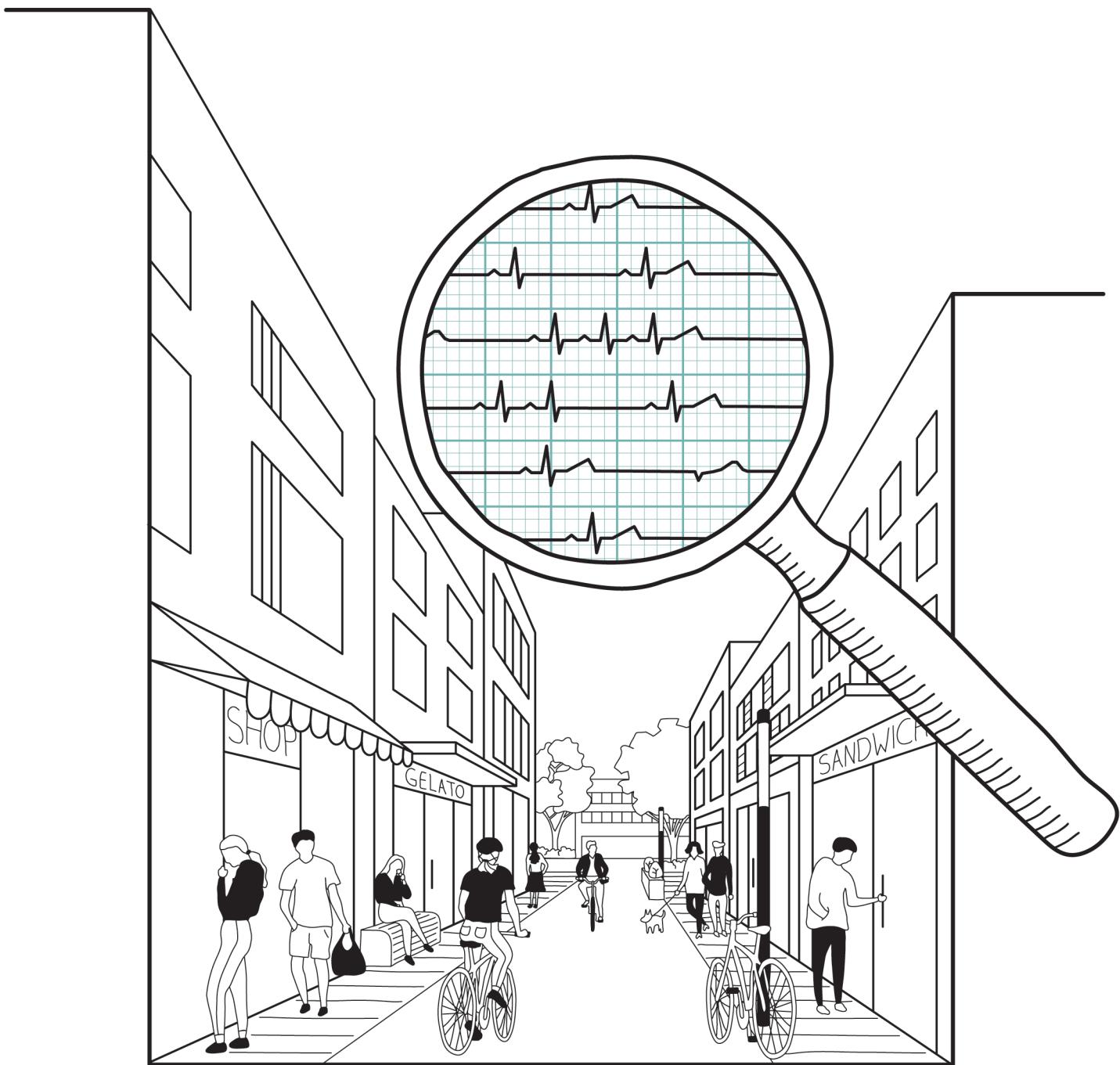


# STADTRAUMDIAGNOSTIK

Ein Methodenansatz zur ganzheitlichen Untersuchung von Stadträumen

---

Nina Marie Haug



## Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



*Dieses Werk – exklusive Cover – ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0):*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



*Das Cover ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND 4.0):*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>

Karlsruhe, Juli 2025

DOI **10.5445/IR/1000183263**

# STADTRAUMDIAGNOSTIK

Ein Methodenansatz zur ganzheitlichen Untersuchung von Stadträumen

---

Zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)  
von der KIT-Fakultät für Architektur des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) genehmigte  
Dissertation von

**NINA MARIE HAUG**

*M.Sc. Architektur | Stadtplanerin AKBW*

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Juli 2025

**Referent:** **PROF. DIPLO.-ING. MARKUS NEPPL**

Karlsruher Institut für Technologie  
Fakultät für Architektur  
Institut Entwerfen von Stadt und Landschaft  
Lehrstuhl Stadtquartiersplanung

**Koreferent:** **PROF. DR. RER. NAT. HABIL. HANNES TAUBENBÖCK**

Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Philosophische Fakultät  
Institut für Geographie und Geologie  
Lehrstuhl Globale Urbanisierung und Fernerkundung

## ABSTRACT

Public spaces have always characterized the appearance of our cities. They form the basic spatial structure for public life and are deeply rooted in the character of the original European city (Deutscher Städtebund, 2006). In recent decades, however, the significance of public urban spaces has changed dramatically. Due to massive structural interventions in the context of car-oriented urban redevelopment and increasing density pressure, public urban spaces in densely populated areas have increasingly developed into ‚stressful‘ spaces that are lacking in attractiveness and quality of life from a human perspective.

However, with the help of the innovation of emotion sensing, these negative symptoms of dense urban spaces can now be identified relatively precisely as stress hotspots. Following this, planners are now responsible for determining the causes of these urban stress phenomena. It is essential to look at the problem from the perspective of human perception and identify factors that negatively influence people’s perception and movement in dense urban spaces.

Building on the identification of stress hotspots, the proposed methodology for urban space diagnostics is designed to take a holistic view of urban spaces with respect to stress-inducing factors. This approach is expected to enable the early identification of influential stressors in the urban context and their integration into planning processes. The framework of this approach is designed to equally consider and balance influencing factors from a wide range of subject areas. Methodologically, the work aims to enhance stressor analysis by incorporating an analogous toolbox that has been predominantly used in the field of urban planning. For the first time, both quantitatively measurable ‚hard‘ factors and qualitatively describable ‚soft‘ factors will be combined in a joint analysis approach.

**KEYWORDS:** *urban planning, public space, inner city, urban perception, emotion sensing, environmental factors*

## KURZFASSUNG

Öffentliche Räume prägen seit jeher das Erscheinungsbild unserer Städte. Sie bilden die grundlegende Raumstruktur für das öffentliche Leben und sind tief im Wesen der ursprünglichen Europäischen Stadt verankert (Deutscher Städtetag, 2006). In den letzten Jahrzehnten hat sich die Bedeutung öffentlicher Stadträume jedoch stark gewandelt. Denn durch die massiven strukturellen Eingriffe im Rahmen des autogerechten Stadtumbaus und den steigenden Dichtedruck haben sich öffentliche Stadträume nunmehr zunehmend zu „stressigen“ Räumen entwickelt, denen es aus der menschlichen Wahrnehmung heraus deutlich an Attraktivität und Aufenthaltsqualität mangelt.

Mithilfe der Innovation des Emotion Sensings können diese negativen Symptome dichter Stadträume mittlerweile jedoch relativ präzise als Stress-Hotspots identifiziert werden. Daran anknüpfend liegt es nun allerdings in der Verantwortung der Planung, den Ursachen dieser urbanen Stressphänomene auf den Grund zu gehen. Dabei ist es essenziell, die Problemlage aus der menschlichen Wahrnehmung heraus zu betrachten und Faktoren zu identifizieren, die in dichten Stadträumen einen negativen Einfluss auf die Wahrnehmung und Bewegung des Menschen ausüben.

Ausgehend von den nachgewiesenen Stress-Hotspots verfolgt die vorgestellte Methodik der Stadtraumdiagnostik das Ziel, Stadträume ganzheitlich im Hinblick auf Stress auslösende Faktoren zu untersuchen. Mit dieser Methode soll es perspektivisch ermöglicht werden, Einfluss nehmende Stressoren im urbanen Kontext zu identifizieren und frühzeitig in Planungsprozesse einbeziehen zu können. Der erprobte Ansatz macht es sich in diesem Zusammenhang inhaltlich zur Aufgabe, Einflussfaktoren aus unterschiedlichsten Themengebieten gleichermaßen zu berücksichtigen und zu gewichten. Methodisch strebt die Arbeit das Ziel an, die Stressorenanalyse um einen bislang hauptsächlich im Bereich der Stadtplanung bekannten, analogen Werkzeugkasten zu erweitern. Damit werden erstmals sowohl quantitativ messbare „harte“ Faktoren als auch qualitativ beschreibbare „weiche“ Faktoren in einem gemeinsamen Analyseansatz vereint.

**SCHLAGWÖRTER:** *Stadtplanung, öffentlicher Raum, Innenstadt, Stadtwahrnehmung, Emotion Sensing, Umweltfaktoren*

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT &amp; KURZFASSUNG</b>	<b>IV</b>
<b>PROZESSDIAGRAMM</b>	<b>XII</b>
<b>1 EINE BASIS SCHAFFEN: EINLEITUNG UND GRUNDLAGEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problemstellung</b>	<b>2</b>
1.1.1 Symptomatik dichter Stadträume	2
1.1.1.1 Transformation der Europäischen Stadt	2
1.1.1.2 Spannungsfeld Mobilität & Öffentlicher Raum	3
1.1.1.3 Spannungsfeld Dichte & Öffentlicher Raum	6
1.1.2 Symptomerkennung mithilfe von Emotion Sensing	7
1.1.3 Schlüsselrolle der Ursachenforschung	9
<b>1.2 Zielsetzung und Forschungslücken</b>	<b>11</b>
1.2.1 Zielsetzung	11
1.2.2 Forschungslücken und Lösungsansätze	12
1.2.3 Bedeutung für Wissenschaft, Gesellschaft, Planung und Wirtschaft	14
<b>1.3 Forschungsfragen, Bezüge und Eingrenzung</b>	<b>15</b>
1.3.1 Forschungsfragen	15
1.3.2 Bezug zu Projekten der Urban Emotions Initiative	16
1.3.3 Eingrenzung	17
<b>1.4 Aufbau und Methodik der Arbeit</b>	<b>19</b>
1.4.1 Aufbau der Arbeit	19
1.4.2 Methodische Vorgehensweise	20
<b>1.5 Zusammenfassung Kapitel 1</b>	<b>23</b>
<b>2 STATUS QUO: STAND DER FORSCHUNG .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Stressforschung</b>	<b>26</b>
2.1.1 Wahrnehmung von Stadt und Umwelt	26
2.1.1.1 Umweltreize und Emotionen	27
2.1.1.2 Komplexität der Umwelt „Stadt“	28
2.1.1.3 Wahrnehmungsprägende Elemente	29

2.1.2 Das Phänomen Stress	31
2.1.2.1 Grundbegriffe	31
2.1.2.2 Theoretische Stressmodelle	32
2.1.2.2.1 Physiologische Stressmodelle	32
2.1.2.2.2 Psychologische Stressmodelle	33
2.1.2.3 Physiologische Stressreaktion	34
2.1.3 Stress messen und lokalisieren	35
2.1.3.1 Ursprünge und Methodenentwicklung	36
2.1.3.2 Datenauswertung	37
2.1.3.3 Visualisierung der Ergebnisse	39
<b>2.2 Ursachenforschung</b>	<b>40</b>
2.2.1 Grundbegriffe	41
2.2.2 Verkehrsforschung: Analyse von Stressoren	41
2.2.2.1 Methodenübersicht: Digitale Analysemethoden	42
2.2.2.1.1 Quantitative Ansätze & Status quo	42
2.2.2.1.2 Qualitative Ansätze & Status quo	50
2.2.2.3 Stadtforschung: Analyse von Stadträumen	54
2.2.3.1 Methodenübersicht: Analoge Analysemethoden	55
2.2.3.1.1 Qualitative Ansätze & Status quo	56
<b>2.3 Zusammenfassung Kapitel 2</b>	<b>67</b>
<b>3 RÄUME IDENTIFIZIEREN: DEFINITION DER UNTERSUCHUNGSSTÄDTE UND FALLSTUDIEN</b>	<b>69</b>
<b>3.1 Auswahl der Untersuchungsstädte</b>	<b>70</b>
3.1.1 EmoCycling-Städtepoo	70
3.1.1.1 EmoCycling-Methodik	70
3.1.1.2 Datenübersicht	71
3.1.1.3 Ergebniskarten	72
3.1.2 Städtevergleich in Kurzporträts	74
3.1.2.1 Vergleichskriterien	74
3.1.2.2 Darstellung der Kurzporträts	78
3.1.3 Vergleich und Auswahl der Städte	82
<b>3.2 Stadtprofile</b>	<b>84</b>
3.2.1 Aufbau, Fragestellungen und Methoden	84
3.2.2 Stadtprofil Karlsruhe	86
3.2.2.1 Räumliche Übersicht	86
3.2.2.2 Strukturanalyse	88

3.2.2.3 Emotionsanalyse	90
3.2.2.4 Stadträumliche Emotionskarte	91
3.2.2.5 Relevante Planungen und Projekte	92
3.2.3 Stadtprofil Osnabrück	96
3.2.3.1 Räumliche Übersicht	96
3.2.3.2 Strukturanalyse	98
3.2.3.3 Emotionsanalyse	100
3.2.3.4 Stadträumliche Emotionskarte	101
3.2.3.5 Relevante Planungen und Projekte	102
<b>3.3 Auswahl der Fallstudien</b>	<b>105</b>
3.3.1 Auswahl Fallstudien Stadt Karlsruhe	106
3.3.1.1 Analyse der Stress-Hotspots	106
3.3.1.2 Fallstudie K1	108
3.3.1.3 Fallstudie K2	110
3.3.2 Auswahl Fallstudien Stadt Osnabrück	112
3.3.2.1 Analyse der Stress-Hotspots	112
3.3.2.2 Fallstudie O1	115
3.3.2.3 Fallstudie O2	117
<b>3.4 Zusammenfassung Kapitel 3</b>	<b>119</b>
<b>4 ERFASSEN UND ÜBERSETZEN: ABLEITUNG DER UNTERSUCHUNGSFAKTOREN UND METHODENBAUSTEINE</b>	<b>121</b>
<b>4.1 Erkundung von Einflussfaktoren, Datengrundlagen und Erhebungsmethoden</b>	<b>122</b>
4.1.1 Sammeln potenzieller Einflussfaktoren	122
4.1.2 Bewerten der Datengrundlagen	123
4.1.3 Ableiten von Erhebungsmethoden	124
<b>4.2 Entwicklung einer Übersetzungsmethodik</b>	<b>126</b>
4.2.1 Fragestellungen	126
4.2.2 Methodenbausteine	127
4.2.2.1 Stressorenabwicklung	127
4.2.2.2 Stressorenmatrix	128
<b>4.3 Testläufe</b>	<b>129</b>
4.3.1 Testlauf 1: Untersuchungsfaktoren und Übersetzungsmethodik	130
4.3.1.1 Methode, Ablauf und Aufgabenstellung	130
4.3.1.2 Ergebnisse	131

4.3.2 Testlauf 2: Erhebungsansätze und Datengrundlagen	135
4.3.2.1 Methode, Ablauf und Aufgabenstellung	135
4.3.2.2 Ergebnisse	136
4.3.3 Erkenntnisse für die Erhebungen	140
<b>4.4 Zusammenfassung Kapitel 4</b>	<b>143</b>

## **5 ANALYSIEREN UND AUSWERTEN: ERHEBUNGEN IN DEN VIER FALLSTUDIEN** ..... **145**

<b>5.1 Einleitung in die Fallstudien</b>	<b>146</b>
5.1.1 Aufbau und Durchführung der Erhebungen	146
5.1.2 Datenerhebungsplan	150
<b>5.2 Erhebungen in den Fallstudien</b>	<b>155</b>
5.2.1 Fallstudie K1 Stadt Karlsruhe	156
5.2.1.1 Grundgerüst K1	157
5.2.1.2 Stressorenmatrix K1	158
5.2.1.3 Analyseergebnisse K1	160
5.2.2 Fallstudie K2 Stadt Karlsruhe	164
5.2.2.1 Grundgerüst K2	165
5.2.2.2 Stressorenmatrix K2	166
5.2.2.3 Analyseergebnisse K2	168
5.2.3 Fallstudie O1 Stadt Osnabrück	172
5.2.3.1 Grundgerüst O1	173
5.2.3.2 Stressorenmatrix O1	174
5.2.3.3 Analyseergebnisse O1	176
5.2.4 Fallstudie O2 Stadt Osnabrück	180
5.2.4.1 Grundgerüst O2	181
5.2.4.2 Stressorenmatrix O2	182
5.2.4.3 Analyseergebnisse O2	184
<b>5.3 Gesamtauswertung und Hypothesen</b>	<b>188</b>
5.3.1 Auswertung 1: Stresszusammenhang	188
5.3.1.1 Vorgehensweise	188
5.3.1.2 Hypothese 1	189
5.3.2 Auswertung 2: Wechselwirkungen	192
5.3.2.1 Vorgehensweise	192
5.3.2.2 Einzelauswertungen	193
5.3.2.3 Hypothese 2	198
5.3.3 Auswertung 3: Übergeordnete Stressphänomene	200

5.3.3.1 Vorgehensweise	200
5.3.3.2 Hypothese 3	201
<b>5.4 Zusammenfassung Kapitel 5</b>	<b>203</b>
<b>6 PRÜFEN UND IMPLEMENTIEREN: DIE STADTRAUMDIAGNOSTIK IM REALITÄTSCHECK .....</b>	<b>205</b>
<b>6.1 Überprüfen im Kontrollversuch</b>	<b>206</b>
6.1.1 Projektbezug Super Testsite Würzburg	206
6.1.1.1 Kontext Super Testsite	206
6.1.1.2 Versuchsaufbau Super Testsite	207
6.1.1.3 Emotionsanalyse Super Testsite	210
6.1.2 Kontrollversuch W1 Stadt Würzburg	211
6.1.2.1 Leitfragen und Zielsetzung	211
6.1.2.2 Aufbau und Durchführung Kontrollversuch	211
6.1.2.3 Fotografische Dokumentation	215
6.1.3 Ergebnisse Stadtraumdiagnostik	217
6.1.3.1 Grundgerüst W1	217
6.1.3.2 Auszug Stressorenmatrix W1	217
6.1.3.3 Analyseergebnisse W1	219
6.1.3.4 Konsistenzprüfung zu Hypothese 1	221
6.1.4 Ergebnisvergleich Super Testsite	224
6.1.4.1 Messergebnisse Super Testsite	224
6.1.4.2 Vergleich der Ergebnisse	228
6.1.5 Erkenntnisse aus dem Kontrollversuch	229
<b>6.2 Implementierung in die Planung</b>	<b>230</b>
6.2.1 Schnittstellen und Anknüpfungspunkte	230
6.2.1.1 Inhaltliche und methodische Anknüpfungspunkte	230
6.2.1.1.1 Anwendungsbeispiele in formellen Planungsbereichen	231
6.2.1.1.2 Anwendungsbeispiele in informellen Planungsbereichen	233
6.2.1.2 Technische Schnittstellen	236
6.2.2 Schlüsselrolle der Digitalisierung und Automatisierung	238
6.2.3 Strategie zur Implementierung	240
<b>6.3 Zusammenfassung Kapitel 6</b>	<b>243</b>

<b>7 REFLEKTIEREN UND EVALUIEREN: ERKENNTNISGEWINN UND DISKUSSION .....</b>	<b>245</b>
<b>7.1 Erkenntnisgewinn</b>	<b>246</b>
7.1.1 Beantwortung der vier Teilfragestellungen	246
7.1.2 Beantwortung der zentralen Fragestellung	250
<b>7.2 Diskussion ausgewählter Punkte</b>	<b>251</b>
7.2.1 Limitationen der Stressmessungen	251
7.2.2 Retrospektivität der Erhebungen	253
7.2.3 Abstraktionsprozess der Stressorenabwicklung	254
7.2.4 Integrativität des Methodenansatzes	255
7.2.5 Berücksichtigung situativer Einflüsse	257
7.2.6 Grenzen der Übertragbarkeit	258
<b>8 AUSBLICK UND SCHLUSSBETRACHTUNG .....</b>	<b>261</b>
<b>8.1 Weiterer Forschungsbedarf</b>	<b>262</b>
8.1.1 Messen menschlicher Emotionen im urbanen Kontext	262
8.1.2 Fragmentarität der menschlichen Wahrnehmung	263
8.1.3 Abbilden realer Situationen in abstrakten Modellen	264
8.1.4 Datensammlung mithilfe von Crowdsourcing	265
<b>8.2 Schlusswort</b>	<b>266</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>267</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>268</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>280</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>288</b>
<b>DATENQUELLEN</b>	<b>290</b>
<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</b>	<b>291</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>292</b>

## PROZESSDIAGRAMM

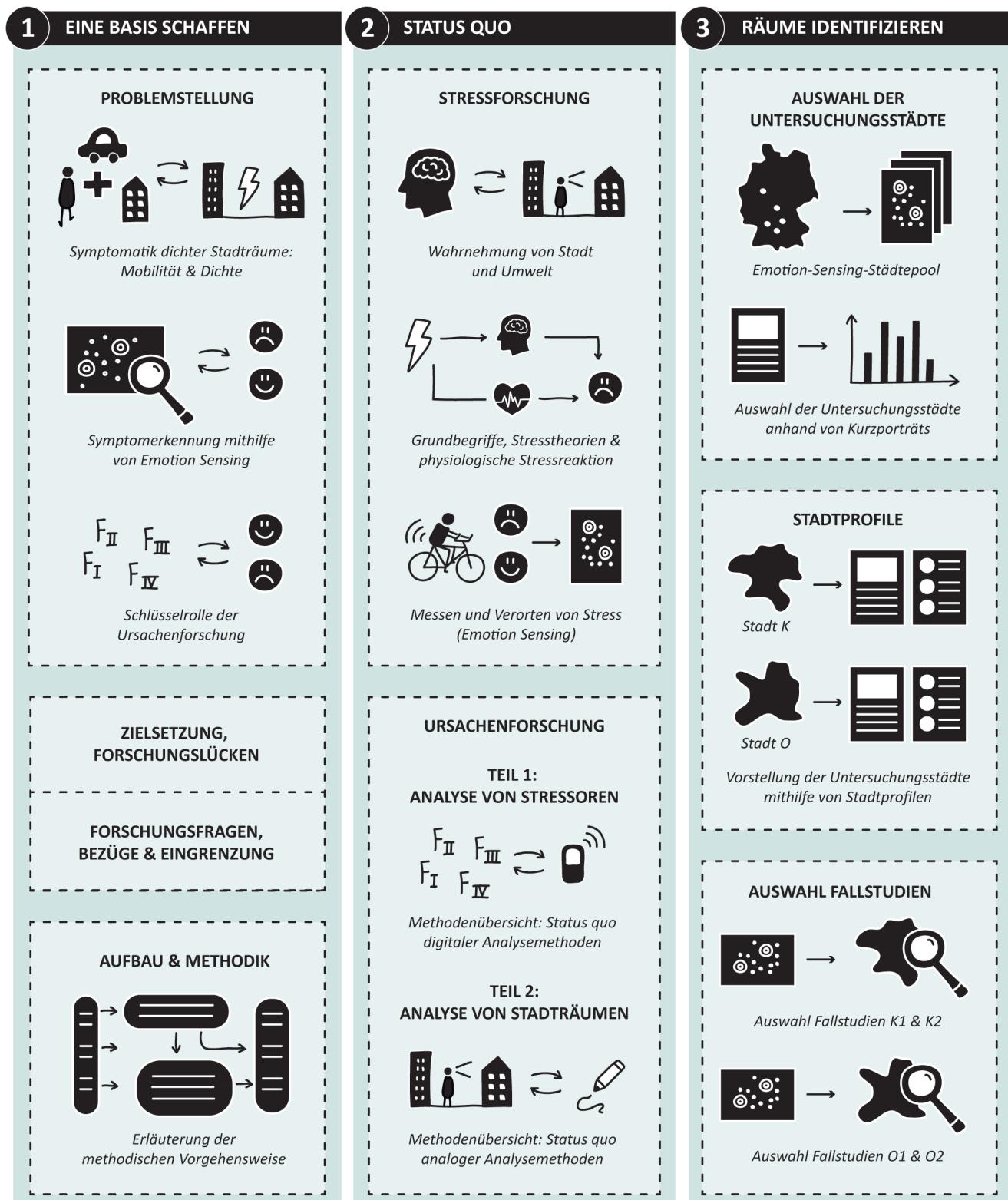


Abbildung 1: Prozessdiagramm (Quelle: Eigene Darstellung)

## 4 ERFASSEN & ÜBERSETZEN

### UNTERSUCHUNGSFAKTOREN



Pool Untersuchungsfaktoren

### DATENQUELLEN & ANALYSEMETHODEN



Einsatzmöglichkeiten von Open Data, Messungen und Mappings

### ENTWICKLUNG EINER ÜBERSETZUNGSMETHODIK



Entwicklung von Stressorenabwicklung und Stressorenmatrix

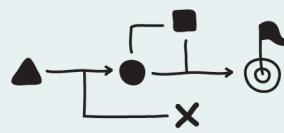
### TESTLÄUFE



Evaluieren und Adaptieren

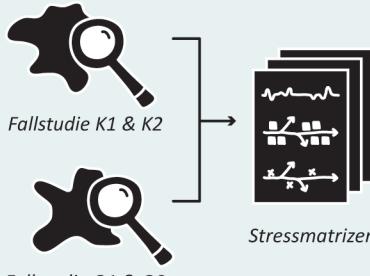
## 5 ANALYSIEREN & AUSWERTESEN

### AUFBAU & DURCHFÜHRUNG



Definition der Untersuchungsparameter

### ERHEBUNGEN IN DEN FALLSTUDIEN



Fallstudie K1 & K2

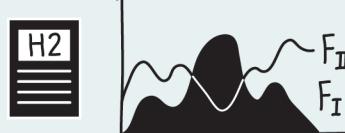
Stressmatrizen

Fallstudie O1 & O2

### AUSWERTUNG & HYPOTHESEN



Hypothese 1: Stresszusammenhang



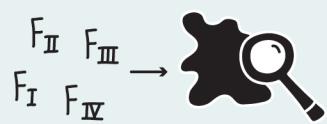
Hypothese 2: Wechselwirkungen



Hypothese 3: Übergeordnete Stressphänomene

## 6 PRÜFEN & IMPLEMENTIEREN

### KONTROLLVERSUCH



Überprüfen im Kontrollversuch

### SCHNITTSTELLEN ZUR PLANUNG



Evaluieren von Anknüpfungspunkten

### IMPLEMENTIERUNG



Strategieentwicklung

## 7 REFLEKTIEREN & EVALUIEREN

### ERKENNTNISSE & DISKUSSION



Beantwortung der Forschungsfragen & Kritische Reflexion

## 8 AUSBLICK & SCHLUSS

### WEITERER FORSCHUNGSBEDARF & SCHLUSSWORT



# 01

## KAPITEL 1

---

# EINE BASIS SCHAFFEN

## EINLEITUNG UND GRUNDLAGEN

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 2 | 1.1 PROBLEMSTELLUNG

S. 11 | 1.2 ZIELSETZUNG UND FORSCHUNGSLÜCKEN

S. 15 | 1.3 FORSCHUNGSFRAGEN, BEZÜGE UND EINGRENZUNG

S. 19 | 1.4 AUFBAU UND METHODIK DER ARBEIT

S. 23 | 1.5 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 1

→ Abbildung 2: Stadtraum Karlsruhe Waldstraße (Fotografie: Eigenes Archiv)

## 1.1 Problemstellung

Als Einstieg in die Thematik dieser Forschungsarbeit soll zunächst die Problemstellung formuliert werden. In diesem Zusammenhang geht das nachfolgende Kapitel sowohl auf die Symptomatik dichter Stadträume und die Möglichkeiten zur Symptomerkennung als auch auf die zentrale Bedeutung der Ursachenforschung ein.

### 1.1.1 Symptomatik dichter Stadträume

Öffentliche Räume sind seit jeher das Gesicht der Europäischen Stadt. Sie bilden die grundlegende Raumstruktur für das öffentliche Leben und sind damit prägend für die individuelle städtische Kultur und Lebensqualität (Deutscher Städtetag, 2006). In den letzten Jahrzehnten hat sich die Bedeutung öffentlicher Stadträume jedoch stark gewandelt. Veränderungen wie zunehmende Dichten und sich wandelnde Nutzungsansprüche führen in vielen urbanen Gebieten dazu, dass der öffentliche Raum an seine Grenzen gelangt. Die Symptome dieser Überlastung zeigen sich mittlerweile eindeutig an den unterschiedlichsten Stellen und bilden sich gleichzeitig auch immer deutlicher in der zunehmend negativer werdenden menschlichen Wahrnehmung öffentlicher Stadträume ab.

#### 1.1.1.1 Transformation der Europäischen Stadt

In den 1960er-Jahren wurde mit der Errungenschaft des Automobils und der damit verknüpften Transformation zur autogerechten Stadt massiv in die ursprüngliche Struktur der Europäischen Stadt eingegriffen. Die grundlegende Idee ihrer Konzeption, die damals stark aus dem menschlichen Maßstab heraus entwickelt wurde (Bundesstiftung Baukultur, 2020), ist unter dem Leitbild der autogerechten Stadt beinahe vollständig verloren gegangen. Durch diese weitreichenden strukturellen Eingriffe und die gleichzeitige starke Veränderung des Mobilitätsverhaltens unserer Gesellschaft ist seit jenem beinahe brutal anmutenden Stadtumbau auch ein massiver Bedeutungsverlust des öffentlichen Raums zu beobachten. Vielerorts manifestiert sich der öffentliche Raum nunmehr lediglich als ein monogenutzter Verkehrsraum (siehe Abbildung 3), dem es aus der Perspektive der ursprünglichen menschlichen Bewegung und Wahrnehmung heraus deutlich an Attraktivität und Aufenthaltsqualität mangelt.

„Das Auto mordet unsere Städte. Wer Straßen sät, wird Verkehr ernten.“

(Hans Jochen Vogel, 1973, zitiert in: Tagesspiegel, 2008)

Doch die Begründung dieses Phänomens liegt längst nicht nur im strukturellen Umbau unserer Städte, wovor Hans Jochen Vogel, der damalige Oberbürgermeister der Stadt München, bereits 1973 warnte (Tagesspiegel, 2008).



*Abbildung 3: Kampf um den Quadratmeter auf den Straßen deutscher Städte (Quelle: ADFC, Fotografie: © Gerhard Westrich)*

Denn nicht nur die Stadt formt die Mobilität, sondern auch der daraus resultierende Verkehr formt wiederum die Stadt. So führten die Errungenschaft des Automobils und die umfassend vorgenommenen Infrastrukturmaßnahmen rasch dazu, dass sich das Mobilitätsverhalten der Gesellschaft massiv und in rasanter Geschwindigkeit veränderte.

#### 1.1.1.2 Spannungsfeld Mobilität & Öffentlicher Raum

Durch die nunmehr längst sichtbaren negativen Folgen wie Staus, Lärm- und Abgasbelastungen hat sich die Beziehung zwischen der Mobilität und dem öffentlichen Raum mittlerweile nicht nur zu einem Spannungsfeld, sondern vielmehr zu einer allgegenwärtigen und an vielen Stellen hochemotionalen Debatte entwickelt. Dabei ist das Thema Verkehr in den letzten Jahren auch in der Planung derart omnipräsent, dass jegliche anderen Themengebiete oftmals regelrecht von den Diskussionen über etwa Verkehrsführungen, Parkraum und Lieferverkehr überschattet werden.

Um sich der Problematik dieses Spannungsfeldes bewusst zu werden, sollen deshalb im Folgenden die wichtigsten Zahlenwerte und Entwicklungen zum Verkehr auf den deutschen Straßen betrachtet werden. Der 2017 veröffentlichte Ergebnisbericht der Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ (BMVI, 2018) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (kurz: BMDV, damals: BMVI) liefert in diesem Kontext die wichtigsten Erkenntnisse. Der Studie zufolge verlassen durch-

schnittlich ganze 85 Prozent der deutschen Bevölkerung täglich das Haus, legen dabei rund 39 Kilometer zurück und sind dafür etwa eine Stunde und zwanzig Minuten unterwegs. Gemittelt werden damit in Deutschland täglich rund 257 Wege (Verkehrsaufkommen) und 3,2 Milliarden Kilometer (Verkehrsleistung) zurückgelegt (BMVI, 2018). In Anbetracht dieser hohen Zahlenwerte erscheint es evident, dass unser Mobilitätsverhalten nicht nur unseren persönlichen Alltag prägt, sondern maßgeblich auch den Raum beeinflusst, in dem wir uns bewegen.

Entscheidend für die Auswirkungen, die durch den resultierenden Verkehr für unsere Straßen und öffentlichen Räume entstehen, ist es in diesem Zusammenhang allerdings insbesondere, mit welchem Verkehrsmittel diese Wegstrecken zurückgelegt werden. Der Modal Split (vergleiche Abbildung 4), also die prozentuale Aufteilung der genutzten Verkehrsmittel, zeigt in diesem Kontext, dass in Deutschland durchschnittlich für rund 57 Prozent aller Wege immer noch das Auto verwendet wird (BMVI, 2018). Obwohl laut des BMDVs die Nutzungsanteile der öffentlichen Verkehrsmittel und des Fahrrads tendenziell steigen, verändern sich die Werte des Modal Splits über die letzten Jahre hinweg nur marginal. In Deutschland bleibt das Auto das vorherrschende Verkehrsmittel.

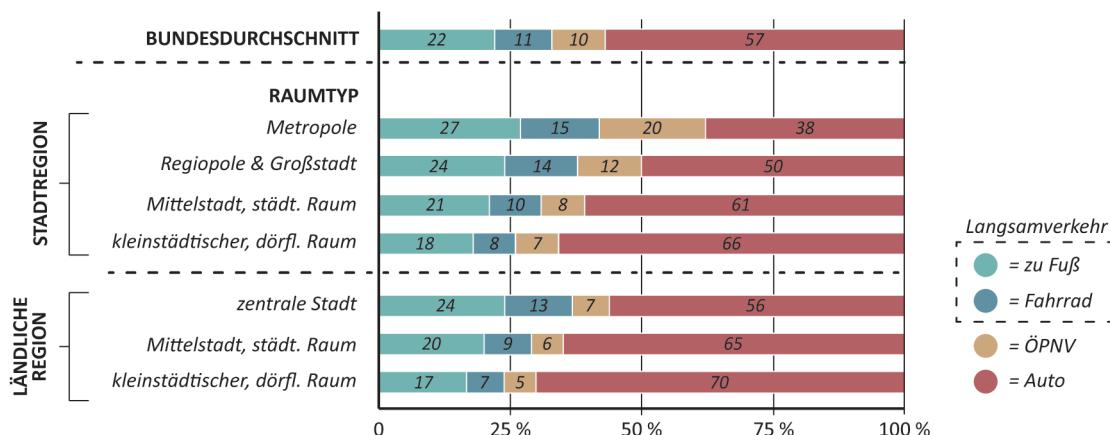


Abbildung 4: Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Raumtypen im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle BMVI, 2018)

Welchen immensen Raum die intensive Nutzung des Autos innerhalb unserer Städte dabei beansprucht beziehungsweise vielmehr zu verschlingen scheint, wird im Fotovergleich in Abbildung 5 veranschaulicht. Die Grafik zeigt den unterschiedlichen Flächenbedarf verschiedener Verkehrsmittel für die Fortbewegung der gleichen Anzahl an Menschen und verdeutlicht dabei, wie viel wertvoller Raum in unseren Städten durch den Autoverkehr belegt wird. Dabei wird klar: Allein der räumliche Zusammenhang zwischen der Mobilität und dem öffentlichen Raum ist weitaus größer, als er oftmals eingeschätzt wird. Die Diskussion rund um das Thema Verkehr in unseren Städten ist deshalb immer auch eng verknüpft mit der Diskussion über Raumansprüche und Flächengerechtigkeit.



*Abbildung 5: Platzverbrauch von Verkehrsmitteln im Vergleich: (v.l.n.r.) 60 Autofahrer:innen, 60 Radfahrende und 60 Zufußgehende (Fotografien: © Frank Lochau | ProCopter GmbH)*

Ergänzend zu diesen Raumansprüchen der unterschiedlichen Verkehrsmittel zeigt Abbildung 4 die Aufteilung des Modal Splits in verschiedene Raumtypen. Diese Zuordnung basiert auf der Regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR) (BMDV, 2021b), bei der die Städte und Gemeinden der Bundesrepublik in siedlungsstrukturell vergleichbare Raumtypen aufgeteilt werden. Dabei ist festzuhalten: Je urbaner der Raumtyp, desto geringer ist im Modal Split auch der prozentuale Anteil des Autoverkehrs und desto höher ist der Anteil des Fuß- und Radverkehrs („Langsamverkehr“) sowie der des ÖPNVs. Dieser Zusammenhang erscheint vor dem Hintergrund der höheren Nutzungsmischung und Dichte urbaner Gebiete plausibel. Hinzu kommt, dass die durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke mit dem Fahrrad etwa vier Kilometer beträgt und für den Fußverkehr sogar noch geringer ausfällt (BMVI, 2018). Auch aktuelle Leitbilder wie die „15-Minuten-Stadt“ beruhen auf der Annahme, dass das Potenzial des Langsamverkehrs in nutzungsgemischten Räumen mit geringen Wegstrecken am größten ist (Moreno, 2024).

Trotz der allgemein höheren Langsamverkehrsanteile in urbanen Gebieten fällt bei einer kritischen Betrachtung der Zahlenwerte des Modal Splits jedoch auf, dass in unseren wachsenden Großstädten nach wie vor der Autoverkehr die Hälfte des Verkehrsaufkommens ausmacht. Das Potenzial für eine nachhaltige, raumschonende Mobilität ist in diesem Gebieten also bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Vor diesem Hintergrund ist auch auf die allgemein immer größer werdende Unzufriedenheit der Radfahrenden und Zufußgehenden hinzuweisen. So weist auch der Allgemeine Deutsche Fahrrad-Club e. V. (ADFC) im Kontext des Radfahrens auf gravierende Missstände hin. Denn der seit dem Jahr 2012 regelmäßig stattfindende Fahrradklima-Test (ADFC,

2021) identifiziert seit Beginn seiner Erhebungen eine stetige Verschlechterung der bundesweiten Fahrradfreundlichkeit deutscher Städte und Gemeinden. Die Ergebnisse der Befragung werden dabei in Schulnoten angegeben und liegen für das Erhebungsjahr 2020 im bundesweiten Durchschnitt nur bei einem Wert von 3,93, wohingegen dieser noch im Jahr 2016 bei 3,81 lag. Nicht nur in Hinblick auf den Autoverkehr, sondern auch im Kontext des Radfahrens lassen sich in unseren Städten also immer deutlicher die Symptome einer „kranken“ Stadt erkennen, die sich zudem massiv auf das menschliche Erlebnis und die Wahrnehmung öffentlicher Stadträume niederzuschlagen beginnt.

### 1.1.1.3 Spannungsfeld Dichte & Öffentlicher Raum

Zusätzlich zu den Herausforderungen, die die Folgen des autogerechten Transformationsprozesses für die Europäische Stadt nach wie vor mit sich bringen, werden unsere Städte in den letzten Jahrzehnten darüber hinaus auch einer enormen Verdichtung ausgesetzt (Bundesstiftung Baukultur, 2014). Ähnlich wie im Kontext der Mobilität entwickelt sich dadurch auch die Beziehung zwischen Dichte und öffentlichem Raum zunehmend zu einem Spannungsfeld.



Abbildung 6: Negative Folgen der Verdichtung deutscher Innenstädte (Fotografie: © Jürgen Rösner)

Im Rahmen dieses Spannungsfeldes geht es einerseits um die Bewältigung der in den meisten Regionen stetig wachsenden Stadtbevölkerung. Insbesondere Großstädte sind von diesem starken Zuwachs betroffen und entwickeln sich immer dynamischer zu prosperierenden Wohn- und Arbeitsplatzgebieten (Statistisches Bundesamt, 2024). Um angesichts dessen sowohl der endlichen Flächenressourcen als auch dem immer gravierender werdenden Mangel an Wohnraum verantwortungsvoll begegnen zu können, haben sich Innenentwicklung und Nachverdichtung

zum Dogma der heutigen Stadtentwicklung etabliert. Diese bauliche Nachverdichtung bedeutet für unsere Städte jedoch andererseits nicht nur im positiven Sinne eine höhere Kapazität an Wohn- und Arbeitsplätzen. Auch die negativen Begleiterscheinungen, die diese Verdichtung – und damit schlichtweg auch die Zunahme an Menschen in der Stadt – mit sich bringt, werden in den letzten Jahren immer deutlicher. Denn Innenentwicklung und Nachverdichtung bedeuten in dichten Stadträumen gleichzeitig eben oftmals nicht nur eine rapide Erhöhung des Verkehrs-aufkommens, sondern auch eine deutlich stärkere Frequentierung der öffentlichen Räume und Nutzungen sowie eine massive Zunahme des Lärm- und Geräuschpegels.

Unsere Städte werden also nicht nur dichter, sondern aus der menschlichen Perspektive heraus auch immer enger, voller und nachweisbar „stressiger“. Die negativen Begleiterscheinungen dieser Verdichtung beginnen sich deshalb auch immer stärker auf die menschliche Gesundheit auszuwirken. So ist in Städten das Risiko, an Krankheiten zu erkranken, die nachweisbar in Verbindung mit Stress gebracht werden, deutlich höher als in weniger urbanen Lebensräumen. In diesem Kontext sind insbesondere Depressionen, Schizophrenie und Angststörungen als häufig auftretende Krankheitsbilder zu nennen (Adli, 2017; Bundesstiftung Baukultur, 2020).

Innerhalb dieser mittlerweile auch emotional aufgeladenen Debatte um die zunehmende Verdichtung unserer Städte wird es für die Planung deshalb immer wichtiger werden, ihr eigenes Dogma der Innenentwicklung kritisch zu reflektieren und in eine neue, menschliche Richtung zu leiten. Es ist an der Zeit, dass sich die Planung diesen offensichtlichen Symptomen, unter denen die verdichtete Europäische Stadt ernsthaft zu leiden scheint, widmet. Wie viel Dichte vertragen unsere Städte also noch? Ab welchem Punkt kippt die menschliche Wahrnehmung von Stadträumen von „dicht“ zu „voll“ beziehungsweise „stressig“? Wie kann es gelingen, diese symptomatischen Stadträume zu identifizieren? Und vor allem: Wie können wir es schaffen, die Symptome zu lindern beziehungsweise im besten Fall sogar vollständig zu heilen?

