutzungsaspekte unterscheidet die Literatur zwischen Plätzen für politische Willensbildung, wirtschaftlichen Handel, religiöse Versammlung, gesellschaftliche/soziale Begegnung, Repräsentationszwecke oder militärische Demonstrationen (DENGLER 2007, KRAUSE 2004, WIDMER 1904). Bereits Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten SITTE (1889) und STÜBBEN (1890) die ersten Platztypisierungen nach deren Zweckbestimmung und teilten öffentliche Plätze darüber hinaus nach Format und Zugehörigkeit zu öffentlichen Gebäuden ein. SITTE beschreibt dabei anhand von fast 300 Fallbeispielen unter anderem den Breitenplatz, den Tiefenplatz, den Dreiecksplatz oder Platzgruppen, die miteinander – häufig über Eck – verbunden sind (Bsp. Domplatz, Schlossplatz, Festplatz oder Ruheplatz). Breitenplatz und Tiefenplatz unterscheiden sich dabei bezüglich ihrer Hauptorientierungsrichtung (Breit- bzw. Längsseite). STÜBBEN hingegen entwickelte Bezeichnungen wie den Nutzplatz, der durch eine dauerhafte Nutzung gekennzeichnet ist (Bsp. Viktualienmarkt in München), den Schmuckplatz, der durch eine geordnete und aufwändige Bepflanzung und künstlerische Gestaltung charakterisiert ist oder den Architekturplatz (KRAUSE 2004). REINER und WEBER (1991) schließlich differenzieren in einer von der Stadt München in Auftrag gegebenen Analyse die städtischen Freiräume nach deren prägenden Eigenschaften: Stadtplatz, Ankunftsort, schutzwürdiger Ort, Grünplatz und Verkehrsfläche. Bahnhofsplätze demonstrieren demnach sogenannte Ankunftsorte, während historische Plätze als schützenswürdige Orte eingestuft werden. Diese wie auch alle anderen Kategorisierungen weisen jedoch Unzulänglichkeiten auf und nicht jeder Platz kann einem der beschriebenen Idealtypen eindeutig zugeordnet werden. Häufig treten Mischformen sowohl bezüglich der Form als auch der hauptsächlichen Nutzung dieser auf. HAFNER (2005) fasst in seinen Ausführungen diesbezüglich zusammen: Ein funktionierender und attraktiver Platz ist gekennzeichnet durch hohe Komplexität angesichts einer Fülle an Angeboten und Möglichkeiten bei gleichzeitig höchstmöglicher Ordnung. Diese Definition schließt eine Vielzahl an Erfolgsfaktoren und Qualitätsmerkmalen ein: Identität und Geschichte, Verkehrsberuhigung oder -freiheit, Erreichbarkeit, Präsenz von Einzelhandel, kulturelle Einrichtungen und Kunstobjekte, Aneignungsqualität, Gestaltung inklusive Möblierung, Beleuchtung und Einrichtungen, Atmosphäre, Bepflanzung und Veranstaltungen sowie Integration öffentlicher Einrichtungen, um einige zu nennen (FAHLE 2015).

7.3.4 Die Rahmenbedingungen nachhaltiger Stadtplanung

Die Gesetzgebungskompetenz für das Städtebaurecht, das in Form des Baugesetzbuches (BauGB) rechtlich bindend ist obliegt dem Bund. Seit 1998 ist die nachhaltige Stadtplanung fester Bestandteil des kommunalen Planungsrechts und somit des BauGB (WALCHA 1999). Dabei spielen die EU-Umweltrichtlinien eine wesentliche Rolle, die für die Mitgliedsstaaten bindend sind. Durch das Europarechtsanpassungsgesetz (EAG Bau) wurden die Umweltrichtsicherungen in das nationale Planungs- und Baurecht integriert (DEUTSCHER BUNDESTAG 2004). In Deutschland haben nach dem Gesetz die Kommunen die Planungshoheit und sind verantwortlich für die nachhaltige Entwicklung der Gemeinden. Nachhaltige Stadtplanung geschieht also auf freiheitlicher und selbstverantwortlicher Basis der Akteure innerhalb einer Kommune. Zu diesen wesentlichen Beteiligten in der Stadtplanung gehören VertreterInnen aus der Politik, der Verwaltung (Stadtplanung), aus den privaten Haushalten, Bürgerinitiativen, Gewerkschaften, InvestorInnen sowie VertreterInnen aus Industrie, Gewerbe und Handwerk. Die Stadtplanung agiert bei der baulichen Gestaltung der Gemeindefläche dabei auf verschiedenen Planungsebenen. Die Bauleitplanung wird in zwei Komponenten gegliedert: Flächennutzungsplan (vorbereitender Bauleitplan), welcher sich auf das gesamte Stadtgebiet bezieht und Bebauungsplan (verbindlicher Bauleitplan), welcher sich in der Regel auf einen kleineren Teilbereich bezieht. Beide Planwerke unterscheiden sich neben der Verbindlichkeit zudem hinsichtlich ihrer Detailliertheit. So müssen je nach Handlungsziel verschiedene Planungsebenen berücksichtigt werden. Die Stadtplanung kann die Entwicklung zudem durch verschiedene Instrumente steuern. Relevant sind beispielsweise das BauGB oder das Erneuerbare Energien Gesetz.

Umwelthemen nehmen einen hohen Stellenwert in der Bauleitplanung ein. So wird im BauGB in § 1 Abs. 6 Nr. 7 die Anerkennung der „Belange des Umweltschutzes, des Naturschutzes und der Landschaftspflege, insbesondere die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt“ (BMJV 2017, 11) explizit genannt.

Während frühere Maßnahmen städtebaulicher Gestaltung mit der baulichen Verdichtung, der Erhöhung von Emissionen, Zerteilung von bestehenden Strukturen durch neue Verkehrswege, räumlicher Trennung der Daseinsgrundfunktionen mit einhergehendem erhöhtem privatem Verkehr, Verlust städtischer Identität, erhöhtem Flächenanspruch, einem Rückgang von Frei- und Grünflächen und der Zunahme von Lärmbeeinträchtigungen einhergingen, verfolgt eine ökologische Stadtentwicklung andere Ziele. Hierzu zählen BREUSTE, ENDLICHER & MEURER 2007, GAEBE 2004, HEINEBERG 2007 und HEINEBERG 2017 folgend:

- Optimierung des Energieeinsatzes und Energiekonsums (inkl. der Reduzierung von anthropogenen Luftbeimischungen wie Treibhausgasen oder Aerosole, Isolierung und Einsatz erneuerbarer Energien),
- nachhaltige(r) Umgang und Planung von Stoffflüssen und Lebensmedien,

- Differenzierung und kleinräumige Vernetzung (Nachverdichtung und Entsiegelung),
- Durchmischung der Daseinsgrundfunktionen („Stadt der kurzen Wege“),
- Bewahrung und Ausbau von Naturflächen und -elementen (Renaturierung),
- Minderung der Bodenbelastung (Verdichtung, Schadstoffeintrag, Belastung des Wasserhaushalts),
- Schaffung von Ausgleichsflächen und -faktoren für das Stadtklima (z. B. Ventilationsbahnen, Grün- und Wasserflächen),
- Lebensraum für Tiere und Pflanzen,
- Biotopverbundplanung durch Vernetzung urbaner Freiflächen sowie
- Verringerung des Verkehrsaufkommens (Transport, Individualverkehr) und Stärkung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV).

Das Bild einer nachhaltigen Stadtentwicklung war zunächst sehr abstrakt und begann sich Mitte der 1990er-Jahre klarer zu formen. Im nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Siedlungsentwicklung der Bundesregierung werden die Begriffe „Dichte, Mischung und Polyzentralität“ als Leitlinien für die zukünftige Raumentwicklung aufgelistet. Diese stellen die grundlegenden Ordnungsprinzipien einer nachhaltigen Stadtentwicklung dar und gelten als anerkannte Zukunftsstrategien (HEINEBERG 2013, UBA 2011). Demnach sollen kompakte und hochwertige bauliche Strukturen geschaffen werden, um die flächen- und ressourcenintensive Suburbanisierung einzudämmen. In diesem Kontext wird von einer Dichte im Städtebau gesprochen, die mithilfe verschiedener Maßnahmen, wie beispielsweise einer innerstädtischen Nachverdichtung, realisiert werden soll. Außerdem gilt es eine funktionale Mischung innerhalb der Stadtquartiere zu erreichen. Danach stellt die „Kompakte Stadt“ bzw. „Stadt der kurzen Wege“ ein partielles Leitbild der nachhaltigen Stadtentwicklung dar, die eine Durchmischung der verschiedenen Lebensbereiche Wohnen, Arbeiten, Sich-bilden, Einkaufen und Erholen anstrebt. Die Polyzentralität, gerade die dezentrale Konzentration, ermöglicht die Entschärfung des Siedlungsdrucks, da dieser auf ausgewählte Siedlungsschwerpunkte im Umland der Städte geleitet werden kann (HEINEBERG 2007, UBA 2011).

Hinsichtlich der ökologischen Bedeutung des öffentlichen Raumes nehmen Plätze eine besondere Rolle ein. Ihre von Luft und Licht erfüllte Fläche kann durch begünstigende Maßnahmen das Mikroklima von Städten positiv beeinflussen.

7.3.5 Bedeutung öffentlicher Räume

Im urbanen Raum, anders als teilweise noch in ländlichen Gebieten, hat jedes gebaute Element eine zugewiesene Funktion. So dienen Straßen, bzw. Fahrbahnen, dem Verkehr und immer weniger z. B. als Spielraum für Kinder. Freiräume und vor allem Plätze und Parks haben in der bebauten Stadt diesbezüglich ein Alleinstellungsmerkmal und folgen nicht diesem Schema. Dort findet man eine soziale Utopie, die man sonst kaum in anderen Räumen findet. Im öffentlichen Raum trifft man auf

eine diversifizierte Gleichzeitigkeit von Kulturen, Nutzungen, Generationen, des aktiv und passiv Seins (HARDT & SCHELLER 2010, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012, VHW 2017).

Auch auf andere Weise unterscheiden sich diese Freiräume von weiteren Elementen der Stadt. Sie sind dynamisch, sowohl im Jahreszeitenverlauf als auch in der Interaktion mit den NutzerInnen. Ergänzend sind sie Spiegel der Veränderung im eher statischen, steinernen Raum der Stadt und stellen ein Sinnbild des Bedürfnisses der Veränderung dar. Pflanzen nehmen hierbei eine entscheidende Rolle ein, denn sie sind zwar bei der Freiraumgestaltung geplantes Element, aber dennoch können sie nicht künstlich geschaffen werden. Im Rahmen der durch die Planung vorgegebenen Möglichkeiten entwickeln und erneuern sie sich dynamisch auf natürliche, ungesteuerte Weise und sind damit das einzige Element der Stadt mit dieser Charakteristik. Endstadien der Planungsphase können in nahezu keinem Fall durch Pflege vollständig erhalten werden (DIETRICH & KENGYEL 2016, GEHL & SVARRE 2016, HARDT & SCHELLER 2010, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012, UBA 2017, VHW 2017).

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts setzten sich WissenschaftlerInnen mit der Erforschung städtischen Lebens und der Wechselwirkung mit dem gebauten und geplanten öffentlichen Raum auseinander. Maßgeblich hierbei sind die Untersuchungen von SITTE (1889) und LE CORBUSIER (1923) zur urbanen Lebenswelt. Diese legten den Grundstein für diese Forschungsdisziplin. Eine detaillierte Beschreibung aus historischer Perspektive findet sich beispielsweise bei GEHL & SVARRE (2016).

Die sich wandelnde Gesellschaft stellt auch neue Ansprüche an öffentliche Räume. Der Wandel des Verhaltens im und Nutzens des öffentlichen Raums von notwendigen, produktiven Tätigkeiten, die der Gestaltung weniger Beachtung schenken hin zu mehr optionalen, freiwilligen Aufenthaltstätigkeiten bemisst der Gestaltung deutlich mehr Bedeutung bei (GEHL & SVARRE 2016). Das Ziel der Gestaltung solcher Räume liegt in der sozialen, ökonomischen und ökologischen Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit. Öffentliche Freiräume sollten keine leeren Orte sein, sondern verschiedenste Funktionen erfüllen und Identitäten schaffen. Dabei haben Räume auch immer politische Relevanz und sind umkämpft von NutzerInnen, PlanerInnen und anderen AkteurInnen. Wichtig für die soziokulturelle Bedeutung solcher Flächen ist eine Identifikationskraft, die auch durch das richtige Verhältnis zwischen Gestaltung – also Ästhetik – und Funktion erreicht werden kann. Räume transportieren dabei ebenfalls Botschaften an ihre BesucherInnen, ausgedrückt durch eine Art „Geste der Gestaltung“ (Jane Jacobs). Gemeint sind damit die Ausstattung, der Komfort, das Mobiliar und deren Aussagekraft. Die gestalterischen Elemente können sowohl die Botschaft einer Einladung gleichermaßen wie der Ablehnung aussenden und beschreiben auf diese Weise auch die Haltung des Planers bzw. der Planerin oder Gestalters bzw. Gestalterin gegenüber der NutzerInnen. So drücken nicht funktionierende und von den NutzerInnen nicht angenommene Räume auch immer ein mangelndes Verständnis auf Planungsebene aus. Orte mit Bindekraft hingegen ermöglichen durch ihre Ästhetik und Gestaltung Lebendigkeit und Kommunikation und schaffen Aufenthaltsqualität. Dies wird immer

bedeutender im Hinblick auf mangelnde Flächenverfügbarkeit und der zunehmenden Versiegelung und Urbanisierung der Landschaft. Gründe für bestehende Urbanisierungstendenzen sind generelle Zuwanderungswellen, auch aus den ländlichen Gebieten und generelle Aspekte demographischer, siedlungsstruktureller, sozioökonomischer oder sozialpsychologischer Art. Diese Entwicklung führt in den urbanen Gebieten zu Zersiedelung und Landschaftsverbrauch, einem Verlust und Rückgang von Retentionsräumen und natürlichen Habitaten und folglich zu steigenden räumlichen, ökologischen und sozialen Belastungen. Diese rufen wiederum hohe Kosten und urbane Anpassungsbedarfe hervor. Es besteht eine Art ethische Verantwortung, solche Freiräume nicht zu verschenken und einen gemeinschaftlichen Diskurs mit der Bevölkerung zu initiieren. Werden Freiraumbedürfnisse analysiert und Angebote eröffnet für Bottom-up Projekte aus der Bevölkerung, können neue Qualitäten geschaffen werden, die auf Planungsebene durch gültige Leitbilder beispielsweise nicht im Vordergrund stehen (PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012). Orte werden so auch adaptiert für andere als die ursprünglich geplante Nutzung und orientieren sich dabei an den Bedürfnissen der verschiedenen NutzerInnengruppen. Beispiele für solche Projekte, die durch die Bürgerschaft initiiert wurden und diese involvieren, sind das Tempelhofer Feld auf dem ehemaligen Flughafengelände Tempelhof in Berlin oder die High Line in New York. Letztere entstand aus bürgerschaftlichem Engagement für einen zentralen Park und entfaltete eine Kraft, die sogar auf dem Immobilienmarkt wirksam wurde (ECKARDT 2012, HARDT & SCHELLER 2010, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012) (Abbildung 77). Solche Aneignungsprozesse in Verbindung mit dem Wunsch nach grüner Infrastruktur spiegelt auch die Green Guerilla Bewegung der Community Gardens in New York wider (Guerilla Gardening oder Urban Gardening) (REIF 2018). Ein weiteres Beispiel stellt der Park am Gleisdreieck in Berlin dar (Abbildung 77). Dieser ist das Ergebnis eines partizipativen Prozesses, der auf multidimensionalen Ebenen ein Streben nach Vielfalt – an Flächen, Angeboten, Nutzungen und Akteursgruppen – ausdrückt. Gestaltung kann hier beitragen zu „gesellschaftlicher Integration, sozialer Stabilität und einem vitalen öffentlichen Leben“ (GROSCH & PETROW 2016, o. S.). Auch wurde dort das Bild der Industrienatur – der Natur 4. Art – ausgearbeitet, also der Integration von Aneignungs- und Zurückeroberungsprozessen der Natur auf ehemaligen, brachliegenden Industrieflächen in die Gestaltung. Solche Standorte, die von ihrer industriellen Vergangenheit und Identität geprägt sind, spielen als interagierende ökologische, soziale und ökonomische Systeme außerdem eine wichtige Rolle für die Biodiversität der Städte. Der Emscher Landschaftspark im nördlichen Ruhrgebiet bei Dortmund, der im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) Emscher Park entstand, ist ein weiteres Beispiel des Strukturwandels ehemaliger Industriestandorte und vernetzt heute vielzählige Freiräume, Industriekultur-Zentren und Landschaftsprojekte. Dort wird auf einer Fläche von etwa 450 km² das Verhältnis von Stadt und Landschaft im Kontext der historischen Nutzung und Bedeutung des Raumes sichtbar (ECKARDT 2012, GROSCH & PETROW 2016, HARDT & SCHELLER 2010, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012, VHW 2017).



Abbildung 77: Abschnitt der HighLine in New York (links) (Quelle: www.telegraph.co.uk am 04.10.2018) und der Park am Gleisdreieck in Berlin (rechts) (Quelle: www.ifb-berlin.de am 04.10.2018).

Während sich Architekten auf den Gebäudemaßstab konzentrieren, agieren Stadtplaner in größerem Maßstab. Die Gestaltung öffentlicher Freiräume liegt zwischen diesen beiden Disziplinen und schließt an viele weitere Themen und Fachdisziplinen wie der Stadtsoziologie an. Vor diesem Hintergrund untersuchte der Architekt und Stadtplaner Jan Gehl das Verhalten von Menschen im Freiraum und entwickelte auf Basis dieser Analyse eine Matrix aus zwölf Qualitätskriterien für eine gute Gestaltung öffentlicher Freiflächen. Eine modifizierte Version dieses Kriterienkatalogs mit einer möglichen Antwort auf die Frage, was einen erfolgreichen öffentlichen Raum ausmacht, findet sich bei DIETRICH & KENGYEL (2016) und in der Fachbroschüre des Umweltbundesamtes (UBA) (2017) (Abbildung 78). Die Matrix gliedert sich in drei Kernkriterien: Schutz – gegen Verkehr, Gewalt und störende Sinneseindrücke – zweitens Komfortvoraussetzungen, die Menschen veranlassen sich im öffentlichen Raum aufzuhalten sowie generelle Annehmlichkeiten – hier bezeichnet als „Beglückendes“ –, die einen Freiraum grundsätzlich ausmachen. Dabei bleiben jedoch der subjektive Eindruck und die persönliche Empfindung bezüglich der genannten Kriterien immer individuell. Diese können demzufolge nicht uneingeschränkt in jedem Fall gelten. Dementsprechend können positive Errungenschaften, also der Erfolg und die positive Annahme eines öffentlichen Raums beispielsweise durch den Anlauf großer Menschenmengen andere Erfolgskriterien negativ beeinflussen. Gleichmaßen kann eine positive Wahrnehmung aber auch eine negative Perspektive dominieren. So können negative Aspekte bestimmter Standorte wie Flughäfen, Bahnhöfe und Industrieanlagen durch Designs mit optimierten topographischen Eigenschaften ausgeglichen und attraktiv werden, wenn negative Aspekte wie Lärm und Geruch aufgrund größerer Distanz nicht mehr wahrgenommen werden. Ein Beispiel stellt der Park Fiction in Hamburg dar, der schon von weitem den vielseitigen Blick auf den Hamburger Hafen eröffnet. Sein ebenes topographisches Design und die Anordnung seiner Gestaltungselemente erlauben die Möglichkeit, von höher gelegenen Standorten zu beobachten und sich gleichermaßen in den unteren Ebenen geschützt zu fühlen vor Umwelteinflüssen wie Wind und Sonne oder dem Blick anderer Personen (DIETRICH & KENGYEL 2016, GEHL 1971, GEHL 2012, GEHL & SVARRE 2013, GEHL 2015, UBA 2017, VHW 2017).

Überdies sind die aufgeführten Qualitätskriterien Abbild einer entwickelten, westlich orientierten Kultur. Um sie auf andere Kulturen anwenden zu können, sind vor allem in Bezug auf die Merkmale Kommunikation, Sicherheitsbedürfnisse und Genuss Anpassungen notwendig. So besteht beispielsweise in vielen asiatischen Städten keine klare Abgrenzung von Verkehrszonen und anderen Aufenthaltsbereichen. Dennoch kann auch hier auf dem Prinzip der bilateralen Achtung eine sichere Atmosphäre geschaffen werden. Die Untersuchung von DIETRICH & KENGYEL (2016) zeigt, dass eine Konzentration auf Gestaltungsregeln nicht ausreicht, um erfolgreiche öffentliche Räume zu schaffen. Aspekte wie das Vorhandensein von Sanitäranlagen, Sprachverständlichkeit oder das Bedürfnis nach Sicherheit sind weitere Grundvoraussetzungen, die erfüllt sein müssen und den Erfolg eines Freiraums begünstigen (DIETRICH & KENGYEL 2016, GEHL 1987, GEHL 2012, GEHL & SVARRE 2013, GEHL 2015, UBA 2017, VHW 2017).



Abbildung 78: Qualitätskriterien für funktionierende öffentliche Räume nach Jan Gehl (UBA 2017, 7).

Öffentliche Räume sind darüber hinaus stets Orte der Begegnung und Abbild gesellschaftlicher Diversität. Auch das „Anders sein“ wird hier präsent. Freiräume haben diesbezüglich zudem einen sozialen Auftrag, in dem Beteiligungsprozesse eine Bereicherung darstellen können um emotionale Bindungen, Geist und Natur zusammenzuführen. Die Multifunktionalität beschreibt dabei das mög-

lich machen durch Gestaltung zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, für verschiedene Gesellschaftsgruppen, Vorlieben, Milieus und die gesellschaftliche Verantwortung von Städten im Allgemeinen (ECKARDT 2012, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012, HARDT & SCHELLER 2010). Diese Multifunktionalität erreicht aber auch Grenzen, vor allem wenn Vegetation eine Rolle spielt.

Nach einer Studie von „das Örtliche“ und „Kantar Emnid“ (2011) geben 87 % der Befragten an, dass Parks und Grünflächen wichtiger Bestandteil des persönlichen idealen Wohnumfelds sind. Grüne Freiräume sind damit in der gebauten Stadt der wichtigste Aspekt der Wohnqualität (EXPORO 2017). Gleichwohl sind diese in Großstädten für manche Randgruppen die einzige Naturerfahrung. Eine Studie zur Wahrnehmung von Natur- und Grünräumen und deren Auswirkung auf die Lebensqualität im Stadtgebiet von Zürich aus dem Jahr 2003 untermauert diese Annahme. Der Begriff der Lebensqualität ist jedoch kein einheitlich verwendetes Konstrukt, da bei deren Ermittlung vielfältige Elemente Einfluss nehmen, welche häufig wenig reflektiert sind. Die Wahrnehmung dessen, was ein Individuum für die persönliche Lebensqualität bedarf ist divers und veränderlich (z. B. körperliche und geistige Gesundheit, Geborgenheit durch das soziale Umfeld u. v. m.). Die Relevanz von Natur- und Grünräumen wird erst wirklich deutlich, wenn diese Elemente ihrer Bedeutung in Bezug auf Lebensqualität bewertet werden müssen. Sie werden in diesem Zusammenhang meist mit Erholung verknüpft und haben einen „Selbstverständlichkeits-Effekt“ (WILD-ECK 2003). Beim Verständnis von Freiraum spielen unter anderem aber auch Nutzungseinschränkungen der Räume eine Rolle; diese können subjektiv wie auch objektiv bedingt sein. Subjektive Einschränkungen sind individuell und zumeist mit negativen Erfahrungen oder Bildern verknüpft, während objektive Einschränkungen durch topographische Unzugänglichkeit oder Privatbesitz und Zutrittsverbote definiert sein können; dennoch können solche Grünflächen alleinig durch deren Existenz als positiv wahrgenommen werden (WILD-ECK 2003).

7.4 Methode der Befragung

Zur Ermittlung des Klimawandelempfindens und der Wahrnehmung bzw. Vorstellung öffentlicher Räume in Heidelberg dient ein hinsichtlich der Fragestellung selbst entwickelter Fragebogen. Nach ATTESLANDER (2010) ist die Erhebung mittels Fragebogen „die wohl bekannteste Form der Befragung, die auch heute noch die gebräuchlichste sein dürfte“ (ATTESLANDER 2010, 143). Um für alle ProbandInnen eine möglichst identische Interviewsituation zu schaffen, wurde zu diesem Zweck ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Die Umfrage wurde als face-to-face-Befragung an mehreren Sommertagen im Jahr 2017 im Rahmen einer Lehrveranstaltung durchgeführt. Um eine möglichst repräsentative Datengesamtheit zu erhalten, unterschieden sich sowohl die Wochentage, die Tageszeit als auch die Standorte der Erhebung. Die Verteilung entspricht demnach einer Zufallsauswahl. Die Stichprobe verteilt sich wie folgt auf die erhobenen Standorte: Schwetzingen Terrasse 28, Universitätsplatz 41 und Bismarckplatz 22 Fragebögen. Gemäß einer möglichst heterogenen Stichprobe, wa-

ren die Befragenden angehalten auf eine gleichmäßige Verteilung der Geschlechter und Altersgruppen der Teilnehmenden zu achten. Die Befragung wurde mündlich und persönlich durchgeführt. Diese Form der Befragung hat den Vorteil, dass Unklarheiten oder Missverständnisse direkt und vor Ort geklärt werden können. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, möglichst reliable Daten zur späteren Quantifizierung zu erhalten.

Die standardisierter Form des Fragebogens, ohne viele offene Fragen, gehört zu den quantitativen Erhebungsmethoden, kommt jedoch nicht einer Massenerhebung gleich. Die Fragebogenerhebung an sich entspricht einem Verfahren der quantitativen Sozialforschung. Hingegen ist die Auswertung der offenen Fragen und die daraus entstehenden Daten qualitativ ausgerichtet und an dem Verfahren der Inhaltsanalyse orientiert, das mittels Kodierung und Zählung erfolgt. Diese Vorgehensweise ist hierbei induktiv, denn die Codes werden anhand von zentralen Themen oder Konzepten in den zu Grunde liegenden Texten bzw. Protokollen und Aussagen festgelegt. Repräsentativität im statistischen Sinn ist nicht zu erreichen, da nur punktuelle Einzelfälle erfasst werden (ATTESLANDER 2010, PILSHOFER 2001, PORST 2014).

Die Operationalisierung und konzeptionelle Fundierung des Fragebogens basiert auf einer themenbezogenen Mind Map zur Strukturierung der Merkmale und Variablen im Vorlauf der eigentlichen Fragebogenkonzeption. Darüber hinaus erfolgte eine zielgerechte Literaturrecherche zur Identifizierung relevanter Studien, Theorien und geeigneten Skalen. Für die Erhebung wurde ein Pre-Test des Fragebogens über eine Onlineanwendung getestet und fachlich in unterschiedlichen Settings diskutiert (z. B. im Rahmen des Workshops Interdisziplinarität während der HSE Summer School 2017). Anschließend und aufbauend auf den online durchgeführten Pre-Test erfolgte die Modifizierung und Finalisierung der Fragebogenmodule. Parallel wurde für die Durchführung innerhalb einer Lehrveranstaltung ein Leitfaden für die Fragebogenerhebung entwickelt. Von Seiten des Umweltamtes stand zudem ein an die Teilnehmenden gerichtetes Unterstützungsschreiben mit Motivationsaspekten für die Teilnahme zur Verfügung.

Der Fragebogen beinhaltet sowohl offene als auch geschlossene Fragen und wurde nach dem Leitfaden von PILSHOFER (2001) konzipiert. Im ersten Teil des Fragebogens (Frage 2-6) wird auf die spezielle Wahrnehmung des Platzes eingegangen, an dem die Umfrage durchgeführt wurde. Bezugnehmend auf den jeweiligen Standort werden folgende Daten erfasst: Die Nutzungsweise, die Attraktivität, die positiven und negativen Eigenschaften, ebenso wie die Einschätzung bzw. Wahrnehmung von Wetter- und Witterungsbedingungen, die an diesem Platz vorherrschen. Im zweiten Abschnitt (Frage 7-9, 13) werden Fragen zur Veränderung des allgemeinen Stadtklimas und zur Wichtigkeit des Umweltschutzes gestellt. Der dritte Teil (Frage 10-12) befasst sich mit Faktoren, die die Attraktivität und Aufenthaltsqualität eines Platzes steigern können. Der Fragebogen schließt mit der Erhebung soziodemographischer Angaben zu der befragten Person (Fragebogen siehe Anhang).

Die gängige wissenschaftliche Praxis schlägt für Antwortkategorien in geschlossenen Fragestellungen fünfstufige Likert-Skalen vor, welche von (1) trifft voll zu bis (5) trifft gar nicht zu reichen. Daran orientiert wurde auch der hier verwendete Fragebogen erstellt. Eine ungerade Zahl an Auswahlmöglichkeiten ermöglicht es den Interviewten neutral zu antworten und lenkt die Ergebnisse weder in eine negative noch in eine positive Richtung. Die neutrale Antwortmöglichkeit wurde jeweils separat mit der Ausprägung „weiß nicht“ aufgeführt (PILSHOFER 2001, PORST 2014, SIMON 2016).

Die Daten aus den Fragebögen wurden schließlich in einen Datensatz eingepflegt und mittels IBM SPSS Statistics ausgewertet. Die Auswertung der Daten erfolgte anhand deskriptiver Statistik.

Aufgrund der geringen Fallzahl von 91 beschränkt sich die Ergebnisdarstellung vor allem auf bivariate Zusammenhänge zwischen den Variablen. Die Zusammenhänge sind hierdurch anhand von Plausibilität und Theorie zu erklären und lassen keine Aussagen über Kausalitäten zu (HORNSTEINER 2012). Die Ergebnisse müssen vorsichtig interpretiert werden und können lediglich als Anhaltspunkt dienen, da nur multivariate Verfahren Aussagen darüber zulassen, wie sich die Zusammenhänge unter Berücksichtigung weiterer Variablen verändern oder gegebenenfalls ganz verschwinden. Im Hinblick auf Beantwortung der Fragestellung wurde die Auswertung bivariater Zusammenhänge als ausreichend differenziert angesehen. Die Daten geben Belange und Einschätzungen der TeilnehmerInnen wieder und zeigen Parallelen sowie Anknüpfungspunkte zu den weiteren Erhebungsmethoden auf (Kapitel 8).

Um persönliche Eindrücke von der Wahrnehmung des Mikroklimas und der Attraktivität des untersuchten Geländes zu erhalten, eignet sich die Durchführung einer standardisierten Befragung. Ergänzt wurde die Fragebogenerhebung durch die Methode der Mental Maps. Diese Erhebung fand im Rahmen einer weiteren assoziierten Lehrveranstaltung im Sommersemester 2018 im Stadtgebiet Heidelbergs statt und ermöglichte den TeilnehmerInnen eine offenere Darstellungsweise hinsichtlich der Fragestellung als es die normierte Form des Fragebogens zulässt. Eine ausführliche Beschreibung der Grundlagen und Herangehensweise der Methode ist im folgenden Kapitel 7.5 dargestellt. Daran anschließend folgt die Präsentation der Ergebnisse beider Erhebungsmethoden.

7.5 Grundlagen und Methode der Mental Maps-Forschung

Der erste Eindruck eines Ortes wird bestimmt durch das Zusammentreffen von Wetter, Topografie, Gestaltung (REIF 2017) und der An- oder Abwesenheit anderer Menschen oder Lebewesen. Menschen versuchen bereits seit Jahrhunderten diese Orte und Eindrücke „mitzunehmen“, das Gedächtnis wird dabei weniger als Medium wahrgenommen, vielmehr dienen Zeichnungen und Fotos der Dokumentation dieser Impressionen. Während TouristInnen aufgrund der kurzen Aufenthaltsdauer an einem Ort dazu geneigt sind ihre Eindrücke fotografisch festzuhalten, sind sie bei regelmäßigen BesucherInnen fest im Gedächtnis – mit den persönlichen Assoziationen – verankert. Die optische Charakteristik eines Ortes prägt sich in das Gedächtnis ein, durch längeren Aufenthalt, Auseinander-

setzen mit dem Ort und dem Austausch von Erfahrungswissen setzt sich ein differenzierteres Bild zusammen (REIF 2017). Auf diese Abbilder greift die Mental Maps-Forschung zurück.

Um das Konzept und die Entstehung von Mental Maps bzw. kognitiver Karten zu verstehen wird zunächst eine Definition des Begriffs der Wahrnehmung aus der Psychologie herangezogen. Demnach wird „Wahrnehmung im Allgemeinen als der Vorgang definiert, Reize aufzunehmen und zu verarbeiten. Diese können äußeren Einflüssen aus der Umwelt unterliegen oder auch vom Körper selbst kommen. Der jeweilige Gesamteindruck entsteht durch die Zusammenführung verschiedener Reize und deren Interpretation. Da die Verarbeitung der Reize sowie die hieraus resultierende Informationsgewinnung einer strengen Filterung unterliegen und basierend auf dem jeweiligen Wissensstand und Erfahrungsschatz erfolgen, ist jede Wahrnehmung subjektiv. Für die betreffende Person entsteht allerdings oftmals der Eindruck von Objektivität, weil die Reizverarbeitung üblicherweise unbewusst und somit unbemerkt stattfindet“ (FERNSTUDIUM PSYCHOLOGIE 2018, o. S.).

Durch den Prozess der Wahrnehmung, der die Eindrücke der Sinnessysteme aufnimmt, organisiert und bewertet entsteht ein komplexes Abbild, eine Repräsentation der Realität (GOULD & WHITE 1986). Die kognitiven Prozesse des Gehirns sind dabei keineswegs so optimiert, dass eine möglichst objektive Beurteilung der Welt kreiert wird, es handelt sich vielmehr um eine selektive Wahrnehmung bzw. Aufmerksamkeit. Wahrnehmung stellt sich aus dieser Perspektive als [...] „hochaktiver, hypothese-gesteuerter Interpretationsprozess dar“ (SCHENK 2002, 493), welcher die Sinnessignale auf individuelle Art und Weise ordnet.

Realität bezeichnet das tatsächliche Sein der Umwelt, nicht das Abbild von Raum, welches sich subjektiv durch die Wahrnehmung bei jedem Individuum einprägt und Merkmale außer Acht lassen kann. Hierauf bezieht sich der relative Raumbegriff, der Elemente der Kommunikation zwischen Individuen und deren Handlungen im Raum miteinschließt. Ähnliches gilt für den Begriff der Umwelt im geographischen Kontext. Neben der physischen Umwelt im klassischen Sinne nimmt die Geographie auch Bezug auf die vom Menschen gestaltete und die soziale Umwelt (GOULD & WHITE 1986).

In der Kartographie bezeichnet Raum den Georaum und somit die Abbildung der Erde nach euklidischen Bedingungen. Im Folgenden wird Raum im Sinne der Definition für Wahrnehmung verwendet, wobei ebenso relationale Beziehungen im Raum bedeutsam sind. Nicht nur Wahrnehmung, sondern auch die Bedeutungszumessung bestimmter, mit Wahrnehmung verknüpfter, Elemente, wie beispielsweise die Bewertung der Lebensqualität spielt dabei eine Rolle. Neben Wahrnehmung und Realität nimmt mitunter auch die Identität Einfluss in der Mental Maps-Forschung. Kognitive Karten enthalten nicht nur ein Vorstellungsbild der realen Umwelt, sondern ebenso Elemente aus der sozialen Umwelt, wie Subjekte im Raum, soziale Gruppen, Ereignisse im Raum sowie deren Bewertung (ZIERVOGEL 2011). Es stellt sich die Frage, inwiefern persönliche Raumvorstellungen auch durch

kulturell und sozial vermittelte (Welt-)Bilder beeinflusst werden und wie diese Repräsentationen sich wiederum auf Prozesse der kulturellen Identitätsbildung auswirken. Faktoren, die Einfluss nehmen auf die individuelle Identität können sozioökonomischer, kultureller, religiöser und weiterer sozial-differenzierender Art (Geschlecht, Alter u. v. m.) sein. Mit Identität ist demnach gemeint, inwiefern ein Individuum sich beispielsweise einer kulturellen oder sozialen Gemeinschaft zugehörig fühlt und sich mit deren Werten, beziehungsweise der Repräsentation des Raums identifizieren kann (SCHENK 2005).

Mental Maps unterliegen dementsprechend einer vorhergehenden Interpretation der ZeichnerInnen und müssen unter diesen Gesichtspunkten ausgewertet werden.

Die Kartographie ermöglicht durch ihre fokussierte Darstellung auf bestimmte Aspekte der Welt oder Ausschnitte derer die Darstellung von Wissen, begrenzt dieses aber durch eben diese Fokussierung zugleich (HARLEY 1988, HARLEY 1989). John B. Harley als ein Vertreter der kritischen Kartographie beschreibt Karten als Produkte einer subjektiven und begrenzten Perspektive der KartenauteurIn. Damit gehen Bedeutungszuschreibungen einher, die jeder Mensch auf Objekte der persönlichen Umgebung individuell überträgt. Für die Wahrnehmung spielt insbesondere der Sehsinn eine zentrale Rolle. Dennoch ist Wahrnehmung grundsätzlich individuell und selektiv: Nur bestimmte Elemente, Personen, Räume und Stimmungen werden wahrgenommen und in das Gefüge des persönlichen sozialen Raums integriert (LEFEBVRE 1991). Diese selektive Auswahl geschieht meist unterbewusst und ist abhängig von sozialen Faktoren wie der eigenen Rolle. Darüber hinaus beeinflussen individuelle Bedürfnisse die subjektive Wahrnehmung (SCHENK 2005, HARLEY 1988, HARLEY 1989, WINTZER 2018, ZIERVOGEL 2011).

7.5.1 Perzeptionsforschung – Geographischer Bezug zu Wahrnehmung

Die Perzeptionsforschung setzt sich mit der subjektiven Wahrnehmung der Individuen auseinander. Während sich die reale Umwelt auf ein angenommenes materialistisches Raumkonstrukt bezieht, das von einem bestehenden Ordnungssystem im Raum ausgeht, beruft sich der relative Raumbegriff auf ein konstruktivistisches Ordnungssystem, das Elemente der Kommunikation zwischen Individuen und deren Handlungen im Raum einschließt. Die sogenannte reale Umwelt lässt sich folglich durch „absolute“ Raumbegriffe geophysisch, topographisch u. v. m. beschreiben und steht damit der relativen Umwelt in kognitiven Karten gegenüber. Die relative Umwelt bzw. der relative Raum wird durch die soziale, affektive, motivationale und einige weitere Dimensionen erweitert und erhält hierdurch eine dynamische und multidimensionale Komponente. Jeder Mensch entwickelt somit subjektive Vorstellungsbilder der Wirklichkeit. Darunter fallen nicht nur der städtische Raum, sondern ebenso dessen Strukturen und Probleme. Das raumrelevante Verhalten von Personen bezüglich deren Daseinsfunktionen wird dadurch abhängig von den wahrgenommenen Abbildern der Realität. Das wahrgenommene Abbild der Umwelt wird nicht nur durch tägliche indirekte oder direkte Kontakt-räume eines Individuums erlangt, sondern vor allem durch persönliche Bewertungen, Bedürfnisse

und Motivationen und variiert mit Alter, sozialer Stellung oder Gruppenzugehörigkeit (HEINEBERG 2006).

Eine der ersten Auseinandersetzungen mit der Perzeptionsforschung geht auf Charles Trowbridge zurück. Er spricht bereits 1913 von „informal, imaginary maps“, die sich „in their heads“ befanden (GOULD & WHITE 1974). Bei einigen ProbandInnen der Studie von 1913 waren die imaginären Karten ausgehend von einem Zentrum, beispielsweise dem jeweiligen Wohnort, strukturiert und erlaubten es den Personen, sich unweit ihres Zuhauses zurechtzufinden. In fremden Gegenden jedoch hatten sie enorme Orientierungsschwierigkeiten. Andere Personen orientierten sich anhand einer egozentrischen Sichtweise, ausgehend von ihrer eigenen aktuellen Position im Raum. Dies erlaubte ihnen eine unabhängigere, sicherere Navigation durch bekannte und unbekannte Gebiete (GOULD & WHITE 1974). In den 1950er Jahren war es schließlich Kevin Lynch, der die Perzeptionsforschung durch seine Arbeit „The Image of the City“ nachhaltig prägte und bis heute weitreichenden Einfluss auf das Forschungsfeld nimmt. LYNCH (1960) untersuchte die Lebenserfahrung von StadtbewohnerInnen in Los Angeles, Boston und Jersey, um anhand derer die Strukturen der Stadt zu analysieren. Dabei spricht er vom spezifischen Image einer jeden Stadt, welches das Resultat einer dichotomischen Relation zwischen BetrachterIn und dem Betrachteten darstellt. Die Stadt und ihre Struktur an sich begreift er als dynamischen „Vielzweckbau“ und als Gefüge unzähliger Funktionen (LYNCH 1960). Er ordnet aufbauend auf seine BewohnerInnenbefragungen das Stadtbild nach fünf Elementen: „Paths“, „Districts“, „Nodes“, „Landmarks“ und „Edges“. „Paths“ bezeichnen Wege, auf denen sich der Proband bzw. die Probandin gewöhnlich oder gelegentlich fortbewegt (Weg zur Arbeit, zu Freizeitaktivitäten etc.). Für einen Großteil der Stadtbevölkerung ist dies der direkteste Zugang, über den sich das individuelle Bild der Stadt definiert. Unter „Districts“ versteht LYNCH zweidimensionale Gebiete wie Stadtviertel, die von den Befragten wahrgenommen und identifiziert werden, die sie betreten und wieder verlassen. „Nodes“ sind Brennpunkte, die strategischen, zentralen, vielgenutzten Knotenpunkte einer Stadt, von denen aus sich die Stadt auffächert (beispielsweise Kreuzungen oder Straßenecken). „Landmarks“ markieren Merk- oder Wahrzeichen, die als Fixpunkte dienen. Oftmals sind Landmarks bereits aus einiger Entfernung zu erkennen, so gelten etwa Türme, Hügel oder Kuppeln als Radialmarken. Als „Edges“ werde Grenzlinien beziehungsweise Ränder bezeichnet, die als Grenzen zwischen zwei Gebieten wahrnehmbar sind und als mehr oder weniger überwindbare Barrieren fungieren (beispielsweise Baugebietsränder, Mauern, Eisenbahnstrecken oder Küsten) (LYNCH 1960). Nach LYNCH folgte eine Reihe weiterer Studien und Ausführungen, die sich mit der Wahrnehmung von Umwelt auseinandersetzten. Auch HULL und TOLMAN untersuchten das Erlernen von Umwelt. Beide vertreten augenscheinlich konträre Positionen. TOLMAN (1948) benutzte den Begriff der kognitiven Karten im Zusammenhang mit seiner Forschung an Ratten und deren Erlernen räumlicher Zusammenhänge. TOLMAN spricht weiter davon, dass alle beweglichen Lebewesen kognitive Karten entwerfen, die ihnen dabei helfen, Orte in ihrer Komplexität zu verstehen und es so ermöglichen, sich zurechtzufinden. Er geht davon aus, dass der Mensch (bzw. das Lebewesen) Orte erlernt. HULL

hingegen vertritt die Meinung, ein Organismus erlerne Reaktionen und nicht Orte. Eine Reihe von Reaktionen auf Dinge, die uns bei der Fortbewegung begegnen, führe uns schließlich an Orte (DOWNS & STEA 1982). Der Geograph DOWNS und der Psychologe STEA führen diese zunächst gegensätzlich scheinenden Perspektiven zusammen, indem sie postulieren, beide Aspekte seien beim Lernprozess (und damit dem kognitiven Kartieren) beteiligt. Andere Forscher wie ORLEANS (1973) und SAARINEN (1973) beschäftigten sich mit Wahrnehmungsmustern auf verschiedenen Skalenniveaus: (Teilräumen von) Städte(n) (mikroskalig), Großräume und Länder (mesoskalig) oder ganze Kontinente bzw. weltweit (makroskalig). ORLEANS untersuchte dabei das Bild der Menschen von Los Angeles in Abhängigkeit ihrer soziokulturellen Zugehörigkeit. Auch SAARINEN stellte unterschiedliche Wahrnehmungsbilder je nach ethnischer oder sozialer Zugehörigkeit fest. Die Verknüpfung der Perzeptionsforschung mit der Mental Maps-Methode erfolgte 1965 durch PETER GOULD, der die Bezeichnung Mental Maps als Synonym zu „Spatial Image“ prägte. Er befragte junge Bevölkerungsgruppen nach ihren Wanderungsbewegungen innerhalb der Stadt, um deren Raumpräferenzen festzustellen und zu begreifen. GOULD & WHITE erweiterten die Methode 1974 um die Komponente der Raumbewertung, die sie in Befragungen bezüglich des Lohnniveaus, der Freizeitaktivitäten und Zugänglichkeit etc. aber auch im Kontext des Gefahrenpotenzials ermittelten. Ein sehr plakatives Modell zur Perzeption der Umwelt lieferte SONNENFELD im Jahr 1969. Ihm zufolge reduziert der Mensch seine Umwelt in drei Stufen: „operational environment“ (Tätigkeitsraum), „perceptual environment“ (Wahrnehmungsraum) und „behavioral environment“ (Aktions- und Verhaltensraum). Dabei ist der Aktionsraum enger als der Wahrnehmungsraum, während auf beide der Tätigkeitsraum einwirkt. Aus der Beziehung der drei Räume untereinander resultieren die drei Elemente Interaktion, Perzeption und Prozess: Das individuelle räumliche Bild wirkt sich auf den jeweiligen Aktionsraum aus, der gleichermaßen wieder die Mental Map beeinflusst (LEIMGRUBER 1979).

Auch die in der Kriminalpolitik weit verbreitete Theorie der „Broken Windows“ nach WILSON & KELLING (1982) und der Ansatz der „Situational Crime Prevention“ nach CLARKE (1980er Jahre) basieren beispielsweise auf Ansichten zur Semiotik der Umwelt, die auf ihre BeobachterInnen einwirkt und bestimmte Assoziationen hervorruft, die wiederum zu spezifischen Handlungen führen (BELINA 2006). Im Falle der Broken Windows Theorie verweist der Titel in metaphorischer Art und Weise auf die zentrale Aussage: Nachbarschaften beziehungsweise Gemeinschaften zeigen beispielsweise durch das Unterlassen der Reparatur von zerstörten Fensterscheiben einen Mangel an informeller sozialer Kontrolle und der Sanktionierung eines von der Norm abweichenden Verhaltens. An solchen Orten werden demnach vermehrt Straftaten (in erster Linie Vandalismus) ausgeübt, die somit den Verlust sozialer Kontrolle durch den Rückzug der AnwohnerInnen aus dem öffentlichen in den privaten Raum weiter vorantreibt (BELINA 2006).

7.5.2 Methode der Mental Maps

Tagtäglich treffen Menschen zumeist unterbewusst Entscheidungen, die den Raum oder die Orientierung in diesem betreffen. Diese Entscheidungen werden davon beeinflusst, wie jedes Individuum seine Umwelt wahrnimmt oder „wie unsere Umwelt kognitiv repräsentiert ist“ (ZIERVOGEL 2011, 187). Unter der kognitiven Repräsentation des Raumes werden im Folgenden kognitive Karten oder Mental Maps verstanden. Die kognitiven Karten in den Köpfen von Individuen beeinflussen nicht nur deren Verhaltensweisen, sondern sie unterliegen ebenfalls ständigen Änderungsprozessen aufgrund des eigenen Verhaltens. Durch das subjektive kognitive Kartieren (Cognitive Mapping) ergeben sich demnach auch teilweise verzerrte, individuelle innere räumliche Bilder zu Ausschnitten und einzelnen Aspekten der Umwelt (SCHENK 2002). Dennoch entwickeln sich auch in Gruppen kulturell und historisch geprägte spezifische Vorstellungen von der erfahrbaren Umgebung, die in der kollektiven mentalen Kartographie beschrieben werden. Gleichzeitig wird deutlich, dass kognitive Karten einen historischen Prozess widerspiegeln. Demnach liegt der Forschung die Verantwortung inne, die historisch-dekonstruktivistische Perspektive miteinzubeziehen. Dies wird bei der kritischen Betrachtung von nicht eindeutig räumlich abzugrenzenden Begrifflichkeiten deutlich wie beispielsweise „Mitteleuropa“ oder „Balkan“. Obgleich meist der Bezug zu geographischen, kulturellen, sprachlichen oder konfessionellen Grenzen hergestellt wird, stützt sich die Mental Maps-Forschung demnach häufig auf diskursanalytische Ansätze (SCHENK 2002). Den „komplexen konzeptionellen Einsichten in das Zusammenspiel von Raum, Emotionen, Affekt und sozialen Beziehungen“ (HÖRSCHELMANN & MEYER 2018, 99) können jedoch auch Mental Maps nur teilweise nachkommen und stellen diesbezüglich lediglich eine Ergänzung anderer Methoden dar.

7.5.3 Funktionsweise: Karten, Typisierung und Kategorisierung

Die Methode der Mental Maps wurde von LYNCH erstmals 1960 angewandt. Die von ihm entwickelten Erhebungsmethoden sollten als Grundlage für Planungsentscheidungen dienen. Daraus ergaben sich Aufgabenstellungen wie das Anfertigen von Kartenskizzen, die detaillierte Beschreibung von Wegstrecken, die Benennung markanter und im Gedächtnis verankerter Orte sowie deren Charakterisierung. Ergänzend forderte er ProbandInnen auf, Fotos einzuordnen, Interviews zu führen sowie an Ortsbegehungen teilzunehmen. Auf die Analyse der Ergebnisse anhand der fünf genannten Elementkategorien Paths, Districts, Nodes, Landmarks und Edges stütze er schließlich die aus einzelnen Skizzen aggregierten Images der Stadt (LYNCH 1960, ZIERVOGEL 2011). Er versteht sie als Vorstellungsbilder, „die Elemente des betrachteten Stadtteils [darstellen], klassifiziert nach den fünf Strukturtypen und differenziert nach der Häufigkeit der Nennungen“ (ZIERVOGEL 2011, 200).

7.5.4 Erhebung im Feld und Auswertung

Je nach Forschungszweck dient die Grundlage von LYNCH als Orientierung, um die Methode der Mental Maps anzuwenden. Eine generelle Formulierung der Zielsetzung, Planung der Vorgehensweise und Klärung der Aufgabenverteilung im Feld sollte Ausgangspunkt jeder Erhebung sein. Die im

Rahmen einer Lehrveranstaltung im Sommer 2018 durchgeführte Erhebung fand an zwei Tagen im Juni und Juli statt. Im ersten Schritt wurden am ersten Erhebungstag offene Fragestellungen gewählt, um den Zugang zur Methode zu finden und eine erste Abschätzung der Reaktion der ProbandInnen zu erhalten. Die Befragungen fanden in der Altstadt und in der Bahnstadt in Heidelberg statt. Gewählte Frage- bzw. Aufgabenstellungen lauteten beispielsweise:

- Welche Plätze in Heidelberg kommen Ihnen spontan in den Sinn? Bitte fertigen Sie eine Skizze an.
- Fertigen Sie eine Skizze eines Platzes in Heidelberg an.
- Zeichnen Sie eine Skizze Ihres Weges zu diesem Standort an.
- An welchen öffentlichen Orten halten Sie sich häufig auf? Bitte skizzieren Sie diese.

Die ProbandInnen wurden in der Ansprache über den Rahmen aufgeklärt, in welchem die Erhebung stattfand, nicht jedoch über deren Ziel. Auf diese Weise sollte eine eventuelle Beeinflussung vermieden werden. Ihnen standen für die Anfertigung der Skizzen Papier (Din A4, weiß), verschiedenfarbige Stifte und Klemmbretter zur Verfügung. Zudem war es den skizzierenden Personen gestattet, zur Orientierung wichtige Elemente zu beschriften. Die Vermeidung von Suggestivfragen oder -aussagen und das Zulassen von Zeichen- bzw. Denkpausen stellten eine Herausforderung im Kontakt dar. Dennoch wurden die PassantInnen bei Unklarheiten oder Hemmungen um Präzisierung ihrer Skizze bzw. dazu getroffenen Aussagen gebeten. Generell wurde auf eine annähernd gleichmäßige Verteilung bezüglich des Geschlechts und des Alters der Befragten geachtet. Die Erhebung erfolgte zudem in Teamarbeit: Während eine Person mit dem Probanden bzw. der Probandin sprach, protokollierte eine zweite Person den Gesprächsverlauf und Anmerkungen (teilnehmende Beobachtung). Im Rahmen der beiden Erhebungstage entstanden auf diese Weise insgesamt 55 Skizzen verschiedener öffentlicher Orte in Heidelberg (Abbildung 79 ff.). Sieben entstanden dabei durch Studierende im Rahmen der Lehrveranstaltung am ersten Erhebungstag ohne vorhergehende Instruktion oder Information zu der Methode.

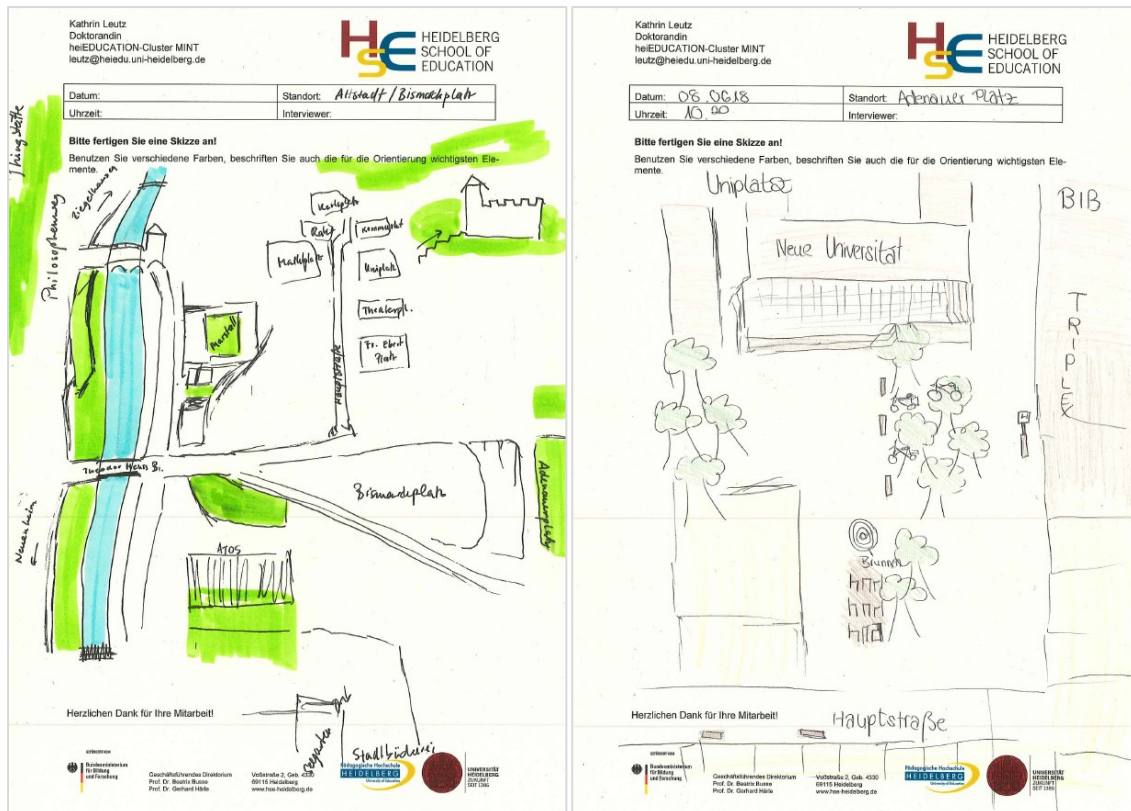


Abbildung 79: Mental Maps zum öffentlichen Raum Heidelbergs, entstanden im Rahmen des ersten Erhebungstags am 08.06.2018 am Standort Adenauerplatz (Eigene Erhebung am 08.06.2018).