### **1.1.2 Symptomerkennung mithilfe von Emotion Sensing**

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen ist es zunächst essenziell, dass zukünftige Planungen auch wirklich genau an den Stellen angegriffen werden, an denen sie am dringendsten benötigt werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es evident, dass der Identifikation neuralgischer Punkte innerhalb unserer Stadt zukünftig eine Schlüsselrolle zugeschrieben werden muss.

Entscheidend wird es in diesem Kontext sein, die menschliche Wahrnehmung der Stadt in den Mittelpunkt zu stellen und sich dabei von einer rein statistischen Betrachtung dieser Problematik zu lösen. Zahlenwerte wie die polizeilichen Unfallstatistiken und Zählungen zum Verkehrsaufkommen können in Bezug auf die Identifikation symptomatischer Stadträume zwar ein erstes

Indiz darstellen, sie betrachten die Problemstellung allerdings aus einer ganz anderen Perspektive heraus. Es ist daher entscheidend, dass, wenn wir über qualitätsvolle beziehungsweise stressintensive öffentliche Räume sprechen, die Problemlage immer auch aus dem Menschen und seiner spezifischen Wahrnehmung heraus betrachtet wird. Dabei geht es im Speziellen darum, zu untersuchen, wie der Mensch eine Stadt benutzt, wie er sich durch sie bewegt und was ihn an welchen Stellen an dieser Benutzung respektive Bewegung hindert.

*„Viele subjektive Eindrücke und Gefühle halten Menschen davon ab, sich aktiv in einem urbanen Raum zu bewegen und ihn zu erleben.“*

*(Dr. Peter Zeile in Polis Magazin, 2022, S. 28)*

Im Zentrum dieser Untersuchungen muss also die Fragestellung stehen: Wie können wir es schaffen, die subjektiven Emotionen und Wahrnehmungen des Menschen für die Planung zu einer anwendbaren Größe zu machen?

Angesichts dieser Fragestellung nahm in den letzten beiden Jahrzehnten vor allem die Innovation des Emotion Sensings eine Vorreiterrolle ein (Höffken et al., 2014; Zeile et al., 2014). Als einer der Wegbereiter des Emotion Sensings, die im Kontext des Radverkehrs auch als EmoCycling-Methode betitelt wird, gilt dabei die Urban Emotions Initiative, die in ihren Anfängen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wurde (Polis Magazin, 2022). Nach einigen Anpassungen und Verbesserungen der Methodik ist es der Initiative gelungen, dass heute nunmehr auf eine verhältnismäßig einfache Art und Weise die Emotion-Sensing-Daten erhoben und ausgewertet werden können. Einstige „Kinderkrankheiten“ und Fehlerquellen wurden mittlerweile fast vollständig behoben.

Mit der Methode des Emotion Sensings ist es heute also möglich, die messbaren körperlichen Reaktionen des Menschen, mit denen er natürlicherweise auf Umweltreize reagiert, georeferenziert aufzuzeichnen. Die Methodik ermöglicht es damit, die subjektive Wahrnehmung des Menschen in eine annähernd objektive beziehungsweise quantifizierbare Größe für die Planung zu transferieren (Zeile, 2017). Damit können symptomatische respektive „stressige“ Stadträume für den Rad- und Fußverkehr also unmittelbar aus der Wahrnehmung der Nutzer:innen heraus identifiziert und lokalisiert werden.

Mit der Darstellung der Ergebnisse in Form von Heatmaps können die Ergebnisse der Messungen darüber hinaus auf eine sehr anschauliche Art visualisiert werden. Abbildung 7 zeigt das Beispiel einer solchen Heatmap aus den Emotion-Sensing-Messungen in der Stadt Osnabrück, die vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Rahmen des Forschungsprojekts ESSEM (Haug, Schmidt-Hamburger et al., 2023; Zeile et al., 2022) im Kontext des Radfahrens durchgeführt wurden.

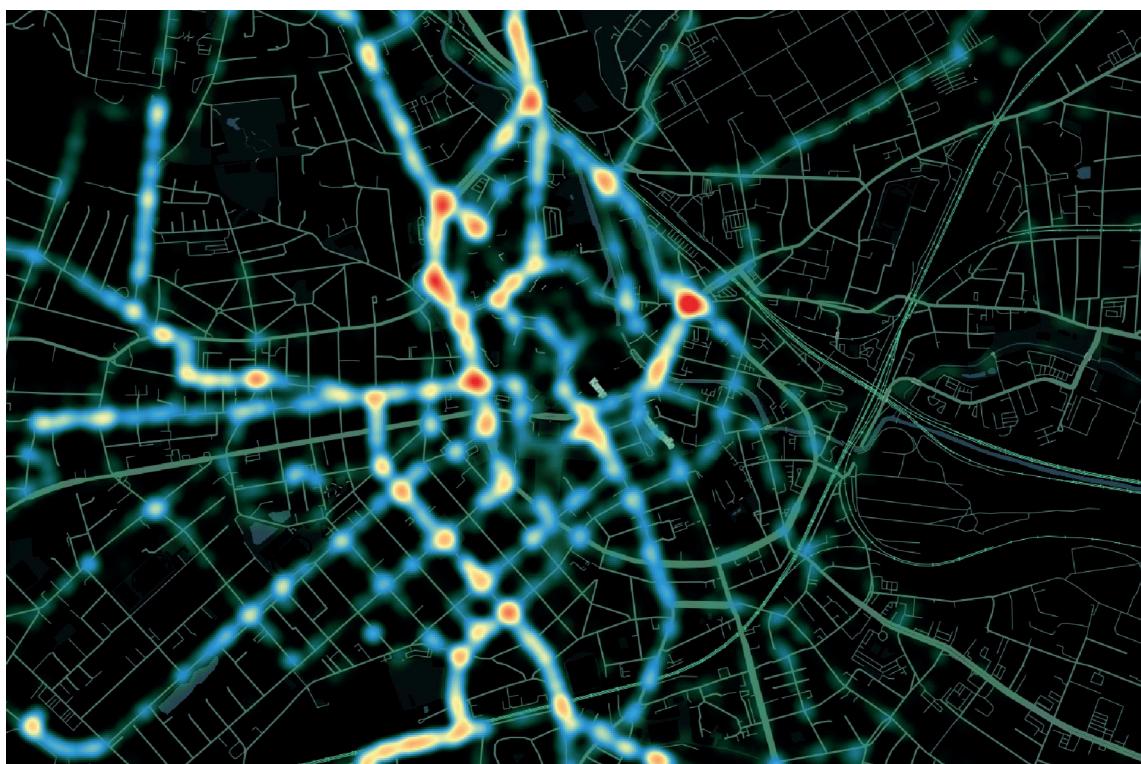


Abbildung 7: Heatmap einer EmoCycling-Messung in Osnabrück (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle ESSEM)

Im übertragenen Sinne kann die Methode des Emotion Sensings zusammenfassend also als eine Art Prüfstand für unsere Städte verstanden werden, mithilfe dessen die Symptome dysfunktionaler Stadträume erkannt und lokalisiert werden können. Die Methodik wird mittlerweile auch bereits erfolgreich in einigen kommunalen (Forschungs-)Projekten zur Anwendung gebracht und dient in diesem Kontext nicht nur als eine Entscheidungsgrundlage für zukünftige Planungen, sondern auch als anschauliches Kommunikationsinstrument.

Über die Ursachen der gemessenen Stressreaktionen kann mithilfe der Methodik des Emotion Sensings allerdings keine Aussage getroffen werden. Zwar setzen sich einige Forschungsarbeiten im Kontext des Emotion Sensings auch immer intensiver mit der Analyse der Ursachen unter dem Einsatz von beispielsweise Kameras, Fragebögen und Interviews auseinander, allerdings befinden sich diese Forschungsansätze noch weitestgehend in ihren Anfängen. Darüber hinaus wurde sich bei diesen ersten Ansätzen der Ursachenforschung auch stark auf die Analyse der spezifischen Verkehrssituation als Stressauslöser fokussiert (Merk, 2019; Merk et al., 2021; Zeile et al., 2016) und andere räumliche Faktoren bislang weitestgehend außer Acht gelassen.

### 1.1.3 Schlüsselrolle der Ursachenforschung

Sowohl die dargestellte Symptomatik als auch die Methode des Emotion Sensings zur Symptomerkennung verdeutlichen anschaulich den immer dringlicher werdenden Handlungsbedarf der

Planung, den Ursachen dieser Symptome auf den Grund zu gehen. In der Medizin wird die Krankheitserkennung als „Diagnose“ bezeichnet, aus der die vorliegende Arbeit eine Analogie zur besseren Veranschaulichung der Problemstellung zieht. Die medizinische Diagnose meint dabei alle Maßnahmen, die zur Feststellung einer Krankheit herangezogen werden und bildet damit die Grundlage für die Therapie (Gross, 1969). Die Symptome respektive Symptomkombinationen des Patienten werden im Rahmen der Diagnose durch verschiedene Befunde, die aus der Befragung („Anamnese“) beziehungsweise diversen apparativen oder chemischen Untersuchungen hervorgehen, identifiziert und mit passenden Krankheitsbildern abgeglichen (Gressner et al., 2019). Mit der „Stadtraumdiagnostik“ ist damit der Anspruch verbunden, eine umfassende Untersuchung symptomatischer Stadträume vorzunehmen. Langfristig verfolgt diese urbane Ursachenforschung damit das Ziel, eine Linderung der Symptome bewirken zu können und im besten Fall einen Schritt in Richtung der „Heilung“ unserer Städte zu unternehmen.

Inhaltlich ist damit auch die Forderung verbunden, die Europäische Stadt wieder auf den menschlichen Maßstab zurückzuführen und den Menschen mit seiner spezifischen Raumwahrnehmung wieder gezielt in den Fokus der Planung zu rücken. Es liegt dabei eindeutig in der Verantwortung der Planung, dieses holistische Verständnis der Mensch-Raum-Beziehung auch in der Ursachenforschung abzubilden und eine dreidimensionale, interdisziplinäre Sichtweise auf die Problemlage zu gewinnen.

Es erscheint evident, dass im Rahmen dieses Bestrebens der Untersuchung der Stressoren, also die Untersuchung all jener Faktoren, die in Verbindung mit den negativ gemessenen Emotionen gebracht werden können, eine Schlüsselrolle zuzuschreiben ist. Denn nur, wenn eine Identifikation der „Krankheitserreger“ gelingt, wird es perspektivisch möglich sein, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Situation ergreifen zu können. In diesem Zusammenhang ist es jedoch entscheidend, die Analyse der Stressoren ganzheitlich und unvoreingenommen anzugehen, um alle potenziellen Stressfaktoren gleichwertig zu erforschen und keine falsche Gewichtung vorzunehmen. Ein dreidimensionaler Ansatz bedeutet in der Ursachenforschung also zunächst eine gleichwertige Analyse aller infrage kommenden Stressfaktoren aus den unterschiedlichsten Themenbereichen.

„Urbanism works when it creates a journey as desirable as the destination.“  
(Paul Goldberger in Zukunftsinstut, 2018, S. 3)

Für die kommunale Planung könnte dieser Fortschritt in der Ursachenforschung schließlich nicht nur ein wichtiger Meilenstein in der Förderung des Rad- und Fußverkehrs bedeuten, sondern auch erheblich das Erlebnis von Stadt verbessern und sich positiv auf das Image und die Lebensqualität auswirken.

## 1.2 Zielsetzung und Forschungslücken

Aufbauend auf der skizzierten Problemstellung werden im Folgenden die Zielsetzung und die mit der vorliegenden Arbeit zu füllenden Forschungslücken definiert.

### 1.2.1 Zielsetzung

Die Arbeit setzt es sich zum Ziel, die Ursachen symptombehafteter und stressintensiver öffentlicher Räume zu erforschen und dabei den Menschen und seine spezifische Wahrnehmung stadträumlicher Situationen in den Fokus zu rücken. In diesem Kontext widmet sich der vorgestellte Ansatz der Untersuchung einer Vielzahl an Umweltfaktoren aus unterschiedlichsten Themengebieten, die einen negativen Einfluss auf die menschliche Wahrnehmung ausüben und im Zusammenhang mit dem Empfinden von Stress stehen.

Im Kontrast zu bisherigen Ansätzen aus der Verkehrsforschung sollen damit inhaltlich allerdings nicht nur solche Faktoren beziehungsweise „Stressoren“ untersucht werden, die sich auf das Erlebnis der spezifischen verkehrlichen Situation beziehen. Denn im Kontext der Stressorenanalyse ist es ein besonderes Anliegen dieser Arbeit, die Gesamtheit der „städtischen“ Stressoren möglichst ganzheitlich abzubilden. Aus diesem Grund beschäftigt sich die Ursachenforschung des präsentierten Methodenansatzes insbesondere auch mit verschiedenen wahrnehmungsrelevanten Faktoren aus dem stadträumlichen Kontext, die einen potenziellen negativen Einfluss auf das menschliche Erlebnis dichter Stadträume ausüben.

Vor dem Hintergrund dieser holistischen Betrachtungsweise sollen mit dem vorgestellten Ansatz darüber hinaus praxistaugliche Analysemethoden entwickelt werden, die das Ziel verfolgen, einen ganzheitlichen Ansatz in der Stressorenanalyse voranzubringen. Dafür sollen im Sinne eines interdisziplinären Forschungsansatzes Methoden aus unterschiedlichsten Disziplinen evaluiert und miteinander verknüpft werden. Die Arbeit bedient sich in diesem Zusammenhang deshalb nicht nur an digitalen Analyseansätzen und offenen Datenquellen, sondern erweitert die Stressorenanalyse methodisch erstmals um den bislang hauptsächlich in der Analyse von städtebaulichen Aufgabenstellungen zum Einsatz kommenden analogen Werkzeugkasten.

Mit der Zielsetzung, diese verschiedenen inhaltlichen Themengebiete und unterschiedlichen Analysemethoden in einer vergleichbaren Form zu vereinen, strebt die vorgestellte Forschungsarbeit einen neuartigen, integrativen Ansatz für die Ursachenforschung an. Mithilfe dieses Ansatzes soll schließlich ein Beitrag dazu geleistet werden, die menschliche Wahrnehmung von Stadträumen zu einer handhabbaren Größe für die Planung zu übersetzen. Damit könnte es gelingen, zukünftige Planungsprozesse bereits in frühen Planungsphasen auf ihre Qualität für den Menschen als Nutzer:in evaluieren zu können.

## 1.2.2 Forschungslücken und Lösungsansätze

Die Ursachen für die negative respektive „stressige“ Wahrnehmung von dichten Stadträumen ist bislang noch wenig erforscht. Einzelne Ansätze, die im Kontext der Stressorenanalyse in der Forschung zu finden sind, konzentrieren sich entweder sehr einseitig auf das Thema Verkehr, oder bleiben im Zusammenhang der Analyse städtischer Einflussfaktoren auf einer rein beschreibenden, qualitativen Ebene. Aufgrund dieser Forschungslücken ist es bis dato noch nicht möglich, belastbare, quantifizierbare Aussagen über die auf den Menschen und seine Wahrnehmung Einfluss nehmenden Faktoren im Kontext dichter Stadträume zu treffen.

Diese Lücke manifestiert sich allerdings nicht nur im Forschungskontext, sondern zeigt sich auch als ein deutlicher Mangel in der Planungspraxis. Denn hinsichtlich der Planung angenehmer respektive „stressfreier“ öffentlicher Stadträume existieren kaum fundierte Leitlinien und Planungsgrundlagen.

Im Folgenden wird sowohl auf die zu schließenden Forschungslücken eingegangen als auch darüber hinaus erste Lösungsansätze skizziert, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit verfolgt werden sollen.

### I. Fehlende Operationalisierung der Stressoren für die Planung

Die menschliche Wahrnehmung von Stadträumen ist für die Planung weitestgehend noch eine „Black Box“. Obwohl die Methodik des Emotion Sensings es seit einigen Jahren ermöglicht, negative Emotionen im urbanen Kontext messbar zu machen, steht die Erforschung der Ursachen immer noch in den Anfängen. Es erscheint in diesem Kontext jedoch evident, dass das Ergreifen von Maßnahmen gegen diese „stressigen“ Stadträume in der Planung nur dann zielgerichtet ablaufen kann, wenn es in einem ersten Schritt gelingt, die Einfluss nehmenden Faktoren identifizieren zu können.

Die Arbeit verfolgt anlässlich dieser Forschungslücke den Lösungsansatz, die für den Menschen wahrnehmbare Gestalt von Stadträumen in einzelne Untersuchungsfaktoren aufzugliedern, um deren Einflussnahme auf das subjektive Stressemmpfinden untersuchen zu können. Damit sollen sowohl erste Hypothesen über kritische Einflussfaktoren als auch über eventuell bestehende Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren aufgestellt werden.

### II. Fehlende ganzheitliche Betrachtung

In den bislang praktizierten Ansätzen zur Erforschung Stress auslösender Faktoren im urbanen Kontext ist eine starke Fokussierung auf Einzelthemen, also eine starke Fragmentarität der Untersuchungen zu beobachten. Die meisten der vorliegenden Ansätze sind dabei der Ver-

kehrsorschung zugeordnet und konzentrieren sich auf die Analyse der spezifischen Verkehrssituation für den Rad- und Fußverkehr im urbanen Raum. Im Rahmen dieser Analysen werden im Speziellen zum Beispiel die Art der Führungsform, die Breite der Spur oder die Gestaltung von Kreuzungspunkten untersucht. Andere Ansätze fokussieren sich beispielsweise hingegen stark auf den gebauten Raum, oder auch die sensorisch wahrnehmbaren Geräusche einer Stadt. Die starke Eingrenzung dieser im Kontext der Stressorenanalyse vorzufindenden Forschungsarbeiten führt in der Konsequenz jedoch dazu, dass in der Regel keine ganzheitliche Untersuchung stadträumlicher Situationen vorgenommen wird.

Die Arbeit verfolgt im Zusammenhang dieser Forschungslücke deshalb den Lösungsansatz, mit den gewählten Untersuchungsfaktoren und Themengebieten die zu untersuchende stadträumliche Situation möglichst vollständig abzubilden. Im Rahmen der Auswahl der Untersuchungsfaktoren soll deshalb explizit auf eine gleichmäßige Repräsentation wahrnehmungsrelevanter Themengebiete geachtet werden, um einer ganzheitlichen Betrachtung der Ursachenforschung gerecht werden zu können.

### **III. Fehlende Quantifizierbarkeit**

Die bislang stark von der Verkehrsplanung geprägte Ursachenforschung verfolgt in ihren Methodenansätzen überwiegend eine sehr technische Herangehensweise, die sich stark auf das Messen einzelner „harter“ Faktoren mithilfe von Sensoren und anderen Messgeräten konzentriert. Die Eingrenzung auf diese harten quantifizierbaren Faktoren bringt allerdings nicht nur methodische, sondern vor allem auch inhaltliche Konsequenzen mit sich. Denn sogenannte „weiche“ Untersuchungsfaktoren, wie beispielsweise die wahrnehmbaren Gerüche eines Stadtraums, sind zwar meist nicht im klassischen Sinne messbar, stellen jedoch zweifellos ebenfalls einen wichtigen Teil der menschlichen Wahrnehmung von Stadträumen dar. Aktuell bleiben diese weichen Faktoren aufgrund ihrer fehlenden Quantifizierbarkeit in der Ursachenforschung deshalb weitestgehend unberücksichtigt. Ferner ist dabei anzuführen, dass sich diese weichen Faktoren allerdings sehr wohl auf eine beschreibende, qualifizierbare Art und Weise erfassen lassen, und es bislang lediglich an einer adäquaten Übersetzungsmöglichkeit mangelt.

Für diese aktuell sehr einseitige Beleuchtung der harten quantifizierbaren Faktoren im urbanen Kontext soll mit der Arbeit der Lösungsansatz verfolgt werden, die Ursachenforschung inhaltlich und methodisch auch auf weiche, bis dato lediglich qualifizierbare Faktoren auszuweiten. Es soll in diesem Zusammenhang geprüft werden, inwieweit eine Quantifizierung weicher Untersuchungsfaktoren umsetzbar ist. Damit verfolgt der vorliegende Ansatz das Ziel, die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Untersuchungsfaktoren sicherzustellen.

### 1.2.3 Bedeutung für Wissenschaft, Gesellschaft, Planung und Wirtschaft

In Hinblick auf die Bedeutung der vorliegenden Arbeit ist zunächst auf den wissenschaftlichen Beitrag des vorgestellten Forschungsansatzes zu verweisen. Mit dem Ziel, einen holistischen Methodenansatz in der Stressorenanalyse zu entwickeln, leistet die Arbeit einen interdisziplinären Forschungsbeitrag dazu, verschiedene Analyseansätze zur menschlichen Wahrnehmung von Stadträumen erstmals in einer gemeinsamen Methodik zu bündeln und damit vergleichbar zu machen. Damit trägt diese Forschungsarbeit insbesondere dazu bei, das interdisziplinäre Zusammenspiel der Disziplinen Verkehrsökonomie und Stadtforschung zu fördern.

Mit der Untersuchung der menschlichen Wahrnehmung von dichten Stadträumen und der Erforschung Einfluss nehmender Faktoren respektive Stressoren leistet die Arbeit außerdem einen planerischen Beitrag zur qualitätsvollen Transformation und Neuplanung öffentlicher Stadträume. Denn durch die Erforschung von Einflussfaktoren und das Implizieren der gewonnenen Erkenntnisse in die Planung, könnte es langfristig gelingen, städtebauliche Planungsprojekte frühzeitig hinsichtlich etwaiger Störfaktoren zu evaluieren. Dadurch könnten diese Störfaktoren perspektivisch im besten Fall sogar vollständig vermieden werden und ein entscheidender Schritt hinsichtlich der Umgestaltung unserer Städte in Richtung einer den Menschen in den Mittelpunkt stellenden Stadt gemacht werden.

Daran anknüpfend ist mit dem erarbeiteten Methodenansatz wirtschaftlich gesehen das Ziel verbunden, die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel in der kommunalen Verwaltung zukünftig gezielter einsetzen zu können. Dieses Bestreben betrifft dabei nicht allein die planenden Städte und Gemeinden, sondern auch den Bund und die Länder. So erscheint es evident, dass nur, wenn die neuralgischen Punkte im Bestand identifiziert und die Ursachen benannt werden können, auch adäquate (und dadurch wirtschaftliche) Maßnahmen zur Verbesserung der Situation ergriffen werden können.

Ferner soll mit der angestrebten Rückeroberung öffentlicher Stadträume durch den Menschen auch ein wichtiger Beitrag zur aktiven Förderung des Langsamverkehrs im urbanen Raum geleistet werden. Denn die Verbesserung der Bedingungen für den Langsamverkehr in dichten Stadträumen könnte perspektivisch eine geringfügige Erhöhung des Rad- und Fußverkehrsanteils im Modal Split bewirken. Dadurch könnte es langfristig sogar gelingen, den Autoverkehr in unseren Städten auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren und bestehende öffentliche Räume für den Rad- und Fußverkehr zu aktivieren. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch das gesellschaftliche Bestreben verknüpft, die Stadt als Lebensraum wieder gerechter aufzuteilen und für die Stadtgesellschaft wieder nutzbar und lebenswert zu gestalten.

Mit dem vorgestellten Ansatz könnte darüber hinaus auch ein Beitrag zur national wie inter-

national angestrebten Mobilitätswende geleistet werden. Denn um das ambitionierte Ziel der Bundesregierung zu erreichen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis zum Jahr 2030 drastisch zu reduzieren und den Anteil des Fuß- und Radverkehrs in den deutschen Städten zu erhöhen, ist es unabdingbar, die spezifischen Bedürfnisse und Wahrnehmungen des Langsamverkehrs aus der Sicht der Nutzer:innen heraus zu verstehen.

Übergeordnet trägt die vorliegende Arbeit mit diesen Bestrebungen dazu bei, die Ziele der globalen Nachhaltigkeitsstrategie umzusetzen. Von den insgesamt 17 im Jahr 2015 von der Weltgemeinschaft vereinbarten „Sustainable Development Goals“ (Bundesregierung Deutschland, 2020), kurz: SDGs, entwickelt der hier erarbeitete Methodenansatz dabei insbesondere Lösungsansätze für drei der 17 SDGs. Das sind die Ziele Nummer 3 „Gesundheit und Wohlergehen“, Nummer 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ und Nummer 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“.

### **1.3 Forschungsfragen, Bezüge und Eingrenzung**

Im folgenden Abschnitt werden sowohl die Forschungsfragen als auch die Bezüge und Eingrenzung dieser Forschungsarbeit erläutert.

#### **1.3.1 Forschungsfragen**

Ausgehend von der skizzierten Problemstellung, Zielsetzung und den identifizierten Forschungslücken widmet sich die vorliegende Arbeit der folgenden zentralen Fragestellung:

##### **Zentrale Forschungsfrage**

*Ist es möglich, die Ursachen für das Auftreten von Stress in dichten Stadträumen zu diagnostizieren?*

Aus dieser zentralen Forschungsfrage ergeben sich thematische Teilfragestellungen, die sich den unterschiedlichen Schwerpunkten dieser Arbeit zuordnen lassen:

##### **Teilfrage 1: Stress**

*Was bedeutet „Stress“ für den Menschen in Bezug auf die Bewegung durch einen Stadtraum?*

##### **Teilfrage 2: Analysemethoden**

*Welche Methoden eignen sich für die Analyse welcher in dichten Stadträumen auftretenden Umgebungs faktoren?*

### Teilfrage 3: Einflussfaktoren

*Welche Faktoren beeinflussen das subjektive Stressempfinden des Menschen bei seiner Bewegung durch einen Stadtraum?*

### Teilfrage 4: Übertragbarkeit

*Wie lässt sich der entwickelte Methodenansatz auch auf andere Stadträume übertragen?*

#### 1.3.2 Bezug zu Projekten der Urban Emotions Initiative

Vor dem Hintergrund der Analyse von Stresspunkten in dichten Stadträumen stellt die vorliegende Arbeit einen Bezug zur bereits genannten Urban Emotions Initiative her. Es ist in diesem Zusammenhang hervorzuheben, dass es dabei lediglich um die Verwendung der im Rahmen aktueller Projekte durchgeführten Stressmessungen als Datengrundlage geht. Die auf Grundlage dieser Messdaten erstellten Heatmaps dienen der vorliegenden Arbeit schließlich zur Identifikation von Stress-Hotspots, die sich als Untersuchungsräume für die geplante Ursachenforschung eignen. Alle weiterführenden Untersuchungen sind jedoch sowohl inhaltlich als auch methodisch klar von der Urban Emotions Initiative getrennt zu betrachten. Im Folgenden sollen die beiden betreffenden Projekte der Urban Emotions Initiative, die als Datengrundlage verwendet wurden, aus Gründen der Transparenz kurz umrissen werden (vergleiche Anhang).

Das vom BMDV geförderte Verbundprojekt „Cyclist and pedestrians on real and virtual shared roads“, kurz „Cape Reviso“ (Zeile et al., 2021; Zeile, Obst et al., 2023), widmet sich der Erforschung des Stressempfindens von Zufußgehenden und Radfahrenden mithilfe einer digitalen partizipativen Toolbox. Dabei agiert das Projekt sowohl in realen Umgebungen (Karlsruhe, Stuttgart und Herrenberg) als auch mit „Digitalen Zwillingen“ im virtuellen Raum mit verschiedenen Ansätzen zur Datenerhebung. Ergänzend zu den Stressmessungen werden dort auch digitale Abstandsmessungen, intelligente Kamerasysteme und Künstliche Intelligenz erprobt.

Ebenfalls vom BMDV gefördert wird das Projekt „Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort“, kurz: „ESSEM“ (Zeile et al., 2022, 2023), der Urban Emotions Initiative. In diesem Projekt liegt, neben den mehrphasig durchgeführten Stressmessungen, ein Schwerpunkt auf der Kooperation mit Industriepartnern. In Rahmen von ESSEM soll damit die Weiterentwicklung von Demonstratoren im Kontext der Sicherheit beim Radfahren vorangetrieben werden (Motzer et al., 2023). In den beiden bei ESSEM beteiligten Modellstädten Osnabrück und Ludwigsburg wird so zum Beispiel mithilfe der Erkenntnisse der durchgeführten Stressmessungen ein Emo-Routing-Navigationssystem entwickelt sowie der Einfluss verschiedener Sicherheitsprodukte auf das Sicherheitsempfinden der Nutzer:innen erforscht.

### 1.3.3 Eingrenzung

Die Eingrenzung der Thematik dieser Arbeit geschieht in sachlicher, thematischer, räumlicher, maßstäblicher und zeitlicher Hinsicht wie folgt:

#### Sachlich

Der sachliche Fokus dieser Forschungsarbeit bewegt sich an der Schnittstelle der Disziplinen Stadtplanung, Verkehrsplanung und Umweltpsychologie. Wie bereits aus der Beschreibung der Forschungslücke hervorgeht, soll mit dieser Arbeit explizit die menschliche Wahrnehmung in den Mittelpunkt dieser Schnittstelle gerückt werden. Vor diesem Hintergrund soll mit der vorgestellten Arbeit ein holistischer Methodenansatz in der Erforschung wahrnehmungsrelevanter Umgebungsfaktoren vorangebracht werden. Zur Beantwortung der aufgestellten Forschungsfragen ergeben sich außerdem Schnittmengen mit den Bereichen Architektur, Freiraumplanung und Politik.

#### Thematisch

Die verwendete Datengrundlage aus den Emotion-Sensing-Messungen der Urban-Emotions-Projekte Cape Reviso (Zeile et al., 2021) und ESSEM (Zeile et al., 2022) spiegelt sich auch in der thematischen Eingrenzung dieser Arbeit wider. Denn im Zuge der Projekte wurde insbesondere – beziehungsweise im Projekt ESSEM sogar ausschließlich – das Stressempfinden von Radfahrenden untersucht. Dementsprechend wurden auch die Messreihen der Emotion-Sensing-Messungen nach der EmoCycling-Methode vorgenommen. Die Ergebnisse der Stressmessungen liegen für die Partnerstädte der Projekte deshalb ausschließlich im Kontext des Radfahrens in einer vergleichbaren Form vor.

Die vorliegende Arbeit fokussiert sich thematisch auf die Untersuchung von Stressoren im Kontext des Radfahrens. Gleichzeitig behält sie sich dabei allerdings vor, aus diesen Erkenntnissen Rückschlüsse auf andere Nutzer:innen des Langsamverkehrs zu ziehen und diese bei Bedarf gesondert zu untersuchen. Beispielsweise werden die Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen eines Kontrollversuchs in Bezug mit den Messungen des Projekts „Super Testsite Würzburg“ gesetzt und damit zusätzlich im Kontext des Zufußgehens überprüft.

#### Räumlich

Aus der einleitenden Problemstellung geht hervor, dass neben der Mobilität insbesondere auch das Thema Dichte einen maßgeblichen Einfluss auf die (negative) menschliche Wahrnehmung öffentlicher Stadträume ausübt. Darüber hinaus gelten im Sinne der 15-Minuten-Stadt die Faktoren Dichte, Erreichbarkeit und Nutzungsmischung im Allgemeinen als langsamverkehrsfördernde Faktoren (Kurth, 2021). Außerdem wird der räumliche Kontext der vorliegenden Arbeit auch

durch die Datengrundlage der EmoCycling-Messungen aus den Projekten Cape Reviso und ESSEM eingegrenzt, die in insgesamt fünf Städten durchgeführt wurden.

Die Bearbeitung wird dementsprechend räumlich auf deutsche Mittel- und Großstädte mit einer Einwohnerzahl von 30.000 bis unter einer Million Einwohner eingegrenzt, in denen in den letzten Jahren Stressmessungen durchgeführt wurden. Vor diesem Hintergrund wird der räumliche Betrachtungsrahmen innerhalb dieser potenziellen Untersuchungsstädte auf deren Innenstadtgebiete eingegrenzt, um ein Mindestmaß an Urbanität und Dichte sicherzustellen.

### **Maßstäblich**

Die Auswertung der verschiedenen EmoCycling-Messungen der Projekte Cape Reviso und ESSEM konzentriert sich maßstäblich zunächst auf eine großflächige Gesamtbetrachtung der Messergebnisse im unmittelbaren Innenstadtbereich der untersuchten Städte. Darauf aufbauend werden anschließend auffällige Stress-Hotspots im Rahmen von weiterführenden kleinmaßstäblicheren Auswertungen analysiert und ihre Eignung als Fallstudien überprüft.

Neben der gesamtstädtischen Betrachtung der Stressmessungen lässt sich die Untersuchung der Stress-Hotspots und Fallstudien deshalb auf einen Betrachtungsraum von circa ein bis drei Blocktiefen vor beziehungsweise nach den identifizierten Hochpunkten eingrenzen. Dabei geht es im Rahmen der Analyse Stress auslösender Faktoren sowohl um die Untersuchung übergeordneter Zusammenhänge als auch um die Betrachtung stadtraumspezifischer Details. Die Arbeit wird deshalb maßstäblich auf die Betrachtungsmaßstäbe von 1:5.000 bis 1:100 eingegrenzt.

### **Zeitlich**

Der zeitliche Rahmen der durchgeführten Stressorenanalyse, die den Hauptteil dieser Forschungsarbeit bildet, orientiert sich einerseits an den bereits durchgeführten EmoCycling-Messungen der Projekte Cape Reviso und ESSEM aus den Jahren 2021 und 2022 sowie später im Kontrollversuch auch an den Messungen des Projekts Super Testsite Würzburg aus dem Jahr 2024. Andererseits wird der zeitliche Rahmen der Analyse auch durch die mehrmals und zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten durchgeführten Vor-Ort-Begehungen definiert, die im Zeitraum vom Herbst 2022 bis Herbst 2024 stattgefunden haben.

Im Rahmen des darüber hinaus identifizierten Forschungsbedarfs kann der zeitliche Rahmen für alle Interventionen, die aus den Stressorenanalysen resultieren – auch aufgrund der langen Entwicklungsdauer städtebaulicher Planungen –, perspektivisch in etwa bis zum Jahr 2050 definiert werden. Dieser langfristige Rahmen orientiert sich auch an den Zielen der Bundesregierung, bis zum Jahr 2050 weitestgehend treibhausgasneutral zu sein (Bergk et al., n.d.) und aktiv alle klimafreundlichen, emissionsarmen beziehungsweise emissionsfreien Verkehrsmittel zu fördern.

## 1.4 Aufbau und Methodik der Arbeit

Im folgenden Abschnitt werden der Aufbau und die methodische Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit skizziert.

### 1.4.1 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in acht aufeinander aufbauende Kapitel, deren Inhalt im Folgenden kurz umrissen wird.

Im ersten Kapitel „***Eine Basis schaffen***“ wurde bereits die zugrunde liegende Problemstellung erläutert und sowohl die Zielsetzung als auch die mit der Arbeit zu schließenden Forschungslücken definiert. Darauf aufbauend wurden die zugrunde liegenden Forschungsfragen definiert, deren Bezüge erläutert und das Themenfeld der Untersuchungen weiter eingegrenzt. Anschließend wurden der gewählte Aufbau und die Methodik der Arbeit beschrieben.

Mit dem zweiten Kapitel „***Status quo***“ verschafft sich die Arbeit einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. Neben der Gliederung in verschiedene Themenfelder untersucht die Betrachtung des Forschungsstandes in diesem Zusammenhang verschiedene methodische Ansätze. Dabei werden insbesondere verschiedene quantitative und qualitative Ansätze hinsichtlich der Erforschung unterschiedlicher harter und weicher Untersuchungsfaktoren in der Ursachenforschung beleuchtet.

Im dritten Kapitel „***Räume identifizieren***“ leitet die Arbeit in die Fallstudien über. Nach einer kurzen Einführung werden hier zunächst einige infrage kommenden Städte im Rahmen von Kurzporträts dargestellt. Anhand definierter Kriterien werden daraufhin zwei Städte für die Untersuchungen ausgewählt und im Zuge von detaillierten Stadtprofilen vorgestellt. Innerhalb der zwei ausgewählten Untersuchungsstädte werden anschließend die vorliegenden Heatmaps der EmoCycling-Messungen analysiert. Aus dieser Analyse heraus werden pro Untersuchungsstadt schließlich jeweils zwei markante Stress-Hotspots als Fallstudien definiert, sodass sich für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit insgesamt vier Fallstudien ergeben.

Das vierte Kapitel „***Erfassen und Übersetzen***“ identifiziert die zu untersuchenden Einflussfaktoren zunächst auf theoretischer Basis und losgelöst von den Fallstudien. Für die einzelnen Einflussfaktoren werden dann in einem Datenerhebungsplan jeweils zur Verfügung stehende Datenquellen und adäquate Analysemethoden erarbeitet. In einem nächsten Schritt entwickelt die Arbeit dann eine Übersetzungsmethodik, mit der es ermöglicht werden soll, die menschliche Wahrnehmung eines Stadtraums in Einzelfaktoren aufzugliedern und miteinander zu vergleichen. Die Methodik wird schließlich im Rahmen eines Testlaufs in Karlsruhe erprobt und daraus weiterführende Erkenntnisse für die Erhebungen der Arbeit gewonnen.

Im fünften Kapitel „**Analysieren und Auswerten**“ werden dann die Erhebungen in den vier Fallstudien durchgeführt. Dabei werden die untersuchten Faktoren gemäß der entwickelten Methodik jeweils in einer Gesamtdarstellung, der Stressorenmatrix, visualisiert. Im Rahmen der Auswertung werden dann anhand der Stressorenmatrizen erste Hypothesen über die Zusammenhänge der Faktoren mit Stress, gegenseitige Wechselwirkungen zwischen den Untersuchungsfaktoren sowie übergeordnete Stressphänomene aufgestellt.

Das sechste Kapitel „**Prüfen und Implementieren**“ stellt die Methodik und die abgeleiteten Hypothesen dann im Rahmen eines Kontrollversuchs auf den Prüfstand. Daran anknüpfend wird schließlich die Anwendung der Methodik in der Planungspraxis untersucht. Vor diesem Hintergrund werden sowohl die Schnittstellen zur Planung als auch spezifische Strategien für eine erfolgreiche Implementierung in der Planungspraxis skizziert.

Im siebten Kapitel „**Reflektieren und Evaluieren**“ werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und dabei der Bezug zu den eingangs gestellten Forschungsfragen hergestellt. Darüber hinaus wird der entwickelte Methodenansatz im Rahmen der Diskussion ausgewählter Punkte kritisch reflektiert.

Abschließend zeigt das achte Kapitel „**Ausblick und Schlussbetrachtung**“ verschiedene Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsarbeiten auf und schließt die Untersuchungen mit einem Schlusswort ab.

#### 1.4.2 Methodische Vorgehensweise

Im nachfolgenden Abschnitt wird auf das methodische Vorgehen der einzelnen Bearbeitungsphasen dieser Arbeit eingegangen und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schritten aufgezeigt. Die Erläuterung konzentriert sich dabei nur auf die wesentlichen methodischen Schritte der Arbeit und soll dazu dienen, ein Grundverständnis über die methodische Vorgehensweise dieser Dissertation zu skizzieren. Das bereits zu Beginn der Arbeit gezeigte Prozessdiagramm (siehe Abbildung 1) dient hierfür als Gesamtübersicht.

Im Zuge der Auswahl potenzieller Untersuchungsstädte und Fallstudien stützt sich die Methodik der vorliegenden Arbeit insbesondere auf die dezidierte Auswertung bestehender Datensätze aus den Stressmessungen der Urban Emotions Initiative. Folglich wird die Städteauswahl auf diejenigen Städte eingegrenzt, in denen bereits EmoCycling-Messungen vonseiten der Initiative durchgeführt wurden. Die zugrunde liegenden Messdaten werden in diesem Untersuchungsschritt sowohl anhand einer Datenübersicht als auch in Form von räumlichen Karten (Stress-Heatmaps) aufbereitet. Der so entstehende Auswahl-Pool potenzieller Untersuchungsstädte wird aus den fünf Städten Ludwigsburg, Osnabrück, Karlsruhe, Stuttgart und Herrenberg ge-

bildet. Innerhalb dieses Städte-Pools greift die Arbeit dann auf das Mittel des Recherchierens und Vergleichens zurück, um die Auswahl weiter einzuschränken. Darauf aufbauend werden zunächst alle fünf potenziellen Untersuchungsstädte anhand definierter Kriterien in Kurzporträts vorgestellt. Durch diese direkte Gegenüberstellung werden schließlich zwei Städte als Untersuchungsstädte ausgewählt, die anschließend im Rahmen eines kurzen Rechercheteils in detaillierten Stadtprofilen dargestellt werden. Methodisch wird hier erneut eine umfassende Recherche vorgenommen und die beiden Untersuchungsstädte dabei hinsichtlich ihrer Stadtstruktur, ihrer historischen Prägungen und in Bezug auf aktuelle Planungen beleuchtet.

Auf diesen Grundlagen basiert die anschließend vorgenommene Auswahl der Fallstudien. In diesem Zusammenhang werden die Heatmaps der EmoCycling-Messungen methodisch zunächst auf auffällige Stresspunkte untersucht und anhand dessen eine erste Vorauswahl getroffen. Um die Eignung der identifizierten Stresspunkte als Fallstudien zu verifizieren, werden die identifizierten Hotspots mithilfe einer Strukturanalyse daraufhin detailliert hinsichtlich verschiedener räumlicher Aspekte untersucht und ihrer gesamtstädtische Bedeutung evaluiert. Damit kann gewährleistet werden, dass mit den Fallstudienuntersuchungen möglichst vielfältige räumliche Situationen abgedeckt werden und folglich ein möglichst breites Spektrum an Stressoren in die Untersuchungen einfließen. Für jede der beiden Untersuchungsstädte werden mithilfe dieses Verfahrens jeweils zwei neuralgische Punkte als Fallstudie definiert.

In der darauffolgenden Bearbeitungsphase nähert sich die Arbeit mithilfe von explorativen Untersuchungen an die Entwicklung eines Methodenansatzes und entsprechender Methodenbausteine an. Aus dem aktuellen Stand der Forschung wird hierfür zunächst die Frage nach dem „Was?“ und „Womit?“ geklärt. Eine thematische Sammlung erster Untersuchungsfaktoren dient in diesem Kontext dazu, verschiedene Analysemethoden und Datengrundlagen zu erproben. Nach dieser ersten Annäherung setzt sich die Arbeit daraufhin intensiv mit der Frage nach dem „Wie?“ auseinander und entwickelt mithilfe geometrischer Annäherungen einen ersten Ansatz, mit dem die Analyse der einzelnen Stressoren in eine vergleichende, schematische Form übersetzt werden kann. Diese Übersetzungsmethode besteht aus den Methodenbausteinen „Stressorenabwicklung“ und „Stressorenmatrix“. Die beiden Bausteine werden in den Untersuchungen wie folgt angewendet: Die Analyse jedes Untersuchungsfaktors wird zunächst nach einem vorgegebenen Raster in Form der Stressorenabwicklung dargestellt. Dadurch liegt schließlich für alle untersuchten Faktoren einer Fallstudie jeweils eine Stressorenabwicklung vor. Zum Schluss werden alle Abwicklungen einer Fallstudie daraufhin gemeinsam mit den Ergebnissen der Stressmessungen in einer vergleichenden Übersicht, der Stressorenmatrix, dargestellt.

Im Rahmen von zwei explorativen Testläufen werden daraufhin sowohl die potenziellen Untersuchungsfaktoren und die Methodenbausteine in einem realen Kontext getestet als auch weiter-

führend mit verschiedenen Möglichkeiten der Datenerhebung experimentiert. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen dazu, den Aufbau der Untersuchungen weiter optimieren zu können und bilden die Grundlage für die Definition des Datenerhebungsplans.

Mithilfe der im Datenerhebungsplan definierten Untersuchungsfaktoren, Fallstudien und Methodenbausteinen wird daraufhin in die Fallstudienuntersuchungen übergeleitet, in denen der erarbeitete Methodenansatz dann zur Anwendung kommt. Abhängig von den jeweiligen Untersuchungsfaktoren und den entsprechend definierten Analysemethoden werden dabei sowohl Luftbilder und Geodaten analysiert als auch eigene Messungen und Vor-Ort-Begehungen vorgenommen. Die somit auf verschiedenste Art und Weise gewonnenen Daten werden daraufhin in den einzelnen Stressorenabwicklungen in eine quantifizierbare Form übersetzt und in den Stressorenmatrizen gesammelt. Für jede der Fallstudien liegt folglich jeweils eine Stressorenmatrix vor.

Im Rahmen des anschließenden Auswertungsprozesses werden die verschiedenen Ausprägungen der Stressorenabwicklungen dann mithilfe einer vergleichenden Methodik miteinander in Beziehung gesetzt. Dabei werden sowohl der Zusammenhang der Faktoren mit Stress als auch deren gegenseitige Wechselwirkungen untersucht. Aus diesen beiden ersten Hypothesen leitet die Arbeit daraufhin eine übergeordnete Hypothese zu übergeordneten Stressphänomenen im urbanen Kontext ab. Die somit gewonnenen Erkenntnisse werden daraufhin in einem Kontrollversuch überprüft, der den letzten methodischen Schritt der vorliegenden Arbeit bildet. Hier werden zunächst auf Grundlage von Stressmessungen in der Stadt Würzburg nach der vorgestellten Methode weitere Stressorenabwicklungen und Matrizen erstellt und ausgewertet. Zum Schluss werden die Ergebnisse im Zuge einer Konsistenzprüfung mit den Auswertungen der Fallstudien verglichen, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere räumliche Situationen bewerten zu können.



## 1.5 Zusammenfassung Kapitel 1

In Kapitel 1 wird die mit dieser Arbeit behandelte Problemlage skizziert, die Ziele und zu füllenden Forschungslücken definiert, die Forschungsfragen und Bezüge geklärt sowie in den Aufbau und die Methodik der Arbeit eingeführt.

Zu Beginn wird dabei zunächst in die Problemstellung der vorliegenden Forschung eingeleitet. In diesem Zusammenhang wird insbesondere der Bedeutungsverlust des öffentlichen Raums als Kernthema herausgearbeitet und auf die sich zunehmend ins Negative wandelnde menschliche Wahrnehmung von dichten Stadträumen respektive das zunehmende Entstehen von „Stress“ verwiesen. Anhand der drei Spannungsfelder „Transformation der Europäischen Stadt“, „Mobilität & Öffentlicher Raum“ sowie „Dichte & Öffentlicher Raum“ erläutert die Arbeit daraufhin zunächst die typische Symptomatik dichter Stadträume. Daran anknüpfend wird anhand der Methodik des Emotion Sensings vorgestellt, welche Möglichkeiten zur Symptomerkennung bereits in der Planungspraxis existieren, mithilfe derer menschliche Stressreaktionen in urbanen Räumen präzise gemessen und lokalisiert werden können.

Anhand der beschriebenen Symptomlage und der bereits entwickelten Möglichkeiten zur Symptomerkennung wird daraufhin der dringende Handlungsbedarf formuliert, der Erforschung der Ursachen für das negative Erleben von „Stress“ in dichten Stadträumen einen besonderen Stellenwert beizumessen. Dabei stellt die vorliegende Arbeit eine Analogie zur Medizin her, in der im Allgemeinen jegliche Maßnahmen zur Erkennung von Krankheitsbildern unter dem Begriff der „Diagnose“ zusammengefasst werden. Unter dem Begriff der „Stadtraumdiagnostik“ formuliert die Arbeit deshalb das Ziel, eine diagnostische Methode zu entwickeln, mithilfe derer die Ursachen für das Entstehen von „Stress“ in dichten Stadträumen erstmals ganzheitlich aus der menschlichen Perspektive heraus untersucht werden.

Basierend auf dieser Zielsetzung werden daraufhin die zu schließenden Forschungslücken definiert, die mit der fehlenden Operationalisierung, Ganzheitlichkeit sowie Quantifizierbarkeit zusammengefasst werden können. Neben der Erläuterung der Bedeutung dieses Methodenansatzes für weitere Forschungs- und Gesellschaftsbereiche werden im zweiten Teil auch die Bezüge der Forschungsarbeit geklärt, die Thematik eingegrenzt und die Forschungsfragen formuliert. Das Kapitel schließt mit einer kurzen Übersicht über den strukturell formalen Aufbau der Arbeit und der Darstellung der methodischen Vorgehensweise, die sich insbesondere auf die Auswertung bestehender Datensätze aus Stressmessungen der Urban Emotions Initiative, der experimentellen Methodenentwicklung mithilfe von Testläufen, die Anwendung des Methodenansatzes in insgesamt vier Fallstudien sowie dessen Überprüfung in einem Kontrollversuch stützt.



# 02

## KAPITEL 2

---

# STATUS QUO

## STAND DER FORSCHUNG

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 26 | 2.1 STRESSFORSCHUNG

S. 40 | 2.2 URSACHENFORSCHUNG

S. 67 | 2.3 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 2

## 2.1 Stressforschung

In diesem Kapitel setzt sich die vorliegende Arbeit intensiv mit der Disziplin der Stressforschung auseinander. Dabei werden in einem ersten Teil zunächst wahrnehmungstheoretische Grundlagen aus der Umweltpsychologie erläutert. Anschließend beschäftigt sich der zweite Teil dieses Kapitel intensiv mit dem Phänomen Stress und setzt sich mit den wichtigsten Grundbegriffen, theoretischen Modellen und zugrunde liegenden physiologischen Reaktionen auseinander. In einem dritten Abschnitt wird schließlich gezeigt, mit welchen Methoden Stress gemessen und lokalisiert werden kann, wie die gemessenen Daten ausgewertet werden und in welcher Form die Ergebnisse visualisiert werden.

### 2.1.1 Wahrnehmung von Stadt und Umwelt

Die Wahrnehmung seiner Umwelt ist stark im Menschen verwurzelt und ein fester Bestandteil seiner ursprünglichen und natürlichen Lebensweise. Diese Fähigkeit, seine Umwelt genau zu erfassen und kleinste Veränderungen wahrzunehmen, sicherte dabei nicht nur früheren primitiven Kulturen das Überleben, sondern bildet noch heute die Grundlage für unsere räumliche Orientierung.

*„[...] der primitive Mensch [besitzt] eine sehr starke Bindung zu der Landschaft, in der er lebt; er unterscheidet und benennt ihre kleinsten Bestandteile.“*

*(Lynch, 1965, S. 143)*

Anthropologische Ansätze, die sich mit der Einwirkung von Umwelteinflüssen auf den Menschen beschäftigen, identifizieren auch in der heutigen Zeit, in der der Mensch seine Umgebung zunehmend transformiert und dominiert, noch immer eine starke Wechselwirkung zwischen dem Menschen und seiner Umwelt (Mehrabian, 1987).

In diesem Kontext macht es sich das Feld der Umweltpsychologie zur Aufgabe, die Verhaltensweisen und Emotionen des Menschen mit der Umgebung, in der er sich aufhält, in Beziehung zu setzen. Innerhalb der psychologischen Disziplinen ist diese Forschung in ihrer Vielschichtigkeit einzigartig, da nicht nur die Auswirkungen einer oder mehrerer Variablen auf das menschliche Verhalten erprobt werden. Aufgrund der realen Versuchsumgebung geht es bei dieser Forschungsrichtung nämlich insbesondere darum, die Masse der auf den Menschen einwirkenden Umweltreize im engen Zusammenhang mit den jeweiligen unterschiedlichen persönlichen Dispositionen zu betrachten. Denn der Vorgang der menschlichen Umwelterfassung nimmt nicht nur nahezu alle menschlichen Sinne in Anspruch, sondern greift in einem hohen Maß auch auf vergangene Ereignisse und Erinnerungen zurück.

*„Es ist in jedem Augenblick mehr vorhanden, als das Auge zu sehen und das Ohr zu hören vermag [...]. Nichts wird durch sich selbst erfahren, alles steht im Zusammenhang mit seiner Umgebung, mit der Aufeinanderfolge von Ereignissen [...], mit der Erinnerung an vergangene Erlebnisse.“*

*(Lynch, 1965, S. 10)*

Diese komplexen Grundbedingungen sorgen dafür, dass, ganz im Gegensatz zu Forschungen unter Laborbedingungen, ein Großteil der Untersuchungsvariablen in den Forschungen der Umweltpsychologie unbekannt sind (Mehrabian, 1987).

In Bezug auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit erscheint dieser Bezug von besonderem Interesse, da die Umweltpsychologie aus dieser Problemlage heraus Ansätze erarbeitet, um sowohl die Komplexität der Umwelt als auch das subjektive Empfinden und das Verhalten der Menschen systematisch und objektiv erfassen zu können.

### 2.1.1.1 Umweltreize und Emotionen

Die Gefühle – oder Emotionen – sind in der Umweltpsychologie immer als eine Reaktion des Menschen auf seine Umwelt zu verstehen (Mehrabian, 1987). Aufgrund der Annahme, dass der Mensch sich konstant in einem Gefühlszustand befindet, kann die Veränderung dieses Zustandes in der logischen Konsequenz als ein verlässlicher Indikator für einen Reiz angenommen werden.

*„Die Gefühle sind der kleinste gemeinsame Nenner der Reaktion auf Orte, Menschen und Ereignisse. Sie sind der allgegenwärtige Teil des Daseins; das heißt, ein Mensch befindet sich immer in einem Gefühlszustand.“*

*(Mehrabian, 1987, S. 180)*

Dabei wird die These aufgestellt, dass sich die menschlichen Gefühle zwar nicht im herkömmlichen Sinne quantitativ messen lassen, sie jedoch zugänglich für präzise Beschreibungen sind, die sich wiederum in eine Systematik oder „Messung“ übersetzen lassen. Die Umweltpsychologie betrachtet im Rahmen dieser Untersuchungen die unterschiedlichsten Formen von Umwelt und analysiert in diesem Zusammenhang nicht nur Außenräume, sondern untersucht die auf den Menschen wirkenden Reize zusätzlich auch in vergleichsweise deutlich reizärmeren Innenräumen.

Das daraus entwickelte System zur Beschreibung verschiedener Umwelten beruht auf der Menge von Informationen, die in einer bestimmten Zeiteinheit in der spezifischen Umwelt enthalten sind und dementsprechend vom Menschen wahrgenommen und verarbeitet werden müssen. Diese Dichte an Informationen wird in der Umweltpsychologie allgemein auch als „Reizvolumen“ bezeichnet.

*Wie komplex eine Umwelt ist hat damit zu tun, wie viele Elemente, Merkmale oder Veränderungen sie enthält. Je mehr Elemente oder Veränderungen, desto größer ist die Ungewissheit, und desto größer ist daher das Reizvolumen.“*

*(Mehrabian, 1987, S. 18)*

Die Umweltpsychologie verallgemeinert demzufolge die menschliche Reaktion auf Umweltreize in zwei grundlegende Muster: Annäherung oder Meidung (Mehrabian, 1987). Natürlich reagiert der Mensch bei seiner Bewegung durch den Raum also auf die auf ihn einwirkenden Umweltreize entweder positiv mit Annäherung oder negativ mit Meidung. In einer natürlichen Alltagssituation ist der Mensch jedoch einer solchen Vielzahl an Reizen ausgesetzt, die allein aufgrund ihrer Masse gar nicht klar voneinander abzugrenzen sind. Je nachdem, welcher Teil überwiegt beziehungsweise welche Reize dominanter auf seine Wahrnehmung einwirken als andere, empfindet der Mensch in Summe entweder Sicherheit und Wohlbefinden oder Unbehagen.

Das Verarbeiten von Umweltreizen und demnach auch die menschliche Wahrnehmung der Umwelt ist folglich als ein empfindliches Gleichgewicht zu verstehen, das bereits durch kleinste Veränderungen beeinträchtigt werden kann.

### 2.1.1.2 Komplexität der Umwelt „Stadt“

Wie im vorherigen Abschnitt bereits angeklungen ist, manifestiert sich die Umwelt „Stadt“ als eine Umwelt mit einem äußerst hohen Reizvolumen für den Menschen und ist deshalb auch als eine hochkomplexe Forschungsumgebung zu verstehen. In seinem Unterbewusstsein nimmt der Mensch bei seiner Bewegung durch die Stadt nämlich deutlich mehr visuelle und akustische Umweltreize wahr, als ihm bewusst ist. Dadurch ist er unterbewusst stetig damit beschäftigt, diese auf ihn einwirkenden Reize aufzunehmen, zu selektieren und schließlich einzuordnen.

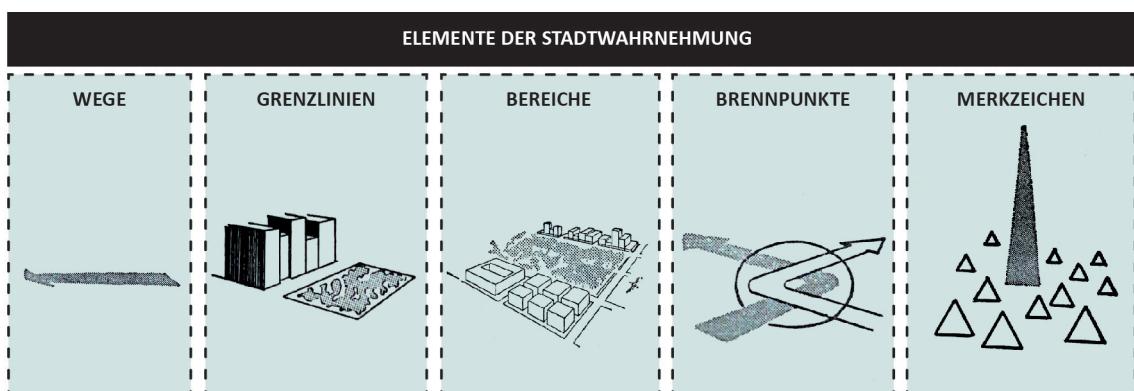
Die größtenteils unterbewusst ablaufende menschliche Wahrnehmung einer Stadt wird jedoch nicht nur von physischen und ortsfesten Elementen geprägt, sondern zu einem bedeutenden Teil auch von beweglichen Elementen wie etwa Menschen und Autos beeinflusst. Der Mensch ist also nicht nur ein Beobachter des Schauspiels Stadt, sondern wird durch seine Bewegung durch den Raum auch selbst zum Akteur (Lynch, 1965).

Dieses komplexe Zusammenspiel aus ortsfesten und beweglichen Elementen, aus aktiver Teilnahme und passiver Beobachterrolle und der Aktivierung nahezu aller Sinne führt in der Konsequenz auch dazu, dass Stadträume vom Menschen nur sehr fragmentarisch wahrgenommen werden. Das menschliche Bild der Stadt setzt sich in der Realität folglich aus mehreren Teilbildern zusammen. Denn aufgrund des hohen Reizvolumens der Umgebung Stadt ist der Mensch nur durch diese Aufteilung beziehungsweise Konzentration seiner Aufmerksam-

keit überhaupt erst dazu imstande, Stadträume erfassen zu können. Doch auf welche Weise selektiert die menschliche Wahrnehmung diese Teilbilder? Welche Elemente sind dabei prägend für unsere Wahrnehmung und unser Bild der Stadt? Welche anderen Elemente werden hingegen vernachlässigt?

### 2.1.1.3 Wahrnehmungsprägende Elemente

Mit unter anderem diesen Fragestellungen beschäftigt sich die Stadtplanung beziehungsweise die Stadtforschung an ihren Schnittstellen zur Geografie, Umweltpsychologie und Raumwahrnehmung. In diesem Zusammenhang gilt insbesondere Kevin Lynch mit seinem 1960 erschienenen Werk „The Image of the City“ als einer der Wegbereiter der Erforschung der menschlichen Wahrnehmung im urbanen Raum (Lynch, 1965). In Bezug auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit soll mithilfe der von Lynch erarbeiteten Ansätze in diesem Abschnitt dargestellt werden, inwiefern die Ausprägung verschiedener räumlicher Faktoren die menschliche Wahrnehmung eines Stadtraums prägen kann.



*Abbildung 9: Fünf Elemente der Stadtwahrnehmung nach Lynch: (v.l.n.r.) Wege, Grenzlinien, Bereiche, Brennpunkte und Merkzeichen (Quelle: Eigene Darstellung nach Lynch, 1965)*

Die Entschlüsselung der wahrnehmungsprägenden Elemente verschiedener Stadtstrukturen bildet ein zentrales Thema der Arbeit von Lynch. Nach Lynchs Ansatz lässt sich das individuelle innere Bild einer Stadt, das sich der Mensch unterbewusst bei seiner Bewegung durch die Stadt anfertigt, auf wenige räumliche Kernelemente herunterbrechen. Er stellt in diesem Zusammenhang die These auf, dass das positive beziehungsweise negative Erleben eines Stadtraums maßgeblich von der Wahrnehmung dieser räumlichen Kernelemente einer Stadt beeinflusst wird (Lynch, 1965). Ähnlich wie die Forschungen aus der Umweltpsychologie begründet er diesen unterbewusst ablaufenden Prozess der Selektion mit dem natürlichen menschlichen Bedürfnis nach Orientierung beziehungsweise der Notwendigkeit eines Bezugssystems.

Methodisch führt Lynch seine Untersuchungen mithilfe von qualitativen Befragungen und Kartierungen durch und visualisiert die Ergebnisse in Form von kognitiven Karten, auch „Mental

Maps“ genannt. Im Rahmen seiner Untersuchungen in den drei amerikanischen Städten Boston, Jersey City und Los Angeles gelingt es ihm schließlich, fünf wahrnehmungsprägende Kern-elemente zu identifizieren: Wege, Grenzlinien, Bereiche, Brennpunkte und Merkzeichen (Lynch, 1965). Lynchs Skizzen zu diesen fünf wahrnehmungsprägenden Elementen sind in Abbildung 9 zu sehen.

Am Beispiel des Kernelements „Weg“ soll im Folgenden kurz erläutert werden, wie individuell die Wahrnehmung dieser fünf Elemente sich jedoch gleichzeitig manifestiert. So stellten sich die Wege bei den Befragungen in Lynchs Studie zwar als vorherrschendes Element in den Untersuchungsstädten seiner Forschung heraus, wurden aber in ganz unterschiedlichen Zusammenhängen genannt und mit unterschiedlichen Bedeutungen verknüpft (Lynch, 1965). Während bei den weniger ortskundigen Befragten die Straßen beispielsweise vorrangig mit Bezirken verknüpft wurden, bezogen sich die ortskundigen Befragten vielmehr auf die übergeordnete Straßenstruktur und setzten die Straßen miteinander in Beziehung.

Darüber hinaus spielten auch verschiedene Nutzungsschwerpunkte und -dichten eine große Rolle in der Wahrnehmung des Elements Weg. Straßen mit einer Ballung an Einkaufsmöglichkeiten oder auch Straßen mit einem hohen Verkehrsaufkommen wurden von den Befragten zum Beispiel verstärkt wahrgenommen, dienten ihnen zur Orientierung und wurden deutlich öfters genannt als andere, weniger intensiv genutzte Straßenabschnitte.

Lynchs Untersuchungen gelangen darüber hinaus zu dem Schluss, dass auch begleitende charakteristische Elemente und besondere räumliche Eigenschaften als identitätsstiftende Merkmale von besonderer Bedeutung für die Wahrnehmung eines Straßenraums seien. Wege, die von auffallenden Fassaden flankiert wurden, oder aber durch einen überdurchschnittlich breiten oder engen Querschnitt auffielen, blieben beispielsweise deutlich öfters im Gedächtnis der Befragten. Als einen weiteren wichtigen Aspekt für die Wahrnehmung und Orientierung innerhalb einer Stadt identifizierte Lynch außerdem die Kontinuität. Durchgehende und wiederkehrende Elemente, wie zum Beispiel ein einheitlicher Querschnitt des Gehsteigs oder sich wiederholende Fassadenelemente spielten in Lynchs Untersuchungen bei der Identifizierung und Wiedererkennung von Wegen eine wichtige Rolle.

Von besonderem Interesse für die vorliegende Arbeit ist es darüber hinaus, dass es Lynch im Rahmen seiner Forschungen auch gelungen ist, den Umkehrschluss zu belegen. Vor diesem Hintergrund konnte Lynch nachweisen, dass identitätsstiftende Merkmale und Kontinuität die Orientierung in einer Stadt nicht nur erleichtern, sondern dass ihr Fehlen umgekehrt auch Verwirrung, Orientierungslosigkeit und Unsicherheit zur Folge haben kann.

„Dort, wo Hauptstraßen jede Individualität vermissen ließen  
oder leicht miteinander zu verwechseln waren,  
geriet das ganze Stadtbild in Verwirrung.“

(Lynch, 1965, S. 67)

Aus Lynchs Forschung wird deutlich: Je klarer und eindeutiger eine Stadt in ihren Grundelementen geordnet ist, desto leichter fällt es dem Menschen bei seiner Bewegung durch die Stadt, sich ein inneres Bild anzufertigen. Diese Lesbarkeit gibt dem Menschen in Form eines inneren Bezugsystems nicht nur im praktischen Sinne die Möglichkeit zur Orientierung und erleichtert ihm die Bewegung im Raum, sondern vermittelt ihm darüber hinaus auch ein Gefühl von Sicherheit und befördert positive Emotionen. Fehlt diese Orientierung und Sicherheit, kann es im Umkehrschluss jedoch dazu kommen, dass der Mensch sich bei seiner Bewegung durch einen Stadtraum unsicher fühlt und negative Emotionen verspürt.

### 2.1.2 Das Phänomen Stress

Die vorangegangene Betrachtung der Mensch-Umwelt-Beziehung zeigt aus den Perspektiven der Umweltpsychologie und Stadtforschung auf, wie stark die menschliche Stadtwahrnehmung durch das unterbewusste Erfassen und emotionale Verarbeiten von räumlichen Mustern und Reizen geprägt wird (Lynch, 1965; Mehrabian, 1987). Dabei sind es jedoch nicht nur positive Emotionen, die unsere Stadtwahrnehmung prägen. Denn negative Erlebnisse und Emotionen bleiben oftmals weitaus stärker im menschlichen Gedächtnis verankert und können unser individuelles Erlebnis von Stadt nachhaltig beeinflussen. Diese negativ erlebten Emotionen werden im alltäglichen Sprachgebrauch häufig auch mit dem Begriff „Stress“ zusammengefasst. Allerdings wird diese Begrifflichkeit wenig einheitlich verwendet und so werden ganz unterschiedliche Situationen und emotionale Zustände mit dem Wort Stress beschrieben. Was ist jedoch genau mit dem Begriff Stress gemeint? Welche Grundverständnisse liegen hier in der Forschung zugrunde? Wie entsteht Stress und wie wird er im menschlichen Körper verarbeitet? Und vor allem: Wie kann Stress im urbanen Kontext überhaupt nachgewiesen werden?

#### 2.1.2.1 Grundbegriffe

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen sollen im Folgenden die wichtigsten Definitionen und Begrifflichkeiten rund um das Thema Stress erläutert werden. Der Begriff „Stress“ leitet sich vom gleichnamigen englischen Wort „stress“ ab und meint eine Art von Druck, Beanspruchung, Belastung beziehungsweise Anspannung (Plaumann et al., 2006). Im wissenschaftlichen Kontext wird Stress auch als die physiologische, psychologische und verhaltensbezogene Anpassung des Menschen auf bestimmte Reize definiert (Werdecker et al., 2019). Diese vielfältigen An-

passungsreaktionen werden in der Stressforschung mit dem Begriff „Stressreaktion“ beschrieben (Plaumann et al., 2006). Als Auslöser einer Stressreaktion werden in diesem Zusammenhang unter dem Terminus „Stressoren“ beziehungsweise „Stressfaktoren“ verschiedene physikalische, situative, alltagsbezogene, körperliche oder psychosoziale Faktoren zusammengefasst (Plaumann et al., 2006; Werdecker et al., 2019). Die Untersuchung urbaner Stressoren ist ein wesentlicher Teil dieser Forschungsarbeit und wird im Rahmen der Methodenentwicklung im Hauptteil dieser Arbeit noch detaillierter aufgegriffen.

### **2.1.2.2 Theoretische Stressmodelle**

In Hinblick auf ein besseres Verständnis für das Phänomen Stress sollen in diesem Abschnitt nun verschiedene theoretische Modelle aus der Stressforschung erläutert werden. Daran anknüpfend werden weiterführend auch die zugrunde liegenden physiologischen Anpassungsreaktionen des menschlichen Körpers erläutert.

Im Kontext der Stressforschung gibt es verschiedene Stressmodelle und -theorien, die seit den 1930er-Jahren entwickelt und postuliert wurden (Fink, 2009). Die grundlegende Varianz zwischen den verschiedenen Stresstheorien liegt vor allem in ihrer Anpassungsfähigkeit und Operationalisierung. Im allgemeinen Verständnis manifestiert sich Stress immer dann, wenn Ressourcen zur Verarbeitung von Umweltreizen aufgebracht werden müssen. Je nachdem, auf welches theoretische Stressmodell sich gestützt wird, wird Stress dann entweder als Reaktion des Körpers (Stress als Reaktion) oder der Psyche (Stress als Reiz oder Stress als Transaktion) verstanden. Analog dazu wird in der Stressforschung eine Unterscheidung in physiologische respektive biologische und psychologisch orientierte Stressmodelle vorgenommen. Jenseits der hier vorgestellten Stressmodelle gibt es eine Reihe weiterer theoretischer Verständnisse des Phänomens Stress, die jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit sind. Die stresstheoretischen Grundlagen der vorliegenden Arbeit entsprechen zum Großteil den Stress-als-Reaktion-Modellen. Dennoch werden als Ergänzung auch subjektive Komponenten in den angeführten Untersuchungen berücksichtigt, die sich wiederum auf psychologische Stressmodelle zurückführen lassen.

#### **2.1.2.2.1 Physiologische Stressmodelle**

Das physiologische Stressmodell (Stress als Reaktion) versteht Stress als körperliche Reaktionen auf einen externen Reiz beziehungsweise einen „Stimulus“. Im Mittelpunkt steht bei diesem Modell die Annahme über die objektive Beschaffenheit eines jeden Reizes, wonach laut dieser Theorie die Schlussfolgerung resultiert, dass ein Stimulus alle Menschen gleichermaßen „stresst“ (Busse et al., 2006). Dieses Stress-als-Reaktion-Modell wurde maßgeblich von Walter Bradford

Cannon in den frühen 1910er-Jahren geprägt und später in den 1950er-Jahren von Hans Selye weiterentwickelt (Werdecker et al., 2019). Cannon, der als Professor für Physiologie an der Harvard University lehrte, beschrieb als erster Wissenschaftler das Phänomen Stress anhand des Organismus von Säugetieren (Cannon, 1914). Er stellte im Rahmen seiner Forschungen fest, dass der Organismus bei drohender Gefahr mit schützenden physiologischen Mechanismen reagiert, um alle verfügbaren Energiereserven zu aktivieren und somit im Notfall die eigene Leistungsbereitschaft zu erhöhen. Cannon bezeichnet diese überlebensnotwendige Reaktion des Organismus in seiner Arbeit als „*fight or flight response*“ beziehungsweise „*Kampf-oder-Flucht-Reaktion*“ (Cannon, 1914).

Anknüpfend an Cannons Erkenntnisse beschäftigte sich daraufhin auch der Mediziner und Biochemiker Hans Selye mit der Erforschung physiologischer Stressreaktionen (Werdecker et al., 2019). Selye gilt noch heute als einer der wichtigsten Wegbereiter und wird oftmals in der Literatur als „*Vater der Stressforschung*“ bezeichnet (Fink, 2009). Selye identifizierte in seiner medizinischen Forschung in den 1950er-Jahren, dass Patienten mit unterschiedlichen Krankheiten ähnliche körperliche Reaktionen zeigten, wenn sie bestimmten Reizen ausgesetzt wurden (Selye, 1956). Auf Basis dieser Erkenntnisse stellte Selye daraufhin ein Stressmodell auf, das Stress als die Summe aller physiologischen Reaktionen des menschlichen Organismus auf seine Umwelt bezeichnet. Im Rahmen des von ihm beschriebenen „*Allgemeinen Adaptionssyndroms*“ ist diese universelle Anpassungsreaktion immer – und hier liegt der grundlegende Unterschied zu anderen Stressmodellen – unabhängig vom jeweiligen Stressor (Selye, 1956; Werdecker et al., 2019). Selyes Stressmodell bildet eines der wichtigsten Modelle im Kontext der „*Stress als Reaktion*“-Theorien und wurde in einer Vielzahl daran anknüpfender Forschungsarbeiten aufgegriffen (Boucsein, 1988; Chrousos et al., 1988; Kreibig, 2010).

### 2.1.2.2 Psychologische Stressmodelle

Im Gegensatz zu physiologischen Stressmodellen wird im Rahmen psychologischer Stressmodelle der Fokus auf die Wahrnehmung, die Verarbeitung sowie die Bewältigung von Stress auslösenden Reizen respektive Stressoren gelegt (Werdecker et al., 2019). Im Fokus steht bei diesem Stressmodell neben den einwirkenden Reizen also vor allem die subjektive Einschätzung durch die betroffene Person selbst. Diese Annahme hat wiederum zur Folge, dass im Grundverständnis des psychologischen Stressmodells verschiedene Personen sehr unterschiedlich auf ein und denselben Reiz reagieren können (Busse et al., 2006).

Vor dem Hintergrund dieses Stressmodells ist insbesondere die Arbeit des Psychologen Richard Lazarus zu nennen, der in den 1980er-Jahren sein „*Transaktionales Modell*“ veröffentlichte (Lazarus et al., 1984). Das Modell wird deshalb als transaktional bezeichnet, weil zwischen dem

Stressor und der Stressreaktion die subjektive Bewertung eingeführt wird. Nach dieser Theorie handelt es sich um eine sehr individuelle Einschätzung, ob ein Reiz als Stressor wahrgenommen wird (Busse et al., 2006). So erlangt Lazarus in seiner Arbeit die Erkenntnis, dass sich der Mensch in ständiger Wechselwirkung mit seiner Umgebung befindet, und er sich dabei in ständiger rationaler Abwägung befindet. Im Rahmen von Lazarus Stresstheorie sind Emotionen schließlich rein rationaler Natur, da sie aus einem bewussten Abwägungs- beziehungsweise Bewertungsprozess unserer Umgebung resultieren. Im Rahmen seiner Arbeit untersucht Lazarus daran anknüpfend verschiedene Strategien zur Bewältigung von Stress, die er unter dem Begriff „Coping“ zusammenfasst (Lazarus et al., 1984).

### **2.1.2.3 Physiologische Stressreaktion**

Jenseits dieser unterschiedlichen theoretischen Grundverständnisse widmet sich die Disziplin der Stressforschung darüber hinaus auch seit ihren Anfängen der Erforschung der zugrunde liegenden physiologischen Reaktionen und ihrer Nachweismöglichkeiten. Für die vorliegende Forschungsarbeit sind diese Erkenntnisse vor allem hinsichtlich der als Datengrundlage verwendeten Emotion-Sensing-Messungen von Bedeutung, auf deren Funktionsweise in einem späteren Abschnitt eingegangen wird. In diesem Zusammenhang muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die detaillierten biologischen Mechanismen hinter einer Stressreaktion nicht Gegenstand dieser Arbeit sind und es im Rahmen der hier angestellten Forschungen lediglich um die Vermittlung eines Grundverständnisses geht.

In Hinblick auf die Erforschung der physiologischen Reaktionen des menschlichen Körpers bei einer Konfrontation mit Stress ist insbesondere die Arbeit von Walter Bradford Cannon, der bereits im Kontext des physiologischen Stress-als-Reaktions-Modells genannt wurde, von Interesse für die vorliegende Untersuchung. Cannon stellte im Zusammenhang seiner „Kampf oder Flucht“-Theorie fest, dass der menschliche Körper in Stresssituationen sein Nervensystem aktiviert und zu seinem Schutz Stresshormone freisetzt (Cannon, 1914). Die ausgeschütteten Hormone setzen zwei wichtige Systeme des Körpers in Betrieb: die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HHN-Achse) und das autonome Nervensystem (ANS). Mit der Aktivierung dieser beiden Systeme versucht der Körper, den Stress auszugleichen und den Zustand der Homöostase, also einen „stabilen“ Zustand, wiederherzustellen.

Wie auch weitere Forschungsarbeiten nach Cannon bestätigten, verändert der Körper für diese Anpassung mitunter die Herzaktivität, Schweißdrüsenaktivität und die Hauttemperatur (Chrousos et al., 1988). Jene messbaren physiologischen Signale können daher eindeutig in Verbindung mit der Reaktion des menschlichen Körpers auf eine Stresssituation gebracht werden (Karthikeyan et al., 2013). Hinsichtlich der Erforschung von Stress können diese messbaren

Parameter schließlich als Indikatoren für eine Stressreaktion herangezogen werden (Singh et al., 2018). In Bezug auf das quantitative Messen von Stress im urbanen Kontext, für das seit Anfang der 2000er-Jahre verschiedene Messverfahren entwickelt werden, gelten diese Indikatoren als wichtigste Messgrößen (Kyriakou, Resch et al., 2019). Insbesondere werden bei diesen Verfahren die Elektrodermale Aktivität (EDA), also die Veränderungen der Schweißdrüsaktivität, sowie die Hauttemperatur gemessen. Die genaue Funktionsweise dieses Messverfahrens für urbane Emotionen beziehungsweise urbanen Stress wird im folgenden Abschnitt erläutert.

### 2.1.3 Stress messen und lokalisieren

Aus der vorangegangenen Betrachtung kann festgehalten werden, dass der Mensch auf negative Umgebungsreize beziehungsweise in Folge der negativen Einschätzung einer Situation körperlich mit einer Stressreaktion reagiert. Diese komplexe Körperreaktion ist anhand bestimmter Indikatoren messbar und bildet die Grundlage für das quantitative Messen von Stress im urbanen Kontext (Kyriakou & Resch, 2019). Die bereits erläuterte Methodik des Emotion Sensings beziehungsweise EmoCyclings macht es sich hier zur Aufgabe, das subjektive Empfinden des Menschen mithilfe objektiver Messverfahren quantifizieren und lokalisieren zu können.

Da sowohl die inhaltliche Basis als auch die Datengrundlage der hier angestellten Forschungen im Wesentlichen auf Emotion-Sensing-Daten beruhen, soll im folgenden Abschnitt detailliert auf die Entwicklung und Funktionsweise der Methodik eingegangen werden. In diesem Kontext erscheint es von besonderer Relevanz, dass im Rahmen der Methodik des Emotion Sensings die menschlichen Emotionen anhand ihrer nahezu unverfälschbaren körperlichen Reaktion gemessen und damit nachweisbar gemacht werden (Polis Magazin, 2022).

„Kaum ein Mensch kann seine Biosignale beeinflussen.  
Ungeachtet dessen, ob Reaktionen unbewusst oder bewusst passieren,  
messen wir diese, um schlussendlich quantitative Ergebnisse zu erzielen.“

(Dr. Peter Zeile in Polis Magazin, 2022, S. 28)

Im Gegensatz zu Ansätzen, die mit rein qualitativen Befragungen arbeiten und beispielsweise die bewusst von den Probanden wahrgenommenen Gefühle abfragen, kann die Methode des Emotion Sensings also als eine Art Lackmustest für Stress im urbanen Kontext dienen. Die Methodik leistet damit einen wertvollen Beitrag zur Operationalisierung von Emotionen in der Planung und gibt einen unverfälschten Aufschluss darüber, in welchen stadtästhetischen Situationen Menschen sich unwohl fühlen und bewusst oder unterbewusst mit Meidung reagieren. Aufgrund der erläuterten Körperreaktionen und messbaren Indikatoren sei an dieser Stelle jedoch explizit darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Methodik ausschließlich der Nachweis von negativen Gefühlen möglich ist. Positive Gefühle können mithilfe der Emotion-Sensing-Messverfahren bislang nicht

nachgewiesen werden, da ihr Nachweis auf anderen Indikatoren beruht, die deutlich schwieriger messbar sind (Polis Magazin, 2022).

### 2.1.3.1 Ursprünge und Methodenentwicklung

Auf diese biophysiologischen Indikatoren stützt sich die Methodik des EmoCyclings bereits seit ihren Ursprüngen. Christian Nold initiierte 2009 mit seiner „emotionalen Kartografie“ die Stressmessung im realen Kontext und gilt damit als einer der Wegbereiter der EmoCycling-Methode (Nold, 2009). Nold entwickelte für seine Stressforschungen dabei ein eigenes „Bio-Mapping“- Gerät, mit dem es erstmals ermöglicht wurde, die messbaren Stress- beziehungsweise Erregungszustände georeferenziert innerhalb eines situativ-räumlichen Kontexts aufzuzeichnen und in Form von Karten zu visualisieren. Dabei stützte er sich auf die messbare Elektrodermale Aktivität (EDA), auch Galvanic Skin Response (GSR) genannt. Diese beschreibt die Veränderung der Hautleitfähigkeit, die als empfindlichster und zuverlässigster Marker für eine emotionale Erregung gilt (Kyriakou, Resch et al., 2019). In den späten 2000er-Jahren wurde die Methode mit einem ähnlichen Aufbau von der Urban Emotions Initiative erprobt und erste Stadtkartierungen mit Zufußgehenden vorgenommen (Zeile et al., 2010).

Die Methode fand in den Folgejahren ihre Anwendung im Kontext des Fahrradfahrens und ist seit- her unter dem Begriff EmoCycling geläufig (Höffken et al., 2014; Zeile et al., 2014). Zur damaligen Ausrüstung gehörten ein Sensorarmband zur Erfassung der physiologischen Körperreaktionen, ein GPS-Tracker zur Bestimmung der zugehörigen geografischen Position und eine Kamera, die die Radfahrenden aus der Egoperspektive filmt, um die Stresssituationen retrospektiv auswerten und vergleichen zu können. Mit der Verarbeitung der Messsignale binnen weniger Sekunden weist die Methode eine hohe Passfähigkeit für die Bewegungsgeschwindigkeit beim Fahrradfahren auf und etablierte sich in der Radverkehrsforschung.

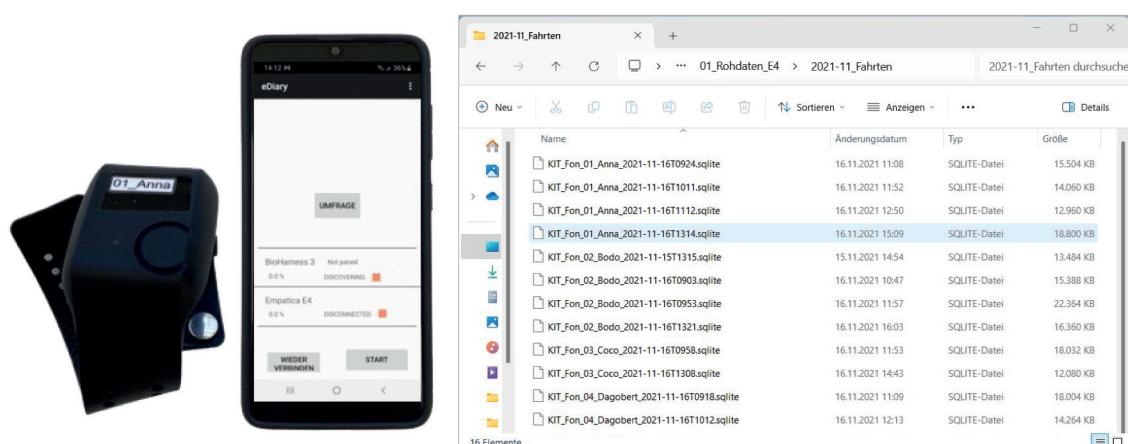


Abbildung 10: Setting und Output der EmoCycling-Messungen: Smartband Empatica E4 und Smartphone mit eDiary-App (links) und Output als Spatiallite-Datenbank (rechts)  
(Quelle links: Zeile et al., 2022; Quelle rechts: Eigene Darstellung)

In aktuellen Forschungsprojekten der Urban Emotions Initiative wurde das Setting der Messungen optimiert und zugunsten erster partizipativer Ansätze der Initiative vereinfacht. Die EmoCycling-Messungen werden in diesen Projekten nunmehr lediglich mithilfe eines Sensorarmbandes (Empatica E4) und einem Smartphone durchgeführt (Werner et al., 2019; Zeile et al., 2021, 2022). Die Messgeräte dieses mittlerweile standardisierten Settings sind in Abbildung 10 dargestellt. Das Sensorarmband misst die Vitaldaten, genauer die Hautleitfähigkeit und -temperatur der Probanden, synchronisiert diese mithilfe eines Smartphones mit den dazugehörigen GPS-Daten und sammelt sie in einer App. Die Datensätze werden dabei als gepackte Spatiallite-Datenbanken gespeichert.

### 2.1.3.2 Datenauswertung

Die daraufhin folgende Auswertung der gemessenen Vitaldaten ist seit den Anfängen der Methodik unverändert: Eine Stressreaktion, auch „Moment of Stress“ (MOS) genannt, wird in der Auswertung dann identifiziert, wenn direkt nach einem Reiz, in der Fachsprache auch Stimulus genannt, ein temporärer Anstieg der elektrodermalen Aktivität (EDA) in Kombination mit einem Absinken der Hauttemperatur messbar ist. Dabei ist eine erhöhte Schweißsekretion messbar – die Hautleitfähigkeit nimmt also zu.