Bei der Erstellung einer kognitiven Karte geht es keineswegs um die kartographische Korrektheit, da die Wahrnehmung von Distanz und Raum und damit räumliches Wissen an sich verzerrt ist. Nur bedingt können Symmetrie, Reflexivität und Transitivität aus der Kartographie für kognitive Darstellungen des Raums verwendet werden (SPEKTRUM o. J.). Vielmehr geht es um die Identifizierung der für die Teilnehmenden wichtigen wahrgenommenen Elemente. Darüber hinaus wird die Verbindung mit negativen oder positiven Konnotationen zu den Elementen erfragt, um eine Wertung durch die Befragten zu erhalten und so die Ergebnisse der Mental Maps mit den aus Sicht von Stadt- oder RaumplanerInnen problematischen oder positiv gewerteten Gebieten zu erlangen (ZIERVOGEL 2011). Neben diesen Hintergründen stellen konkret die Art und Weise, die Form sowie die Detailliertheit der Zeichnungen die Basis der Analyse dar. Daraus können Bedeutungen hinsichtlich der Bewertung, Einstellung und Beziehung zwischen dem Probanden bzw. der Probandin und dem betrachteten Raum geschlossen werden. Dabei ist darauf zu achten, inwiefern die Vorstellungsbilder von sozialen, funktionellen, historischen oder semantischen (beispielsweise der Bezeichnung des Ortes) Faktoren beeinflusst wurden (ZIERVOGEL 2011). Bei der Zusammenfassung und dem Vergleich der individuellen Kartenskizzen können schließlich Typisierungen anhand der von LYNCH vorgeschlagenen Grundelemente vorgenommen werden.

Die Methode stellt gegenüber der standardisierten Fragebogenerhebung einen Zugewinn an Informationen dar (ZIERVOGEL 2011). Sie kommt außerdem der Forderung wirklichkeitsnäherer Modelle

menschlichen Verhaltens und Handelns nach und erlaubt die Bearbeitung geographischer Fragestellungen auf der Mikroebene. Gleichwohl kann die Untersuchungsebene dem jeweiligen Forschungsinteresse angepasst werden. Des Weiteren eröffnet die Methode neue dynamische Forschungsrichtungen und interdisziplinäre Anknüpfungspunkte (z. B. zur Umwelt-Psychologie) und folgt dennoch dem Ziel geographischer Forschung nach dem vollständigen Verständnis der Beziehung zwischen dem Menschen und dessen Umwelt(en). Gleichzeitig setzt die Zwischenschaltung von Wahrnehmung, Vorstellung und Bewertung der Umwelt in den direkten Mensch-Umwelt-Zusammenhang neue Akzente in der Raumforschung (WIRTH 1981).

Um der folgenden kritischen Auseinandersetzung entgegenzukommen, sei bereits vorweggenommen, dass dabei stets der Kontext der Betrachtung sowie die Situation der Befragten miteinbezogen werden muss. Einige SkeptikerInnen der Methode eint die Kritik an der Abhängigkeit der jeweiligen Umwelt eines Individuums von dessen Handlungen (WIRTH 1981). Die Grundlage menschlichen Handelns wird demnach nicht durch die individuelle Wahrnehmung und die in der Umwelt bereitgestellten Informationen gebildet und somit besteht „[e]rst wenn zu der Frage nach der Ursache menschlichen Verhaltens die nach Sinn, Zweck und Bedeutung von Handlungen tritt, [...] die Möglichkeit, dem Menschen und seiner Umwelt gerecht zu werden“ (WIRTH 1981, 194). Demzufolge müsse die Geographie dazu aufgerufen werden, moderne Handlungstheorien miteinzubeziehen und die Methode auf die „testtheoretischen Kriterien der Objektivität, der Reliabilität und der Validität“ (ZIERVOGEL 2011, 188) hin untersucht werden. Somit kann es gelingen (ausgehend von Mental Maps als dynamisch, verzerrte Konstrukte) zum Verständnis der Basis für das räumliche Verhalten und Handeln von Individuen zu gelangen und die Stadtwahrnehmung der Menschen zu erklären (WIRTH 1981, ZIERVOGEL 2011).



Perzeptionsforschung im Bildungskontext

Anwendungsbereiche der Perzeptionsforschung sind beispielsweise die didaktische Anwendung in der Bildung (Schule, Universität) zur bewussten Beschäftigung mit dem Raum, die Öffentlichkeitsarbeit zur Teilhabe und Mitbestimmung von BürgerInnen in der Stadt- und Regionalplanung oder aber in der humangeographischen Forschung im Sinne einer verhaltensorientierten Geographie (LEIMGRUBER 1979). Ein Beispiel stellt die Methode Virtual Urban Walk 3D dar, diese integriert Filmsequenzen als Stimulus in etablierte Erhebungsprozesse wie das qualitative Interview im öffentlichen Raum und bietet z. B. neue Ansätze für die Lehre zur lückenlosen Erfassung des sozialen Raums und des Handelns in diesem (MÜLLER & MÜLLER 2016).

7.6 Auswertung des Fragebogens (1) hinsichtlich der Klimawandelwahrnehmung und Vorstellung des öffentlichen Raums

Es sind unter anderem die Eigenschaften des entsprechenden Geländeklimas und die Gestaltung des öffentlichen Raums, die die subjektive Wahrnehmung der StadtbewohnerInnen bzw. -nutzerInnen bezüglich der Stadtattraktivität beeinflussen. Weitere einflussnehmende Faktoren sind beispielsweise die Verkehrsstruktur, Lärmbelastung aber auch persönliche Assoziationen und biographische Zusammenhänge. Um persönliche Eindrücke von der Wahrnehmung des Mikroklimas und der Attraktivität des untersuchten Geländes zu erhalten, eignet sich die Durchführung einer standardisierten Befragung. Im Folgenden wird die statistische Auswertung der Fragebogendaten vorgestellt, um dann in der Analyse die Brücke zu schlagen zu Maßnahmen, die gleichermaßen den Vorstellungen der PassantInnen Rechnung tragen und positive Auswirkungen auf das Mikroklima haben können (Kapitel 8).

7.6.1 Deskriptive Stichprobenbeschreibung Fragebogen 1

Zur Beschreibung der Stichprobe wurden im Fragebogen auch soziodemographische Daten erhoben und in den Variablen Geburtsjahr bzw. Altersgruppen, Wohnort Heidelberg, Geschlecht und Bildungsabschluss zusammengefasst. Insgesamt nahmen 91 Personen an der Befragung Teil ($n = 91$). Das erhobene Geburtsjahr wurde in eine neue Variable `Alter_2017` umkodiert. Ergänzend wurden die Postleitzahl und der Stadtteil abgefragt.

Insgesamt kommen 58,2 % und damit 53 der befragten Personen aus Heidelberg bzw. wohnen zum Zeitpunkt der Befragung hier. 45,1 % der Personen sind männlich, 54,9 % weiblich, beide Geschlechter sind demnach angemessen repräsentiert. Mit 42,9 % verfügt die Mehrheit der Befragten als höchsten Bildungsabschluss über das Abitur oder die Fachhochschulreife. Der Anteil von 38,5 % Akademikern ist als hoch zu bewerten. Im arithmetischen Mittel sind die Personen zum Zeitpunkt der Befragung 38,3 Jahre alt, bei einer Altersspanne von 18-77 Jahren. Der Modus liegt bei 21 Jahren, dies entspricht der häufigsten Ausprägung. Die Altersgruppe 20-29 ist mit insgesamt 36 Personen am häufigsten vertreten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung der unabhängigen Individualvariablen Alter, Bildungsabschluss, Geschlecht und Wohnort (Eigene Berechnungen).

Altersgruppen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	unter 20	2	2,2	2,2	2,2
	20-29	36	39,6	39,6	41,8
	30-39	16	17,6	17,6	59,3
	40-49	4	4,4	4,4	63,7
	50-59	12	13,2	13,2	76,9
	60-69	12	13,2	13,2	90,1
	über 70	9	9,9	9,9	100,0
	Gesamt	91	100,0	100,0	

Bildungsabschluss

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	Volks- Hauptschulab- schluss	6	6,6	6,7	6,7
	Mittlere Reife	9	9,9	10,1	16,9
	Abitur/ Fachhochschul- reife	39	42,9	43,8	60,7
	Hochschulabschluss	35	38,5	39,4	100,0
	Gesamt	89	97,8	100,0	
Fehlend	keine Angabe	2	2,2		
Gesamt		91	100,0		

Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	weiblich	50	54,9	54,9	54,9
	männlich	41	45,1	45,1	100,0
	Gesamt	91	100,0	100,0	

Wohnort Heidelberg

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	andere	37	40,7	41,1	41,1
	Heidelberg	53	58,2	58,9	100,0
	Gesamt	90	98,9	100,0	
Fehlend	keine Angabe	1	1,1		
Gesamt		91	100,0		

7.6.2 Deskriptive Datenauswertung Fragebogen 1

Bei der Auswertung der Daten werden zunächst einige deskriptive Ergebnisse vorgestellt. Für abhängige und unabhängige Variablen werden das Minimum, Maximum und die Fallzahl angegeben, für nicht dichotome Variablen außerdem der Mittelwert, die Spannweite und die Standardabweichung sowie für dichotome Variablen der Anteilswert. Personen die keine Aussage trafen wurden in der Berechnung der jeweiligen Frage ausgeschlossen.

Unter den Befragten ist der Bismarckplatz der bekannteste der drei Plätze, 89,0 % geben an, diesen zu kennen. Der Universitätsplatz ist mit 85,7 % ebenfalls weitläufig bekannt. Anders stellt sich das Bild bei der Bekanntheit der Schwetzingener Terrasse dar, nur 40,7 % der Befragten kennen diese. Entgegen der Erwartung zeigen sich hier auch keine deutlichen Unterschiede unter Berücksichtigung des Wohnortes der ProbandInnen. 32,4 % der nicht in Heidelberg lebenden Personen kennen die Schwetzingener Terrasse, der Anteil derer die in Heidelberg wohnen liegt bei 47,2 %. Somit wird deutlich, dass dieser Ort außerhalb Heidelbergs noch relativ unbekannt ist und auch nur etwa der Hälfte der EinwohnerInnen Heidelbergs bekannt zu sein scheint (Tabelle 9). Nicht quantifizierbar ist der Anteil an Personen, die die Örtlichkeit zwar kennen, jedoch nicht den Namen des Platzes damit in Verbindung bringen. Ergänzend ist anzumerken, dass viele der nicht in Heidelberg lebenden Personen jedoch aus der näheren Umgebung stammen und daher davon auszugehen ist, dass diese häufiger in der Stadt sind bzw. einen näheren Bezug zu ihr aufweisen als TouristInnen.

Tabelle 9: Kontingenztabelle zur Bekanntheit der Schwetzingener Terrasse differenziert nach EinwohnerInnen Heidelbergs und Auswärtige (Eigene Berechnungen).

			Schwetzingener Terrasse		Gesamt
			unbekannt	bekannt	
Wohnort Heidelberg	nein	Anzahl	25	12	37
		relative Häufigkeit	67,6%	32,4%	100,0%
	ja	Anzahl	28	25	53
		relative Häufigkeit	52,8%	47,2%	100,0%
Gesamt		Anzahl	53	37	90
		relative Häufigkeit	58,9%	41,1%	100,0%

Im nächsten Schritt wurden die Plätze hinsichtlich ihrer hauptsächlichen Nutzung analysiert. Hierbei waren Mehrfachnennungen möglich, da ein Platz oftmals nicht nur zu einem bestimmten Zweck besucht wird. Die Hauptnutzung der Schwetzingener Terrasse ist zu Erholungs- und Freizeitwecken mit insgesamt 75,0 %. Die Nutzung als PassantIn, zur Interaktion oder zur Überbrückung von Wartezeiten mit jeweils 28,6 % entspricht den zweithäufigsten Ausprägungen. Die Nutzungszwecke Arbeit, Kultur und bei Veranstaltungen liegen mit Nennungshäufigkeiten von 2-3 im zu vernachlässigenden Bereich. Am Universitätsplatz ist die Verteilung auf die Nutzungsausprägungen wie folgt

gegliedert: Auch hier ist der Hauptaufenthaltszweck der der Freizeitgestaltung und Erholung mit 82,9 %. Des Weiteren wird der Platz vielfach für Wartezeiten (63,4 %), für Interaktionen (61,0 %) oder als PassantIn genutzt (56,1 %). Die Nutzung aus kulturellem Interesse (31,7 %) oder aus beruflichen Gründen (14,6 %) spielt eine untergeordnete Rolle. Lediglich eine Person gab an, den Platz zu Veranstaltungen zu besuchen. Allerdings ist davon auszugehen, dass die tatsächliche Zahl derer, die den Platz zu Veranstaltungen (wie z. B. dem Weihnachtsmarkt) besuchen, höher liegt. Da Veranstaltungen hier jedoch nur saisonal stattfinden, geraten sie als Nutzungszweck womöglich aus dem Fokus der Befragten. Auch am Bismarckplatz sind die Ausprägungen gleichmäßiger repräsentiert als bei der Schwetzingener Terrasse. Die häufigsten Nutzungen sind während Wartezeiten (81,8 %), für Interaktionen (68,2 %) oder als PassantIn (63,6 %). Auch aus Freizeit- und Erholungsgründen nutzen 63,6 % der Befragten den Bismarckplatz. Aus beruflichen ($n_{\text{Nutzung Arbeit}} = 3$) oder kulturellen Gründen ($n_{\text{Nutzung Kultur}} = 1$) suchen kaum Personen diesen auf. Niemand der Befragten gibt an bei Veranstaltungen gezielt den Platz zu besuchen. Im Vergleich zur Schwetzingener Terrasse stehen am Universitätsplatz und am Bismarckplatz verschiedene Nutzungsaspekte im Vordergrund (Tabelle 10).

Tabelle 10: Kontingenztabelle zu den häufigsten Nutzungsaspekten der einzelnen Plätze (Eigene Berechnungen).

Nutzung Wartezeit				
			Nutzung Wartezeit	
			nein	ja
Platz	Schwetzingener Terrasse	Anzahl	20	8
		relative Häufigkeit	71,4%	28,6%
	Universitätsplatz	Anzahl	15	26
		relative Häufigkeit	36,6%	63,4%
	Bismarckplatz	Anzahl	4	18
		relative Häufigkeit	18,2%	81,8%
Nutzung Freizeit und Erholung				
			Nutzung Freizeit Erholung	
			nein	ja
Platz	Schwetzingener Terrasse	Anzahl	7	21
		relative Häufigkeit	25,0%	75,0%
	Universitätsplatz	Anzahl	7	34
		relative Häufigkeit	17,1%	82,9%
	Bismarckplatz	Anzahl	8	14
		relative Häufigkeit	36,4%	63,6%
Nutzung Veranstaltungen				
			Nutzung Veranstaltungen	
			nein	ja
Platz	Schwetzingener Terrasse	Anzahl	26	2
		relative Häufigkeit	92,9%	7,1%

	Universitätsplatz	Anzahl	40	1
		relative Häufigkeit	97,6%	2,4%
	Bismarckplatz	Anzahl	22	0
		relative Häufigkeit	100,0%	0,0%
Nutzung Interaktion				
			Nutzung Interaktion	
			nein	ja
Platz	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	20	8
		relative Häufigkeit	71,4%	28,6%
	Universitätsplatz	Anzahl	16	25
		relative Häufigkeit	39,0%	61,0%
	Bismarckplatz	Anzahl	7	15
		relative Häufigkeit	31,8%	68,2%
Nutzung Kultur				
			Nutzung Kultur	
			nein	ja
Platz	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	26	2
		relative Häufigkeit	92,9%	7,1%
	Universitätsplatz	Anzahl	28	13
		relative Häufigkeit	68,3%	31,7%
	Bismarckplatz	Anzahl	21	1
		relative Häufigkeit	95,5%	4,5%
Nutzung Passant				
			Nutzung Passant	
			nein	ja
Platz	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	20	8
		relative Häufigkeit	71,4%	28,6%
	Universitätsplatz	Anzahl	18	23
		relative Häufigkeit	43,9%	56,1%
	Bismarckplatz	Anzahl	8	14
		relative Häufigkeit	36,4%	63,6%
Nutzung Arbeit				
			Nutzung Arbeit	
			nein	ja
Platz	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	25	3
		relative Häufigkeit	89,3%	10,7%
	Universitätsplatz	Anzahl	35	6
		relative Häufigkeit	85,4%	14,6%
	Bismarckplatz	Anzahl	19	3
		relative Häufigkeit	86,4%	13,6%

Für die Forschungsfrage „Welche Impulse können neue stadtklimatische Daten und Daten zur Wahrnehmung des Klimawandels an öffentlichen Plätzen der Stadt Heidelberg für die nachhaltige Stadtentwicklung geben?“ ist vor allem der Aspekt der Gestaltung und Wahrnehmung von öffentlichen Räumen wesentlich. Die Schwetzingener Terrasse (92,6 %) und der Universitätsplatz (92,5 %) werden von den ProbandInnen insgesamt positiv wahrgenommen. Beim Bismarckplatz geben dies nur etwa die Hälfte der Personen an (54,5 %) (Tabelle 11).

Tabelle 11: Generelle Wahrnehmung der drei öffentlichen Plätze (Eigene Berechnungen).

			Wahrnehmung		Gesamt
			positiv	negativ	
Platz	Schwetzingener	Anzahl	25	2	27
	Terrasse	relative Häufigkeit	92,6%	7,4%	100,0%
	Universitätsplatz	Anzahl	37	3	40
		relative Häufigkeit	92,5%	7,5%	100,0%
	Bismarckplatz	Anzahl	12	10	22
		relative Häufigkeit	54,5%	45,5%	100,0%
Gesamt		Anzahl	74	15	89
		relative Häufigkeit	83,1%	16,9%	100,0%

Dies führt direkt zu den an den Plätzen wahrgenommenen Störfaktoren, auch hier waren Mehrfachnennungen möglich (Tabelle 12). Der größte Störfaktor an der Schwetzingener Terrasse ist die fehlende Beschattung, fast die Hälfte der Befragten geben dies an. Etwa ein Viertel der Personen gibt darüber hinaus fehlende überdachte Zonen und ein mangelndes Angebot an Einkaufs- und Verzehrmöglichkeiten als störend an. Darüber hinaus bestätigen 28,6 % der Teilnehmenden störenden Lärm wahrzunehmen. Dieser wird hauptsächlich durch die andauernden Baustellen im Stadtteil verursacht. Am Universitätsplatz geben 48,8 % der ProbandInnen an, sich durch den Verkehr gestört zu fühlen, am Bismarckplatz sind es 63,6 %. Damit einhergehend wird auch an beiden Standorten störender Lärm wahrgenommen, allerdings geben am Universitätsplatz nur rund ein Viertel der Befragten diesen Störfaktor an, während es am Bismarckplatz fast zwei Drittel sind. Der Störfaktor Luftzug ist an allen Plätzen zu vernachlässigen und wird von nahezu allen Befragten nicht negativ wahrgenommen bzw. definiert. Fehlende oder nicht ausreichende Sitzgelegenheiten werden am Universitätsplatz und am Bismarckplatz von ca. einem Drittel der befragten Personen bemängelt. Eine nicht ansprechende Gestaltung geben am Bismarckplatz weiter ein Drittel aller Personen als störend an, an den beiden anderen Standorten ist dieser Faktor zu vernachlässigen. Alle abgefragten Plätze sind laut Umfrageergebnis gut erreichbar. Fehlende Angebote für Kinder werden am Universitätsplatz lediglich von 12,2 % beanstandet, am Bismarckplatz liegt der Anteil bei 22,7 %. Störende Gerüche nehmen am Bismarckplatz ca. ein Drittel der befragten Personen wahr.

Tabelle 12: Beurteilung der Störfaktoren an den drei Standorten (Eigene Berechnungen).

Störfaktor Verkehr				Störfaktor schlechte Erreichbarkeit			
		Stoerfaktor_Verkehr				Stoerfaktor_Erreichbarkeit	
		nein	ja			nein	ja
Schwetzingen	Anzahl	23	5	Schwetzingen	Anzahl	27	1
Terrasse	relative			Terrasse	relative		
	Häufigkeit	82,1%	17,9%		Häufigkeit	96,4%	3,6%
Universitätsplatz	Anzahl	21	20	Universitätsplatz	Anzahl	41	0
	relative				relative		
	Häufigkeit	51,2%	48,8%		Häufigkeit	100,0%	0,0%
Bismarckplatz	Anzahl	8	14	Bismarckplatz	Anzahl	22	0
	relative				relative		
	Häufigkeit	36,4%	63,6%		Häufigkeit	100,0%	0,0%
Störfaktor Lärm				Störfaktor fehlende Einkaufsmöglichkeiten			
		Stoerfaktor_Laerm				Stoerfaktor_Geschaefte	
		nein	ja			nein	ja
Schwetzingen	Anzahl	20	8	Schwetzingen	Anzahl	23	5
Terrasse	relative			Terrasse	relative		
	Häufigkeit	71,4%	28,6%		Häufigkeit	82,1%	17,9%
Universitätsplatz	Anzahl	30	11	Universitätsplatz	Anzahl	40	1
	relative				relative		
	Häufigkeit	73,2%	26,8%		Häufigkeit	97,6%	2,4%
Bismarckplatz	Anzahl	9	13	Bismarckplatz	Anzahl	22	0
	relative				relative		
	Häufigkeit	40,9%	59,1%		Häufigkeit	100,0%	0,0%
Störfaktor fehlende Beschattung				Störfaktor fehlende Angebote für Kinder			
		Stoerfaktor_Beschattung				Stoerfaktor_Kinderangebot	
		nein	ja			nein	ja
Schwetzingen	Anzahl	16	12	Schwetzingen	Anzahl	28	0
Terrasse	relative			Terrasse	relative		
	Häufigkeit	57,1%	42,9%		Häufigkeit	100,0%	0,0%
Universitätsplatz	Anzahl	37	4	Universitätsplatz	Anzahl	36	5
	relative				relative		
	Häufigkeit	90,2%	9,8%		Häufigkeit	87,8%	12,2%

Bismarckplatz	Anzahl	18	4	Bismarckplatz	Anzahl	17	5
	relative				relative		
	Häufigkeit	81,8%	18,2%		Häufigkeit	77,3%	22,7%
Störfaktor fehlende Sitzgelegenheit				Störfaktor fehlende Überdachung			
		Stoerfaktor_Sitzgelegenheit				Stoerfaktor_Ueberdachung	
		nein	ja			nein	ja
Schwetzingen Terrasse	Anzahl	27	1	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	20	8
	relative				relative		
	Häufigkeit	96,4%	3,6%		Häufigkeit	71,4%	28,6%
Universitätsplatz	Anzahl	28	13	Universitätsplatz	Anzahl	35	6
	relative				relative		
	Häufigkeit	68,3%	31,7%		Häufigkeit	85,4%	14,6%
Bismarckplatz	Anzahl	15	7	Bismarckplatz	Anzahl	17	5
	relative				relative		
	Häufigkeit	68,2%	31,8%		Häufigkeit	77,3%	22,7%
Störfaktor negative Gestaltung				Störfaktor unangenehme Gerüche			
		Stoerfaktor_Gestaltung				Stoerfaktor_Geruch	
		nein	ja			nein	ja
Schwetzingen Terrasse	Anzahl	27	1	Schwetzingen Terrasse	Anzahl	28	0
	relative				relative		
	Häufigkeit	96,4%	3,6%		Häufigkeit	100,0%	0,0%
Universitätsplatz	Anzahl	34	7	Universitätsplatz	Anzahl	40	1
	relative				relative		
	Häufigkeit	82,9%	17,1%		Häufigkeit	97,6%	2,4%
Bismarckplatz	Anzahl	16	6	Bismarckplatz	Anzahl	16	6
	relative				relative		
	Häufigkeit	72,7%	27,3%		Häufigkeit	72,7%	27,3%

Neben den genannten Störfaktoren wirken vor allem auch Witterungsfaktoren auf die Standorte und damit auf das Befinden der Befragten ein. Im nächsten Abschnitt wurden verschiedene Wetter- und Witterungsbedingungen bezüglich ihres wahrgenommenen Auftretens am Platz mit den folgenden Ausprägungen eingeordnet: sehr stark (1), stark (2), deutlich (3), kaum (4) und gar nicht spürbar (5) (Tabelle 13). An allen drei Plätzen wird der Faktor heiße Temperaturen im Sommer von allen Befragten als am stärksten spürbar bewertet (Schwetzingen Terrasse 2,0; Universitätsplatz 2,1 und Bismarckplatz 2,7). Heiße Sommer nehmen in der Bahnstadt 71,5 % der Personen mindestens stark

wahr, hiervon geben 42,9 % sogar an, diese Entwicklung sehr stark zu spüren. Am Universitätsplatz geben ebenfalls 70,0 % aller Befragten an, diesen Effekt stark oder sehr stark wahrzunehmen. Am Bismarckplatz sind es im Vergleich 45,0 %. Gleichzeitig geben die Befragten an der Schwetzingter Terrasse an, erhitzte Materialien und Flächen (2,9) aber dennoch auch eine gute Durchlüftung (2,3) zu spüren, alle Personen nehmen die Durchlüftung mindestens deutlich wahr. Damit einhergehend geben die ProbandInnen im Durchschnitt an verhältnismäßig kühle Sommertemperaturen (4,2), Schutz vor Wind (3,9), mangelnde Durchlüftung (4,4), Schutz vor Witterung (4,2), Wärmeabstrahlung von Gebäuden (3,7) oder schlechter Abfluss nach Niederschlagsereignissen (4,2) kaum wahrzunehmen. Auch am Universitätsplatz nehmen die befragten Personen eine gute Durchlüftung deutlich bis stark wahr (2,6). Kaum wahrgenommen werden im Mittel demnach schlechte Durchlüftungsbedingungen und ebenfalls Pfützenbildung und Rinnsale nach Niederschlägen (4,2). Alle weiteren Faktoren liegen im mittleren Bereich. Am Bismarckplatz ist eine gute Durchlüftung ebenfalls der am zweit deutlichsten wahrgenommene Witterungsfaktor (2,9). Die übrigen Faktoren gleichen in ihrer Wahrnehmung den anderen beiden Standorten. Generell scheinen sich die Plätze hinsichtlich der wahrgenommenen Witterungseinflüsse nicht bedeutend zu unterscheiden. Diese Aussagen kongruieren im Allgemeinen mit den im vorherigen Schritt angegebenen Hauptstörfaktoren. Gerade hohe Temperaturen und Erhitzung während des Sommers sind direkt an fehlende Beschattung geknüpft.

Tabelle 13: Wahrnehmung hoher Temperaturen während des Sommers an den jeweiligen Standorten (Eigene Berechnungen).

			Wetter Sommer heiß					Gesamt
			sehr stark	stark	deutlich spürbar	kaum	gar nicht	
Platz Schwetzingter Terrasse	Anzahl		12	8	3	5	0	28
	relative Häufigkeit		42,9 %	28,6 %	10,7 %	17,9 %	0,0 %	100,0 %
Universitätsplatz	Anzahl		13	15	6	6	0	40
	relative Häufigkeit		32,5 %	37,5 %	15,0 %	15,0 %	0,0 %	100,0 %
Bismarckplatz	Anzahl		1	9	8	3	1	22
	relative Häufigkeit		4,5 %	40,9 %	36,4 %	13,6 %	4,5 %	100,0 %
Gesamt	Anzahl		26	32	17	14	1	90
	relative Häufigkeit		28,9 %	35,6 %	18,9 %	15,6 %	1,1 %	100,0 %

Daran anschließend gibt etwa ein Drittel der Personen an, den aktuellen Klimawandel wahrzunehmen (Tabelle 14). Allerdings trafen hier nur 56,0 % der ProbandInnen eine Aussage, 40 Personen gaben keine Einschätzung zur Wahrnehmung der klimatischen Entwicklung ab. Von denjenigen, die Stellung hierzu bezogen, geben 35,3 % an, keine Änderungen bezüglich des Stadtklimas wahrzunehmen.

Tabelle 14: Wahrnehmung des Klimawandels bzw. Veränderungen bezüglich des Stadtklimas (Eigene Berechnungen).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr deutlich	3	3,3	5,9	5,9
ziemlich deutlich	13	14,3	25,5	31,4
nicht sehr deutlich	17	18,7	33,3	64,7
überhaupt nicht	18	19,8	35,3	100,0
Gesamt	51	56,0	100,0	
Fehlend weiß nicht	40	44,0		
Gesamt	91	100,0		

Im Hinblick auf mögliche Umgestaltungen oder Planungshinweise bei der Gestaltung neuer Plätze wurden schließlich Faktoren abgefragt, die für die NutzerInnen die Attraktivität eines Platzes unter Berücksichtigung einer nachhaltigen Stadtentwicklung fördern. Dazu wurde in Form einer Likert-Skala eine größere Zahl an gestalterischen Maßnahmen (Items) aufgelistet, von denen ausgegangen wird, dass sie für die Platzbewertung relevant sind. Die Befragten wurden dann aufgefordert zu jeder Maßnahme Stellung zu beziehen. Die Antwortvorgaben sind dabei für jedes Item identisch und verfügen über fünf gültige Ausprägungen von stimme voll zu (1), stimme zu (2), stimme eher nicht zu (3) bis stimme gar nicht zu (4) und weiß nicht (98). Der jeweilige Standort war aufgrund der Allgemeingültigkeit der Aussagen nicht von Bedeutung, weshalb die drei Plätze in der Auswertung nicht gesondert betrachtet werden. Die Item-Analyse identifiziert die Erhöhung des Grünanteils durch Bepflanzung und den Einsatz von Naturelemente als wichtigsten, die Attraktivität steigernden Faktor (1,3). 92,3 % der Befragten stimmen mindestens zu bzw. voll zu (70,3 %) (Tabelle 15). Als zweitwichtigsten Faktor geben 90,0 % eine Verkehrsberuhigung an, die sich positiv auf die Attraktivität eines Platzes auswirkt. Die drittwichtigste Maßnahme ist der generelle Einsatz von natürlichen Materialien bei der Gestaltung eines Platzes, ebenfalls etwa 90,0 % aller Befragten bestätigen dies. Auch Maßnahmen, die Beschattung fördern, werden von der Mehrheit der ProbandInnen als Attraktivitätssteigernd eingestuft. Darüber hinaus spielen auch Gestaltungsaspekte wie Sitzmöglichkeiten, Weitläufigkeit, Angebote für Kinder und der Einsatz von Wasser eine entscheidende Rolle für rund zwei Drittel der Befragten. Für das Item „Angebote für Kinder“ wurden die meisten Enthaltungen bzw. Unsicherheiten bezüglich der Bewertung der Maßnahme gezählt (17) – hierbei könnte es sich vornehmlich um Kinderlose handeln. Am wenigsten ausschlaggebend für die Attraktivität eines Platzes scheinen für die Befragten das Angebot von Veranstaltungen an einem Platz und das Vorhandensein von nahegelegenen Parkmöglichkeiten zu sein. Weniger als die Hälfte der ProbandInnen legt Wert auf diese Aspekte.

Tabelle 15: Einschätzung des Items „Erhöhung des Grünanteils“ zur Steigerung der Attraktivität eines öffentlichen Platzes (Eigene Berechnungen).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig stimme voll zu	64	70,3	71,1	71,1
stimme zu	20	22,0	22,2	93,3
stimme eher nicht zu	4	4,4	4,4	97,8
stimme gar nicht zu	2	2,2	2,2	100,0
Gesamt	90	98,9	100,0	
Fehlend weiß nicht	1	1,1		
Gesamt	91	100,0		

Im darauffolgenden Abschnitt wurden die TeilnehmerInnen aufgefordert, ihre generelle persönliche Einstellung hinsichtlich des Umweltschutzes anzugeben. 93,4 % der Personen bekunden, Umweltschutz sei für sie persönlich ziemlich wichtig (63,7 %) oder sogar sehr wichtig (29,7 %) (Tabelle 16). Im fachlichen Diskurs geht man davon aus, dass Ergebnisse zu Fragen dieser Art Einschränkungen aufgrund sozialer Erwünschtheit unterliegen. Tatsächlich tritt in den meisten Fällen eine Differenz zwischen persönlicher Einschätzung und tatsächlichem Handeln auf. Diese ist jedoch nicht quantifizierbar oder zu überprüfen. Der Annahme folgend, dass sich persönliche Unterschiede bezüglich des Umweltbewusstseins konstatieren lassen, wird in der Auswertung davon ausgegangen, dass sich die Einschätzung der Wichtigkeit von Umweltschutz sowohl durch individuelle sowie kontextbezogene Faktoren erklären lässt (KUCKARTZ & RHEINGANS-HEINTZE 2006, BMUB 2006).

Tabelle 16: Persönliche Wichtigkeit von Umweltschutz (Eigene Berechnungen).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr wichtig	27	29,7	30,3	30,3
ziemlich wichtig	58	63,7	65,2	95,5
nicht sehr wichtig	3	3,3	3,4	98,9
überhaupt nicht wichtig	1	1,1	1,1	100,0
Gesamt	89	97,8	100,0	
Fehlend weiß nicht	2	2,2		
Gesamt	91	100,0		

Auch die repräsentative Bevölkerungsumfrage des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zum Umweltbewusstsein in Deutschland 2016 kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Ein großer Teil der Bevölkerung zeigt ein hohes Problembewusstsein für globale aber auch regionale Probleme und Fragen des Klima- und Umweltschutzes. Diese nehmen Platz 3 der wichtigsten aktuellen Probleme im Land ein. Damit einher geht eine generelle Offenheit für Veränderungen; soziale und ökologische Belange stehen hierbei in direktem Zusammenhang (BMUB 2017). Der Stellenwert einer intakten Umwelt ist dabei stark Milieu-abhängig. „Eine intakte Umwelt ist für viele zudem nur ein abstrakter, gesellschaftlich vorgegebener Wert, und der Schutz der Umwelt

hat wenig mit ihrer eigenen Lebensweise zu tun“ (UBA 2009, 124). Auch in Heidelberg wird der Klimawandel als ernstzunehmendes Problem wahrgenommen. Laut einer repräsentativen Umfrage in der Stadt sehen dagegen nur ein Drittel der Befragten Heidelberg in der Vorreiterrolle für den Klimaschutz, wünschen sich dies jedoch mehrheitlich und befürworten dahingehende Maßnahmen (STADT HEIDELBERG 2012).

Ergänzend beurteilten die Befragten in der projektinternen Umfrage die generelle Umweltqualität bzw. das Umweltbewusstsein in Heidelberg zu 73,6 % mit ziemlich gut bis sehr gut. Ein Großteil der Bevölkerung scheint daraus folgend mit den Klimaschutz-, bzw. Umweltschutzmaßnahmen der Stadt weitestgehend zufrieden zu sein. Lediglich eine Minderheit von ca. 15,0 % gibt an, das Umweltbewusstsein in Heidelberg sei im bundesweiten Vergleich eher schlecht (Tabelle 17).

Tabelle 17: Beurteilung der Umweltqualität bzw. des Umweltbewusstseins in Heidelberg (Eigene Berechnungen).

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	sehr gut	8	8,8	9,9	9,9
	ziemlich gut	59	64,8	72,8	82,7
	eher schlecht	13	14,3	16,0	98,8
	schlecht	1	1,1	1,2	100,0
	Gesamt	81	89,0	100,0	
Fehlend	weiß nicht	10	11,0		
Gesamt		91	100,0		

7.7 Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung (GREIF)

Ergänzend zu der Erhebung über den eigens für diese Arbeit entwickelten Fragebogen (1) gehen in die Auswertung auch Teile eines Fragebogens (2) aus einer Haushaltsbefragung im Rahmen des Projekts „Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung (GREIF)“ im Stadtteil Wieblingen mit ein. Dieser liefert ergänzende Einblicke in die Wünsche der AnwohnerInnen bezüglich des Umgangs mit Grün- und Freiflächen im direkten Wohnumfeld und kann gleichermaßen in Bezug zu Umgestaltungsmaßnahmen und deren zu erwartende Akzeptanz gesetzt werden (Kapitel 8).

7.7.1 Deskriptive Stichprobenbeschreibung Fragebogen 2

Insgesamt wurden im Rahmen der Haushaltsbefragung $n = 129$ BewohnerInnen des Heidelberger Stadtteils Wieblingen befragt – hiervon fanden 49 Befragungen im Rahmen der mit dieser Arbeit assoziierten Lehrveranstaltung im Wintersemester 2017/2018 statt. Die TeilnehmerInnen sind zum Befragungszeitpunkt im arithmetischen Mittel 50,1 Jahre alt, bei einer Spannweite von 14 bis 97 Jah-

ren und einer Standardabweichung von 21,1 Jahren. Beide Geschlechter sind ausreichend repräsentiert, wobei mit 61,2 % mehr weibliche Personen befragt wurden. Im Durchschnitt leben die befragten Personen seit 23,6 Jahren im Stadtteil. 57,0 % der Befragten haben das Abitur absolviert, die meist vertretene Berufsgruppe sind Angestellte mit 33,3 %. 25,6 % der Befragten sind RenterInnen, 14,7 % SchülerInnen. Darüber hinaus wurden die ProbandInnen bezüglich ihrer politischen Aktivität und Vereinsmitgliedschaft befragt. 34,4 % gehören einem Verein an, lediglich 3,9 % engagieren sich in einer Partei oder sonstigen politischen Gruppierung (Tabelle 18).

Tabelle 18: Stichprobenbeschreibung Haushaltsbefragung (Eigene Berechnungen).

		Beruf			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Schüler/in, Student/in	19	14,7	15,1	15,1
	Auszubildende/r	2	1,6	1,6	16,7
	Arbeiter/in	1	,8	,8	17,5
	Angestellte/r	43	33,3	34,1	51,6
	Beamter/ Beamtin	6	4,7	4,8	54,3
	Selbstständige/r	12	9,3	9,5	65,9
	Hausfrau/ Hausmann	4	3,1	3,2	69,0
	in Pension/ Rente	33	25,6	26,2	95,2
	ohne Arbeit	3	2,3	2,4	97,6
	sonstiges	3	2,3	2,4	100,0
	Gesamt	126	97,7	100,0	
Fehlend	keine Angabe	3	2,3		
Gesamt		129	100,0		

		Geschlecht			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	weiblich	79	61,2	61,2	61,2
	männlich	50	38,8	38,8	100,0
	Gesamt	129	100,0	100,0	

Alter und Wohndauer 2017					
	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Alter 2017	128	14	97	50,16	21,154
Wohndauer in Jahren	128	,00	88,0	23,6406	21,91815

7.7.2 Deskriptive Datenauswertung Fragebogen 2

Zunächst wurden die Befragten um eine persönliche Stellungnahme zu möglichen Nutzungen einer bestimmten im direkten Wohnumfeld befindlichen Fläche gebeten. Sie gaben dabei jeweils an, ob der genannte Aspekt für sie sehr wichtig (= 1), eher wichtig (= 2), eher unwichtig (= 3) oder unwichtig (= 4) ist. Eine neutrale Antwortmöglichkeit war gegeben (= -7). Am wichtigsten schätzen die Befragten eine mögliche Nutzung der Freifläche als Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten ein (sehr wichtig 69,8 %) (Tabelle 19). Ebenso bewerten etwa zwei Drittel der AnwohnerInnen es als sehr wichtig, dass sich die Natur auf der Fläche ungestört entfalten kann. Danach folgen in ihrer Wichtigkeit abnehmend Aspekte wie die Kühlwirkung von Pflanzen und Gewässern auf der Fläche, ein schöner Blick, landwirtschaftliche Nutzung und Produktion sowie Erholung bzw. Freizeit. Als eher unwichtig bewerten die Befragten Nutzungsmöglichkeiten wie den Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung oder für die Energiegewinnung allgemein z. B. durch das Errichten von Solaranlagen. Am wenigsten wichtig ist es für die befragten Personen, dass die ausgewiesene Fläche als Bauland dient.

Tabelle 19: Wichtigkeit der Nutzung einer Freifläche im Wohnumfeld als Lebensraum für Pflanzen und Tiere (Eigene Berechnungen).

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	Kumulierte Prozente
Gültig	sehr wichtig	90	69,8	70,9	70,9
	eher wichtig	30	23,3	23,6	94,5
	eher unwichtig	5	3,9	3,9	98,4
	unwichtig	2	1,6	1,6	100,0
	Gesamt	127	89,4	100,0	
Fehlend	weiß nicht	2	1,6		
Gesamt		129	100,0		

Im Bereich von Planung und Verwaltung von Maßnahmen für den Klimaschutz sehen die Befragten am ehesten die Kommunen bzw. Städte in der Pflicht (55,0 %). Alle weiteren Instanzen wie die Region Rhein-Neckar, das Land Baden-Württemberg, Deutschland und die Europäische Union, werden von weniger als der Hälfte der Personen in der Verantwortung gesehen Klimaschutz-Maßnahmen zu beschließen und umzusetzen. Daran anknüpfend schätzen mehr als die Hälfte der befragten AnwohnerInnen die Kompetenz der Stadtverwaltung Heidelbergs im Klimaschutz für hoch bzw. sehr hoch ein. Rund ein Drittel halten sie hingegen für gering bis sehr gering. Dieses Ergebnis deckt sich damit in etwa mit dem Resultat in Fragebogen 1. Bei der Frage nach der Verantwortlichkeit verschiedener Instanzen erfolgreich für Klimaschutz zu sorgen sehen 38,0 % der ProbandInnen die Politik am meisten in der Pflicht, gefolgt von jeder Einzelnen bzw. jedem Einzelnen (32,6 %). Die Verwaltung und Planung halten rund 5,0 % für verantwortlich. Der Wissenschaft und dem Ingenieurwesen wird die geringste Verantwortlichkeit zugesprochen (1,6 %) (Tabelle 20). Darüber hinaus gaben – ähnlich

wie in Fragebogen 1 – rund 90,0 % der Befragten an, ein starkes bzw. sehr starkes Interesse am Klimaschutz zu haben.

Tabelle 20: Einschätzung der Frage wer in der Pflicht ist, für den Klimaschutz zu sorgen (Eigene Berechnungen).

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Pro- zente
Gültig	Politik	49	38,0	41,2	41,2
	Verwaltung und Planung	6	4,7	5,0	46,2
	Wirtschaft	13	10,1	10,9	57,1
	Wissenschaft und Ingenieurwesen	2	1,6	1,7	58,8
	Bürgerschaft	7	5,4	5,9	64,7
	jeder Einzelne, jede Einzelne	42	32,6	35,3	100,0
	Gesamt	119	92,2	100,0	
Fehlend	weiß nicht	4	3,1		
	keine Angabe	6	4,7		
	Gesamt	10	7,8		
Gesamt		129	100,0		

7.8 Datenanalyse der offenen Fragen in beiden Fragebogenerhebungen

Die inhaltliche Analyse der offenen Fragen in den beiden verwendeten Fragebögen gliedert sich in die in der Befragung angesprochenen Themenblöcke (im Folgenden dargestellt unter I. bis IV. sowie i. und ii.). Zur Untermauerung der abgeleiteten, zusammenfassenden Analysen werden darauffolgend Ausschnitte aus den gegebenen Antworten zitiert und ihre Häufigkeiten aufgeführt. Sinngemäße Übereinstimmungen von inhaltlichen Aussagen werden hierbei zu Kategorien zusammengefasst. Ausgewählte exemplarische Einzelaussagen sind den Zusammenfassungen unter I. bis IV. sowie i. und ii. angefügt. Die Analyse unterscheidet weiter in die beiden verwendeten Fragebodendesigns aus der Haushaltsbefragung im Rahmen des GREIF-Projekts (2) und die vollständig eigene, projektinterne Erhebung (1). Die insgesamt 91 Fälle (Fragebogen 1) unterteilen sich auf die drei Stadtorte Schwetzingen Terrasse mit 28 Befragten, Universitätsplatz mit 41 und Bismarckplatz mit 22 Personen. Im Rahmen der Haushaltsbefragung im Stadtteil Wieblingen wurden insgesamt 129 Personen befragt.

Fragebogen 1

- I. Positive Aspekte des jeweiligen Platzes
- II. Wahrgenommene mikroklimatische Veränderungen
- III. Positive Beispiele öffentlichen Freiraums innerhalb und außerhalb Heidelbergs
- IV. Ideen einer klimabegünstigenden und ansprechenden Gestaltung

Fragenbogen 2 (GREIF)

- i. Nutzung der öffentlichen Freifläche im Wohnumfeld
- ii. Assoziationen mit der Fläche

7.8.1 Auswertung Fragebogen 1

I. Positive Aspekte des jeweiligen Platzes

Bei Betrachtung der genannten positiven Charakteristika und Gestaltungsmerkmale der Schwetzingener Terrasse werden vor allem die Stichworte „grün/begrünt“ (9/28), „Wasser“ (7/28) und „Spielplatz“ (7/28) genannt, lediglich zwei Befragte nennen keine positiven Aspekte. Hier kommt den Elementen Wasser und Begrünung wie im geschlossenen Frageteil auch in der offenen Fragestellung eine gesteigerte Bedeutung zu. Das Wasserfontänenfeld auf der Schwetzingener Terrasse war im Zeitraum der Befragung noch im Betrieb und dient neben dem ausgewiesenen Spielplatz vor allem Kindern als Spielfeld und zur Abkühlung. Bereits zu diesem Zeitpunkt treten Verunreinigungen und Gefährdung durch Kalkablagerungen auf und führen zu periodischem Absperrern der Fläche. Eine unterirdische Wasseraufbereitungsanlage soll ab 2019 die Kontamination durch Keime und Kalkausfällung verhindern. Auch Aspekte, die das mehrheitlich durch Familien geprägte Klientel der Bahnstadt als wichtig erachtet, wie „gepflegt/sauber“, „Weitläufigkeit“ sowie Sicherheitsaspekte werden häufiger genannt. Während auf der Schwetzingener Terrasse Elemente der Begrünung von 32,0 % der Befragten explizit als positive Merkmale genannt werden, sind es am Universitätsplatz immerhin 26,0 %. Beide Plätze zeichnen sich trotz ihrer Unterschiedlichkeit durch einen hohen Grad an Versiegelung und dennoch der Integration von Bäumen und auf der Schwetzingener Terrasse zusätzlicher Bepflanzung aus. 9 der 41 Befragten konnten keine positiven Eigenschaften des Universitätsplatzes benennen. Vor allem werden hier der charakteristische Baumbestand und die erzeugte Beschattung positiv hervorgehoben (11/32). Trotz der direkten Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr am kompletten westlichen Rand des Universitätsplatzes verlaufend, werden positive Merkmale der Platzatmosphäre wie Ruhe und Entspannung von rund einem Drittel der Befragten genannt. Auch die Möglichkeit zu oder tatsächliche Ausübung sozialer Interaktion wie „beobachten“ und „treffen“ sind Merkmale, die den Platz für einige Befragte positiv hervorheben (10/32). Anders als in der Bahnstadt spielen auch die umliegenden Bauten und die Lage in der Altstadt für gut ein Viertel der Befragten (24,4 %) eine positive Rolle bei der Platzbeurteilung. Der Bismarckplatz, als einer der zentralen Hauptverkehrsknotenpunkte der Stadt, ist von den drei genannten der am meisten frequentierte Platz und zeichnet sich demnach durch andere Merkmale aus. Insgesamt geben hier jedoch nur etwas mehr als die Hälfte der Personen positive Merkmale an (12/22). Positiv werden vor allem Aspekte der Erreichbarkeit und infrastrukturelle Angebote hervorgehoben (8/22). Dennoch scheint es überraschend, dass nicht noch mehr Personen dieses Hauptkennzeichen des Platzes benennen. Gleichermäßen ist mit diesem hingegen auch eine Reihe negativer Eigenschaften wie Lärm und Verschmutzung verknüpft. Vor allem die

Vielseitigkeit der Angebote und Möglichkeiten und gleichzeitige Strukturierung zeichnen diesen Platz aus und werden auch von einigen Befragten explizit als positives Merkmal genannt (8/22). Insgesamt gab es über alle drei Plätze hinweg 22/91 Enthaltungen.

Zitate aus den offenen Fragen:

„Weitläufigkeit, verkehrsberuhigt, Spielmöglichkeiten, Begrünung“ (Schwetzinger Terrasse)

„Bäume, [...] Schatten und Sonne, man trifft Leute, Gebäude“ (Universitätsplatz)

„zentraler Verkehrspunkt, alles von hier erreichbar, Beginn Fußgängerzone, Erholung, Shopping“ (Bismarckplatz)

II. Wahrgenommene mikroklimatische Veränderungen

Die Beantwortung der Frage nach spürbaren klimatischen Veränderungen wurde im Vergleich zu den weiteren offenen Fragestellungen im Fragebogen auffällig oft nicht beantwortet (65/91). Auch wird teilweise nicht differenziert zwischen allgemeinen Veränderungen und spezifischen Änderungen des Mikroklimas am angesprochen Standort. Oftmals ist eine genaue Zuweisung anhand der getroffenen Aussagen nicht möglich oder die Antworten beziehen sich thematisch nicht direkt auf die gestellte Frage. Hinzu kommt die erst sehr kurze Bestandsdauer der Schwetzinger Terrasse im Vergleich zu den anderen beiden Standorten. Auch soziodemographische Merkmale wie das Alter und der Bildungsgrad spielen bei der Beurteilung und Wahrnehmung von Veränderungen eine Rolle. Bekannte, dem Klimawandel zugeschriebene Phänomene wie Zunahme von Starkregenereignissen oder ein genereller Erwärmungstrend (17/91) sind die meistgenannten Aspekte. Inwiefern diese Aussagen tatsächlich einer persönlich wahrgenommenen Beobachtung entsprechen oder nicht vielmehr der allgemein gültigen Erkenntnis in der Klimawandeldebatte folgen, kann hier nicht differenziert werden.

Zitate aus den offenen Fragen:

„mildere Winter, wärmere Sommer, Zunahme von Extremereignissen Sturm, Gewitter“ (Universitätsplatz)

„Hitzewellen im Frühsommer, kaum Regen, im Winter kein Schnee mehr“ (Universitätsplatz)

III. Positive Beispiele öffentlichen Freiraums innerhalb und außerhalb Heidelbergs

Frage 11 des Fragebogen 1 bezieht sich direkt auf Plätze innerhalb oder außerhalb des Stadtgebiets von Heidelberg, die für die Befragten am ehesten den Vorstellungen eines attraktiven öffentlichen Raums im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung entsprechen und damit als positive Beispiele gelten können. Die Antworten zeigen damit auch persönliche Bedürfnisse, Rädien und Präferenzen auf und können ebenfalls nicht entkoppelt werden von den individuellen personenbezogenen Daten.

Außerdem wird nicht differenziert zwischen Parks, Plätzen und anderen öffentlichen Freiräumen. Meistgenannter Freiraum, jedoch nicht Platz im eigentlichen Sinne, ist die Neckarwiese in Heidelberg (15/91). Dies entspricht bei 65 gültigen Aussagen 23,1 %. Die Schwetzingen Terrasse wird hier explizit sechsmal genannt, der Universitätsplatz fünfmal, der Bismarckplatz keinmal. Daneben werden der Schwetzingen Schlossplatz bzw. Schlossgarten (5/65), der Neuenheimer Marktplatz (3/65) oder der Platz bzw. Park um den Mannheimer Wasserturm (3/65) mehrfach genannt. Die weiteren fast ausschließlich Einzelnennungen erwähnen innerhalb Heidelbergs beispielsweise noch den Friedrich-Ebert-Platz oder den Kornmarkt. Außerhalb Heidelbergs werden etwa der Markusplatz in Venedig, der Schlossplatz in Stuttgart oder die Promenade du Paillon in Nizza genannt. Letzterer ist ein mitten durch die Altstadt führender grüner Korridor mit Kinderspielgelegenheiten, Wasserelementen, Skulpturen und aufwändiger Bepflanzung. Das 12 ha große Areal vereint dabei viele Aspekte klimaregulierender und ansprechender Gestaltungselemente und -maßnahmen und eröffnet dabei gleichzeitig verschiedensten NutzerInnengruppen und Bedürfnissen einen Raum. Inwieweit der in der Frage enthaltene Aspekt der nachhaltigen Stadtentwicklung und nicht vielmehr das persönliche Verständnis von Ästhetik und Wohlbefinden in den Antworten aufgenommen wurde ist nicht nachzuvollziehen, nur in einigen wenigen Beispielen wurde direkt oder indirekt darauf Bezug genommen. In zwei Fällen wurde auch ausdrücklich betont, dass städtische Plätze im Allgemeinen die Anforderungen eines attraktiven öffentlichen Raums im Sinne nachhaltiger Stadtplanung nicht erfüllen können. Ob sich diese Aussagen nur auf Heidelberg beziehen oder vielmehr generell gemeint sind, ist nicht eindeutig.

Zitate aus den offenen Fragen:

„keine schönen städtischen Plätze“ (Schwetzingen Terrasse).

„Markusplatz Venedig, ein Platz ist etwas Urbanes und braucht keine Natur“ (Universitätsplatz)

„In Nizza ein Park mit Wasserspiel und tollen Skulpturen, viel Grasfläche, Bäume, Heidelberg Neckarwiesen“ (Universitätsplatz; gemeint ist die Promenade du Paillon).

IV. Ideen einer klimabegünstigenden und ansprechenden Gestaltung

In der letzten im Fragebogen 1 enthaltenen offenen Frage werden die Befragten aufgefordert weitere Maßnahmen zu nennen, die sich positiv auf das Platzklima und die Attraktivität am Standort auswirken. Hier gehen 53,8 % (49/91) Antworten in die Auswertung ein. Der Wunsch nach mehr Begrünung in verschiedenen Formen ist über alle drei Standorte das meistgenannte Gestaltungsmerkmal mit 44,9 %. Beschattung folgt als zweithäufig genannte Maßnahme und wird hauptsächlich an der Schwetzingen Terrasse angeführt. Hier könnten, bis die Bäume in ihrer Entwicklung weiter vorangeschritten sind und durch ihr Blätterdach größere Flächen beschatten, beispielsweise Sonnensegeln temporäre Abhilfe bei sommerlicher Hitze schaffen. Vor allem am Bismarckplatz äußern die Befragten häufig den Wunsch nach Verkehrsberuhigung (7/16), diese käme zwar dem Mikroklima zugute,

widersprüche jedoch der Hauptfunktion des Platzes und dem parallelen Bedürfnis nach optimaler Anbindung und Erreichbarkeit. Allerdings wird durch eine Person der Vorschlag geäußert den privaten PKW-Verkehr einzudämmen und die Anbindung weiterhin durch den öffentlichen Personennahverkehr zu gewährleisten.

Zitate aus den offenen Fragen:

„Boden Beton, andere Materialien, mehr grün, naturnahe Bauten“ (Schwetzinger Terrasse)

„Bänke aus Holz oder Stein, Fahrradständer, Busse und Taxen weg“ (Universitätsplatz)

„Bänke vor der alten Uni, Erneuerung der restl. Bänke, Begrünung der Fassaden (Triplex Seite)“ (Universitätsplatz)

„Verkehrsberuhigung für Private, so dass nur ÖPNV, freie nicht mehr benötigte Fläche begrünen“ (Bismarckplatz)

7.8.2 Auswertung Fragebogen 2 (GREIF)

Auch im Rahmen des in der Haushaltsbefragung in Wieblingen genutzten Fragebogens (2) hatten die AnwohnerInnen die Möglichkeit über zwei offene Fragestellungen Assoziationen und eigene Verbindungen zu einer Freifläche in ihrem direkten Wohnumfeld zu nennen. Die Aussagen sind unter den folgenden beiden Aspekten „Nutzung“ und „Assoziationen“ inhaltlich zusammengefasst.

i. Nutzung der öffentlichen Freifläche im Wohnumfeld

Von den insgesamt 129 Befragten geben 85 an, die angesprochene Freifläche im Wohnumfeld Wieblingens zu nutzen. Die meistgenannte Nutzung ist hierbei der Spaziergang (57/85), gefolgt von sportlichen Aktivitäten wie Rad fahren oder joggen (39/85). Die übrigen zwölf genannten Nutzungskategorien beziehen sich beispielsweise auf soziale Interaktionen wie Spiel mit den EnkelInnen, Picknicken oder der Bewirtschaftung eines Gartens (2/85) sowie zur Entspannung.