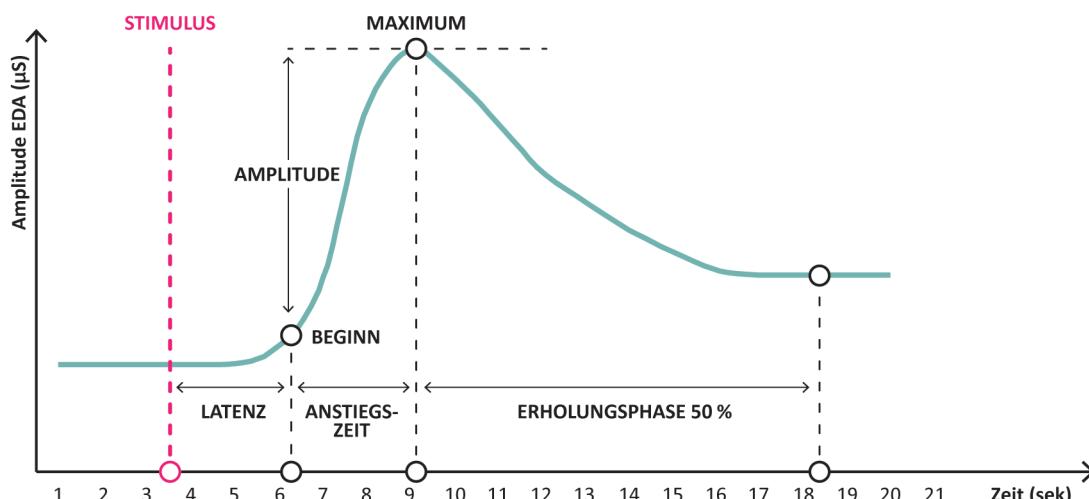


Abbildung 11: Schematische Veränderung der Hautleitfähigkeit als Reaktion auf einen hypothetischen Stimulus (Quelle: Eigene Darstellung nach Kyriakou, Resch et al., 2019)

Abbildung 11 zeigt in einer schematischen Darstellung die Veränderung der elektrodermalen Aktivität auf einen hypothetischen Stimulus, die zusätzlich zur Veränderung der Hauttemperatur im Rahmen der physiologischen Reaktion auf einen Stressreiz nachweisbar ist. Der Anstieg der Hautleitfähigkeit läuft dabei im Durchschnitt innerhalb von drei Sekunden nach dem Reiz ab und beschreibt einen raschen Amplitudenanstieg in Bezug auf ein lokales Minimum und Maximum (Kyriakou, Resch et al., 2019). Die zeitliche Differenz zwischen dem Einsetzen des Reizes und dem

Beginn der Körperreaktion wird dabei als Latenz bezeichnet, die Differenz zwischen Stimulus und Amplitude als Anstiegszeit. Als Erholungsphase gilt die Zeitspanne, in der sich die Hautleitfähigkeit nach dem Erreichen des Höhepunkts wieder auf 50 Prozent im Vergleich zum Stimulus absenkt. In der Regel dauert sie zwischen einer und zehn Sekunden.

Für die Auswertung gelten also folgende Regeln: Hinsichtlich der Veränderung der elektrodermalen Aktivität können sowohl eine kürzere Latenz als auch eine höhere Amplitude mit einem intensiveren Reiz gleichgesetzt werden. Eine steile Kurve steht im Diagramm dementsprechend für einen intensiven Reiz. Dauert der Anstieg der Leitfähigkeit hingegen länger als fünf Sekunden an und ist die Kurve flach, so ist der Reiz nur von geringer Intensität gewesen. Wird hingegen innerhalb der definierten Zeitspanne keine Veränderung gemessen, hat keine körperliche Stressreaktion auf den Reiz stattgefunden (Wolfensberger et al., 1967).

Damit ein Moment of Stress (MOS) identifiziert wird, ist jedoch nicht nur der Anstieg der Hautleitfähigkeit von Bedeutung, sondern vielmehr die Kombination mit einem gleichzeitigen Abfall der Hauttemperatur. Diese muss binnen drei Sekunden nach dem Anstieg der Hautleitfähigkeit abfallen, damit eine Reaktion als MOS gilt (Zeile et al., 2016). Der Anstieg der Hautleitfähigkeit mit gleichzeitigem Abfall der Hauttemperatur dient als ein Indikator für eine negative Erregung und wird im allgemeinen Sprachgebrauch auch als „kalter Angstschweiß“ beschrieben.

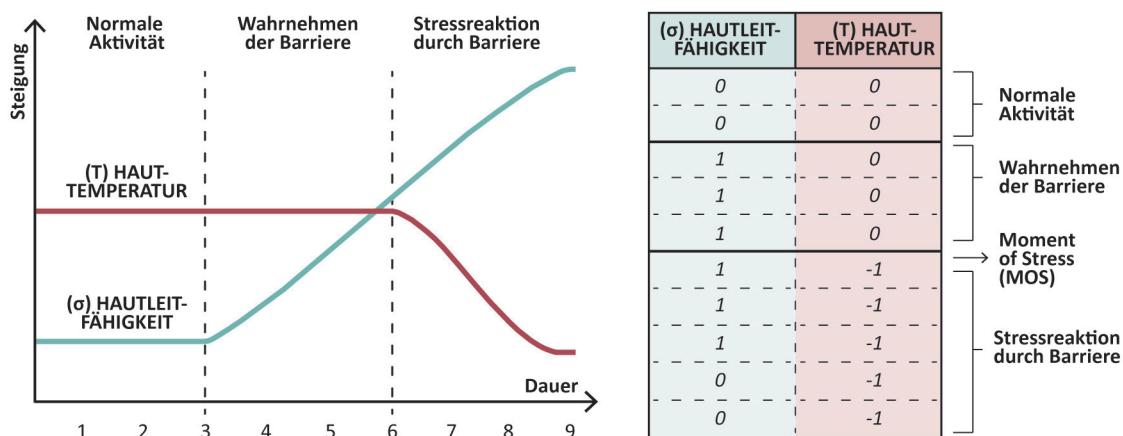


Abbildung 12: Idealtypischer Kurvenverlauf von Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur (links) und Ableitungsmuster (rechts) im Rahmen einer Stressreaktion (Quelle: Eigene Darstellung nach Zeile et al., 2013)

Abbildung 12 zeigt den idealtypischen Kurvenverlauf für eine solche Stressreaktion. Dieser typische Kurvenverlauf bildet auch die Grundlage für das in der Auswertung vorgenommene „Scoring“, um eine Stressreaktion zu identifizieren. Hierfür wird die erste Ableitung für die Verlaufskurve gebildet und im anschließenden Scoring die Steigung der Hautleitfähigkeit mit dem Wert „+1“ und das Absinken der Hauttemperatur mit „-1“ codiert (Kyriakou, Resch et al., 2019; Zeile et al., 2013).

Zur automatisierten Auswertung der MOS entwickelten Kyriakou und Resch darauf aufbauend in den letzten Jahren einen regelbasierten Algorithmus, der das zugrunde liegende Muster einer Stressreaktion erkennt und die Intensität der MOS in Kategorien von null bis eins auf dem definierten MOS-Score einstuft (Kyriakou, Resch et al., 2019). Der Algorithmus stellt die Ergebnisdaten dann über die identifizierten Stressmomente (MOS) in Form von maschinenlesbaren CSV-Daten zur Verfügung. In diesen Datensätzen ist die X- und Y-Koordinate, der Unix-Zeitstempel und der eventuell vorhandene MOS-Score enthalten.

### 2.1.3.3 Visualisierung der Ergebnisse

Die ausgewerteten Datensätze werden daraufhin mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) georeferenziert dargestellt und die erkannten Stressmomente in Form einer Heatmap visualisiert. In einer solchen Heatmap wird mithilfe einer einfachen Farbcodierung dargestellt, in welcher Intensität und an welcher geografischen Position die Probanden Stress beziehungsweise keinen Stress empfunden haben. Die entsprechend der Farbcodierung rot dargestellten Punkte, sogenannte „Stress-Hotspots“, symbolisieren dabei eine Konzentration der gemessenen Stressmomente, wohingegen in den blau dargestellten Bereichen verhältnismäßig weniger Stressmomente gemessen wurden. Als Beispiel ist in Abbildung 13 die Heatmap der EmoCycling-Messungen des Projekts Cape Reviso in Karlsruhe abgebildet.



Abbildung 13: Heatmap einer EmoCycling-Messung in Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Cape Reviso)

Im Rahmen der Erstellung der Heatmaps wird methodisch eine sogenannte „Kernel Density Estimation“ (KDE), oder: „Kernel-Dichte-Schätzung“, vorgenommen. Dabei handelt es sich um eine nichtparametrische Methode zur Schätzung einer Wahrscheinlichkeitsdichte (Landesbe-

trieb IT.NRW, 2024). Die dargestellte Dichte wird bei dieser Schätzung also auf Grundlage der Anzahl von Messpunkten an einem Ort berechnet. Eine höhere Anzahl von geclusterten Messpunkten führt dementsprechend zu höheren Gesamtwerten respektive stärker ausgeprägteren Hotspots. Durch diese übersichtliche Zusammenfassung der Messpunkte stellen KDE-Verfahren eine bewährte Methode zur Identifikation von Hotspots und Punkteclustern dar.

## 2.2 Ursachenforschung

Im Rahmen der skizzierten Problemstellung und Forschungslücke sowie im vorangegangenen Abschnitt zur Stressforschung wurde erläutert, welche Wichtigkeit der Ursachenforschung in Hinblick auf die Analyse symptomatischer respektive „stressiger“ Stadträume beizumessen ist. Im Rahmen der hier vorgestellten Methode der „Stadtraumdiagnostik“ ist es ein besonderes Anliegen dieser Arbeit, die verschiedenen wahrnehmungsbeeinflussenden Faktoren respektive „Stressoren“ aus einer holistischen Perspektive heraus zu erforschen, die den Menschen und seine Wahrnehmung in den Mittelpunkt stellt. Sowohl inhaltlich als auch methodisch soll in diesem Abschnitt deshalb zunächst ein Überblick über die Untersuchungsthemen sowie die angewandten Methodenansätze dieser Forschungsrichtungen gegeben werden.

Wie bereits einleitend dargestellt wurde, besitzt die vorliegende Forschungsarbeit die Motivation, die bislang getrennt voneinander agierenden Disziplinen der Verkehrs- beziehungsweise Radverkehrsforchung und die Stadtforchung in einem gemeinsamen, interdisziplinären Methodenansatz zusammenzuführen. Da diese beiden Forschungsrichtungen bis dato jedoch weitestgehend getrennt voneinander arbeiten, beleuchtet der folgende Abschnitt den Stand der Ursachenforschung zunächst ebenfalls aufgeteilt in zwei Themengebiete. In diesem Zusammenhang werden in einem ersten Teil die Forschungen zur Analyse von Stressoren dargestellt, die vor allem den Disziplinen der Verkehrsforchung und Radverkehrsforchung zuzuordnen sind. In einem zweiten Teil widmet sich die Untersuchung dann den Arbeiten zur Analyse von Stadträumen, die aus dem Bereich der Stadtplanung und Stadtforchung stammen.

Die Untersuchungen zu diesen beiden Themengebieten sind jeweils nach der gleichen Struktur aufgebaut. Zunächst werden anhand einer Methodenübersicht verschiedene Analysemethoden und Werkzeuge vorgestellt und dabei in quantitative und qualitative Ansätze differenziert. Darauf aufbauend wird dann der Status quo der jeweiligen Untersuchungsfaktoren festgehalten. Anhand dieser Untersuchung soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Überblick über aktuelle Forschungsthemen, Untersuchungsfaktoren und Methoden gegeben werden, die im Rahmen der entwickelten Methodik aufgegriffen, adaptiert oder durch neue Ansätze ergänzt werden können.

### 2.2.1 Grundbegriffe

Im Folgenden soll zunächst mithilfe kurzer Begriffsdefinitionen auf die wichtigsten Grundbegriffe eingegangen werden, die die vorliegende Arbeit im Rahmen der Methodenuntersuchung verwendet.

In dieser Forschungsarbeit wird eine grundsätzliche Unterscheidung in digitale und analoge Analysemethoden vorgenommen. Bei diesen beiden Begrifflichkeiten handelt es sich zwar nicht um Fachbegriffe, doch können damit die Grundzüge der bestehenden Forschungen rund um die Themen Stadt, Verkehr und Stress adäquat beschrieben werden.

Mit „digitalen Analysemethoden“ werden im Rahmen dieser Betrachtung deshalb all jene Ansätze zusammengefasst, die eine technologiegestützte Erhebung verschiedener Umweltfaktoren vornehmen. Sie kommen überwiegend in der Disziplin der Verkehrsforschung zum Einsatz und verwenden mitunter zum Beispiel sensorische Messgeräte, Open Data oder auch Kamera-systeme für ihre digitalen Analysen. Unter dem Begriff „analoge Analysemethoden“ werden hingegen solche Analyseansätze geführt, die ihre Erhebungen mithilfe von Beschreibungen, Beobachtungen und Zeichnungen vornehmen. Diese hauptsächlich im Bereich der Stadtforschung zur Anwendung kommenden Methoden werden vorwiegend analog durchgeführt. Nicht selten werden diese analogen Beobachtungen auch mithilfe von Fotografien festgehalten.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Implementierung quantitativer und qualitativer Analyse-ansätze in die Stressorenanalyse. Im Hinblick auf ein einheitliches Grundverständnis soll im Folgenden deshalb kurz auf die unterschiedlichen Forschungsziele und Fragestellungen dieser beiden Forschungsansätze eingegangen werden. Allgemein fokussieren sich quantitative Ansätze dabei auf numerische Daten und untersuchen zahlenbasierte Relationen. Im Vordergrund steht hier die Beantwortung von „Wie viel?“-Fragen. Qualitative Ansätze konzentrieren sich hingegen auf die Beschreibung und Interpretation von Sachverhalten. Im Zentrum dieser Suche nach den Ursachen und Zusammenhängen verschiedener Sachverhalte steht bei diesen Ansätzen die Frage nach dem „Warum?“ (Kirchmair, 2022).

### 2.2.2 Verkehrsforschung: Analyse von Stressoren

Mit der Entwicklung des Emotion Sensings eröffneten sich für die Forschung vielfältige Anwendungsmöglichkeiten zur Untersuchung von Stress in realen Umgebungen. Insbesondere in der Disziplin der Verkehrsforschung wurden anknüpfend an diese Erkenntnisse seither auch intensive Ursachenforschungen vorgenommen.

In diesem Kontext beschäftigen sich auch die Projekte der Urban Emotions Initiative immer häufiger mit der Erforschung der Ursachen für das Entstehen von Stress im Rad- und Fußver-

kehr und experimentieren mit diversen Analysemethoden (Merk, 2019; Schmidt-Hamburger, 2022). Der Fokus dieser Untersuchungen liegt dabei auf der Erforschung all jener Stressoren, die Einfluss auf das subjektive Stress- beziehungsweise Sicherheitsempfinden von Radfahrenden nehmen können.

Gleichzeitig wurden auch mithilfe verschiedener Förderprogramme der Bundesregierung, die das Ziel der klimaneutralen Mobilität verfolgen (Bergk et al., n.d.), einige Projekte zur Analyse von Fahrradinfrastrukturen ins Leben gerufen, die sich mit der Erforschung von Hemmfaktoren im Radverkehr beschäftigen. Allen voran ist hier zum Beispiel der Nationale Radverkehrsplan zu nennen, der die Förderkulisse für eine Vielzahl wegweisender Forschungsprojekte bildet (BMVI, 2022).

### **2.2.2.1 Methodenübersicht: Digitale Analysemethoden**

Das Forschungsfeld der Verkehrsorschung wird aufgrund seiner klaren Zuordnung zu den Ingenieurwissenschaften stark von technologischen Entwicklungen und quantitativen Methodenansätzen geprägt. Auch in Bezug auf das Erforschen von Stressoren kommen dort deshalb hauptsächlich „digitale“ Analysemethoden zum Einsatz, die sich auf das quantitative Messen harter Faktoren fokussieren. In einigen Arbeiten werden mittlerweile jedoch auch qualitative, beschreibende Ansätze erfolgreich angewendet.

Der folgende Abschnitt stellt in Form einer Übersicht dar, welche quantitativen und qualitativen Methoden in der Verkehrsorschung hinsichtlich der Analyse von Stressoren eingesetzt werden, welche Technologien dabei zum Einsatz kommen und welche Erkenntnisse mit ihnen erlangt werden können.

#### **2.2.2.1.1 Quantitative Ansätze & Status quo**

Im ersten Teil der hier dargestellten Methodenübersicht werden zunächst quantitative Methodenansätze innerhalb der Stressorenanalyse beleuchtet, die sich der numerischen Sammlung von Daten widmen. Zur Veranschaulichung werden dabei jeweils beispielhafte Projekte aus dem Forschungs- und Planungskontext vorgestellt, in denen die beschriebene Methode zur Anwendung kommt. Die Tabellen im Anschluss an die vorgestellte Methode und Beispielprojekte dienen als Überblick und fassen die erforschten Untersuchungsfaktoren und die verwendeten Methodenansätze zusammen.

##### **Datenerhebung mithilfe von Zählungen**

Eine altbewährte Methode zur Erhebung von Verkehrsdaten stellen quantitative Zählungen dar. Meist werden sie im Rahmen der Erhebung des Verkehrsaufkommens verwendet und bilden

die Datengrundlage für digitale Verkehrsmodelle, mit denen das reale Verkehrsgeschehen in „Digitalen Zwillingen“ abgebildet wird (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, n.d.). Doch diese Modellierungen und Zahlenwerte bilden längst nicht mehr nur im Kontext des Autoverkehrs eine wichtige Argumentationsgrundlage für infrastrukturelle Ausbau- und Umbauprozesse. Denn in den letzten Jahrzehnten werden immer häufiger auch im Kontext des Radfahrens spezifische Zählstellen eingerichtet.

Mithilfe dieser quantitativen Aufzeichnungen des Verkehrsgeschehens kann das Verkehrsaufkommen innerhalb eines Untersuchungsraums zu verschiedenen Tageszeiten, Wochentagen und Jahreszeiten analysiert werden. Die entweder fest oder mobil installierten Zählstellen arbeiten dabei mit verschiedenen Techniken, die im Folgenden kurz umrissen werden. Gängige Systeme sind hier unter anderem Messsysteme mit Induktionsschleifen, Infrarotsensoren, Schlauchsystemen oder Seitenradar (Dorsch, 2023). Installiert werden diese Radverkehrszählstellen im Rahmen verschiedenster Projekte, die entweder von den Kommunen selbst oder im Rahmen von Förderprogrammen des Bundes und der Länder lanciert werden. So wurden zum Beispiel in der Landeshauptstadt Stuttgart durch die Förderung des Sofortprogramms „Saubere Luft“ des BMDV neue Zählstellen entlang städtischer Radverkehrsanlagen eingerichtet (ADFC Baden-Württemberg, 2021; BMDV, 2023).

Neben Zählstellen wird zur Erhebung des Verkehrsaufkommens aktuell auch immer häufiger auf hochauflösende Kamerasysteme in Kombination mit Maschinellem Lernen (ML), das eine Teilmenge der Künstlichen Intelligenz (KI) bildet, zur Bildauswertung zurückgegriffen. Mit diesen intelligenten Systemen können die verschiedenen Verkehrsteilnehmer:innen im Rahmen von Langzeiterfassungen durch eine Objekterkennung automatisch in Echtzeit erfasst und gleichzeitig kategorisiert werden (HLRS, 2020).

*Tabelle 1: Status quo der Untersuchungsfaktoren Verkehrsteilnehmer:innen und Verkehrsdichten  
(Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Verkehrsteilnehmer:innen
	Verkehrsdichten
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	Zählung (Zählstellen oder Kamerasysteme)
Referenzen	Projekte im Rahmen diverser Förderprogramme von Bund, Ländern und Kommunen, z. B. Sofortprogramm Saubere Luft des BMDV
Kurzbeschreibung	Zählen des Aufkommens verschiedener Verkehrsteilnehmer:innen mithilfe von Zählstellen oder einer Kombination aus stationären Kamerasystemen und Maschinellem Lernen

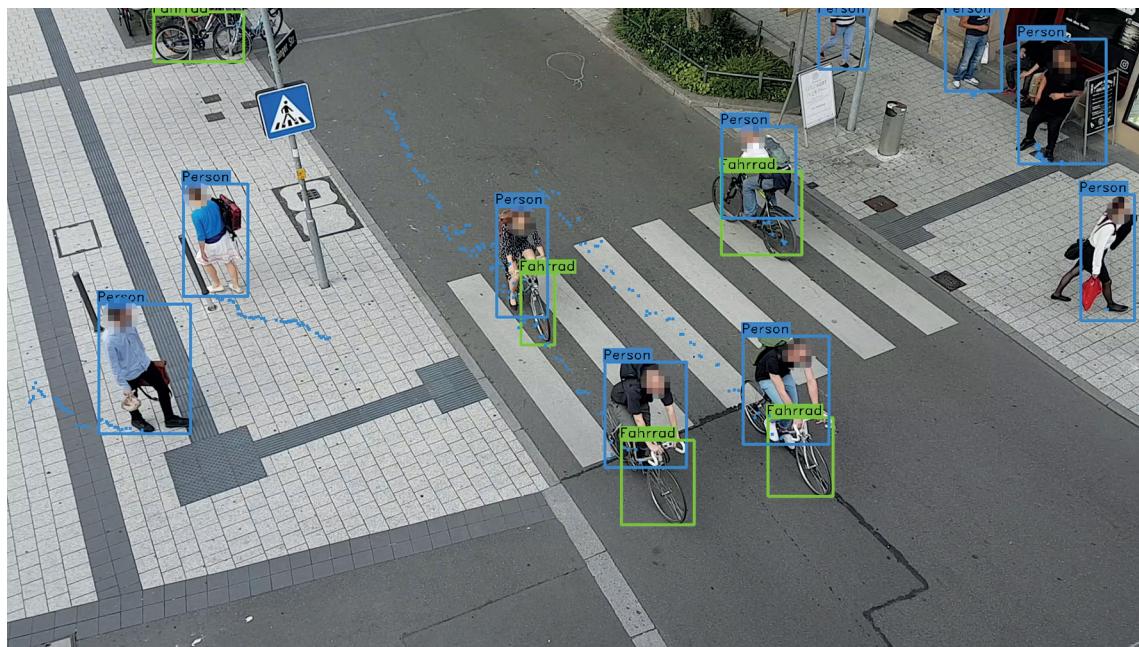


Abbildung 14: Kamerasystem mit automatischer Erkennung von Verkehrsteilnehmer:innen in Stuttgart im Rahmen des Forschungsprojekts Cape Reviso (Quelle: HLRS, 2020)

Abbildung 14 zeigt, wie die im öffentlichen Raum aufgenommenen Bilddaten mit dieser Methode durch ein neuronales Netz zur Bilderkennung untersucht werden. Das zugrunde liegende Erfassungssystem, das bei dieser Form des Maschinellen Lernens eingesetzt wird, lernt hierbei anhand von manuell aufbereiteten Trainingsdaten, die Objekte richtig zu erkennen und von einander zu unterscheiden. Der große Vorteil dieser Erfassungssysteme ist, dass dadurch für die Auswertungen lediglich Metadaten und nicht die eigentlichen Bilddaten gespeichert werden müssen (HLRS, 2020). Dadurch bleibt die Privatsphäre der Verkehrsteilnehmer:innen geschützt.

#### Datenerhebung mithilfe von Sensoren

Entwicklungen aus dem Bereich der Sensorik bilden ebenfalls eine wichtige Säule der Radverkehrsorschung und werden im Kontext quantitativer Ansätze zur Datenerhebung in vielen Forschungsprojekten eingesetzt. Der Begriff „Sensor“ leitet sich aus dem Lateinischen „sensus“ ab und bedeutet „Fühler“ (Hering et al., 2018). Sensoren können in unterschiedlichen Bereichen als Messfühler verwendet werden. Ihr Einsatzgebiet reicht von der Messung physikalischer, chemischer und klimatischer bis hin zu biologischen und medizinischen Messgrößen. Grundsätzlich besteht ein Sensor immer aus zwei Teilen. Im ersten Element, dem Sensorelement, geht die zu messende Eingangsgröße ein und wird dort in ein elektrisches Ausgangssignal umgewandelt. Im zweiten Teil des Sensors, der Auswerte-Elektronik, wird dieses Signal dann mithilfe einer entsprechenden Schaltungselektronik oder eines Softwareprogramms in ein Sensor-Ausgangssignal umgewandelt (Hering et al., 2018). Dieses Ausgangssignal bildet den Output der Sensormessung und liegt für die anschließende Auswertung der Messergebnisse in einem zuvor definierten Dateiformat vor.

Im Kontext der Verkehrsorschung ergeben sich aus dieser Bandbreite an Messgrößen vielfältige Anwendungsbereiche. So greifen auch im Bereich der Radverkehrsorschung immer mehr Forschungsprojekte auf sensorische Messungen zurück, um die verschiedenen Einflüsse auf Radfahrende zu erforschen. Im Folgenden werden einige dieser Projekte kurz umrissen.

Im Rahmen der Radverkehrsorschung der BMDV-Stiftungsprofessur Radverkehr wurde an der Hochschule Karlsruhe so zum Beispiel ein „SensorBike“ (Eckart et al., 2021) als standardisiertes Messfahrrad entwickelt, das sowohl über fest verbaute Messinstrumente verfügt als auch situationsspezifisch mit mobilen Sensoren ergänzt werden kann. Als ein universelles Messinstrument verfolgt es den Anspruch, eine Vielzahl an Messgrößen gleichzeitig zu erheben, um ein möglichst holistisches Bild der auf die Radfahrenden einwirkenden Einflüsse zu generieren.

Zu den fest verbauten Sensoren zählen neben einem Leistungsmesser Vitalsensoren, Beschleunigungs- und Erschütterungssensoren und Überholabstandsmesser zum Beispiel auch Sensoren zur Erfassung von Wetterdaten und Lärmelastungen, mithilfe derer auch situative Umwelteinflüsse untersucht werden können. In der Auswertung können dann sowohl Aussagen über den Fahrkomfort als auch über eventuelle Wechselwirkungen mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen getroffen werden (Hochschule Karlsruhe, 2019).

*Tabelle 2: Status quo der Untersuchungsfaktoren Lärmelastung, Wetterverhältnisse, Fahrbahnqualität und Überholabstände (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Lärmelastung Wetterverhältnisse Fahrbahnqualität Überholabstände
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	Sensorische Messung
Referenz	SensorBike
Kurzbeschreibung	Sensorische Messung des Zusammenspiels diverser Untersuchungsfaktoren mit einem standardisierten Messfahrrad

Neben dem Einsatz fest verbauter Sensoren greifen in den letzten Jahren immer mehr Forschungsprojekte im Rahmen von Crowdsourcing-Ansätzen auf mobile Sensoren zurück. Diese partizipativen Ansätze bieten für die Datenerhebung den Vorteil, dass die Teilnehmenden die Messgeräte meist an ihrem eigenen Fahrrad anbringen können und dadurch die Erhebungen nicht nur kostengünstiger, sondern auch inklusiv und alltagsnah gestaltet werden können.

Nach diesem Ansatz arbeitet beispielsweise der Verein „OpenBikeSensor e. V.“ (OpenBikeSensor

e. V., 2022) mit seiner gleichnamigen Entwicklung des OpenBikeSensors, der zur Überholabstandsmessung an Fahrrädern angebracht werden kann. Das Projekt, das im Jahr 2022 mit dem Deutschen Fahrradpreis in der Kategorie „Kommunikation und Service“ ausgezeichnet wurde, ist als eine offene Sensor-Plattform konzipiert (Zeile et al., 2021). Die Teilnehmer:innen können dadurch vom Bau des OpenBikeSensors bis hin zum Upload der erhobenen Daten eigenständig am Projekt mitwirken.

Die Grundlage für die Initiative des OpenBikeSensors bildet eine Novelle der Straßenverkehrsordnung (StVO) aus dem Jahr 2020, die in §4 StVO den Mindestabstand von Autofahrer:innen beim Überholen von Radfahrenden auf 1,5 Meter innerorts beziehungsweise auf 2,0 Meter außerorts festsetzt (ADFC, 2020). Die Messung funktioniert wie folgt: Im OpenBikeSensor ist ein Ultraschallsensor eingebaut, der während der Fahrradfahrt fortlaufend den physischen Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmer:innen misst, die Lenkerbreite des Fahrrads abzieht und georeferenziert speichert (OpenBikeSensor e. V., 2022).

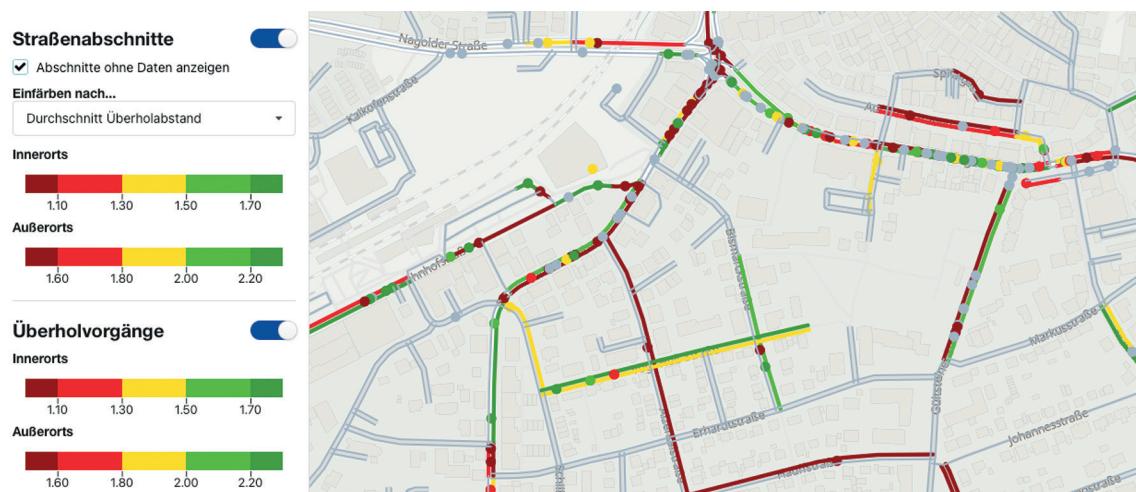


Abbildung 15: Ergebniskarte der OpenBikeSensor-Messungen in Herrenberg (Quelle: HLRS, 2022)

Werden in der folgenden Auswertung dann Orte im städtischen Radverkehrsnetz identifiziert, an denen eine Häufung von Überholvorgängen mit weniger als 1,5 Metern Abstand gemessen wurde, so werden sie in der Ergebniskarte rot hervorgehoben. Der aktuelle Stand der Ergebniskarten ist frei verfügbar im Web-Portal des HLRS einsehbar, wie in Abbildung 15 zu sehen ist (HLRS, 2022). Des Weiteren besteht – und diese Option ist vor allem für Forschende sowie für planende Städte und Gemeinden interessant – die Möglichkeit, die Messergebnisse direkt aus dem Webportal „GitHub“ als Geodaten für die eigene Weiterverarbeitung herunterzuladen. Der OpenBikeSensor kommt mittlerweile nicht nur in einigen Forschungsprojekten zum Einsatz, wie zuletzt im NRVP-Projekt Cape Reviso (Zeile et al., 2021) der Urban Emotions Initiative. Durch die allgemein hohe Beteiligungsquote am Projekt konnten die Ergebnisse bereits auch in ersten Kommunen dazu genutzt werden, Missstände im lokalen Radverkehrsnetz zu identifizieren.

*Tabelle 3: Status quo des Untersuchungsfaktors Überholabstände (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Überholabstände
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	Sensorische Messung, Crowdsourcing-Ansatz
Referenz	OpenBikeSensor
Kurzbeschreibung	Sensorische Messung der Abstände überholender Fahrzeuge mithilfe eines mobilen Sensors

Ähnlich wie beim OpenBikeSensor werden auch im BMDV-Projekt „INFRASense“ mobile Sensoren im Rahmen eines Crowdsourcing-Ansatzes zur Erhebung verkehrsspezifischer Daten verwendet und mithilfe einer Webanwendung visualisiert (BMDV, 2021a). Das Projekt verfolgt das Ziel, die Qualität kommunaler Radverkehrsanlagen zu untersuchen. Mithilfe der Sensordaten aus den Fahrten der Probanden werden die Oberflächenbeschaffenheit von Radwegen, Verlust- und Wartezeiten an Kreuzungspunkten und Ampelanlagen sowie die Fahrgeschwindigkeiten auf unterschiedlichen Streckenabschnitten in den Modellstädten Osnabrück und Oldenburg evaluiert.

*Tabelle 4: Status quo der Untersuchungsfaktoren Oberflächenbeschaffenheit, Wartezeiten und Zeitverluste (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Oberflächenbeschaffenheit
	Wartezeiten & Zeitverluste
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	Sensorische Messung, Crowdsourcing-Ansatz
Referenz	INFRASense
Kurzbeschreibung	Sensorische Messung von Erschütterung, Fahrgeschwindigkeiten, Bremsvorgängen und Standzeiten (z. B. an Kreuzungspunkten und Ampelanlagen) mithilfe eines mobilen Sensors zur Qualitätsbestimmung kommunaler Radverkehrsanlagen

#### Datenerhebung mithilfe des Smartphones als Sensor

Die aktiv voranschreitende Entwicklung datengestützter Radverkehrsorschung und -planung ist, wie auch in vielen anderen Bereiche, stark auf die mittlerweile nahezu flächendeckende Nutzung des Smartphones zurückzuführen. Das Smartphone ist in diesem Zusammenhang als eine Art ubiquitärer und multifunktionaler Sensor zu verstehen und bietet mannigfaltige Möglichkeiten, um spezifische Bewegungs- und Umweltdaten im Kontext des Radverkehrs zu erheben (Temmen, 2022). Verschiedene, meist frei verfügbare Applikationen bieten hier eine sehr niederschwellige

Anwendungsmöglichkeit und können leicht in den Alltag der Probanden integriert werden. Dadurch kann nicht nur die Teilnahme an Forschungsprojekten vereinfacht werden, sondern im Sinne von Crowdsourcing-Ansätzen dementsprechend auch die Stichprobenzahl und entsprechende Datenmenge deutlich erhöht werden.

In diesem Zusammenhang kann das Forschungsprojekt „SimRa“ mit der gleichnamigen App als ein erfolgreiches Beispielprojekt angeführt werden (ECDF, n.d.). Das Projekt wurde, ebenso wie der OpenBikeSensor, im Jahr 2022 mit dem Deutschen Fahrradpreis in der Kategorie „Service und Kommunikation“ ausgezeichnet.

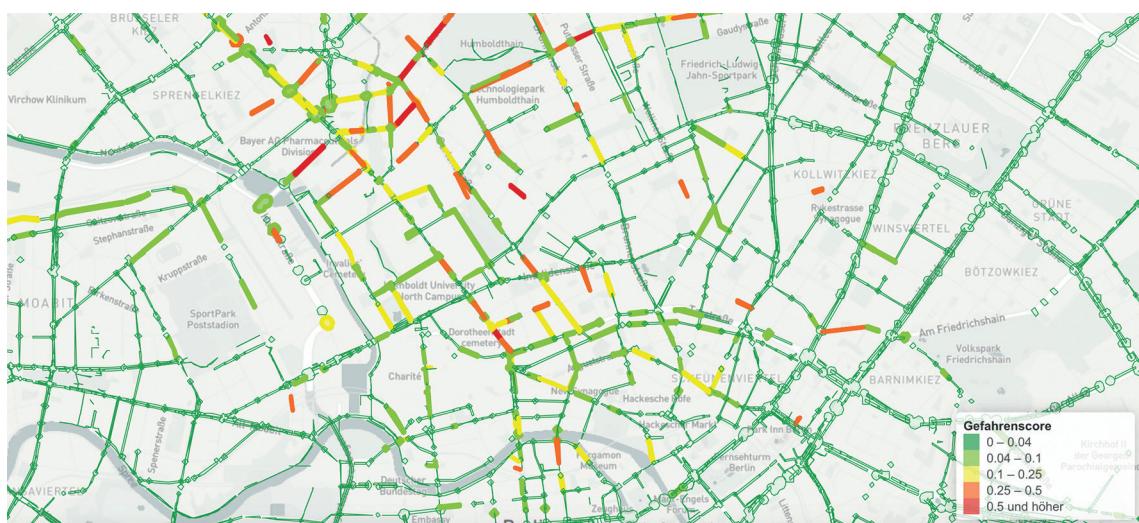


Abbildung 16: Ergebniskarte der SimRa-Messungen in Berlin (Quelle: Technische Universität Berlin et al., 2024)

Über die SimRa-App zeichnen die teilnehmenden Radfahrenden über ihr eigenes Smartphone ihre alltäglichen Radfahrten auf. Mithilfe der gesammelten GPS- und Beschleunigungsdaten, die über die App in anonymisierter Form mit dem Projekt geteilt werden, können dann verschiedene Analysen zu Störungen und Gefahrensituationen im Radverkehrsnetz vorgenommen werden. Dabei werden aus den gesammelten Datensätzen Brems-, Ausweich- und Wartesituationen ausgelesen, die im Anschluss je nach ihrer auftretenden Häufigkeit in einen sogenannten „Gefahrenscore“ übersetzt und in der Ergebniskarte visualisiert werden. Mit diesem Score ist also die Vermutung verbunden, dass die aus den GPS-Daten ausgelesenen Brems- und Ausweichmanöver der Radfahrenden überwiegend auf Störquellen und Gefahrensituationen wie beispielsweise „Dooring“, also der Kollision mit sich plötzlich öffnenden Autotüren, zurückzuführen sind. In der Ergebniskarte, die über das frei zugängliche Webportal GitHub einsehbar ist, wird dann anhand einer Farbskala von Grün (Gefahrenscore 0 bis 0,1) bis Rot (Gefahrenscore 0,5 und höher) angezeigt, in welcher Häufigkeit die teilnehmenden Radfahrenden gefährlichen Situationen ausgesetzt waren (Technische Universität Berlin et al., 2024). Abbildung 16 zeigt die Ergebniskarte der aufbereiteten Crowdsourcing-Datenerhebungen in Berlin.

Tabelle 5: Status quo des Untersuchungsfaktors Gefahrensituationen (Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	Gefahrensituationen
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	GPS-Tracking, Smartphone
Referenz	SimRa
Kurzbeschreibung	Tracking von GPS- und Beschleunigungsdaten mithilfe einer Smartphone-App, Klassifizierung der Gesamtergebnisse anhand eines Gefahrenscores

### Datenerhebung mithilfe sozialer (Sport-)Netzwerke

Auch durch die zunehmend im Freizeit-Radsport ankommende Digitalisierung ergeben sich neue Möglichkeiten für die Datenerhebung und -auswertung. Diesbezüglich kann in den letzten Jahren beobachtet werden, dass durch die wachsende Beliebtheit sozialer Sportnetzwerke eine beachtliche Datenmenge generiert wird, mithilfe derer erste Anwendungsfälle von Big Data im Radverkehr erprobt werden können (Lißner et al., 2017). In den meisten Fällen wird hier auf das Smartphone, Smart-Watches oder Fahrradcomputer zurückgegriffen. Zur Weitergabe werden die Bewegungsdaten dann anonymisiert und können zu Forschungszwecken direkt bei den jeweiligen Providern erworben werden. Nicht selten werden dabei jedoch hohe Summen aufgerufen, was eine Verwendung der Daten erschwert. Darüber hinaus muss darauf hingewiesen werden, dass Daten aus sozialen Sportnetzwerken in der Regel nicht als repräsentativ für den Durchschnitt der Gesellschaft angesehen werden können, da die Nutzer:innen größtenteils zu den sportlich versierten Radfahrenden zählen und überwiegend männlich sind.

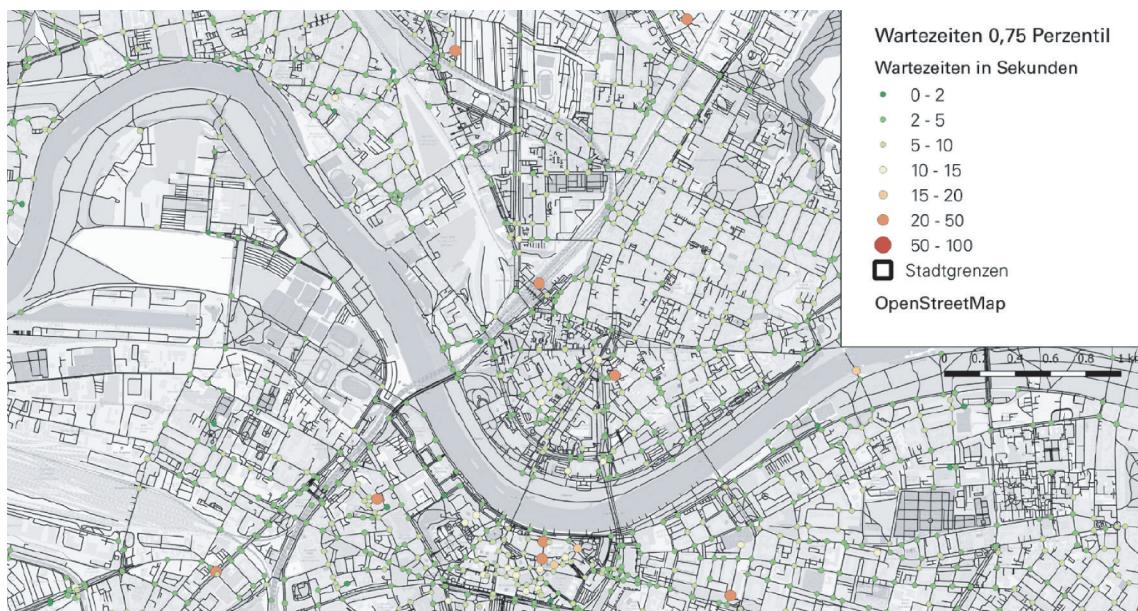


Abbildung 17: Analyse der Wartezeiten von Strava-Nutzer:innen in Dresden (Quelle: Lißner et al., 2017)

Ein im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans gefördertes Forschungsprojekt „Big Data im Radverkehr“ der Technischen Universität Dresden (Lißner et al., 2017) untersuchte im Jahr 2017 die Anwendungsmöglichkeiten von Radverkehrsdatensätzen der Provider „Strava“ und „BikeCitizens“ in der kommunalen Radverkehrsevaluation und -planung. Mit den entwickelten Analysefunktionen der beiden Plattformen konnten anhand der Auswertung der GPS-Datensätze der Anbieter jedoch nicht nur Informationen zum Radverkehrsaufkommen, der Routenpräferenzen der Nutzer:innen und den Nutzungsintensitäten verschiedener Streckenabschnitte gesammelt werden, sondern auch erste Erfolge in der Stressorenanalyse erzielt werden. Mit den bereitgestellten Daten, die durch die Strava-Analysefunktion aufbereitet wurden, konnten diesbezüglich insbesondere die Parameter Fahrgeschwindigkeit und Wartezeiten (z. B. an Ampeln) mit den intensiv genutzten beziehungsweise gemiedenen Streckenabschnitten in Beziehung gesetzt werden. Abbildung 17 zeigt die analysierten Wartezeiten in Dresden.

*Tabelle 6: Status quo des Untersuchungsfaktors Wartezeiten (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Wartezeiten
Art der Datenerhebung	Quantitativ
Methode	GPS-Tracking und Leistungsdaten aus Sport-Netzwerken
Referenz	Big Data im Radverkehr
Kurzbeschreibung	Analyse von GPS- und Leistungsdaten aus sozialen Sport-Netzwerken (z. B. Strava, Bike Citizens) zur Identifikation von Wartezeiten entlang gemiedener Streckenabschnitte

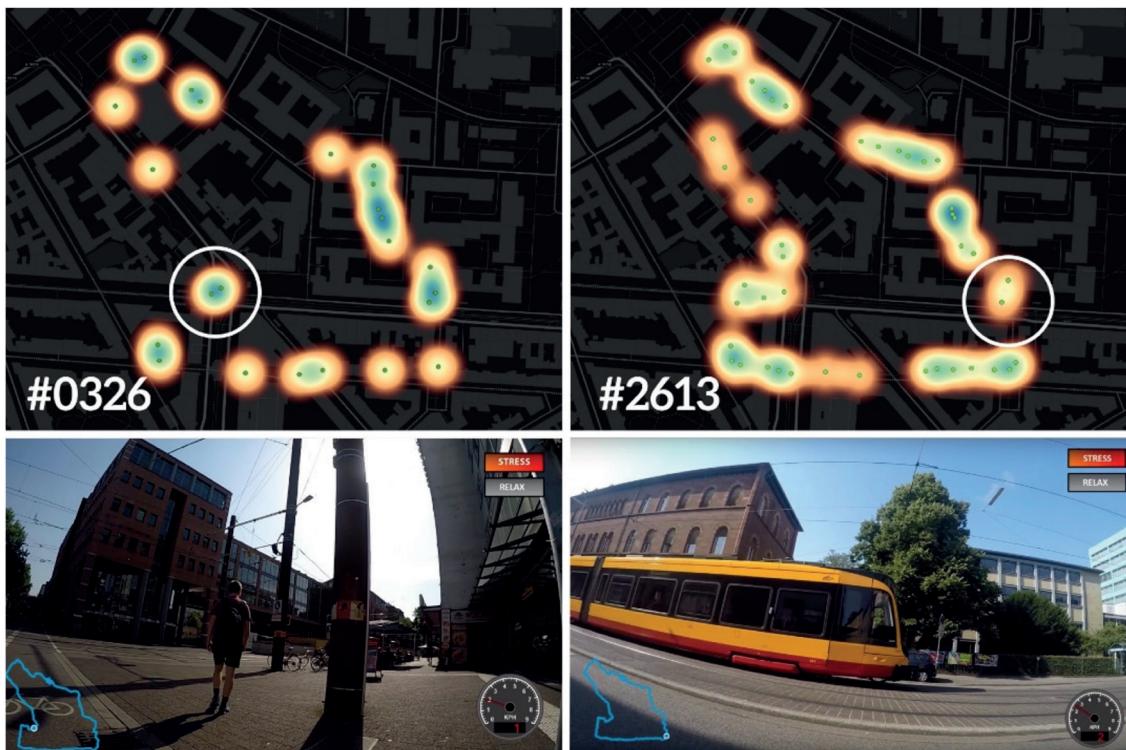
### 2.2.2.1.2 Qualitative Ansätze & Status quo

Im zweiten Teil der Methodenübersicht sollen nun die qualitativen Methodenansätze der Stressorenanalyse beleuchtet werden, die sich in der Verkehrsorschung insbesondere der Beschreibung von verschiedenen Verkehrssituationen und der Beschaffenheit von Infrastrukturen widmen. Grundsätzlich ist dabei allerdings hervorzuheben, dass in der Verkehrsorschung vorwiegend auf die bereits dargestellten quantitativen Methoden zurückgegriffen wird. Qualitative Methoden, wie sie in diesem Abschnitt dargestellt werden, kommen hingegen deutlich seltener zur Anwendung. Sie werden vor allem dann eingesetzt, wenn spezifischer auf die Verhaltensweisen und Beweggründe verschiedener Verkehrsteilnehmer:innen eingegangen werden soll.

#### Datenerhebung mithilfe von Videoanalysen

In einigen Forschungsprojekten, die sich mit der Identifikation von Störfaktoren im Radverkehr beschäftigen, werden Videokameras dazu genutzt, um die erlebten Situationen der Probanden

retrospektiv nachvollziehen zu können. Dabei beziehen sich die Forschungen zu dieser bildgebenden Methodik der Ursachenforschung insbesondere auf die Auswertung der spezifischen Verkehrssituation. Die gängigsten Formen der verwendeten Videoaufnahmen sind Frontkameras beziehungsweise rückwärtig filmende Dashcams und stationäre, aus der Schrägluftperspektive aufzeichnende Kamerasysteme.



*Abbildung 18: Kombination von Stressmessungen und Frontkamera-Aufnahmen im Fußverkehr in der Stadt Karlsruhe (Quelle: Zeile et al., 2018)*

Im Rahmen der Forschungen der Urban Emotions Initiative werden so zum Beispiel Frontkameras eingesetzt und gemeinsam mit den Stressmessungen zu einem Mixed-Methods-Ansatz kombiniert (Höffken et al., 2014). Die Frontkameras werden entweder am Fahrradlenker, am Fahrradhelm, oder mithilfe eines Brustgurts auf Brusthöhe der Probanden angebracht. Die Kameras zeichnen dann während der Fahrradfahrt die erlebte Situation der Radfahrenden aus der Ego-Perspektive auf. Die Probanden werden auf ihrer Testfahrt also sowohl mit den Wearables zur Stressdetektion (z. B. Empatica E4), als auch den Kameras (z. B. GoPro) ausgerüstet. Durch die Zusammenführung der aufgenommenen Videos mit der Visualisierung der quantitativ erhobenen Stressmessungen konnte die qualitative Auswertung der detektierten Stresssituationen im Zuge des Projekts entscheidend vereinfacht werden. Damit konnten erstmals die Position, der Zeitpunkt und der vermutete Auslöser einer Stresssituation in einem gemeinsamen Verfahren identifiziert werden (Zeile et al., 2013). Ein Beispiel für eine solche Zusammenführung von Videomaterial- und gemessenen Stressdaten ist in Abbildung 18 im Kontext von Zufußgehenden

zu sehen und zeigt die ersten experimentellen Annäherungen der Urban Emotions Initiative in der Stadt Karlsruhe (Zeile et al., 2018). Die Auswertung der Videos ist aufgrund des manuellen Verfahrens jedoch immer noch äußerst zeit- und personalaufwendig.

Mithilfe dieser Methodik gelang es der Urban Emotions Initiative schließlich, einen ersten Durchbruch in der Identifikation der häufigsten Auslöser für Stressreaktionen im Verkehrsgeschehen zu erzielen. Als häufigste Stressauslöser stellten sich dabei hohe Verkehrsaufkommen, die Art und die Gestaltung der Führungsform, gefährliche Überholmanöver, die Überwindbarkeit von Kreuzungen inklusive langer Wartezeiten sowie die Qualität des Straßenbelags heraus (Zeile et al., 2016). Trotz der ersten Erfolge, die bereits mit dieser Methodik erzielt werden konnten, muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass sich die Auswertungen des Videomaterials überwiegend auf den Straßenverkehr und die Gestaltung der Straßenverkehrsanlagen konzentrieren und andere stadträumliche Faktoren vernachlässigt wurden. Darüber hinaus ist zu konstatieren, dass es sich bei den identifizierten Stressauslösern nur um retrospektive Vermutungen handelt und nicht automatisch von einer Kongruenz ausgegangen werden darf.

*Tabelle 7: Status quo der Untersuchungsfaktoren Verkehrsaufkommen, Führungsform, Überholvorgänge und Kreuzungspunkte (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Verkehrsaufkommen Führungsform Überholvorgänge Kreuzungspunkte Oberflächenbeschaffenheit
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Videoanalyse von Frontkameras, manuell
Referenz	Urban Emotions
Kurzbeschreibung	Aufzeichnung von Videoaufnahmen aus der Ego-Perspektive in Kombination mit Stressreaktionen zur Identifikation Stress auslösender Faktoren in spezifischen Verkehrssituationen

Im Kontext quantitativer Zählungen wurde bereits zu Beginn des Kapitels der Einsatz von stationären Kamerasystemen und Maschinellen Lernen zur Langzeiterfassung des Verkehrsaufkommens vorgestellt. Diese Systeme werden aktuell jedoch auch im Rahmen von qualitativen Ansätzen erprobt.

In diesem Kontext dient das Forschungsprojekt Cape Reviso als Beispiel, bei dem die Metadaten der Kameraaufnahmen nicht nur zur rein numerischen Erhebung des Verkehrsaufkommens, sondern auch zur Analyse der Bewegungslinien verschiedener Verkehrsteilnehmer:innen ver-

wendet werden (Cape Reviso, 2021). Die aufgezeichneten Trajektorien geben in der Auswertung dann Aufschluss darüber, auf welchen Wegen sich Radfahrende und Zufußgehende durch den betreffenden Stadtraum bewegen, und zeigen an, an welchen Orten es zum Kreuzen von Bewegungslinien respektive zu Konflikten und „Beinaheunfällen“ kommt (HLRS, 2020). Auch bei dieser Form der videogestützten Verkehrsanalyse wird in der Datenauswertung auf Maschinelles Lernen zurückgegriffen und das Erfassungssystem im Vorfeld mit Trainingsdaten aufgebaut.

**Tabelle 8:** Status quo der Untersuchungsfaktoren Bewegungslinien und Beinaheunfälle  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	Bewegungslinien
	Beinaheunfälle
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Videoanalyse, Auswertung mithilfe von Maschinellem Lernen
Referenz	Cape Reviso
Kurzbeschreibung	Langzeiterfassung von Verkehrssituationen mithilfe stationärer Kamerasysteme und Analyse der Verkehrssituation hinsichtlich Konfliktsituationen mithilfe von Künstlicher Intelligenz

### Datenerhebung mithilfe von Umfragen

Als eine weitere Form der qualitativen Datenerhebung innerhalb der digitalen Analysemethoden der Verkehrsforchung kommen vor allem im Rahmen von Crowdsourcing-Ansätzen häufig auch Umfragen- und Beteiligungstools zum Einsatz. Ähnlich wie in einer Vor-Ort-Beteiligung werden dabei in der Regel Meldungen gesammelt und in einer Karte verortet.

Mithilfe der Meldeplattform „RADar!“, die im Rahmen der Klima-Bündnis-Aktion „Stadtradeln“ entwickelt wurde, können Radfahrende so zum Beispiel auf Mängel in der Fahrradinfrastruktur und häufig auftretende Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen hinweisen (Klima-Bündnis, n.d.-a). Die Teilnehmer:innen konnten ihre Meldungen dabei entweder in der gleichnamigen „RADar!“-App, in der „Stadtradeln“-App, oder auf der Projekthomepage direkt mit virtuellen Pins in einer Onlinekarte an der entsprechenden Stelle im Radwegenetz ihrer Stadt verorten (Klima-Bündnis, n.d.-b).

Nach Ende des Beteiligungszeitraums werden die gesammelten Meldungen der teilnehmenden Radfahrenden anschließend ausgewertet und mit den betreffenden Kommunen geteilt. Umgekehrt können dann auch die teilnehmenden Kommunen Informationen über neue Planungen mit den Nutzer:innen der App teilen. Das Tool fungiert dadurch sowohl als Beteiligungs- als auch als Planungsinstrument.

**Tabelle 9: Status quo der Untersuchungsfaktoren Infrastrukturmängel und Gefahrensituationen**  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	Infrastrukturmängel Gefahrensituationen
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Umfrage mit Kartenfunktion
Referenzen	RADar!, Stadtradeln
Kurzbeschreibung	Sammeln und Verorten von Meldungen zu Infrastrukturmängeln und anderen Gefahrensituationen

### 2.2.3 Stadtforschung: Analyse von Stadträumen

Im Rahmen des hier entwickelten Methodenansatzes sollen die Themen Mensch, Stadt, Verkehr und Wahrnehmung aus einer umfassenden Perspektive heraus erforscht werden. Mit der vorangegangenen Betrachtung aktueller Forschungsansätze aus der Verkehrsforschung wurde bereits auf die Analyse verkehrsspezifischer Stressoren eingegangen, die eine wichtige Säule der Ursachenforschung bildet. Im Sinne eines ganzheitlichen Verständnisses für die Entstehung von Stress in dichten Stadträumen ist darüber hinaus jedoch zweifellos ebenfalls die Analyse von Stadträumen als eine weitere wichtige Säule der Ursachenforschung zu verstehen. Im Kontext der Stressorenanalyse wird dieses Themenfeld allerdings bislang kaum erforscht.

Die vorliegende Arbeit wirft deshalb einen umfassenden Blick auf sowohl historische Arbeiten der Stadtforschung als auch auf aktuelle Ansätze, die sich im erweiterten Kontext mit der Erforschung von Stadträumen und Stadtwahrnehmungen beschäftigen. Es ist angesichts dessen darauf hinzuweisen, dass die in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellten Forschungsarbeiten und Methodenansätze nicht nur aus dem Forschungskontext stammen, sondern der Betrachtungsrahmen bewusst auch auf praxisnahe Auseinandersetzungen sowohl aus der Architektur und Stadtplanung als auch aus künstlerischen Ansätzen erweitert wird.

Dabei gelten allen voran die Arbeiten der Architekten und Stadttheoretiker Kevin Lynch und Robert Venturi als wegweisend, die sich bereits in den 1960er- und 1970er-Jahren mit der Erforschung von Stadt und der Entwicklung adäquater Analysemethoden auseinandersetzten. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Arbeit in diesem Zusammenhang auf die Werke „Das Bild der Stadt“ von Kevin Lynch (Lynch, 1965), das bereits im Kontext der wahrnehmungstheoretischen Grundlagen zu Beginn des Kapitels thematisiert wurde, und „Lernen von Las Vegas“ von Robert Venturi, der sich insbesondere mit der Maßstäblichkeit von Stadträumen beschäftigte (Venturi et al., 1979). Daran anknüpfend werden auch die kulturwissenschaftlichen beziehungsweise

ästhetischen Ansätze aus den Spaziergangswissenschaften, auch „Promenadologie“, als ein wesentlicher Teil der Erforschung von Stadträumen beleuchtet. Diese relativ neue Richtung der Stadtforschung wurde maßgeblich von Lucius Burckhardt in den 1970er- und 1980er-Jahren entwickelt und verwendet das Gehen als ein Medium zur Wahrnehmung und Analyse von Stadträumen (Burckhardt, 2006; Weisshaar et al., 2013).

Darüber hinaus bildet in Verbindung mit der holistischen Analyse von Stadträumen auch die Arbeit des dänischen Architekten und Stadtplaners Jan Gehl eine wichtige Grundlage für die hier angeführten Forschungen. Gehl analysiert die Verhaltensweise von Menschen in verschiedenen Stadträumen mit der Intention, den Menschen in den Fokus der Planung zu rücken (Gehl, 2012).

### 2.2.3.1 Methodenübersicht: Analoge Analysemethoden

Im Zuge der vorliegenden Arbeit soll in Ergänzung zu den dargestellten „digitalen“ Analysemethoden untersucht werden, inwieweit auch „analoge“ Analysemethoden aus dem Kontext der Stadtforschung perspektivisch einen Beitrag zur Stressorenanalyse leisten könnten. In diesem Zusammenhang beleuchtet die vorliegende Arbeit, welche analogen Methoden bereits hinsichtlich der Erforschung von stadträumlichen Faktoren zum Einsatz kommen und welche Erkenntnisse mit ihnen erzielt werden können.

In Bezug auf diese Methodenbetrachtung muss zunächst angeführt werden, dass die Stadtforschung als ein interdisziplinäres Forschungsfeld immer in der Verknüpfung sowohl mit der Geografie, der Anthropologie, der Soziologie und der Ethnologie, als auch mit einigen anderen raumbezogenen Forschungsfeldern zu betrachten ist (Pelger et al., 2021). Denn im Kontext ihres Forschungsgegenstandes des komplexen Raumgefüges Stadt, ist diese Interdisziplinarität notwendig, um die Stadt nicht nur beschreibend in ihrer Theorie, sondern auch in ihrer Dynamik als einen sich stetig verändernden Raum zu durchdringen und mithilfe verschiedener Ansätze und Methoden erforschen zu können.

In der Erforschung von Stadt gibt es deshalb kein vordefiniertes Forschungsdesign wie es in anderen wissenschaftlichen Disziplinen Usus ist, sondern es wird sich meist an einer Kombination unterschiedlicher Methoden bedient (Eckardt, 2014). Innerhalb der Stadtforschung kann somit auf eine Vielzahl von Analysemethoden und entsprechenden Darstellungsmöglichkeiten zurückgegriffen werden, die je nach Umfang und Art der Aufgabe ganz unterschiedliche Analyseaspekte und Detailtiefen behandeln können.

Mitunter sind hierbei Interviews, Beobachtungen, Kartierungen, Mappings, Fotografien und künstlerische Annäherungen als gängige Methoden zu nennen (Eckardt, 2014). Die so entstandenen Karten, Zeichnungen und Fotodokumentationen können im Rahmen komplexer Auf-

gabenstellungen schließlich dabei helfen, die Grenzen des digital Erfassbaren beziehungsweise quantitativ Messbaren zu überwinden.

### **2.2.3.1.1 Qualitative Ansätze & Status quo**

Wie bereits angesichts des Forschungsfelds der Verkehrsforschung demonstriert wurde, soll nun in Form einer Methodenübersicht dargestellt werden, welche Ansätze bereits in diversen Arbeiten im Kontext der Stadtforschung verfolgt wurden und welche stadträumlichen Faktoren damit bisher analysiert werden konnten. Die vorliegende Arbeit betrachtet diesbezüglich ausschließlich qualitative Ansätze, da quantitative Ansätze bislang in der Stadtforschung kaum Einzug genommen haben und sich die Disziplin seit ihren Ursprüngen hauptsächlich der qualitativen Beschreibung von Stadträumen widmet. Im Anschluss an die dargestellten Methodenansätze werden, wie im vorangegangenen Kapitel, jeweils auch Referenzarbeiten vorgestellt und die wichtigsten Eckdaten in einer tabellarischen Übersicht festgehalten. Im Allgemeinen sind dabei die Werkzeuge „Kartierung“, auch „Mapping“ genannt, und „Mental Maps“ sowie eine Kombination dieser Werkzeuge mit visuellen beziehungsweise fotografisch arbeitenden Analysemethoden vorherrschend. Im Folgenden soll nun auf die einzelnen Ansätze zur Analyse stadträumlicher Faktoren eingegangen werden.

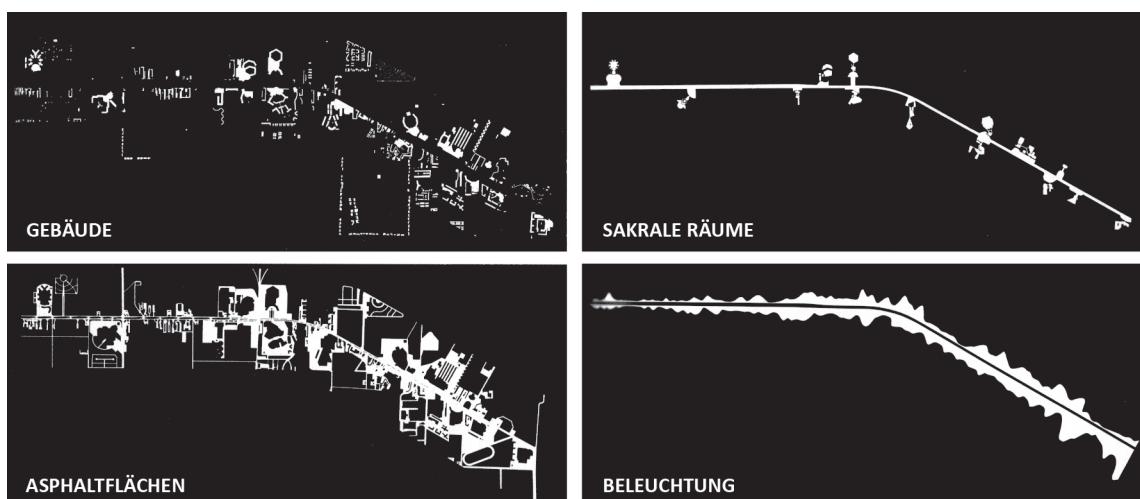
#### **Stadtraumanalysen mithilfe von Kartierungen/Mappings**

Die Methode der Kartierung bildet eine der wichtigsten und gängigsten Werkzeuge für die Analyse von Stadträumen. Die Stadtforschung bedient sich als raumbezogenes Forschungsfeld dabei bereits seit ihren Ursprüngen der Kartografie als Methode zur Analyse von Räumen und räumlichen Zusammenhängen. In diesem Kontext wird das Mittel der Kartografie jedoch aus seiner rein beschreibenden Funktion, wie sie beispielsweise aus der Geografie bekannt ist, herausgehoben und zum Analysewerkzeug erweitert.

Diese räumlichen Analysen werden dann als Kartierungen beziehungsweise „Mappings“ bezeichnet und sind damit eindeutig von herkömmlichen geografischen Kartendarstellungen abzugrenzen (Pelger et al., 2021). So deutet der Begriff der Kartierung bereits klar auf den prozessualen Charakter der Herstellung hin und formuliert einen klaren Gegensatz zur Kartografie, deren Ursprünge hingegen in der territorialen Landvermessung zu finden sind. Mit der englischen Übersetzung der Kartierung als „Mapping“ wird die Auslegung des Begriffs sogar noch erweitert: Innerhalb des reflexiven Mapping-Prozesses geht es demnach nämlich nicht nur um das Erheben und Analysieren vorhandener raumbezogener Daten, sondern gleichzeitig immer auch um ein In-Beziehung-Setzen dieser Daten (Pelger et al., 2021). Es erscheint im Zuge dessen jedoch auch evident, dass die so entstehenden stadträumlichen Kartierungen

beziehungsweise Mappings in den meisten Fällen damit keine rein objektiven Darstellungen verkörpern. Mit der Eingrenzung einer Analysekarte auf ein bestimmtes Thema beziehungsweise durch die bewusste Kombination mehrerer Themen in einer gemeinsamen Kartierung ist mit der Methode des Mappings nämlich immer auch eine Form der Interpretation beziehungsweise der individuellen Stadtwahrnehmung des Verfassers verbunden. Mappings dürfen deshalb keinesfalls mit faktenbasierten Aufzeichnungen verwechselt werden. So definiert auch Hille von Seggern den Mapping-Prozess als eine interpretierende, gestaltende und letztendlich auch entwerfende Methode (Seggern, Hille et al., 2008). Dagmar Pelger versteht das Mapping weiterführend in ihrer Forschungsarbeit als eine Art der Erzählung über bereits hergestellte Räume (Pelger et al., 2021). Dabei stellt sie fest, dass in solchen Mappings immer auch Spuren der vorangegangenen raumherstellenden Handlung, also dem Entwerfen von Stadt, eingebettet sind. Sie definiert die Methode des Mappings demzufolge als „zeichenhafte Narration der Zeit- und Handlungsbezüge einer räumlichen Struktur“ (Pelger et al., 2021).

Des Weiteren bedingt auch der Maßstab der Kartendarstellungen eine gewisse zeichnerische Unschärfe und verlangt nach einer Abstraktion der dargestellten Inhalte. Der Prozess des Mappings ist also zusammenfassend immer auch mit einer subjektiven Auseinandersetzung und Abwägung verbunden: Von der Wahl des Maßstabs über die grafischen Mittel bis hin zur Entscheidung über die Eingrenzung oder Kombination von Themen ist der Verfasser beziehungsweise die Verfasserin ein wichtiger Teil des Mapping-Prozesses.



*Abbildung 19: Analysekarten des Strips von Las Vegas zu den Themen Gebäude, sakrale Räume, Asphaltflächen und Beleuchtung (Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979)*

Am Beispiel der Mappings, die im Rahmen von Robert Venturis Arbeit „Lernen von Las Vegas“ entstanden sind, lässt sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit exemplarisch verdeutlichen, welche stadträumlichen Faktoren sich mit der Methode des Mappings analysieren, interpretieren und grafisch festhalten lassen (Venturi et al., 1979). Venturis Analysen veranschaulichen dies-

bezüglich in einem hohen Maß sowohl die zeichenhafte Narration von Mappings als auch deren Abstraktions- und Kombinationsmöglichkeiten. Seine Arbeit kann somit als eine Art grafische Erzählung über die räumlichen Besonderheiten der Geschäftsstadt Las Vegas in den 1970er-Jahren verstanden werden. Darin widmet er sich vor allem der Symbolik und Zeichenhaftigkeit ihrer Architektur, den dortigen Grenzen zwischen öffentlichen und privaten Nutzungen und der charakteristischen Weite des „Strips“ als Hauptgeschäftsstraße. In seinen Mappings arbeitet Venturi vor allem mit der Fokussierung der jeweiligen Kartierung auf ein bestimmtes Analyse-thema und kombiniert diese anschließend in einem Layout miteinander (siehe Abbildung 19).

Für einige Themen, wie zum Beispiel dem Mapping der Beleuchtungsintensität, verwendet er dabei einen stärkeren Abstraktionsgrad als für andere Themen, wie beispielsweise für das Mapping der öffentlichen sakralen Räume. Durch die Verwendung eines einheitlichen Maßstabs und ähnlicher grafischer Mittel für die verschiedenen Darstellungen gelingt es Venturi in seinen Mappings, die verschiedenen Stadtraumfaktoren miteinander in Beziehung zu setzen und vergleichbar zu machen.

*Tabelle 10: Status quo der Untersuchungsfaktoren Morphologie, Dichte, EG-Nutzung, Öffentlichkeit, Versiegelung und Beleuchtung (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Morphologie & Dichte EG-Nutzung & Öffentlichkeit Versiegelung Beleuchtung
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Kartierung/Mapping
Referenz	Venturi: Lernen von Las Vegas
Kurzbeschreibung	Kartierung verschiedener stadträumlicher Faktoren und Gegenüberstellung in einem gemeinsamen Layout

### Stadtraumanalysen mithilfe von Mental Maps

Eine weitere qualitativ und grafisch kartierend arbeitende Analysemethode aus dem Werkzeugkasten der Stadtforschung stellen sogenannte „Mental Maps“ dar. Die Ursprünge des Mental Mappings sind sowohl in der Stadtplanung als auch in der kognitiven Psychologie und Geografie zu finden. In den unterschiedlichen Disziplinen, in denen Mental Maps angewendet werden, finden sich unterschiedliche Bezeichnungen, die oft auch als „Kognitive Karten“ zusammengefasst werden (Million, 2021). Mit dieser besonderen Form der Kartendarstellung werden subjektive Erinnerungen, Wahrnehmungen und Erfahrungen verschiedener Orte abgebildet. Damit können

Mental Maps im Rahmen stadträumlicher Analysen eingesetzt werden, um Erkenntnisse über die wahrnehmungspsychologische Relevanz verschiedener stadträumlicher Elemente und Strukturen zu gewinnen (Million, 2021). Die Probanden kartieren dabei im Rahmen eines Interviews aus ihrer Erinnerung einen Stadtraum, der ihnen bekannt ist beziehungsweise eine bestimmte Wegstrecke, die sie zuvor durchlaufen haben. Anhand dieser Zeichnungen lassen sich in der Auswertung dann Elemente und Strukturen innerhalb der Stadt identifizieren, die sich mehrheitlich als prägend für das jeweilige Stadtbild und die Orientierung herausstellten.

Als einer der wichtigsten Wegbereiter dieser Methode gilt der amerikanische Architekt und Stadtplaner Kevin Lynch. Mit seinem Werk „Das Bild der Stadt“ führte er bereits Anfang der 1960er-Jahre diese damals noch als „environmental images“ bezeichnete Methode als ein neues, sozialgeografisches Analysewerkzeug in der Stadtplanung ein (Lynch, 1965). Im Rahmen seiner Studie zur Stadtwahrnehmung untersuchte Lynch die amerikanischen Städte Boston, Jersey City und Los Angeles und befragte Personen zu deren subjektiven Wahrnehmung der von ihm identifizierten prägenden Elemente Wege, Grenzlinien, Bereiche, Brennpunkte und Merkzeichen, auf die bereits im vorangegangenen Kapitel dieser Arbeit eingegangen wurde.

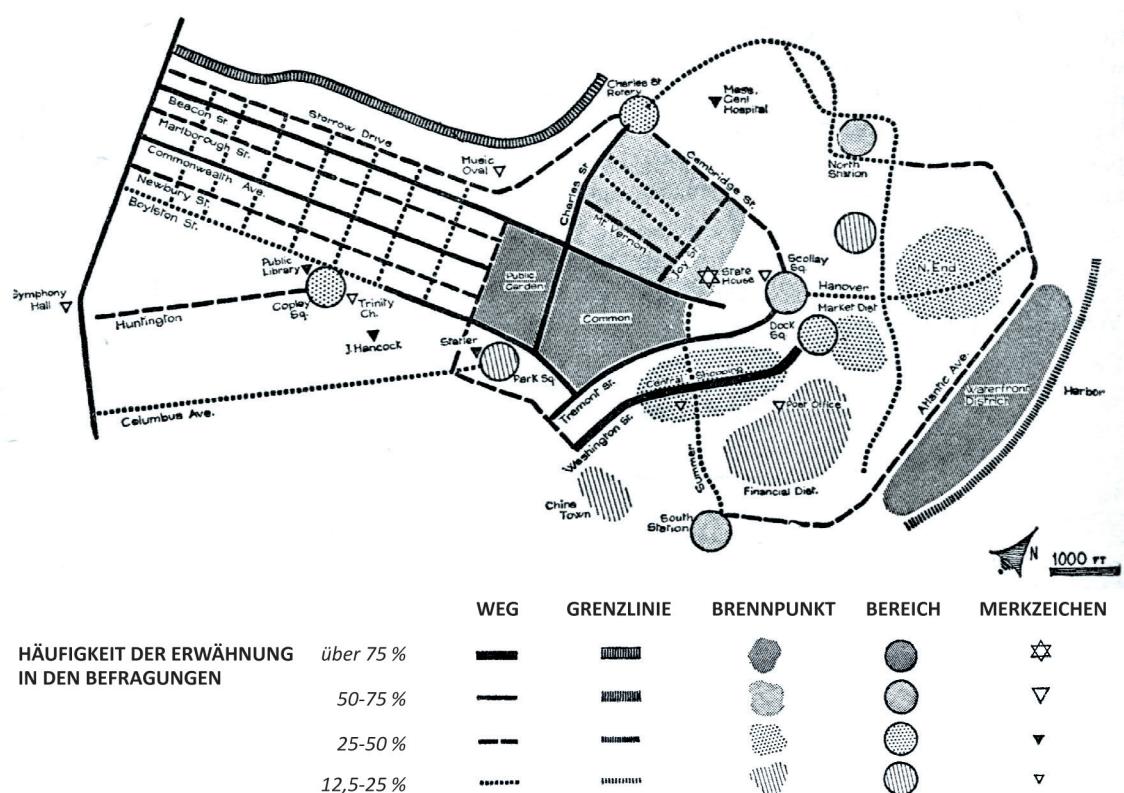


Abbildung 20: Mental Map aus den mündlichen Befragungen in Boston mit Zeichenerklärung  
(Quelle: Eigene Darstellung nach Lynch, 1965)

In den entstandenen Mental Maps werden die fünf Elemente dann jeweils einer spezifischen Symbolisierung zugeordnet und je nach der Häufigkeit ihrer Nennung unterschiedlich dar-

gestellt. Dabei werden die fünf Elemente in die ursprünglichste Form der architektonischen beziehungsweise städtebaulichen Zeichnung übersetzt und als Punkte, Linien und Flächen dargestellt. Abbildung 20 zeigt eine Mental Map aus Lynchs Untersuchungen in Boston. Die Darstellung erklärt sich wie folgt: Wurde beispielsweise ein Weg in weniger als 25 Prozent der Interviews genannt, wurde er in der Darstellung lediglich als gepunktete Linie dargestellt. Fand er hingegen in über 75 Prozent der Interviews Erwähnung und stellte sich dementsprechend als prägend für das subjektive Stadtbild der Befragten heraus, so wurde er als dicke schwarze Linie dargestellt. Elemente, die in weniger als 12,5 Prozent der Interviews genannt wurden, definierte Lynch als nicht stadtbildprägend, diese wurden in der Darstellung vernachlässigt. Zusammenfassend geben die entstandenen Mental Maps also nicht nur Auskunft darüber, an welchen Orten welche Elemente prägend für das Stadtbild der Befragten waren, sondern nehmen auch eine Gewichtung vor und visualisieren die Relevanz verschiedener Stadtraumelemente.

*Tabelle 11: Status quo der Untersuchungsfaktoren prägende Elemente und Orientierung  
(Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	Prägende Elemente (Punkte, Flächen, Linien)
	Orientierung
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Mental Map
Referenzen	Lynch: Das Bild der Stadt
Kurzbeschreibung	Subjektive Kartierung stadtraumprägender Elemente mithilfe von Befragungen

### **Stadtraumanalysen mithilfe von promenadologischen Spaziergängen**

Mit der Erforschung der individuellen Wahrnehmung verschiedener stadträumlicher Faktoren beschäftigte sich daraufhin in den späten 1970er-Jahren auch der Soziologe Lucius Burckhardt (Burckhardt, 2006). Im Rahmen seiner Arbeit entwickelte er die Methode des promenadologischen Spaziergangs und initiierte damit die wissenschaftliche Disziplin der Spaziergangswissenschaften, die auch als „Promenadologie“ bekannt ist. Die Methode des promenadologischen Spaziergangs, deren Ursprünge in der ästhetischen Psychoanalyse zu finden sind, stellt seither eine komplexe wissenschaftliche Methode zur Untersuchung der individuellen Wahrnehmung unserer alltäglichen Umwelt dar (Stippl, 2013). Ziel der Spaziergänge ist es, durch eine bewusste Wahrnehmung und Reflexion der Umgebung die Determiniertheit der menschlichen Wahrnehmung zu überwinden, den Blick zu weiten und damit Antworten auf planerische Fragestellungen zu generieren. Dabei sind promenadologische Spaziergänge immer auch mit reflexiven Fragestellungen verbunden, die im Rahmen der Bewegung durch den Raum beantwortet werden

sollen. Durch die Frage nach dem „Wie?“ und „Warum?“ setzt sich die Promenadologie dabei kritisch mit der individuellen Wahrnehmung auseinander und hinterfragt den zugrunde liegenden Ästhetikbegriff (Burckhardt, 2006).

„Man sieht, was man sehen lernte. Landschaft wahrzunehmen, muss gelernt sein.

Das gilt sowohl historisch als auch individuell.“

(Burckhardt, 2006, S. 301)

Die Grenzen zur künstlerischen Intervention beziehungsweise Performance sind bei dieser Methode fließend und eine Vermischung kulturwissenschaftlicher und künstlerischer Elemente ausdrücklich erwünscht. Abbildung 21 zeigt links den wohl bedeutendsten promenadologischen Spaziergang Burckhardts im Rahmen seiner Lehrtätigkeiten in Kassel. Mit diesem „Windschutzscheibenspaziergang“ nahmen seine Studierenden während des Spaziergangs bewusst die Perspektive von Autofahrer:innen ein, indem sie ihren Blick durch das Mitführen gerahmter Scheiben ausschließlich nach vorne richteten (Burckhardt, 2006).

**Tabelle 12:** Status quo der Untersuchungsfaktoren Wahrnehmung von Stadt & Landschaft und wahrnehmungsprägende Faktoren (Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	Wahrnehmung von Stadt & Landschaft
	Wahrnehmungsprägende Faktoren
	<i>Hinweis: Hierbei können verschiedene architektonische, soziale, kulturelle und ästhetische Faktoren miteinbezogen werden.</i>
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Promenadologische Spaziergänge
Referenz	Burckhardt: Warum ist Landschaft schön? Brauner & Grillo: Kunstpassanten
Kurzbeschreibung	Bewusstes Aufzeichnen und Reflektieren von Beobachtungen, Eindrücken und Gedanken während eines Spaziergangs

Mit dieser Kombination aus Stadtraumanalyse und künstlerischer Performance weist Burckhardt insbesondere auf die Selektivität und Determiniertheit der alltäglichen menschlichen Stadtwahrnehmung hin. Der promenadologische Spaziergang Burckhardts wurde in den nachfolgenden Jahrzehnten kontinuierlich weiterverfolgt und beispielsweise im Kunstprojekt „Kunstpassanten“ 2009 in Zürich als eine kritische Form des Kuratierens eingesetzt (Brauner et al., 2013). Mit Hilfe der „Spaziergangs-Ausstellungen“, die auf der rechten Seite in Abbildung 21 dargestellt sind, sollte das Bewusstsein für den öffentlichen Raum geschärft und der Diskurs über Kunst im öffentlichen Raum angeregt werden. Diverse Hilfsmittel wie beispielsweise Augenbinden dienten in diesen Versuchen dazu, bestimmte Sinne zu aktivieren beziehungsweise zu deaktivieren.



*Abbildung 21: Promenadologische Spaziergänge: „Windschutzscheibenspaziergang“ (links) von Lucius Burckhardt 1993 und Spaziergang des Projekts „Kunstpassanten“ (rechts) in Zürich 2009 (Quelle links: Burckhardt, 2006; Quelle rechts: Weisshaar et al., 2013)*

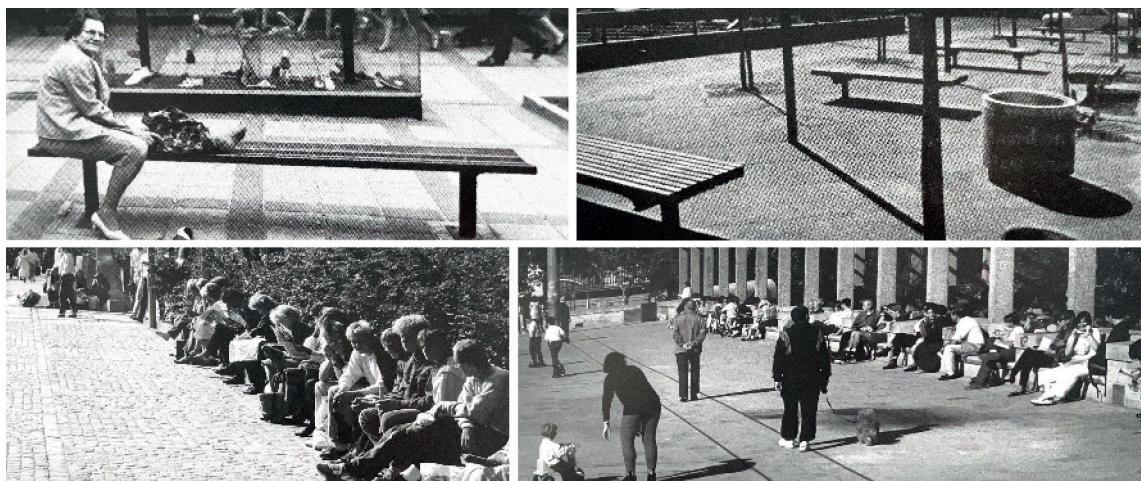
### **Stadtraumanalysen mithilfe von visuellen Analysemethoden**

Ergänzend zu den vorgestellten kartografischen und kulturwissenschaftlich-ästhetischen Ansätzen, stellen visuelle Analyseansätze in der Stadtforschung ein wichtiges Werkzeug dar (Eckardt, 2014). Unter diesem Begriff ist im allgemeinen Verständnis ein grafisches, qualitatives Festhalten von dreidimensionalen Beobachtungen gemeint, das vor allem in Form von Fotografien sowie räumlichen Skizzen dokumentiert wird.

Zwar sind visuelle Analyseansätze in anderen wissenschaftlichen Disziplinen nicht weitverbreitet und meist wenig akzeptiert, doch stellen sie in der Stadtforschung eine überaus wichtige Analysemethode dar. So erscheint die visuelle Auseinandersetzung mit dem Forschungsgegenstand Stadt in diesem Zusammenhang nicht nur naheliegend, sondern auch notwendig. Denn kaum ein anderer Forschungsgegenstand wird so stark von visuellen Aspekten geprägt wie die Stadt. Mithilfe von visuellen Analysemethoden lassen sich Stadträume und ihre prägenden Faktoren daher insbesondere in ihrer Dreidimensionalität auf eine anschauliche Art dokumentieren.

*„Es gibt keine nicht-visuellen Aspekte der Stadt.  
Auf die eine oder andere Weise muss sich die Stadtforschung immer  
zu der Visualität des untersuchten Forschungsgegenstandes verhalten.“*  
(Eckardt, 2014, S. 188)

In Bezug auf die fotografische Analyse von Stadträumen sind allen voran die Arbeiten des dänischen Architekten und Stadtplaners Jan Gehl zu nennen (Gehl, 2012). Auch Gehl nutzt das Medium der Fotografie dazu, die individuell wahrgenommenen Charaktere und Stimmungen des Raums festzuhalten und seine Analysen visuell zu transportieren. Insbesondere widmet er sich dabei dem öffentlichen Raum und den dort stattfindenden Aktivitäten. In seiner Arbeit „Leben zwischen Häusern“, die 1971 in der englischen Originalfassung erschien, greift er dabei immer wieder auf Fotoserien zurück, mithilfe derer er seine spezifischen Beobachtungen dokumentiert (Gehl, 2012).



*Abbildung 22: Fotografische Analyse der Nutzung von Stadtmobiliar auf öffentlichen Plätzen: Mittige Anordnung (oben), Anordnung in Randbereichen (unten)*  
(Quelle: Gehl, 2012, Anordnung verändert)

In seiner Arbeit beobachtet er dabei insbesondere die unterschiedlichen Verhaltensweisen von Menschen im öffentlichen Raum und analysiert darüber hinaus, welche räumlichen Strukturen, Elemente und andere Faktoren diese Verhaltensweisen fördern beziehungsweise hemmen. Schwerpunktmaßig analysiert Gehl in diesem Kontext die Zonierung öffentlicher Räume, ihre Frequentierung inklusive vorherrschender Bewegungslinien, die Anordnung von Stadtmobiliar und dessen Nutzung sowie die Wirkung unterschiedlicher Fassadengestaltungen.

Abbildung 22 zeigt seine fotografische Auseinandersetzung mit der Nutzung von Bänken auf öffentlichen Plätzen. Im Rahmen dieser Analyse beobachtet er eine deutlich höhere Beliebtheit von Bänken in geschützten Randbereichen im Gegensatz zu einer mittigen Anordnung.