Zitate aus den offenen Fragen:

„spazieren gehen, joggen, Naturerkundungen mit Enkel“

„Radfahren, Freunde Besuchen in Edingen“

ii. Assoziationen mit der Fläche

In der zweiten offenen Frage wurden die Personen nach ihren spontanen Assoziationen mit der Fläche gefragt. Hier trafen lediglich 10 der 129 Befragten keine Aussage. Die meist assoziierten Aspekte sind die Naturerfahrung (37/119) und die landwirtschaftliche Nutzung des Areals (36/119). Des Weiteren werden beim Gedanken an die Fläche häufig die Nähe zu den angrenzenden Autobahnen A5 und A656 als störend empfunden, während in anderen Aussagen häufig der gegensätzliche Begriff

„ruhig“ fällt. Auch die Nutzung als Hundeauslauf oder konkrete Wünsche zu Veränderungen der Fläche werden geäußert.

Zitate aus den offenen Fragen:

„muss nicht bebaut werden, Grünflächen sind nett“

„viel Grün, naturbelassen, sauber, störend: Autobahn“

„Freifläche, mit Gefühl von Freiraum/ Natur/ Platz zum Laufen“

Die dargelegten Ergebnisse zeigen die Sensibilität der Menschen für Umweltthemen und Fragen des Klimaschutzes bzw. der Klimaanpassung. Wahrgenommene klimatische Veränderungen und Störfaktoren, die das alltägliche Leben beeinflussen, eröffnen den Raum für transformative Prozesse, beginnend bei Umgestaltungsmaßnahmen an öffentlichen Plätzen. Die Datenauswertung lenkt zudem den Fokus auf die relevanten Elemente urbaner Räume wie Begrünung, die sowohl die subjektive Aufenthaltsqualität, als auch die quantitative klimatische Situation positiv beeinflussen. Auch dem Aspekt der Beschattung öffentlicher Räume mit Bezug zu dem Problemfeld „Urban Heat Island“ kommt eine gesteigerte Bedeutung zu. Die Daten zeigen darüber hinaus generelle Übereinstimmungen zwischen wahrgenommenen Problemen bzw. geäußerten Defiziten der Platzgestaltungen und den in den Stadtteilen erhobenen Daten zum Mikroklima. Ergänzt werden diese Daten durch eine weitere Erhebung mithilfe der Methode Mental Maps.

7.9 Auswertung der Mental Maps

Die Erhebung weiterer persönlicher Eindrücke zu öffentlichen Freiräumen in Heidelberg erfolgte durch Einsatz der Methode Mental Maps. Ergänzend zu der Befragung mittels Fragebögen eröffnet das Vorgehen eine freie Ausdrucks- und Darstellungsweise durch Zeichnungen, Kommentare und ergänzenden Erläuterungen. Neben den entstandenen Skizzen gingen die parallel geführten Protokolle der Unterhaltung mit den Befragten in die Auswertung mit ein.

Insgesamt betrachtet verliefen die Erhebungen ohne Schwierigkeiten. Die PassantInnen zeigten sich sehr aufgeschlossen und in den meisten Fällen bereit, sich auf die Befragung und das Erstellen einer Karte einzulassen. Mehrheitlich bezogen sich die Befragten in ihren Zeichnungen auf reale öffentliche Plätze der Stadt. Nur vereinzelt wurden auch andere öffentliche Räume wie Tiefgaragen, Bushaltestellen oder Brücken als solche benannt (Protokoll 1b).

Die Auswertung der kognitiven Karten zeigt, dass die ProbandInnen sich an markanten sowie persönlich wichtigen Gestaltungselementen und -merkmalen orientieren. So werden neben Plätzen auch Einrichtungen wie Fitnesscenter, die häufig besucht werden, dargestellt. Semantische Zusammenhänge außer Acht lassend kann man anknüpfend an LYNCH (1960) grundsätzlich zwischen Knotenpunktwissen (Landmarks bzw. Nodes), Streckenwissen (Paths) und Überblickswissen (Egdes bzw.

Districts) unterscheiden. Die Zeichnungen lassen sich grob diesen drei Kategorien zuweisen. Während einige ZeichnerInnen Wege zeichnen, stellen andere Einzelelemente ohne räumlichen Zusammenhang oder Übersichtspläne dar. Die Darstellungen reichen dabei von einfachen Skizzierungen bis hin zu detailreichen, mit Beschriftungen ergänzten Plänen. Da zudem der Arbeitsauftrag variierte, finden sich großräumige Darstellungen ganzer Stadtteile, graphische Auflistungen mehrerer Einzelorte sowie Detailzeichnungen einzelner Plätze wieder. Die Aufgabenstellungen orientierten sich an der von LYNCH (1960) durchgeführten Erhebung als Grundlage für Planungsentscheidungen und beinhaltete das Anfertigen von Skizzen zu Wegstrecken, Kartenausschnitten sowie Auflistung bzw. Benennung und graphische Darstellung von öffentlichen, im Gedächtnis verankerten, Räumen. Eine Kategorisierung erfolgt schließlich nach den fünf Strukturtypen und der Häufigkeit ihrer Nennung.

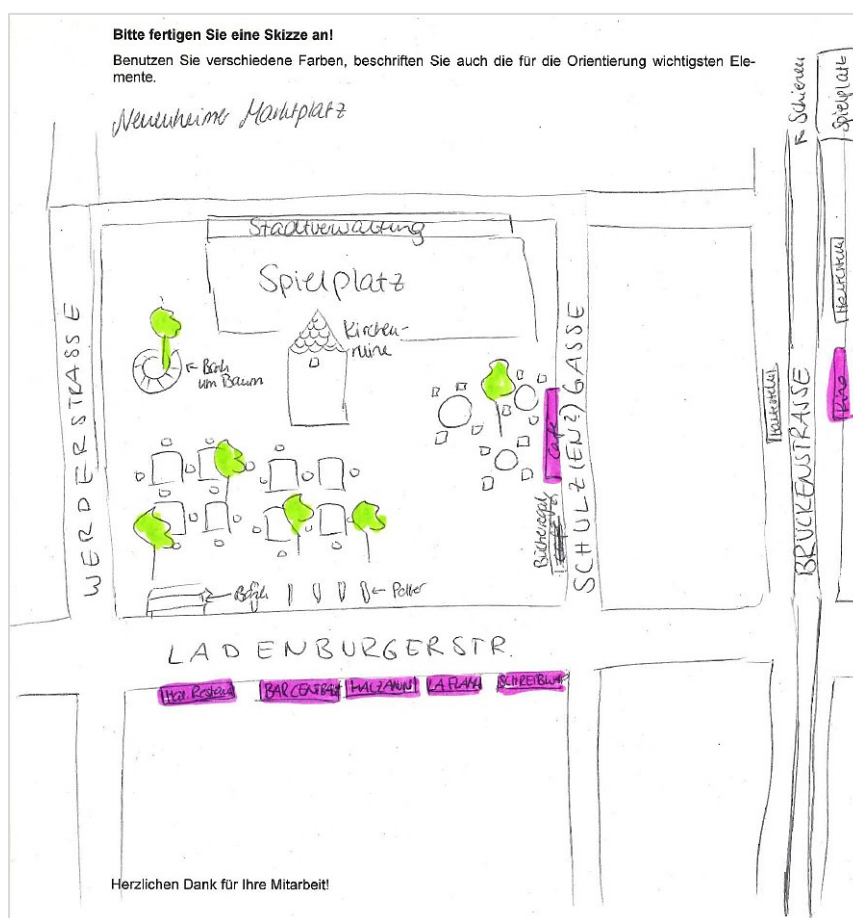


Abbildung 80: Mental Map des Neuenheimer Marktplatzes als Beispiel für Überblickswissen mit markanten Elementen (Eigene Erhebung am 08.06.2018).

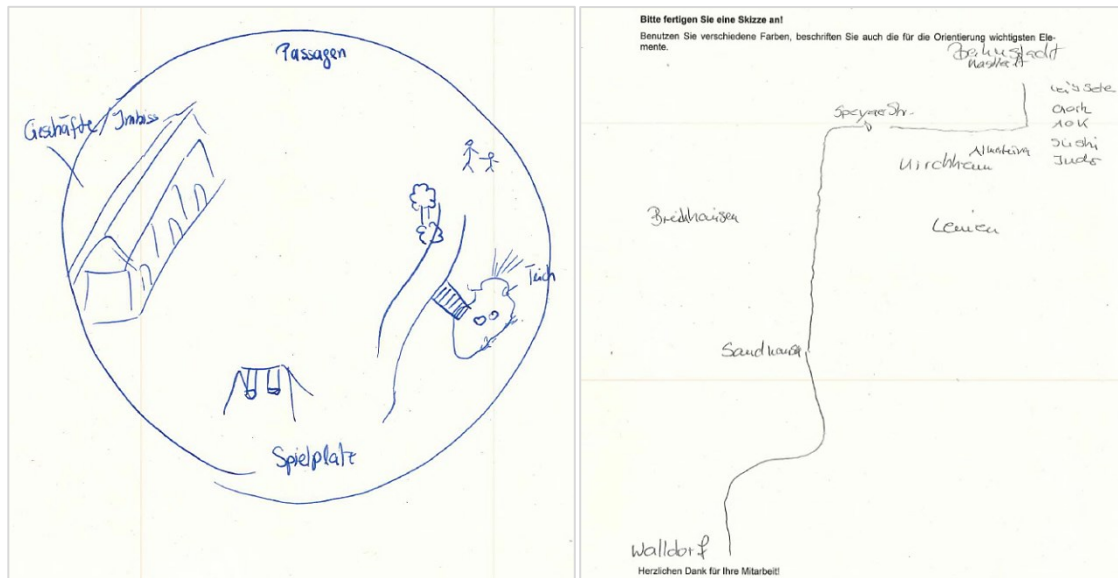


Abbildung 81: Mental Maps mit Darstellung markanter Weg- bzw. Knotenpunkten (Knotenpunktwissen) (links) und Streckenwissen (rechts) (Eigene Erhebung am 08.06.2018).

In den parallel geführten Protokollen wurden neben Bemerkungen und dem Gesprächsverlauf zu- meist auch personenbezogene Informationen wie der Wohnort und der Zweck des Aufenthalts in der Stadt vermerkt. Mehrheitlich sind die Befragten EinwohnerInnen Heidelbergs oder stammen aus der näheren Umgebung und halten sich demnach häufig in der Stadt auf. Gerade die detaillierten Abbil- dungen entstammen ZeichnerInnen, die sich nahezu täglich im öffentlichen Raum Heidelbergs be- wegen und diesen dementsprechend detailliert und mit persönlichen Eindrücken bildlich verknüpft wiedergeben können. BesucherInnen der Stadt, die die Minderheit der Teilnehmenden darstellen, zeigen lückenhafte Kenntnisse der Stadtstruktur. In den meisten Fällen sind nur der aktuelle Aufent- haltort der Befragten oder allgemein bekannte Örtlichkeiten wie das Schloss oder die Alte Brücke dargestellt. Die Bahnstadt zeichnet oder erwähnt niemand der nicht in Heidelberg wohnenden Teil- nehmerInnen. Der Wohnort nimmt folglich erwartungsgemäß Einfluss auf die Genauigkeit der Dar- stellung, jedoch kaum auf die Wahl der dargestellten Plätze und Elemente.

7.9.1 Vorstellungen und Darstellungen der öffentlichen Plätze und Räume in Heidelberg

Die offen gehaltene Aufgabenstellung, eine Skizze der öffentlichen Räume bzw. Plätze in Heidelberg anzufertigen, soll einen Überblick darüber geben, welche Orte am meisten im Gedächtnis verankert sind und damit von den Befragten als repräsentativ für die Stadt wahrgenommen werden. Zum Teil werden in den Darstellungen die einzelnen Orte symbolhaft in einer groben Karte verankert, andere Zeichnungen ergänzen den jeweiligen Ort mit einem charakterisierenden Element (z. B. Heiliggeist- kirche am Marktplatz in der Altstadt). Häufig finden sich auch Mischformen der Karten mit Darstel- lung der persönlich wichtigsten Plätze, ergänzt durch markante Knotenpunkte wie Geschäfte, Restau- rants, Cafés, Straßenkreuzungen oder öffentliche Einrichtungen. Insgesamt entstanden 43 der 55 Mental Maps mit dem eher offenen Arbeitsauftrag, einen oder mehrere öffentliche Räume in Heidel-

berg aus dem Gedächtnis zu skizzieren. Die InterviewerInnen waren bei der Ansprache angehalten, keine Plätze oder andere Knotenpunkte beim Namen zu benennen. Auf diese Weise entstanden vielfältige Zeichnungen der unterschiedlichsten Plätze und andere markante Elemente sowie Orte der Stadt. Am häufigsten wurde der Bismarckplatz dargestellt (15 Darstellungen). Ebenfalls häufig finden sich auf rund einem Viertel der Karten der Universitätsplatz (11 Darstellungen), das Schloss (10 Darstellungen), die Alte Brücke (8 Darstellungen) und der Friedrich-Ebert-Platz (8 Darstellungen). Daran schließen sich eine Reihe weiterer prägender Stadtelemente mit jeweils sechs Darstellungen an: die Neckarwiese, der Hauptbahnhof, der Marktplatz, der Kornmarkt und das Rathaus. Andere Knotenpunkte werden hingegen nur von Einzelpersonen dargestellt wie z. B. die Stadtbücherei, der Heumarkt oder das Karlstor. Die Mehrheit der entstandenen Mental Maps eint der Fokus auf die Altstadt bzw. die zentralen Kernstadtbereiche von Bergheim bis zum Hauptbahnhof. Markante, aber am Rand der Innenstadt gelegenen Strukturtypen bzw. -elemente, kommen den Befragten hingegen kaum ins Gedächtnis, so zum Beispiel das Karlstor (eine Darstellung), die Thingstätte (eine Darstellung) oder der Neckarmünzplatz (eine Darstellung). Auch rückt die Bahnstadt nahezu völlig aus dem Fokus der Befragten. Orte in der Bahnstadt wie der Gadamer Platz (eine Darstellung) oder die Schwetzingen Terrasse (2 Darstellungen), kommen in den Karten mit offenem Arbeitsauftrag lediglich in drei Fällen vor (Tabelle 21). Dies überrascht insofern, als dass die Erhebungen an beiden Tagen sowohl in der Altstadt bzw. Bergheim, als auch in der Bahnstadt stattfanden. Dennoch zeichnen auch die befragten Personen in der Bahnstadt eher die Plätze und Orte der Stadtteile westlich des Hauptbahnhofs bzw. des Bismarckplatzes. Auf Nachfrage geben einige Personen an, die Plätze der Altstadt seien „charakteristisch für Heidelberg“ und sehenswert (Protokoll 8, 9, 10). Es sind, wie in vielen anderen Städten auch, vor allem die Altstadt und bekannte Baudenkmäler (in Heidelberg vor allem das Schloss), die das Image der Stadt prägen und aufgrund dessen die Mehrheit der TouristInnen die Stadt besucht. Es sind die Orte „an denen sich am meisten aufgehalten wird und die man mit Heidelberg verbindet“ (Protokoll 23). Mit der neu geschaffenen Bahnstadt müssen sich sowohl EinwohnerInnen als auch BesucherInnen noch identifizieren. Auch stellt die Altstadt mit der Hauptstraße das Konsumzentrum der Stadt dar und ist als Fußgängerzone von dem Störfaktor Verkehr entkoppelt aber dennoch zentral und gut erreichbar – „in der Fußgängerzone landet man immer“ (Protokoll 24). Dieses Ergebnis deckt sich mit der Auswertung der standardisierten Fragebogenerhebung aus dem Vorjahr, die ebenfalls eine höhere Bekanntheit der Plätze in der Altstadt ergab (Kapitel 7.6). Andere ProbandInnen fokussieren ihre Darstellungen auf die persönlich wichtigen Orte mit „Wohlfühlfaktor“ (Protokoll 11), mit denen sie Erlebnisse und positive Gefühle in Verbindung bringen. In einigen Fällen wird dieser Wohlfühlfaktor weiter definiert durch Begriffe wie „Lebendigkeit“, „Kultur“, der Möglichkeit zu „Aktivitäten“ oder im Fall der Neckarwiese als „naturnah[e] [...] Oase inmitten der Stadt“ (Protokoll 11). Diese spielt für viele BewohnerInnen Heidelbergs eine tragende Rolle bei der Freizeitgestaltung und ermöglicht eine Vielzahl an Aktivitäten und Raum zur Erholung. An die Neckarwiese direkt angrenzend ist in vielen Abbildungen der Neckar als natürliche Grenze zu identifizieren. Mehrheitlich

wird diese Barriere auch als Grenze der Karte gewählt. In südlicher Richtung wird vorwiegend die Plöck, die Friedrich-Ebert-Anlage oder sogar die südlichen Endpunkte der Plätze südlich der Hauptstraße gewählt, z. B. die Neue Universität als bauliche Begrenzung im Süden des Universitätsplatzes. Zu berücksichtigen bleibt, dass wenige Darstellungen bzw. einige Elemente der Karten nicht identifizierbar bzw. deren Bezeichnungen nicht lesbar sind und daher nicht in die Auswertung mit eingingen.

Im weiteren Verlauf der Gespräche wurden in den meisten Fällen weitere Eindrücke der öffentlichen Räume oder generell der Gestaltung der beiden Stadtteile Altstadt und Bahnstadt im Vergleich erfragt. Die hierzu im Protokoll verzeichneten Anmerkungen der TeilnehmerInnen liefern zu den Mental Maps und Fragebogenergebnissen des Vorjahres ergänzende Informationen zur Wahrnehmung und Vorstellung der Gestaltung öffentlicher Räume. Insgesamt geben neun Befragte eine eindeutige Bevorzugung einer der beiden Stadtteile an. Das Ergebnis ist bei dieser geringen Fallzahl nahezu ausgeglichen: Vier Personen empfinden die Altstadt als „schöner“ und „ansprechender“, während fünf Personen die Bahnstadt und deren Gestaltung eindeutig positiver und „ästhetischer“ (Protokoll 41) bewerten. Generell geben viele ProbandInnen positive sowie negative Merkmale zu beiden Stadtteilen an. Positiv wird in der Altstadt und in Bergheim die Nähe zur Natur bewertet (Protokolle 8, 9). Die Nähe zum Freiraum des Pfaffengrunder Felds, direkt an die Bahnstadt angrenzend, wird von keinem bzw. keiner Befragten geäußert. Viele Personen, gerade auch die in Heidelberg lebenden, verknüpfen die öffentlichen Räume mit geschichtlichen und persönlichen Ereignissen und Erinnerungen. So sind in der Altstadt vielen Befragten ehemalige Nutzungen von Plätzen und Gebäuden bekannt. In den Beschreibungen und Protokollen zu den Skizzen werden in einigen Fällen die persönliche Identifikation mit der Stadt und den Räumen deutlich. Damit einher geht häufig der Wunsch nach Beständigkeit und Erhalt von Tradition und Geschichte, dem mit Hilfe des Denkmalschutzes in vielen Fällen bereits Folge geleistet wird.

Die Präsenz der vielen Menschen in der Altstadt, insbesondere von TouristInnen, wird von den TeilnehmerInnen ambivalent wahrgenommen. So wird dem Universitätsplatz beispielsweise eine gewisse „Lebendigkeit“ (Protokoll 11) zugesprochen. Während einige ProbandInnen das Leben und Treiben in der Altstadt schätzen, bevorzugen andere wiederum Plätze als Orte der „Rast und Ruhe“ und zum „Innehalten“ von den „überfüllten“ Bereichen (Protokoll 14).

Generell wird die Vielfältigkeit an Möglichkeiten, die öffentliche Räume bieten, in den meisten Fällen – bewusst oder unbewusst – positiv wahrgenommen. Das Nebeneinander von Aktivitäten und Angeboten eröffnet eine Auswahl und befriedigt den Wunsch nach Vielseitigkeit. Wer sich in seiner Freizeit im öffentlichen Raum der Stadt aufhält, tut dies zumeist freiwillig und wählt Ort und Tätigkeit nach den persönlichen Vorlieben. Während die Mehrzahl der öffentlichen Plätze in der Stadt mit mindestens einer kleinen Anzahl an Sitzgelegenheiten ausgestattet ist, dominieren am Markplatz die Schankflächen der umliegenden Restaurants und Cafés. Gemessen an der Größe des Platzes stehen darüber hinaus nur wenige Bänke für „Nichtkonsumierer“ zur „Teilhabe am öffentlichen Leben“

(Mental Map 1a) zur Verfügung. Am Friedrich-Ebert-Platz treten die Sitzgelegenheiten im Wechsel mit der Baumbepflanzung als Gestaltungselemente und der Markt als Nutzung positiv in den Vordergrund. Auch die Erreichbarkeit und die Infrastruktur durch die darunter liegende Tiefgarage, deren Zu- und Ausfahrt kaum das Geschehen auf dem Platz beeinträchtigt, wird positiv angemerkt. Dennoch gibt es auch hier kritische Äußerungen, welche die hohe Versiegelung und mangelnde Beschattung betreffen.

Bezugnehmend auf die Parkanlagen in Heidelberg hält eine Person fest, der Park an der Stadthalle sei unauffällig und nicht ansprechend angelegt, lediglich bei Festivitäten fände eine Nutzung statt. Dem gegenüber sei die Umgestaltung der Anlage Seegarten bzw. Schwanenteichanlage um die Stadtbibliothek gelungen und geprägt von einer aufgelockerten, offenen und freundlichen Gestaltung, die auch den Bedürfnissen von Kindern gerecht werde. Der Adenauer Platz sei diesbezüglich ein Beispiel von Verwahrlosung und Nichtnutzung infolge des umliegenden Verkehrs sowie dem negativ behafteten Bild der Unterführung. In der Vergangenheit sei dieser Ort „offener“ und „zugänglicher“ gewesen (Protokoll 18). Der „Stadtpark“, gemeint ist die Schwanenteichanlage, wird insgesamt lediglich zweimal genannt und stellt für eine Befragte die „einzige Parkanlage“ mit einer „Grünfläche als Ruheoase“ (Protokoll 26) Heidelbergs dar, alle weiteren Anlagen seien nicht vergleichbar.

Der Bismarckplatz dient, wie auch die Auswertung der Fragebogenerhebung ergab, als „Verkehrsknotenpunkt“ (Protokoll 3b) und Treffpunkt. Er wird aber aufgrund des hohen Verkehrs- und Personenaufkommens von einem befragten Schulkind (13 Jahre) auch als „uneingeteilt“ und chaotisch bezeichnet (Protokoll 3b). In dieser und einigen weiteren Aussagen lassen sich Gefühle von Unsicherheit in Bezug auf die zuweilen unübersichtliche Situation am Platz erkennen. Diese Unsicherheit spiegelt sich zum Teil auch in den Darstellungen wieder. Elemente sind teilweise falsch verortet, Schienenverläufe, Straßen und ein (Über-)angebot von Einkaufsmöglichkeiten erscheinen unstrukturiert. Zwei Begriffe beherrschen die Ausführungen zum Bismarckplatz – (viele) „Autos“ und „Menschen“. Eine Passantin zitiert diesbezüglich ein Heidelberger Sprichwort: „Es ist genauso gut aufgehoben wie auf dem Bismarckplatz“ (Protokoll 16).

Bei Betrachtung der Vielzahl an öffentlichen Freiräumen und Platztypen in der Altstadt fällt der Mangel dieser in anderen Stadtteilen auf. In direkter Umgebung des Hauptbahnhofs, als weiterer Verkehrsknotenpunkt und Eintrittstor vieler PendlerInnen und TouristInnen in die Stadt, finden sich kaum öffentliche Plätze (Protokoll 12). Im Zuge der Umgestaltung des Hauptbahnhofs und der Neugestaltung des Bahnhofplatzes Süd in Richtung Bahnstadt befindet sich dieser Teil Heidelbergs in einer Umgestaltungsphase und könnte künftig mehr an Bedeutung gewinnen. Bisher wird dieser von einigen darauf bezugnehmenden ProbandInnen als „unangenehm“ (Protokoll 27) bezeichnet. Diese Aussagen beziehen sich dabei sowohl auf die Atmosphäre des Ortes als auch auf die dort anzutreffenden Menschen.

Tabelle 21: Öffentliche Räume und Knotenpunkte sowie deren Darstellungshäufigkeiten im Rahmen der offenen Fragestellung (43 von 55) während der Mental Maps Erhebung (Eigene Erhebung).

Arbeitsauftrag	Anzahl Mental Maps	Platz, Knotenpunkt (landmark)	Darstellungshäufigkeit
Öffentliche Räume in Heidelberg	43	Bismarckplatz	15
		Universitätsplatz	11
		Schloss	10
		Alte Brücke	8
		Friedrich-Ebert-Platz	8
		Hauptbahnhof	6
		Kornmarkt	6
		Marktplatz	6
		Neckarwiese	6
		Rathaus	6
		Karlsplatz	5
		Galeria Kaufhof	4
		Marstall	4
		Heiliggeistkirche	3
		Philosophenweg	3
		Theater(platz)	3
		Untere Straße	3
		Adenauerplatz	2
		Bürgeramt Altstadt	2
		Halle 02	2
		Im Neuenheimer Feld	2
		Seegarten	2
		Stadthalle	2
		Stadtpark	2
		Schwetzingen Terrasse	2
		Gadamer Platz	1
		Heumarkt	1
		Karlstor	1
		Kino (ehemaliges Lux Harmonie)	1
		Marktplatz Neuenheim	1
Neckarmünzplatz	1		
Stadtbücherei	1		
Thingstätte	1		
Wehrsteg	1		

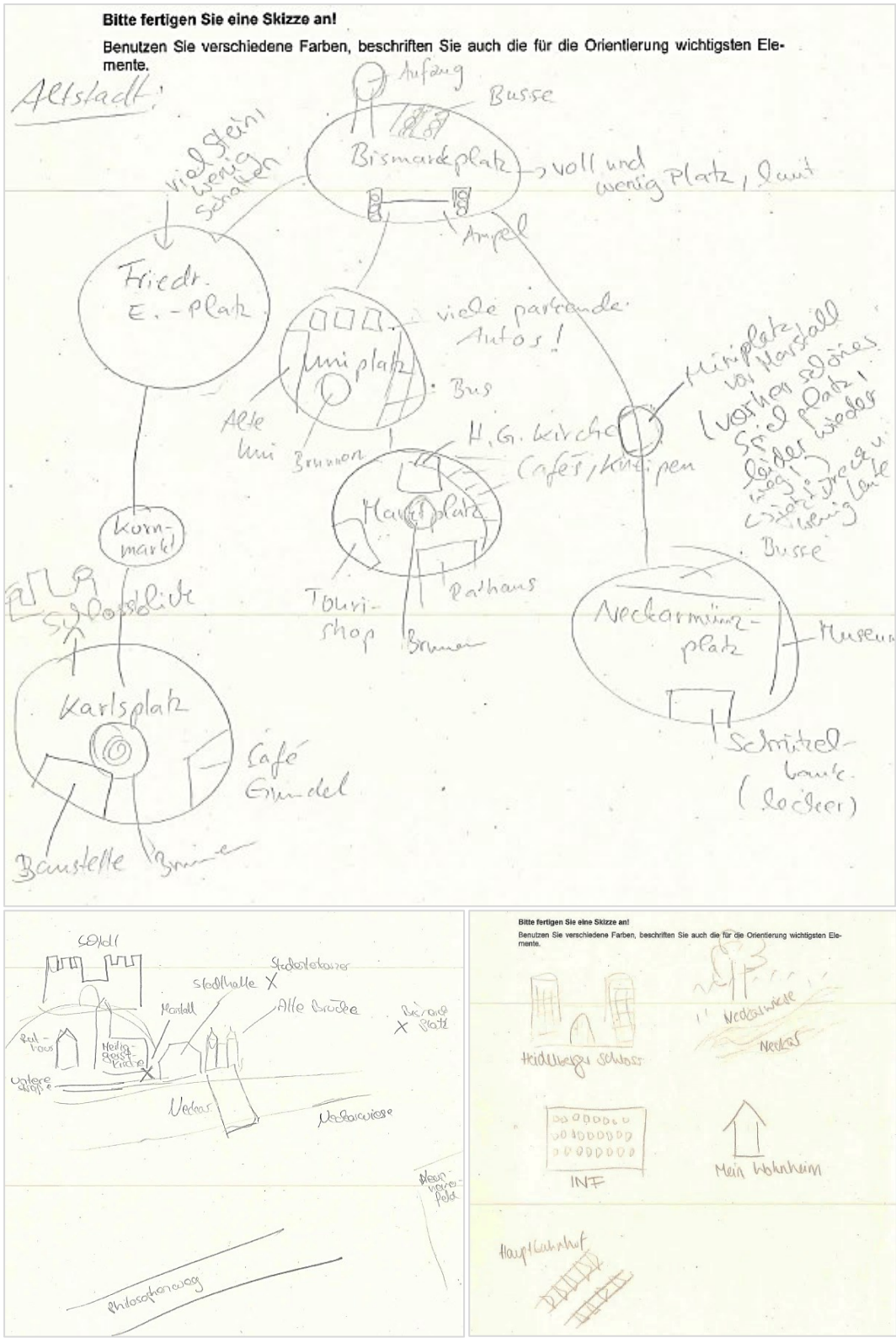


Abbildung 82: Ausgewählte Mental Maps der öffentlichen Räume in Heidelberg (Eigene Erhebung am 08.06.2018).

7.9.2 Auswertung der Darstellungen des Universitätsplatzes

Mehrheitlich sind die Zeichnungen des Universitätsplatzes als 2D-Übersichtspläne aus der Vogelperspektive angefertigt. Gebäude oder Vegetation werden zum Teil flächig oder perspektivisch dargestellt, teilweise auch nur als Symbole oder durch Begriffe abgebildet. Einige Skizzen sind mit Beschriftungen, beschreibenden Adjektiven oder Symbolen ergänzt (Abbildung 82 und 84). Auch die Ausrichtung der Karten variiert, mehrheitlich wurde jedoch die Darstellung aus Blickrichtung Westen oder Norden gewählt. Der Universitätsplatz wird von den umliegenden Gebäuden und der Hauptstraße begrenzt und vorwiegend durch die Neue Universität im Süden beherrscht. Diese Begrenzung und Dominanz der Neuen Universität wird auch in den Darstellungen abgebildet. Zudem sind die Stufen zum Gebäude der Neuen Universität prägendes Element und finden sich in den Abbildungen wieder. Diese dienen häufig auch als Ersatz für die geringe Anzahl alternativer Sitzmöglichkeiten. Darüber hinaus sind die Funktionen und Namen der umliegenden Universitätsgebäude weitgehend bekannt und werden von den Befragten angegeben.

Die freie und kreative Ausdrucksform der Mental Maps gibt den PassantInnen die Möglichkeit ohne Vorgaben Assoziationen und Wahrnehmungen der Plätze darzustellen und wiederzugeben. Im Fall des Universitätsplatzes fallen die Urteile zumeist ambivalent aus. Einige Merkmale finden sich auf nahezu allen Skizzen sowie in den dazugehörigen Protokollen wieder: Positives Merkmal ist der Baumbestand am Platz und die damit einhergehenden positiven Assoziationen wie Kühle, Beschattung, Natur in der Stadt und Erholung. Dennoch äußern auch diesen Platz betreffend einige TeilnehmerInnen der Befragung den Wunsch nach mehr Begrünung. Negativ tritt in den meisten Ausführungen der Verkehr in den Vordergrund, hervorgerufen durch die Haltestelle des ÖPNV und Anlieferverkehr westlich des Platzes. Ein Proband beschreibt die Situation zwischen den VerkehrsteilnehmerInnen sogar als „Todesgefahr“ durch „Busse, Radfahrer und [die] Enge“ (Protokoll 30) und ein weiterer als „beklemmend für Fußgänger“ (Protokoll 15). Auch der Zustand und die Anzahl der Fahrradstellplätze entsprechen nicht den Vorstellungen der TeilnehmerInnen. In einigen Fällen werden auch der Pflegezustand des Baumbestands und die damit einhergehenden Verschmutzungen negativ beurteilt. So seien die Bäume „schmuddelig“ und dienten häufig als „Hundeklos“ (Protokoll 28). Auch die sich darunter befindlichen Fahrradstellplätze und Sitzmöglichkeiten seien durch Verunreinigungen gekennzeichnet. Weitere Merkmale, die ebenfalls Elemente des Fragebogen 1 darstellten, werden von den TeilnehmerInnen der Mental Maps Befragung spontan aufgegriffen, so zum Beispiel die wenigen Sitzgelegenheiten am Platz. Insgesamt bemängeln fünf Personen explizit die zu geringe Anzahl und teilweise den Pflegezustand der Sitzgelegenheiten am Universitätsplatz. Der schlechte Zustand der vorhandenen Sitzgelegenheiten am Universitätsplatz sowie deren Anzahl ist Inhalt der Mehrheit aller Protokolle zu den Karten – „richtig schön sieht’s nicht aus“ (Protokoll 7). Damit einhergehend wird von einem Befragten die mangelhafte Nutzbarmachung des Raums beanstandet. Der Ort lade nicht zum Verweilen ein, da vor allem die Mitte des Platzes ohne Vegetation, Sitzgelegenhei-

ten oder sonstigen Objekten als toter, nicht nutzbarer Raum empfunden wird und generell „keine Aufenthaltsqualität“ (Protokoll 28) aufweise (Abbildung 83).



Abbildung 83: Perspektiven des Universitätsplatzes an einem Sommertag im August 2018 (Eigene Aufnahmen am 29.08.2018).

Des Weiteren wird der Name Universitätsplatz in diesem Kontext als kritisch bewertet, da die „studentische Identität“ (Protokoll 30) aufgrund der fehlenden Angebote und ungenügenden Gestaltung nicht gewährleistet sei. Dies wird auch auf die weiträumig verteilte Lage der vielen Universitätsgebäude zurückgeführt. Es fehle ein zentraler Platz als Treffpunkt aller Studierenden, der Universitätsplatz werde diesem Anspruch jedoch aus beschriebenen Gründen nicht gerecht. Am ehesten diene der Marstall als Identitätsort der Studierenden. Während bei einfacher Beurteilung des Platzes zwischen eher positiver oder negativer Wahrnehmung im Fragebogen 1 nahezu alle TeilnehmerInnen an den Erhebungstagen 2017 den Platz der Kategorie positiv zuwiesen, fällen die ProbandInnen der Mental Maps Erhebung ambivalenter Urteile. Positiv wird der Platz nur unter gewissen Einschränkungen wahrgenommen. Einige Befragte nehmen den Platz sogar als „chaotisch“ und „unstrukturiert“ (Protokoll 31) und folglich eher negativ wahr. Ein anderer Teilnehmer wählt die Bezeichnung „grauer Pla[t]z“ (Mental Map 28).

Positiv hervorgehoben wird, teilweise im Gegensatz zum direkten Vergleich mit der Bahnstadt, die architektonische Gestaltung der Altstadt und Umgebung des Universitätsplatzes. So seien das Kopfsteinpflaster oder die Sandsteinlaibung der Fenster an einigen Gebäuden „ansprechend“ und „attraktiv“ (Protokoll 5, 6). Auf der anderen Seite wird die Architektur der Neuen Universität bzw. vor allem deren Fassade als „absurd“ und „hässlich“ betitelt (Mental Map 30). Ergänzend wird der Löwenbrunnen vor der Alten Universität in den meisten Skizzen abgebildet und als positives Element wahrgenommen.

In den Skizzen nicht dargestellt, erwähnen einige ProbandInnen auch die Nutzung des Universitätsplatzes als Hauptstandort für den Heidelberger Weihnachtsmarkt. Diesbezüglich werden allerdings mehrheitlich negative Assoziationen wie eine zunehmende Kommerzialisierung, einhergehende Menschenmassen sowie Verunreinigungen des Platzes und der öffentlichen Bereiche geäußert. Positiv beurteilt wird hingegen in einigen Protokollen und Skizzen die Anwesenheit von StraßenmusikerInnen am Rande der Hauptstraße in diesem Bereich. Diese sorgten für Lebendigkeit am Platz (Protokoll 5). Des Weiteren dient der Platz als Treffpunkt. Der Aspekt der Erholung oder generell des Aufenthalts wird nicht genannt.



Abbildung 84: Ausgewählte Mental Maps des Universitätsplatzes. Die Befragungen fanden jeweils an anderen Standorten statt (Eigene Erhebung am 08.06.2018 und 20.07.2018).

7.9.3 Auswertung der Darstellungen der Bahnstadt und Schwetzingen Terrasse

Explizite Darstellungen der Schwetzingen Terrasse entstanden im Rahmen der Erhebungstage lediglich in zwei Fällen. Einige geräumigere Zeichnungen der Bahnstadt ergänzen diese. Die geringe Zahl der Darstellungen ist auf die Unkenntnis vieler PassantInnen zurückzuführen und die damit in Verbindung stehende und geäußerte Unfähigkeit eine Skizze anzufertigen. Alle Darstellungen der Schwetzingen Terrasse oder Bahnstadt teilen die detailarme und grobe, zum Teil fehlerhafte Zuordnung der Gebäude und Elemente (Abbildung 87). Des Weiteren lag der Fokus der Darstellungen in der offenen Aufgabenstellung mehrheitlich, ohne vorherige Beeinflussung und unabhängig des Standortes der Befragung, auf den öffentlichen Räumen der Altstadt und angrenzender Stadtteile wie Bergheim. Dies spiegelt sich auch im generellen Eindruck an den Erhebungsphasen wieder. Während die Altstadt belebt, zeitweise überfüllt und laut erscheint, wird die Bahnstadt ruhig und an den heißen

Sommertagen nahezu leer erlebt. Dort zieht sich das öffentliche Leben an Extremtagen, wie sie im Sommer 2018 häufig auftraten, in die Innenräume oder wenigen Freiflächen wie den Zollhofgarten zurück. Die Straßenzüge, die Promenade, der Gadamer Platz, die Spielplätze, Innenhöfe und Terrassen sind zeitweise menschenleer (Abbildung 85 und 86). Während der Erhebungsphase 2017 war dieses Bild zumindest an der Schwetzinger Terrasse weniger deutlich ausgeprägt. Das am Standort befindliche Fontänenfeld stellt gerade für Familien, deren Kinder dieses als Spielfeld nutzen, einen wichtigen Nutzungs- und Gestaltungsfaktor dar. Während dieses 2017 noch zeitweise aktiv war, fehlte dessen Kühl- und Spielfunktion aufgrund des durch Kalkablagerungen verursachten Gefahrenpotenzials im Extremsommer 2018 gänzlich.



Abbildung 85: Schwetzinger Terrasse mit abgesperrtem Wasserfontänenfeld an einem Sommertag im August 2018 (Eigene Aufnahme am 29.08.2018).

Vielfach kritisiert werden in der Bahnstadt die „graue“ Bebauung (Protokoll 6), der hohe Versiegelungsgrad und die vermeintliche Einheitlichkeit der Gebäude (Protokoll 14). Auch die Schwetzinger Terrasse wird diesbezüglich eher negativ wahrgenommen und dargestellt. Die Aufenthaltsqualität entspricht vor allem aufgrund der bisher nahezu fehlende Beschattung und Begrünung nicht derer anderer Orte wie beispielsweise am Zollhofgarten. Eigentlich als Verunreinigungen angesehene Graffiti werden sogar als positive, farbige „Auflockerung“ wahrgenommen (Protokoll 44). Daran anknüpfend wird die Atmosphäre der Bahnstadt aufgrund der Bebauung auch als „Käfig-Charakter“ (Protokoll 5) bezeichnet, einhergehend mit einer „erschreckenden [...] Geradlinigkeit“ (Protokoll 44). Dennoch erkennen einige TeilnehmerInnen darüber hinaus das Entwicklungspotenzial der Gestaltungselemente, vor allem der Vegetation, an (Protokoll 5, 6). Eine Person beschreibt die Bahnstadt als „blinden Fleck“ (Protokoll 12), der trotz der Nähe zum Hauptbahnhof wenig frequentiert ist. Viele Befragte äußern den Gedanken, die Bahnstadt passe – bezugnehmend auf ihre Gestaltung – nicht zur

übrigen Stadt Heidelberg, sie sei „zu urban“ und viele „Hipster“ (Protokoll 14) lebten dort. Bergheim hingegen zeige ein vergleichsweise „schöneres Stadtbild“ (Protokoll 42).



Abbildung 86: Szenen und Perspektiven der Bahnstadt an einem Sommertag im August 2018 mit a. Stichstraße mit Ankerplatz b. Promenade c. ICE-Spielplatz d. bepflanzte Sitzelemente an der Promenade e. Pfaffengrunder Terrasse f. Schwetzingener Terrasse g. Verbindungsweg entlang der Innenhöfe zwischen Schwetzingener Terrasse und Pfaffengrunder Terrasse (Eigene Aufnahmen am 29.08.2018).

Wichtiges und von einigen Teilnehmenden positiv hervorgehobenes Merkmal der Bahnstadt ist die Familienfreundlichkeit. So charakterisieren einige Personen die Altstadt aufgrund des Menschaufkommens und der Lautstärke als für Studierende und TouristInnen passend, während die Bahnstadt für Familien, Kinder und SeniorInnen altersgerecht geplant sei (Protokoll 31). Damit einhergehend

wird ein erhöhtes Maß an Sicherheit, basierend auf der geordneten Bebauung und der vorwiegenden Klientel, in der Bahnstadt benannt. Dennoch herrsche eine gewisse Anonymität, die zum Teil durchaus positiv bewertet wird. Die Bahnstadt biete Möglichkeiten zum Kontakt, gleichermaßen bleibt ein gewisser Grad an Anonymität gewährt sofern der Wunsch danach besteht. Diese Anonymität kann einerseits – wie im Fall der Altstadt – bedingt sein durch eine große Zahl und Wechsel von Menschen und auf der anderen Seite durch eine gewisse Leere und Platz entstehen, wie sie in der Bahnstadt zeitweise zu finden ist. Die Altstadt hingegen biete dieses Maß an Sicherheit, Platz und Übersichtlichkeit, das gerade für Familien und Kinder wichtig sei, nicht. Vor allem die Infrastruktur mit Schule und Kindergärten bzw. Kindertagesstätten und die Spielplätze in der Bahnstadt (Zollhofgarten, Feuerwehr-Spielplatz an der Schwetzinger Terrasse, ICE-Spielplatz und Bauernhof-Spielplatz entlang der Promenade) sind wichtige, für Familien im Vordergrund stehende Aspekte. Eine Person empfindet die Anwesenheit vieler Familien mit Kindern aber auch als störend, da die Bahnstadt aufgrund ihrer Bauweise ebenso eine altersgerechte Wohngegend für SeniorInnen sei (Protokoll 42).

Die Schwetzinger Terrasse entspricht für keine/n der Befragten einem hervorzuhebenden Beispiel eines öffentlichen Raumes. Zu viele Kritikpunkte – farbliche Gestaltung, fehlende Beschattung und Anordnung der Gestaltungselemente – hindern viele Befragte an der Nutzung der Fläche. So seien die Bäume zum Beispiel „optisch gepflanzt“ (Protokoll 44) und wenig funktionell. Tatsächlich befinden sich die Sitzgelegenheiten nur zeitweise im Schattenfall der noch jungen Bepflanzung und bieten keinen ausreichenden Schutz vor der Sonneneinstrahlung. Auch geben zwei Personen an, noch nie über die Schwetzinger Terrasse gegangen zu sein und diese nur von Busfahrten oder als Passant auf dem Langen Anger aufgrund des Namens der Haltestelle zu kennen. Ebenfalls in der Bahnstadt gelegen, ist mit dem Zollhofgarten die Gestaltung eines eher positiv wahrgenommenen Freiraums gelungen. Dort werden alte Elemente wie die „Halle02“ mit neuen Elementen kombiniert. Grünfläche, Spielflächen und Sportflächen verknüpfen vielfältige Nutzungsangebote und auch der optische Eindruck stellt sich im Vergleich zur Schwetzinger Terrasse bunter, vitaler und dynamischer dar.

Die Schule am Gadamer Platz wird in einem Fall besonders positiv hervorgehoben. Diese sei, ebenso wie die Nutzung der Dachfläche als Sportplatz, „gelingen“ (Protokoll 5).

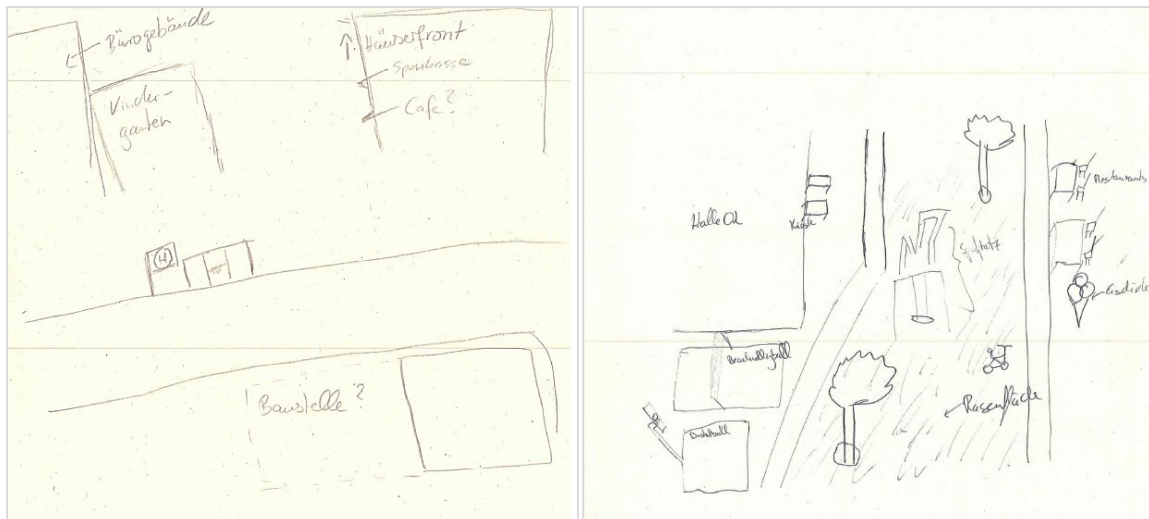


Abbildung 87: Mental Maps der Schwetzingter Terrasse (links) und des Zollhofgartens (rechts) (Eigene Erhebungen am 08.06.2018 und 20.07.2018).

Zusammenfassend äußert ein Proband, was viele Protokolle zwischen den Zeilen beschreiben: „Jeder Stadtteil hat seine Reize“ (Protokoll 43).

Die in diesem Projekt erhobenen Daten und die daraus abgeleiteten Ergebnisse bieten vielfache Anknüpfungspunkte für Neugestaltung der Flächen und Gestaltungsmaßnahmen die der gesteigerten Aufenthaltsqualität und der Anpassung an das Mikroklima gleichermaßen Rechnung tragen. Das folgende Kapitel verknüpft diese Aspekte und leitet daraus allgemeine und konkrete Planungshinweise für die Stadt Heidelberg ab.

8 Planungshinweise für die nachhaltige und klimangepasste Stadt

Die Rahmenbedingungen für die Schaffung multifunktionaler und gestalterisch ansprechender öffentlicher Räume in stark wachsenden urbanen Räumen sind nicht optimal: Zunehmende Verdichtung und Versiegelung – horizontal sowie auch vertikal –, extreme physische, soziale und ökonomische Standortabhängigkeiten, fortschreitende Privatisierung, Ausschöpfung des Flächenpotenzials, Pflegeaufwand und andauernde Zunahme des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie die aktuelle Entwicklung im Zuge des anthropogenen Klimawandels. Bei der zu erwartenden langen Bestehensdauer von Plätzen und Freiräumen im Stadtgefüge ist der Einbezug der sich verändernden klimatischen Situation in die Planung, Gestaltung und Pflege unerlässlich (ECKARDT 2012, HARDT & SCHELLER 2010, PETROW 2010a, PETROW 2010b, PETROW 2012, REIF 2017). Generell unterscheidet man zwischen Maßnahmen des Klimaschutzes und solchen der Klimaanpassung. Während Klimaschutzmaßnahmen wie Emissionsreduktion grundsätzlich globale Auswirkungen haben, wirkt die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in erster Linie regional und lokal. Der Maßnahmenkatalog kann sich dabei auf die Gesamtstadt, einzelne Quartiere oder auf die Gebäudeebene beziehen. Gleichmaßen stehen derlei Strategien und Projekte jederzeit im Konkurrenzfeld mit anderen Prioritäten und Zielen in der planenden Verwaltung und Praxis (GROWE & SCHMIDT 2018). Im Folgenden sollen zunächst einige internationale Klimaanpassungsprojekte sowie generelle Adaptionsmaßnahmen diskutiert und deren Potenzial auf die Stadt Heidelberg übertragen werden. Im Fokus der ausgewählten Großprojekte liegt dabei die Problematik der „Urban Heat Island“ und Möglichkeiten zur Adaption und Milderung des Effekts. Daran anknüpfend werden im nächsten Schritt, anhand der erhobenen Daten, konkrete Planungshinweise für ausgewählte öffentliche Plätze in Heidelberg vorgestellt. Diese sind auf größerer Maßstabsebene auch Bestandteil des Klimagutachtens der Stadt Heidelberg 2015. Die Wichtigkeit der Umsetzung solcher Maßnahmen mit dem Ziel „Straßen und Plätze als Lebensraum zurück[zu]gewinnen, [deren] Aufenthaltsqualität [...] [sowie die generelle] Umweltsituation [zu] verbessern“ (STADT HEIDELBERG 2015c, 3) wird durch das Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie der Stadt Heidelberg anerkannt (STADT HEIDELBERG 2015c).

8.1 Allgemeine Eingriffsmöglichkeiten zur Klimawandelanpassung anhand ausgewählter internationaler Beispiele

Dass sich Vegetation und Grünanlagen in Städten positiv auf deren Mikroklima auswirken ist bereits seit dem frühen 18. Jahrhundert bekannt. 1722 beschrieb der Botaniker Thomas Fairchild in seinem Buch „The City Gardener“ die Vorteile der Stadtteile Londons entlang der Themse mit erhöhtem Grünanteil bezüglich der Luftverschmutzung. Des Weiteren enthielt seine Veröffentlichung eine Liste mit Pflanzen, die als besonders angepasst an den Lebensraum Stadt galten, darunter Efeu (*Hedera helix*) (STIFTUNG DIE GRÜNE STADT 2010). Der Zusammenhang zwischen Stadtgrün, urbanem Mikroklima und der Aufenthaltsqualität in verdichteten Räumen ist inzwischen eindeutig belegt

und unumstritten. Moderne Stadtbegrünung und Grünflächenplanung können dabei häufig bereits durch kleine Maßnahmen eine Verbesserung der klimatischen Situation bewirken. Untersuchungen der Technischen Universität Berlin (TUB) (2007) zufolge können durch mehrere kleinere, vernetzte Grünanlagen von ca. einem Hektar effizientere Kühlleistungen erbracht werden, als durch einen zentralen großen Park. Die Kühlleistung soll hierbei in einem Umkreis von etwa 300 m mess- und spürbar sein. Demnach können mehrere Grünflächen den Gesamtwirkungsgrad deutlich vergrößern. Auch die Entsiegelung von Bodenbelägen im öffentlichen Raum trägt bereits zu einer klimatischen Verbesserung bei. Hier kommt den sogenannten „Pocket Parks“ eine innovative Bedeutung zu. Dies sind kleinräumige, durch Begrünung aufgewertete Brachflächen oder zuvor ungenutzte Räume. Entscheidend bei allen Maßnahmen ist zudem die umliegende Bebauung. So können Kaltluftschneisen effizient ergänzt werden durch unterschiedliche Bebauungshöhen und gezielt eingesetzte Gebäude- oder Vegetationshindernisse, an denen Turbulenzen entstehen, die die Stadtatmosphäre kontinuierlich durchmischen (ARNFIELD 2003, OKE 1982, SCHERER & ENDLICHER 2013, TUB 2007) (Kapitel 2). Dieses klimawirksame Gestaltungskonzept steht darüber hinaus in Co-Benefit mit dem Bedürfnis nach vielzähligen, wenn auch teilweise kleinräumigen Grünelementen im Stadtgebiet, wie eine Studie zur Stadt Zürich zeigt. Aus der Umfrage geht hervor, dass auch kleinste Grünelemente im städtischen Raum, wie beispielsweise Sträucher oder Bäume, eine positive Raumbewertung fördern, auch wenn diese häufig nicht bewusst wahrgenommen werden (WILD-ECK 2003). Somit haben Grünräume zwar eine tragende Bedeutung für die Lebensqualität der Allgemeinheit, die Wahrnehmung dieser Freiflächen findet jedoch unterbewusst statt. Auch ist das Vorhandensein von Grün- und Freiflächen von größerer Bedeutung (lediglich Nicht-Vorhandensein wird als negativ wahrgenommen) als die tatsächliche Zugänglichkeit zu diesen (WILD-ECK 2003). „Die Natur und was als solche wahrgenommen wird, sorgt für psychisches und physisches Wohlbefinden, indem sie [...] als Rückzugsgebiet vor einem Zuviel an menschlichen Einflüssen, die Stimmung der Menschen positiv regulieren kann“ (WILD-ECK 2003, 407 f.).

Maßnahmen im Zuge der Klimawandelanpassung können des Weiteren innovative Architektur-Natur-Hybride darstellen. Ein Großprojekt in Tokio befasst sich beispielsweise mit dem Wasser-Evaporationssystem „Bio Skin Urban Cooling Facade“ als eine innovative technische Lösung für das Überhitzungsproblem von städtischen Gebäuden und deren Umgebung (YAMANASHI et al. 2011, COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT 2014). Ein bekanntes Beispiel ist die adaptive Fassade des NBF Osaki Building (früher Sony City Osaki) im Stadtkern Tokios. Das Gebäude war das erste, an dem Bio Skin als eine neue vorgelagerte Außenstruktur verwendet wird, die nach Prinzipien der sogenannten „Sudare“, den traditionellen japanischen Bambusjalousien, aufgebaut ist. Diese werden herkömmlich an Gebäudefassaden und vor Fenstern angebracht, um das Sonnenlicht sowie Niederschlag abzuschirmen und fungieren zusätzlich als Sichtschutz. Bio Skin ummantelt die Außenfassade von Hochhäusern und reduziert den Wärmeineffekt, indem es die Außenseite des Gebäudes mit Regenwasser aus dem Dachbereich, das durch spezielle poröse Keramikrohre geleitet wird,

kühlt. Durch Verdampfen des Wassers wird die Oberflächentemperatur der Keramikrohre und der angrenzenden Luft abgekühlt. In regelmäßigen Abständen wird bei hohen Außentemperaturen, ähnlich einer Sprinkleranlage, ein Wassernebel versprüht. Dadurch wird versucht, einen natürlichen Kreislauf nachzustellen. Messungen haben ergeben, dass durch diese Technologie unter optimalen Bedingungen, wie einem wolkenlosen Himmel, eine Reduzierung der Umgebungstemperatur von 10 °C erreicht wird. Dieser Wert entspricht der Kühlwirkung eines etwa 20.000 m² großen Parks. Basierend auf Experimenten und Simulationen geht man jedoch von einer (realistischen) durchschnittlichen Temperaturreduzierung der Umgebungsluft um ca. 2 °C aus. Ergänzend zu den natürlichen Kühleffekten schirmt das Bio Skin-System – wie eine Jalousie – das direkte Sonnenlicht ab und verringert auf diese Weise zudem die Belastung der Klimaanlage und sorgt für eine zusätzliche Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen (YAMANASHI et al. 2011, COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT 2014). Für die Anwendung des Systems in Heidelberg kämen ebenfalls eine Reihe mehrstöckiger Gebäude in Frage, die in stark hitzebelasteten Teilen der Stadt liegen. Das Neuenheimer Feld mit der Vielzahl an großflächigen Universitätsgebäuden könnte beispielsweise für die Erprobung der Technik herangezogen werden. In dem ebenfalls stark belasteten Gebiet um den Heidelberger Hauptbahnhof befinden sich ebenso einige höhere Gebäude, wie beispielsweise das Veranstaltungs- und Kongresszentrum Print Media Academy, die hierfür gleichermaßen in Frage kämen. Das System greift deutlich in das Erscheinungsbild eines Gebäudes und folglich eines Stadtteils ein, ist optisch jedoch mit der Verwendung von herkömmlichen Außenjalousien vergleichbar.