*Tabelle 13: Status quo der Untersuchungsfaktoren Zonierung & Nutzung öffentlicher Räume, Frequentierung, Bewegungslinien, Stadtmobiliar und Fassadengestaltung (Quelle: Eigene Darstellung)*

Untersuchungsfaktoren	<b>Zonierung &amp; Nutzung öffentlicher Räume</b> <b>Frequentierung</b> <b>Bewegungslinien</b> <b>Stadtmobiliar</b> <b>Fassadengestaltung</b>
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Fotografische Analyse
Referenz	Gehl: Leben zwischen Häusern
Kurzbeschreibung	Fotografische Dokumentation von Beobachtungen zu Verhaltensweisen von Menschen in unterschiedlich gestalteten Stadträumen inklusive der Analyse interaktionsfördernder beziehungsweise -hemmender Faktoren

Als eine weitere visuelle Analysemethode werden im Rahmen der Auseinandersetzung mit dem Forschungsgegenstand Stadt häufig auch räumliche Zeichnungen und Skizzen eingesetzt, um Raumeindrücke, Maßstäblichkeit und prägende Faktoren zu verdeutlichen. Dabei beinhalten diese Zeichnungen häufig jedoch auch explizit die individuelle Interpretation des Zeichnenden. Nicht selten wird in diesem Kontext auch bewusst auf das Mittel der Überzeichnung zurückgegriffen, um so individuell wahrgenommene Besonderheiten eines Stadtraums zu verdeutlichen.

So analysiert auch Robert Venturi im Rahmen von „Lernen von Las Vegas“ mithilfe von räumlichen Zeichnungen die spezifische Maßstäblichkeit und die Symbolik der amerikanischen Geschäftsstadt Las Vegas. Dafür setzt er den Querschnitt der Hauptgeschäftsstraße in Las Vegas, auch „Strip“ genannt, in den direkten Vergleich mit gängigen Straßenquerschnitten anderer Raumtypen (Venturi et al., 1979). Er fertigt hierfür stark vereinfachte, abstrahierte Schnittzeichnungen dieser Straßenräume an und überzeichnet diese mit seinen individuellen Beobachtungen zur Symbolik, Beschriftung und Architektur des jeweiligen Raums.

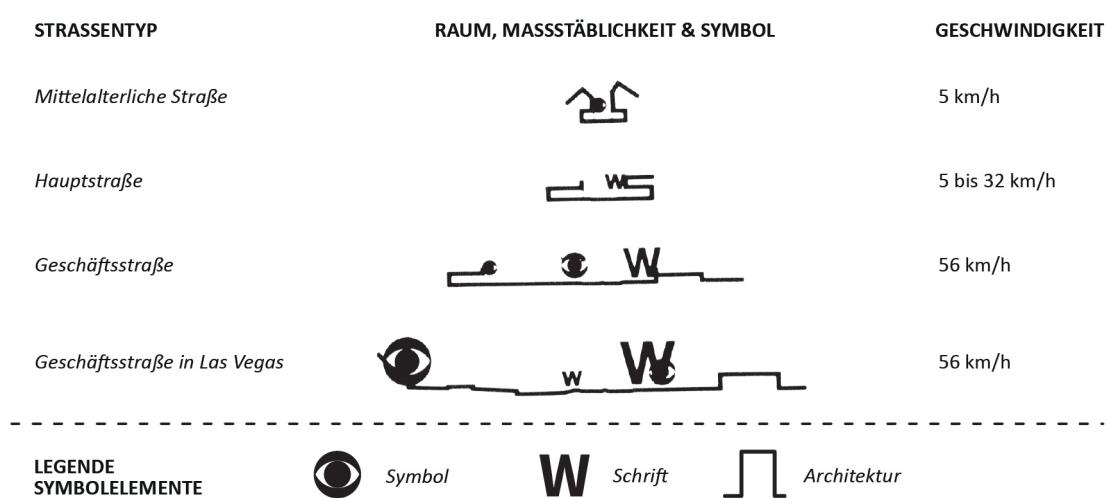


Abbildung 23: Schnittanalyse verschiedener Straßenräume im Vergleich zu Las Vegas in Bezug auf Raum, Maßstäblichkeit, Symbol und Geschwindigkeit (Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979)

Venturi erreicht mit seinen grafischen Visualisierungen vor allem durch die Verwendung der Stilelemente der direkten Gegenüberstellung, der Überzeichnung von Elementen und der Verwendung eines einheitlichen Zeichenstils, dass die verschiedenen Straßenräume miteinander vergleichbar werden. Ein Beispiel für Venturis grafische Auseinandersetzungen ist in Abbildung 23 zu sehen. In diesem Zusammenhang beobachtet Venturi in „Lernen von Las Vegas“ die starke Ausrichtung des Strips der Geschäftstadt Las Vegas auf den Durchfahrtsverkehr. Unter diesem Aspekt stellt Venturi insbesondere die besondere Anpassung der Maßstäblichkeiten an die Bewegungsgeschwindigkeit des Strips fest, die maßgeblich vom Autoverkehr definiert wird. Nicht nur die Größe der Symbole und Reklamen, sondern auch die besondere Weite des Stadt-

raums führt Venturi im Rahmen seines Vergleichs dabei maßgeblich auf die Geschwindigkeit des Durchgangsverkehrs zurück. So schließt er aus seinen Analysen, dass die überdimensional erscheinenden Symbole und Schriften maßgeblich auf die Bewegungsgeschwindigkeit des vorbeifahrenden Publikumsverkehrs ausgerichtet seien.

**Tabelle 14:** Status quo der Untersuchungsfaktoren *Symbolik* und *Maßstäblichkeit*  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	<b>Symbolik</b>
	<b>Maßstäblichkeit</b>
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Räumliche Zeichnung
Referenzen	Venturi: Lernen von Las Vegas
Kurzbeschreibung	Analyse von Symboldimensionen und Maßstäblichkeiten mithilfe von abstrahierten räumlichen Schnittzeichnungen und Überzeichnungen

### **Stadtraumanalysen mithilfe von kombinierten Analysemethoden**

Im Kontext der Analyse von Stadträumen und der Dokumentation ihrer Individualität werden die bereits beschriebenen visuellen Methoden in einigen Arbeiten aus dem Kontext der Stadtfor schung insbesondere auch in der Kombination mit anderen Methodenbausteinen verwendet (Eckardt, 2014). Fotografien und Skizzen können so vor allem in Ergänzung zu den bereits erwähnten kartierenden Analysemethoden der Stadtfor schung eine wichtige Ergänzung darstellen und die Lücke der visuellen Dimension in der Analyse schließen (Eckardt, 2014).

*„Der Zugang über Fotos generiert Erkenntnisse, die auf visuell festgehaltenen Beobachtungen basieren, welche nicht durch Dokumentationen von Objektmerkmalen, wie sie im Rahmen von Kartierungen stattfinden, erlangt werden können.“*

*(Fülling et al., 2021, S. 351)*

Im Rahmen von kombinierten Analysemethoden dient das Werkzeug der Kartierung deshalb meist dazu, die räumlichen Strukturen und Beziehungen des Raums zu identifizieren und sie im Kontext zu veranschaulichen. Die fotografische Dokumentation ergänzt diese zweidimensionale Erfassung des Raums dann mit einer anschaulichen Illustration und fokussiert sich dabei vor allem auf die Besonderheiten, Stimmungen und Details (Fülling et al., 2021). Im Rahmen dieser Methodenkombination wird somit zwar jedem Werkzeug ein eigenständiges Aufgabenfeld zugewiesen, aber durch deren spezifische Kombination zugleich ein deutlicher Mehrwert zugunsten der Anschaulichkeit der Analyse des komplexen Untersuchungsgegenstands Stadt geschaffen.

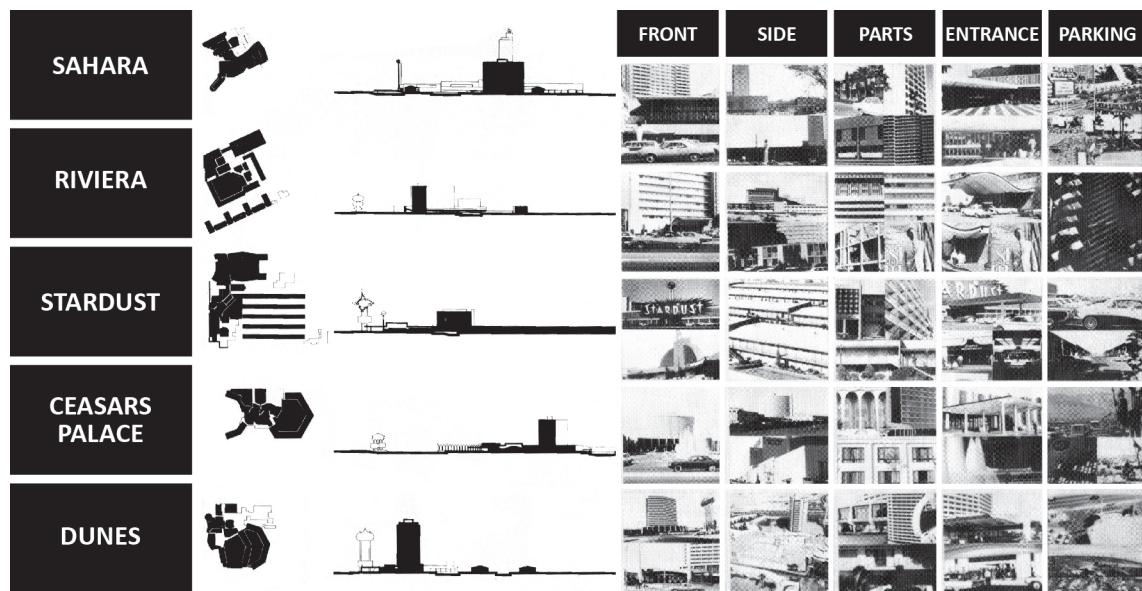


Abbildung 24: Vergleichende Matrix von Hotels am Strip von Las Vegas in Grundrissen, Ansichten und Details (Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979)

Robert Venturis Arbeit bedient sich in „Lernen von Las Vegas“ (Venturi et al., 1979) häufig einer solchen Kombination von Analysewerkzeugen. Abbildung 24 zeigt seine Auseinandersetzung mit den Hotels entlang des Strips in Las Vegas, die er als vergleichende Analysematrix darstellt und dabei verschiedene Analysewerkzeuge benutzt. In Form einer Matrix veranschaulicht Venturi dabei die unterschiedlichen Hotels sowohl im Grundriss und in ihrer Ansicht als auch deren charakteristische Elemente in einer vergleichenden fotografischen Dokumentation. Durch die Kombination aus zweidimensionalen, dreidimensionalen und visuellen Darstellungen sowie der direkten Gegenüberstellung in einer Art Matrix gelingt es Venturi damit, den Fokus insbesondere auf wiederkehrende Motive innerhalb der Architektur der Hotelgebäude in Las Vegas zu legen.

Tabelle 15: Status quo der Untersuchungsfaktoren Morphologie, Zonierung und Fassadengestaltung (Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfaktoren	Morphologie Zonierung Fassadengestaltung
Art der Datenerhebung	Qualitativ
Methode	Kombination von Fotografien und räumlichen Zeichnungen
Referenzen	Venturi: Lernen von Las Vegas
Kurzbeschreibung	Vergleichende Betrachtung wiederkehrender architektonischer Motive mithilfe von Fotografien, Grundrissen und Schnitzeichnungen und Gegenüberstellung in einem gemeinsamen Layout als Matrix



## 2.3 Zusammenfassung Kapitel 2

Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit dem Stand der Forschung rund um die thematischen Hintergründe der Stress- und Ursachenforschung.

In einem ersten Teil wird in diesem Kapitel zunächst auf den Status quo der Stressforschung eingegangen. In diesem Abschnitt wird vor allem auf Ansätze aus der Umweltpsychologie sowie die Arbeit des Stadtforschers Kevin Lynch verwiesen. Dabei wird erläutert, wie die menschliche Wahrnehmung der Umwelt vor dem Hintergrund der ursprünglichen Lebensweise des Menschen einzuordnen ist, welche Bedeutung hierbei dem Erfassen und Verarbeiten von Umweltreizen zuzuordnen ist und in welcher Beziehung diese Reize zu den menschlichen Emotionen stehen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird die extreme Reizdichte der Umwelt „Stadt“ herausgearbeitet und die Notwendigkeit für den Menschen erläutert, ihre Wahrnehmung zugunsten einer schnelleren Verarbeitung in einzelne Fragmente und Teilbilder zu selektieren. Daran anknüpfend verweist die Arbeit auf Lynchs Theorie der fünf prägenden Elemente in Bezug auf die menschliche Wahrnehmung von Stadträumen (Lynch, 1965).

Weiterführend werden in diesem ersten Abschnitt des Kapitels wichtige Grundbegriffe und theoretische Modelle in Hinblick auf das Phänomen „Stress“ vorgestellt. Dabei wird grundlegend zwischen physiologischen Stressmodellen (Stress als körperliche Reaktion) und psychologischen Stressmodellen (Stress als psychische Reaktion) unterschieden. Grundsätzlich verwendet die Stadtraumdiagnostik das physiologische Modell von Stress, nach dem jeder Mensch gleichermaßen auf ein und denselben Reiz reagiert, jedoch fließt zugunsten der Einbeziehung subjektiver Komponenten teilweise auch das psychologische Modell ein.

Aufbauend auf das theoretische Konstrukt von Stress stellt die Arbeit dann den Status quo des Messens und Lokalisierens von Stress vor. In diesem Kontext wird die Methodik des Emotion Sensings respektive EmoCyclings vorgestellt, bei der mithilfe eines Sensorarmbandes und Smartphones die physiologische Stressreaktion von Probanden bei der freien Bewegung durch Stadträume gemessen werden kann. Die aufgezeichneten Stressdaten werden anhand der verknüpften GPS-Position schließlich in Form von Heatmaps als räumliche Karten visualisiert.

Im zweiten Teil des Kapitels werden daraufhin erste Ansätze der Ursachenforschung vorgestellt, wobei zwischen den vorwiegend quantitativen Methodenansätzen aus der Disziplin der Verkehrsorschung und den mehrheitlich beschreibenden qualitativen Ansätzen aus der Disziplin der Stadtforschung unterschieden wird. Die Forschungsansätze werden daraufhin in einer Methodenübersicht vorgestellt und anhand von Beispielprojekten veranschaulicht, für die jeweils eine Übersichtstabelle erstellt wird.



# 03

## KAPITEL 3

---

# RÄUME IDENTIFIZIEREN

## DEFINITION DER UNTERSUCHUNGSSTÄDTE UND FALLSTUDIEN

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 70 | 3.1 AUSWAHL DER UNTERSUCHUNGSSTÄDTE

S. 84 | 3.2 STADTPROFILE

S. 105 | 3.3 AUSWAHL DER FALLSTUDIEN

S. 119 | 3.4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 3

### 3.1 Auswahl der Untersuchungsstädte

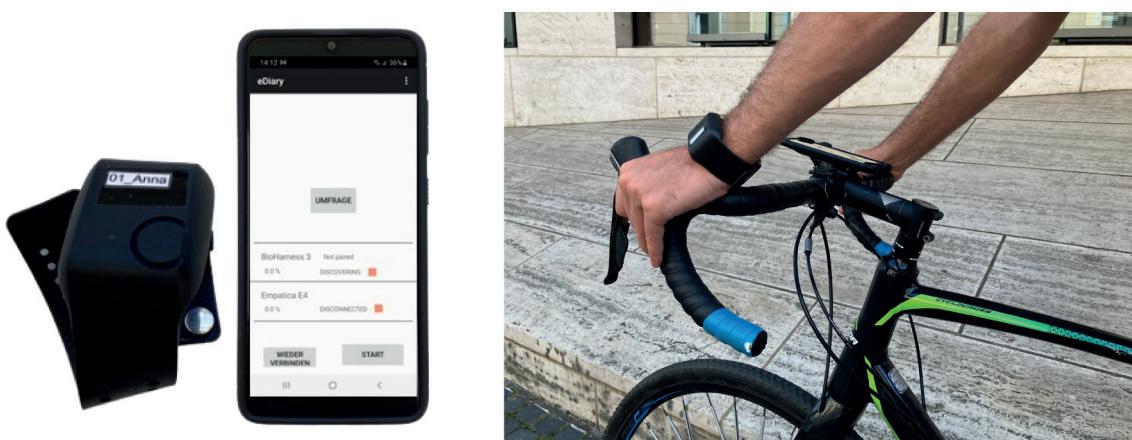
Das folgende Kapitel macht es sich zur Aufgabe, geeignete Räume für die geplanten Erhebungen zu identifizieren. In diesem Zusammenhang greift die Arbeit auf einen bestehenden Pool an Untersuchungsstädten zurück, der aus Städten besteht, in denen bereits durch die Urban Emotions Initiative Stressmessungen durchgeführt wurden. Aus diesem EmoCycling-Städtepool werden daraufhin zwei Städte als Untersuchungsstädte ausgewählt. Diese Auswahl erfolgt mit Hilfe von Kurzprofilen, in denen die zur Verfügung stehenden Städte zunächst anhand definierter Kriterien steckbriefartig vorgestellt und anschließend miteinander verglichen.

#### 3.1.1 EmoCycling-Städtepool

Der hier vorgestellte Städtepool setzt sich aus fünf verschiedenen Modellstädten zusammen, die aus den beiden aktuellen Forschungsprojekten der Urban Emotions Initiative hervorgehen. Im Rahmen dieser Projekte wurden in fünf Städten EmoCycling-Messungen respektive Stressmessungen durchgeführt und als Datengrundlage zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um die bereits in der Einleitung (vergleiche Kapitel 1.3.2) erwähnten Forschungsprojekte Cape Reviso (Zeile et al., 2021) und ESSEM (Haug, Schmidt-Hamburger et al., 2023; Zeile et al., 2022).

##### 3.1.1.1 EmoCycling-Methodik

Zugunsten eines besseren Verständnisses für den Versuchsaufbau sollen an dieser Stelle die wichtigsten Eckpunkte der EmoCycling-Methodik noch einmal kurz zusammengefasst werden. Eine detailliertere Beschreibung zu den grundlegenden Mechanismen und Funktionsweisen der Methodik ist in Kapitel 2.1.3 zu finden.



*Abbildung 26: Setting der EmoCycling-Messungen am Beispiel des BMDV-Projekts ESSEM: Smartband Empatica E4 und Smartphone mit eDiary-App (Quelle links: Zeile et al., 2022; Fotografie rechts: Eigenes Archiv)*

Im Rahmen der EmoCycling-Messungen werden die physiologischen Stressreaktionen von Probanden während ihrer Fahrradfahrt aufgezeichnet und verortet. Abbildung 26 zeigt das Setting und die Durchführung der Messungen in Bezug auf das Fahrradfahren.

Im Rahmen der Messungen zeichnet ein Sensorarmband (Empatica E4) die kurzzeitigen Veränderungen der Hautleitfähigkeit und -temperatur auf und sendet die Daten über eine Bluetooth-Verbindung an ein Smartphone. Über das Smartphone werden die gesammelten Daten dann über eine App (eDiary) mit der jeweiligen Geoposition verknüpft und gespeichert.

Die gesammelten Daten werden im Anschluss mithilfe eines Algorithmus ausgelesen, kategorisiert und als CSV-Datensatz ausgegeben. In der Auswertung wird eine Stressreaktion vereinfacht ausgedrückt dann identifiziert, wenn die Hautleitfähigkeit steigt und die Hauttemperatur abnimmt, also umgangssprachlich „kalter Angstschweiß“ entsteht.

Im Anschluss werden die ausgewerteten Datensätze mithilfe eines GIS-Programms eingelesen und über ein KDE-Verfahren als Heatmap visualisiert. Die so erzeugte Heatmap gibt dann visuell sehr eindrücklich Aufschluss darüber, an welchen Stellen in der Stadt die Probanden mehrheitlich Stress beziehungsweise keinen Stress empfunden haben.

### 3.1.1.2 Datenübersicht

Die Ergebniskarten respektive Heatmaps der beiden Forschungsprojekte Cape Reviso und ESSEM dienen der hier vorgestellten Forschungsarbeit als Ausgangspunkt für die geplante Ursachenforschung. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die verwendeten Messdaten sich dabei ausschließlich auf das Stressempfinden von Radfahrenden beziehen und unter der Verwendung unterschiedlicher Messsettings durchgeführt wurden.

*Tabelle 16: Datenübersicht der Heatmaps aus dem EmoCycling-Pool (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquellen Cape Reviso und ESSEM)*

Ort	Projekt	Zeitraum	Probanden	Räumliches Setting	Tracks	MOS
Karlsruhe	Cape Reviso	11/2021 & 01/2022	17	Vorgegebene Route	26	1.121
Stuttgart	Cape Reviso	06/2022	20	Vorgegebene Route	13	310
Herrenberg	Cape Reviso	10/2022	14	Freifahrt	106	3.455
Ludwigsburg	ESSEM	07/2022	11	Freifahrt	114	3.459
Osnabrück	ESSEM	09/2022	28	Freifahrt	480	12.992

Zur besseren Veranschaulichung soll an dieser Stelle mithilfe einer Datenübersicht Aufschluss über den Versuchsaufbau und die Messdaten der jeweiligen Stressmessungen gegeben werden. In Tabelle 16 wird auf der linken Seite entsprechend dargestellt, an welchem Ort, in welchem Projektkontext, in welchem Zeitraum, mit wie vielen Probanden und in welchem Erhebungsbereich die Messungen stattgefunden haben. Bezuglich des Erhebungsbereichs wurden die Messungen entweder auf einer vorgegebenen Route oder aber als Freifahrten innerhalb des Stadtgebiets und dementsprechend ohne Streckenvorgabe durchgeführt. Im rechten Teil gibt die Tabelle Aufschluss über die ausgewerteten Daten und zeigt, wie viele einzelne Fahrradfahrten (Tracks) fehlerfrei eingelesen und wie viele Stressmomente (MOS) dabei erkannt werden konnten und letztendlich in den Heatmaps dargestellt wurden.

### 3.1.1.3 Ergebniskarten

Um die unterschiedlichen Untersuchungsräume und Erkenntnisse der genannten EmoCycling-Messungen aufzuzeigen, soll im Folgenden kurz auf die Ergebniskarten eingegangen werden.

#### Heatmaps aus dem Projekt ESSEM

Im Projekt ESSEM wurden die Stressmessungen in den Städten Ludwigsburg und Osnabrück als Freifahrten ohne Streckenvorgabe in einem Zeitraum von zwei Wochen durchgeführt. Obwohl es sich bei den Messungen in Ludwigsburg und Osnabrück um das gleiche Setting handelt, zeigt die Datenübersicht in Tabelle 16 deutlich, dass die Teilnehmerzahl in den beiden Städten stark variiert. Im Gegensatz zur hohen Teilnahmequote in Osnabrück mit 28 Probanden konnten in Ludwigsburg lediglich 11 Probanden akquiriert werden. Es ist plausibel, dass dadurch in Osnabrück auch deutlich mehr Tracks und MOS als Datengrundlage für die Erstellung der Ergebniskarten verwendet werden konnten. Beide Heatmaps sind in Abbildung 27 dargestellt.

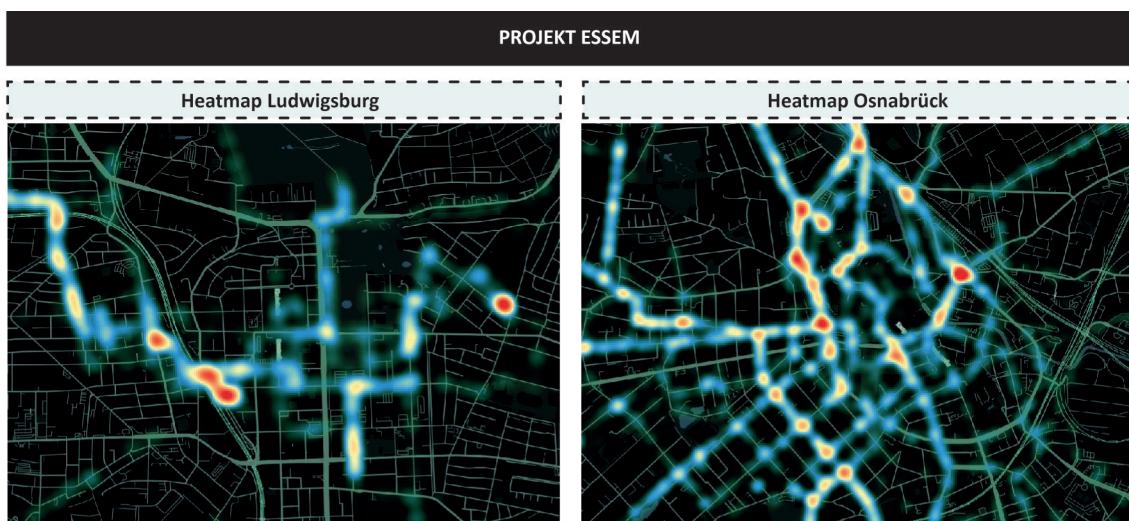


Abbildung 27: Heatmaps aus dem Projekt ESSEM (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle ESSEM)

### Heatmaps aus dem Projekt Cape Reviso

Im Projekt Cape Reviso wurden die Stressmessungen dazu verwendet, um den realen und den virtuellen Raum miteinander vergleichen zu können und den Einsatz digitaler (intelligenter) Technologien zu erproben. Aufgrund dieses explorativen Forschungsansatzes wurden die EmoCycling-Messungen hier mit sehr unterschiedlichen Versuchsaufbauten durchgeführt.

Abbildung 28 zeigt die Ergebniskarten der drei Untersuchungsstädte Karlsruhe, Stuttgart und Herrenberg in der Übersicht. Während die Probanden in Karlsruhe und Stuttgart relativ kompakt an einem definierten Messtag eine vorgegebene Strecke abfuhren, handelt es sich bei der Messung in Herrenberg um freie Fahrten, die die Probanden über zwei Wochen hinweg mit den Messgeräten absolvierten. Dieser Aufbau spiegelt sich auch in den Ergebnisdaten wider, die in Abbildung 28 zu sehen sind: In Herrenberg wurden deutlich mehr Tracks gesammelt und dementsprechend auch mehr Stressmomente (MOS) detektiert als in Karlsruhe und Stuttgart. Die Anzahl der teilnehmenden Probanden ist hingegen gut vergleichbar und variiert zwischen 14 Probanden in Herrenberg, 17 Probanden in Karlsruhe und 20 Probanden in Stuttgart.



Abbildung 28: Heatmaps aus dem Projekt Cape Reviso (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Cape Reviso)

### 3.1.2 Städtevergleich in Kurzporträts

Zugunsten der besseren Vergleichbarkeit werden im folgenden Abschnitt zunächst alle fünf Städte aus dem vorgestellten EmoCycling-Städtepool im Rahmen von Kurzporträts vorgestellt. Das einheitliche Schema der Darstellungen und die zuvor definierten Vergleichskriterien sollen die Vergleichbarkeit der Kurzporträts fördern und erleichtern dadurch die spätere Eingrenzung auf zwei Untersuchungsstädte.

#### 3.1.2.1 Vergleichskriterien

Folgende Vergleichskriterien wurden für die Kurzporträts definiert und sollen im nachfolgenden Abschnitt kurz umrissen und samt der zugrunde liegenden Datenquellen benannt werden:

##### **Einwohnerzahl**

Die amtliche Einwohnerzahl einer Stadt umfasst alle gemeldeten Personen innerhalb der Gemarkung des Stadtgebiets, unabhängig von der Staatsangehörigkeit. Sie dient als Basis für die Einstufung der Größe, Dichte und des Typs einer Stadt und bildet somit die Grundlage für viele strategische Entscheidungen. Die Erhebung erfolgt alle zehn Jahre im Rahmen des bundesweiten Zensus.

Der aktuellste Zensus, auf den im Rahmen der Kurzporträts maßgeblich zurückgegriffen wird, fand im Mai 2021 statt und ist auf der Seite des Statistischen Landesamts des jeweiligen Bundeslands einsehbar.

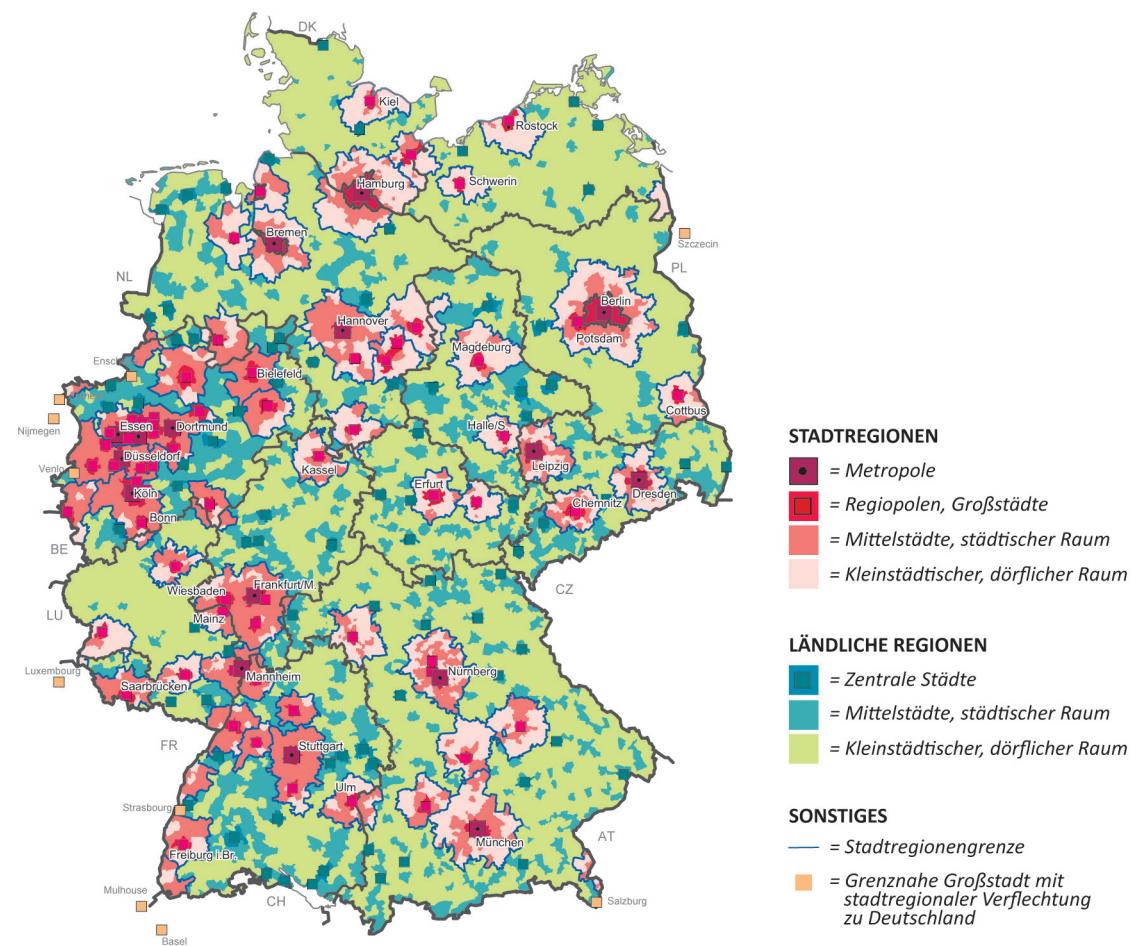
##### **Stadttyp**

Im Rahmen der Analysen kommunaler Zustände und Entwicklungen wird oftmals auf den Begriff der Stadt- und Gemeindetypen zurückgegriffen, der dabei als eine Art Größen- und Funktionsordnung dient. In diesem Kontext gliedert das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung die deutschen Städte gemessen an ihrer Einwohnerzahl und zentralen Funktionen in drei Kategorien: Kleinstädte, Mittelstädte und Großstädte (BBSR, 2017). Die erstellten Kurzporträts greifen hinsichtlich der Darstellung des Stadttyps auf diese Einteilung zurück und erweitert sie um eine vierte Kategorie – die der Metropole.

Hier bestehen jedoch durchaus Parallelen zur Einteilung des BBSR. Denn in der Kategorie der „Großstädte“ unterscheidet die Einteilung in kleinere Großstädte mit weniger als 500.000 Einwohner:innen und große Großstädte mit mehr als 500.000 Einwohner:innen. Je nach ihrer Zentralität und überregionalen Funktion werden die großen Großstädte in anderen Quellen auch als Metropolen bezeichnet. Dieser Einordnung schließt sich die vorliegende Arbeit an und verwendet für überregional besonders bedeutsame große Großstädte den Begriff der Metropole.

## Raumtyp

Insbesondere bei konkreten räumlichen Fragestellungen und Analysen ist es essenziell, nicht nur auf die Stadtgröße und den Typ einzugehen, sondern auch dem Kontext, innerhalb dessen sich das jeweilige Gebiet befindet, Rechnung zu tragen.



*Abbildung 29: Übersicht der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStar) nach der Einteilung des BMDV (Quelle: Eigene Darstellung nach BMDV, 2021b)*

Vor allem in Bezug auf Infrastrukturfragen ist es dabei zielführend, Städte und Gemeinden auch nach ihren Raum- und Siedlungsstrukturen in Kategorien einzustufen. Denn zweifellos ist vor allem bei lokalen und regionalen Mobilitätsfragen die Urbanität des jeweiligen Planungskontextes entscheidend. Das BMDV unterscheidet deshalb in seinen Mobilitätsforschungen und -erhebungen nicht nur nach Größe in verschiedene Stadttypen, sondern nimmt auch eine Gliederung in regionalstatistische Raumtypen (RegioStar) vor (BMDV, 2021b). Diese Einteilung dient der vorliegenden Arbeit sowohl als Grundlage für die Raumtypen in den Kurzporträts als auch als ein Urbanitätsindikator.

In der Einteilung wird zunächst grob in Stadtregionen und ländliche Regionen unterschieden. In der Kurzfassung, dem RegioStar 7, den auch die vorliegende Arbeit als Bezug wählt, wird

innerhalb dieser beiden Grundtypen weiterführend in sieben Raumtypen differenziert. Die detaillierte Einteilung und Verortung der definierten Raumtypen kann der Karte in Abbildung 29 entnommen werden.

### **ADFC-Fahrradfreundlichkeit**

Die regelmäßig und bundesweit stattfindende Befragung des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Clubs e. V. (ADFC) im Rahmen des ADFC-Fahrradklima-Tests liefert ein repräsentatives Stimmungsbild über die Fahrradfreundlichkeit deutscher Städte. Innerhalb eines Fragebogens können Radfahrende verschiedene Aspekte des Radfahrens in ihrem Wohnort bewerten. Längst stellen die Umfrageergebnisse deshalb nicht nur ein Stimmungsbarometer, sondern mit der Veröffentlichung der detaillierten Umfrageergebnisse mittlerweile auch eine wichtige Orientierungshilfe für die kommunale Planung dar.

Auch im Rahmen der Kurzporträts soll deshalb auf diese Werte zurückgegriffen werden, um die Fahrradfreundlichkeit der jeweiligen Stadt einstufen zu können. Hierfür werden die Testergebnisse aus dem Jahr 2020 herangezogen, die im Vergleich zum Jahr 2016 einen deutlichen Abwärtstrend erkennen lassen (ADFC, 2021). Denn der Bundesdurchschnitt lag im Jahr 2020 bei der Bewertung im Schulnotensystem von eins bis sechs mit 3,93 nur bei „ausreichend“, wohingegen er vier Jahre zuvor noch bei 3,81 gelegen hat.

### **Langsamverkehr im Modal Split**

In Bezug auf die Untersuchung der menschlichen Wahrnehmung bei der Bewegung innerhalb der Stadt erscheint es naheliegend, im Rahmen der Kurzporträts auch den Anteil des Rad- und Fußverkehrs in den potenziellen Untersuchungsstädten zu beleuchten. In der vorliegenden Arbeit werden diese „Aktiven Mobilitätsformen“ unter dem vor allem im Schweizer Sprachraum verwendeten Begriff des „Langsamverkehrs“ zusammengefasst. Für die vorgenommene Bewertung der Ausgangslage dient der Modal Split als wichtigste Datengrundlage.

Ein Großteil der Städte greift bei der Veröffentlichung des Modal Splits auf bundesweite Erhebungen zurück, seltener werden eigene Erhebungen angestellt. In den meisten der hier betrachteten Fällen dient deshalb die Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ (BMVI, 2018) als aktuellste Datenquelle. Aus den Daten des Modal Splits wird für die Kurzporträts der prozentuale Anteil des Langsamverkehrs am Verkehrsaufkommen der jeweiligen Stadt ermittelt, indem die Einzelanteile des Fuß- und Radverkehrs miteinander addiert werden.

### **Anteil Langsamverkehr im Vergleich zum Raumtyp**

Im Rahmen der Mobilitätserhebungen des BMDV werden nicht nur bundesweit die wichtigsten Zahlenwerte rund um das Thema Mobilität und Infrastruktur erhoben, sondern die Werte auch

mit den bereits skizzierten regionalstatistischen Raumtypologien in Beziehung gebracht. Im Ergebnisbericht der Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ (BMVI, 2018) wird der Modal Split so zum Beispiel nicht nur für die einzelnen Städte und Gemeinden veröffentlicht, sondern auch der Durchschnittswert für die sieben definierten Raumtypen nach RegioStaR gebildet.

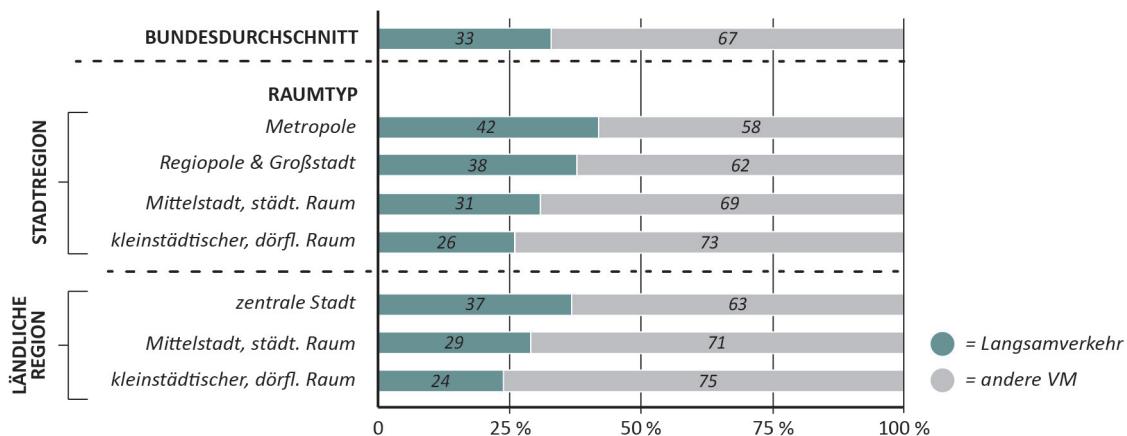


Abbildung 30: Langsamverkehrsanteile im Modal Split nach Raumtypen im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle BMVI, 2018)

Diese Durchschnittswerte für die einzelnen Raumtypen demonstrieren den Zusammenhang zwischen Mobilitätsverhalten und Urbanität und dienen als eine wichtige Orientierungshilfe (siehe Abbildung 30). In einer durchschnittlichen urbanen Metropole nimmt der Langsamverkehr im Jahr 2017 beispielsweise ganze 42 Prozent in der Verteilung des Verkehrsaufkommens ein, wohingegen er in einer Kleinstadt im dörflichen Raum lediglich 24 Prozent ausmacht.

Die vorliegende Arbeit vergleicht in den Kurzporträts den Modal Split der jeweiligen Stadt mit den durchschnittlichen Werten für den jeweiligen Raumtyp und gibt die Differenz der beiden Werte in Prozent an. Der errechnete Wert gibt schließlich einen ersten Anhaltspunkt darüber, ob die betrachteten Städte bezogen auf den Langsamverkehr und ihre Urbanität durchschnittlich, unter- oder überdurchschnittlich einzustufen sind. Je höher der Wert ist, desto überdurchschnittlicher ist der Anteil des Langsamverkehrs am Verkehrsaufkommen der Stadt im Vergleich mit dem jeweiligen Raumtypendurchschnitt. Wurde hingegen ein negativer Wert errechnet, ist der Anteil des Langsamverkehrs in der Stadt unterhalb des jeweiligen Raumtypendurchschnitts.

### 3.1.2.2 Darstellung der Kurzporträts

Nachdem die Vergleichskriterien definiert wurden, werden im Folgenden nun die fünf potenziellen Untersuchungsstädte aus dem EmoCycling-Städtepoo in Kurzporträts vorgestellt.

Die Darstellung der Kurzporträts ist – wie in den Abbildungen 31 bis 35 veranschaulicht – folgendermaßen aufgebaut: Auf der linken Seite befindet sich eine piktogrammatische Einordnung der Lage innerhalb Deutschlands, die Benennung des Bundeslandes und eine Übersichtskarte des zentralen Stadtbereichs auf Grundlage von OpenStreetMap-Daten. Auf der rechten Seite wird dann anhand von sechs definierten Vergleichskriterien für jede Stadt eine Einstufung beziehungsweise Punktebewertung vorgenommen. Dabei reicht die Skala von eins bis fünf, wobei eins einer niedrigen Wertung und fünf der Höchstwertung entspricht.

## Kurzporträt Karlsruhe

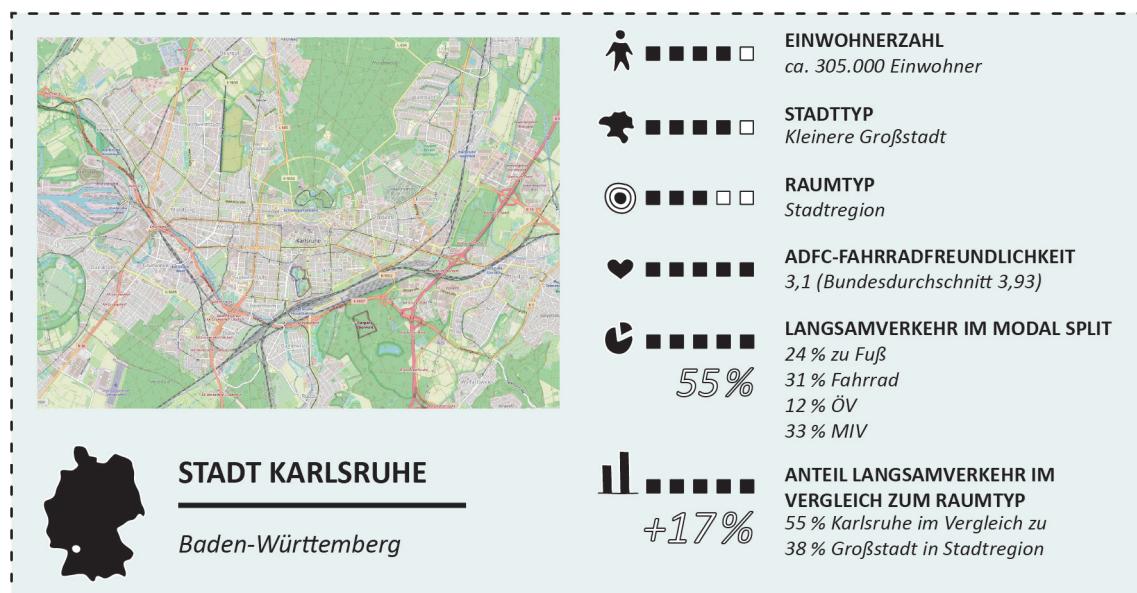


Abbildung 31: Kurzporträt Stadt Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap)

Die Stadt Karlsruhe ist eine Großstadt, genauer eine kleinere Großstadt, in Baden-Württemberg, die aufgrund ihres historischen Stadtgrundrisses auch als Fächerstadt bekannt ist. Im Jahr 2021 zählte sie rund 305.000 Einwohner:innen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021). Die Stadt ist Teil der Metropolregion Rhein-Neckar und wird dem Raumtyp Stadtregion (BMDV, 2021b) zugeordnet. Nicht nur regional, sondern durchaus auch über die Landesgrenzen hinaus ist Karlsruhe bekannt für seinen hohen Fahrradanteil, der im Jahr 2018 ganze 31 Prozent des Modal Splits (Stadt Karlsruhe, 2020) ausmachte.