Ein ebenso innovatives Projekt findet man in Singapur. Der Stadtstaat misst Nachhaltigkeitsaspekten in der Stadtplanung eine übergeordnete Rolle bei und stellt in vielerlei Hinsicht ein Vorbild für Stadtbegrünung dar (REIF 2017). Dort wurde auf künstlich aufgeschüttetem Land eine Parklandschaft erschaffen, welche als Naherholungsgebiet unter dem Namen „Gardens by the Bay“ bekannt ist. Die Stadt verfolgt mit einer Vielzahl an Maßnahmen die Strategie eine „Stadt im Garten“ zu realisieren. Neben einem gigantischen Glasdom und einer über einem Hektar großen Nebelwaldhalle sind es vor allem die „Supertrees“, die für Aufmerksamkeit sorgen. Diese 25-55 m hohen mit Pflanzen bewachsenen Metallkonstruktionen sind aufgrund ihrer Größe Mammutbäumen nachempfunden und stellen als vertikale Gärten ein Habitat für die Tier- und Pflanzenwelt zur Verfügung. Neben der Aufzucht von seltenen exotischen Pflanzen wie Orchideen, dienen die Konstruktionen durch Anbringung von Photovoltaikanlagen auch der Energieerzeugung. Des Weiteren fungieren einige der Bäume als Kühltürme und sammeln durch ihre trichterförmige Gestalt den Niederschlag für die Bewässerung der Parkanlage. Alle positiven Eigenschaften der Begrünung kommen hier zum Tragen und regulieren die Umgebungstemperatur (REIF 2017). Die „Supertrees“ haben im Gegensatz zu normalen Bäumen den Vorteil, dass sie durch die Verankerungen im Boden keinen Platz für das Wurzelwerk brauchen und außerdem viel schneller das Endstadium der Bepflanzung beziehungsweise des Wachstums erreichen (DAVEY 2011, REIF 2017). Für die Stadt Heidelberg lassen sich einige Standorte bestimmen, die für

derartige Konstruktionen geeignet sind. Generell kommen versiegelte Plätze wie der Friedrich-Ebert-Platz und der Universitätsplatz in Frage, welche einen Mangel an Beschattung vorweisen. Hier muss die Oberfläche für die „Pflanzung“ nicht extra freigelegt werden. Darüber hinaus wären aufgrund des eher futuristischen Erscheinungsbilds der „Supertrees“ Industriegebiete oder das Gebiet der Bahnstadt passend, da diese Orte bereits durch Innovativität und Modernität geprägt sind und die Konstruktionen sich daher besser in das Erscheinungsbild einfügen als in der historischen Altstadt. Aufgrund des geschichtlich und durch die Altstadt geprägten Bilds der Stadt Heidelberg wäre auch im Hinblick auf die entstehenden Kosten jedoch mit vermehrter Kritik zu rechnen, die der zu erwartende Effekt nicht aufwiegen könnte.

Sogenannte „Green-Buildings“ als Beispiele technographischer Lösungen kommen in mehrerlei Hinsicht nicht vollumfänglich einer klimaangepassten und nachhaltigen Stadtentwicklung nach. Vor allem der Aspekt der Entsorgung der erforderlichen Materialien und Baustrukturen steht mit dem Konzept im Widerspruch. Klar ist in diesem Kontext auch, dass baubotanische Konzepte – wie auch das „Bosco Verticale“ (dt. vertikaler Wald) in Mailand – kein Standard für alle Standorte sein können. Dennoch kommt gerade Singapur im Hinblick auf seine grüne Infrastruktur bereits den futuristisch anmutenden Zukunftsvisionen für nordamerikanische oder europäische Städte nahe (REIF 2017). Die Begrünung geht in einigen Fällen sogar so weit, dass die intensive Vegetation optisch komplette Gebäudestrukturen verschwinden lässt (REIF 2017) (Abbildung 88).



Abbildung 88: Green Buildings in Singapur: Die Newton Suites als Vorläufer des Bosco Verticale in Mailand (links) und das Hotel ParkRoyal als Beispiel zeitgemäßer Verknüpfung von Architektur und Begrünung (Mitte und rechts) (REIF 2017, 21ff).

Auch sogenannte „Green Innovation Areas“ – innerstädtische Flächen, die als grüne Innovationszonen bioökonomischen Nutzen generieren – stellen eine gesellschaftliche und ökologische Neuer-scheinung dar. Der bioökonomische Nutzen wird dabei beispielsweise durch virtuelle Kraftwerke oder vertikale Landwirtschaftssysteme erzeugt. Solche Zonen sollen dabei als Treiber für die nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung fungieren. Die Revitalisierung und Umnutzung ehemaliger Brachflächen für Branchen der Bioökonomie soll dabei die Verknüpfung nachhaltiger Entwicklung

und strukturellen Wandels und die Transformation in Ersatz-Industrien darstellen (HOLLANDER et al. 2009, PALLAGST et al. 2009, PALLAGST 2017). Ein Beispiel einer Green Innovation Area ist der agroökologische Park in Zapopan, Mexiko („Parque Agroecológico de Zapopan“). Nach der Umgestaltung wurde die ehemalige Brachfläche als Grünfläche und landwirtschaftliche Nutzfläche erschlossen. Unter der Einbeziehung öffentlicher, privater sowie zivilgesellschaftlicher Akteure wird die Fläche nun hauptsächlich für die Erzeugung von Gemüse, Obst, Heilpflanzen und Zierpflanzen genutzt. Neben der positiven Auswirkung auf wirtschaftliche Aspekte der Region durch Nutzung der bioökonomischen Ressourcen, erfüllt der Park die Aufgabe der Umweltbildung und dient als Begegnungsstätte. Die Einbindung der Gesellschaft soll das soziale Bewusstsein stärken und Konsumgewohnheiten bewusst machen (PALLAGST 2017). Ein ähnliches Konzept wird mit dem im Rahmen der IBA Heidelberg geförderten Projekt „Landwirtschaftspark“ verfolgt. Die landwirtschaftliche Nutzfläche zwischen Bahnstadt, Pfaffengrund, Kirchheim und Eppelheim und die Konversionsfläche Airfield sollen durch ein Kooperationsnetzwerk aus BewohnerInnen, LandwirtInnen und Institutionen künftig umfunktioniert und gleichermaßen der Nahrungsproduktion, der Erholung, dem Naturschutz und als Bildungsort dienen. Die Co-Existenz von Naherholung und landwirtschaftlicher Nutzung verläuft oftmals nicht konfliktfrei und soll in diesem Projekt ebenfalls neugestaltet werden. Ergänzt wird das Konzept durch die Nutzung als „Lernort mit Lehrpfaden, grünem Klassenzimmer, pädagogischem Gartenbau [sowie von] Pachtparzellen für Gemüse- und Obstanbau zur Selbstversorgung“ (IBA HEIDELBERG 2018, o. S.).

Der urbane Wasserkreislauf bietet ergänzend eine Reihe von Anpassungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Stadtklimaeffekts. Auch findet in diesem Bereich in den letzten Jahrzehnten ein Umdenken und Paradigmenwechsel in der Planung statt, der sich positiv auf eine klimatologisch günstige Gestaltung auswirkt. So vollzieht sich ein Wandel vom schnellen, unsichtbaren und unterirdischem Abfluss, der mit hohen Investitionen in das Abwassersystem im Untergrund einhergeht, hin zu Versickerung und Verdunstung durch verzögerte oberirdische Speicherung, Rückhaltung und Wiederverwertung von Niederschlag. Durch Investitionen in solche Räume und die Gestaltung einer grün-blauen Infrastruktur durch Kombination von grüner, blauer und grauer Infrastruktur, Grundelementen wie Parks und Verbundelementen, die räumliche und funktionale Zusammenhänge schaffen, können regulierende, bereitstellende und kulturelle Ökosystem(dienst)leistungen ihre Wirkung deutlicher entfalten (Abbildung 89). Durch systemisches Zusammenwirken kann das Ergebnis von Einzelmaßnahmen dementsprechend optimiert werden. Grüne Infrastruktur zählt zur staatlichen Daseinsvorsorge und bezeichnet ein strategisch angelegtes Verbundnetzwerk „natürlicher und naturnaher Flächen mit weiteren Umweltelementen, [...] dass sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum ein breites Spektrum an Ökosystemdienstleistungen gewährleistet und biologische Vielfalt [fördert]“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2014, 7). Unter Ökosystem(dienst)leistungen werden Produkte und Leistungen der Natur zusammengefasst, die dem Menschen direkt oder indirekt nutzen. Neben Basisdienstleistungen wie der Bereitstellung von Trinkwasser, versteht man darunter auch Versorgungs-, Regulations- und

kulturelle Dienstleistungen, demzufolge alle Vorteile, die natürliche Systeme bieten können (MASR 2005). Eine einheitliche Bewertungsmethode bezüglich Verteilung und Güte dieser existiert bisher jedoch nicht (IMHOFF, LEIB & NORRA 2015). Neben der Klimaanpassung begünstigt eine grüne Infrastruktur eine Reihe weiterer übergeordneter Ziele wie Lebensqualität, Gesundheit, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit oder Reduzierung des Ressourcenverbrauchs. Auch hier kommt der Multifunktionalität von urbanen Freiräumen im Sinne einer optimierten und performanten Flächennutzung eine gesteigerte Bedeutung zu (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2014, BfN 2017).

Bestandteil urbaner grüner Infrastruktur	Ökosystemleistungen (Beispiele)		Möglichkeiten zur Qualifizierung von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen
Parkanlagen	Kulturell	Kontakt zu Stadtnatur fördert ästhetisches Vergnügen	Einsatz artenreicher Rasen- und Wiesenmischungen auf intensiv gepflegten Rasenflächen [41]
	Regulierend	Temperaturregulierung durch Beschattung und Verdunstung	Förderung der Neupflanzung von großkronigen, schattenspendenden Laubbäumen [42]
	Bereitstellend	Angebot essbarer Wild- und Nutzpflanzen	Anpflanzung standortgerechter Heckenpflanzen, Beerensträucher und Obstbäume [43]
Grüne Straßenräume	Kulturell	Förderung von sozialem Zusammenhalt, körperlicher Aktivität und Stressreduktion	Erhöhung der Aufenthaltsqualität multifunktionaler Straßenräume durch Gestaltung mit vielfältigem Grün wie Straßenbäumen, Baumbeeten und Fassadengrün [44]
	Regulierend	Bindung von Feinstaub und anderen Luftschadstoffen	Pflanzung von Bäumen und Sträuchern, Anlage von Fassaden- und Dachbegrünungen und Begrünung von Balkonen, Dachterrassen und ähnlichen Flächen [45]
Stadtwälder	Kulturell	Förderung des Naturerlebens	Umwandlung von Wäldern in Laubmischwälder mit standortgerechten und -heimischen Baumarten und einem Tot- und Altholzanteil von 10 % [46]
	Bereitstellend	Trinkwasserversorgung	Entwicklung standortangepasster Laubbestände bzw. Laub-Nadel-Mischbestände mit möglichst hohem Laubwaldanteil, unter Berücksichtigung einheimischer Arten [47]
Urbane Gärten	Kulturell	Förderung der Integration und Erholung	Neuanlage und Erhaltung von Kleingärten und neuen Formen urbanen Gärtnerns, wie Gemeinschaftsgärten und interkulturellen Gärten [48]
	Bereitstellend	Versorgung mit Nahrungsmitteln	Anbau alter Nutzpflanzensorten [7]
Friedhöfe	Kulturell	Erfahrung kulturellen Erbes	Anwendung von Pflegekonzepten, die eine Umwandlung von Rasenflächen in Wiesen in dafür geeigneten ungenutzten Friedhofsbereichen ermöglichen [49]

Abbildung 89: Maßnahmen urbaner grüner Infrastruktur zur Förderung von Ökosystemleistungen und biologischer Vielfalt (BfN 2017, 17).

Eine dieser Ökosystem(dienst)leistungen ist die regulierende Wirkung von Stadtgrün auf das urbane Mikroklima durch Verschattung und Evapotranspiration von Vegetation und insbesondere Stadtbäumen.

Beispielhaft für eine solche Maßnahme zur Vernetzung und Schaffung einer grünen Infrastruktur sind die „Green Streets“ von Portland, USA. Diese integrieren die Regenwasserbewirtschaftung in ein städtisches Umfeld und vereinen gleich mehrere Ziele wie effizientes Regenwasser-Management, Aufwertung des Straßenbilds und ganzer Stadtteile sowie Kosteneinsparung durch Umgestaltung und Unterhalt im Vergleich zu konventionellem Straßenbau. Auch hier kommt der Multifunktionalität

von öffentlichem Raum eine gesteigerte Bedeutung zu. Die angelegten Pflanzbeete werten das städtische Straßenbild durch attraktive Grünbereiche auf und erfassen gleichzeitig den Abfluss von ca. 7.500 m² gepflasterter Fläche. Sie halten und infiltrieren den größten Teil des Abflusses, der ihnen zugeführt wird und ermöglichen somit auch die Kontrolle der Wasserqualität sowie Quantität des Durchflusses. Darüber hinaus wird eine sichtbare Abgrenzung von verkehrsfreien Zonen, Parkflächen auf der Straße und dem Zugang zu den Fahrzeugen geschaffen. Das System nutzt bestehende topographische Begebenheiten, indem der Abfluss dem Straßenverlauf folgend bergab entlang des bestehenden Bordsteins fließt, bis er das erste von vier aufeinanderfolgenden Pflanzbeeten erreicht (Abbildung 90). Ein etwa 30 cm breiter Graben leitet den Straßenabfluss in die erste Regenwasserkläranlage unter den Ausstiegsbereichen der Fahrzeuge und in die Anlage. Der Abfluss wird hier über eine Betonplatte geleitet, auf der sich Sedimente und Ablagerungen absetzen. Das Regenwasser kann bis zu einer Tiefe von ca. 17 cm in den Boden einsickern, mit einer Rate von etwa 10 cm pro Stunde. Der angrenzende Gehsteig fällt zu den Pflanzgefäßen hin ab und leitet den Abfluss durch Bordsteinschnitte in die Grünbereiche. Bei großen Sturmereignissen kann es aufgrund der unterschiedlichen Infiltrationsraten in der Bepflanzungszone und auf den versiegelten Flächen zu Pfützenbildung kommen. In diesem Fall verlässt der Abfluss einen zweiten Bordsteinbereich, fließt zurück in die Straße und gelangt in den zweiten (bergab liegenden) Pflanzabschnitt. Dieser Prozess wird bis zur vierten Grünanlage fortgeführt. Ist auch diese gesättigt, geht der Abfluss in das bestehende System über (CHURCH 2015, CITY OF PORTLAND 2018, NETUSIL et al. 2014).

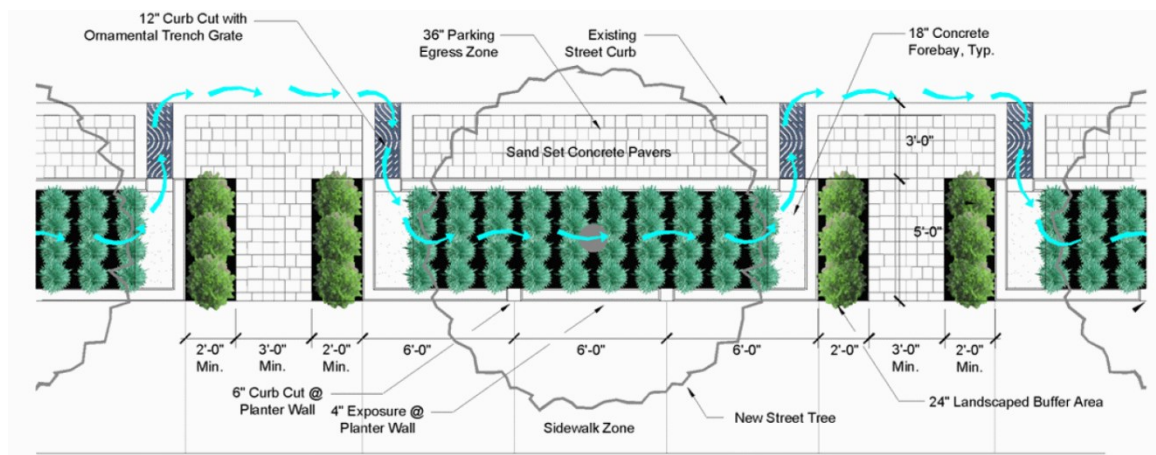


Abbildung 90: Regenwasser-Bewirtschaftungskonzept der Green Streets in Portland (SW 12th Avenue zwischen SW Montgomery und SW Mill in Portland, Oregon). Das System kombiniert Techniken der Regenwasserrückhaltung mit hochwertiger Gestaltung und Begrünung des Straßenraums (Online unter <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/123776> am 22.05.2018).

Ein ähnliches System kommt beispielsweise auch beim Zollhallen Plaza in Freiburg zum Einsatz. Eingezogene Platzbereiche bilden eine Oberflächen-Flutzone, die selbst bei Starkregen kein Oberflächenwasser der Kanalisation zuleitet, sondern den Niederschlag über diese begrünten Versickerungsflächen und unterirdische Rigolen gereinigt dem Grundwasser zuführt. Denn für Verdunstungskühle

muss den Grünflächen – neben der (Sonnen-)Energie – Wasser zur Verfügung stehen. Das komplette Einstauen bei außergewöhnlichen Niederschlags- oder Flutereignissen gehört ebenfalls zu einem nachhaltigen Wassermanagement. So können neben öffentlichen Plätzen auch Straßen, Parkplätze oder entsprechend angelegte Spielplätze als Retentionsräume der Überflutungs- und Hitzevorsorge dienen. Gleichzeitig entlastet die Abkopplung solcher Retentionsflächen von der Kanalisation die bestehenden Abfluss- und Gewässersysteme (Abbildung 91) (BFN 2017, EUROPÄISCHE KOMMISSION 2014, SENATSVORWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016). Klein- und großräumigere Anpassungsmaßnahmen dieser Art sind in vielen Bereichen der Stadt Heidelberg denkbar.

Potenziale des Regenwassermanagements zur Überflutungsvorsorge

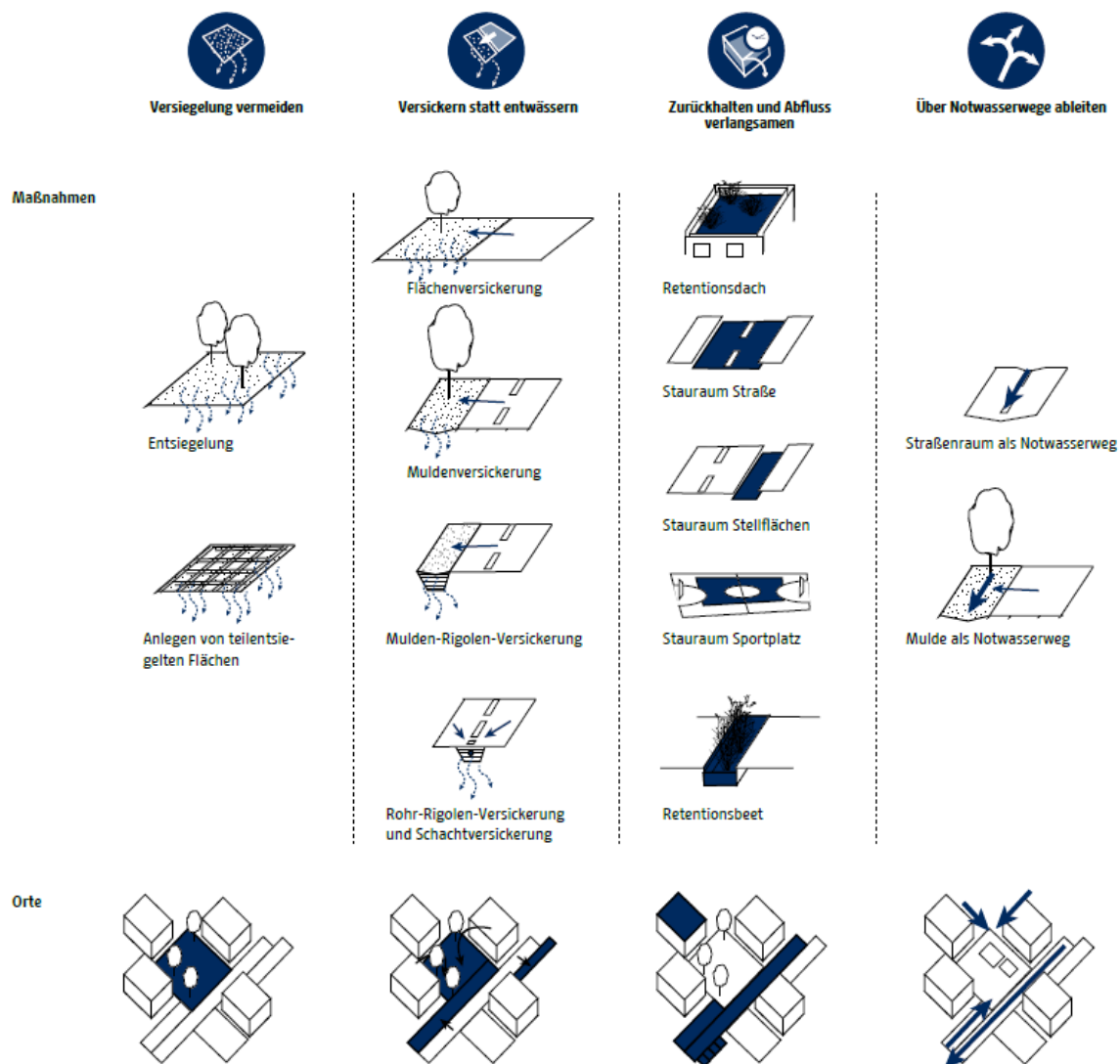


Abbildung 91: Maßnahmen des Regenwassermanagements sowie geeignete Standorte im urbanen Raum (SENATSVORWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 44).

Über die open-source Simulation „freWaB“ lässt sich die lokale Wasserbilanz einer Fläche online ermitteln (PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE – UNIVERSITÄT FREIBURG 2013). Über die Berechnung des Ist-Zustandes hinaus lassen sich verschiedene Szenarien der Regenwasserbewirtschaftung simu-

lieren und das Flächenpotenzial bestimmen. Das Instrument wurde auf Basis der örtlichen Begebenheiten Freiburgs entwickelt, lässt sich unter Berücksichtigung der Eingangsparameter aber auf andere Flächen übertragen. Die Simulation bezieht sich auf das flache Stadtgebiet mit seinen mikroklimatischen Besonderheiten und ist unter Einschränkungen bezüglich örtlicher Bodenverhältnisse auf Heidelberg übertragbar. Die Wasserbilanz des Ist- und Soll-Zustandes wird auf Basis von Klimadaten der Parameter Niederschlag, Sonneneinstrahlung und Wind, verschiedener Bodentypen und der vorherrschenden Vegetation berechnet. Die Ergebnisse werden jeweils im Vergleich zur Wasserbilanz einer natürlichen Fläche (Wiese) dargestellt. Der simulierte Niederschlag verteilt sich dabei anteilig auf die Komponenten Verdunstung, Oberflächenabfluss und Versickerung bzw. Grundwasserneubildung (Abbildung 92) (PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE – UNIVERSITÄT FREIBURG 2013). Je höher der Versiegelungsgrad einer Fläche, desto kleiner wird der Anteil an verfügbarem Versickerungswasser. Parallel nimmt der Anteil des Niederschlags, der in die Kanalisation abfließt, zu (STADT FREIBURG 2016). Die Ergebnisse für die Flächen Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse sind im jeweiligen Abschnitt zu Planungshinweisen der Räume dargestellt (Kapitel 8.5.1 und 8.5.2).

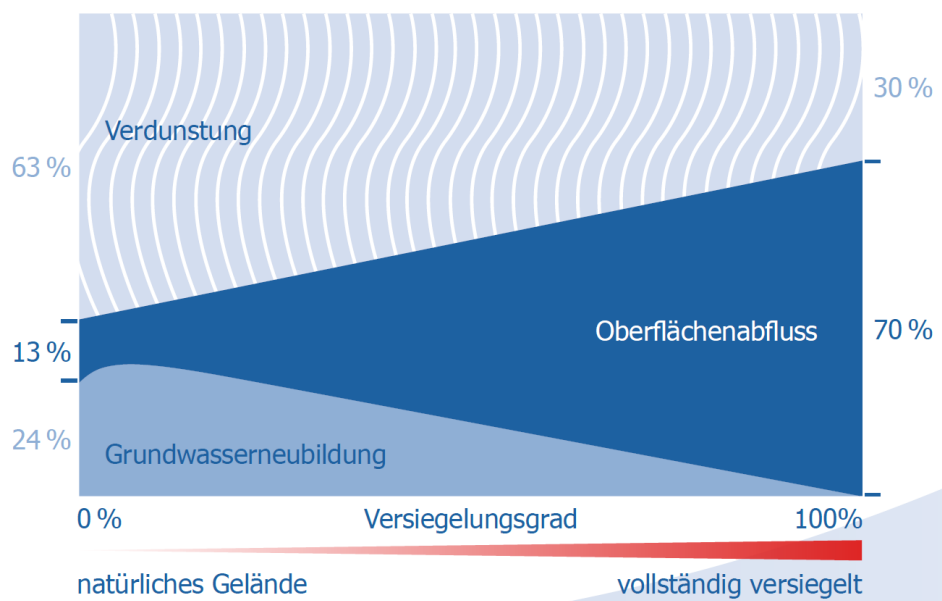


Abbildung 92: Prozentuale Änderung der Wasserbilanz bezugnehmend auf die Bestandteile Verdunstung, Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung bei steigendem Versiegelungsgrad (STADT FREIBURG 2016, 4).

Für die Städte Freiburg, Hannover und Münster führte das Institut für Umweltsozialwissenschaften und Geographie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg eine Akzeptanzanalyse für die Integration von naturnaher Regenwasserbewirtschaftung mit AnwohnerInnen durch („WaSiG – Wasserhaushalt siedlungsgeprägter Gewässer“) (FREYTAG et al. 2017). Die Analyse zeigt, dass ein großer Teil der Befragten Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen als wichtig für den Wasserkreislauf und das urbane Klima bewertet. Dabei werden öffentliche Versickerungsanlagen grundsätzlich positiver er-

achtet als private, zudem werden der Versickerung dienende Freiflächen in dicht besiedelten Quartieren als Aufwertung des Stadtteils wahrgenommen (FREYTAG et al. 2017).

Die Bahnstadt in Heidelberg verfügt ebenfalls über ein Regenwasserbewirtschaftungssystem. Dieses sorgt für die Rückhaltung des Niederschlags im Stadtteil und verhindert ein Abfließen dessen in die Mischwasserkanalisation. Ähnliche Maßnahmen könnten für andere Bereiche der Stadt geprüft oder bei der Umgestaltung von Flächen integriert werden.

8.2 Maßnahmen zur Schaffung einer blau-grünen Infrastruktur

Weitere Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und zur Integration von Wasser in den Städtebau werden vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Ergebnisbericht „Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung“ (2015) als Schwammstadt-Prinzip oder blau-grüne Infrastruktur zusammengefasst. Wasser gilt in diesem Ansatz als das Basiselement, das die Stadt durch effiziente Bewässerungs- und Speichersysteme dezentral wie ein Schwamm aufnimmt und verzögert wieder abgibt (Abbildung 93). Dies wird durch ein komplexes Boden-Rohr-System erreicht, verfüllt mit grobkörnigem, porenreichem Material sowie erweiterten Wurzelräumen und ergänzt durch verschieden-skalige Maßnahmen an der Oberfläche auf Gebäude- oder Stadtteilenebene. Zentrales Element der Schwammstadt sind auch die „Urban Wetlands“, wasserversorgte Grün- und Freiflächen, die horizontal oder vertikal angelegt sein können (SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016).

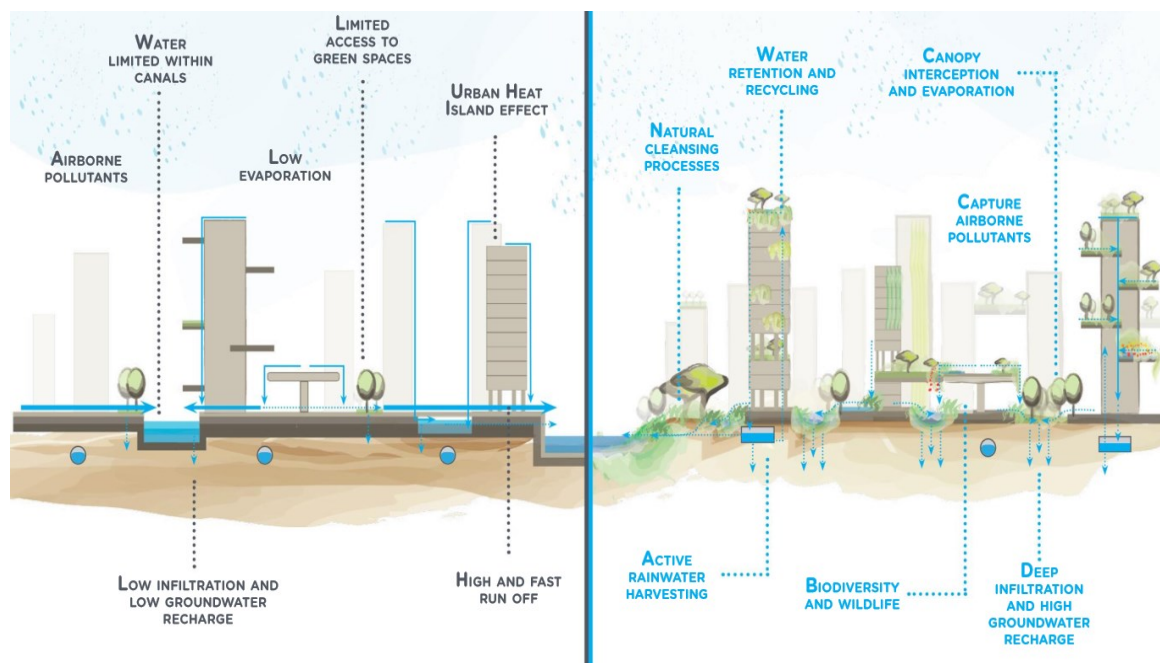


Abbildung 93: Vergleich einer Stadt ohne blau-grüne Infrastruktur (links) mit einer Stadt (rechts) auf Basis des Schwammstadt-Prinzips inklusive der integrierbaren Maßnahmen (z. B. Bauwerksbegrünung oder regenwassermanagementsysteme) (RAMBOLL 2016).

Beispiele für einzelne Konzepte und Maßnahmen der Schwammstadt wurden in New York im „Gowanus Canal Sponge Park™“ oder in vielfältigen Projekten in Paris (z. B. „Grüne Wände“ nach Patrick Blanc) verwirklicht (REIF 2017). Ähnliche Planungsentwürfe existieren darüber hinaus beispielsweise auch für das Tempelhofer Feld in Berlin.

Des Weiteren kommen in der klimaoptimierten Stadtplanung im Zuge von Verstädterung und Nachverdichtung und dem einhergehenden Platzmangel immer häufiger Systeme der Gebäudebegrünung wie Dach- und Fassadenbegrünung zum Einsatz. Denn traditionell verbaute Materialien und Oberflächenstrukturen zeichnen sich durch für das Stadtklima nachteilige Absorptions- und Reflexionseigenschaften aus (Kapitel 2.3). Dies konnte auch im Rahmen der Messung verschiedener Oberflächentemperaturen während der Erhebungstage 2017 und 2018 gezeigt werden. Dunkle, versiegelte Flächen erhitzen sich infolge dauerhafter Sonneneinstrahlung stark und speichern diese Energie über den Tag hinaus (Kapitel 6.3.1 und 6.5.1). Gebäudebegrünung kann überdies sinnvoll ergänzt werden durch die Veränderung der Reflexionseigenschaften für kurzwellige Strahlung. Neben urbanen Flächen wie Dächern, Fassaden oder Bodenbelägen spielen dabei auch Brachflächen in der Stadt und landwirtschaftlich genutzte Flächen im Umland der Stadt eine Rolle. An die Bahnstadt grenzt beispielsweise direkt die Landwirtschaftsfläche des Pfaffengrunder Felds an. So reflektieren Ackerflächen, die nach der Ernte nicht umgepflügt werden und bestimmte Getreidesorten deutlich mehr Sonnenstrahlung als gepflügte Felder (SENEVIRATNE et al. 2018). Der lokal bis regional nachweisebare Effekt wird mit 2,0 bis 3,0 °C angegeben (SENEVIRATNE et al. 2018). Helle, glatte Oberflächen weisen demgegenüber den höchsten Solar Reflectance Index (SRI) auf (Abbildung 94) (SENATSWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016).

Potenziale durch erhöhte Rückstrahlung

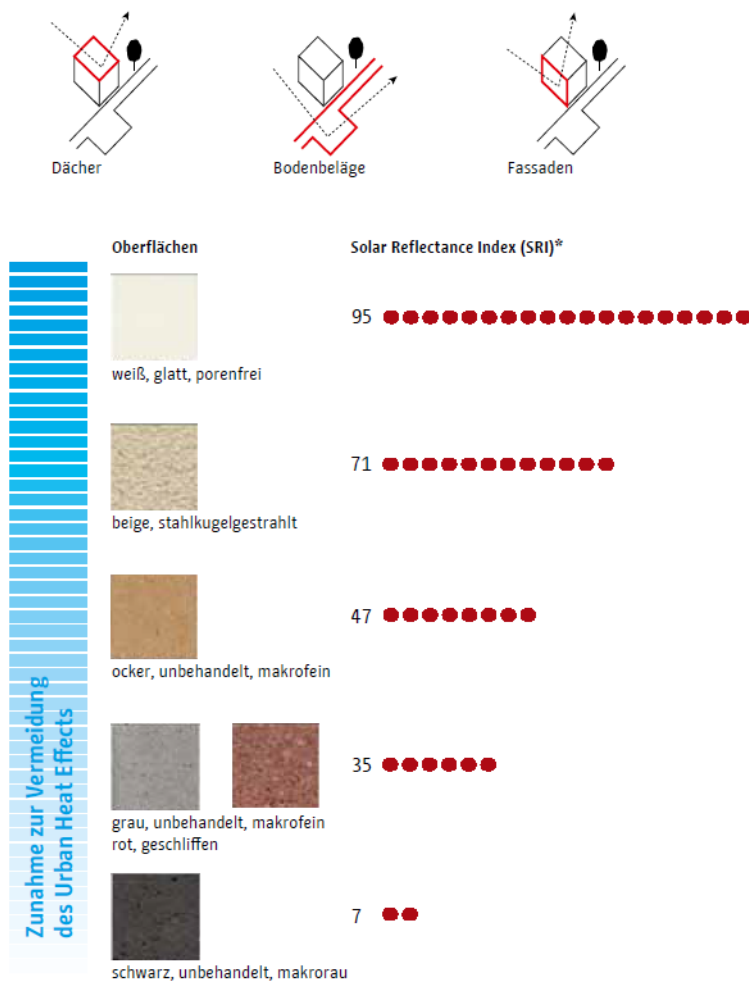


Abbildung 94: Rückstrahlungspotenziale unterschiedlicher Dach-, Boden- bzw. Wandoberflächen hinsichtlich Farbe und Oberflächenbeschaffenheit inklusive des jeweiligen Solar Reflectance Index (SRI) (SENATSVORWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 38).

Integrierte Grünelemente können die grüne Infrastruktur ergänzen und leisten des Weiteren einen Beitrag zum Erhalt sowie der Steigerung der urbanen Biodiversität. Überdies vereinen Anlagen dieser Art weitere positive Effekte auf das Mikroklima der Umgebung: Minderung der gespeicherten Wärmekapazität und damit Reflexion der Wärmestrahlung durch Begrünung, Bindung von Feinstaub und Luftschadstoffen, Isolation der Gebäudeinnenräume sowie Niederschlagretention mit einhergehender Entlastung der städtischen Kanalisation. Die verschiedenen Wirkungen sind dabei sowohl energetisch so wie auch monetär messbar. Die Außenwandtemperatur begrünter Fassaden lag in einer Studie von TILLEY et al. (2012) im Maximum um 14,0 °C und im Durchschnitt in den Sommermonaten am Nachmittag um 7,1 °C unter derer nicht begrünter Fassaden (BFN 2017, GAUZIN-MÜLLER 2002, UMWELTPLANUNG BULLERMANN SCHNEBLE GMBH 2015, KOMPASS 2013). Im direkten Umfeld wird überdies eine Lufttemperaturverringerng von etwa 2,1 °C erreicht (SUSOROVA, AZIMI & STEPHENS 2014). Verschiedene Systeme der Fassadenbegrünung sowie deren Effektivität sind in der folgenden Abbildung 95 dargestellt.

Potenziale der Fassadengestaltung

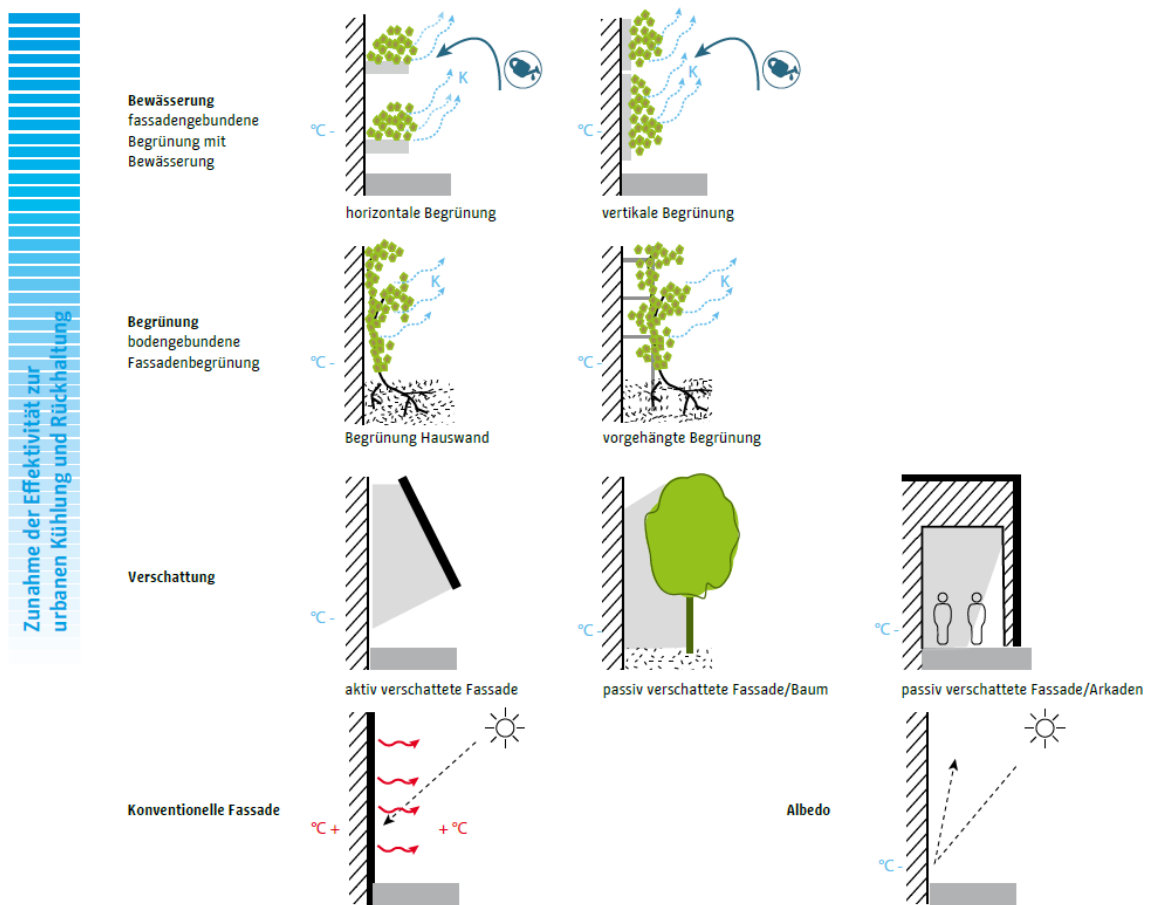


Abbildung 95: Begrünte Fassadengestaltung und ihre Potenziale hinsichtlich Kühlung und Rückhaltung im urbanen Raum (SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND U MWELT 2016, 34).

Generell unterscheidet man bei der Bauweise begrünter Fassaden zwischen wandgebundener und bodengebundener Begrünung. Die wandgebundene Begrünung der Fassade kann dabei vertikal, flächig oder als Modulsystem angebracht werden, während in der horizontalen Ausrichtung Rinnen- und Regalsysteme zum Einsatz kommen. Die vertikale Bepflanzung erfolgt in der Regel in horizontalen Öffnungen oder sogenannten Pflanztaschen. Als Pflanzen- oder Saatgutträger dienen Matten aus Filz, Kunststoff, Metall oder Moosen, die nach der Einwuchsphase unter der Vegetation nicht mehr erkennbar sind (REIF 2017). Ferner nimmt mit zunehmender Polsterbildung, Flächenausdehnung und Blattflächenindex die bioklimatische Kühlleistung zu. Erstrebenswert sind hier vernetzte und integrierte Fassadensysteme, die Synergien mit Energiesystemen bilden (BLANC 2009, SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND U MWELT 2016). Am weitesten verbreitet sind bisher Intensivbegrünungssysteme. Diese sind von dauerhafter Wasser- und Düngergabe abhängig. Langanhaltende Frostperioden, die ein Abstellen der Bewässerung erforderlich machen, stellen die größte Herausforderung für vertikale Grünsysteme dieser Art dar. Die Fortentwicklung dieser Systeme widmet

sich folglich weitestgehend der Erhöhung der Bestandsdauern durch Winterfestigkeit und damit einhergehender System- und Gebäudesicherheit (REIF 2017). Dahingehende Kritik bezieht sich zum großen Teil auf befürchtete negative Auswirkungen wie Beeinträchtigung der Bausubstanz durch die Bepflanzung. Negative Effekte dieser Art können jedoch durch fachgerechte Planung und Umsetzung ausgeschlossen werden (SUTER, MAKSIMOVIC & VAN REEUWIJK 2017, MOGHBEL & ERFANI-AN SALIM 2017). Entscheidend ist hierbei die vorherrschende Situation und dahingehende Machbarkeitsanalyse. In historischen Altstädten stehen oftmals Erhaltungssatzungen oder Maßnahmen der energetischen Sanierung Konzepten der Fassadengestaltung entgegen. Hier müssen angepasste Umsetzungen entwickelt werden. So kommen sogenannte Haftklimmer wie Efeu oder Wilder Wein, die aufgrund ihrer Haftwurzeln oder Haftfüßen bzw. Haftscheiben die Beschaffenheit von Fassadenflächen nachhaltig beeinträchtigen, in diesen Fällen nicht in Frage. Auch die Pflege solcher Installationen – öffentlich oder privat – bedarf genauer Planung und Abklärung, um Fragen der Haftung darzulegen und Beeinträchtigung angrenzender Räume auszuschließen. Neben vertikalen Pflanzsystemen bieten auch gestapelte Bepflanzungen, ähnlich einem Hochregal, eine Alternative. Hierzu wird der Gebäudefassade eine Konstruktionswand vorgelagert, in der die Pflanzen aufrecht wachsen – diese erfüllt darüber hinaus den Zweck eines Sonnenschutzes (REIF 2017). Allerdings zählt Fassadenbegrünung zu den kostenintensiveren Anpassungsmaßnahmen. Seit der Entwicklung der „Grünen Wände“ von Patrick Blanc nehmen aber dennoch die Verbreitung und die positive Wahrnehmung dieser Begrünungsmöglichkeiten zu. BLANCS innovative Pflanzwand stellt ein wegweisendes Gestaltungsmittel dar und grenzt sich bedeutend zu „Einheitsfassaden aus Stein, Beton und Glas ab“ (REIF 2017, 61). BLANCS Projekte sind neben der Artenvielfalt – über 200 Spezies auf einer 25 m hohen Fassade – und der vertikalen Artenstruktur durch eine diagonale Ausrichtung von unten links nach oben rechts charakterisiert (Abbildung 96). Diese Richtung soll sich positiv und motivierend auf den oder die BeobachterIn auswirken (BLANC 2009, REIF 2017).



Abbildung 96: Zwei Beispiele begrünter Fassaden nach dem Konzept der „Grünen Wände“ von Patrick Blanc: Die „Oase von Aboukir“ in Paris (links) und das Museum Quai Branly in Paris (REIF 2017, 63 ff.).

Auch die hängenden Gärten in Basel, bestehend aus bewässerten Pflanzenampeln, fügen sich nach anfänglicher Kritik mittlerweile in das Stadtbild ein und stellen eine Touristenattraktion der Stadt und „Best Practice Beispiel“ zugleich dar (REIF 2017).

Dachbegrünung fungiert wie die vertikale Begrünung als Querschnittsthema und greift Aspekte des Wasserhaushalts, des Stadtklimas, der Ökologie, Energie, Nachhaltigkeit sowie das Thema der Ausgleichflächen auf. Je nach Standort, Gestaltung und Funktion bzw. Nutzung werden dabei verschiedene Perspektiven in Betracht gezogen. Grundsätzlich unterscheidet man bei der Dachbegrünung die extensive von der intensiven Begrünung. Extensiv begrünte Dächer bestehen meist aus robusten, winterharten und windfesten Sukkulenten, Moosen oder Gräsern und werden nicht bewässert. Der Pflegeaufwand und die Baukosten sind dabei deutlich geringer als im Fall der intensiven Begrünung. Bei einer Aufbaumächtigkeit auf der Dachfläche von durchschnittlich 8-15 cm entsteht eine Nutzlast von 80-240 kg/m². Die intensive Dachbegrünung ist sehr viel artenreicher und besteht aus Saatgutmischungen von Kräuter- und Grasgehölzen. Hier muss periodisch bewässert werden, die Flächenpflege ist dementsprechend ebenfalls intensiver. Auch benötigt die Bepflanzung ein mächtigeres Substrat von 15-25 cm und erreicht eine Nutzlast von 180-300 kg/m². Vor allem Flachdächer und Dächer mit geringer Dachneigung eignen sich für eine Begrünung. Gleichermäßen können auch diese Flächen der Multifunktionalität dienen. So eignen sie sich beispielsweise zugleich für „Urban Gardening“ oder „Urban Farming“, als Bewegungsräume und Sportflächen, Dachgärten oder Freiräume für die Naherholung (BFN 2017). Darüber hinaus bestätigen verschiedene Studien auch monetäre Vorteile eines Gründachs gegenüber einem konventionellen Flachdach. Diese begründen sich vor allem in der deutlich längeren Lebensdauer von begrünten Dachflächen (NIU et al. 2010, NURMI et al.

2013, PFOSER et al. 2013, TRÖLTZSCH et al. 2012). Verschiedene Begrünungssysteme sowie deren Potenziale sind in der folgenden Abbildung 97 zusammengefasst.

Potenziale der Dachgestaltung

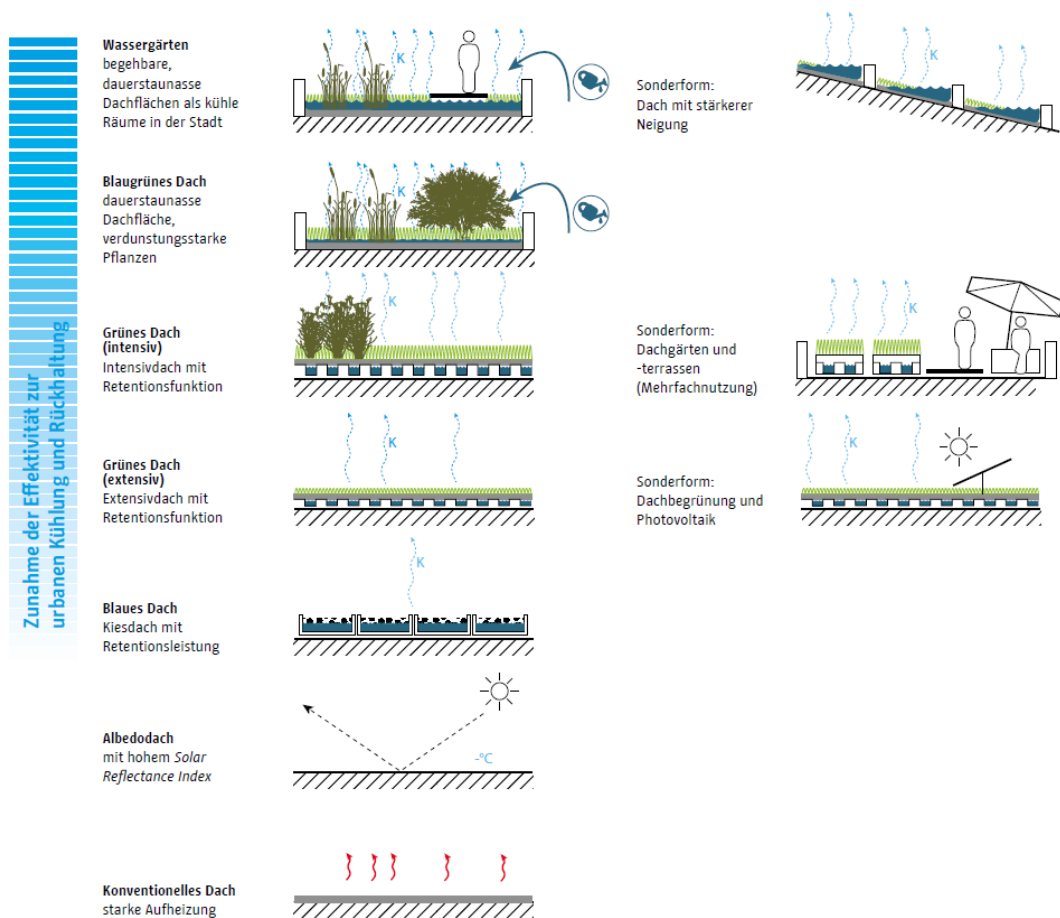


Abbildung 97: Begrünte Dachgestaltung und ihre Potenziale hinsichtlich Kühlung und Rückhaltung im urbanen Raum (SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 30).

Auch in Bezug auf Dachbegrünungsmaßnahmen zeigen die Ergebnisse des Projekts WaSiG der Universität Freiburg eine generell hohe Akzeptanz und positive Bewertung. Neben ästhetischen und ökologischen Gründen wird von den befragten AnwohnerInnen in mehreren deutschen Städten auch der Mehrwert für das Stadt- und Wohnklima hervorgehoben. Bedenken hinsichtlich der Undichte begrünter Dächer werden kaum geäußert (FREYTAG et al. 2017). Generell stellen Dächer mit Begrünungsmaßnahmen hinsichtlich der Dichte und Isolation keine Nachteile gegenüber herkömmlichen Dächern dar (NIU et al. 2010, NURMI et al. 2013, PFOSER et al. 2013, TRÖLTZSCH et al. 2012).

Im Zuge der Begrünung von Gebäudestrukturen nehmen auch Konzepte zur Begrünung von Gebäudeinnenräumen immer mehr an Bedeutung zu. Diese stellen innovative Methoden der Innenraumgestaltung und -strukturierung dar.

Heidelberg bietet wie auch zahlreiche andere Städte vielfältige Flächen für die Integration flächengebundener Begrünung. Auch in diesem Fall eignen sich vornehmlich Industriegebäude, moderne

Stadtteile wie die Bahnstadt oder der Universitätscampus im Neuenheimer Feld. Aber auch in der Altstadt könnten kleinräumige Projekte realisiert werden, die sich in das Gestaltungsbild der historischen Gebäudestruktur einfügen. Weniger aufwändige und auch für Privatpersonen leichter zu realisierende Varianten, die einen positiven Einfluss auf die Umgebungstemperatur haben können, stellen beispielsweise die Begrünungen von Mauern, Zäunen, Stellplätzen, Mülleimern und Innenhöfen oder die Entsiegelung von Kleinflächen wie Parkplätze durch den Einsatz von Rasengittern dar. Das Potenzial und die Umsetzbarkeit der jeweiligen Maßnahme müssen dabei immer im Einzelnen betrachtet und geprüft werden.

Die folgende Übersicht fasst verschiedene Maßnahmen zur Schaffung einer blau-grünen Infrastruktur, deren Optimierungspotenzial sowie geeignete Standorte im urbanen Raum zusammen (Abbildung 98). Die Planungshinweise beinhalten dabei Gestaltungselemente für Parks, Plätze sowie Gebäude, die durch die Kombination von Einzelmaßnahmen Kühlungseffekte potenzieren können.

Potenziale der Kühlung durch Urban-Wetlands-Elemente



Abbildung 98: Zusammenfassung des Kühlleistungspotenzials von sogenannten Urban Wetlands, die Maßnahmen zur Schaffung einer blau-grünen Infrastruktur kombinieren sowie mögliche Umsetzungsorte im urbanen Raum (SENATSVORWARTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT 2016, 40).

8.3 Geeignete Vegetationsarten für den urbanen Raum

Auch die Wahl der zum Einsatz kommenden Baum- und Pflanzenarten ist nicht nur bei der Begrünung von Dächern und Fassaden, sondern auch generell im gesamten Stadtraum von entscheidender Bedeutung für Biodiversität, Regulationsleistung sowie weitere oben genannte klimatische Effekte und steht ebenfalls unter den sich ändernden Bedingungen des Klimawandels. Eine Übersicht über die an die prognostizierte Entwicklung am besten angepassten Arten zeigt die Klima-Arten-Matrix (KLAM) z. B. für Stadtbäume (KLAM-Stadt) (Abbildung 99) (ROLOFF, GILLNER & BONN 2008, ROLOFF & GRUNDMANN 2008, ROLOFF, KORN & GILLNER 2009). Den gestalterischen Aspekt betreffend stellt zudem das sogenannte „Coppicing“, eine Methode zur Steigerung des Artenreichtums und der ästhetischen Vielfältigkeit, dar. Durch den regelmäßigen Rückschnitt von verholzenden Pflanzen kann mithilfe variabler Schnitthöhen und dem Einsatz verschiedener Gehölzsorten auf kleinem Raum eine dynamische und vielfältige Optik erzeugt werden (REIF 2017). Auch Spontanvegetation nimmt im öffentlichen Raum an Bedeutung zu. Vormalig zumeist nur in privaten Bereichen, auf Brachflächen oder in der Naturlandschaft zu finden, werden dynamische, sich selbst ansiedelnde und wandelnde Bepflanzungen mittlerweile häufiger in das Stadtbild integriert. Zunehmend wächst außerdem die Akzeptanz für diese „Stadtwildnis“ (REIF 2017, 51). Durch das Einbringen bestimmter Initialpflanzen oder speziellen Substrats können Zielarten und Gestaltungsabsicht ohne genauen Pflanzplan initiiert werden. Der Pflegebedarf solcher Flächen ist deutlich geringer als beispielsweise bei Schmuckbepflanzung (REIF 2017).