Die Fahrradfreundlichkeit der Stadt wurde im Rahmen des ADFC-Fahrradklimatests im Jahr 2020 mit der befriedigenden Schulnote von 3,1 (ADFC, 2021) bewertet. Karlsruhe ist mit dieser Bewertung die fahrradfreundlichste Großstadt des ADFC-Fahrradklimatests. Durch den kompakten

Stadtgrundriss werden darüber hinaus rund 24 Prozent der Wege zu Fuß zurückgelegt.

Insgesamt verzeichnet der Langsamverkehr in Karlsruhe einen Anteil von 55 Prozent am Modal Split und liegt dabei im Vergleich mit den durchschnittlichen Werten für den Raumtyp Stadtregion 17 Prozent oberhalb des Durchschnitts. Zusammenfassend können die Langsamverkehrsanteile der Stadt Karlsruhe deshalb durchaus als überdurchschnittlich bezeichnet werden.

### Kurzporträt Stuttgart

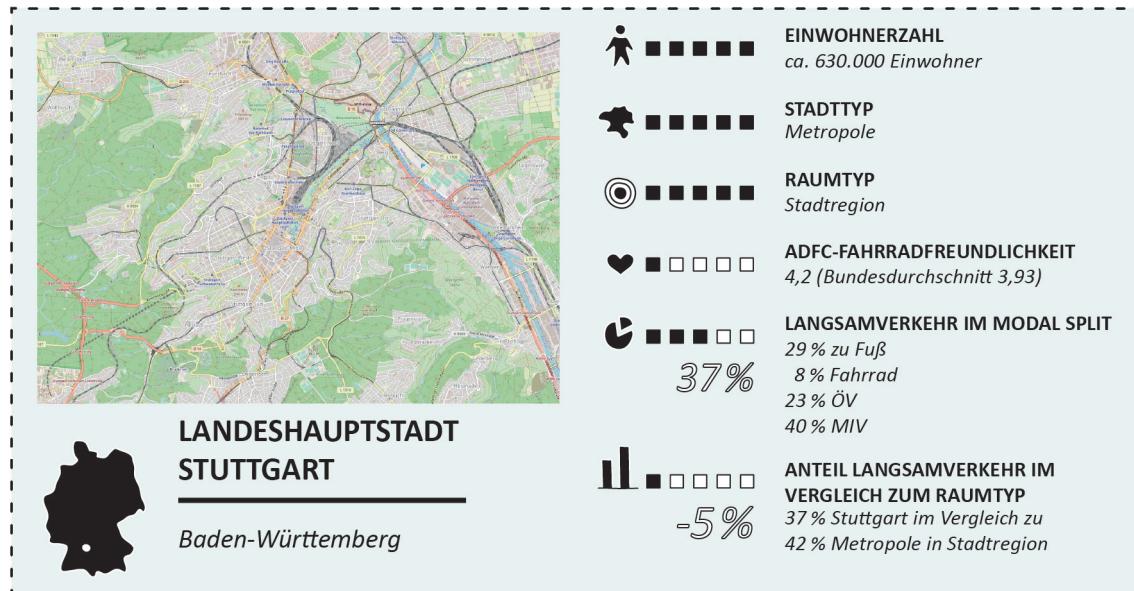


Abbildung 32: Kurzporträt Landeshauptstadt Stuttgart (Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreet-Map)

Die Stadt Stuttgart ist die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg und übernimmt nicht nur innerhalb der Region, sondern auch darüber hinaus wichtige zentrale Funktionen, sodass sie mit ihren rund 630.000 Einwohner:innen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021) bereits als Metropole gezählt werden kann. Nach den regionalstatistischen Raumtypologien wird Stuttgart dem Raumtyp Stadtregion (BMDV, 2021b) zugeordnet. In der Region Stuttgart wurden die prägendsten Erfindungen der Automobilgeschichte entwickelt, deren bekannteste Vertreter Porsche, Daimler (Mercedes) und Bosch noch heute ihren Firmensitz in der Stadt haben.

Die starke Ausrichtung der Stadt Stuttgart auf das Automobil zeigt sich insbesondere in den Verkehrsmittelanteilen im Modal Split. Hier sind lediglich sehr geringe Langsamverkehrsanteile zu verzeichnen. In Stuttgart macht der Langsamverkehr nach der bundesweiten Erhebung im Jahr 2017 nur 37 Prozent des Verkehrsaufkommens aus, wohingegen das Auto 40 Prozent einnimmt (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2019). Das Fahrrad wird dabei mit 8 Prozent nur unterdurchschnittlich genutzt, was auch im Kontext der mit der Schulnote 4,2 (ADFC, 2021) nur schlecht bewerteten Fahrradfreundlichkeit im Zuge des ADFC-Fahrradklimatests betrachtet

werden muss. Als urbane Metropole schneidet die Stadt Stuttgart mit ihrem geringen Langsamverkehrsanteil im Vergleich zum Durchschnittswert des Raumtyps unterdurchschnittlich ab und unterschreitet den Durchschnittswert um 5 Prozent.

### Kurzporträt Herrenberg

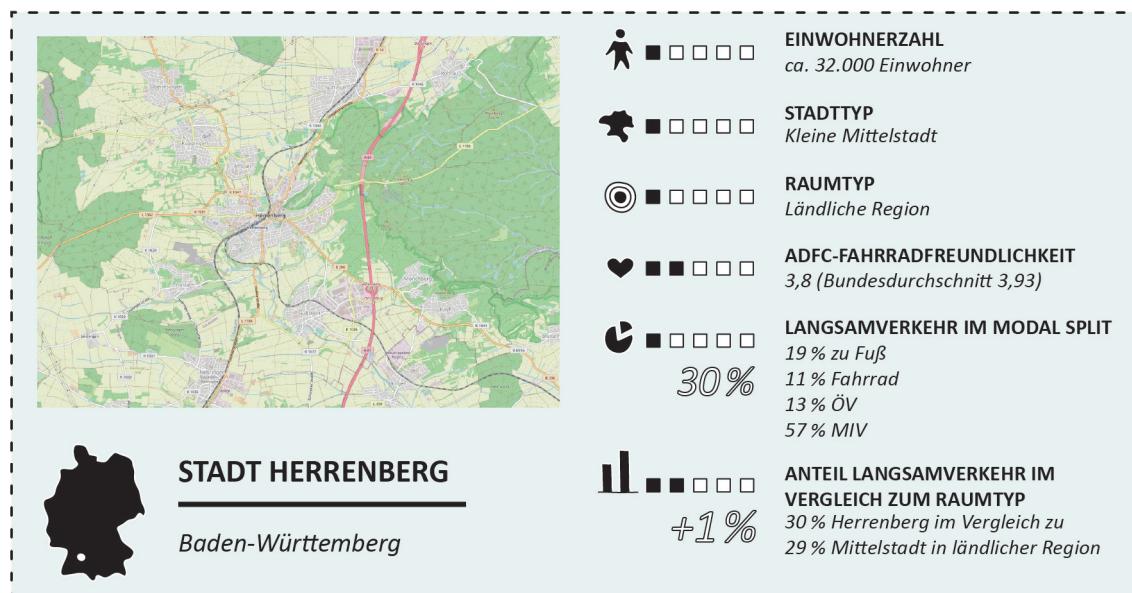


Abbildung 33: Kurzporträt Stadt Herrenberg (Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap)

Die Stadt Herrenberg befindet sich ebenfalls in Baden-Württemberg und liegt etwa 30 Kilometer südwestlich von Stuttgart. Mit ihren rund 32.000 Einwohner:innen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021) zählt sie nur als eine kleine Mittelstadt und wird nach den regionalstatistischen Raumtypologien zur ländlichen Region (BMDV, 2021b) zugeordnet.

Typisch für den ländlichen Raum ist auch in Herrenberg die Verteilung der Anteile des Modal Splits mit 57 Prozent (Stadt Herrenberg, 2019) stark auf das Auto konzentriert. Der Langsamverkehr macht in Herrenberg hingegen nur 30 Prozent aus. Im Vergleich mit den durchschnittlichen Werten für eine Mittelstadt in ländlicher Region liegt Herrenberg dabei ziemlich genau im Durchschnitt. Die Fahrradfreundlichkeit wurde im Zuge des ADFC-Fahrradklimatests jedoch nur mit der Schulnote 3,8 (ADFC, 2021) bewertet.

### Kurzporträt Ludwigsburg

Die große Mittelstadt Ludwigsburg zählte im Jahr 2021 rund 93.000 Einwohner:innen (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2019) und liegt 15 Kilometer nördlich der Stadt Stuttgart im Bundesland Baden-Württemberg.

Doch nicht nur räumlich orientiert sich die ebenfalls zum Raumtyp Stadtregion (BMDV, 2021b) zählende Stadt Ludwigsburg zur nahe gelegenen Landeshauptstadt Stuttgart. Auch was das

Mobilitätsverhalten angeht ähneln sich die Werte des Modal Splits. Der Modal Split der Stadt Ludwigsburg wurde im Jahr 2017 erhoben. Markant erscheinen bei der näheren Betrachtung dieser Verkehrsmittelanteile vor allem die vergleichsweise sehr niedrigen Langsamverkehrsanteile Ludwigsburgs.

Der Fahrradanteil liegt in Ludwigsburg nur bei 8 Prozent und der Fußverkehrsanteil bei 24 Prozent (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2019). Daraus resultiert ein Langsamverkehrsanteil von 32 Prozent im Modal Split. Als Mittelstadt innerhalb einer Stadtregion liegt Ludwigsburg damit aber, ganz im Gegensatz zur Landeshauptstadt Stuttgart, innerhalb des Durchschnitts.

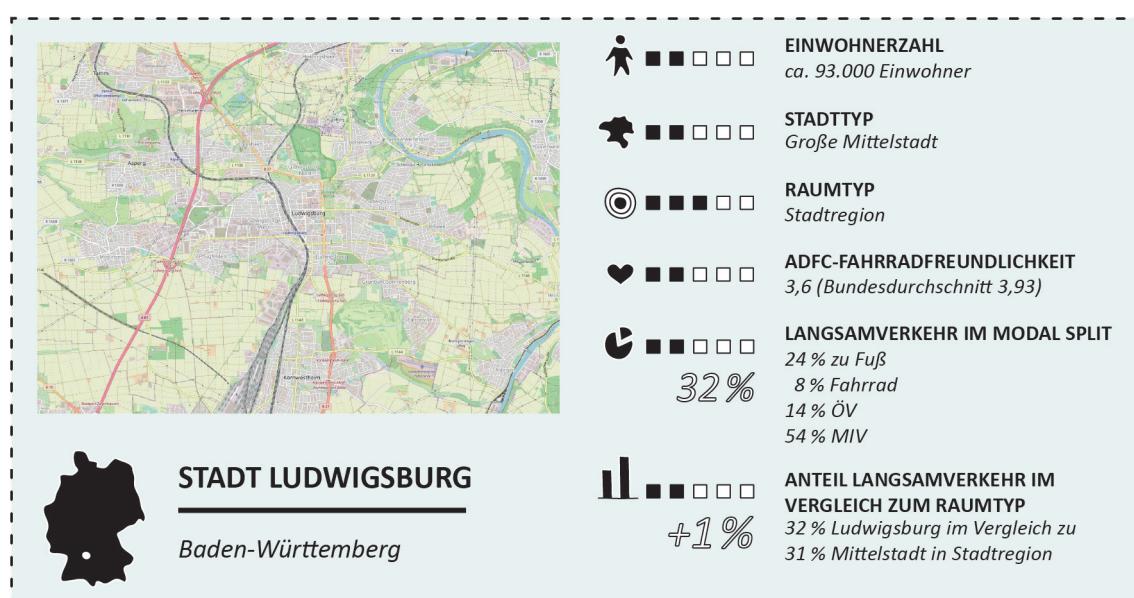


Abbildung 34: Kurzporträt Stadt Ludwigsburg (Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap)

Im Rahmen der Befragungen des ADFC-Fahrradklimatests wurde die Fahrradfreundlichkeit der Stadt von den Nutzer:innen lediglich mit der befriedigenden Schulnote von 3,6 (ADFC, 2021) bewertet. Damit bewegen sich die Werte für die Stadt Ludwigsburg jedoch im Rahmen des Bundesdurchschnitts und weichen lediglich um 0,33 Notenpunkte davon ab.

### Kurzporträt Osnabrück

Die Stadt Osnabrück liegt, im Gegensatz zu den anderen vier potenziellen Untersuchungsstädten im Süden Deutschlands, im Bundesland Niedersachsen und zählte im Jahr 2022 rund 165.000 Einwohner:innen (Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2023). Damit ist die Stadt als eine Großstadt, genauer bezeichnet als eine kleinere Großstadt, definiert. Nach den regionalstatistischen Raumtypologien zählt die Stadt Osnabrück dementsprechend zum Raumtyp der Stadtregion (BMDV, 2021b).

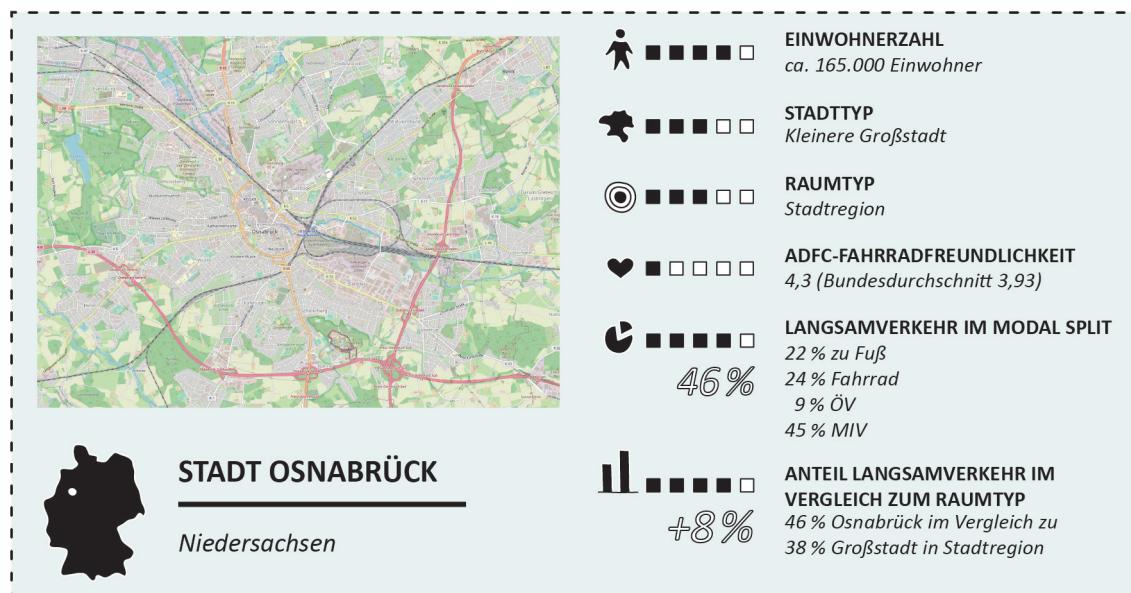


Abbildung 35: Kurzporträt Stadt Osnabrück (Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap)

Besonders interessant erscheint, dass die Stadt Osnabrück nach den Erhebungen des Modal Splits aus dem Jahr 2018 sowohl einen sehr hohen Fahrradanteil von 24 Prozent verzeichnet (Stadt Osnabrück, 2020) als auch gemeinsam mit den 22 Prozent Fußverkehrsanteil gerechnet einen auffallend hohen Langsamverkehrsanteil von 46 Prozent im Modal Split aufweist. Allerdings wird die Fahrradfreundlichkeit im Rahmen des ADFC-Fahrradklimatests lediglich mit der Schulnote 4,3 (ADFC, 2021) und damit überdurchschnittlich schlecht bewertet. In Bezug auf den Raumbtyp liegt der Langsamverkehrsanteil 8 Prozent oberhalb des Durchschnitts, wohingegen die Fahrradfreundlichkeit knapp 0,4 Schulnoten schlechter als der Bundesdurchschnitt abschneidet.

### 3.1.3 Vergleich und Auswahl der Städte

Aus den Darstellungen der Kurzprofile wird deutlich, wie unterschiedlich sich die fünf Städte aus dem EmoCycling-Städtepools zueinander verhalten. Zur besseren Übersicht sind die einzelnen Vergleichskriterien und deren Bewertungen auf einer Skala von eins bis fünf, wie sie im Rahmen der Kurzprofile durchgeführt wurden, in einer vergleichenden Übersicht in Abbildung 36 dargestellt.

Bereits aus der skizzierten Problemstellung und den einleitenden Betrachtungen konnte der Faktor Urbanität als ein essenzieller Baustein zur Förderung des Fahrrad- und Fußverkehrsanteils identifiziert werden. Aufgrund ihrer als sehr gering beziehungsweise gering einzuschätzenden Urbanität scheiden deshalb die beiden Mittelstädte Herrenberg und Ludwigsburg als Untersuchungsräume für die Arbeit aus. Werden nun also die drei verbleibenden Städte des EmoCycling-Städtepools Stuttgart, Karlsruhe und Osnabrück miteinander verglichen, so unterscheidet sich Stuttgart als Metropole deutlich von den beiden Großstädten Karlsruhe

und Osnabrück. Angesichts dessen erscheint zunächst ein Vergleich der Städte Stuttgart und Karlsruhe sinnvoll, da die Werte für Stuttgart und Osnabrück zu unterschiedlich sind. Allerdings muss auch bei einem potenziellen Vergleich von Stuttgart und Karlsruhe erwähnt werden, wie gegenteilig sich die beiden Städte nicht nur in Sachen Einwohnerzahl und Größe, sondern vor allem auch in den Verkehrsmittelanteilen verhalten. Hinzu kommt, dass bei den EmoCycling-Messungen in Stuttgart nur der Fokusbereich rund um den Marienplatz untersucht wurde und dementsprechend nur eine begrenzte Auswahl an Stress-Hotspots zur Verfügung stehen würde. In Osnabrück hingegen wurde die Erhebung mit der größten Anzahl an Probanden durchgeführt und die meisten Tracks gesammelt, wodurch eine sehr gute Datenlage gewährleistet wird.

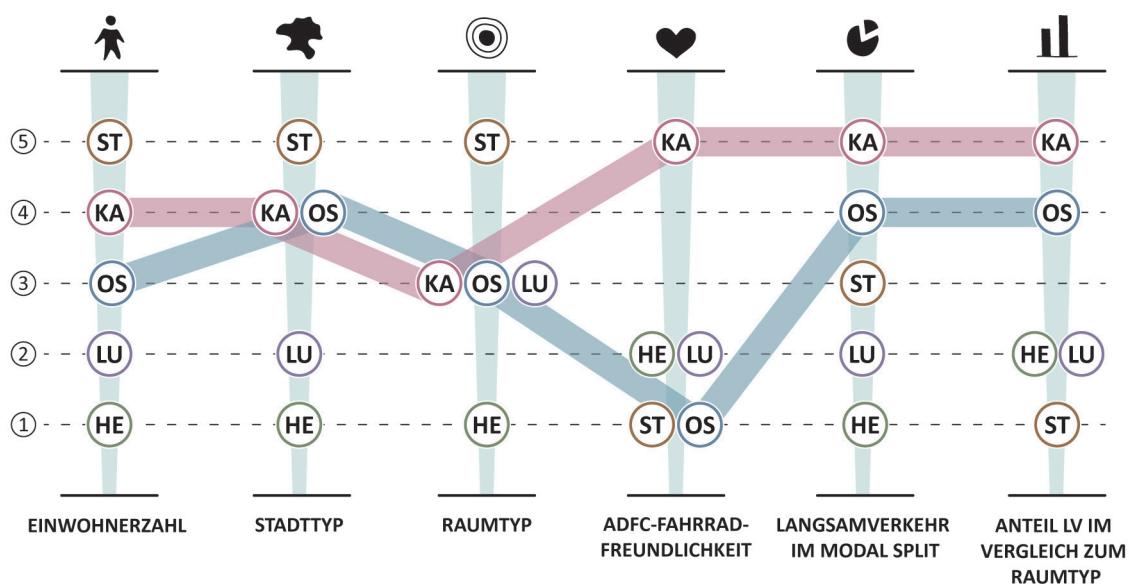


Abbildung 36: Gegenüberstellung der Städte anhand der Bewertungsskala in den Kurzporträts mit Darstellung des Auswahlbereichs (Quelle: Eigene Darstellung)

Doch nicht nur aufgrund des Ausschlussverfahrens erscheint eine vergleichende Betrachtung der Städte Karlsruhe und Osnabrück als sinnvoll für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit. Es fällt darüber hinaus auf, dass Karlsruhe und Osnabrück nicht nur hinsichtlich ihrer Einwohnerzahl gut miteinander vergleichbar sind. Auch der Anteil des Langsamverkehrs sowohl im Modal Split der jeweiligen Stadt als auch in Bezug auf den Raumtyp der Stadtregion verhält sich in den beiden Städten Karlsruhe und Osnabrück ähnlich. Interessant erscheint im Kontext dieser Gemeinsamkeiten jedoch insbesondere, dass die anhand des ADFC-Fahrradklimatests unterdurchschnittlich bewertete Fahrradfreundlichkeit der Stadt Osnabrück sich stark von der überdurchschnittlich hohen Fahrradfreundlichkeit Karlsruhes unterscheidet.

Diese Divergenz zwischen Fahrradanteil und Fahrradfreundlichkeit in Osnabrück bildet einen spannenden Anknüpfungspunkt für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit. Die Auswahl der Untersuchungsstädte fällt aus den genannten Gründen deshalb auf Karlsruhe und Osnabrück.

## 3.2 Stadtprofile

Ergänzend zu den im vorherigen Kapitel gezeigten Kurzporträts wird in diesem Abschnitt nun in Form von detaillierten Stadtprofilen vertieft auf die beiden Untersuchungsstädte eingegangen.

### 3.2.1 Aufbau, Fragestellungen und Methoden

Ähnlich wie bei den Kurzporträts (vergleiche Kapitel 3.1.2.2) wird auch bei den Stadtprofilen zur besseren Vergleichbarkeit eine einheitliche Systematik und Darstellungsform festgelegt.

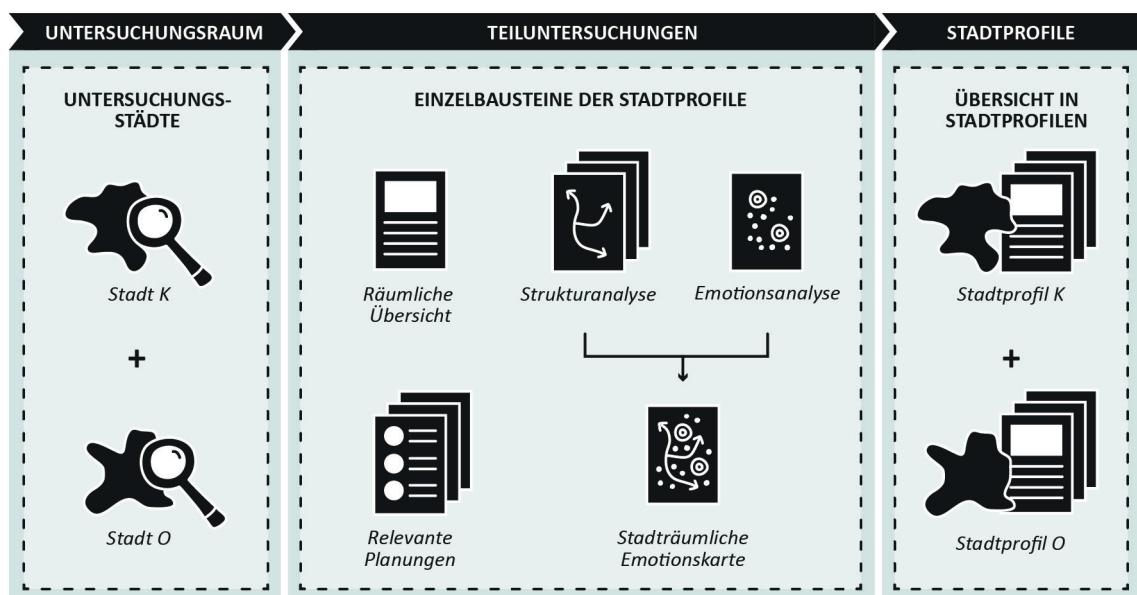


Abbildung 37: Systematik der Stadtprofile inklusive Teiluntersuchungen (Quelle: Eigene Darstellung)

Die einzelnen Teiluntersuchungen sind in Abbildung 37 dargestellt und setzen sich für jede Untersuchungsstadt aus den Elementen „Räumliche Übersicht“, „Strukturanalyse“, „Emotionsanalyse“, „Stadträumliche Emotionskarte“ und „Relevante Planungen und Projekte“ zusammen.

In der räumlichen Übersicht wird zunächst die grundlegende räumliche Struktur beleuchtet. Die Leitfragen lauten dabei: Wie ist die Struktur der Stadt angelegt? Welche historischen Strukturen sind heute noch prägend? In welchem Verhältnis stehen Bebauung und Grünräume? Wo befinden sich wichtige öffentliche Räume und Einkaufsstraßen? Vor diesem Hintergrund wird für jede Untersuchungsstadt eine räumliche Karte angefertigt. Sie besteht aus einer Kombination aus einem Luftbild mit einem Schwarzplan sowie der skizzenhaften Kennzeichnung wichtiger Orte und Strukturen. Die räumlichen Daten stammen dabei aus den frei verfügbaren Datensätzen der Plattform OpenStreetMap, die mithilfe des GIS-Programms QGIS verarbeitet werden.

Die anschließende Strukturanalyse baut auf dieser ersten räumlichen Übersicht auf. In diesem Zusammenhang wird eine detaillierte Analyse der Stadtstruktur vorgenommen, die in verschiedene Themengebiete gegliedert ist. Die im GIS-Programm aufbereiteten OSM-Daten werden dabei

über ein Grafikprogramm (Adobe Illustrator) als Explosionszeichnung aufbereitet. Die Darstellung umfasst folgende Themenlayer: Grünsystem, Straßennetz, Radwegenetz, Schienennetz, Baustruktur und Nutzungen. Vor diesem Hintergrund werden einige stadtstrukturelle Fragestellungen beantwortet, wie zum Beispiel: Welche Strukturelemente sind in der Stadt prägend? Wie sind die grundlegenden Strukturen und Nutzungen räumlich verteilt?

In der anschließenden Emotionsanalyse werden daraufhin die Ergebnisse der EmoCycling-Erhebungen untersucht sowie auf die unterschiedlichen Aufbauten der Messungen eingegangen (vergleiche Kapitel 3.1.1.2). Hierbei lauten die zentralen Fragen: An welchen Orten fühlen sich Radfahrende unwohl beziehungsweise gestresst? Wo lassen sich Stress-Hotspots identifizieren?

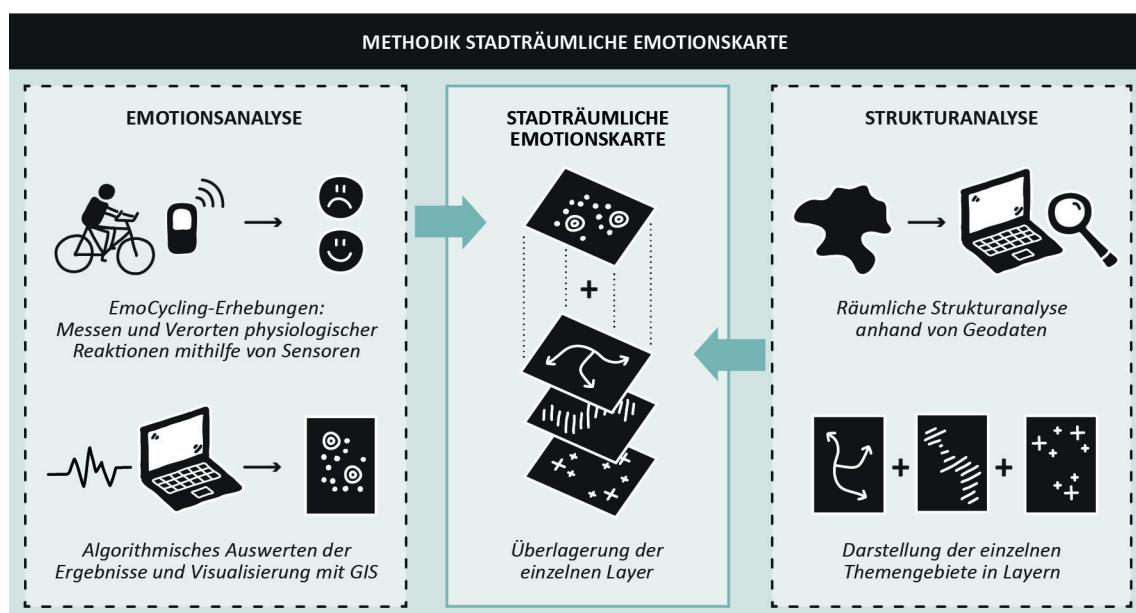


Abbildung 38: Methodendiagramm „Stadträumliche Emotionskarte“ (Quelle: Eigene Darstellung)

Die nächste Teiluntersuchung kombiniert daraufhin die Strukturanalyse mit der Emotionsanalyse (siehe Abbildung 38). Aus der Überlagerung von Strukturanalyse und Stress-Heatmap im GIS-Programm (QGIS) entsteht dadurch die „Stadträumliche Emotionskarte“. Durch die Verschneidung dieser beiden Themengebiete soll explizit den folgenden Fragestellungen nachgegangen werden: An welchen stadtstrukturell prägenden Orten können Stress-Hotspots identifiziert werden? Welche Zusammenhänge und Muster lassen sich dabei erkennen?

Abschließend wird in den Stadtprofilen auf relevante Planungen, Strategien und Projekte innerhalb der beiden Untersuchungsstädte eingegangen. Diesbezüglich werden insbesondere solche Planungen beleuchtet, die sich den Themen Aufenthaltsqualität und Aktiven Mobilitätsformen in den Innenstadtbereichen in Karlsruhe und Osnabrück widmen. Angesichts dessen soll untersucht werden, welche Ziele vonseiten der Städte bezüglich dieser Themengebiete gesetzt wurden, mit welchen Strategien vorgegangen wird und welche Ergebnisse bereits erzielt wurden.

### 3.2.2 Stadtprofil Karlsruhe

Beginnend mit der Stadt Karlsruhe, die in Abbildung 39 aus der Schrägluftperspektive zu sehen ist, werden die beiden Untersuchungsstädte im Folgenden in Stadtprofilen dargestellt.



*Abbildung 39: Schrägluftansicht im 3D-Stadtmodell der Stadt Karlsruhe (Quelle: © Stadt Karlsruhe, Liegenschaftsamt)*

#### 3.2.2.1 Räumliche Übersicht

Die räumliche Übersicht (siehe Abbildung 40) veranschaulicht die kompakte Anlage der Stadt Karlsruhe mit dem Schloss im Zentrum und den großzügigen Grünräumen im Norden. Die vom Schloss abgehenden Strahlen prägen dabei nicht nur das Wegenetz nördlich des Schlosses, das durch den Schlossgarten bis in den Hardtwald überleitet, sondern gliedert insbesondere auch den dichten Innenstadtbereich südlich davon.

Dieser heute noch klar ablesbare Fächergrundriss ist auf die Gründung der Stadt Karlsruhe als Planstadt zurückzuführen, deren relativ junge Stadtgeschichte hier kurz beleuchtet werden soll. Die heutige Stadt Karlsruhe wurde im Jahr 1715 von Markgraf Karl Wilhelm von Baden-Durlach mit der Grundsteinlegung seines neuen Residenzschlosses gegründet (Stadtarchiv Karlsruhe, 2023). Nachdem die Markgrafenschaft unter Markgraf Karl Friedrich 1806 zum Großherzogtum aufstieg (Stadtarchiv Karlsruhe, 2023), gewann die Stadt rasch an Bedeutung.

Dieser Aufstieg spiegelte sich stadtstrukturell in der ab 1801 von Baumeister Friedrich Weinbrenner geplanten klassizistischen Erweiterung der Fächerstruktur wider. So ist die auf Weinbrenner zurückzuführende Achse vom Schloss über den Marktplatz (3) bis zum Ettlinger Tor (6) heute noch prägend für das Stadtbild. Entlang dieser Mittelachse entstanden zahlreiche

repräsentative öffentliche Gebäude und Plätze wie das Rathaus, die Evangelische Stadtkirche und der Marktplatz.

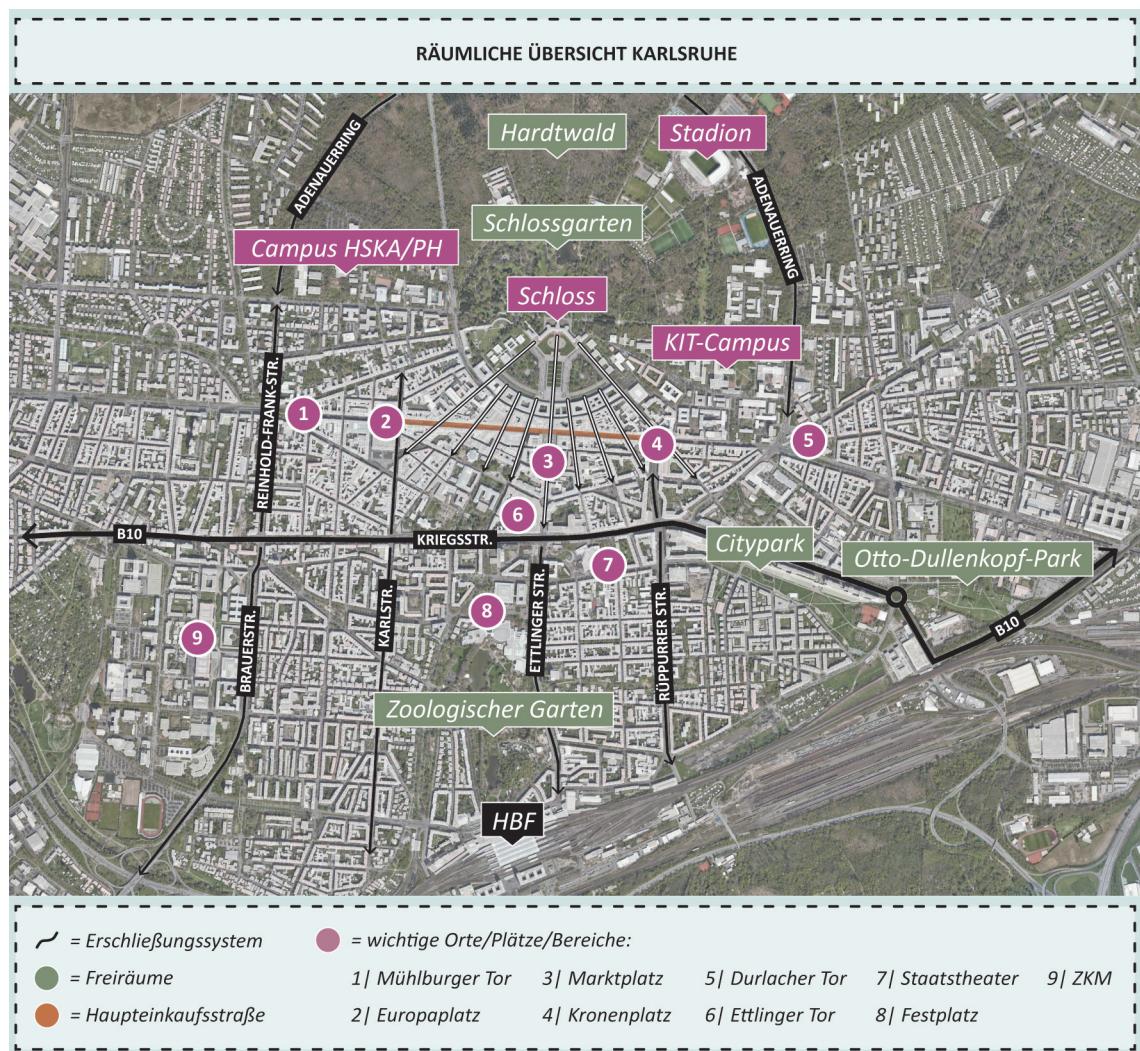


Abbildung 40: Räumliche Übersicht der Stadt Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap)

Das Stadtzentrum wird nach Osten vom Mühlburger Tor (1) und nach Westen vom Durlacher Tor (5) eingegrenzt. Im nördlichen Bereich bilden das Schloss und der angrenzende Schlossgarten den Rahmen, Richtung Süden markiert die Hauptachse der Kriegsstraße die Grenze. Die von Weinbrenner geprägte Mittelachse ist noch heute der zentrale Bereich der Kernstadt und reicht bis zum Hauptbahnhof. In Nord-Süd-Richtung bilden die Brauerstraße, Karlstraße, Ettlinger Straße und Rüppurrer Straße wichtige Erschließungsachsen. Zudem verbindet der radial im Norden verlaufende Adenauerring zu den übergeordneten Verkehrsachsen. Die Haupteinkaufsstraße, die Kaiserstraße, erstreckt sich vom Europaplatz (2) im Westen bis hin zum Kronenplatz (4) im Osten. Die Campus-Bereiche der Universität (KIT) und der Hochschule befinden sich östlich und westlich vom Schloss. Mit insgesamt rund 40.000 Studierenden (Stadt Karlsruhe, 2021) ist Karlsruhe eine der größten Studentenstädte in Baden-Württemberg.

### 3.2.2.2 Strukturanalyse

Im folgenden Abschnitt soll gesondert auf die einzelnen strukturbildenden Elemente der Stadt Karlsruhe eingegangen werden. Die Themenbereiche werden dabei jeweils separat aufbereitet und in Einzellayern dargestellt, die in Abbildung 41 grafisch aufbereitet sind.

**GRÜNSYSTEM:** Wie in der ursprünglichen Idee ihrer Gründung angelegt, ist der Schlossplatz mit dem dahinter gelegenen Schlossgarten und dem Hardtwald noch heute das prägendste Freiraumelement der Stadt. Im Zentrum sind vor allem der Friedrichsplatz und der Nymphengarten zu nennen. Im südlichen Stadtgebiet sind es der Zoologische Garten am Hauptbahnhof und der im Südosten gelegene Citypark mit Anschluss zum Otto-Dullenkopf-Park.

**STRASSENNETZ:** Das übergeordnete Straßennetz Karlsruhes funktioniert primär über den radial angelegten Adenauerring und die am südlichen Rand der Innenstadt angrenzende Ost-West-Achse der Kriegsstraße. Daran anschließend fungieren die Rüppurrer Straße im Osten, die zentrale Achse der Ettlinger Straße sowie die am westlichen Rand der Innenstadt gelegene Karlstraße und Brauerstraße als Hauptachsen des Erschließungssystems.

**RADWEGENETZ:** Das Radwegenetz in der Kernstadt – zusätzlich zu den entlang der Hauptachsen des Autoverkehrs geführten Radwege – ist hauptsächlich über die zwei Cityrouten gegliedert. Die nördliche Cityroute wird entlang der Waldhornstraße, dem Zirkel und der Stephanienstraße geführt. Die südliche Cityroute führt entlang der Amalienstraße, der Herrenstraße, der Erbprinzenstraße und der Markgrafenstraße durch die Stadt. Die Haupteinkaufsstraße Kaiserstraße ist nicht für den Radverkehr freigegeben.

**SCHIENENNETZ:** Karlsruhe verfügt über ein sehr gut ausgebautes Straßenbahnnetz, das nahezu alle Bereiche der Kernstadt abdeckt. Seit Ende des Jahres 2021 verläuft der T-förmige Abschnitt zwischen Durlacher Tor und Mühlburger Tor beziehungsweise zwischen Kongresszentrum und Marktplatz untertunnelt und wird in diesem Bereich als U-Straßenbahn geführt.

**BAUSTRUKTUR:** Die Bebauungsstruktur folgt dem historischen Fächergrundriss der Stadt, wobei die einzelnen Strahlen teilweise bis zur Kriegsstraße ablesbar sind. Im Kernstädtebereich sind dichte Blockränder vorherrschend. Entlang der Kriegsstraße sind einige locker angeordnete Sonderbausteine mit öffentlichen Nutzungen platziert, wie zum Beispiel das Staatstheater.

**NUTZUNGEN:** Nutzungen mit hoher Frequentierung sind insbesondere entlang der Haupteinkaufsstraße Kaiserstraße verortet. Vor allem im Westen rund um den Europaplatz, den Ludwigsplatz und den daran anschließenden Querstraßen ist dabei eine besonders hohe Nutzungsdichte zu erkennen.



Abbildung 41: Strukturanalyse der Stadt Karlsruhe in Einzellayern (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap)

### 3.2.2.3 Emotionsanalyse

Im Rahmen des Projekts Cape Reviso wurden im Winter 2021/2022 mit insgesamt 17 Radfahrenden auf einer vorgegebenen Route Stressmessungen im Stadtzentrum Karlsruhes durchgeführt (siehe Kapitel 3.1.1.2). Durch Mehrfachteilnahmen konnten insgesamt 26 Tracks gesammelt werden, deren Start- und Endpunkt sich jeweils auf dem Universitätscampus befand. In der algorithmischen Auswertung wurden dabei in Summe 1.121 Stressmomente identifiziert.