Bäume und Sträucher bis 10m	
Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Acer tataricum</i> L. subsp. <i>tataricum</i>	Steppen-Ahorn
<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	Gewöhnliche Felsenbirne
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Gewöhnlicher Buchsbaum
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	Gemeiner Erbsenstrauch
<i>Cornus mas</i> L.	Kornelkirsche
<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	Gewöhnliche Zwergmispel
<i>Crataegus laciniata</i> Ucria (<i>C. orientalis</i> Pall.)	Orientalischer Weißdorn
<i>Crataegus wattiana</i> Hemsl. et Lace	Watts Weißdorn
<i>Crataegus x lavalleyi</i> Hénricq. ex Lavallée 'Carrierei'	Lederblättriger Weißdorn
<i>Lycium barbarum</i> L.	Gewöhnlicher Bocksdorn
<i>Lycium chinense</i> Mill. var. <i>chinense</i>	Chinesischer Bocksdorn
<i>Pinus aristata</i> Engelm.	Grannen-Kiefer
<i>Prunus mahaleb</i> L.	Felsen-Kirsche
<i>Prunus spinosa</i> L.	Gew. Schlehe, Schwarzdorn
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Echter Kreuzdorn
<i>Rhus typhina</i> L.	Essigbaum
<i>Robinia luxurians</i> (Dieck) C.K. Schneid.	Üppige Robinie
<i>Rosa canina</i> L.	Hunds-Rose
<i>Rosa corymbifera</i> Bork.	Busch-Rose
<i>Rosa gallica</i> L.	Gallische Rose
<i>Rosa rubiginosa</i> L.	Wein-Rose, Schottische Zaun-Rose
<i>Rosa tomentella</i> Léman	Flaum-Rose
<i>Rosa tomentosa</i> Sm.	Filz-Rose
<i>Sorbus folgneri</i> (C.K. Schneid.) Rehder	Folgners Eberesche
<i>Viburnum lantana</i> L. (<i>V. maculatum</i> Pant.)	Wolliger Schneeball

Abbildung 99: Auszug aus der Klima-Arten-Matrix (KLAM-Stadt) für Stadtbaumarten unter Berücksichtigung des prognostizierten Klimawandelverlaufs: Bäume und Sträucher bis 10 m, die nach der Bewertung der beiden Kategorien Trockentoleranz und Winterhärte (Frostempfindlichkeit, Frosthärte und Spätfrostgefährdung) als sehr geeignet eingestuft werden (ROLOFF, GILLNER & BONN 2008, 36).

8.3.1 Kritik und Probleme am Stadtgrün und an Begrünungsmaßnahmen im Zuge nachhaltiger Stadtentwicklung

Generell sind die Bedingungen für Vegetation im Stadtraum schwierig. Gegenüber ruraler Vegetation sind die Pflanzen und Bäume einer Vielzahl an Belastungen und Herausforderungen ausgesetzt und zeigen teilweise mit zunehmender thermischer Belastung im Stadtraum geringere Widerstandsfähigkeiten. Neben den mikroklimatischen Bedingungen wirken der hohe Anteil der Versiegelung, die erhöhte Bodenverdichtung, geringe Infiltrationsraten, Einschränkungen in der Wurzelraumbeschaffenheit sowie Luftschadstoffe, Vandalismus oder Streusalzeintrag auf die Vitalität des Stadtgrüns ein. Der urbane Raum unterscheidet sich maßgeblich von ländlichen Regionen, so dass Naturvorbilder nicht uneingeschränkt auf das Stadtgrün zu übertragen sind (BECKER & CACHOLA SCHMAL 2010,

REIF 2017). RAHMAN et al. (2017) wies die Unterschiede der potentiellen Kühlleistung von verschiedenen Baumarten und in Abhängigkeit ihres direkten Pflanzumfeldes an zwei Plätzen in München nach (Bordeaux Platz, ein offener grüner Platz auf dem Bäume direkt auf der Rasenfläche gepflanzt wurden und Pariser Platz, ein gepflasterter Platz auf dem die Bäume direkt im Bodenbelag gepflanzt wurden). Insgesamt können städtische Gebiete mit Straßenbepflanzungen in offenen Grünflächen das Ausmaß der Bodenwärmespeicherkapazität reduzieren und gleichzeitig eine schnellere Abkühlung der Umgebungsluft bewirken, als auf engen versiegelten Plätzen. Die Pflanzung von stresstoleranten Bäumen aus anderen Habitaten des Mittelmeerraums beispielsweise trägt im Vergleich zu heimischen Arten auf unversiegelten Flächen während des Tages aber nicht in gleichem Maße zur Kühlleistung bei (RAHMAN et al. 2017). Ähnliche Befunde zeigt auch die Studie von STRATOPOULOS et al. (2018), in der heimische Baumarten mit sogenannten „Klimabäumen“, also trockenresistente Arten verglichen wurden. Die sich aus den Untersuchungen ergebene wichtigste Erkenntnis ist die in Zukunft auf das Klima angepasste Variation von Baumarten im Stadtgebiet und einer Kombination von heimischen und gebietsfremden Arten. Neophyten hingegen können an bestimmten Hitzestandorten aufgrund ihrer morphologischen und physiologischen Charakteristika wie der Blattflächendichte und der Stressbelastung ihres Ursprunghabitats höhere Toleranzen und Regulierungsvermögen im Trockenstress zeigen. Die Klimabäume zeigen darüber hinaus ein sehr differenziertes Timing im Jahresverlauf (DUTHWEILER et al. 2017, STRATOPOULOS et al. 2018). Die zunehmende Hitzebelastung von Städten durch den Klimawandel eröffnet hierbei den Einsatz völlig neuer, gebietsfremder Arten, die sich beispielsweise durch eine erhöhte Trockenresistenz auszeichnen. Die damit einhergehenden Eigenschaften wie eingeschränkter Wasserverbrauch und geringere Biomasseproduktion können sich jedoch wiederum negativ auf die regulative Leistung dieser Arten auswirken (CHAPIN, AUTUMN & PUGNAIRE 1993, LÖSCH 2001). Der Einsatz urbanophiler Arten, die weltweit in Städten vorkommen, stellt dabei nur in wenigen Fällen eine Bedrohung für die heimische Vegetation dar (invasive Neophyten), in vielen Fällen wirken sie bereichernd auf das Ökosystem ein. Die Pflanzung von Neophyten ist zum Teil sogar notwendig, wenn heimische Arten nicht länger für die beengten innerstädtischen Bedingungen geeignet sind. In Berlin macht der Anteil von Neophyten etwa ein Viertel der Innenstadtflora aus (REIF 2017). Im Hinblick auf die zu erwartenden klimatischen Veränderungen wird die Kombination vieler heimischer und nicht-heimischer Arten und der daraus resultierenden biologischen Vielfalt am besten bestehen können. Die bewusste Auseinandersetzung mit der Artenzusammensetzung eines Standortes oder urbanen Raums als Ganzes stellt demnach eine wichtige Aufgabe der planenden Praxis dar, denn nur vitale Bäume können optimale klimatische Regulationsleistungen erbringen (REIF 2017).

Die Kühlleistung von begrünten Fassaden beschränkt sich nachweislich nur auf wenige Meter (ca. 2 m) im Gebäudeumfeld (SUSOROVA, AZIMI & STEPHENS 2014). Gleichmaßen kann ein vergleichbarer Kühleffekt für den Innenraum auch durch nicht organische Schutzmaßnahmen wie Jalousien erreicht werden. WONG et al. (2010) stellen in einer vergleichenden Analyse von Fassadenbegrü-

nungssystemen außerdem höhere Kühleffekte mit zunehmender Komplexität der Systeme fest. Dagegen sprechen jedoch der erhöhte Wartungsaufwand und der gesteigerte Wasser- und Nährstoffbedarf solcher Anlagen. Des Weiteren bezieht sich die Mehrheit der Studien auf tropische Gebiete oder den mediterranen Raum sowie auf die Sommermonate und nicht auf die gesamte Vegetationsperiode. Auch negative Effekte wie Verunreinigungen oder Schädlingsbefall sind bisher nicht weitreichend untersucht (PÉREZ et al. 2014, WONG et al. 2010). Ferner besteht die existierende Datengrundlage oftmals aus Studien an Versuchsgebäuden, in Baumschulen und Messungen unter Optimalbedingungen, die häufig nicht die realen Situationen widerspiegeln (STRATOPOULOS et al. 2018).

Ein zusätzliches Problem ist in vielen Städten der Pflegenotstand der Freiräume, begründet durch eine Pflegeflächenzunahme bei gleichzeitiger Abnahme qualifizierter Pflegekräfte und häufig reduzierten Pflegebudgets in der Verwaltung. Allerdings bringen die Grün- und Freiflächen gleichermaßen wie die gebauten Elemente einer Stadt Pflege, Wartung und erhebliche Lebenszykluskosten mit sich (DRLIK 2010, NIESEL 2006, STEIDLE-SCHWANN 2001). Im Zuge dessen wird an Schmuckpflanzen gespart und das gestalterische Repertoire reduziert sich häufig auf Rasenflächen und Baumpflanzung. Auch im Extremsommer 2018 zeigen sich infolge lang andauernder Trockenheit Pflegenotstände, die das Grünflächenamt der Stadt nicht auffangen kann. Die Ideologie einer hochwertigen, möglichst artenreichen Bepflanzung ist nicht an allen Standorten in der Stadt möglich und nur bei entsprechender Pflegemöglichkeit sinnvoll. Denn Mischpflanzung tendiert generell zu Vergrasung und so nähern sich entsprechende Flächen nach einigen Jahren einem wiesenartigen Zustand an. Bei der Freiraumplanung ist dabei entscheidend, schon im Entwurf ein Pflegekonzept mitzudenken. Hier können beispielsweise Landschaftsarchitekten als Bindeglieder in der Vermittlungsrolle zwischen Architektur und Naturraum fungieren. Denn diese Berufsgruppe kann sprachlich und methodisch auf beide Teilbereiche des Planens zurückgreifen – baulicher und begrünter Raum in der Stadt (DRLIK 2010, NIESEL 2006, STEIDLE-SCHWANN 2001).

Neben den in Deutschland typischen Staudenmischpflanzungen in Straßenräumen geht man in Düsseldorf neue Wege in der städtischen Begrünung. Hanfpalmen und Bambus säumen die Straßenränder und Verkehrsinseln (Abbildung 100). Neben der optischen Abwechslung haben diese Arten den Vorteil, dass sie ihre grünen Blätter auch im Winter beibehalten (REIF 2017).



Abbildung 100: Alternativen für Straßenbegleitgrün in Düsseldorf nach Tita Giese: Ernst-Reuter-Platz (links) und Stresemannplatz (rechts) mit tropischer Bepflanzung (REIF 2017, 133 ff.)

8.4 Soziale Aspekte der Gestaltung urbaner Freiräume

Auch Aspekte des Sozialraums spielen bei Überlegungen hinsichtlich der Gestaltung öffentlicher Flächen eine weitere zentrale Rolle. Das Zusammenwirken von gegenständlichem und sozialem Raum wird zusammengefasst unter den beiden Disziplinen Sozialraumanalyse und Funktionsanalyse. Beide beziehen bei der Betrachtung des sozialen Raums Fragestellungen aus der Planungsebene unter räumlichen und ortsbezogenen sowie praktischen Perspektiven in ihre Methoden ein.

Begründet wurde die Sozialraumanalyse durch die sozialökologische Theorie der Chicagoer Schule in der Soziologie. Heutigen Erhebungen zu soziodemographischen, -ökonomischen oder -ethischen Aspekten in Städten liegt häufig dieser quantitativ-statistische Ansatz zu Grunde, wird jedoch ergänzt durch inter- und transdisziplinäre qualitative Methoden. Kern ist die Betrachtung und Beschreibung des Zusammenspiels von physischem Raum und dessen NutzerInnen. Das Ergebnis solcher Analysen können konkrete gestalterische, nutzungsorientierte oder bauliche Planungshinweise sein. Öffentliche Räume spielen eine wichtige Rolle in einer Stadt der kurzen Wege und müssen dementsprechend bespielt werden und eine Art urbanes Flair ausstrahlen. Diesbezüglich spielt auch die Erdgeschossgestaltung eine wichtige Rolle; Gewerberäume mit Schaufensterflächen bieten die Möglichkeit der Interaktion von Gebäuden, Flächen und NutzerInnen. Hochparterre war daher in der Bahnstadt zum Beispiel keine Option. Der fließende Übergang von innen nach außen nimmt bei der Planung öffentlicher Gebäude und Räume immer mehr an Bedeutung zu. Auch im Privaten lässt sich der Trend der Erweiterung der Wohnfläche in den Außenbereich, auf Balkonen, Terrassen, Innenhöfen und Dachflächen erkennen (REIF 2017).

Die Rolle von Abstandsgrün – dem fließenden Übergang zwischen privatem und öffentlichem Raum z. B. in den Innenhöfen der Bahnstadt – befriedigt nur in gewissem Maße das Bedürfnis der Men-

schen nach Schutz des Eigentums und Privaten. In einigen Fällen findet man die Tendenz der sichtbaren Abgrenzung oder Abschattung zum öffentlichen Raum durch Bepflanzung oder dem Errichten von Zäunen. Beispiel hierfür sind die Innenhöfe der Bahnstadt entlang des Langen Anger und der Promenade, die nicht in einem geschlossenen Block liegen, sondern in Richtung Pfaffengrunder Feld geöffnet sind. Diese sind zwar Privatgrund, sind jedoch über ein informelles Wegenetz und Gehrecht zugunsten der Allgemeinheit miteinander verbunden. Nach dem Konzept des gestalterischen Wettbewerbs sollten in diesen Bereichen keine Zäune oder vergleichbare Abgrenzungen entstehen. Wobei in einigen Innenhöfen eine Unterteilung zwischen Privatbereich der Erdgeschosszone und öffentlichen Bereich in der Mitte getroffen wurde (Abbildung 106).

8.5 Bestandsaufnahme und Planungshinweise für ausgewählte öffentliche Plätze in Heidelberg auf Basis der erhobenen Daten

Heidelberg setzt sich bereits seit vielen Jahren für den Klimaschutz ein. Mithilfe verschiedener Förderlinien hat sich die Stadt das Ziel gesetzt, klimaneutrale Kommune zu werden (IFEU & STADT HEIDELBERG 2004). Ergänzende Maßnahmenprojekte können dieses Ziel unterstützen und den Beitrag zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung erweitern. Ein Konzept, für das Heidelberg die Voraussetzungen erfüllt, ist beispielsweise das Projekt „Stadtgrün – Artenreich & Vielfältig“, gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt des Bundesamt für Naturschutz (KOMMBIO 2018). Das Projekt dient dem Informationsaustausch, der Vernetzung, unterstützt bei politischer Lobbyarbeit und Öffentlichkeitsarbeit und setzt gemeinsam mit der Kommune konkrete Projekte naturnaher Grünflächengestaltung um. Hierfür eignet sich vor allem Straßenbegleitgrün als größter Anteil an der städtischen Grünfläche. Mit einer nutzungsangepassten Pflege, dem Erhalt von Biotopbäumen und Blühinseln kann bereits durch kleine Maßnahmen eine Qualitätsverbesserung des öffentlichen Freiraums auf mehreren Ebenen erzielt werden – optisch, die Biodiversität betreffend u. v. m. Beteiligte Kommunen können so von den Erfahrungen anderer Städte profitieren und basierend auf ihren umgesetzten Maßnahmen – unter Berücksichtigung der weiteren geplanten Schritte – eine Label-Zertifizierung erlangen (KOMMBIO 2018).

Konkret sollen im Folgenden Maßnahmen auf Basis der während der Projektlaufzeit erhobenen Daten für die öffentlichen Räume Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse unter Berücksichtigung der vorhergehend vorgestellten Konzepte dargestellt werden. Unter Einbezug der Daten zum Mikroklima, den Ergebnissen der 3D-Solarmodellierung sowie der Daten zur Wahrnehmung und Vorstellung der öffentlichen Plätze soll bestenfalls ein Co-Benefit durch Gestaltungsmerkmale erzielt werden.

Anhand der Erhebung von Klimadaten konnten an beiden Plätzen, vor allem während des Sommers 2018, extreme Temperaturbedingungen dokumentiert werden. Generell besteht für alle Freiräume in der Stadt der Wunsch nach Erhöhung des Grünanteils (Kapitel 7.6 und 7.9). Dieser Wunsch ist ver-

einbar mit Zielen der Klimaanpassung, kann jedoch in Konflikt stehen mit Vorgaben des Denkmalschutzes oder konkurrierenden Interessen. Gerade Maßnahmen der Fassaden- oder Dachbegrünung stellen in der Altstadt Heidelbergs hinsichtlich des Denkmalschutzes ein Problem dar. Hierfür eignen sich eher neuere Gebäude sowie Industrie- und Bürobauten. In einigen Stadtvierteln und Gebieten wie beispielsweise dem „Quartier am Turm“ findet man vielfältige Gestaltungen begrünter Fassaden. Die Bahnstadt bietet ebenfalls ein entsprechendes Potenzial. Die Umsetzung erfolgte jedoch nur auf den Dachflächen, die zu etwa zwei Dritteln begrünt sind. Fassadenbegrünung findet man in der Bahnstadt kaum, lediglich in einigen Innenhöfen sind kleinflächige Maßnahmen umgesetzt (Abbildung 106). Generell zeigen die Innenhöfe sehr unterschiedliche Charaktere und eröffnen verschiedene Atmosphären. Bei deren Gestaltung sind eine Vielzahl an Details zu beachten; Bäume dürfen beispielsweise nicht in Konflikt geraten mit technischer Infrastruktur wie Anfahrtswegen und Anleiterflächen für die Feuerwehr. Diese Details erfordern ein hohes Maß an Feinabstimmung, um ein möglichst positives Ergebnis für sämtliche Aspekte zu schaffen. So finden sich auch hier schlicht gestaltete und stark versiegelte Flächen, die sich folglich auf das Mikroklima auswirken. Generell besteht in Heidelberg ein großes Potenzial für Fassadenbegrünung unter Berücksichtigung der einschränkenden Faktoren, welches jedoch in kaum einem Bereich voll ausgeschöpft wird.

Fehlende Beschattung an öffentlichen Plätzen, wie auch an den hier ausgewählten Plätzen in Heidelberg kritisiert, nimmt einen bedeutenden Einfluss auf das Humanbioklima und das thermische Wohlbefinden an diesen Orten. Veränderung in der Beschattung von Freiräumen stellt den größten Faktor beim Auftreten von Hitzestress dar und trägt daher mit das wichtigste Potenzial für Verbesserungsmaßnahmen (FRÖHLICH & MATZARAKIS 2013). So kann unter bestimmten Bedingungen die thermische Belastung bei der Umgestaltung einer Rasenfläche in eine versiegelte Fläche um bis zu 10 °C steigen (FRÖHLICH & MATZARAKIS 2013). Diese Erkenntnisse werden auch durch die Ergebnisse der durchgeführten Solarpotenzialanalyse der beiden Standorte in Heidelberg bestätigt (Kapitel 7.2).

8.5.1 Gestalterische Verbesserungsvorschläge für den Universitätsplatz

Am Universitätsplatz wird häufig der Wunsch nach einer größeren Anzahl ansprechender Sitzgelegenheit geäußert. Diese Gestaltungsmaßnahme betrifft nicht das Mikroklima, ist jedoch grundlegend für die Nutzung des Ortes und Aufenthaltsqualität. Derzeit befinden sich Metallbänke am östlichen und westlichen Rand unter den jeweiligen den Platz begrenzenden Baumreihen. Diese sind häufig verschmutzt und wenig einladend. Eine generelle Umgestaltung durch Erneuerung und neue Anordnung wird von vielen Befragten befürwortet (Kapitel 7.9). Bei trockenen Bedingungen dienen darüber hinaus die Stufen zum Eingang der Neuen Universität sowie die Begrenzungsmauer der Treppe zur linken und rechten Seite des Eingangs als Sitzgelegenheiten. Der Großteil der Innenfläche des Platzes ist vor allem im Sommer kaum nutzbar, es fehlen Beschattungsmaßnahmen und Sitzgelegenheiten. Diese für Veranstaltungen benötigte Fläche wird wie im Extremsommer 2018 zur Hitzefalle. Gestaltungselemente, die der Beschattung, der Begrünung und dem Aufenthalt dienen, könnten künftig


mobil gestaltet sein und für Veranstaltungen temporär verlagert werden. Dies bedeute jedoch einen erhöhten Pflegeaufwand der Fläche im Vergleich zum jetzigen Zustand. Dieser wird durchaus auch von einigen ProbandInnen im Rahmen der Mental Maps-Befragung anerkannt und führt zu einem gewissen Pessimismus hinsichtlich möglicher Veränderungen. Dagegen könnten mobile Elemente in den Umbaumaßnahmen für Veranstaltungen wie den Weihnachtsmarkt integriert werden. Durch das Schaffen einer Mitte des Platzes und daran anknüpfender Sitzgruppen in den Randbereichen könnte die große Leere geschlossen werden, die den Raum bisher beherrscht (Abbildung 101).



Abbildung 101: Szenen des Universitätsplatzes an einem Sommertag im August 2018 (29.08.2018 14:30-15:30 Uhr) (Eigene Aufnahmen).

Temporäre Gärten können zum einen auf freiwerdenden, sich im Wandel befindlichen Flächen entstehen („Transistorische Gärten“) oder im Rahmen von Veranstaltungen für eine bestimmte Dauer geschaffen werden („Instant Gardening“) (REIF 2017). Gleichmaßen können sie flexibel in der Stadt umgesiedelt werden und bieten die Möglichkeit gestalterisch zu experimentieren und dynamisch auf aktuelle Trends und Ideen zu reagieren. Sie stellen in diesem Kontext eine nachhaltige Lösung dar. Im Zuge dieser Entwicklung repräsentiert die Plattform „Rent-a-Tree“ eine Innovation: Statt Pflanzen zu erwerben, ermöglicht die Institution das Leihen von Pflanzen und Bäume zur Gestaltung eines Raums oder als Schmuckbegrünung während einer Veranstaltung (REIF 2017).

Des Weiteren könnte eine Umgestaltung des Universitätsplatzes und die Erschaffung einer neuen Mitte der Identität als Treffpunkt und Aufenthaltsort beitragen. Um das städtische und studentische Leben wieder auf dem Platz zu integrieren, könnten weitläufigere mobile Elemente aus kombinierten Sitzmöglichkeiten und Grünelementen dienen (Abbildung 102). Diese ermöglichen das Lernen, Arbeiten und Entspannen außerhalb der geschlossenen Räume der Universität oder bewirtschafteten Schankflächen. Ähnliches wurde beispielsweise als studentische Arbeit am Campus Braike der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen umgesetzt. Sitzelemente und -kombinationen aus einfachen Materialien und Wertstoffen bilden Sitzgruppen zum gemeinsamen oder alleinigen Arbeiten sowie zur Erholung. Diese sind kombiniert mit Pflanzsystemen sowie weiteren mobilen Möbeln aus Europaletten. Raumgestaltungen dieser Art könnten Vorbild sein für einen an das urbane Umfeld angepassten Aufbau. Eine Umsetzung durch studentische Initiativen wäre auch in diesem Fall denkbar und würde die Identitätsbildung und Auseinandersetzung mit dem Platz fördern.

	Willkommen in der Wissenschaft
<p>Am Max-Weber-Institut der Universität Heidelberg wurde im Zeitraum 2013 bis 2016 ein innovatives Lehrkonzept mit dem Titel „Willkommen in der Wissenschaft - Forschungsorientierung von Anfang an“ erarbeitet und durchgeführt. Das Konzept verfolgt das Ziel, den Zugang zu Forschungsprozessen bereits in der Studienanfängsphase zu eröffnen und ist angelehnt an den Grundgedanken einer engeren Verknüpfung von Forschung und Lehre. Eine Implementierung des Programms in alle grundständigen Studiengänge könnte den Weg öffnen für ein größeres, fächerübergreifendes Angebot von Lehrveranstaltungen basierend auf dem Konzept des Forschenden Lernens und im engen Bezug zu aktueller Forschung an den jeweiligen Instituten (RUPRECHT-KARLS-UNIVERSITÄT HEIDELBERG 2018).</p>	

Der Wunsch nach einem „Arrangement“, bestehend aus Sitzplätzen, Grün- und Wasserelementen, das zum Verweilen einlädt, wird vielfach gefordert (Kapitel 7.9). Da aufgrund des Kopfsteinpflasters

und alten Baumbestands, dessen Wurzelsystem an die Bedingungen der urbanen Umgebung angepasst ist, sowie der Verkehrssituation und zeitweisen Nutzung des Platzes die Pflanzung neuer Vegetation hinderlich wäre, müssten auch hierbei mobile Elemente zum Einsatz kommen. Mobile Pflanzkübel sind beispielsweise auch an anderen Stellen in der Stadt eingesetzt. Dabei ließen sich neben herkömmlichen Pflanzbehältern u.a. auch alte Fahrzeuge wie LKW-Pritschen, Container, Schubkarren oder Einkaufswagen begrünen. Heute noch vielmals als Kunstprojekte ins Leben gerufen, wie im Beispiel der begrüneten Busse (Bus Roots) des New Yorker Designer Marco Castro Cosio, könnten sich Maßnahmen etablieren, die urbanes Leben mit natürlichen Elementen kombinieren. Dabei können nicht nur Schmuckpflanzen zum Einsatz kommen, sondern auch dauerhafte Bepflanzung durch mehrjährige Stauden, Kleingehölze oder immergrüne Arten. Die multifunktionale Kombination von Sitz- und Grünelementen fördert dabei die Aufenthaltsqualität in mehrerlei Hinsicht. So ermöglichen beispielsweise Pflanzbehälter, die mit umlaufenden Sitzbänken versehen sind, einerseits den Blick auf das Platzgeschehen und andererseits das Detailstudium der rückseitigen Bepflanzung (REIF 2017).



Abbildung 102: Kombinierte Gestaltungselemente aus Sitzflächen, Grünelementen und Beschattung (Eigene Darstellung, verändert nach HFWU, MOOSBURG MARKETING EG, PINTEREST, STUTTARTER NACHRICHTEN).

Negativ beeinflusst werden das Mikroklima und die Aufenthaltsqualität am Universitätsplatz des Weiteren durch den an der Westseite verlaufenden Verkehr. Obwohl dieser lediglich für Anlieferung und den ÖPNV freigegeben ist, ist das Aufkommen beträchtlich. Abwärme, Lärm und Gefährdung ande-

rer VerkehrsteilnehmerInnen wirken sich negativ auf die Standortqualität und das Platzklima aus. Da der Platz die zentrale Haltestelle der Altstadt darstellt, wäre deren Verlagerung zwar klimatisch sinnvoll, aber nicht mit Zielen der Erreichbarkeit vereinbar. Zudem könnte diese Maßnahme eine Erhöhung des motorisierten Individualverkehrs zur Folge haben. Eine Umfahrung des Platzes durch die Buslinien und Nutzung der nahegelegenen Haltestellen wie der Marstallstraße und Peterskirche würden dabei jedoch auch das Gefahrenpotenzial bei Kreuzung der Hauptstraße durch die Busse minimieren. Neben einer Umleitung der Buslinien wäre auch eine bauliche, mobile Abtrennung der Verkehrsfläche vom Platz denkbar. Diese könnte mit Grünelementen ausgestattet sein und würde für eine optische Gliederung der Flächen Sorge tragen. Hierdurch könnte die Unübersichtlichkeit und das damit einhergehende Gefahrenpotenzial minimiert werden. Sogenannte „Grüne Zimmer“, bestehend aus mit Pflanzen bestückten Wänden und kombinierten Sitzflächen könnten der optischen Trennung der verschiedenen Flächen dienen und weitere Maßnahmen unterstützen: Sie bilden Rückzugsorte auf der weitläufigen Fläche und fördern die Verbesserung des Mikroklimas durch Beschattung, Filterung von Luftschadstoffen und Verdunstungskühlung. Das Grüne Zimmer, wie es beispielsweise in Ludwigsburg zum Einsatz kommt, entstand im Rahmen des EU-Projekts TURAS (Transitioning towards Urban Resilience and Sustainability) zur Förderung von Anpassungsmaßnahmen in Städten an den Klimawandel. 140 m² begrünte Fläche binden demnach pro Jahr durchschnittlich 300 kg Kohlenstoffdioxid und produzieren etwa 220 kg Sauerstoff (CONNOP et al. 2016, HELIX PFLANZENSYSTEME 2017). Auch Mooswände, wie sie beispielsweise zur Schadstoffminderung der Luft in Stuttgart eingesetzt werden, könnten am Universitätsplatz zum Einsatz kommen. Deren Effizienz ist derzeit jedoch nicht vollständig nachgewiesen, je nach Standort können diese durch Blockade von Luftleitbahnen auch zu einer Verschlechterung der Luftqualität beitragen. Ferner können Wandinstallationen wie diese dem Lärmschutz dienen. Die an das Konzept des „Grünen Zimmers“ angelehnte Konstruktion der „Grünen Wand“ kann bei entsprechender Standortwahl neben den Effekten auf das Mikroklima auch als Bindeglied zur Vernetzung umliegender Grünflächen dienen (EISENBERG 2013) (Abbildung 103). Die Untergliederung von Plätzen in verschiedene Bereiche, wie Verkehrsflächen, Parkflächen, Erholungsflächen etc. ist nur wirksam, wenn eine optische Trennung dieser vorgenommen wird und somit Verbindlichkeiten entstehen.



Abbildung 103: Mobiles Grünes Zimmer mit Informationstafel auf dem Buchrainplatz in Oberrad, Frankfurt (FRANKFURTER RUNDSCHAU 2017).

Auch die Einfassung der Bäume am Universitätsplatz wird in einem Fall kritisiert. Begrünungsmaßnahmen der Baumscheiben könnten Abhilfe schaffen und den Raum optisch sowie klimatisch aufwerten. Alternativ wären ebenfalls Sitzgelegenheiten als Umfassung der Bäume denkbar. Hier ergäbe sich wiederum ein Synergieeffekt mit dem Wunsch nach mehr Sitzplätzen in beschatteten Bereichen.

Des Weiteren ist die Situation der Fahrradstellplätze zu beiden Seiten der Verkehrsfläche im Eingangsbereich der Universitätsgebäude zu den Stoßzeiten häufig chaotisch. Die verfügbare Fläche wird dem Aufkommen – wie an vielen Orten Heidelbergs – zeitweise nicht gerecht. Des Weiteren werden bisweilen die beschatteten Bereiche unterhalb der Baumkronen als Fahrradstellplätze und vor allem an der Ostseite als PKW-Stellfläche genutzt. Diese könnte man zugunsten größerer Sitz- und Aufenthaltsbereiche in andere Bereiche verlagern. Eine generelle Erneuerung und die Strukturierung der Haltebühel für Fahrräder wären erwägbar.

Die Simulation der Wasserbilanz der versiegelten Fläche des Universitätsplatzes ist bezogen auf den Zeitraum 26.2.2010 bis 31.12.2012. Der Ist-Zustand definiert sich auf Basis des undurchlässigen Belags mit rund 4.000 m² und der Laubbaumvegetation auf undurchlässigem Belag mit etwa 950 m² – Dachflächen wurden nicht in die Berechnung miteinbezogen. Der Simulation zufolge teilt sich der Niederschlag über den Berechnungszeitraum zu rund 75,0 % auf den Abfluss zur Kanalisation und etwa 25,0 % auf die Verdunstung auf. Zur Versickerung bzw. Grundwasserneubildung steht nahezu kein Niederschlag zur Verfügung. Im simulierten optimierten Zustand wird der undurchlässige Belag durch durchlässiges Pflaster mit begrünten Fugen ersetzt, aufgebrochen wird die Fläche durch ca. 100 m² Beet-Bepflanzung und Verdopplung des Grünanteils durch Laubbäume. Der Baumbestand teilt sich dabei auf die bepflanzte Fläche und durchlässige Pflasterfläche auf. Der Abfluss zur Kanalisation kann anhand dieser Maßnahmen minimiert werden, dementsprechend teilt sich der Nieder-

schlag im Simulationszeitraum auf etwa 55,0 % Verdunstung und 45,0 % Versickerung auf. Im Vergleich dazu kommen den Anteilen auf einer natürlichen Wiesenfläche folgende Werte zu: Abfluss zur Kanalisation 0,8 %, Versickerung 33,2 % und Verdunstung 66,0 %. Zusätzlich wird die Reaktion auf ein einzelnes Starkregenereignis simuliert, wie sie im Zuge des Klimawandels häufiger erwartet werden. Bezug genommen wird auf ein heftiges sommerliches Starkregenereignis (30.6.2012) von 18 mm Niederschlag in 35 Minuten „bei trockenen Ausgangsbedingungen mit Temperaturen um die 32 °C [...]. Kurzzeitig treten [darüber hinaus] sehr hohe Intensitäten bis zu 62 mm/h in 15 min auf. Es schließt sich ein kleineres Ereignis mit 10 mm bei Temperaturen um die 19 °C an“ (PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE – UNIVERSITÄT FREIBURG 2013, o. S.). Während im Ist-Zustand in kurzer Zeit nahezu der gesamte Niederschlag der Kanalisation zugeführt wird, wird dieser im optimierten Zustand verzögert versickert. Bei erwarteter Zunahme von Starkregenereignissen können solche stark verallgemeinernde Annahmen und Werte Aufschluss über die Vulnerabilität der Städte und das Potenzial von Anpassungsmaßnahmen geben (PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE – UNIVERSITÄT FREIBURG 2013). Die Ergebnisse der Akzeptanzanalyse dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Rahmen des Projekts WaSiG der Universität Freiburg zeigen darüber hinaus die höchste Akzeptanz für durchlässige Bodenbeläge im Vergleich aller bewerteten Bewirtschaftungsmaßnahmen – trotz Gegenargumenten wie Pflegeintensität, Begehbarkeit, Befahrbarkeit und Barrierefreiheit (FREYTAG et al. 2017).

Anhand solcher Maßnahmen können die Charakteristik und das Bild des Platzes sowie der gesamten Altstadt, das für viele HeidelbergerInnen die Stadt prägt, bewahrt und dennoch eine kleinräumige Aufwertung, wie sie beispielhaft für weitere öffentliche Plätze sein kann, erreicht werden. Gleichmaßen können innovative Projekte und Maßnahmen transformatorisch auf andere Teile der Stadt oder Kommunen ausstrahlen.

8.5.2 Gestalterische Verbesserungsvorschläge für die Schwetzingen Terrasse

Die „graue“ Bebauung der Bahnstadt allgemein und auch die Schwetzingen Terrasse betreffend stellt den Hauptkritikpunkt vieler Befragter dar (Kapitel 7.9.3). Die Gestaltung wirkt sich auch auf das Mikroklima am Platz aus. Die Messkampagnen zeigen an Sommertagen sowohl extreme Lufttemperaturen, als auch stark erhitzte Materialien und Flächen, die den Effekt der Erwärmung zudem verstärken (Kapitel 6).

Für die Aufenthaltsqualität an der Schwetzingen Terrasse ist die Schaffung von Beschattung zur Überbrückung – bis zur Ausbildung großer Kronendächer durch die Baumbepflanzung – unerlässlich. Sonnensegel könnten hier, wie in einem Teilbereich des ICE-Spielplatzes installiert, in den Sommermonaten Abhilfe schaffen. Sie sind zudem kostengünstig, schnell erneuerbar und restlos rückbaubar. Darüber hinaus bieten Konzepte der Baubotanik, die wachsende Pflanzen in ihre Konstruktionen einschließen, neuartige Gestaltungsoptionen (Abbildung 104). Unkontrollierbare Wachstumsprozesse amorpher Natur in der Stadt stellen dabei zwar einen Widerspruch zur geordneten

Planung und statischen Gestaltung dar, eröffnen jedoch dynamische und wandelbare Bauweisen. Realisierungen im Kleinformat ähnlich des Grünen Zimmers oder der Grünen Wand können urbane Klimakomfortzonen schaffen (EISENBERG 2013, LUDWIG, SCHÖNLE & BELLERS 2015, LUDWIG 2016). So können beispielsweise auch Kletterpflanzen unter Zuhilfenahme von Gerüsten als Rankhilfen zu Schirmakazien und natürlichen Schattenspendern ausgebildet werden (REIF 2017). Das Konzept dieser Art nicht in die Gestaltung des Innovationsstandorts Bahnstadt integriert wurden ist kritisch einzuschätzen.



Abbildung 104: Baubotanische Vogelbeobachtungsstation in Waldkirchen im Bayerischen Wald als Beispiel der Integration von Vegetation in die Konstruktion von Bauwerken (LUDWIG 2007).

Das Wasserfontänenfeld auf der Schwetzingener Terrasse wird grundsätzlich, wie alle Wasserelemente, positiv bewertet. Die damit einhergehenden Probleme durch Kalkablagerungen und infolgedessen Einstellen des Betriebs der Fontänenfläche stehen jedoch in der Kritik. Dabei erzeugt die Fläche Synergieeffekte und dient neben der Verbesserung des Mikroklimas und damit der Aufenthaltsqualität auch als Spielfeld für Kinder. Eine temporäre Beschattung entgegen extremer Temperaturbedingungen während der Sommermonate wäre zudem denkbar. Gerade während extremer Hitze an vielen Tagen des Jahres 2018 waren die öffentlichen Bereiche und Spielflächen häufig ungenutzt und leer (Abbildung 105).



Abbildung 105: Beispielhafte Szene eines Sommertages auf der Schwetzinger Terrasse im August 2018 (29.08.2018 16:30 Uhr) (Eigene Aufnahme).

Die kritisierte Geradlinigkeit und Monotonie der Bahnstadt könnten durch farbliche Gestaltungselemente aufgebrochen werden. In einigen Innenhöfen, deren Gestaltung des jeweiligen Bauträgers bzw. Investors obliegt, ist dies durch vielfältige Begrünung bereits gelungen (Abbildung 106). Zu beachten ist hierbei, dass große Bereiche der Bahnstadt, so auch die Innenhöfe, mit Tiefgaragen unterbaut sind. Dies ist zurückzuführen auf das Parkflächenkonzept, das für den Straßenraum lediglich bewirtschaftete Kurzzeitparkplätze vorsieht, um parkende Autos möglichst von der Oberfläche fern zu halten. Für die Oberflächengestaltung der Freiräume bringt dies einige Probleme mit sich. Zum einen müssen Tiefgaragenbelüftungsschächte bzw. Entrauchungsschächte und -anlagen für den Brandfall auf den Flächen integriert werden und zum anderen fehlt der Wurzelraum für große Bäume (mindestens 16 m³ Substrat). Abhilfe schaffen hier oberflächige Aufschüttungen oder unterirdische bauliche Aussparungen innerhalb der Tiefgaragen für Wurzelräume kleinerer Bäume. Die Innenhöfe erfüllen in einigen Fällen die Funktion eines „Pocket Parks“ und erweitern die Naherholungsfläche des Stadtteils neben den öffentlichen Freiräumen.

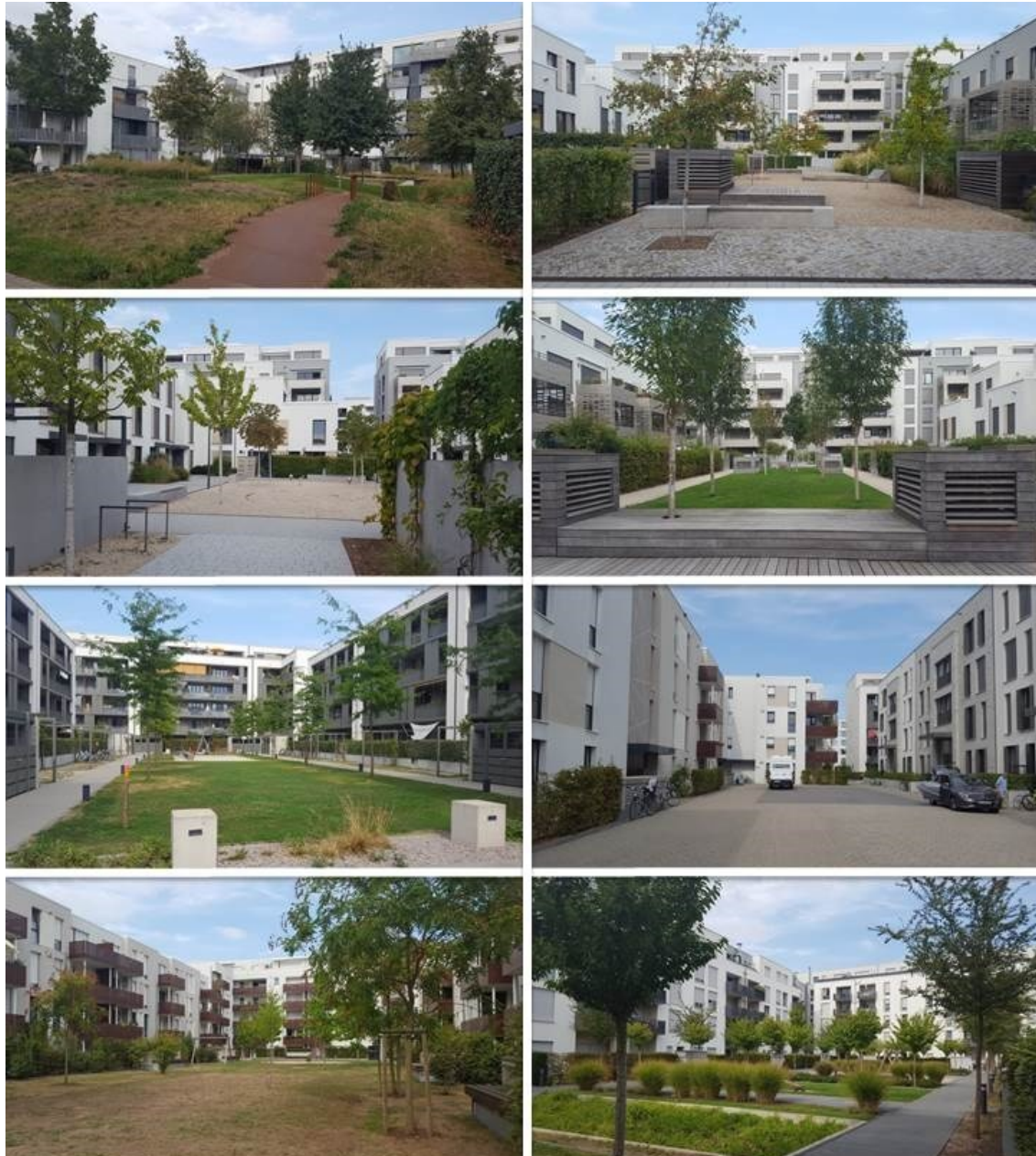


Abbildung 106: Verschiedene Konzepte der Innenhofgestaltung in der Bahnstadt zwischen Schwetzingener Terrasse und Pfaffengrunder Terrasse (29.08.2018 16:00-17:00 Uhr) (Eigene Aufnahmen).

Gerade für Innenhöfe oder Hinterhöfe ist eine genaue Artenwahl zu berücksichtigen. Zwar treten in machen urbanen Gebieten in Mitteleuropa bereits in einigen Jahren keine Fröste mehr auf und umgebende Gebäude bieten zusätzlichen Schutz vor Kälte und Wind, die Standorte sind jedoch in anderer Hinsicht extrem. Der Niederschlag ist durch die hohe Bebauung und den seitlichen Schutz verringert, zudem ist die Sonneneinstrahlung aufgrund der Beschattung reduziert. Arten, die diesen thermischen Bedingungen beispielsweise aus dem Unterholz der Wälder gewachsen sind, bieten Alternativen für urbane Standorte dieser Art (REIF 2017). Unter Berücksichtigung dieser Aspekte können diese Flächen klimatische Oasen und intime Rückzugsorte darstellen. In Freiburg experimentierte

man überdies erfolgreich mit (sub-)tropischer Bepflanzung in Innenhöfen einer Wohnsiedlung. Auf etwa 40 m² wachsen mehr als 200 Arten aus den subtropischen Regenwäldern und sorgen für ein üppiges Farb- und Formenspiel. Ähnliches gelang in Berlin Charlottenburg mit vielfältiger Farnvegetation in Kombination mit Stauden und Gräsern in schattigen Hinterhöfen oder durch Gräser, Efeu, Moose und Farne geschaffene Miniaturlandschaften im Lichthof eines Bürogebäudes in Zürich Altstetten (REIF 2017). Eine Auflistung exotischer Pflanzen sowie ihre Verbreitung und Eignung im Stadtraum findet sich beispielsweise bei REIF (2018).

Für die Gestaltung der Schwetzingen Terrasse wurde in den dynamisch angelegten Beeten eine Mischbepflanzung aus Kirschbäumen und Stauden gewählt, die in ihrem Entwicklungsstadium noch eher am Anfang stehen. Das Potenzial dieser Flächen wird von einigen Teilnehmenden der Befragung festgestellt (Kapitel 7.9). Die Terrassenplätze und Liegewiese entlang der Promenade bilden den Übergang der Stadt in die Landschaft. Dementsprechend ist die Bepflanzung aufgelockert und weniger linear angelegt wie beispielsweise im Zollhofgarten.

Während in vielen Teilen Heidelbergs, vor allem in der Altstadt, Nutzungs- und Interessenskonflikte zwischen Denkmalschutz, architektonischer Gestaltung und nachhaltigem Stadtumbau auftreten, wagte man in der Bahnstadt den Versuch der Integration grüner und blauer Infrastruktur in das Stadtteilbild und auf Gebäudeebene. Die Erhaltung baukulturellen Erbes und damit des Bildes der Stadt liegt nicht nur im Interesse der EinwohnerInnen, sie wird auch vom Bund gefördert. Historische Bauwerke gehören zu den nicht wiederholbaren Ressourcen der (urbanen) Umwelt. Der scheinbare Konflikt zwischen Wiedernutzbarkeit und Anpassungsfähigkeit historischer Bausubstanz und der architektonischen Gestaltung sowie deren kulturelles Erbe wird noch deutlicher in Anbetracht dessen, dass die Bestandssanierung eine der größten Potenziale der klimaangepassten Stadt darstellt. Neubauprojekte wie die Bahnstadt können demnach als Ausgleich für historischen Altbestand dienen (HEGGER et al. 2007, DEUTSCHER BUNDESTAG 2004.). Das Potenzial der Bahnstadt ist dahingehend jedoch nicht ausgeschöpft.

Die Umgestaltung der Fläche Schwetzingen Terrasse und weiterer Teile der Bahnstadt ist aus wissenschaftlicher Sicht unerlässlich. Das von vielen Befragten gewünschte heterogenere Erscheinungsbild sollte durch variablen Einsatz von Grünelementen gefördert werden. Unter Einsatz von Fassaden grün oder mobilen Pflanz- und Gestaltungselementen, ähnlich wie für den Universitätsplatz empfohlen, werden Synergieeffekte für das Mikroklima und die Wahrnehmung der BewohnerInnen sowie NutzerInnen geschaffen. Geeignete Flächen sind in der Bahnstadt vorhanden. Beispielsweise werden die bräunlich-erscheinenden Stampfbetonwände entlang der Promenade mehrheitlich als trist oder nicht vollendet wahrgenommen (Abbildung 107). Von den angrenzenden privaten Gärten übergreifende Begrünung findet man nur abschnittsweise. Eine großflächige diversifizierte Begrünung wird aufgrund der Pflege und bewussten Entscheidung für die Gestaltung von der planenden Praxis kritisch bewertet, ist aus NutzerInnensicht jedoch wünschenswert. Das negativ bewertete Erschei-

nungsbild betreffend können darüber hinaus Kunstprojekte wie in anderen Teilen der Stadt für eine Aufwertung sorgen. Urbane Kunst oder „Street Art“ greift erheblich in das Erscheinungsbild eines Gebäudes bzw. eines kompletten Stadtteils ein. Dennoch besteht der generelle Wunsch nach mehr Farbe und Diversität im Stadtteil. Ausgewählte, farblich, thematisch abgestimmte Kunstwerke und passende Projekte verhindern die ganzheitliche Veränderung der architektonischen Gestaltung und stellen ein Kompromiss dar. Im Rahmen des Street-Art-Festivals „Metropolink“ gestalteten 2018 lokale sowie internationale Künstler Flächen in Heidelberg auf kreative Weise um (Abbildung 107). „Heidelberg Marketing“ bietet mittlerweile bereits geführte Touren zur urbanen Kunst in Heidelberg an. Im Fokus standen neben Fassaden im Stadtgebiet auch Flächen des Konversionsgebiets Patrick-Henry-Village. Auch im Zollhofgarten in der Bahnstadt entstand bereits ein Kunstwerk in Großformat. Des Weiteren wurden Flächen im Bereich der Pfaffengrunder Terrasse temporär für urbane Kunst zur Verfügung gestellt.



Abbildung 107: Entferntes Graffiti auf einem Abschnitt der Stampfbetonwand an der Promenade in der Bahnstadt (links) (Eigene Aufnahme am 29.08.2018) und Street Art Kunst in der Weststadt (rechts) (Stadt Heidelberg 2018 <https://www.heidelberg.de/hd,1de/HD/Erleben/metropolink-festival.html> am 19.09.2018).

Für die Schwetzingen Terrasse wurde ebenfalls eine Wasserbilanz-Simulation durchgeführt. Es gelten dabei dieselben zuvor beschriebenen Bedingungen. Die Bahnstadt verfügt über ein Regenwassermanagementkonzept, das den Niederschlag im Stadtteil hält und den Wasserbecken entlang des Langen Angers zuführt oder der Verdunstung zur Verfügung steht. Dieses Konzept könnte jedoch durch Maßnahmen wie Entsiegelung vieler Bereiche wie der Schwetzingen Terrasse sinnvoll ergänzt werden. In der Anwendung der Simulation können dabei detaillierte Faktoren wie die Dachgestaltung der Kindertagesstädte berücksichtigt werden, um potenzielle Veränderungsmaßnahmen darzustellen und zu quantifizieren (PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE – UNIVERSITÄT FREIBURG 2013). Das Projekt WaSiG bestätigt Aussagen der Befragten in Heidelberg hinsichtlich der Akzeptanz von innovativen und naturnahen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Neben der grundsätzlich positiven Bewertung bezüglich der optischen Aufwertung und Nutzbarkeit als Erholungsflächen werden Bedenken und Kritik hinsichtlich der Sauberkeit und Pflegeintensität geäußert. Gerade in Quartieren wie

der Bahnstadt steht bei optimaler Planung und Erhaltung jedoch der positive Aspekt der Multifunktionalität und damit verbundenen Aufwertung der Fläche im Vordergrund (FREYTAG et al. 2017). In der Bahnstadt waren das Erscheinungsbild und die Effektivität aufgrund funktionaler Defizite vor dem 2017 erfolgten Umbau der Wasserbecken am Langen Anger zeitweise jedoch stark eingeschränkt (STADT HEIDELBERG 2017).

Auch wenn Vorstellungen wie vollbegrünte „Smart Cities“ bisher futuristisch und unreal erscheinen, verzichtet nahezu keine Zukunftsvision für Städte auf begrünte Fassaden, Dächer und vollständig begrünte Gebäude (REIF 2017). Trotz der wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den positiven Auswirkungen des Stadtgrün wird das Begrünungs- und Gestaltungspotenzial in Heidelberg, wie in den allermeisten Städten, nicht in größerem Umfang genutzt. In diesem Sinn müsste die Stadtplanung den Klimawandel als Chance begreifen (REIF 2017). Dabei sollten – basierend auf aktuellen Daten – Lösungen gefunden werden, die gleichzeitig den „Anforderungen von Gestaltung, Ökologie, Soziologie und Ökonomie [entsprechen]“ (BECKER & CACHOLA SCHMAL 2010, 10). Diese können jedoch nur auf Basis inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelt werden. Mit den Grundlagen sowie Chancen und Herausforderungen transdisziplinärer Forschung unter Einbezug der eigenen Erfahrungen in diesem Projekt befasst sich das folgende Kapitel.

9 Chancen und Herausforderungen transdisziplinärer Forschung

Die Geographie, die aus ihrer Entstehung heraus interdisziplinär angelegt ist (Paradigmenwechsel KUHN 1962) steht als Brückenwissenschaft an der Schnittstelle zwischen Geistes- und Naturwissenschaften. Die auf den ersten Blick Zweiteilung in geistes- bzw. sozialwissenschaftliche und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Gliederung in Human- und Physiogeographie sowie Geoinformatik) verschmilzt jedoch in eine Vielfalt von Methoden mit gleitenden Übergängen. Beispielsweise finden in der Humangeographie vielfach mathematisch-statistische Verfahren Anwendung, die an naturwissenschaftliche Erhebungs- und Arbeitsmethoden angelehnt sind. Diese können sich in einem interdisziplinär ausgerichteten Projekt beiderseits ergänzen. Die Probleme bei inter- bzw. transdisziplinären Ansätzen bestehen zum einen jedoch in der methodologischen und zum anderen in der erkenntnistheoretischen Reflexion der Ergebnisse (GEBHARDT et al. 2006). Hier ist anzumerken, dass die Begriffe Interdisziplinarität und Transdisziplinarität „in der Forschung [...] keineswegs einheitlich“ (Samida & Eggert 2012, 10) Verwendung finden (BURGER & ZIERHOFER 2007, VÖLKER 2003). Auf der anderen Seite „erschließt die Interdisziplinarität“ (SGIBNEV 2018, 29) und auch Transdisziplinarität „[i]n einem Klima von Neugier und Offenheit [...] neue Möglichkeiten und neue Horizonte“ (ebd.). Der Begriff Transdisziplinarität versteht sich dabei als Forschungs- bzw. Organisations- und Arbeitskonzept und weniger als Methode oder Theorie an sich (Z+ 2018).

Dem TdLab des Departement Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich folgend, definiert sich transdisziplinäre Forschung als „interdisziplinärer Ansatz der wissenschaftlichen Forschung, der sich mit komplexen, realen Problemen auseinandersetzt und den Schwerpunkt auf die gemeinsame Problemgestaltung durch Personen innerhalb und außerhalb der Wissenschaft legt, um Lösungsansätze zu entwickeln. Im Mittelpunkt des td-Ansatzes steht der Aufbau von reflexiven Kollaborationsprozessen, bei denen die Forscher adaptiv auf Veränderungen in der realen Welt reagieren können, während sie mit den Projektpartnern zusammenarbeiten.“ (USYS TDLAB 2018, o. S.). Während in der Multi-Disziplinarität verschiedene Fächer oder Disziplinen nebeneinander stehen, kooperieren diese im Konzept der Interdisziplinarität. Mit zunehmendem Kooperationsgrad und der Kombination der verschiedenen Disziplinen und Fächer entsteht Transdisziplinarität, die in einem weiteren Schritt durch Abspaltung oder Neukombination von Teilaspekten ein neues Fach bzw. eine neue Disziplin ausbilden kann (SAMIDA & EGGERT 2012). Transdisziplinarität meint außerdem die Aufnahme von Problemen und Fragestellungen der Gesellschaft in die Forschung. Darüber hinaus werden die aus transdisziplinärer Zusammenarbeit entstehenden Ergebnisse wiederum in die außeruniversitäre Fachwelt, Politik und Gesellschaft zurück gespiegelt. Die Produktion von Wissen findet hier nicht mehr traditionell im universitären Rahmen statt, sondern übertritt die Grenze zur Gesellschaft (BEHRENDT 2004, BURGER & ZIERHOFER 2007, MOBJÖRK 2010, SAMIDA & EGGERT 2012, VÖLKER 2003, WICKSON, CAREW & RUSSEL 2006). Andere Autoren hingegen definieren Transdisziplinarität

als „[i]nnerwissenschaftliche Angelegenheit mit starker theoretischer Integration und hohem Theorieniveau“ (VÖLKER 2003, 21) ohne eine „Öffnung für die Zusammenarbeit mit nicht-wissenschaftlichen Institutionen und Individuen“ (ebd.). Unter Berücksichtigung verschiedener Begriffsbestimmungen kann Transdisziplinarität zusammenfassend definiert werden „durch das Überschreiten von vorgegebenen fachlichen oder institutionellen Grenzziehungen sowie durch die Streben, verschiedene disziplinäre Denkmuster zu integrieren [u]m der Komplexität der Lebenswelt zu begegnen“ (Z+ 2018). „Transdisziplinarität produziert neues Wissen, das überhaupt erst nur durch neue, gemeinsam geschaffene Methoden der beteiligten Disziplinen erzeugt werden kann“ (SAMIDA & EGGERT 2012, 11). Gleichmaßen geht damit die Verknüpfung eines „wissenschaftliche[n] Erkenntnisprozess[es] und ein[es] lebensweltliche[n] Problemlösungsprozess[es]“ (POHL & HIRSCH HADORN 2008, 8) einher. In diesem Kontext entwickelte sich an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auch eine Vielzahl neuer Institutionen, um den Transfer zu gestalten. Weniger stark vertreten sind solche Transfereinrichtungen am Übergang von Forschung zu öffentlichen Einrichtungen und in die Zivilgesellschaft (SCHNEIDEWIND & SINGER-BRODOWSKI 2014).

Der Ablauf eines transdisziplinären Projekts gliedert sich POHL & HIRSCH HADORN (2008) folgend in drei Phasen: Definition und Strukturierung des Forschungsgegenstands, Problembearbeitung und Wissensgenerierung sowie In-Wert Setzung, die über Impulse Transformationen in beiden Bereichen (Wissenschaft und Lebenswelt) anstoßen kann. Der Ablauf erfolgt dabei nicht notwendigerweise chronologisch. Der Erkenntnisgewinn ist wiederum unterteilt in Systemwissen, Zielwissen und Transformationswissen (POHL & HIRSCH HADORN 2008) (Abbildung 108).

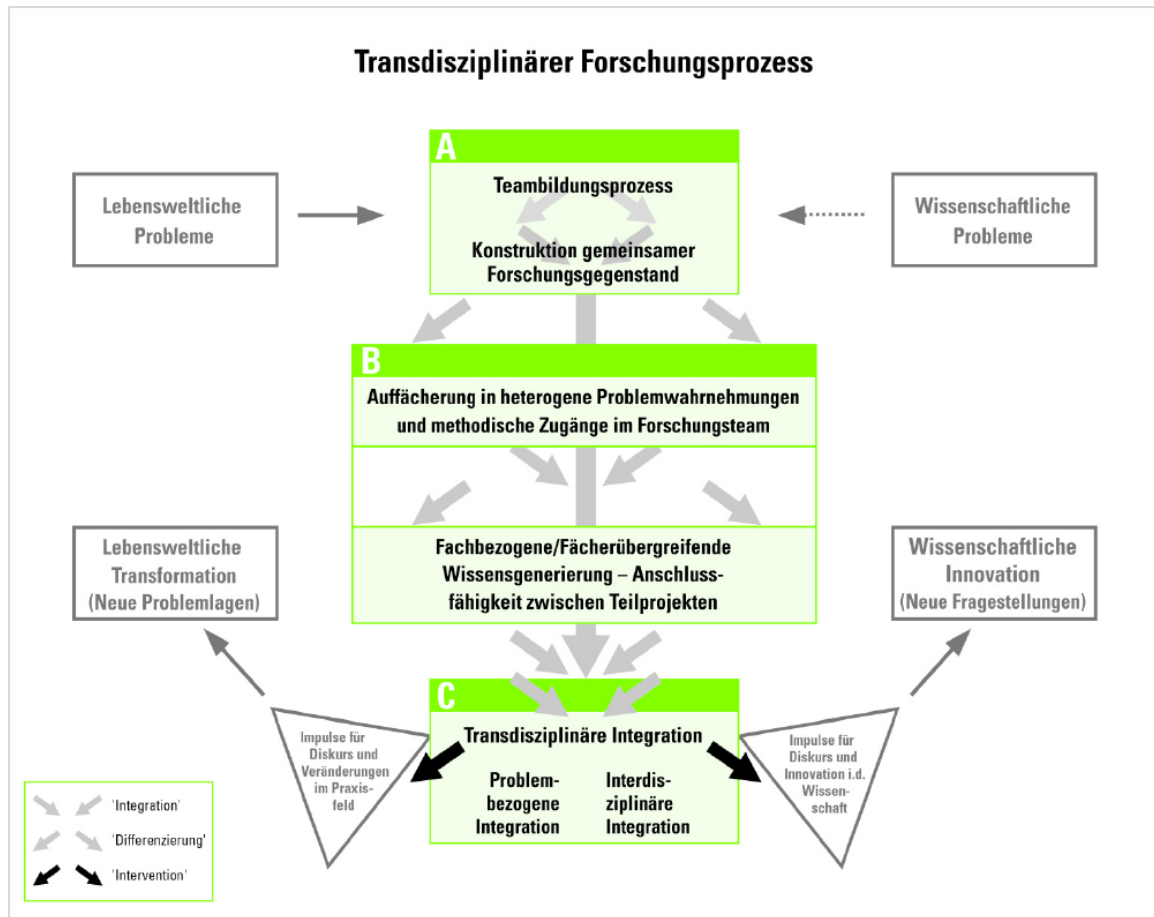


Abbildung 108: Ablauf eines transdisziplinären Forschungsprozesses unter Berücksichtigung der verschiedenen Teilprozesse (Pohl & Hirsch Hadorn 2008, 8).

Ein kritischer Aspekt von Interdisziplinarität und Transdisziplinarität liegt in der Gefahr der Beliebigkeit: Die Disziplinen ermöglichen den Einbezug vielfältiger Methoden, Theorien und auch Akteure. Hier die geeignete und auf die Fragestellung zugeschnittene Kombination zu wählen bringt einen Abwägungsprozess mit sich. Das Potenzial, welches sich in der Vielfalt an Auswahlmöglichkeiten bietet, birgt somit auch eine Gefahr und Herausforderung (SGIBNEV 2018). Gleichmaßen sensibilisiert diese Gefahr den erfahrenen Wissenschaftler bzw. die erfahrene Wissenschaftlerin für durch die Disziplinvielfalt begründete „Unsicherheiten, Graustufen und Zwischentöne“ (SGIBNEV 2018, 29). Überdies ermöglicht und fördert die Geographie die Auseinandersetzung mit und Nutzbarmachung von „neuen, vielleicht auch neomodischen, kritischen und gerne radikalen Theorien, etwa aus der Soziologie, der Philosophie oder den Gender Studies“ (ebd.). Es bedarf in diesem Kontext jedoch einer Positionierung und reflexiven Haltung des Forschenden bzw. der Forschenden (SGIBNEV 2018).

Schwierigkeiten inter- oder transdisziplinärer Zusammenarbeit können auf vielen Ebenen entstehen. Beispielsweise stellt die Kommunikation auf Basis verschiedener Fachsprachen der beteiligten Akteure eine Herausforderung dar, die die Festlegung gemeinsamer Begriffe und Sprachebenen bedarf.

Auch das Verständnis über Maßregeln oder Gesetzmäßigkeiten benötigt eine vorhergehende gegenseitige Klärung und ist durch institutionelle Rahmengeradenheiten bedingt. Das Fehlen von transdisziplinärer Infrastruktur für den Austausch auf inhaltlicher und methodischer Ebene erfordert die Schaffung von Kapazitäten, Kompetenzen, Beziehungen, Strukturen und Systemen um einen Transfer und Kooperation zu gewährleisten (Capacity Building). Solche Institutionen haben dabei den Anspruch auf enge Zusammenarbeit mit Akteuren in der Praxis und einer Ausgewogenheit zwischen exzellenter (disziplinärer) Forschung und Anwendungsorientierung (SCHNEIDEWIND & SINGER-BRODOWSKI 2014). Im Rahmen dieser Diskussion prägten SCHNEIDEWIND & SINGER-BRODOWSKI (2014) den Begriff der Transformativen Wissenschaft als „eine Wissenschaft, die gesellschaftliche Transformationsprozesse nicht nur beobachtet und von außen beschreibt, sondern diese Veränderungsprozesse selber mit anstößt und katalysiert und damit als Akteur von Transformationsprozessen über diese Veränderungen lernt“ (SCHNEIDEWIND & SINGER-BRODOWSKI 2014, 69).

Des Weiteren sollte unter dem Aspekt der transdisziplinären Kooperation die Freiheit der Wissenschaft zu jeder Zeit gewährleistet sein und entgegen einer Auftragsforschung unabhängig von gesellschaftlicher Relevanz sein. Dennoch können und sollten solche Fragestellungen im Co-Design der verschiedenen Akteure und Partner entwickelt werden (MOBJÖRK 2010, WICKSON, CAREW & RUSSEL 2006). Im Folgenden soll, auf Basis der Einführung zu transdisziplinärer Forschung, Bezug genommen werden auf die transdisziplinäre Perspektive dieser Arbeit.

Den transdisziplinären Aspekt erhält dieses Projekt durch Hinzuziehen der Kompetenzen von öffentlichen Einrichtungen wie dem Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie Heidelberg (Umweltamt Heidelberg) und dem Stadtplanungsamt Heidelberg, der Kooperation der beiden Hochschulen Universität Heidelberg und Pädagogische Hochschule Heidelberg, der Einbeziehung von Studierenden in assoziierten Lehrveranstaltungen und BürgerInnen durch Befragungen (Citizen Science) sowie durch die Vermittlung der wissenschaftlichen Ergebnisse in die Öffentlichkeit. Die beteiligten Akteure sind in der folgenden Übersicht dargestellt (Abbildung 109).

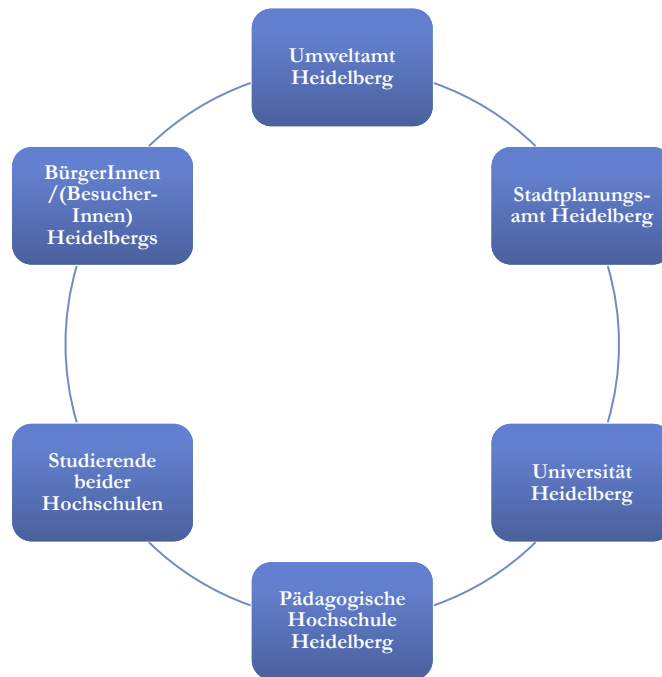


Abbildung 109: Beteiligte Akteure und Mitwirkende dieses Projekts (Eigene Darstellung).

An der Schnittstelle von städtebaulichen Entwicklungen (Konversionsflächen, Nachverdichtung), demographischem Wandel (Migration, alternde Bevölkerung) und den zu erwartenden klimatischen Veränderungen (zunehmende Hitze- und Niederschlags extreme) ergeben sich eine Reihe von Fragestellungen mit hoher praktischer Relevanz für die nachhaltige Stadtentwicklung einerseits und aktuellen wissenschaftlichen Aspekten andererseits (LANG et al. 2012). Die Rolle öffentlicher Freiräume, städtischer Vegetation und Freiraumgestaltung nimmt hierbei im Kontext der Problematik der städtischen Überwärmung (Urban Heat Island) eine zentrale Perspektive dieses Projekts ein. Urbane Begrünungsmaßnahmen stehen dabei im Zentrum der Anpassung von Städten an den Klimawandel und zeigen Synergieeffekte für andere Handlungsfelder (Bildung, Freizeitgestaltung u. v. m.) auf (Abbildung 110).

Die Gesamtheit der erhobenen Daten besteht aus quantitativen Klimadaten und qualitativen sowie quantitativen Daten zur Wahrnehmung des Klimawandels (Fragebogen mit offenen und geschlossenen Fragen und Mental Maps-Befragung), die hauptsächlich mittels statistischer Verfahren ausgewertet werden. Diese Kombination und Auswahl von Methoden und der zu Grunde liegenden theoretischen Konzepte bilden den Charakter dieser Arbeit und fundieren deren Aussagekraft.

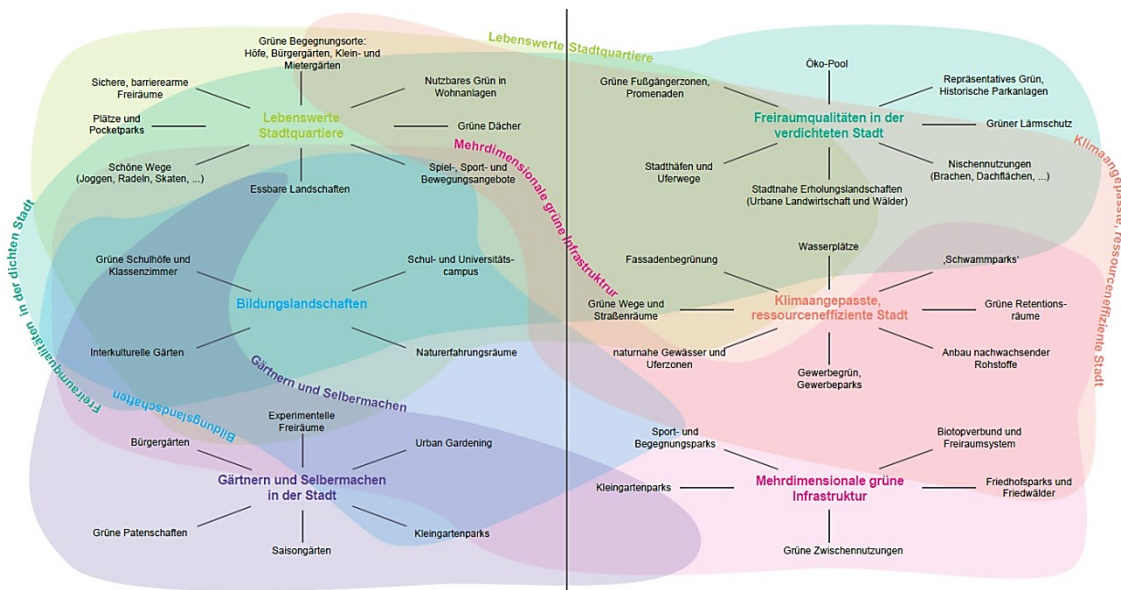


Abbildung 110: Systemisches Zusammenwirken und Handlungsfelder des Querschnittsthemas „Urbanes Grün“ als Chance und Herausforderung der Klimaanpassung (MBWSV 2014).

Grundlage einer transdisziplinären Arbeitsweise und der Implementierung von Ergebnissen vor Ort ist der Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen den involvierten Fachabteilungen und zuständigen Planungsabteilungen innerhalb eines Projektes. Dabei sieht sich die transdisziplinäre Zusammenarbeit einer Vielfalt von Herausforderungen gegenübergestellt: Diverse Kompetenz- und Zuständigkeitsbereiche, Zeitbudgets, unterschiedliche Priorisierung, Segmentierung der Verwaltungsebene, Personen- und Netzwerkabhängigkeiten, Neutralität versus Positionierung, Erwartungsdruck, Widerstände im Prozessablauf, Kommunikations- und Kooperationsbereitschaft, Vorwissen, Einstellungen und Perspektiven der Akteure oder Verfügbarkeit von Fördermitteln. Des Weiteren wird die Verwaltungsebene mit mangelndem Vertrauen und einer Art Legitimationspflicht durch externes Expertenwissen konfrontiert (GROWE, WAGNER & SCHMIDT 2018). Für eine nachhaltige Implementierung transdisziplinärer Kooperationen ist die Zusammenführung von Konzepten, Instrumenten sowie Fachgruppen und deren fortwährender Austausch ein Grundbestandteil wissenschaftlicher Praxis. Kernaufgabe im Design eines transdisziplinären Forschungsprojektes ist daher die Koordination des Austauschs, inklusive Reflexionsschleifen zwischen allen Beteiligten eines Projektteams. Offenheit und Transparenz, Identifizierung von Konfliktdimensionen und Konfliktvermeidung sind förderliche Strategien und Gelingensbedingungen bei der Forschung im Spannungsfeld von diversen Interessen (BOURDIEU 1991, CRESWELL 2014, DAMYANOVIC et al. 2018, GROWE & SCHMIDT 2018, KUCKARTZ 2014, WINTZER 2018).

Entscheidend auf Ebene der Verwaltung aber auch im Kontext transdisziplinärer Kooperationen ist des Weiteren die Frage nach Kompetenzzuschreibungen. Wer ist verantwortlich und wer kümmert sich um öffentliche Räume? In der Planung und Gestaltung kann hierbei auch die Diskussion mit Bauherren und -trägern sowie deren Anforderungskatalogen in eine Art „Machtkampf“ übergehen. Je

nach Entscheidungsmacht können für ähnliche Flächen eine Vielzahl an Konzepten und Umsetzungen zum Tragen kommen, folglich erfüllen in manchen Fällen nicht alle Räume die Kriterien nachhaltiger Entwicklung und die Gestaltungsgrundsätze für öffentliche Räume (Beispiel Innenhofgestaltung in der Bahnstadt, Kapitel 8.5).

Die Bahnstadt in Heidelberg kann auch für weitere Fälle als Beispiel Fachbehörden-übergreifender Planung herangezogen werden. Bei der Entwicklung eines neuen Stadtteils auf einer Brachfläche stehen dabei konkurrierende Ziele einer optimalen Planung entgegen. Architektonische Aspekte stehen in Konkurrenz zu Zielen der Nachhaltigkeit, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung. So werden von einigen Akteuren die Wasserbecken entlang des Langen Angers oder das Fontänenfeld auf der Schwetzingen Terrasse aufgrund mangelnder Abstimmung der Fachämter und dem fehlenden Austausch verschiedener Expertisen als Fehlplanungen eingestuft. Kontroversen dieser Art entstehen darüber hinaus oftmals im Zuge städtischen Flächendrucks im Konflikt zwischen Wachstumsansprüchen einer Stadt und der notwendigen Grünflächenentwicklung als Ausgleichsräume. Ambivalente Einstellungen, divergierende Wertzuschreibungen und Prioritäten, Wissensdefizite aber auch personelle und finanzielle Engpässe können zu einer Verschärfung von Konkurrenz- und Konfliktsituationen führen. Für das Recycling urbaner Flächen, wie in der Bahnstadt erfolgt, oder auch die Konversionsflächen Heidelbergs betreffend, stellen MEGERLE & LASSEL (2011) einige Erfolgsfaktoren heraus: Neben dem „flexible[n] Einsatz städtebaulicher Instrumente, [der] Planungssicherheit durch Rechtsberatung sowie [dem] aktive[n] und strategische[n] Vorgehen“ (MEGERLE & LASSEL 2011, 393) tragen gleichermaßen die „parallele Bearbeitung und Vernetzung der einzelnen Handlungsfelder, die personelle Kontinuität sowie die zügige Umsetzung und einheitliche Vermarktungsstrategie“ (ebd.) zum Erfolg eines Projektes oder einer Maßnahme bei.

Ferner treten auch in Heidelberg immer wieder Konflikte im Hinblick auf konkurrierende Ziele mit architektonischer Gestaltung auf. Die Bahnstadt beispielsweise präsentiert sich nach außen als internationales Vorzeigeprojekt für nachhaltiges, urbanes Bauen. Die Heidelberger Bevölkerung nimmt den neuen Stadtteil jedoch sehr ambivalent wahr. Er sei zu einheitlich, zu versiegelt und zu wenig grün. Darüber hinaus passe er nicht zum restlichen Bild der Stadt, die vor allem für ihre Altstadt und die zum Teil seit Jahrhunderten bestehenden Bauten wie das Schloss bekannt ist (siehe Kapitel 7.9). Kennzeichnendes Merkmal der Gebäude in der Bahnstadt ist ihr Passivhausstandard. Viele Architekten kritisieren aus gestalterischer Sicht die relativ standardisierten Quaderbauten, die relativ wenig kreative Innovation zulassen. Das Passivhaus zeichnet sich in erster Linie nicht durch die Dämmung, sondern durch das A/V-Verhältnis aus, das bedeutet ihre Fläche ist im Vergleich zum Volumen geringer. Je kompakter die Bauweise, desto einfacher ist die Realisierung des Passivhausstandards. Jeder Vorsprung im Mauerwerk bedingt im Detail eine aufwändige Dämmung und Konstruktion, die aufwändig geplant und umgesetzt werden muss. Ausschlaggebend sind die Kubus-Form und die Baumaterialauswahl. Die Vorgabe Passivhaus ist daher bei Architekten generell weniger beliebt, obwohl

grundsätzlich alle Konzepte und Ideen umsetzbar sind. Demgegenüber gibt es spezialisierte Architekten, die sich rein mit Passivhausbau beschäftigen. In der Bahnstadt wurden alle Vorgaben schließlich durch das Büro Naatz & Partner zusammengeführt und Ideen zur räumlich, atmosphärischen Umsetzung entwickelt – immer vor dem Ziel die Aspekte nicht isoliert zu betrachten, sondern den Konzepten und Elementen einen Mehrwert abzugewinnen.

Generell erscheinen größere bauliche Maßnahmen ohne entsprechenden Zuspruch aus der Bevölkerung zudem häufig als schwierig. Beteiligungsprozesse können ein transparentes Instrument sein, den Weg für strittige Themen und Projekte zu ebnen. Gleichmaßen sind sie jedoch auch aufwändig und sollten nicht als Verhinderungsinstrument eingesetzt werden (GROWE & SCHMIDT 2018).

Bezugnehmend auf diese (eigene) Arbeit besteht die zentrale Herausforderung darin, historische und neu zu planende Freiräume zu sichern und an die aktuelle (klimatische) Situation angepasste Gestaltungsmaßnahmen anzuwenden. Im politischen und planerischen Entscheidungsprozess treffen dabei jedoch unterschiedliche Auffassungen und Zielsetzungen sowie mangelndes Vertrauen und Unsicherheiten bezüglich des Gegenstands aufeinander. Diese beeinflussen den Planungsprozess und führen zu Konflikten. Unzureichendes Vertrauen zwischen den Akteuren aber auch den BürgerInnen erschwert die Basis der Zusammenarbeit und den Erfolg einer Maßnahme. Die Ergebnisse des Projekts GREIF (Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung; Jun.-Prof. Dr. Anna Growe, Dr. Christoph Mager, Prof. Dr. Stefan Norra, Nicole Schmidt, Prof. Dr. Jale Tosun) zeigen, dass mangelndes Vertrauen auch auf lokaler Ebene in der Rhein-Neckar-Region präsent ist und folglich den Alltag in der planenden Praxis erschwert. Darüber hinaus dominieren bestehende persönliche und von Hierarchien geprägte Spannungen den Diskurs über inhaltliche Auseinandersetzungen. Das primäre Ziel der Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen rückt dabei in den Hintergrund (GROWE, WAGNER & SCHMIDT 2018). Auch für Partner auf Seiten der Wissenschaft bergen diese Rahmenbedingungen beim Forschen im Spannungsfeld von diversen Interessen Probleme. Ist die Forschungssituation im wissenschaftlichen Setting „oft in institutionelle[...] Kontexte[...] mit hierarchischen Strukturen, Normen und materielle[...] Arrangements“ (HÖRSCHELMANN & MEYER 2018, 96) eingebettet, tritt diese im transdisziplinären Kontext noch auf zweiter Ebene in Erscheinung. Nachvollziehbare jedoch schwer vereinbare konkurrierende Beweggründe innerhalb der an der Planung beteiligten Fachämter können des weiteren Loyalitätskonflikte mit sich bringen. Die Wahrung des Standpunkts und Wahl der aus wissenschaftlicher Sicht effektivsten Zielsetzung sollte unabhängig sein von Konflikten auf persönlicher Ebene. Daher sollten alle Akteure von Beginn an in einen regelmäßigen Austausch treten und als Partner auf gleicher Ebene agieren. Forschung sollte dabei nicht nur die Rolle einer wissenschaftlichen Bewertung nach Abschluss der Planung auf Seiten der Praxispartner oder Evaluation nach Fertigstellung einer Maßnahme zukommen. Sie sollte in diesen Prozess im Rahmen transdisziplinärer Zusammenarbeit eingebunden werden und auf Basis wissenschaftlicher Daten und Fakten die Entwicklung einer optimalen Lösung beglei-

ten. Gleichwohl muss eingeräumt werden, dass auf der Suche nach Kompromissen nicht zwangsläufig alle Ideen oder Meinungen auf gleiche Weise bedient werden können (SGIBNEV 2018). Daran anknüpfend sollte der Versuch gewagt werden, Ideen nicht durch Befürchtungen zu torpedieren.

Abhilfe bei internen Konflikten und mangelndem Vertrauen auf verschiedenen Ebenen könnten beispielsweise Systeme wie das in Ludwigsburg entwickelte „Kommunale Steuerungs- und Informationssystem (KSIS)“ schaffen. Die Plattform dient sowohl den BürgerInnen als auch der planenden Verwaltung als Austausch- und Informationsformat und fördert Vernetzung, Transparenz und systematische Projektabläufe. „KSIS ist das Werkzeug, den roten Faden „Nachhaltige Stadtentwicklung“ im Blick zu behalten“ (STADT LUDWIGSBURG 2016, 2) und unterstützt dabei, „Stadtentwicklung [...] strukturierter, effizienter und letztendlich ressourcenschonender“ (ebd., 4) zu gestalten. Denkbar wäre daran anknüpfend auch eine Plattform bzw. ein Raum außerhalb der Ämter, die den Akteuren und Institutionen Diskussionen im geschützten Rahmen ermöglicht. Fernab von offiziellen Vorgaben könnte eine solche Einrichtung unverbindliche, wenig administrative und nicht durch Hierarchien geprägte Dialoge ermöglichen. In einem ersten Schritt könnten so Optionen abgetastet und Strategien ausgelotet werden. Die sektorenübergreifende Zusammenarbeit in der Verwaltung kann dabei einen Mehrwert für alle Ämter und Institutionen erzeugen. Ideen sollten dabei jedoch konsensfähig sein und eine Verbesserung liefern.

Auch auf Basis der für die Wissenschaft relevanten Rahmenbedingungen wie Zutritte zu Untersuchungsräumen oder wie in diesem Fall die Genehmigung für die Nutzung einer Fläche im Stadtgebiet stellen Hinderungs- oder Verzögerungsgründe im Forschungsprozess dar. Oftmals spielen diesbezüglich ebenfalls Fragen der Zuständigkeit oder mangelndes Vertrauen eine Rolle (WUST & MEYER 2018). Sind diese mit dem Erstkontakt verbundenen Hürden überwunden und ist ein gewisser Grad an Verbindlichkeit geschaffen, laufen entsprechende Prozesse häufig schneller und reibungsloser ab. So konnte die Datenerhebung mittels Klimastation im Jahr 2017 neben anderen Gründen auch bedingt durch die fehlende Rückmeldung und Zustimmung der für den Standort verantwortlichen Institution erst deutlich später als geplant beginnen. Im darauffolgenden Jahr erfolgte die Genehmigung - vermutlich ebenso aus der problemlosen Abwicklung im Vorjahr resultierend - unmittelbar. Demnach kann infolge positiver Erfahrungen mit der Zeit eine vertrauensvolle Kooperation zwischen Behörden und Wissenschaft entstehen.

Auch Bürgerbeteiligungsprozesse sind aufwändige aber transparente Instrumente transdisziplinärer Forschung. Sie schaffen Identität und Akzeptanz einer geplanten Maßnahme innerhalb der Bürgerschaft. Dabei können neben herkömmlichen Verfahren auch innovative Methoden wie die hier genutzte Mental Maps-Befragung zum Einsatz kommen. Dem erhöhten Aufwand steht der Mehrwert an Informationen aus der Bevölkerung gegenüber. Diese können ein differenzierteres Bild der Wahrnehmung und Vorstellung der Befragten zu einer geplanten Maßnahme erschließen. Eine entsprechende Methode ist das Urban Design Thinking (UDT). Diese ist angelehnt an den Design Thinking-

Prozess zur Entwicklung von Produkten oder Ideen auf Basis eines interdisziplinären und nutzerorientierten Austauschs. Auf den urbanen Raum übertragen werden „ungenutzte oder auch ungeliebte Orte gemeinsam – kollaborativ und kreativ, mit den Nutzern vor Ort – als Experten des Alltags“ (BRUNS 2018) umgestaltet. Der Prozess gliedert sich dabei in sechs Stufen: Auswahl eines Ortes, Beobachtung und Raumanalyse, Zusammentragen und Strukturieren der Ergebnisse, Entwicklung einer Problem- oder Fragestellung, Ideensammlung und schließlich Planung und Umsetzung der entwickelten Idee (BRUNS 2013). Die Methode wurde beispielsweise im Rahmen des Projekts „Willkommene Perspektiven – Migrants4Cities“ in Mannheim als Integrationsmodell in der Stadtplanung angewandt.

Auch im Kontext Bürgerbeteiligung spielt Vertrauen eine entscheidende Rolle. Wie Ergebnisse des GREIF-Projekts zeigen liegt auch auf Seiten der Bürgerschaft ein Mangel an Vertrauen in die Verwaltung und Entscheidungsträger aber auch zum Teil in die Wissenschaft vor (GROWE, WAGNER & SCHMIDT 2018). Auch in der Feldarbeit, vor allem in Interview- oder Befragungssituationen, hat sich gezeigt, „dass der Schlüssel zur Vermeidung von unnatürlichen und hierarchischen Gesprächssituationen der Aufbau von Vertrauen ist“ (NADLER & HÖRSCHELMANN 2018, 104). Dieses kann erzeugt werden durch Offenheit dem Gesprächspartner, der Gesprächspartnerin gegenüber sowie Respekt und Transparenz beim Vorgehen. In einigen Kontexten kann hierbei die Aufgabe eines neutralen Standpunkts hilfreich oder sogar notwendig sein (NADLER & HÖRSCHELMANN 2018). Der Erfolg dieses und aller Feldforschungsprojekte mit gesellschaftlicher Beteiligung ist abhängig von der freiwilligen Teilnahme der Befragten und „deren Bereitschaft, etwas aus ihrem Leben preiszugeben“ (PFOSER & HÖRSCHELMANN 2018, 112). Die Methode der Befragung ist ein Weg, wissenschaftliche Daten und Ergebnisse zu generieren, „die dem gesellschaftlichen Wissenserwerb und der Lösung von [...] Problemen zuträglich sein sollen“ (ebd.). Wenig bedacht wird im Forschungskontext jedoch häufig, welche Erwartungen die TeilnehmerInnen an die Ergebnisse einer Studie stellen. Diese und andere Untersuchungen haben gezeigt, dass auf Seiten der Befragten der „Wunsch nach konkreten, forschungsbasierten Veränderungen“ (PFOSER & HÖRSCHELMANN 2018, 112) besteht und häufig geäußert wird, dieser jedoch selten mit direkten Forderungen einhergeht. Ferner konturieren der Selbstanspruch, der sich aus dem Selbstverständnis der Wissenschaft einen Mehrwert zu generieren ableitet und die Erwartungen der Kooperationspartner die Ziele und die sich daraus ergebenden Verpflichtungen sowie Verantwortung. Gerade in diesem Kontext ist es wichtig vorab die Rollen, Möglichkeiten und etwaige Grenzen zu diskutieren (PFOSER & HÖRSCHELMANN 2018).

„Die Beteiligung der Öffentlichkeit in der wissenschaftlichen Forschung ist nicht neu. Das National Weather Service Cooperative Observer-Programm beispielsweise begann im Jahr 1890 mit öffentlichen Datenerfassungsprojekten (DROEGE 2007). Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde eine Vielzahl an Projekten entwickelt, die auf die öffentliche Partizipation von Freiwilligen zählen. Darunter Projekte zur Kontrolle und Überwachung von Wasserqualität, Dokumentation der Verteilung von Brut-

vögeln oder der Beobachtung von Sternbildern und Galaxien. Das aktuelle Konzept der Bürger-Wissenschaft (Citizen Science), inklusive einer Integration von expliziten und getesteten Protokollen für die Datenerfassung, einer Sicherheitsüberprüfung der Daten durch Experten und die Einbeziehung der spezifischen und messbaren Ziele für die öffentliche Bildung, hat sich vor allem in den letzten Jahrzehnten entwickelt (COHN 2008)“ (LEUTZ O. J., 198). Die Einbindung von BürgerInnen und PassantInnen in die Datenerhebung dieses Projekts fand im Rahmen mehrerer Lehrveranstaltungen in den Jahren 2017 und 2018 im Stadtgebiet von Heidelberg statt. Die Beteiligung erfolgte über eine Befragung mittels Fragebogen und über die Methode Mental Maps. Ergänzend fand im Rahmen des Projekts GREIF (Bewertung und Wahrnehmung von Grün- und Freiflächen in urbanen Regionen im Kontext von Klimaschutz und Klimaanpassung) eine Haushaltsbefragung im Stadtteil Wieblingen statt. Für die Befragungen im Stadtgebiet musste unter Angabe von Orten und Zeiten der Befragungen eine Zustimmung des Bürgeramts eingeholt werden. Das Umweltamt fungierte hierbei als Vermittler und befürwortete das Vorhaben auch innerhalb der Verwaltungsebene. Das Einverständnis erfolgte dementsprechend zügig und konnte für die Befragung im darauffolgenden Jahr erneuert werden. Für den Ablauf im Gelände stand darüber hinaus ein Unterstützungsschreiben des Amts zur Verfügung. Ausgenommen von der Haushaltsbefragung verliefen alle Befragungen unter zumeist großem Interesse der Beteiligten ab. Wenige Personen verweigerten sich der Teilnahme unabhängig von der eingesetzten Methode. Über die Haushaltsbefragung wurden die AnwohnerInnen im Rahmen des GREIF-Projekts im Vorhinein informiert. Auch hier stand ein Informationsschreiben für die Erhebung im Feld zur Verfügung. Die Resonanz der in diesem Projekt ergänzend durchgeführten Befragung war jedoch deutlich geringer. Die Gründe können zum einen am gewählten Zeitpunkt der Befragung (Vormittag bis Mittag an einem Werktag) zu dem viele Personen nicht zuhause anzutreffen waren bzw. nur bestimmte Personengruppen vorwiegend zuhause sind (RentnerInnen, Mütter, Studierende etc.) liegen, zum anderen begegneten viele angesprochene Personen dem Vorhaben mit Desinteresse. Diese Erfahrungen bestätigten den Eindruck aus der vorhergehenden GREIF-Befragung, die zu anderen Zeitpunkten stattfanden. Wieblingen unterscheidet sich diesbezüglich von den anderen Stadtteilen der Orte Mannheim und Weinheim, in denen identische Haushaltsbefragungen mit größerer Resonanz durchgeführt wurden. Der Erfolg von Erhebungen dieser Art ist folglich stark von der Bereitschaft zur Beteiligung der zu befragenden Personen(gruppen) anhängig.

Ein weiteres Instrument, geeignete strategische Lösungen für die Zielerreichung abzuleiten und den gemeinsamen Konsens zu stärken, ist die SWOT-Analyse (S-Strengths – Stärken, W-Weaknesses – Schwächen, O-Opportunities – Chancen, T-Threats – Risiken). Das strategische Management-Tool aus der Betriebswirtschaftslehre bildet unter Berücksichtigung der internen und externen Einflussfaktoren ein detailliertes Bild des Ist-Zustandes ab (KÜNZLI 2012). In der Stadtplanung findet die Analyse bereits in einigen Städten Anwendung. Anhand der Situationsanalyse können strategische Zielfindungen erarbeitet werden. Auch die Zielfelder-Methode ist an dieses Instrument angelehnt und eignet sich für den Einsatz in der kommunalen Verwaltung und Planung. Die Stadt Ludwigsburg

führte beispielsweise eine solche Analyse unter Bürgerschaftsbeteiligung zur Entwicklung des Stadtentwicklungskonzepts durch (MARKUS 2011).

Der Aufbau einer Vernetzungsplattform und Digitalisierung von freinutzbaren (Geo-)Daten kann ein weiterer förderlicher Aspekt transdisziplinärer Arbeit sein. Die Übersicht über verfügbare Daten sowie der freie Zugriff führen die Fachrichtungen und Partner auf einer weiteren Ebene einander näher und fördern die Vernetzung sowie den themen- und disziplinübergreifenden Ansatz und Austausch. Einige Daten, die auch in dieser Arbeit als Vergleichsdaten herangezogen wurden, sind bereits frei verfügbar. So auch die Umweltdaten und das Kartenmaterial der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Die Daten stehen online über den Karten- und Datendienst zur Verfügung und können beispielsweise über den Download in Microsoft Excel exportiert werden. Als Portal für Geodaten steht in Baden-Württemberg auch die Agrarmeteorologie Baden-Württemberg zur Verfügung. Auf der Plattform werden ebenfalls meteorologische Daten aufbereitet zum Download bereitgestellt. Auch auf der Seite des Deutschen Wetterdienstes (DWD) stehen einige Daten für die freie Verwendung bereit. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl weiterer institutioneller und privater Portale. Auch Anbieter von Wetterstationen für den Privatgebrauch stellen teilweise ihre über das Crowdsourcing erhobenen Daten online zur Verfügung. Ein Beispiel hierfür ist „Netatmo“. Die vernetzten Systeme übermitteln ihre Daten an den Netatmo-Server, diese sind dann auf der „Netatmo Weathermap“ öffentlich einsehbar. Mittlerweile nehmen diese Daten auch Einfluss in der Wissenschaft. Unter anderem widmen sich Forschungsgruppen der Technischen Universität (TU) Berlin der Nutzbarmachung von Crowdsourcing-Wetterdaten in der Wissenschaft. Für die Nutzung der Daten ist die Registrierung als sogenannter Entwickler auf der Netatmo Homepage erforderlich. Ein Zugangscode erlaubt dann den Download von Daten über eine Programmierschnittstelle (API) "Netatmo Connect". Je nach Funktion der API sind die Daten in unterschiedlicher Auflösung, variierenden Zeiträumen u. v. m. vorliegend. Mittlerweile stehen auch Python- oder R-Pakete für den Datentransfer zur Verfügung. MEIER et al. (2017) untersuchten unter anderem das Qualitätslevel der Daten und kamen zu dem Schluss, dass etwa 50 % der Daten bzw. 50 % der Stationen dem wissenschaftlichen Qualitätsanspruch entsprechen. Einschränkungen ergeben sich aus einer Vielzahl unkontrollierbarer Faktoren, darunter fehlerhafte Metadaten, Ausfall oder Unterbrechungen der Datenerfassung und die ungeeignete Exposition der Messsensoren (MEIER et al. 2017). Ein weiteres Portal für private Wetterstationsdaten auf dem zum Teil auch Netatmo Stationen registriert sind, ist die Website „www.wunderground.com“. In der „WunderMap“ sind ebenfalls aktuelle Wetterdaten sowie unterschiedliche Klimaparameter einsehbar.



Digitale Medien in der Umweltbildung I

Umweltthemen bieten vielfältige Ansätze für das Forschende Lernen und die Lehre an Schule und Universität im Allgemeinen. Relevanz und Aktualität sind dabei entscheidende Faktoren, um Studierende oder SuS aktiv für ein Thema oder eine Aufgabe zu begeistern. Dabei spielt der Einsatz von digitalen Medien eine immer größer werdende Rolle. Gerade im Gelände unterstützen neben Feldgeräten, digitale Datenlogger, Tablet-PCs oder Smartphones den Wissenserwerb. Über gezielt eingesetzte Apps kann beispielsweise ein regionaler Bezug zu Themen wie dem Klimawandel hergestellt werden. Ein Beispiel hierfür ist die App „Meine Umwelt“ der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Sie stellt als „persönlicher Umweltassistent“ standortbezogene Geodaten wie Pegelstände, Luftmesswerte oder Kartenmaterial zur Verfügung und soll dazu anregen, sich intensiv mit der eigenen Umgebung und Umwelt zu befassen. Über interaktive Tools wird außerdem die aktive Mitarbeit an der Datenplattform ermöglicht (Citizen Science) (LUBW 2018). Darüber hinaus steht eine Vielzahl an Apps und Anwendungen zum privaten Monitoring von Parametern zur Verfügung. Zum Beispiel auch zur Messung von Lärm oder Hitze über in Smartphones integrierte Sensoren. Zur methodisch-didaktischen Integration digitaler Medien in den Unterricht erstellte das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg 2017 ein „Konzeptpapier zur Umsetzung der Digitalisierungsstrategie von Baden-Württemberg im Schulbereich“ (KM 2017).

Die Einrichtung einer portalübergreifenden Plattform für Geodaten inklusive einer Übersicht zu räumlicher und zeitlicher Auflösung, Verfügbarkeit, erhobener Parameter etc. stellt eine große Herausforderung dar. Unter der Annahme der Gewährleistung wissenschaftlicher Anforderungen hätte eine solche Plattform das Potenzial der Vernetzung vielfältiger Daten sowie eines erleichterten Zugangs und erhöhten Transparenz. Systeme dieser Art erlauben mittlerweile über Low-Cost-Sensorik bzw. Low-Cost-Monitoring vielfältige Partizipationsmöglichkeiten für die Zivilgesellschaft. Neben der Überwachung der eigenen Wohnumgebung und Sensibilisierung für Verhaltensweisen im Zusammenhang mit Klimaschutz und Klimaanpassung tritt der Aspekt der Digitalisierung und Vernetzung in den Vordergrund. In diesem Kontext steht auch das “Internet der Dinge“, dass die globale Vernetzung der digitalen (virtuellen) und realen Welt voran treibt und immer mehr an Bedeutung gewinnt (MULLER et al. 2015). „The Things Network“ ist eine weitere Innovation dieser Entwicklung und vernetzt weite Gebiete über LoRaWAN-Gateways (Long Range Wide Area Network). Ähnlich einem WLAN-Netzwerk können Sensorsignale mit sehr viel größerer Reichweite übertragen werden (TTN 2018).



Digitale Medien in der Umweltbildung II

Eine weitere webbasierte Anwendung ist C-Roads, ein Simulator für Klimapolitik. Auf Basis verschiedener Modi lassen sich nationale sowie regionale klimapolitische Strategien simulieren und anhand dessen die Auswirkungen der Emissionsreduzierung verständlich darlegen. Daran anknüpfend wurde ein Rollenspiel zur Weltklimakonferenz entwickelt, in dem die TeilnehmerInnen die Rolle verschiedener Ländervertretungen eingehen und über Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen diskutieren. Die wissenschaftliche Begleitforschung bestätigt den positiven Effekt der World Climate Simulation auf das Bewusstsein für den Klimawandel (ROONEY-VARGA et al. 2017). Auch andere Anwendungen wie das „Keep Cool Online-Planspiel zum Klimawandel“ versuchen die Diskrepanz zwischen Wissen und Verstehen um den Klimawandel anhand eines Rollenspiels zu schließen.

Eine Matrix für die Beschreibung und Dokumentation der gesellschaftlichen Wirksamkeit eines transdisziplinären Forschungsprojekts wurde von KRAINER et al. (2014) entwickelt (Abbildung 111). Da dieser Effekt schwer messbar ist, ist das Konzept angelehnt an die „produktiven Interaktionen“ nach SPAAPEN & VAN DROOGE (2011) (KRAINER et al. 2014). Diese definieren sich über direkte, indirekte oder finanzielle Anstrengungen der beteiligten Akteure (hier als Stakeholder bezeichnet), „ihr Verhalten auf der Basis von Forschungsergebnissen, ausgetauschten Informationen und Erfahrungen zu ändern“ (KRAINER et al. 2014, 36). Die Matrix geht der Frage nach: „Für wen und mit welchen Zielen werden womit unter welcher Referenz welche beobachtbaren Wirkungen sichtbar?“ (ebd., 38). Auch die Zeitdimension fließt in die Struktur mit ein, um sich der Wirkung und Veränderung im Kontext einer transdisziplinären Forschungsleistung anzunähern. Diese ist von zentraler Bedeutung, da viele Effekte erst langfristig und zum Teil mittelbar erkennbar werden. Die Matrix teilt die Zielgruppen der Maßnahmen des Weiteren ein in „Politikarena“ (gemeint sind „Gesetzgeber, Ministerien, Administration und Verwaltung an öffentlichen Einrichtungen, Bildungssystem etc.“), „zivilgesellschaftliche Organisationen und Initiativen“ (gemeint sind „CSOs, NGOs, Interessensvertretungen“ oder „Energierregionen, soziale Beratungseinrichtungen, etc.“), die „allgemeine Öffentlichkeit und Medien“ sowie den „Unternehmenssektor“ („private Unternehmen, Wirtschaftsakteure, Berufsgruppen“) (KRAINER et al. 2014, 35 f.). Diese Kategorisierung kann ein Ansatzpunkt sein für die Überprüfung und Quantifizierung der Wirksamkeit von Projekten und konkreten Maßnahmen.

FÜR WEN?			MIT WELCHEN ZIELEN?	WOMIT?			MIT WELCHEN BEOBACHTBAREN WIRKUNGEN?	REFERENZ
Stakeholder	Umwelten	Wirkungsfeld		produktive Interaktionen			beobachtete Wirkungen	Zeitdimension
				direkte	indirekte	finanzielle		
Politikarena								
Zivilgesellschaftliche Organisationen und Initiativen								
Allgemeine Öffentlichkeit und Medien								
Unternehmenssektor								

Abbildung 111: Tabelle zur Dokumentation gesellschaftlicher Wirksamkeit transdisziplinärer Projekte (KRAINER et al. 2014, 37).

Der Effekt dieses Projekts ist abhängig von der nachträglichen Integration der Ergebnisse in die planende Verwaltungsebene. Denn trotz des Austauschs zwischen den Akteuren im Projektablauf, kam der Verwaltung eher eine Berater- und Unterstützerrolle zu. Die Ergebnisse sind darüber hinaus im wissenschaftlichen Kontext entstanden und versuchen Zielsetzungen der beteiligten Akteure zu integrieren. Die aus den Daten abgeleiteten Maßnahmen sind aus wissenschaftlicher Sicht unerlässlich, bedürfen aber einer Prüfung durch die angesprochenen Fachämter hinsichtlich Umsetzbarkeit u. v. m.

Die Einbeziehung der Öffentlichkeit und Lehre in die Forschung ist für viele Projekte unerlässlich und war wichtiger Bestandteil dieser Arbeit. Der transdisziplinäre Ansatz macht die Studie darüber hinaus signifikanter und aussagekräftiger im Hinblick auf multidimensionale Anpassungsstrategien urbaner Freiräume an den Klimawandel. Die Daten zur Wahrnehmung des Klimawandels und den Vorstellungen der Gestaltung öffentlicher Räume reflektieren Missstände und wahrgenommene Probleme. In Kombination geben diese Daten Anlass für Anpassungen und Nachbesserungen. Weiteren Aufschluss über die Wechselwirkungen zwischen öffentlichem Leben und Raum können verschiedene Methoden der Beobachtung und Quantifizierung, beschrieben in GEHL & SVARRE (2016), geben. Hierzu gehören Techniken des Zählens, Aufzeichnens, Ortens, Fotografierens, Tracing, Tracking, Mapping und einige weitere Methoden unter den Leitfragen Wer? Wann? Wo? und Was? Ausführliche und vergleichende Studien zum urbanen Leben können dabei Ausgangspunkt sein für die Verbesserung städtischer Lebensqualität (GEHL & SVARRE 2016).



Forschendes Lernen nach HUBER (2014)

„Angelehnt an HUBER (2014) versteht sich Forschendes Lernen hier als partizipativer Bildungsprozess. Partizipation wird in diesem Beispiel an zwei unterschiedlichen Stellen sichtbar. Zum einen wenden die teilnehmenden Studierenden eine bestimmte Methode, das Forschende Lernen, an und evaluieren diese für sich. Evaluiert wird diese Anwendung jedoch auch durch eine daran anknüpfende Qualifikationsarbeit, die sich mit der Wahrnehmung der eigenen Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach Durchlaufen der Seminar- und Praxiseinheit befasst. Die Studierenden sind hierbei zeitgleich Forschende und Beforschte. Die Ergebnisse dieser Arbeit stehen zum Zeitpunkt des Projektabschlusses noch nicht zur Verfügung. Den zweiten partizipativen Aspekt erhält das Projekt durch Hinzuziehen der Expertise der Bürgerschaft. In diesem konkreten Fall durch Befragungen zum Klimawandelempfinden und den Vorstellungen einer nachhaltigen Stadt- und Freiraumgestaltung. Die BürgerInnen liefern hierdurch Impulse für die Stadtplanung aus Sicht der Nutzer, die oftmals nicht in Widerspruch stehen müssen zu fachlich basierten Klimaverbesserungsmaßnahmen. Klimaadaptionsmaßnahmen können durch Einbeziehung von Akteuren außerhalb der Wissenschaft auf der Ebene der Rezipienten ansetzen und ein Co-Benefit erzeugen. Denn Ideen für die Stadtgestaltung sollten nach Möglichkeit immer konsensfähig sein und erhalten mehr Anerkennung, wenn NutzerInnen als ExpertInnen wahrgenommen werden. Ausgehend von diesen Befragungen können die Studierenden in ihrer Synthese dann den Bezug zu den gemessenen Daten und der Klimawirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen herstellen. Die Verknüpfung von vorhandenem Klimawissen und Impulsen aus der Bürgerschaft zu Wohlfühlaspekten und Optimierungswünschen können so zu Synergieeffekten führen“ (LEUTZ O. J., 198, LEUTZ 2017).

Gerade die zeitliche Überlappung von Ergebnissen ist entscheidend für qualitative Bewertungen öffentlicher Räume. Beziehen sich verschiedene Daten und Aussagen nicht auf dieselben Rahmenbedingungen, ist die Evaluation dieser schwierig. Diesem Faktor konnte in diesem Projekt nur teilweise nachgekommen werden. Ergänzt werden könnte der Ansatz darüber hinaus durch eine Kombination der Befragungsmethoden. In diesem Fall wurden im Rahmen der ersten Kampagne 2017 lediglich Personenbefragungen mittels Fragebogen durchgeführt. Die ergänzende Mental Maps-Erhebung fand 2018 mit anderen TeilnehmerInnen statt. Eine Kombination beider Ansätze und Durchführung dieser mit jeweils derselben Person könnte weiterführende Eindrücke gewähren. Dennoch wird anhand der Erhebung 2018 dargelegt, dass Forschung auch „nur“ bestätigen darf, wenn sie ihre Ergebnisse kritisch prüft.

Neben dem Einbezug von BürgerInnen und BesucherInnen der Stadt Heidelberg im Rahmen verschiedener Befragungen unter mehrheitlich großem Interesse an der Thematik und zur Beteiligung, konnte auch auf Seiten der Studierenden Motivation und Begeisterung für das Forschende Lernen einerseits und die regionale Forschung andererseits hervorgerufen werden. Dies bestätigten die Studierenden aller in diesem Kontext durchgeführten Lehrveranstaltungen im Rahmen von Feedbackrunden und anonym in der von der Universität Heidelberg turnusmäßig durchgeführten Lehrveranstaltungsevaluation. Die nachhaltiger Verfestigung von Inhalten basierend auf der mentalen Verknüpfung mit realen Orten und Zusammenhängen in der Stadt (Lernorte) und die Anregung zu Diskussionsrunden, die über die eigentliche Präsenzzeit während der Veranstaltungen hinaus ging, wurden dabei ebenso positiv hervorgehoben wie die Möglichkeit des Austauschs mit Experten aus der Verwaltung und Planung.



Der Lernzyklus nach KOLB (2015)

„Der Lernzyklus nach KOLB (2015) ist durch vier Phasen definiert: Erfahrung, Reflektion, Konzepte und Experimente. Hierbei werden direkt analoge Schritte erkennbar. Die Erfahrung entspricht dem Zusammenfassen des Forschungsstandes woraufhin die Benennung der Forschungsfragen und -hypothesen der Reflektion des Vorwissens (der Erfahrung) entsprechen. Mit Festlegung des Untersuchungskonzepts und des Forschungsdesigns kann es dabei auch zu einer Infragestellung der bisherigen Erfahrungen bzw. Neudefinition von Wissenskonzeptionen kommen, die dann im Experiment überprüft werden und neue Erfahrung erzeugen. Wie auch im Forschungsprozess kann der Zyklus an dieser Stelle neu beginnen und zu einer Fortentwicklung des Erfahrungs- bzw. Forschungsstandes führen“ (LEUTZ O. J., 194, LEUTZ 2017).

Auch der Ausgangspunkt dieser Arbeit im Rahmen des heiEDUCATION-Projekts in Kooperation der beiden Hochschulen Universität Heidelberg und Pädagogische Hochschule Heidelberg gab Anlass zur Auseinandersetzung mit vielfältigen Interessenfeldern, Mitwirkenden sowie Rahmenbedingungen. Positiv hervorzuheben ist hierbei die Cluster-Struktur der Heidelberg School of Education. Dieses Austauschformat, bestehend aus allen an der LehrerInnenbildung in Heidelberg beteiligten Akteuren und Akteurinnen und assoziierten Fach- sowie Forschungsbereichen, bietet eine Plattform um Inhalte, Konzepte, Ideen und Herausforderungen zu diskutieren und nahm gerade in der Anfangsphase dieses Projekts eine Mentoren- und Beraterrolle ein. So wurden das Thema und Ideen zum Inhalt dieser Arbeit dem fachübergreifenden Publikum präsentiert und zur Diskussion gestellt. Die Entwicklung der Idee basiert folglich auch auf dem Austausch mit erfahrenen WissenschaftlerInnen und MitarbeiterInnen verschiedener Institutionen. Neben dem Austausch im Kontext der Hochschulen nahm maßgeblich das Umweltamt der Stadt Heidelberg Einfluss auf die Entwicklung der

Forschungsfrage. Einem Leitgedanken transdisziplinärer Forschung folgend entstand das Thema im Co-Design mit Akteuren des Fachamtes basierend auf aktuellen Fragen und Problemfeldern mit denen sich die planende Verwaltung in Heidelberg auseinandersetzt. Im Projektablauf standen Partner auf Seiten der Verwaltung ebenfalls für Austausch und Diskussionen zur Verfügung. Auch die Beteiligung der Fachämter an assoziierten Lehrveranstaltungen trägt den Transfer der regionalen, anwendungsorientierten Expertise in die (Lehrer-)bildung.

Warum wissenschaftliche Erkenntnisse teilweise nicht in der Praxis ankommen, ist heute weniger den technischen Möglichkeiten in der Umsetzung geschuldet. Vielmehr stehen Traditionen und konkurrierende Ziele der Realisierung im Weg. Für die Integration einer „Grünen Infrastruktur“ in die Städte stellt das 2015 erschienene „Grünbuch Stadtgrün“ einen Meilenstein dar. Indem sich die Politik zu dieser bekennt, lässt sich auch ein Wandel auf Seiten der Architektur und Stadtplanung erkennen (REIF 2017).

10 Zusammenfassung und Ausblick

Die Verpflichtung Heidelbergs zum Masterplan 100% Klimaschutz, das Stadtklimagutachten von 1995 und dessen Fortschreibung von 2015 sowie Ergebnisse von Untersuchungen wie der ZDF Deutschlandstudie 2018 zur Lebensqualität in deutschen Städten und Regionen geben Anlass zur Auseinandersetzung mit der Anpassung öffentlicher Räume der Stadt Heidelberg an den Klimawandel und die Bedürfnisse ihrer NutzerInnen.

Ausgehend von einer physisch-geographischen Betrachtung des Mikroklimas ausgewählter städtischer Freiräume komplettieren ergänzende Methoden die Aussagekraft und Ergebnisse der Untersuchung. Die Auswertung verschiedener Klimaparameter der Erhebungsjahre 2017 und 2018 zeigt die höchste Mitteltemperatur der Monate Juni, Juli und August 2018 am Standort Bahnstadt im Vergleich zu Messergebnissen in der Altstadt und umliegenden Referenzstationen. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass die städtische Erwärmung in der Bahnstadt früher eintritt und auch am Abend länger messbar ist. Die Anzahl der meteorologischen Ereignistage, hier Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte, identifizieren für den Sommer 2018 des Weiteren ähnlich extreme Bedingungen wie im Jahrhundertsommer 2003. Überdies nähern sich die gemessenen Werte den auf Modellen basierenden Zukunftsprojektionen für die Stadt Heidelberg an. Diese weisen auf zunehmende Hitzeperioden und der damit einhergehenden (thermischen) Belastung hin. Die für das urbane Klima wichtigen Ausgleichsflächen wie Gärten, Parks und Freiflächen erfüllen überdies infolge von Trockenheit und Hitze nicht länger ihre klimaregulierende Funktion.

Im weiteren Schritt ergänzte eine 3D-Solarmodellierung der ausgewählten Flächen Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse die Datengrundlage für die Planungsimpulse. Anhand der Modellierung der potenziellen Veränderung durch Simulation eines vitalen Baumbestands und weiterer Beschattungsmaßnahmen können Effekte der Maßnahmen quantifiziert und auf weitere Flächen übertragen werden. Auch eine Erweiterung des Tools zur Berechnung weiterer Parameter wäre denkbar. Auf diese Weise könnte die Wirkungsfähigkeit von Anpassungsmaßnahmen in einer ergänzenden Analyse auf Basis verschiedener Größen quantifizierbar werden.

Öffentliche Räume erfüllen in Städten eine Vielzahl an Funktionen. Neben der Ausgleichwirkung auf das Stadtklima zeigt sich die Multifunktionalität in der Diversität von NutzerInnen(gruppen), Gestaltungsweisen, Ansprüchen und Vorstellungen. Zur Erhebung der Wahrnehmung öffentlicher urbaner Räume im Kontext aktueller klimatischer Entwicklungen wurde ein Fragebogen entwickelt. Dieser ermöglicht Einblicke in Vorstellungen und konkrete Wünsche der Befragten zum Umgang mit Flächen dieser Art. Ergänzt wurde diese Erhebung durch die Methode der Mental Maps, die eine freiere Darstellungsweise der persönlichen Eindrücke zu einem Raum zulässt. Darüber hinaus gingen Ergebnisse einer Haushaltsbefragung in die Auswertung ein, die im Rahmen des Projekts GREIF zur Wahrnehmung von Freiflächen im städtischen Wohnumfeld durchgeführt wurde.

Die Fragebogenerhebung ergab hinsichtlich des Klimawandelempfindens die Wahrnehmung extremerer Temperaturen und Wetterereignisse. Bezugnehmend auf die öffentlichen Räume in Heidelberg gaben die Befragten an, diese generell positiv wahrzunehmen. In den meisten Fällen werden die Plätze jedoch nicht zu Erholungs- oder Freizeit Zwecken genutzt. Als Grund hierfür wurde mehrheitlich die unzureichende Gestaltung der Flächen angegeben. Die Erhöhung des Grünanteils und die Integration von natürlichen Elementen wurden als wichtigster, die Aufenthaltsqualität steigernder Faktor evaluiert. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch die Auswertung der Haushaltsbefragung im Stadtteil Wieblingen. Eine naturnahe Erhaltung und Gestaltung von Freiflächen im Wohnumfeld wird von einem überwiegenden Teil der AnwohnerInnen gewünscht.

Die Anwendung der Mental Maps-Methode eröffnet ergänzende Verbesserungspotenziale der öffentlichen Räume in Heidelberg. Generell bewerteten die TeilnehmerInnen dieser Erhebung die Gestaltung und Nutzbarkeit der öffentlichen Plätze kritischer als ProbandInnen der Fragebogenerhebung im Vorjahr. Die Kritik nimmt dabei alle Facetten des öffentlichen Raums in den Fokus. Als wichtige Aspekte wurden hierbei die fehlende Beschattung, der niedrige Grünanteil und das soziale Gefüge in öffentlichen Räumen der Stadt Heidelberg identifiziert. Neben diesen Faktoren spielen am Universitätsplatz auch die problematische Verkehrssituation und die Hitzebelastung während der Sommermonate eine zentrale Rolle. In der Bahnstadt und auf der Schwetzingen Terrasse wird neben diesen Faktoren vor allem die Homogenität – optisch sowie sozial – kritisiert. Vielfach wurden die Ausführungen und Darstellungen ergänzt durch konkrete Verbesserungsvorschläge hinsichtlich mehr Diversität, Begrünung und Beschattung an öffentlichen Plätzen in Heidelberg.

Aufbauend auf dem Gesamtdatensatz wurden allgemeine und konkrete Planungsempfehlungen und Impulse für die Klimawandelanpassung der Stadt Heidelberg entwickelt. Internationale Vorbildprojekte und Best Practice Beispiele eröffnen den Blick auf vielfältige Maßnahmen, die auf ihre Übertragbarkeit für die Stadt Heidelberg hin untersucht wurden. Neben generellen Maßnahmen wie der Begrünung von Fassaden- oder Dachflächen stehen dabei auch Schritte zur Förderung einer blau-grünen Infrastruktur im Fokus. Darüber hinaus wurden unter anderem Aspekte klimaangepasster Arten und diesbezügliche Probleme wie der Pflegenotstand städtischer Infrastruktur diskutiert. Basierend auf den Daten soll ein Co-Benefit von Wünschen und Vorstellungen der Befragten mit der klimaregulierenden Wirkung von Gestaltungselementen erzeugt werden. Anpassungen wie Beschattung, Schaffung von Sitzgelegenheiten in beschatteten Bereichen, Erhöhung der Vielfältigkeit des Raums hinsichtlich Gestaltung und Nutzung, Trennung von Verkehrs- und Aufenthaltsfläche und die Integration temporärer Lösungen tragen gleichermaßen beiden Zielsetzungen Rechnung. Des Weiteren spielt der Faktor der Identität eines Raums eine Rolle. Viele TeilnehmerInnen gaben an, sich nicht mit den beiden Räumen – Universitätsplatz und Schwetzingen Terrasse – zu identifizieren. Als Gründe wurden Aspekte der Gestaltung wie fehlende Arrangements aus beschatteten Sitz-, Kommunikations- und Ruhebereichen, vielfältige Angebote für unterschiedliche NutzerInnengruppen wie Studie-

rende sowie die Integration von Naturelementen, Farben und Vegetation in das Stadt- bzw. Platzbild genannt.

Anhand dieses Projekts konnte gezeigt werden, dass Elemente der Lösung – wie innovative Technologien und Instrumente – bereits vorhanden sind, um Probleme wie die Hitzebelastung in Städten, deren tatsächliches Ausmaß erst in Jahrzehnten bis Jahrhunderten deutlich werden wird, zu mindern. Bezugnehmend auf die Ausrichtung der Altstadt zum Neckartalabwind „Neckartäler“ gilt darüber hinaus in einigen Fällen, dass eine Anpassung an künftige Entwicklungen sich durchaus an traditionellem Wissen orientieren kann. Die Positionierung, Materialwahl oder Ausrichtung von Gebäuden oder städtischer Struktur zu natürlichen Begebenheiten sind keine Neuerfindungen, gewinnen aber im Zuge des Klimawandels und der Klimawandelanpassung erneut an Bedeutung.

Die Evaluation des transdisziplinären Konzepts identifizierte im letzten Schritt Vorteile und Herausforderungen dieser Herangehensweise. Neben mangelndem Vertrauen unter den AkteurInnen innerhalb eines Projekts und fehlender Transparenz hinsichtlich Zielen, Verantwortlichkeiten u. v. m. treten Konflikte vielfach aufgrund von persönlichen oder hierarchisch geprägten Strukturen auf. Bürgerbeteiligungsverfahren stellen hierbei ein Mittel dar, um Prozesse transparenter zu gestalten. Die Auseinandersetzung mit einem Raum oder einem Problem und die Schaffung von Identität führen darüber hinaus eher zu gesellschaftlicher Akzeptanz.

Zusammenfassend liefert diese Arbeit einen wissenschaftlichen Hinweis auf den Klimawandel in Heidelberg und Anknüpfungspunkte für weitergehende Forschung auf diesem Gebiet. Anhand der Integration verschiedener Aspekte über den Fokus des Mikroklimas an ausgewählten innerstädtischen Freiräumen Heidelbergs soll ein Mehrwert geschaffen werden für verschiedene NutzerInnengruppen: BürgerInnen, Studierende und künftige LehrerInnen, die im Kontext von Klimawandel und Nachhaltigkeit unterrichtet werden sowie die planende Verwaltung der Stadt Heidelberg.

Im Umfeld und Transferbereich des Projekts entstanden darüber hinaus weitere eigene sowie studentische Arbeiten. Diese erweitern die Reichweite der Ergebnisse und knüpfen an verschiedene Aspekte dieser Arbeit an. So befasste sich die Bachelorarbeit von Hannah Tengler mit dem Phänomen der winterlichen Wärmeinsel der Stadt Heidelberg, die Zulassungsarbeit von Jana Hirth beschäftigt sich mit dem Forschenden Lernen und Stefan Donabauer wird sich ebenfalls in einer Zulassungsarbeit dem Thema Stadtklima in Heidelberg widmen. Alle Arbeiten entstanden bzw. entstehen im Fach Geographie. Ergänzend wurden Teilaspekte dieser Arbeit – hauptsächlich zum Transfergedanken über das Forschende Lernen – in einem Blogbeitrag und im Rahmen mehrerer Tagungen bzw. in daraus entstandenen Publikationen veröffentlicht.

Anhang

I Literaturverzeichnis

AFRISO (o. J.): Messgeräte für Temperatur und Temperatur/Feuchte TM. Online unter: https://www.afriso.com/assets/PDF/4/14/714/DATENBLATT_AFRISO_TEMPERATURMES SGERAET_TM_8_IR_DE.PDF am 25.07.2018.

AG KLIMATOLOGIE DES INSTITUTS FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (ILÖK) DER WESTFÄLISCHEN WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER (2006): Skript zur Übung „Klimatologie“. Online unter: <http://docplayer.org/storage/39/19892613/1521810195/yIylccv38aTL1RKaq4MWFQ/19892613.pdf> am 23.03.2018.

AGRARMETOROLOGIE BADEN-WÜRTTEMBERG (2018): Allgemeine Informationen. Online unter: <http://www.wetter-bw.de/Internet/AM/inetcntrBW.nsf/cuhome.xsp?src=0DNGMSGM8D&p1=9T84J05V4X&p3=0SUH35YG92&p4=EZ5D5ZTI3K> am 31.07.2018.

AMINDE, H. J. (1994): Plätze in der Stadt. Hatje, Ostfildern-Ruit.

ARNFIELD, A.J. (2003): Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the Urban Heat Island. In: *International Journal of Climatology* 23 (1), 1-26.

ATTESLANDER, P. (2003): Methoden der empirischen Sozialforschung. 10. neubearbeitete und erweiterte Aufl. De Gruyter, Berlin.

ATTESLANDER, P. (2010): Methoden der empirischen Sozialforschung. 13. neubearbeitete und erweiterte Aufl. De Gruyter, Berlin

BARSCH, H., BILLWITZ, K. & BORK, H.-R. (Hrsg.) (2000): Arbeitsmethoden in Physiogeographie und Geoökologie. Klett-Perthes, Gotha, Stuttgart.

BAUER, J., ENGLERT, W., MEIER, U., MORGENEYER, F. & WALDECK, W. (2010): Physische Geographie.- Rote Reihe 7. Schroedel Verlag, Braunschweig.

BAUMÜLLER, J. (2017): Das Baugesetzbuch als Unterstützer bei der Klimaanpassung in Städten: Chancen und Möglichkeiten. Vortrag 5. Seminar AKKlima-Oberrhein: Fortbildung zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel. Emmendingen. Online unter: http://www.fortbildung-klimawandel.de/wp-content/uploads/2017/05/5.Seminar_Vortrag3-Das-BauGb-als-Unterst%C3%BCtzer-bei-der-Klimaanpassung-Baum%C3%BCller.pdf am 07.03.2018.

BECKER, A. & CACHOLA SCHMAL, P. (Hrsg.) (2010): Stadtgrün - Europäische Landschaftsarchitektur für das 21. Jahrhundert. Birkhäuser, Basel.

BEERMANN, B., BERCHTOLD, M., BAUMÜLLER, J., GROSS, G. & KRATZ, M. (2013): Forschungsbericht KLIMOPASS: Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe. Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Karlsruhe.

BEHNISCH ARCHITEKTEN (2016): Schwetzingen Terrasse. Online unter: <http://behnisch.com/content/2-work/1-projects/0-0864/864-e-schwetzingen-terrasse.pdf> am 09.04.2018.

- BEHRENDT, H. (2004): Multi-, Inter- und Transdisziplinarität – Und die Geografie? In: BRAND, F., SCHALLER, F. & VÖLKER, H. (Hrsg.) (2004): Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Universitätsverlag, Göttingen.
- BELINA, B. (2006): Raum Überwachung Kontrolle. Vom staatlichen Zugriff auf städtische Bevölkerung. 1. Auflage. Verlag Westfälisches Dampfboot, Münster.
- BERDING, U. (2012): Nutzung und Gestaltung öffentlicher Räume als Daueraufgabe der Zentrenentwicklung. Vortrag bei Transferwerkstatt „Öffentliche Räume in lebendigen Stadt- und Ortsteilzentren“ in Grünstadt. Online unter: http://www.staedtebaufoerderung.info/StBauF/SharedDocs/Publikationen/StBauF/AktiveStadtOrtsteilzentren/Transfer5Berdning.pdf?__blob=publicationFile&v=2 am 26.02.2018.
- BERDING, U., SCHMITT, G., SELLE, K. & WACHTEN, K. (2008): Lehrbausteine zu den Bachelor-Vorlesungen Architektur. Online unter: http://www.pt.rwth-aachen.de/index.php?option=com_content&view=article&id=279:lehrbausteine&catid=44:bachelor&Itemid=70 am 23.02.2018.
- BLANC, P. (2009): Vertikale Gärten: Die Natur in der Stadt. Ulmer, Stuttgart.
- BOUDON, P. (1991): Der architektonische Raum: Über das Verhältnis von Bauen und Erkennen.
- BOURDIEU, P. (1991): Physischer, sozialer und angeeigneter physischer Raum. In: Wentz M (Hrsg) Stadt-Räume. Die Zukunft des Städtischen. Campus, Frankfurt a. M.
- BREUSTE, J., ENDLICHER, W. & MEURER, M. (2007): Stadtökologie. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.) (2007): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- BRUNOTTE, E., GEBHARDT, H. & MEUSBURGER, P. (Hrsg.) (2001): Lexikon der Geographie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- BRUNS, L. (2013): Urban Design Thinking: Ortssuche und kreative Leitidee. Online unter: http://www.urbandesignthinking.net/wp-content/uploads/2016/12/Urban_Design_Thinking.pdf am 19.09.2018.
- BRUNS, L. (2018): Urban Design Thinking: Mit dem Urban Design Thinking Tool gestalten und aktivieren wir die Zwischenräume für lebhaftere Communities. Online unter: <http://www.urbandesignthinking.net/> am 19.09.2018.
- BULKELEY, H. (2013): Cities and Climate Change. Routledge, New York.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (Hrsg.) (2017): Urbane grüne Infrastruktur: Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte: Hinweise für die kommunale Praxis. Bonn. Online unter: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/siedlung/Dokumente/UGI_Broschuere.pdf am 22.05.2018.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMUB) (Hrsg.). (2006): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (BMUB) (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsum-

frage. Berlin. Online unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltbewusstse_in_deutschland_2016_bf.pdf am 28.09.2018.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVI) (2012): Hitze in der Stadt. Strategien für eine klimaangepasste Stadtentwicklung. Dokumentation der StadtklimaExWoSt-Zwischenkonferenz vom 15.09.2011. Berlin.

BUNDESMINISTERIUMS DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (BMJV) (2017): Baugesetzbuch (BauGB). Online unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BauGB.pdf> am 20.03.2018.

BUNDESVERBAND FÜR WOHNEN UND STADTENTWICKLUNG E.V. (VHW) (2017): Öffentliche Räume in stadtgemeinschaftlich vielfältigen Quartieren: Nutzung, Wahrnehmung und Bedeutung. Aachen. Online unter: http://www.pt.rwth-aachen.de/files/dokumente/pt_materialien/pt_material_37_vista.pdf am 12.06.2018.

BURGER, P. & ZIERHOFER, W. (2007): Einführung. Doing Transdisciplinarity – Analyse und Reflexion einer anspruchsvollen Wissenschaftspraxis. In: GAIA 16 (1), 27-28.

CHAPIN, F. S., AUTUMN, K. & PUGNAIRE, F. (1993): Evolution of Suites of Traits in Response to Environmental Stress. In: The American Naturalist 142, S78-S92.

CHURCH, S. P. (2015): Exploring Green Streets and rain gardens as instances of small scale nature and environmental learning tools. In: Landscape and Urban Planning 134 (2015), 229-240.

CITY OF PORTLAND (2018): Green Streets. Online unter: <https://www.portlandoregon.gov/bes/45386> am 17.09.2018.

COHN, J. P. (2008): Citizen science: Can volunteers do real research? In: BioScience 58 (3), 192–197.

CONNOP, S., VANDERGERT, P., EISENBERG, B., COLLIER, M. J., NASH, C., CLOUGH, J. & NEWPORT, D. (2016): Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led multifunctional benefits approach to urban green infrastructure. In: Environmental Science & Policy 62 (2016), 99–111.

COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT (2014): BioSkin Wins CTBUH Innovation Award. Online unter: <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=rbiMHv1Mbu4%3D&tabid=6474&language=en-US> am 11.04.2018.

CRESWELL, J. W. (2014): Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage, Thousand Oaks.

CURDES, G. (1993): Stadtstruktur und Stadtgestaltung. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln.

DAMYANOVIC, D., MELLAUNER, M., BITTNER, I., REINWALD, F. (2018): Freiräume in Schallmoos, Salzburg: Methodologische Überlegungen zur Funktions- und Sozialraumanalyse als Instrument der Landschafts- und Stadtplanung. In: WINTZER, J. (Hrsg.) (2018): Sozialraum erforschen: Qualitative Methoden in der Geographie. Springer, Berlin.

DAVEY, M. (2011): Gardens by the Bay: Ecologically Reflective Design. In: Architectural Design 81 (6), 108-111.

- DEMIR-GEILSDORF, S., Hartmann, A. & Hendrich, B. (Hrsg.) (2005): *Mental Maps - Raum - Erinnerung: Kulturwissenschaftliche Zugänge zum Verhältnis von Raum und Erinnerung*. LIT, Münster.
- DENGLER, S. (2007): *Hier ist Platz für Ihre Meinung! Nutzer äußern Anforderungen an ihren Stadt- platz: Ein Experiment im Münchener Glockenbachviertel*. Diplomarbeit. Online unter: <http://www.die-urbanauten.de/cms/media/pdf/Diplomarbeiten/Diplomarbeit-Sebastian-Dengler.pdf> am 27.02.2018.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2004): *Städtebaulicher Bericht der Bundesregierung 2004: Nachhaltige Stadtentwicklung – ein Gemeinschaftswerk*. Berlin. Online unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/15/046/1504610.pdf> am 20.03.2018.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2012): *Meteorologische Bodenmesstechnik (vormals: Instrumentenkunde). Leitfäden für die Ausbildung Im Deutschen Wetterdienst 6, 3. Auflage*. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes: Offenbach am Main.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2015): *Deutscher Wetterdienst: Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 3 (VuB 3): TECHNIKHANDBUCH (THB) für Wettermeldestellen des synoptisch-klimatologischen Mess- und Beobachtungsnetzes*. Online unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_vub/pdf_einzelbaende/vub_3_thb_gesamt_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=5 am 23.10.2018.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2018): *Monatlicher Klimastatus Deutschland: August 2018*. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main.
- DIERCKE (2008): *Diercke Weltatlas: Ausgabe 2008*. Westermann.
- DIETRICH, U. & KENGYEL, N. (2016): *What makes a public open space liveable?* *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 204, 685-696.
- DOWNS, R. M. & STEA, D. (1977): *Maps in Minds. Reflections on cognitive mapping*. Harper & Row Publishers, New York.
- DRLIK, S. (2010): *Klimawandelanpassung der Pflege und Erhaltung öffentlicher Grünanlagen in Grosstädten unter Berücksichtigung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung, untersucht am Fallbeispiel Wien*. Diss. Wien.
- DROEGE, S. (2007): *Just Because You Paid Them Doesn't Mean Their Data Are Better*. In: MCEVER, C., BONNEY, R., DICKINSON, J., KELLING, S., ROSENBERG, K., and SHIRK, J. (Hrsg.) (2007): *Citizen Science Toolkit Conference*. Cornell Laboratory of Ornithology. 13-26.
- DUTHWEILER, S., PAULEIT, S., RÖTZER, T., MOSER, A., RAHMAN, M., STRATOPOULOS, L. & ZÖLCH, T. (2017) *Untersuchungen zur Trockenheitsverträglichkeit von Stadtbäumen (Studies on the drought resistance of urban trees)*. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege (2017)*, 137-154.
- ECKARDT, F. (Hrsg.) (2012): *Handbuch Stadtsoziologie*. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- EISENBERG, B. (2013): *Stadtklimakomfortzonen - von übergeordneten Planungen zu lokalen Interventionen*. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. V., ZEILE, P. & ELISEI, P. (Hrsg.) (2013): *Planning Times - You better keep planning or you get in deep water, for the cities they are a-changin'...* Tagungsband der REAL CORP 2013, 18. internationale Konferenz zu Stadtplanung, Regionalentwicklung und Informationsgesellschaft. Schwechat.

- EMPACHER, C., HAYN, D., SCHUBERT, S. & SCHULTZ, I. (2001): Analyse der Folgen des Geschlechtsrollenwandels für Umweltbewußtsein und Umweltverhalten. Institut für sozialökologische Wirtschaftsforschung (Hg.). Online unter: <https://goo.gl/h9jmCI> am 09.04.2018
- ENDLICHER, W. (2012): Einführung in die Stadtökologie: Grundzüge des urbanen Mensch-Umwelt-systems. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2014): Eine Grüne Infrastruktur für Europa. Luxemburg. Online unter: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-DE-web.pdf> am 06.06.2018.
- EXPORO (2017): Lebensqualität durch Grünflächen in der Stadt: Über die Bedeutung für unser Wohlbefinden und den Einfluss auf Immobilien. Online unter: <https://exporo.de/blog/lebensqualitaet-durch-gruenflaechen-in-der-stadt> am 19.06.2018.
- FAHLE, B. (2015): Funktionen des öffentlichen Raums. Online unter: http://www.w2k.de/fileadmin/medien/pdf/Veranstaltungen/Forum/Forum_PlanenBauen_27.10.2015/Fahle_-_Funktionen_des_Oeffentlichen_Raums_.pdf am 23.02.2018.
- FANGER, P.O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York.
- FASSMANN, H. (2004): Stadtgeographie. Westermann, Braunschweig.
- FEZER, F. (1995): Das Klima der Städte. Justus Perthes Verlag, Gotha.
- FEZER, F. OEHMANN, B. & SEITZ, R. (1977): Klima des nördlichen Rheingrabens und seines Rahmens. In: FEZER, F. & SEITZ, R. (1977): Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Heidelberger geographische Arbeiten 47, 23–49, Heidelberg.
- FEZER, F., HILLE, R. & SEITZ, R. (1977): Das Klima der Bergstraße. In: FEZER, F. & SEITZ, R.: Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Heidelberger geographische Arbeiten 47, 86–103, Heidelberg.
- FLOHN, H. (1950): Neue Anschauungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und ihre klimatische Bedeutung. In: Erdkunde 4, 141-162.
- FRANKENBERG, P. (1988): Zum Klima des Kurpfälzischen Oberrheingrabens. In: FRANKENBERG, P.: Zu Klima, Boden und Schutzgebieten im Rhein-Neckar-Raum. Beiträge zur Landeskunde des Rhein-Neckar-Raumes II. Mannheimer geographische Arbeiten 24, 9–93, Mannheim.
- FRANKFURTER RUNDSCHAU (FR) (2012): Wie Plätze funktionieren: Architekt D. W. Dreysse über die Regeln, die Städtebauer beachten müssen, und warum nicht alle Plätze öffentlich sind. Interview. Online unter: <http://www.fr.de/frankfurt/interview-wie-plaetze-funktionieren-a-838052> am 12.06.2018.
- FRANKFURTER RUNDSCHAU (FR) (2017): Grünoase gegen den Klimawandel. Online unter: <http://www.fr.de/frankfurt/hitze-und-unwetter-in-frankfurt-gruenoase-gegen-den-klimawandel-a-1323504> am 28.08.2018.
- FREYTAG, T., HACKENBROCH, K., KÖNIG, F. & BANNERT, L. (2017): Akzeptanzanalyse von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen bei Anwohner*innen: Ergebnisbericht. Freiburg. Online unter: <https://freidok.uni-freiburg.de/dnb/download/13497> am 20.09.2018.

- FRICKE, W. (1996): Stadt im Raum – Raum in der Stadt. In: MITTLER, E. (Hrsg.) (1998): Heidelberg. Geschichte und Gestalt, 522–561. Winter Verlag, Heidelberg.
- FRÖHLICH, D. & MATZARAKIS, A. (2013): Modeling of changes in thermal bioclimate: examples based on urban spaces in Freiburg, Germany. In: Theor. Appl. Climatol. (2013) 111, 547–558.
- FZKVIEWER (2018). Karlsruhe Institut für Technologie. Online unter: <https://www.iai.kit.edu/1302.php> am 27.08.2018.
- GABRIEL, K. M. A. & ENDLICHER, W. R. (2011): Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. In: Environmental Pollution 159, Issues 8–9, 2044–2050.
- GAEBE, W. (2004): Urbane Räume. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- GAUZIN – MÜLLER, D. et al (2002): Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau: Konzepte, Technologien, Beispiele. Birkhäuser Verlag für Architektur, Basel, Berlin.
- GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.) (2007): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- GEHL, J. (1987): Life between buildings: Using public space. Van Nostrand Reinhold, New York.
- GEHL, J. (2012): Leben zwischen Häusern: Konzepte für den öffentlichen Raum. Jovis, Berlin.
- GEHL, J. (2015): Städte für Menschen. Jovis, Berlin.
- GEHL, J. & SVARRE, B. (2013): How to study public life. Island press, 106-107.
- GEHL, J. & SVARRE, B. (2016): Leben in Städten: Wie man den öffentlichen Raum untersucht. Birkhäuser Verlag, Basel.
- GEOGRAPHISCHES INSTITUT UNIVERSITÄT HEIDELBERG (2015): Studiengang Master Geographie - Modulhandbuch. Online unter: http://www.geog.uni-heidelberg.de/md/chemgeo/geog/studium/modulhandbuch_master_geographie_2015_05_20.pdf am 10.07.2017
- GERSTENGARBE, F.-W., WERNER, P. C. & RÜGE, U. (1999): Katalog der Großwetterlagen Europas (1881 - 1998): Nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky (5. Auflage). Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam.
- GLASER, R. & SCHÖNBEIN, J. (2007): Klima und Wetterkontraste. In: GEBHARDT, H., GLASER, R. & SCHENK, W. (2007): Geographie Deutschlands, 29–44. WBG, Darmstadt.
- GOLD, S. M. (1980): Recreation Planning and Design. McGraw-Hill, New York.
- GOULD, P. & WHITE, R. (1986): Mental Maps. 2. Auflage. Allen & Unwin, Boston.
- GRAHAM, S. (2010): Disrupted Cities – when Infrastructure Fails. Routledge, New York.
- GROSCHE, L. & PETROW C. A. (2016): Parks entwerfen: Berlins Park am Gleisdreieck oder die Kunst, lebendige Orte zu schaffen. Jovis, Berlin.

GROOT-REICHWEIN DE, M. A. M., VAN LAMMEREN, R. J. A., GOOSEN, H., KOEKOEK, A., BREGT, A. K. & VELLINGA, P. (2014): Urban heat indicator map for climate adaptation planning. In: *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* (2018) 23, 169-185.

GROWE, A., WAGNER, M. & SCHMIDT, N. (2018): Spatial planning in metropolitan regions: what is the role of climate change? Blogbeitrag im Forschungsexzellenz-Netzwerk INOGO. Online unter: <https://inogov.eu/blog-spatial-planning-in-metropolitan-regions-what-is-the-role-of-climate-change/> am 19.09.2018.

GROWE, A. & SCHMIDT, N. (2018): Metropolregionen als Handlungsräume im Klimawandel. Vortrag: Heidelberger Brücke, 04. Juni 2018 in Heidelberg.

HAAN, G. de & HARENBERG, D. (1999): Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm. Bonn.

HAFFNER, H. (2005): Orte. Plätze. Räume. Vom Umgang mit der Stadt. Callwey Verlag, München.

HARDT, A. & SCHELLER, G. (Hrsg.) (2010): Soziologie in der Stadt- und Freiraumplanung: Analysen, Bedeutung und Perspektiven. VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

HARLEY, J. B. (1988): Maps, knowledge and power. In: COSGROVE, D. & DANIELS, S. (Hrsg.): *The iconography of landscape*. 277-312. University of Cambridge Press, Cambridge.

HARLEY, J.B. (1989): Deconstructing the map. In: *Cartographica* 26, 1–20.

HEALEY, M. & JENKINS, A. (2009): Developing undergraduate research and inquiry. In: *The Higher Education Academy*, June 2009, 1-152.

HEGGER, M., FUCHS, M., STARK, T. & ZEUMER, M. (2007): *Energie Atlas: Nachhaltige Architektur*. Birkhäuser, München.

HEIDELBERG MARKETING (o. J.): Plätze & Parkanlagen. Online unter: <http://www.heidelberg-marketing.de/erleben/sehenswuerdigkeiten/plaetze-parks.html> am 09.04.2018.

HEINEBERG, H. (2007): Stadtgeographie. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. (Hrsg.) (2007): *Geographie: Physische Geographie und Humangeographie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

HEINEBERG, H. (2017): *Stadtgeographie*. 5. Auflage. Schöningh, Paderborn.

HEINEMANN, G. (1978): *Stadt Heidelberg: Lebensräume in der alten Stadt: Fußgängerbereich Altstadt - eine Dokumentation*. Stadt Heidelberg, Amt für Öffentlichkeitsarbeit.

HELBIG, A., BAUMÜLLER, J. & KERSCHGENS, M. J. (Hrsg.) (1999): *Stadtklima und Luftreinhaltung*. 2. Auflage. Springer Verlage, Berlin, Heidelberg (u.a.).

HELIX PFLANZENSYSTEME (2017): *Grüne Sofortlösungen für den urbanen Raum*. 4. Auflage. Online unter: https://www.helix-pflanzen.de/sites/default/files/products/downloads/gruene_sofortloesungen_2017_auflage_4.pdf am 30.08.2018.

- HENNINGER, S. (Hrsg.) (2011): Stadtökologie: Bausteine des Ökosystems Stadt. Schöningh, Paderborn.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE (HLNUG) (2018): Wetterextreme in Hessen. Online unter: <https://www.hlnug.de/messwerte/witterungs-und-klimadaten/wetterextreme.html> am 13.09.2018.
- HÖRSCHELMANN K. & MEYER F. (2018): Zwischen Anpassung und Manipulation: Zum Umgang mit räumlich-institutionellen Gegebenheiten des Erhebungskontextes. In: MEYER, F., MIGGELBRINK, J. & BEURSKENS, K. (Hrsg.) (2018): Ins Feld und zurück: Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 95-102.
- HOLLANDER, J. B., PALLAGST, K., SCHWARZ, T. & POPPER, F. J. (2009): Planning Shrinking Cities. In: Progress in Planning 72 (4), 223-232.
- HOUGH, M. (2006): Principles for Regional Design. In: Larice, M. & MacDonald, E. (Hrsg.) (2007): The Urban Design Reader. Routledge, New York.
- HORNSTEINER, G. (2012): Daten und Statistik. Eine praktische Einführung für den Bachelor in Psychologie und Sozialwissenschaften. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- HUBER, L. (2014): Forschungsbasiertes, Forschungsorientiertes, Forschendes Lernen: Alles dasselbe? In: Das Hochschulwesen, 62 (1+2), 22-29.
- HUPFER, P. & KUTTLER, W. (Hrsg.) (2005): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie.– 11. Auflage. Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden.
- HUPFER, P. (1994): Der Energiehaushalt Heidelbergs unter Berücksichtigung der städtischen Wärmeinselstruktur. Heidelberger geographische Arbeiten, 96, Heidelberg.
- INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG (IBA) Heidelberg (2018): #019 Landwirtschaftspark. Online unter: <https://iba.heidelberg.de/deutsch/projekte/projektuebersicht/019-landwirtschaftspark.html> am 20.09.2018.
- IMHOFF, I., LEIB, S. & NORRA, S. (2015): Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität: Entwicklung von Bewertungsmethoden für den urbanen Raum. In: Forum Geoökologie 26 (2), 36-41.
- IFEU & STADT HEIDELBERG (2014): Konzept für den Masterplan 100 % Klimaschutz für die Stadt Heidelberg. Heidelberg. Online unter: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents_E-656386139/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Energie%20und%20Klimaschutz/31_pdf_Masterplan%20Bericht%20und%20Ma%C3%9Fnahmen.pdf am 14.06.2018.
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- JACOBETT, J. (1984): Wärmeinseln unter der Glocke. In: KÖHLER, P. A. (Hrsg.) (1984): Naturraum Menschenlandschaft. Meyster, München.
- JACOBS, J. (1993): Tod und Leben großer amerikanischer Städte. (Original: "The Death and Life of Great American Cities" erschienen 1963), Bauwelt-Fundamente Band 4. Ullstein, Braunschweig, Wiesbaden.

- JENDRITZKY, G., MENZ, G., SCHIRMER, H. & SCHMIDT-KESSEN, W. (1990): Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung 114, 7-69. Hannover.
- JOCHEM, A., HÖFLE, B. & RUTZINGER, M. (2011): Extraction of Vertical Walls from Mobile Laser Scanning Data for Solar Potential Assessment. In: Remote Sens. 2011 (3), 650-667.
- JÖCHNER, C. (2008): Plätze als städtische Räume: Die kunsthistorische Forschungsliteratur. Heidelberg. Online unter: http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/artdok/409/1/Joechner_Piazza_2008.pdf am 26.02.2018.
- KAMINSKE, V. (2012): Die räumliche Wahrnehmung. Grundlage für Geographie und Kartographie. WBG, Darmstadt.
- KEMME, T. & REICHER, C. (Hrsg.) (2009): Der öffentliche Raum: Ideen – Konzepte – Projekte. Jovis, Berlin.
- KOLB, D. A. (2015): Experiential learning: experience as the source of learning and development. Upper Saddle River, New Jersey.
- KOMMUNEN FÜR BIOLOGISCHE VIELFALT E.V. (KOMMBIO) (2018): Handlungsoptionen: Spielräume für mehr Natur in der Stadt. Online unter: https://www.stadtgruen-naturnah.de/files/web/docs/label_kampagne/handlungsoptionen.pdf am 25.09.2018.
- KÖPPEN, W. & GEIGER, R. (1961): Überarbeitete Neuausgabe der Karte „Klima der Erde“ (Wandkarte 1:16 Mill.). Erstausgabe 1928, Überarbeitung durch Rudolf Geiger.
- KRAINER, L., WINIWARTER, V., PRETIS, S., CAMPBELL, D., HAAS, W., KARNER, S., MIECHTNER, G., PLUNGER, P., REITINGER, E., SPÖK, A. & WEISZ, U. (2014): Transdisziplinarität messen? Indikatoren für gesellschaftliche Wirksamkeit von Forschung am Beispiel der IFF. Klagenfurt, Graz, Wien.
- KRAUSE, K.-J. (2004): Plätze: Begriff, Geschichte, Form, Größe und Profil. Dortmund. Online unter: <http://docplayer.org/storage/54/34315972/1519658805/Jos717YGYbnGqQ9Q6D-MZA/34315972.pdf> am 27.02.2018.
- KRATZER, P. A. (1937, 1956): Das Stadtklima. 1. U. 2. Aufl. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- KUCKARTZ, U. & RHEINGANS-HEINTZE, A. (2006): Trends im Umweltbewusstsein Umweltgerechtigkeit, Lebensqualität und persönliches Engagement. Springer VS, Wiesbaden.
- KUCKARTZ, U. (2014): Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Springer VS, Wiesbaden.
- KUHN, T. S. (1962): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M.
- KÜNZLI, B. (2012): SWOT-Analyse: Ein klassisches Instrument der Strategieentwicklung mit viel ungenutztem Potenzial. In: Zeitschrift Führung + Organisation (81), 126–129.
- KUTTLER, W. & WEBER, S. (2006): Angewandte Stadtklimaforschung in deutschen Großstädten. In: Geographische Rundschau 58, Heft 7/8, 42–56.

- KUTTLER, W. (2004a): Stadtklima: Teil 1: Grundzüge und Ursachen. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung: Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 16, Heft 3, 187–199.
- KUTTLER, W. (2004b): Stadtklima: Teil 2: Phänomene und Wirkungen. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung: Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 16, Heft 4, 263–274.
- KUTTLER, W. (2005): Mikro- und Mesoklima, Stadtklima. – In: HUPFER, P. & KUTTLER, W. (Hrsg) (2005): Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. Wiesbaden.
- KUTTLER, W. (2008): Klimatologie. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- KUTTLER, W. (2010): Urbanes Klima, Teil 1. In: Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft 70 Umweltmeteorologie 70, Heft 7/8, 329–340.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2017): Daten- und Kartendienst. Online unter: <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/> am 27.07.2018.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (Hrsg.) (2016): Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg - Zwischenbericht Oktober 2016. Unveröffentlicht.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (Hrsg.) (2017): Planungsempfehlungen für die (stadt-)klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg. Online unter: <http://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/123903/U83-W03-N29.pdf?command=downloadContent&filename=U83-W03-N29.pdf&FIS=91063> am 17.09.2018.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2018): Meine Umwelt-App. Online unter: <https://www.umwelt-bw.de/meine-umwelt> am 17.09.2018.
- LANG, D. J., WIEK, A., BERGMANN, M., STAUFFACHER, M., MARTENS, P., MOLL, P., SWILLING, M. & THOMAS, C. J. (2012): Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. In: *Sustain. Sci.* (2012) 7 (Supplement 1), 25-43.
- LATIF, M (2009): Klimawandel und Klimadynamik. Ulmer, Stuttgart.
- LEFEBVRE, H. (1991): *The Production of Space*. Blackwell Publishing, Oxford.
- LEFEBVRE, H. (2006): Die Produktion des Raums. In: Dünne, Jörg; Günzel, Stephan (Hrsg.): *Raumtheorie. Grundlagentexte aus Philosophie und Kulturwissenschaften*. Frankfurt am Main. S. 330–342.
- LEIMGRUBER, W. (1979): Die Perzeption als Arbeitsgebiet in der Humangeographie. In: *Geographica Helvetica* (Band 4). Copernicus GmbH, Göttingen.
- LESER, H. (1984): Geographisch - landeskundliche Erläuterungen der Topographischen Karte 1:100000 des Raumordnungsverbandes Rhein-Neckar. In: *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* 221. Trier.
- LEUTZ, K. (2017): Forschungsnahes, Forschungsorientiertes, Forschungsbasiertes oder einfach Forschendes Lernen? Blogbeitrag „Fokus Lehrerbildung“ der Heidelberg School of Education. Online unter: <https://hse.hypotheses.org/657> am 15.10.2018.

- LEUTZ, K. (im Erscheinen): Forschendes Lernen zum Thema Klimawandel. In: ECK, S. (Hrsg.) (im Erscheinen): Forschendes Lernen – Lernendes Forschen. Beltz Juventa, Weinheim. 192-201.
- LIANG, J., GONG, J., LI, W. & IBRAHIM, A. N. (2014): A visualization-oriented 3D method for efficient computation of urban solar radiation based on 3D–2D surface mapping. In: *International Journal of Geographical Information Science* 28 (4), 780-798. DOI: 10.1080/13658816.2014.880168.
- LIN, T.-P., LIN, F.-Y., WU, P.-R., HÄMMERLE, M., HÖFLE, B., BECHTOLD, S., HWANG, R.-L. & CHEN, Y.-C. (2017): Multiscale analysis and reduction measures of urban carbon dioxide budget based on building energy consumption. In: *Energy and Buildings* 153, 356-367.
- LICHTENBERGER, E. (1991): *Stadtgeographie*. 2. Auflage. Teubner, Stuttgart.
- LÖSCH, R. (2003): *Wasserhaushalt der Pflanzen*. Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- LUDWIG, F. (2007): *Vogelbeobachtungsstation*. Online unter: <http://www.ferdinandludwig.de/Vogelbeobachtungsstation/articles/Vogelbeobachtungsstation.html> am 19.09.2018.
- LUDWIG, F. (2016): *Baubotanik: Designing with living material*. In: LÖSCHKE, S. K. (Hrsg.) (2016): *Materiality and Architecture*. Routledge, New York. 182-190.
- LUDWIG, F., SCHÖNLE, D., BELLERS, M. (2015): Klimaaktive baubotanische Stadtquartiere, Bautypologien und Infrastrukturen: Modellprojekte und Planungswerkzeuge. In: LUBW (2015): *Reihe KLIMOPASS-Berichte: KLIMOPASS - Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg*. Teil 2 *Angewandte Forschung und Modellprojekte*.
- LYNCH, K. (1960): *The Image of the City*. MIT Press: Cambridge.
- MALBERG, H. (2007): *Meteorologie und Klimatologie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- MANDL, H. & REINMANN-ROTHMEIER, G. (1998). Auf dem Weg zu einer neuen Kultur des Lehrens und Lernens. In DÖRR G. & JÜNGST K. L. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen* (193-222). Juventa Verlag, Weinheim.
- MARKUS, T. (2011): *Die Einführung des Berichtswesens am Beispiel der Stadt Ludwigsburg*. Bachelorarbeit. Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen Ludwigsburg.
- MASR (2005): *Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report*. Island Press, Washington DC.
- MATTISSEK, A. (2008): *Stadt als diskursive Repräsentation: Eine Analyse von Stadtimages und Stadtmarketing in deutschen Großstädten*. Transcript, Bielefeld.
- MAYER, H., HOLST, J., DOSTAL, P., IMBERY, F. & SCHINDLER, D. (2008): Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe. *Meteorol. Z.* 17, 241–250.
- MCDONALD, R. I. GREEN, P., BALK, D., FEKETE, B. M., REVENGA, C. & TODD, M. et al. (2011): Urban Growth, climate change and freshwater availability. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 (15), 6312–6317.
- MEGERLE, H. E. & LASSEL, A. (2011): Flächenrecycling als Entwicklungschance und Konfliktlösungsstrategie in einer ökologisch hochsensiblen Wachstumsregion – das Beispiel Schiesser-Areal in Radolfzell am Bodensee. In: *Raumforsch. Raumordn.* (2011) 69, 383–396.

- MEIER, F., GREEN, P., BALK, D., FEKETE, B. M., REVENGA, C., TODD, M. & MONTGOMERY, M. (2017): Crowdsourcing air temperature from citizen weather stations for urban climate research. In: *Urban Climate* 19 (2017), 170–191.
- MINISTERIUM FÜR BAUEN, WOHNEN, STADTENTWICKLUNG UND VERKEHR DES LANDES NORD-RHEIN-WESTFALEN (MBWSV) (2014): *Urbanes Grün – Konzepte und Instrumente: Leitfaden für Planerinnen und Planer*. Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (KM) (Hrsg.) (2016): *Bildungsplan des Gymnasiums: Bildungsplan 2016: Geographie*. Neckar-Verlag GmbH, Villingen-Schwenningen.
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (KM) (2017): *Konzeptpapier zur Umsetzung der Digitalisierungsstrategie von Baden-Württemberg im Schulbereich*. Stuttgart.
- MOBJÖRK, M. (2010): Consulting versus participatory transdisciplinarity: A refined classification of transdisciplinary research. In: *Futures* 42 (2010), 866-873.
- MOCZEK, N. & RAMBOW, R. (2012): Partizipative Stadt- und Raumgestaltung. Online unter: <http://www.bpb.de/gesellschaft/kultur/kulturelle---bildung/137868/partizipative---stadt---und---raumgestaltung?p=0> am 26.02.2018.
- MOGHBEL, M. & ERFANIAN SALIM, R. (2017): Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO₂ content. In: *Urban Climate* 20, 46-58.
- MOHAJERANI, A., BAKARIC, J. & JEFFREY-BAILEY, T. (2017): The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. In: *Journal of Environmental Management* 197 (2017), 522-538.
- MULLER, C.L., CHAPMAN, L., JOHNSTON, S., KIDD, C., ILLINGWORTH, S., FOODY, G., OVEREEM, A. & LEIGH, R. R. (2015): Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: current status and future potential. In: *Int. J. Climatol.* 35, 3185–3203.
- MÜLLER, A. & MÜLLER, A.-L. (2016): Der Virtual Urban Walk 3D - eine integrative Methode zur Analyse kontextbezogener Raumwahrnehmung. In: *Europa Regional*, 23.2015 (2), 49-64. Online unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-51686-3> am 16.08.2018.
- NADLER, R. & HÖRSCHELMANN, K. (2018): Ein schmaler Grat: Neutralität und Positionierung in der wissenschaftlichen Praxis. In: MEYER, F., MIGGELBRINK, J., BEURSKENS, K. (Hrsg.) (2018): *Ins Feld und zurück: Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 103-110.
- NASTOS, P. & MATZARAKIS, A. (2008): The effect of air temperature and the thermal index PET on mortality in Athens, Greece. Proceedings 18th International Congress on Biometeorology, Tokyo, Japan, 22-26 September, 1-4.
- NETUSIL, N. R., LEVIN, Z., SHANDAS, V. & HART, T. (2014): Valuing green infrastructure in Portland, Oregon. In: *Landscape and Urban Planning* 124 (2014), 14-21.
- NIESEL, A. (2006): *Grünflächen-Pflegemanagement. Dynamische Pflege von Grün*. Ulmer, Stuttgart.

- NIU, H., CLARK, C., ZHOU, J. & ADRIAENS, P. (2010): Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in Washington, DC. In: *Environmental science & technology* 44, 4302–4308.
- NURMI, V., VOTSIS, A., PERRELS, A. & LEHVÄVIRTA, S. (2013): Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas : case study in Helsinki. Helsinki.
- NORRA, S. (2015): Ins Grüne? Auf in die Stadt! In: *politische ökologie* 142, 73-78.
- NREL (2002): SOLPOS Documentation: Technical Report. Golden, Co, USA, Renewable Resource Data Center. Online unter: <https://www.nrel.gov/grid/solar-resource/solpos.html> am 21.08.2018.
- OKE, T.R. (1982): The energetic basis of the urban heat island. In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108 (455), 1-24.
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (2012): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Online unter: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842 am 21.08.2018.
- OBENBRÜGGE, J. (2014): Zur Theoriediskussion in der Geographie und geographischer Stadtforschung. In: OBENBRÜGGE, J. & VOGELPOHL, A. (Hrsg.): *Theorien in der Raum- und Stadtforschung: Einführungen*. Westfälisches Dampfboot, Münster.
- PALLAGST, K., ABER, J., AUDIRAC, Y., CUNNINGHAM-SABOT, E., FOL, S., MARTINEZ-FERNANDEZ, C. et al. (2009): *The Future of Shrinking Cities: Problems, Patterns and Strategies of Urban Transformation in a Global Context*. Center for Global Metropolitan Studies, UC Berkeley.
- PALLAGST, K. (Hrsg.) (2017): *PlanIt: Green Innovation Areas and sustainable planning approaches as drivers for urban and regional development?* In: *PlanIt 2017* (1).
- PÉREZ, G., COMA, J., MARTORELL, I. & CABEZA, L. F. (2014): Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39, 139–165.
- PETROW, C. A. (2010a): Urbanität als Inszenierung. *Garten+Landschaft* 3, 28–31.
- PETROW, C. A. (2010b): Die Landschaft der Stadt. Urbane Freiräume im Kontext der Kulturlandschaft. In: Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (Hrsg.): *Kulturlandschaft Thüringen*, 244–260. Verlag der Bauhaus-Universität, Weimar.
- PETROW, C. A. (2012): Städtischer Freiraum. In: ECKARDT, F. (Hrsg.) (2012): *Handbuch Stadtsoziologie*, 805-837. Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- PFOSER, N., JENNER, N., HENRICH, J., HEUSINGER, J. & WEBER, S. (2013): *Gebäude Begrünung Energie: Potentiale und Wechselwirkungen*. Darmstadt.
- PFOSER, A. & HÖRSCHELMANN, K. (2018) Erwartungen gibt es immer. Aber wie geht man damit um?. In: MEYER, F., MIGGELBRINK, J., BEURSKENS, K. (Hrsg.) (2018): *Ins Feld und zurück: Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 111-115.
- PILSHOFER, B. (2001): *Wie erstelle ich einen Fragebogen? Ein Leitfaden für die Praxis*. 2. Aufl. Wissenschaftsladen, Graz.

- POHL, C., & HIRSCH HADORN, G. (2008): Gestaltung transdisziplinärer Forschung. In: Sozialwissenschaften und Berufspraxis, 31 (1), 5-22.
- PORST, R. (2014): Fragebogen: Ein Arbeitsbuch. 4. Aufl. Springer, Wiesbaden.
- POTT, R. & HÜPPE, J. (2007): Spezielle Baubotanik: Pflanze - Klima - Boden. Springer, Berlin, Heidelberg.
- PRESSESTELLE TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN (TUB) (2007): Besseres Stadtklima durch viele Parks. Online unter: http://www.pressestelle.tu-berlin.de/menue/tub_medien/newsportal/forschungsberichte_aus_der_universitaet/2007/besseres_stadtklima_durch_viele_parks/ am 11.06.2018.
- PROFESSUR FÜR HYDROLOGIE - UNIVERSITÄT FREIBURG (2013): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung für nachhaltigere Städte. Online unter: http://www.naturnahe-regenwasserbewirtschaftung.info/index.php?page=simulation_wasserbilanz&reset=1 am 19.09.2018.
- RAHMAN, M.A., MOSER, A., RÖTZER, T. & PAULEIT, S. (2017): Microclimatic differences and their influence on transpirational cooling of *Tilia cordata* in two contrasting street canyons in Munich, Germany. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 232, 443–456.
- RAMBOLL (2016): Strengthening blue-green Infrastructure in our Cities: Enhancing blue-green Infrastructure & Social Performance in high Density Urban Environments. Online unter: <http://s3.amazonaws.com/document.issuu.com/160630074612-a323832d6884578dae614f6f88a3520d/original.file?AWSAccessKeyId=AKIAJY7E3JMLFKPAGP7A&Expires=1527154434&Signature=K2OkKHbtY6Jo%2FyO%2BGmAtN2O4V0g%3D> am 24.05.2018.
- REGVAT, R. HÄMMERLE, M., MARX, S., KÖNIG, K. & HÖFLE, B. (2014): 3D-punktbasierte Solarpotenzialanalyse für Gebäudefassaden mit freien Geodaten. In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. & ZAGEL, B. (Hrsg.) (2014): *Angewandte Geoinformatik 2014: Beiträge zum 26. AGIT-Symposium Salzburg*. Wichmann Verlag: Berlin.
- REIF, J. (2017): *CityTrop: Projekte und Pflanzen für grünere Städte von morgen*. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- REINER, M. & WEBER, J. (1991): Pilotstudie über den öffentlichen Raum. Die Gestaltung der Straßen und Plätze in München. Selbstverlag, München.
- RELPH, E. (2006): Prospects for Places. In: Larice, M. & Macdonald, E. (Hrsg.) (2007): *The Urban Design Reader*. Routledge: New York.
- REINMANN, G. (2016): Forschungsorientierung in der akademischen Lehre. In: *Impact Free: Journal für freie Bildungswissenschaftler*, 1 (2016), 1-5.
- ROBINE, J.-M., CHEUNG, S. L., LE ROY, S., VAN OYEN, H., GRIFFITHS, C., MICHEL, J. P. & HERRMANN F. R. (2008): Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. In: *C. R. Biologies* 331 (2008), 171–178.
- ROLOFF, A., GILLNER, S. & BONN, S. (2008): Gehölzartenwahl im urbanen Raum unter dem Aspekt des Klimawandels. *Sonderheft Grün ist Leben*: 30-42.

ROLOFF, A. & GRUNDMANN, B. (2008): Baumartenwahl im Klimawandel – Bewertung von Waldbaumarten anhand der KlimaArtenMatrix (KLAM). In: *Allg. Forstztschr. / Der Wald* 63, 1086-1088.

ROLOFF, A., KORN, & A. GILLNER, S. (2009): The Climate Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. In: *Urb. For. & Urb. Greening* 8, 295-308.

ROONEY-VARGA, J.N., STERMAN, J., FRACASSI, E. P., FRANCK, T., KAPMEIER, F., KURKER, V., JONES, A. & RATH, K. (2017): Can role-play with interactive models enhance climate knowledge, affect and intent to act? American Geophysical Union, Fall Meeting 2017, Abstract.

ROSENTHAL, J. K., SCLAR, E. D., KINNEY, P. L., KNOWLTON, K., CRAUDERUEFF, R. & BRANDT-RAUF, P. W. (2007): Links between the Built Environment, Climate and Population Health: Interdisciplinary Environmental Change Research in New York City. *Ann. Acad. Med. Singapore* 2007; 36: 834-46.

ROSNER, H. (2008): Physische Geographie: Landschaftliche Großeinheiten, Klima, Hydrologie und Böden. In: GEBHARDT, H. (Hrsg. (2007): *Geographie Baden-Württembergs: Raum, Entwicklung, Regionen*. Kohlhammer, Stuttgart.

RUPRECHT-KARLS-UNIVERSITÄT HEIDELBERG (2018): Willkommen in der Wissenschaft – Forschungsorientierung von Anfang an. Online unter: <https://www.soz.uni-heidelberg.de/willkommen-in-der-wissenschaft-forschungsorientierung-von-anfang-an/> am 17.09.2018.

SAMIDA, S. & EGGERT M. K. H. (2012): Über Interdisziplinarität: Betrachtungen zur Kooperation von Natur- und Kulturwissenschaften in der Archäologie. *Hephaistos* 29, 9–24.

SCHEMEL, H.-J. (Bearb.) (1998): Naturerfahrungsräume. Ein humanökologischer Ansatz für naturnahe Erholung in Stadt und Land. *Angewandte Landschaftsökologie*, Heft 19. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

SCHEMEL, H.-J., REIDL, K. & BLINKERT, B. (2005): Naturerfahrungsräume in Städten - Ergebnisse eines Forschungsprojekts. Online unter: http://www.naturerfahrungsraum.de/pdfs/ner_ziegenspeck_02.pdf am 18.09.2018.

SCHENDERA, C. F. G. (2014): *Regressionsanalyse mit SPSS. 2., korrigierte und aktualisierte Auflage*. De Gruyter, München.

SCHENK, F. B. (2002): Mental Maps: Die Konstruktion von geographischen Räumen in Europa seit der Aufklärung. In: *Geschichte und Gesellschaft* 28 (3), 493-514. Vandenhoeck & Ruprecht.

SCHENK, F. B. (2013). Mental Maps: Die kognitive Kartierung des Kontinents als Forschungsgegenstand der europäischen Geschichte. Mainz. Online unter: http://ieg-ego.eu/de/threads/theorien-und-methoden/mental-maps/frithjof-benjamin-schenk-mental-maps-die-kognitive-kartierung-des-kontinents-als-forschungsgegenstand-der-europaeischen-geschichte/at_download/dnb am 21.06.2018.

SCHERER, D. & ENDLICHER, W. (2013): Editorial: Urban climate and heat stress. Part 1. In: *Die Erde* 144 (3-4), 175-180.

SCHNEIDER, A., HOMMEL, G. & BLETNER, M. (2010): Linear regression analysis. Part 14 of a series on evaluation of scientific publications. In: *Deutsches Ärzteblatt International* 107 (44), 776-782.

SCHNEIDEWIND, U. & SINGER-BRODOWSKI, M. (2014): Transformative Wissenschaft: Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. 2. Auflage. Metropolis Verlag, Marburg.

SCHNEIDEWIND, U. (2018): Die Große Transformation: Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main.

SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (Hrsg.) (2016): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET: Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt. Online unter: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_konkret.pdf am 24.05.2018.

SENEVIRATNE, S. I., PHIPPS, S. J., PITMAN, A. J., HIRSCH, A. L., DAVIN, E. L., DONAT, M. G. et al. (2018): Land radiative management as contributor to regional-scale climate adaptation and mitigation. In: Nature Geoscience 2018 (11), 88–96.

SENSEBOX (2018): senseBox. Online unter: <https://sensebox.de/> am 17.09.2018.

SGIBNEV, W. (2018): Zwischen den Stühlen. Ein Ausflug in die Interdisziplinarität. In: MEYER, F., MIGGELBRINK, J., BEURSKENS, K. (Hrsg.) (2018): Ins Feld und zurück: Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 25-30.

SIMON, A. (2016): KH-IT Anwenderfragebogen. Methodik und Validierung. Online unter: <https://www.kh-it.de/kh-it-anwenderfragebogen.html?file=files/data/content/arbeitskreise/benchmarking-anwenderzufriedenheit/KH-IT%20Anwenderfragebogen%20-%20Methodik%20und%20Validierung%20-%20V2.pdf> am 22.06.2018.

SITTE, C. (1983): Der Städtebau nach seinen künstlerischen Grundsätzen. Vieweg Verlag, Braunschweig, Wiesbaden.

SPAAPEN, J. & VAN DROOGE, L. (2011): Introducing ‘productive interactions’ in social impact assessment. In: Research Evaluation 20 (3), 211-218.

SPEKTRUM (o. J.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Kognitive Karten. Online unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/kognitive-karte/2849> am 29.05.2018.

STADT FREIBURG (2016): Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung. Freiburg. Online unter: https://www.freiburg.de/servicebw/Regenwasserbewirtschaftung_naturvertraeagl_Broschuere_FR.pdf am 20.09.2018.

STADT HEIDELBERG (Hrsg.) (1995): Stadtklima 1995. Heidelberg. Online unter: <https://www.heidelberg.de/hd,Lde/HD/Leben/Stadtklima+Heidelberg.html> am 15.06.2018.

STADT HEIDELBERG (2004): Städtebauliche Rahmenplanung Bahnstadt Heidelberg: Umweltbericht. Online unter: <https://ww1.heidelberg.de/buergerinfo/getfile.asp?id=160999&type=do&> am 09.04.2018.

STADT HEIDELBERG (2005): Plätze, Parks und Promenade: Der öffentliche Raum in der Bahnstadt: Dokumentation des Konzeptes. Heidelberg. Online unter: <http://docplayer.org/storage/56/38007633/1523266058/Dpons-L2dHEX18vfH5U5pQ/38007633.pdf> am 09.04.2018.

STADT HEIDELBERG (2007): Städtebauliche Rahmenplanung „Bahnstadt 2007“. Heidelberg. Online unter: https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-628157503/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/20180124_heidelberg_staedtebauliche_rahmenplanung_2007.pdf am 09.04.2018.

Stadt Heidelberg (2012): Klimaschutz in Heidelberg. Heidelberg, Berlin. Online unter: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents_E-34869689/heidelberg/PB5Documents/pdf/12_pdf_HeidelbergStudie_2012.pdf am 28.09.2018.

STADT HEIDELBERG (2015a): Stadtklimagutachten für die Stadt Heidelberg. Fortschreibung des Gutachtens von 1995. Hannover. Online unter: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents_E-1056338902/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Luft%20und%20L%C3%A4rm/31_pdf_stadtklima-2015_klimaanalyse.pdf am 05.03.2018.

STADT HEIDELBERG (2015b): Klimaanalysekarte: Klimaanalyse für das Gebiet der Stadt Heidelberg. Hannover. Online unter: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents_E-1447899412/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Luft%20und%20L%C3%A4rm/31_pdf_stadtklima-2015_klimaanalysekarte.pdf am 15.06.2018.

STADT HEIDELBERG (2015c): Informationsvorlage Betreff: Stadtklimagutachten Heidelberg 2015. Heidelberg. Online unter: <https://ww1.heidelberg.de/buergerinfo/getfile.asp?id=254829&type=do&> am 11.09.2018.

STADT HEIDELBERG (2017): Bahnstadt: Wasserbecken nahe der Pfaffengrunder Terrasse wird umgebaut. Heidelberg. Online unter: https://www.heidelberg.de/hd,Lde/HD/service/28_07_2017+bahnstadt_+wasserbecken+nahe+der+pfaffengrunder+terrasse+wird+umgebaut.html am 20.09.2018.

STADT HEIDELBERG (2018): Die Bahnstadt: Ihr Platz am Wissenschaftsstandort Heidelberg. Heidelberg. Online unter: https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-189662638/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/pdf_broschuere_bahnstadt_1801009.pdf am 09.04.2018.

STADT HEIDELBERG (o. J.): Heidelberger Dach(g)arten: Handlungsleitfaden zur extensiven Dachbegrünung in Heidelberg. Heidelberg. Online unter: https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/params_E1415041129/721899/61_pdf_5_Nahversorgungsmarkt_Kranichweg_Handlungsleitfaden_Dachbegr%C3%BCnung_15.09.2012.pdf am 13.06.2018.

STADT LUDWIGSBURG (Hrsg.) (2016): KSIS: Steuerung und Information für Kommunen. Ludwigsburg. Online unter: https://www.ludwigsburg.de/site/Ludwigsburg-Internet/get/params_E-1874509175/11921567/Infobroschuere_KSIS_Ludwigsburg.pdf am 19.09.2018.

STAKELBECK, F. & WEBER, F. (2010): Heidelberg – Mannheim – Ludwigshafen: Stadtentwicklung zwischen Idealstadtmodellen, Leitbildern und historischem Einfluss. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft 57, 51-86.

STEIDLE-SCHWANN, A. (2001): Das Management der Pflege kommunaler Grünflächen. Diss. München.

- STIFTUNG DIE GRÜNE STADT (2010): Stadtklimatologie und Grün: Anregungen zur Anpassung an den Klimawandel. Online unter: <https://www.die-gruene-stadt.de/stadtklimatologie.pdf?forced=true> am 25.09.2018.
- STRATOPOULOS, L. M. F., DUTHWEILER, S., HÄBERLE, K.-H. & PAULEIT, S. (2018): Effect of native habitat on the cooling ability of six nursery-grown tree species and cultivars for future roadside plantings. In: *Urban Forestry and Urban Greening* 30, 37-45.
- STÜBBEN, J. (1890): *Der Städtebau*. Vieweg Verlag, Braunschweig, Wiesbaden.
- SUSOROVA, I., AZIMI, P. & STEPHENS, B. (2014): The effects of climbing vegetation on the local microclimate, thermal performance, and air infiltration of four building facade orientations. In: *Building and Environment* 76, 113-124.
- SUTER, I., MAKSIMOVIĆ, Č. & VAN REEUWIJK, M. (2017): A neighbourhood-scale estimate for the cooling potential of green roofs. In: *Urban Climate* 20, 33-45.
- TESTO (2014): Feuchte-/Temperatur-Messgerät. Online unter: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/1392/0900766b813922b9.pdf> am 17.07.2018.
- THE THINGS NETWORK (TTN) (2018): The Things Network: Building a global internet of things network together. Online unter: <https://www.thethingsnetwork.org/> am 27.09.2018.
- THE VOXEL OCTREE SOLAR TOOLKIT (o. J.): Online unter: <https://github.com/giscience/vostok> am 27.08.2018.
- THIES CLIMA (o. J.): *Wind: The World of Weather Data*. Online unter: <https://www.thiesclima.com/db/dnl/THIES-Katalog-Wind-d-9-2014.pdf> am 18.07.2018.
- TILLEY, D., PRICE, J., MATT, S. & MARROW, B. (2012): Final Report to Green Roofs for Healthy Cities – Green Walls Group Vegetated Walls: Thermal and Growth Properties of Structured Green Facades. Online unter: <https://greenscreen.com/docs/Research/FinalReportVegetatedWallsThermalGrowthGreenFacades.pdf> am 15.10.2018.
- TRÖLTZSCH, J., GÖRLACH, B., LÜCKGE, H., PETER, M. & SARTORIUS, C. (2012): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel: Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/dokumente/4298.pdf> am 30.08.2018.
- TROLL, C. & PAFFEN, K.-H. (1964): Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. In: *Erdkunde* 18, 1, 5-28.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2009): *Umweltbewusstsein und Umweltverhalten der sozialen Milieus in Deutschland*. Dessau-Roßlau. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3871.pdf> am 28.09.2018.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2011): *Leitkonzept - Stadt und Region der kurzen Wege*. Gutachten im Kontext der Biodiversitätsstrategie. Online unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4151.html> am 10.04.2018.

- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Climate Change 24/2015. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2017): Straßen und Plätze neu denken. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/180109_uba_broschuere_strassen_und_plaetze_neu_denken.pdf am 06.06.2018.
- UMWELTPLANUNG BULLERMANN SCHNEBLE GMBH (2015): Potenzialermittlung zur Verbesserung des Wohnumfelds und des Stadtklimas durch Entsiegelung und Begrünung von Baukörpern und Freiflächen in der Innenstadt von Mannheim - Abschlussdokumentation Phase II.
- VERNIER (o. J. a): Stainless Steel Temperature Probe User Manual. Online unter: <https://www.vernier.com/manuals/tmp-bta/> am 18.07.2018.
- VERNIER (o. J. b): Anemometer. Online unter: <https://www.vernier.com/files/manuals/anm-bta.pdf> am 18.07.2018.
- VERNIER (o. J. c): Relative Humidity Sensor. Online unter: <https://www.vernier.com/products/sensors/rh-bta/> am 18.07.2018.
- VERNIER (o. J. d): Surface Temperature Sensor. Online unter: <https://www.vernier.com/files/manuals/sts-bta/sts-bta.pdf> am 25.07.2018.
- VERNON, B. & TIWARI, R. (2009): Place-Making through Water-Sensitive Urban Design. Sustainability 1, 789-814.
- VÖLKER, H. (2004): Von der Interdisziplinarität zur Transdisziplinarität? In: BRAND, F., SCHALLER, F. & VÖLKER, H. (Hrsg.) (2004): Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Universitätsverlag, Göttingen.
- WALCHA, H. (1999): Nachhaltige Stadtentwicklung. In: KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG (Hrsg.) (1999): Kommunalpolitik: Materialien für die Arbeit vor Ort. Online unter: http://www.kas.de/wf/doc/kas_3523-544-1-30.pdf am 20.03.2018.
- WEBB, M. (1990): Die Mitte der Stadt. Städtische Plätze von der Antike bis heute. Campus Verlag, Frankfurt a. M.
- WICKSON, F., CAREW, A. L. & RUSSEL, A. W. (2006): Transdisciplinary research: characteristics, quandaries and quality. In: Futures 38 (2006), 1046-1059.
- WIDMER, K. (1904). Städtische Plätze. In: Deutsche Kunst und Dekoration, 14(1904), 475-480.
- WIEDERMANN, K. (1991): Stadtklimatologische Untersuchungen in Heidelberg: Fallstudie Ziegelhausen. Geographisches Institut, Heidelberg
- WILD-ECK, S. (2003): Wahrnehmung von städtischen Grünräumen und Lebensqualität. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 154 (10), 405-409.
- WINTZER, J. (Hrsg.) (2018): Sozialraum erforschen: Qualitative Methoden in der Geographie. Springer, Berlin.
- WIRTH, E. (1981): Kritische Anmerkungen zu den wahrnehmungszentrierten Forschungsansätzen in der Geographie. Umweltpsychologische fundierter ‚behavioural approach‘ oder Sozialgeographie auf

der Basis moderner Handlungstheorien? In: Geographische Zeitschrift 69 (3), 161-198. Franz Steiner Verlag.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) (2016a): Hauptgutachten: Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Berlin. Online unter:

https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu.de/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/hg2016/wbgu_hg2016.pdf am 14.06.2016.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) (2016b): Factsheet 6: Forschung für die Transformation der Städte zur Nachhaltigkeit. Online unter:

https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu.de/templates/dateien/veroeffentlichungen/factsheets/fs6/wbgu_factsheet_6.pdf am 12.09.2018.

UMWELTBUNDESAMT, KOMPETENZZENTRUM KLIMAFOLGEN UND ANPASSUNG (KOMPASS) (HRSG.) (2013): THEMENBLATT: Anpassung an den Klimawandel: Natur in der Stadt – Städtische Grünflächen und -räume. Dessau-Roßlau, Umweltbundesamt. Online unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass_themenblatt_natur_stadt_2015_net.pdf am 15.10.2018.

WMO (1983): Commission for Climatology and applications of Meteorology. Abridged final report 8th session. WMO-No. 600.

WMO (2014): WMO Statement on the status of the global climate in 2013. WMO-No. 1130. Online unter: https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1130_en.pdf am 18.10.2018.

WONG, N.H., KWANG TAN, A. Y., CHEN, Y., SEKAR, K., TAN, P. Y., CHAN, D. et al. (2010): Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. In: Building and Environment 45, 663–672.

WUST A. & MEYER F. (2018): Zutritt verboten? Mit Hürden beim Feldzugang konstruktiv umgehen. In: MEYER, F., MIGGELBRINK, J. & BEURSKENS, K. (Hrsg.) (2018): Ins Feld und zurück - Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

YAMANASHI, T., HATORI, T., ISHIHARA, Y., KAWASHIMA, N. & NIWA, K. (2011): Bio Skin Urban Cooling Facade. In: Architectural Design 81 (6), 100-107.

YANG, L., QIAN, F., SONG, D.-X. & ZHENG, K.-J. (2016): Research on Urban Heat-island Effect. In: Procedia Engineering 169 (2016), 11-18.

Z+ (2018): Transdisziplinarität: Eine Bestandesaufnahme des Forschungsdiskurses. Zürich. Online unter: <https://blog.zhdk.ch/trans/> am 28.09.2018.

ZIERVOGEL, D. (2011): Mental-Map-Methoden in der Quartiersforschung. Wahrnehmung, kognitive Repräsentation und Verhalten im Raum. In: FREY, O. & KOCH, F. (Hrsg.) (2011): Positionen zur Urbanistik I. Stadtkultur und neue Methoden der Stadtforschung. LIT, Wien.

ZUCKER, P. (1959): Town and Square: From the Agora to the Village Green. London. Columbia University Press, New York.

ZWEITES DEUTSCHES FERNSEHEN (ZDF) (2018): Wo lebt es sich am besten? Die große Deutschland-Studie. Online unter: <https://deutschland-studie.zdf.de/district/09162/default> am 19.06.2018.

II Ergänzende Abbildungen

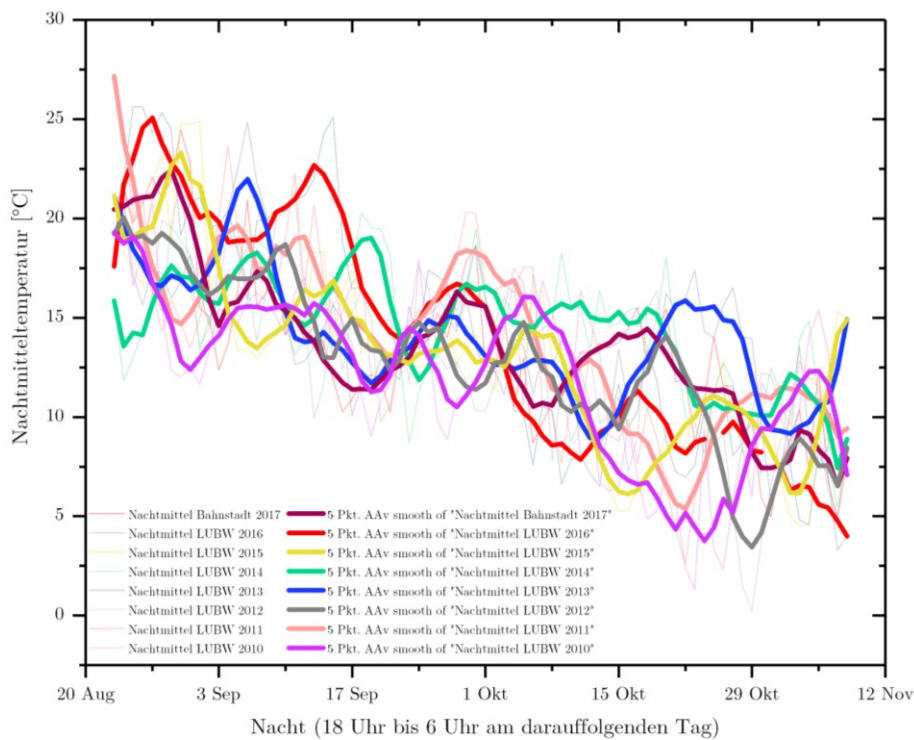


Abbildung A1: Vergleich der Nachtmitteltemperaturen an der Station Bahnstadt im Jahr 2017 und an der Station Berliner Straße der LUBW für die Jahre 2010 bis 2016 jeweils im Beobachtungszeitraum 22.08. bis 09.11. (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

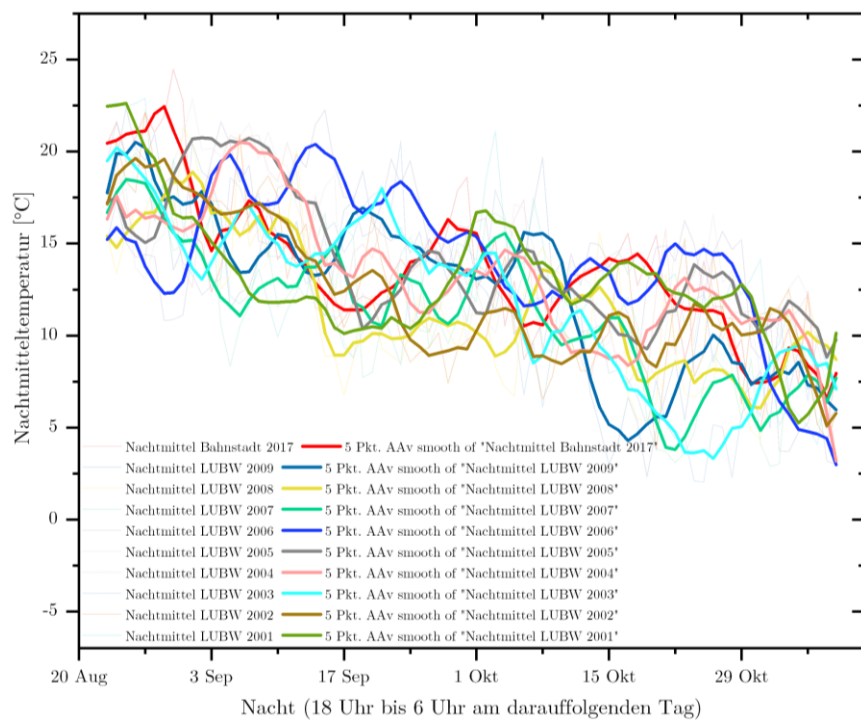


Abbildung A2: Zweiter Teil des Vergleichs der Nachtmitteltemperaturen an beiden Station Bahnstadt 2017 und LUBW 2001-2009 jeweils im Beobachtungszeitraum 22.08. bis 09.11. (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

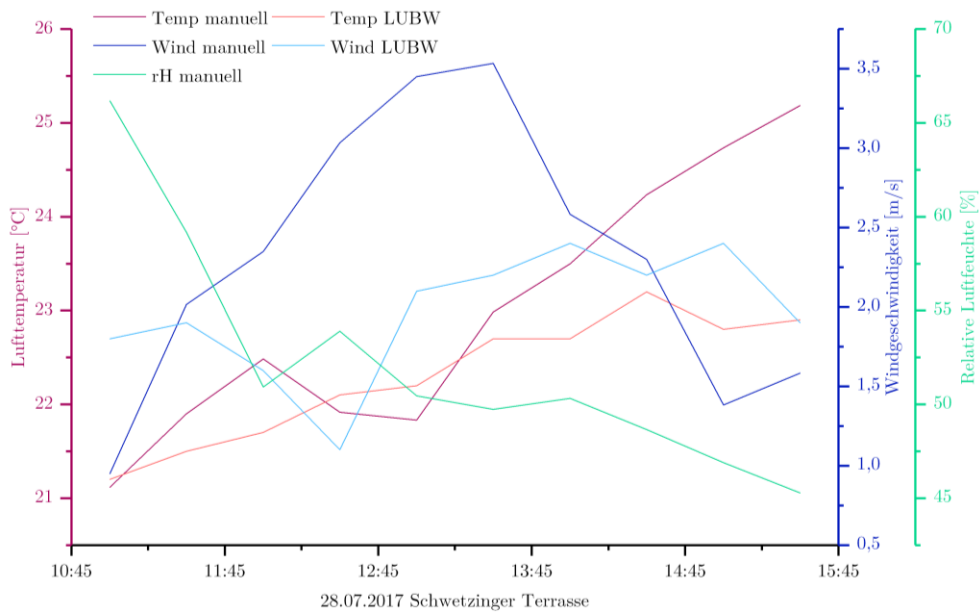


Abbildung A3: Analoge Messung der Parameter Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und relative Luftfeuchtigkeit am Standort Schwetzingen Terrasse am 28.07.2017 im Vergleich zu der Vergleichsstation an der Berliner Straße (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung, LUBW).

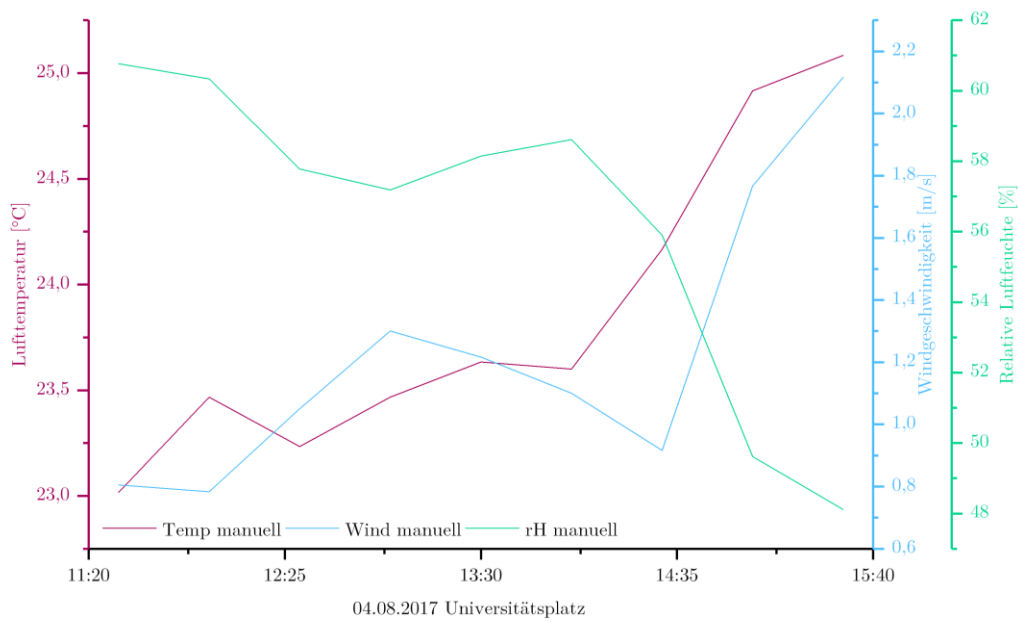


Abbildung A4: Analoge Messung der Parameter Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und relative Luftfeuchtigkeit am Standort Universitätsplatz am 04.08.2017 (Eigene Darstellung, Daten: Eigene Erhebung).

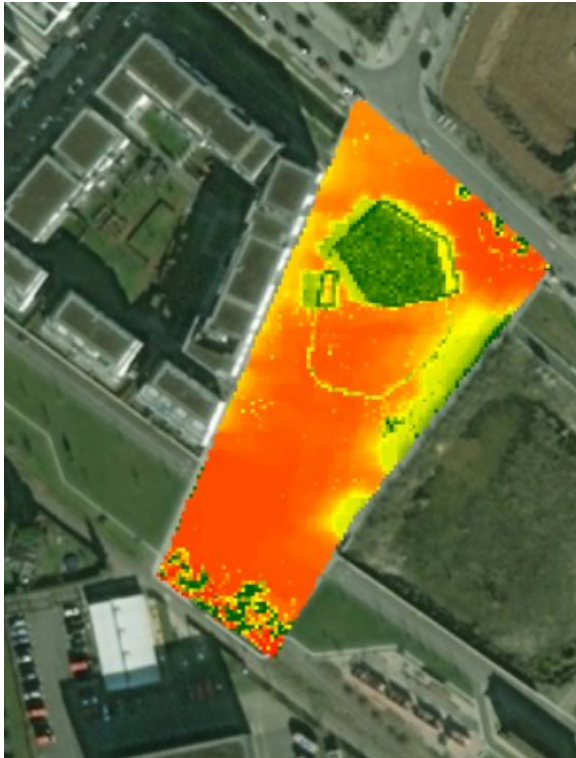


Abbildung A5: Screenshot des aus der Punktwolke generierten Rasters (Zellgröße 1,0 m) in ArcGIS mit ESRI Basemap für das Solarpotenzial des Ist-Zustandes an der Schwetzingen Terrasse (Eigene Darstellung).



Abbildung A6: Screenshot des aus der Punktwolke generierten Rasters (Zellgröße 1,0 m) in ArcGIS mit ESRI Basemap für das Solarpotenzial des Soll-Zustandes an der Schwetzingen Terrasse (Eigene Darstellung).

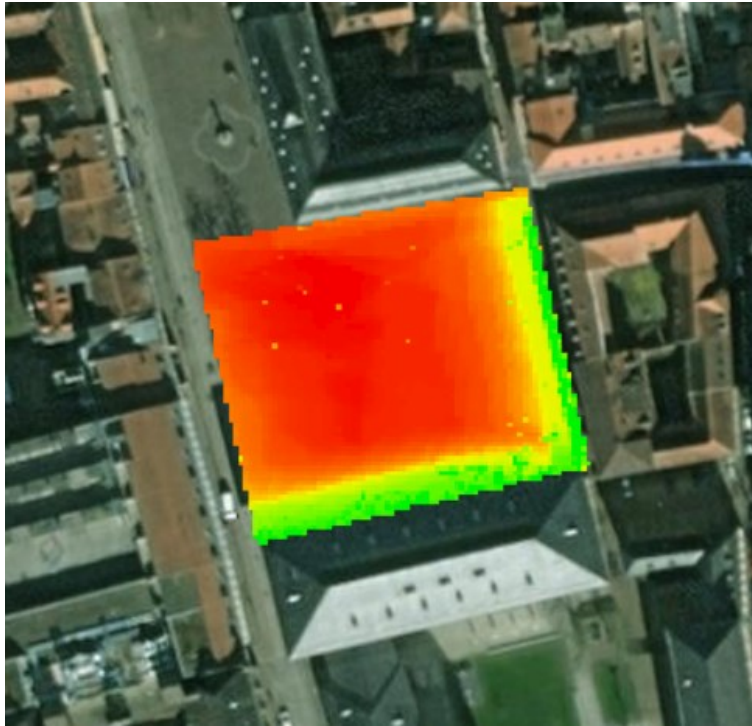


Abbildung A7: Screenshot des aus der Punktwolke generierten Rasters (Zellgröße 1,0 m) in ArcGIS mit ESRI Basemap für das Solarpotenzial des Ist-Zustandes am Universitätsplatz (Eigene Darstellung).

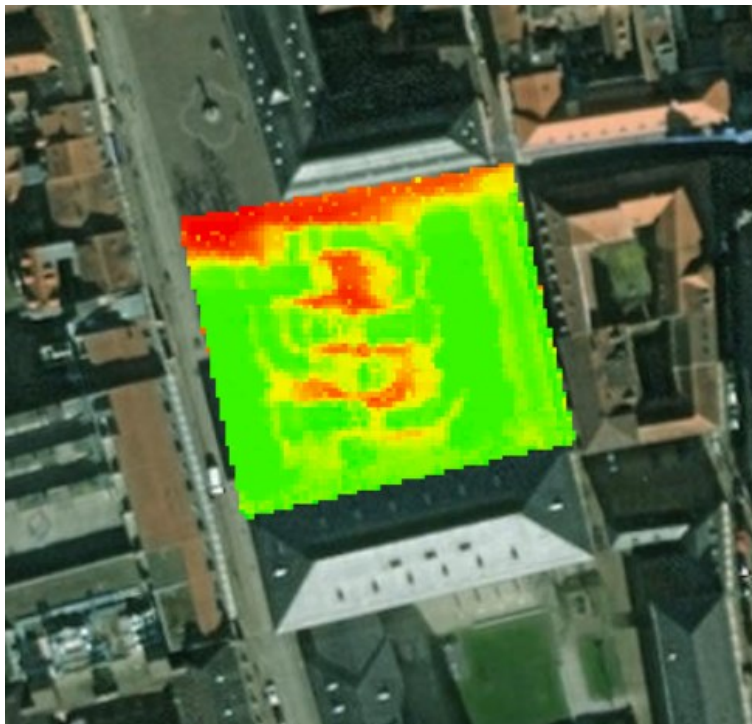


Abbildung A8: Screenshot des aus der Punktwolke generierten Rasters (Zellgröße 1,0 m) in ArcGIS mit ESRI Basemap für das Solarpotenzial des Soll-Zustandes am Universitätsplatz (Eigene Darstellung).

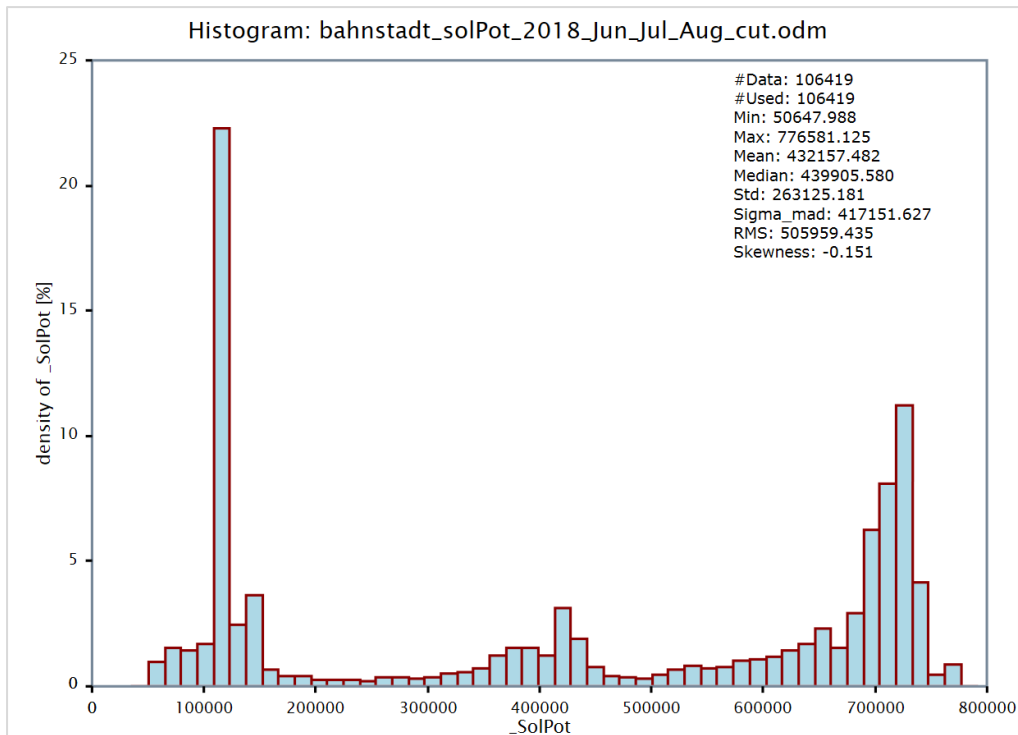


Abbildung A9: Zu Grunde liegendes Histogramm des Ist-Zustandes der Schwetzingen Terrasse, das die statistischen Parameter bezüglich des täglichen Solarpotenzials in Wh/m² zeigt (Eigene Berechnung).

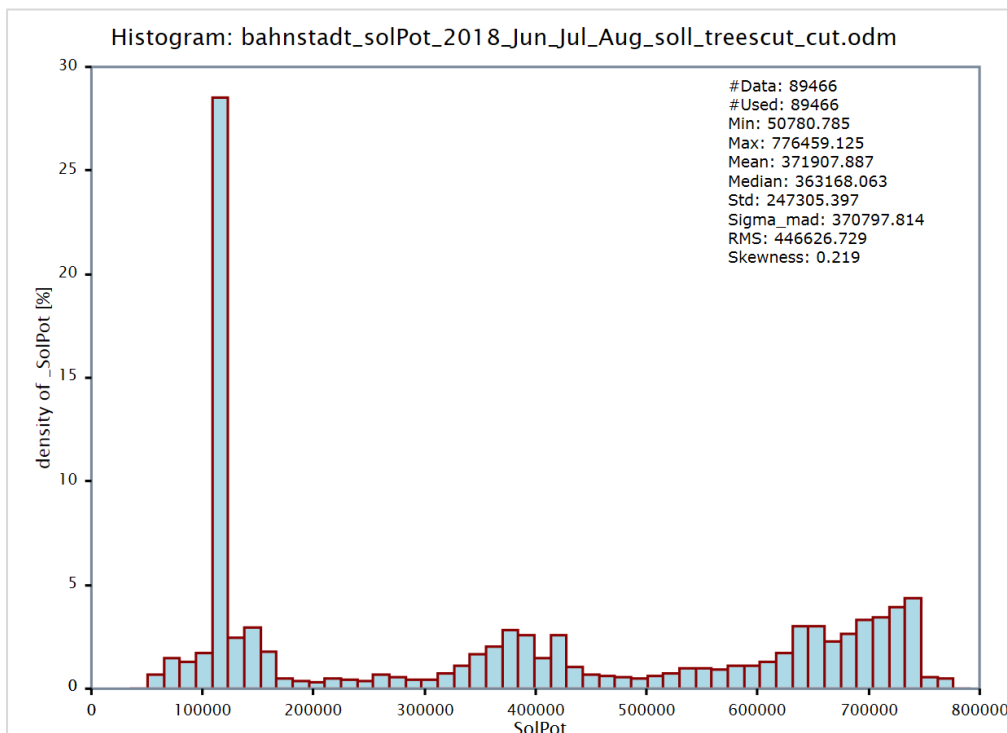


Abbildung A10: Zu Grunde liegendes Histogramm des Soll-Zustandes der Schwetzingen Terrasse, das die statistischen Parameter bezüglich des täglichen Solarpotenzials in Wh/m² zeigt (Eigene Berechnung).

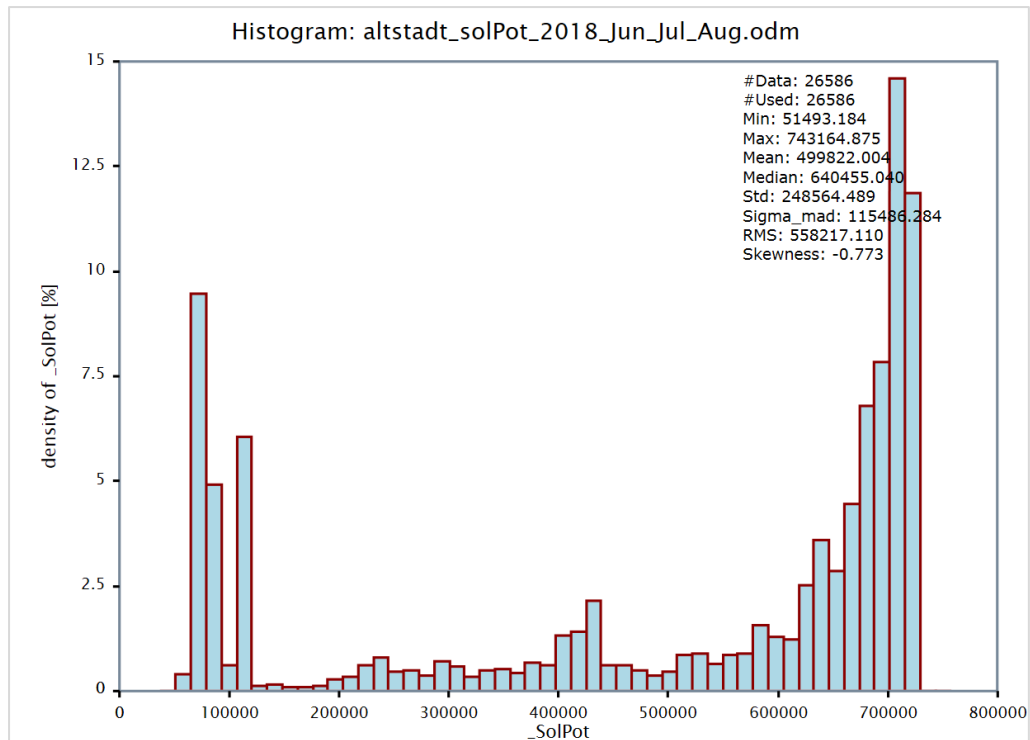


Abbildung A11: Zu Grunde liegendes Histogramm des Ist-Zustandes des Universitätsplatzes, das die statistischen Parameter bezüglich des täglichen Solarpotenzials in Wh/m² zeigt (Eigene Berechnung).

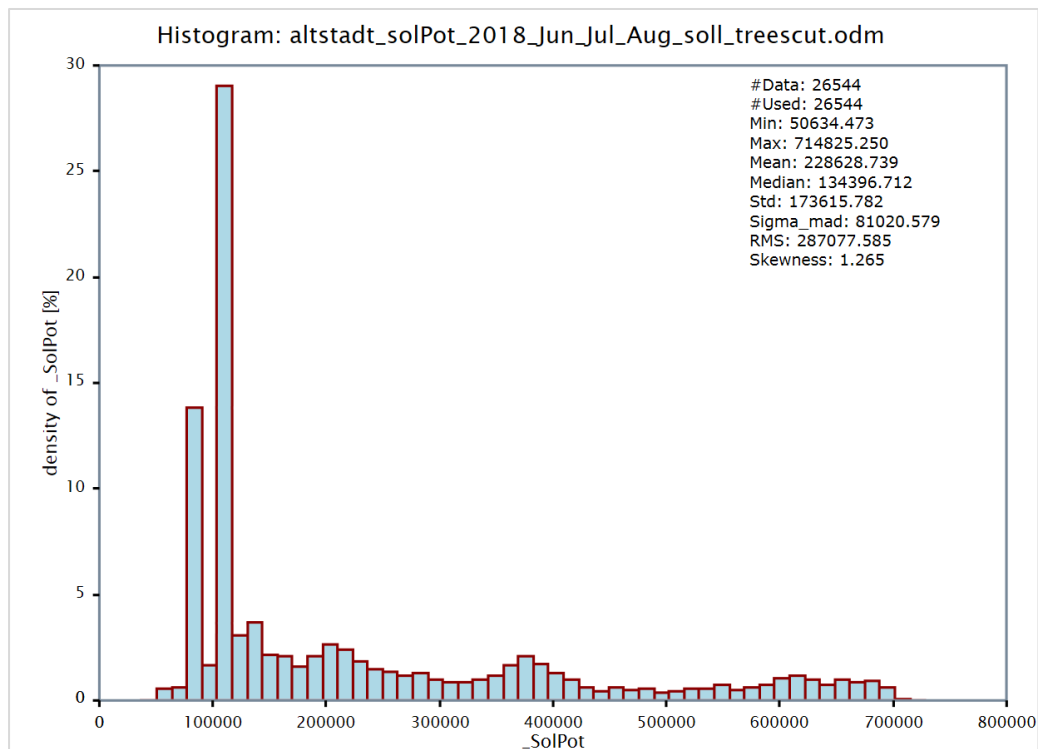


Abbildung A12: Zu Grunde liegendes Histogramm des Soll-Zustandes des Universitätsplatzes, das die statistischen Parameter bezüglich des täglichen Solarpotenzials in Wh/m² zeigt (Eigene Berechnung).

III Fragebogen (1)

Kathrin Leutz
Doktorandin
heiEDUCATION-Cluster MINT
leutz@heiedu.uni-heidelberg.de



Datum:	Standort:
Uhrzeit:	Interviewer:

Guten Tag. Im Rahmen einer Lehrveranstaltung im Fach Geographie an der Universität Heidelberg und der PH Heidelberg führe/n ich/wir eine Befragung zum Thema Attraktivität und Wahrnehmung städtischer Plätze in Zeiten des Klimawandels durch. Dürfte ich Ihnen ein paar Fragen stellen? Ihre Angaben werden vertraulich und anonym behandelt. Die Befragung wird ca. 10 Minuten dauern. (Achtung: Ca. 50% Männer, 50% Frauen und auf Altersverteilung achten.)

1. Welche dieser städtischen Plätze kennen/nutzen Sie? (Erholung, Freizeit, Interaktion, ...)

Bismarckplatz <input type="checkbox"/>	Schwetzingen Terrasse <input type="checkbox"/>	Kommarkt <input type="checkbox"/>	Universitätsplatz <input type="checkbox"/>
Marktplatz <input type="checkbox"/>	Friedrich-Ebert-Platz <input type="checkbox"/>	Neckarwiese <input type="checkbox"/>	

2. Zu welchem Zweck nutzen Sie diesen Platz? (An dem die Befragung durchgeführt wird; Mehrfachnennung möglich)

Wartezeit <input type="checkbox"/>	Erholung/ Freizeit <input type="checkbox"/>	nur bei Veranstaltungen <input type="checkbox"/>	Interaktion z.B. Treffpunkt <input type="checkbox"/>
Kulturelles Interesse <input type="checkbox"/>	als Passant <input type="checkbox"/>	Arbeit <input type="checkbox"/>	Sonstiges <input type="checkbox"/>

3. Wie nehmen Sie diesen Platz wahr? Eher positiv oder negativ?

Positiv (dann weiter zu Frage 4) <input type="checkbox"/>	Negativ (dann weiter zu Frage 5) <input type="checkbox"/>
---	---

4. Was fällt Ihnen positiv auf an diesem Platz?

5. Welche Störfaktoren nehmen Sie an diesem Platz wahr? (Mehrfachnennung möglich)

Verkehr <input type="checkbox"/>	Lärm <input type="checkbox"/>	Unangenehmer Luftzug <input type="checkbox"/>	wenig Beschattung <input type="checkbox"/>	wenig Sitzgelegenheiten <input type="checkbox"/>
Gestaltung nicht ansprechend <input type="checkbox"/>	schlechte Erreichbarkeit/ ÖPNV-Anbindung <input type="checkbox"/>	keine Einkaufs- oder Verzehrmöglichkeiten <input type="checkbox"/>	fehlende Unterhaltung für Kinder <input type="checkbox"/>	fehlende Überdachung <input type="checkbox"/>
Unangenehme Gerüche <input type="checkbox"/>	Sonstiges <input type="checkbox"/>			



Geschäftsführendes Direktorium
Prof. Dr. Beatrix Busse
Prof. Dr. Gerhard Häfke

Voßstraße 2, Geb. 4350
69115 Heidelberg
www.hse-heidelberg.de



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUSUNFT
SEIT 1386

6. Wie stark nehmen Sie folgende Wetter- und Witterungsbedingungen an diesem Platz wahr?

	sehr stark	stark	deutlich spürbar	kaum	gar nicht
Hohe Temperaturen im Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kühle Temperaturen im Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hohe Windgeschwindigkeiten (Durchzug)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Windgeschützt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schlechte Durchlüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Durchlüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wetterschützt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmeabstrahlung von Gebäuden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erhitzte Flächen und Materialien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schlechter Abfluss (Pfützenbildung und/oder Rinnsale)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Nehmen Sie Veränderung bzgl. des Stadtklimas generell und an diesem Platz in den letzten Jahren/Jahrzehnten wahr?

sehr deutlich	ziemlich deutlich	nicht sehr deutlich	überhaupt nicht	weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Welche Veränderungen nehmen Sie konkret wahr?

9. Wie wichtig ist Umweltschutz für Sie persönlich?

sehr wichtig	ziemlich wichtig	nicht sehr wichtig	überhaupt nicht wichtig	weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Welche Faktoren erhöhen für Sie die Attraktivität eines Platzes unter Berücksichtigung einer nachhaltigen (sozial, wirtschaftlich und ökologisch) Stadtentwicklung?

	stimme voll zu	stimme zu	stimme eher nicht zu	stimmte gar nicht zu	weiß nicht
Verkehrsberuhigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bessere Anbindung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erhöhter Grünanteil (Naturelemente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erhöhte Beschattung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wind- und Wetterschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bessere Durchlüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehr Sitzgelegenheiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Unterstellmöglichkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angebote wie Cafés, Verkaufsstände etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausreichend Abstell-/Parkmöglichkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitläufigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angebote für Kinder (z.B. Spielplatz)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regelmäßige Veranstaltungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasserspiele	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einsatz von Naturmaterialien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Welcher Platz entspricht in und außerhalb Heidelbergs am ehesten Ihren Vorstellungen eines attraktiven öffentlichen Raums im Sinne einer nachhaltigen Stadtentwicklung?

12. Haben Sie weitere Ideen welche Maßnahmen sich positiv auf das Platzklima und die Attraktivität dieses Platzes auswirken könnten?

13. Wie würden Sie insgesamt die Umweltqualität/das Umweltbewusstsein in Heidelberg im bundesweiten Vergleich beurteilen?

sehr gut	ziemlich gut	Eher schlecht	schlecht	weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Persönliche Angaben

A. Wo wohnen Sie?

Ort: _____ PLZ: _____ Stadtteil: _____

B. In welchem Jahr sind Sie geboren?

Jahr:	keine Angabe <input type="checkbox"/>
-------	---------------------------------------

C. Geschlecht des Interviewten (*muss nicht erfragt werden, kann selbst eingetragen werden*).

weiblich <input type="checkbox"/>	männlich <input type="checkbox"/>	transgender <input type="checkbox"/>
-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

D. Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

ohne Abschluss	Volks-/Hauptschulabschluss	Mittlere Reife	Abitur (bzw. Fachhochschulreife)	Hochschulabschluss	akademischer Grad	k. A.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ich/Wir bedanke/n mich/uns für Ihre Auskünfte und wünschen Ihnen noch einen schönen Tag.

Anmerkungen/Besonderheiten bei Beantwortung der Fragen:

IV Danksagung

Danke!

Als erstes möchte ich meinem Doktorvater Werner Aeschbach danken für die Zusage meiner Betreuung und die mir entgegengebrachte Offenheit bei der Bearbeitung des Themas. Dein Vertrauen in meine Arbeit hat mir die Freiheit eröffnet, mein Projekt aus verschiedenen Blickwinkeln zu bearbeiten und ermöglichte die inter- und transdisziplinäre Ausrichtung. Daran anknüpfend danke ich Dir für die Vermittlung Deiner Kontakte beispielsweise zum Umweltamt der Stadt Heidelberg.

Herrn Alexander Siegmund danke ich für die Einwilligung der Zweitbetreuung und Unterstützung vor allem in Hinblick auf die technische Umsetzung meiner Messkampagnen. In diesen Dank schließe ich die gesamte 'geo-Abteilung mit ein, insbesondere Manuel Primbs und Daniel Volz.

Ein weiterer Dank geht an Prof. Anna Growe zum einen als weitere Prüferin meiner Kommission und vor allem für die Möglichkeit der Teilhabe am Projekt GREIF. Die Daten ergänzen meine eigene Erhebung und ich freue mich, im Gegenzug Unterstützung bei der Haushaltsbefragung geleistet zu haben. Daran anknüpfend gilt mein Dank den weiteren ProjektmitarbeiterInnen, vor allem Dr. Christoph Mager und Madeleine Wagner die mich direkt bei der Umsetzung unterstützt haben.

Herrn Prof. Olaf Bubbenzer danke ich für die Zusage als vierter Prüfer Teil meiner Prüfungskommission zu sein sowie für die konstruktive Kritik.

Herzlich bedanken möchte ich mich außerdem bei Nicole Aeschbach. Du hast nicht nur einen großen Teil meines Studiums und Werdegangs geprägt sondern mich auch während der Promotion von Anfang an begleitet. Für Deine Unterstützung, das Feedback, die hilfreiche Kritik, Dein offenes Ohr und die lustige Zeit, die wir miteinander verbringen bin ich Dir sehr dankbar. Ich denke nicht, dass ich Dir zurückgeben kann, was Du für mich getan hast aber ich freue mich, dass wir auch weiterhin zusammen arbeiten können und werde mein Bestes zum Gelingen unserer Ideen geben.

Bei Herrn Prof. Bernhard Höfle möchte ich mich vielmals für das Interesse an meinem Projekt und der Möglichkeit, dieses durch Nutzung des Tools VOSTOK zur Modellierung von solarer Einstrahlung zu erweitern, bedanken. Vivien Zahs danke ich für die Durchführung der Modellierung und die Hilfe bei der Auswertung der Ergebnisse. Des Weiteren danke ich Martin Hämmerle und Franz-Benjamin Mocnik für die Bereitstellung weiterer Informationen und Kontakte.

Grundlegend für ein transdisziplinäres Projekt dieser Art war die Zusammenarbeit mit Praxispartnern der Stadtverwaltung Heidelberg. Insbesondere danke ich Dr. Raino Winkler für die Zusammenarbeit während der gesamten Projektlaufzeit sowie im Rahmen mehrerer Lehrveranstaltungen. Ihr Praxiswissen bereicherte nicht nur die Geländeübungen mit den Studierenden sondern auch meine Arbeit maßgeblich. Daran anknüpfend danke ich ebenfalls Sabine Lachenicht für die Unterstützung meines Projektes insbesondere bei der Datenerhebung im Stadtgebiet, sowie den weiteren beteiligten MitarbeiterInnen des Umweltamts.

Ebenfalls in mein Projekt sowie in mehrere Lehrveranstaltungen integriert war das Stadtplanungsamt Heidelberg, allen voran Christoph Czolbe. Vielen Dank für Ihre Beiträge, die den Studierenden nachdrücklich positiv in Erinnerung blieben. Ergänzt sei mein Dank an Andreas Simon für die spontane Beteiligung an der Begehung der Bahnstadt und Ihre Ausführungen hierzu.

Herrn Hubert Zimmerer vom Vermessungsamt der Stadt Heidelberg danke ich für die Kooperation bezüglich der Solarmodellierung und der Bereitstellung der zu Grunde liegenden 3D-Stadtmodelle.

Für die notwendige Zustimmung zur Aufstellung der Klimastationen danke ich Herrn Timo Mifka von der Zentralen Universitätsverwaltung und dem Landschafts- und Forstamt der Stadt Heidelberg, insbesondere Herrn Geißler sowie Herrn Szpalecki. Vielen Dank für Ihre Kooperationsbereitschaft und die unkomplizierte Kommunikation.

Ein weiterer Dank geht an Herrn Scheu-Hachtel und Herrn Peranic von der LUBW für die Bereitstellung fehlender Daten und rasche Klärung von Fragen.

Des Weiteren danke ich Prof. Michael Stauffacher von der ETH Zürich für das positive Gespräch und die konstruktive Kritik an meiner Arbeit im Rahmen eines Zürich-Besuchs im Januar 2018.

Dir liebe Viktoria danke ich für Deinen Einsatz während meiner Geländeübung 2017. Ohne Dich wäre die Durchführung sehr viel schwieriger und halb so lustig gewesen. Im Zuge dessen danke ich auch den Studierenden meiner Lehrveranstaltungen, die durch ihren Einsatz einen Beitrag zu der Durchführung und dem Erfolg des Projektes geleistet haben.

Am IUP gilt mein Dank einer Vielzahl an Menschen, die mich seit Beginn meiner Hiwi-Tätigkeit 2012 bis heute begleitet haben. Neben der Aqua-Arbeitsgruppe danke ich Sanam, Sabrina sowie dem gesamten HCE Zukunftskolleg für die bereichernde Zusammenarbeit.

Am Geographischen Institut der Uni Heidelberg danke ich des Weiteren Prof. Lucas Menzel, sowie Herrn Hecht und Frau Sykorova vor allem für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung meiner Lehrveranstaltungen.

Neben der fachlichen Unterstützung danke ich der HSE für Rahmenbedingungen meines Projektes, die durch die Stelle im Projekt heiEDUCATION geschaffen wurden. Die Unterstützung vor allem durch das Doktorandenkolleg und die vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten und -angebote haben die etwas mehr als drei Jahre im Projekt bereichert. Den heiedu-Docs danke ich für die vielen Gespräche, Sitzungen, Mittagessen bei Mahmouds, Stammtische sowie Ausflüge nach Annweiler. Außerdem danke ich der Projektleitung, Christiane, Claudia, Dalibor, Katarina, Steffi und Wiebke sowie allen HSE-Mitarbeitern für die Zusammenarbeit und Unterstützung.

Daran schließt sich mein Dank an das MINT Cluster der HSE an, das von Beginn an für Austausch und Feedback zur Verfügung stand.

Ein großes Dankeschön geht auch an meine Korrekturleserinnen Anni, Christine, Johanna, Nicole, Sanam, Susanne, Tanja und Tine. Danke für Eure Mühe.

Als letztes danke ich den wichtigsten Menschen in meinem Leben – meiner Familie und meinen Freunden. Danke Mama, Papa, Anni und André sowie allen die dazu gehören für Eure Unterstützung, Ablenkung und dass ihr immer für mich da seid <3

V Eidesstattliche Versicherung

**Eidesstattliche Versicherung gemäß §8 der Promotionsprüfungsordnung der
Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät
der Universität Heidelberg**

1. Bei der eingereichten Dissertation zu dem Thema

Klimawandel an öffentlichen Plätzen der Stadt Heidelberg. Transdisziplinäre Herausforderungen urbaner Räume.

handelt es sich um meine eigenständig erbrachte Leistung.

2. Ich habe nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich keiner unzulässigen Hilfe Dritter bedient. Insbesondere habe ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Inhalte als solche kenntlich gemacht.
3. Die Arbeit oder Teile davon habe ich bislang nicht an einer Hochschule des In- oder Auslands als Bestandteil einer Prüfungs- oder Qualifikationsleistung vorgelegt.
4. Die Richtigkeit der vorstehenden Erklärungen bestätige ich.
5. Die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung sind mir bekannt. Ich versichere an Eides statt, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit erklärt und nichts verschwiegen habe.

Heidelberg, den

Ort und Datum

Unterschrift