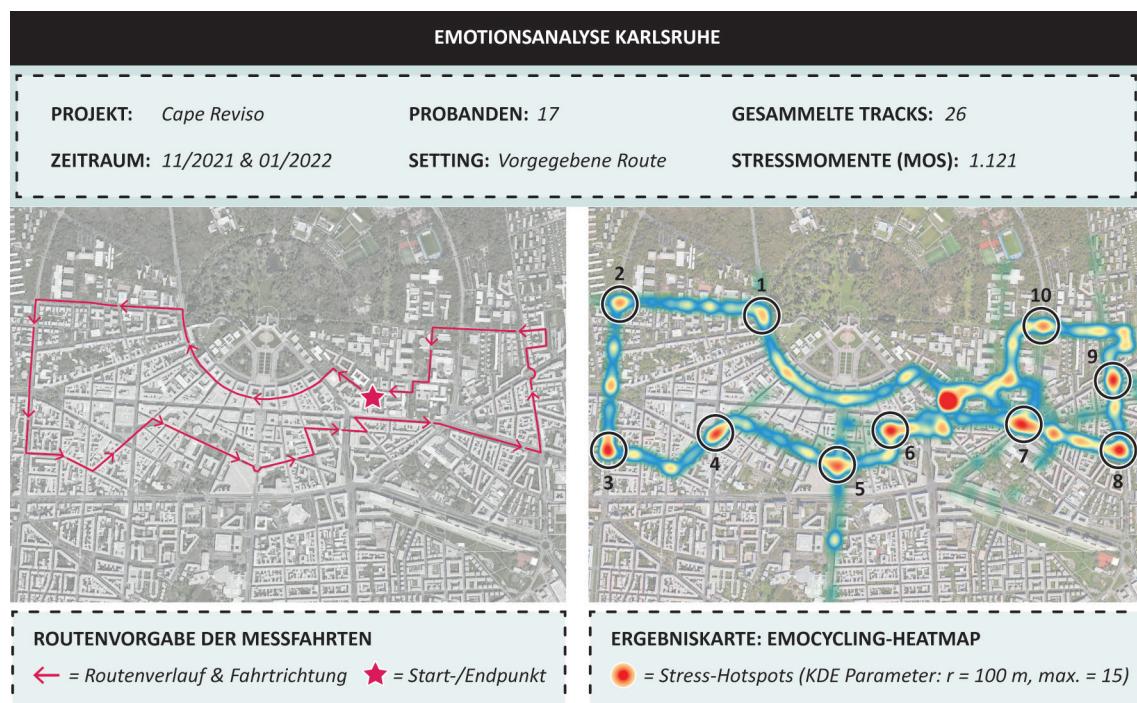
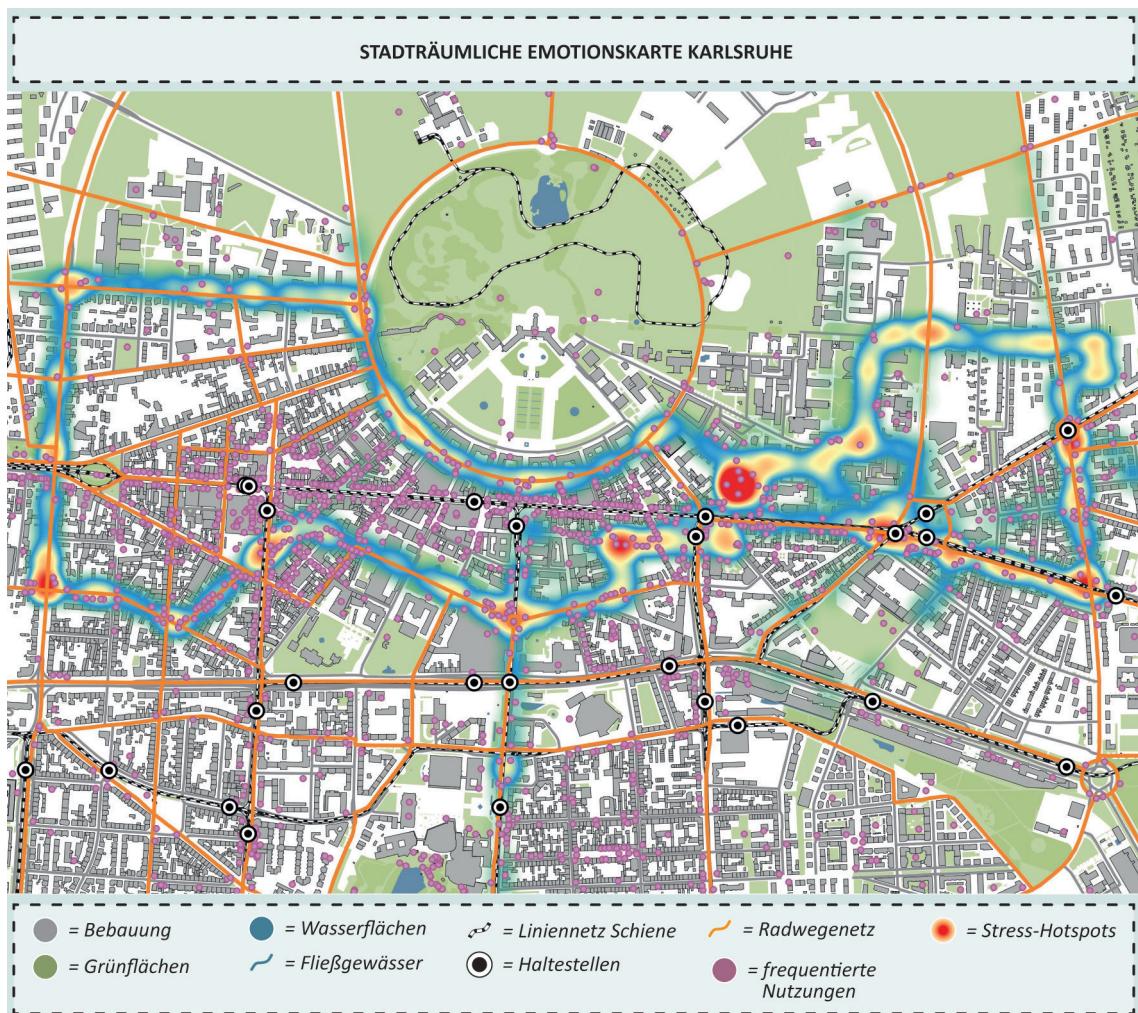


Abbildung 42: Emotionsanalyse Karlsruhe: Versuchsaufbau und Ergebnisse der EmoCycling-Messungen aus dem Projekt Cape Reviso (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

Die markantesten Stress-Hotspots aus den Messungen in Karlsruhe sind in Abbildung 42 gekennzeichnet und werden im Folgenden entsprechend der Chronologie der Route besprochen. Im Nordwesten sind dabei zunächst die Kreuzungen zwischen der Hans-Thoma-Straße und der Moltkestraße (1) und zwischen der Moltkestraße und der Rheinhold-Frank-Straße (2) auffällig. Im Südwesten konnten Stress-Hotspots am Kreuzungspunkt Rheinhold-Frank-Straße/Sophienstraße (3) und in der Waldstraße im Bereich des Stephanplatz und Ludwigsplatz (4) erkannt werden. Im südlichen Stadtzentrum sind weiterhin der Rondellplatz (5) und die Kreuzung zwischen der Adlerstraße und der Zähringerstraße (6) hinsichtlich des gemessenen Stressaufkommens auffällig. Im Osten befinden sich auffällige Punkte am Durlacher Tor (7), an der Durlacher Allee (8), am Karl-Wilhelm-Platz (9) und zuletzt entlang der Fahrradbrücke über den Adenauerring (10). Der markante Stress-Hotspot auf dem Campus im Bereich der Englerstraße ist als Start- beziehungsweise Endpunkt der Messungen in der Auswertung zu ignorieren.

### 3.2.2.4 Stadträumliche Emotionskarte

Die Stadträumliche Emotionskarte in Abbildung 43 zeigt die Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit den Layern der Strukturanalyse für die Untersuchungsstadt Karlsruhe. Auf die wichtigsten Erkenntnisse dieser Überschneidung soll im Folgenden kurz eingegangen werden.



*Abbildung 43: Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit prägenden Strukturelementen der Stadt Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)*

Wenngleich es im Zuge dieser Überlagerung zunächst wenig überraschend erscheint, dass die markantesten Stress-Hotspots in Karlsruhe vorwiegend an den Kreuzungspunkten zu den Hauptverkehrsachsen gemessen wurden, so lassen sich davon abgesehen einige weitere interessante Punkte erkennen.

Insbesondere vor dem Hintergrund der Strukturanalyse erscheinen dabei die flächige Verteilung der gemessenen Stressmomente entlang des Zirkels, die deutlichen Ausschläge in den dicht genutzten Innenstadtbereichen sowie die Hotspots auf den sogenannten „Strahlen“ der Fächerdstadt für die anstehenden Untersuchungen von besonderem Interesse.

### 3.2.2.5 Relevante Planungen und Projekte

Hinsichtlich der relevanten Planungen in der Untersuchungsstadt Karlsruhe soll im Folgenden sowohl auf prägende übergeordnete Strategien und Planwerke als auch auf konkrete Projekte eingegangen werden.

#### Integrative Mobilitätsentwicklung

Allen voran ist in diesem Kontext zunächst die besondere strategische Vorgehensweise der Stadt Karlsruhe zu nennen, die sich durch eine integrative Entwicklung der beiden Themengebiete Mobilität und Stadtentwicklung auszeichnet (Neppl, 2018). So wurde vor allem der Rad- und Fußverkehr in der Stadt Karlsruhe vergleichsweise früh in den Fokus gerückt und fest in verschiedenen Planungswerken verankert. Die Stadt konnte sich dadurch bereits in den 1980er-Jahren im Rahmen des Landeswettbewerbs „Mit dem Fahrrad in der Stadt“ als Vorreiterin der Fahrradstädte in Deutschland profilieren und gilt noch heute bundesweit als eine der führenden Fahrrad-Großstädte (Wagner, 2023). Erfolge, die sich auch maßgeblich auf die erfolgreiche Verankerung des Mobilitätsthemas in den verschiedenen Wirkungsebenen der Stadtentwicklung zurückführen lassen. In verschiedenen Planwerken wurde das Themengebiet über die Jahre hinweg stetig weiterentwickelt. Hierbei sind insbesondere das „20-Punkte-Programm zur Förderung des Radverkehrs“ aus dem Jahr 2005 (Stadt Karlsruhe et al., 2021), das 2012 erarbeitete „Integrierte Stadtentwicklungsstrategie 2020“, kurz „ISEK 2020“ (Stadt Karlsruhe, 2012) und das im Jahr 2021 als Weiterentwicklung des 20-Punkte-Programms entstandene „Programm für Aktive Mobilität“ (Stadt Karlsruhe et al., 2021) zu nennen.

#### Räumliches Leitbild

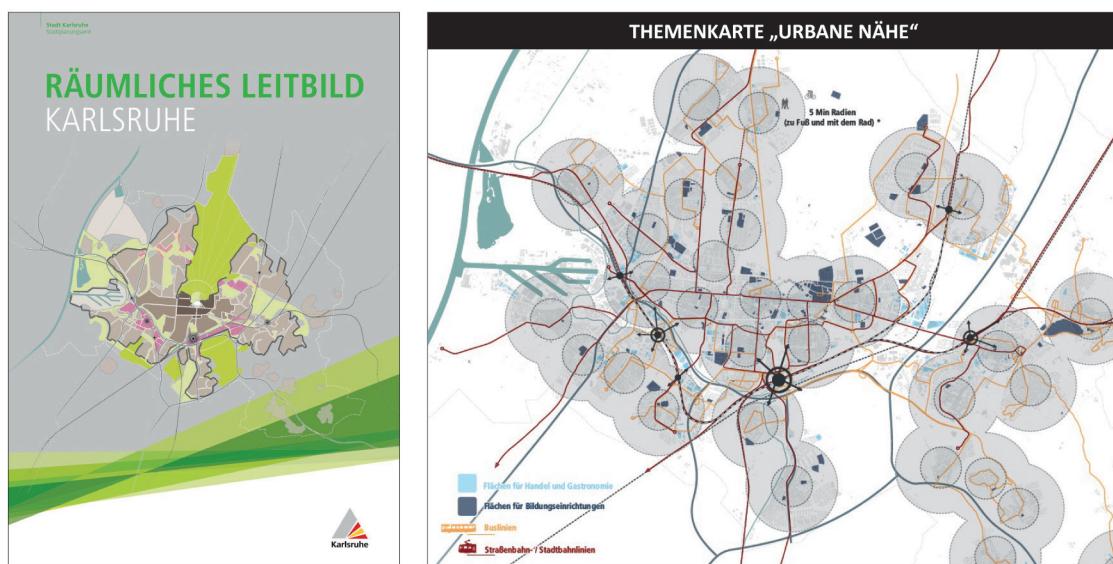


Abbildung 44: Themenkarte der Stoßrichtung „Urbane Nähe – Neue Wege der Erreichbarkeit“ im Räumlichen Leitbild der Stadt Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Karlsruhe, 2016)

Die besondere integrative Mobilitätsentwicklung der Stadt Karlsruhe wird schließlich vor allem anhand des ab 2013 erarbeiteten Räumlichen Leitbilds deutlich, das auf die Leitlinien des vorangegangenen ISEK 2020 aufbaut. Über drei Jahre hinweg wurde dabei in einem beispielhaften Prozess im engen Dialog mit der Öffentlichkeit über die konkrete räumliche Entwicklung der Stadt diskutiert. Die Stadt Karlsruhe bekennt sich in diesem Planungswerk allen voran zu einer ressourcenschonenden Innenentwicklung innerhalb der bestehenden Grenzen. Damit wird auf mehreren Ebenen die Zielsetzung einer kompakten, nutzungsgemischten und lebenswerten Stadt formuliert (Stadt Karlsruhe, 2016).

Das Themengebiet der Aktiven Mobilität ist dabei ein essenzieller Punkt der im Räumlichen Leitbild formulierten Stoßrichtung „Urbane Nähe – Neue Wege der Erreichbarkeit“. Die Kernaussage dieser Stoßrichtung und der zugehörigen räumlichen Themenkarte ist es, dass die Erreichbarkeit aller Einrichtungen des täglichen Bedarfs sowie wichtiger Grün- und Freiräume flächendeckend mit dem Langsamverkehr innerhalb weniger Minuten zu bewerkstelligen sein soll. Die zugehörige Themenkarte in Abbildung 44 zeigt in diesem Kontext den räumlichen Zusammenhang zwischen den einzelnen Mobilitätsangeboten und den Erreichbarkeitsradien für den Langsamverkehr (Stadt Karlsruhe, 2016).

#### Leitprojekt „Öffentlicher Raum und Mobilität der Innenstadt (ÖRMI)“



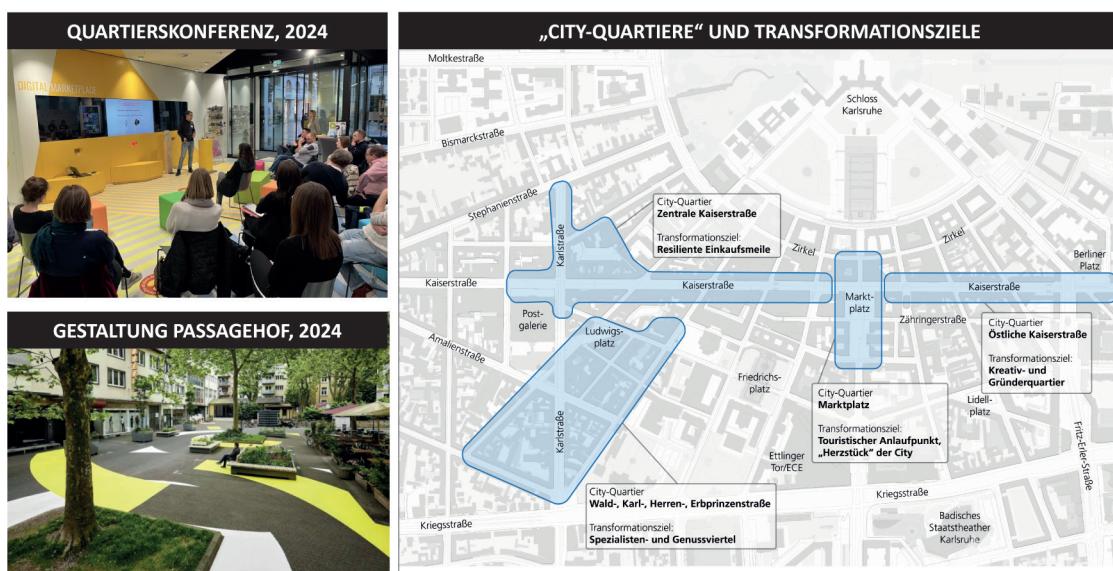
*Abbildung 45: Gesamtvisionsplan und Lupenbereich Karlstraße Nord mit Reallabor 2022 im Konzept „Platz für mehr“ (Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Karlsruhe et al., 2022)*

In den letzten Jahren steht in Karlsruhe neben dem Rad- und Fußverkehr nunmehr auch die Qualität des öffentlichen Raums verstärkt auf der Agenda der Stadt. Denn wie in vielen anderen Kommunen zählt auch in der Stadt Karlsruhe die Frage nach der Aufenthalts- und Lebensqualität in der Innenstadt zu den aktuell wichtigsten Aufgaben der Stadtentwicklung und verlangt nach

adäquaten Transformationsstrategien. Besonders drängend wurde nach Antworten auf diese Fragestellungen gesucht, nachdem Ende 2021 der unterirdisch durch die Innenstadt verlaufende Straßenbahntunnel eingeweiht wurde und dadurch große Teile des öffentlichen Raums im oberirdischen Zentrumsbereich wieder neu zu bespielen waren.

Im Rahmen des städtischen Leitprojekts „Öffentlicher Raum und Mobilität in der Innenstadt“, kurz „ÖRMI“, wurde deshalb unter dem Slogan „Platz für mehr“ 2022 ein Visionsplan entwickelt (Stadt Karlsruhe et al., 2022), der in Abbildung 45 zu sehen ist. Darin wird das Ziel formuliert, eine menschengerechtere Entwicklung von öffentlichen Räumen und Mobilität in der Innenstadt zu stärken. Die Strategie erarbeitet anhand der drei Hauptthemen „Platz für mehr Grün“, „Platz für mehr Leben“ und „Platz für mehr gesunde Mobilität“ entsprechende Themenkarten, Empfehlungen und Luppenbereiche für die Stadt Karlsruhe aus, die in einem Gesamtvisionsplan münden. Im Sommer 2022 wurden im Rahmen des Projekts auch zwei Reallabore im Passagehof und der Karlstraße eingerichtet, die sich unter der aktiven Beteiligung der Bürger:innen mit der Verbesserung der Aufenthalts- und Lebensqualität beschäftigten.

#### Förderprojekt „City-Transformation“



*Abbildung 46: Übersicht der Quartiere, Transformationsziele und Maßnahmen im Projekt „City-Transformation“ (Quelle: Eigene Darstellung nach Karlsruhe Tourismus GmbH et al., n.d.; Stadt Karlsruhe, 2022; Fotografie oben links: © KME, Fotografie unten links: © Sebastian Heck)*

Ein weiteres Schlüsselprojekt, das von Interesse für die hier angeführten Untersuchungen ist, stellt das Projekt „City-Transformation“ dar. Das Projekt wird im Rahmen des Bundesprogramms „Zukunftsfähige Innenstädte und Zentren“ gefördert und widmet sich der Stärkung der innerstädtischen Quartiere mit Einzelhandelsschwerpunkt innerhalb des Stadtzentrums Karlsruhes (Stadt Karlsruhe, 2022).

Innerhalb der rund dreijährigen Projektlaufzeit (2022 bis 2025) entwickelt das Projekt spezifische Maßnahmen für vier City-Quartiere und ihre definierten Transformationsziele (vergleiche Abbildung 46). Das Projekt stützt sich dabei auf die aktive Beteiligung von Quartiersakteuren, womit die Kooperation von Stadtverwaltung, Eigentümer:innen, Gewerbetreibenden, Kulturschaffenden und Bildungseinrichtungen gestärkt werden soll. Einen wesentlichen Baustein dieses partizipativen Ansatzes stellen die quartalsweise stattfindenden Quartierskonferenzen dar, mit denen die Zusammenarbeit der Akteure gefördert werden soll. Das Spektrum der einzelnen Projekte in den City-Quartieren reicht von temporären Aktionen, wie beispielsweise Straßenfesten, bis hin zur Umsetzung von räumlichen und gestalterischen Konzepten wie der Bodenflächengestaltung im Passagehof (Karlsruhe Tourismus GmbH et al., n.d.). Projektideen können über ein offenes Antragsformular eingereicht werden (Stadt Karlsruhe, 2022).

#### Forschungsprojekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“



*Abbildung 47: Aktionen MobiLab (links) und Parking Day (rechts) im Projekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ (Quelle: Eigene Darstellung nach KIT, n.d.; Fotografie links: © KAT, Fotografie rechts: © Quartier Zukunft, KIT)*

Angesichts der Transformation der Innenstadt ist darüber hinaus das Forschungsprojekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ als ein relevantes Projekt hervorzuheben. Das Projekt ist der Forschungsgruppe „Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel“ (KAT) am Karlsruher Institut für Technologie zugeordnet und versteht sich als ein umsetzungsorientierter Experimentierraum (KIT, n.d.). Dabei macht es sich das Projekt zur Aufgabe, Ideen für ein nachhaltiges Stadtleben der Zukunft zu entwickeln und diese darüber hinaus durch Real-laborforschungen experimentell in realen Umgebungen zu erproben (ITAS, 2011).

Charakteristisch für die methodische Vorgehensweise des Projekts ist dabei der enge Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft sowie der transdisziplinäre Aufbau der Forschungsarbeit. Abbildung 47 zeigt zwei verschiedene Aktionen im Rahmen des Projekts: Das mobile Partizipationslabor „MobiLab“ und die Umsetzung des „Parking-Day 2022“ in Karlsruhe.

### 3.2.3 Stadtprofil Osnabrück

Weiterführend wird im Folgenden die Stadt Osnabrück im Stadtprofil beleuchtet.



*Abbildung 48: Schrägluftansicht im 3D-Stadtmodell der Stadt Osnabrück (Quelle: © Stadt Osnabrück, Fachdienst Geodaten, 2023)*

#### 3.2.3.1 Räumliche Übersicht

Auch für die Stadt Osnabrück lassen sich mithilfe der in Abbildung 49 dargestellten Übersichtskarte einige strukturelle Besonderheiten erkennen, die auf die historische Anlage der Stadt zurückzuführen sind. Die im Mittelalter stark florierende Stadt Osnabrück besitzt eine weitreichende Historie und wurde als Bischofssitz in ihrer Entwicklung maßgeblich von kirchlichen Einflüssen und Ereignissen geprägt. Sie ist bekannt als die Stadt des im Jahr 1648 geschlossenen Westfälischen Friedensvertrags, der schließlich den Dreißigjährigen Krieg beendet hat (Land Niedersachsen, n.d.). Heute sind insbesondere die mittelalterlichen Strukturelemente noch im Stadtbild prägend. Der kompakte Innenstadtbereich lässt sich maßgeblich auf die im Mittelalter zur Verteidigung der Stadt errichteten Befestigungsanlagen zurückführen. Heute zeichnet sich dieser Raum in Form der Haupterschließungsstraße des Wallrings im Stadtgrundriss ab, der die Innenstadt ringförmig umgibt.

Ausgehend von dieser Ringstruktur reichen verschiedene Erschließungsachsen, wie die Natruper Straße und die Martinistraße, spinnennetzartig ins Umland und binden die Quartiere an. Darüber hinaus zeichnen sich die damals um die Befestigungsmauer herum gelegenen Wasserflächen der Hase, die für zusätzlichen Schutz vor Eindringlingen sorgen sollten (Stadt Osnabrück, n.d.-b), heute noch in Form des Parks am Haseufer im nordöstlichen Bereich des Stadtzentrums ab.

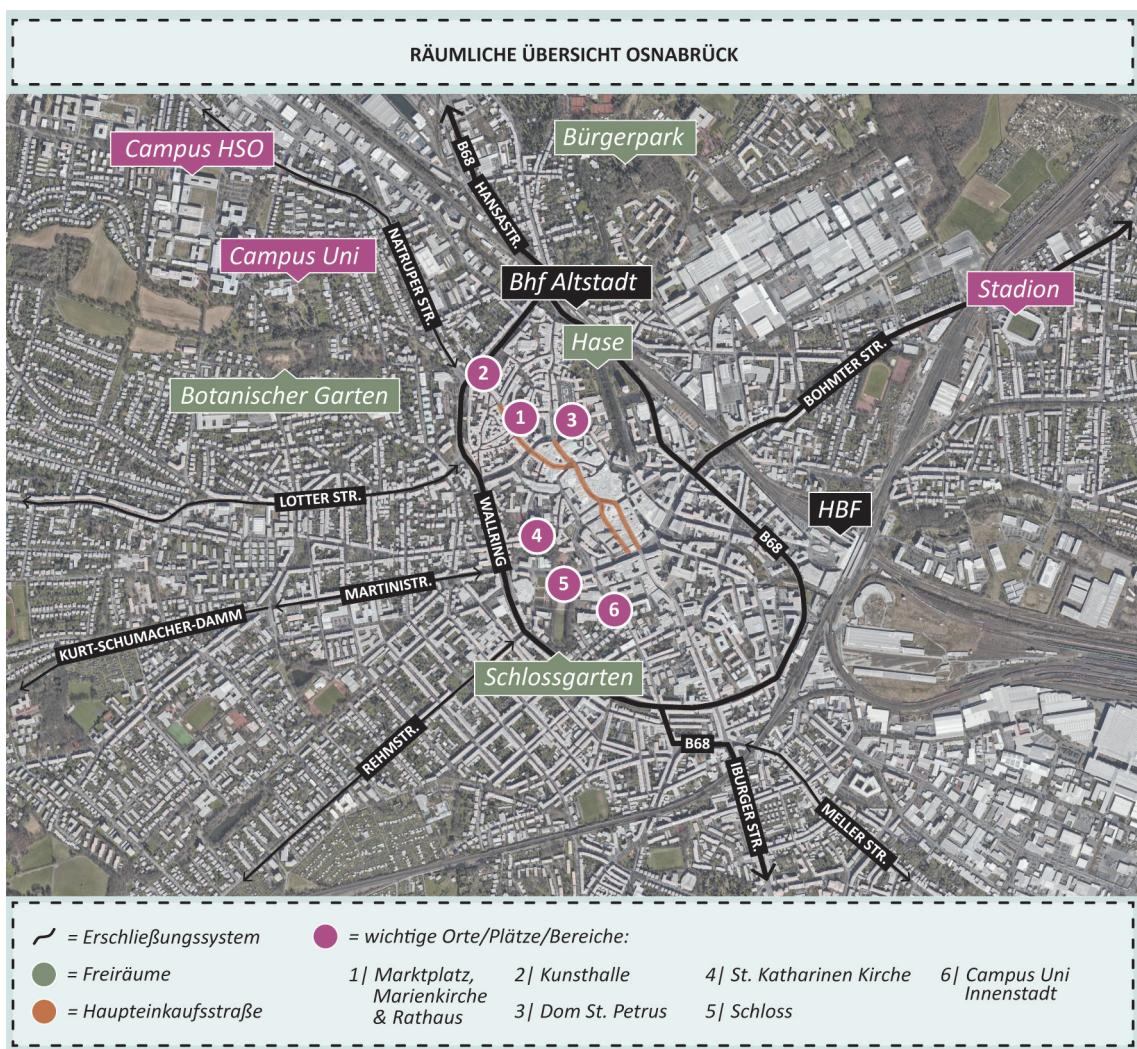


Abbildung 49: Räumliche Übersicht der Stadt Osnabrück (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap)

Typisch für die mittelalterliche Struktur der Stadt zeichnet sich das Stadtzentrum durch eine hohe Bebauungsdichte aus. Insbesondere ist dies im nördlichen Teil, der Altstadt, zu beobachten. Aufgrund der ebenfalls auf das Mittelalter zurückzuführenden gering dimensionierten Straßenquerschnitte ist der Altstadtbereich hauptsächlich dem Fahrrad- und Fußverkehr vorbehalten.

Am nördlichen Eingang der Innenstadt befindet sich die Kunsthalle (2) direkt am Wallring. Der Marktplatz (1) und der Domhof am Dom St. Petrus (3) sind die zentralen Plätze in der nördlichen Innenstadt. In diesem Bereich beginnt auch die in Nord-Süd-Richtung verlaufende Haupteinkaufsstraße, die den nördlichen und den südlichen Teil der Innenstadt miteinander verbindet. Im südwestlichen Innenstadtbereich befindet sich dann neben der St. Katharinen Kirche (4) der Schlosspark mit dem Schloss Osnabrück (5), das zum Innenstadt-Campus der Universität Osnabrück (6) gehört. Gemeinsam mit den Campusbereichen außerhalb des Wallrings am Botanischen Garten verzeichnet die Stadt Osnabrück insgesamt etwa 25.102 Studierende (Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2023).

### 3.2.3.2 Strukturanalyse

Auch für Osnabrück soll im Rahmen der Strukturanalyse im Folgenden gesondert auf einzelne Themenbereiche eingegangen werden, die in Abbildung 50 als Einzellayer dargestellt werden.

**GRÜNSYSTEM:** Historisch bedingt sind die Freiräume in Osnabrück hauptsächlich außerhalb der ehemaligen Befestigungsmauern zu finden. Im heutigen Stadtzentrum stellen deshalb der südlich gelegene Schlossgarten und die Uferflächen an der Hase im nördlichen Bereich die wichtigsten Grünräume dar. Jenseits des Rings sind vor allem der nordöstlich an die Kernstadt anschließende Bürgerpark und der im Nordwesten gelegene Botanische Garten zu nennen.

**STRASSENNETZ:** Das Straßennetz wird stark von der ringartig um die Innenstadt verlaufenden B68, dem Wallring, geprägt. Drei Schnellstraßen gehen als Zubringer im Norden, Osten und Süden vom Wallring ab und schließen an das Autobahn- beziehungsweise Schnellstraßennetz an. Die westlichen und südlichen Stadtquartiere werden über die Lotter Straße und die Martinistraße im Westen und die Sutthauer Straße im Süden angebunden. Innerhalb des Innenstadtrings sind die Johannisstraße und die Hasestraße in Nord-Süd-Richtung und in Ost-West-Richtung der Neue Graben beziehungsweise der Neumarkt und die Wittekindstraße als Haupterschließung zu nennen. Über die Möserstraße und den Kamp wird die Fußgängerzone umfahren.

**RADWEGENETZ:** Der Radverkehr wird in Osnabrück größtenteils gemeinsam mit dem MIV und dem Busverkehr geführt und verwendet deshalb hauptsächlich die bereits im vorherigen Abschnitt genannten Routen. Dabei formen insbesondere der Wallring und die bereits genannten Verbindungsstraßen in die Quartiere das Hauptwegenetz für den Radverkehr. Als wichtige Routen in die Innenstadt und Umfahrungen der Fußgängerzone dienen zudem im nördlichen Zentrumbereich die Bierstraße, Lohstraße, Dielingerstraße, Lortzingstraße und Hasestraße sowie im südlichen Innenstadtbereich die Ost-West-Achse entlang des Neumarkts.

**SCHIENENNETZ:** Der Öffentliche Personennahverkehr wird innerhalb der Kernstadt ausschließlich über den Busverkehr bedient. Über den im Osten gelegenen Hauptbahnhof ist die Stadt an das überregionale Schienennetz angeschlossen. Der zweite, im Norden der Stadt gelegene Bahnhof „Osnabrück Altstadt“ schließt an das Regionalbahnnetz an.

**BAUSTRUKTUR:** Baustrukturell zeichnet sich insbesondere der Bereich der historischen Altstadt mit seinen dicht bebauten, kleinteiligen Strukturen ab. In den äußeren Gebieten sind Blockrandbebauungen vorherrschend, die sich in Richtung der Quartiere auflockern.

**NUTZUNGEN:** Hohe Nutzungsdichten sind innerhalb des Zentrums insbesondere in den Fußgängerzonen und den anschließenden Nebenstraßen zu erkennen, verteilen sich in diesen Bereichen jedoch relativ gleichmäßig.



Abbildung 50: Strukturanalyse der Stadt Osnabrück in Einzellayern (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap)

### 3.2.3.3 Emotionsanalyse

Mit dem Projekt ESSEM wurden im September 2022 mit insgesamt 28 teilnehmenden Radfahrenden Stressmessungen im Stadtzentrum Osnabrücks durchgeführt (siehe Kapitel 3.1.1.2). Für die Messfahrten wurde hier jedoch keine Route vorgegeben, sodass die Probanden den Verlauf ihrer Fahrten möglichst alltagsnah und dementsprechend frei wählen konnten. In der Auswertung führt die Durchführung der Messungen als Freifahrten jedoch gleichzeitig auch dazu, dass entlang der häufiger von den Probanden gewählten Routen die Stichprobenzahl der Messungen auch dementsprechend größer ist als entlang der seltener gewählten Strecken. Dieses Ungleichgewicht ist in der Auswertung der Stress-Hotspots zu bedenken. Insgesamt wurden in Osnabrück 490 Tracks aufgezeichnet und 12.992 Stressmomente identifiziert.

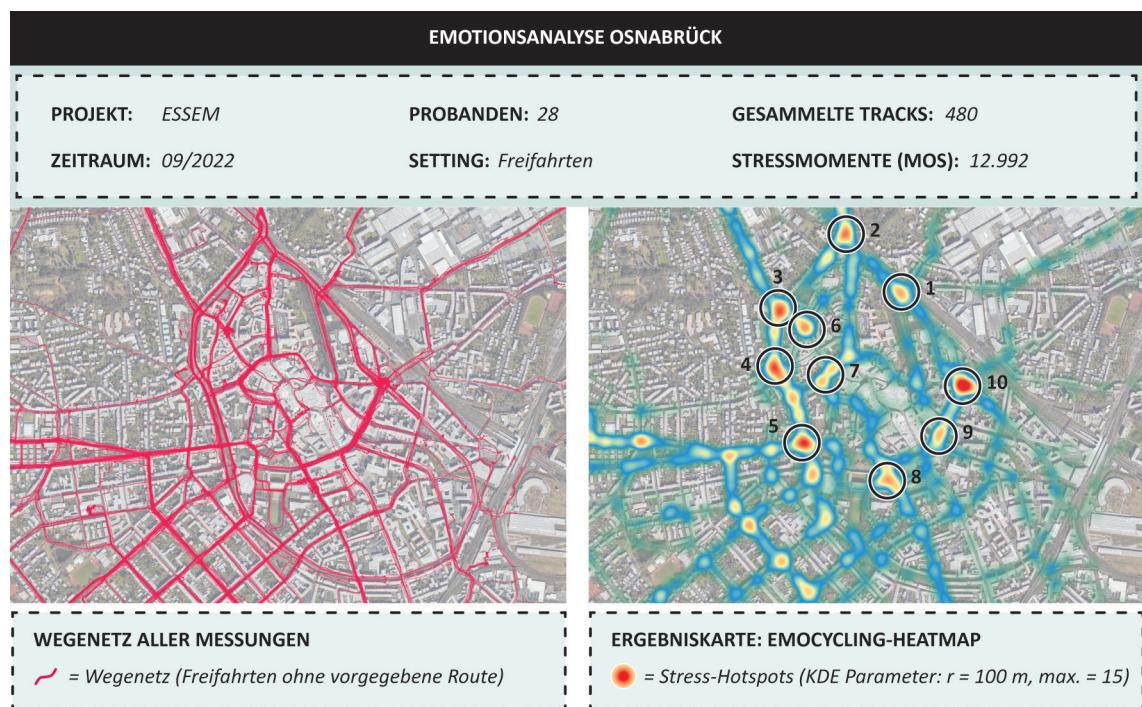
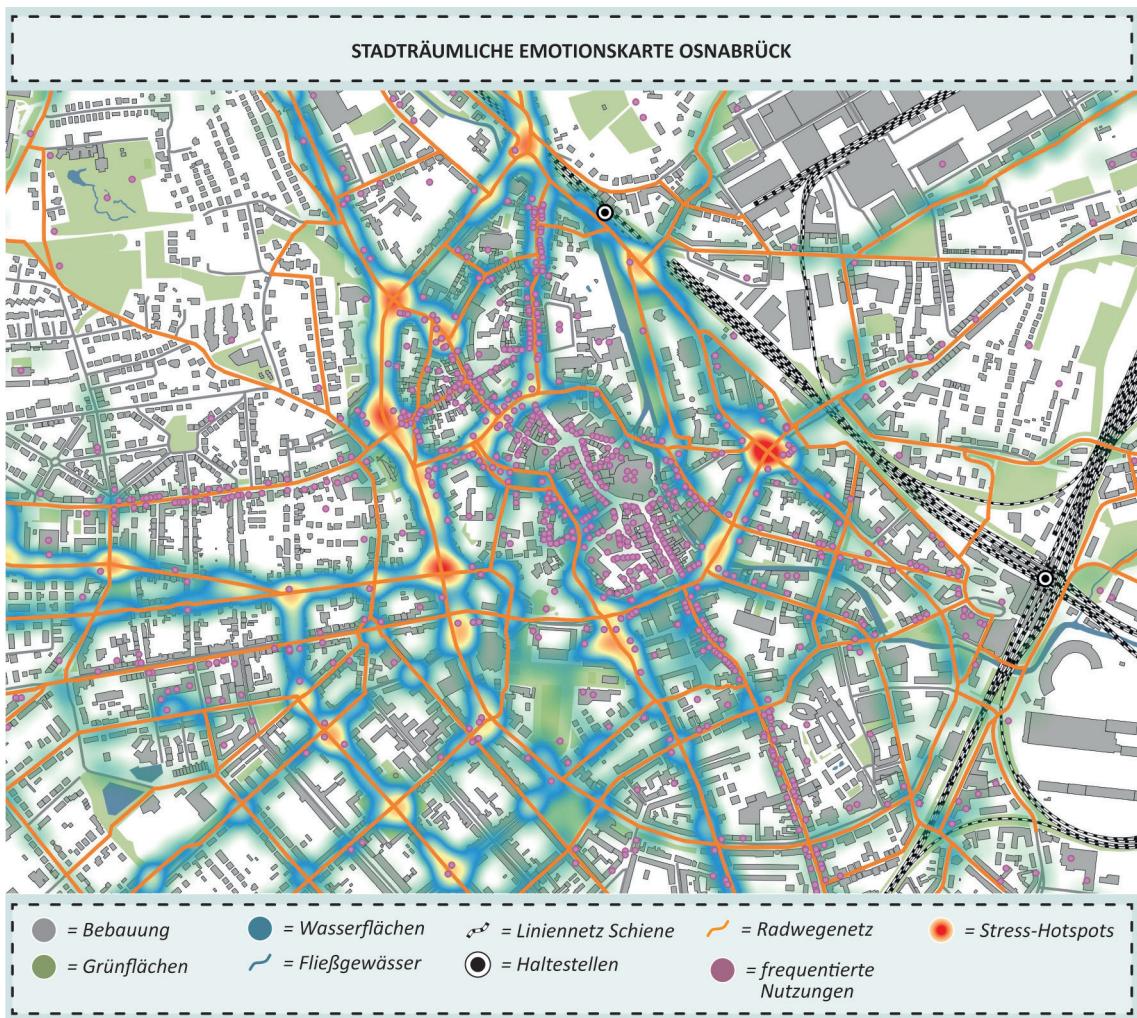


Abbildung 51: Emotionsanalyse Osnabrück: Versuchsaufbau und Ergebnisse der EmoCycling-Messungen aus dem Projekt ESSEM (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM)

Im Stadtzentrum Osnabrücks können mithilfe der EmoCycling-Heatmap (siehe Abbildung 51) einige Stress-Hotspots identifiziert werden. Ein Großteil dieser Punkte befindet sich entlang des Wallrings an den Kreuzungspunkten zum Nonnenpfad (1), zur Hansastraße (2), zur Natruper Straße (3), zur Lotter Straße (4) und zur Martinistraße (5). Ein weiterer Hotspot kann im Bereich des Wallrings am östlichen Stadteingang, dem Berliner Platz (10), beobachtet werden. Innerhalb des Innenstadtbereichs kristallisieren sich stressintensive Bereiche speziell in der Bierstraße (6), im Bereich Dielingerstraße/Lortzingstraße (7), im Umfeld des Schlosses und der Universität (8) und am Neumarkt (9) heraus.

### 3.2.3.4 Stadträumliche Emotionskarte

Neben der Vielzahl der gemessenen Stress-Hotspots, die entlang der stadtstrukturell prägenden Hauptverkehrsachse des Wallrings verteilt sind, können mithilfe der Überlagerung in der stadtstrukturellen Emotionskarte (siehe Abbildung 52) auch einige weitere Grundbeobachtungen getroffen werden.



*Abbildung 52: Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit prägenden Strukturelementen der Stadt Osnabrück (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM)*

Vor diesem Hintergrund sind es in der Stadt Osnabrück insbesondere die vom Wallring aus in Ost-West-Richtung ins Stadtzentrum führenden Achsen, entlang derer an einigen Stellen ein erhöhtes Aufkommen von Stress gemessen werden konnte.

Auf diesen Hauptverkehrsadern werden in Osnabrück nicht nur der MIV und der Radverkehr gebündelt, sondern in vielen Abschnitten auch der Busverkehr geführt. Zusätzlich kommt es entlang dieser Hauptachsen auch an einigen Stellen zu konfliktreichen Querungssituationen mit der Haupteinkaufsstraße beziehungsweise ihren Ausläufern.

### 3.2.3.5 Relevante Planungen und Projekte

Auch für die Stadt Osnabrück soll im Folgenden auf relevante Planungen eingegangen werden, die im Kontext der Aktiven Mobilität und der Transformation der Innenstadt stehen.

#### Radverkehrsplan 2030

Mit dem stark vom Autoverkehr dominierten Wallring und dem historisch dicht bebauten Innenstadtkern weist die Stadt Osnabrück keine einfachen Grundbedingungen für den Radverkehr auf. Die Radverkehrsförderung in Osnabrück wurde nicht zuletzt aufgrund dieser Herausforderungen vergleichsweise spät angegangen. Mit dem im Jahr 2005 erstmals erschienenen Radverkehrsplan und der aktuellen Überarbeitung zum „Radverkehrsplan 2030“ wurde das Thema nun jedoch fest in der Stadtpolitik verankert (Stadt Osnabrück et al., 2017a).

Im Rahmen des im Jahr 2017 veröffentlichten Radverkehrsplans werden einige noch sehr grundsätzliche infrastrukturelle Entscheidungen für den Radverkehr in Osnabrück festgehalten. Der Plan wurde mit einem zeitlichen Horizont bis zum Jahr 2030 erarbeitet und beinhaltet neben einer umfassenden Bestandsanalyse auch übergeordnete Netzpläne zur Fahrradinfrastruktur sowie einen detaillierten Maßnahmenkatalog (Stadt Osnabrück et al., 2017b). Die neuralgischen Punkte im Radwegenetz Osnabrücks wurden dabei im Rahmen eines Beteiligungsformats im engen Dialog mit der Stadtbevölkerung identifiziert.

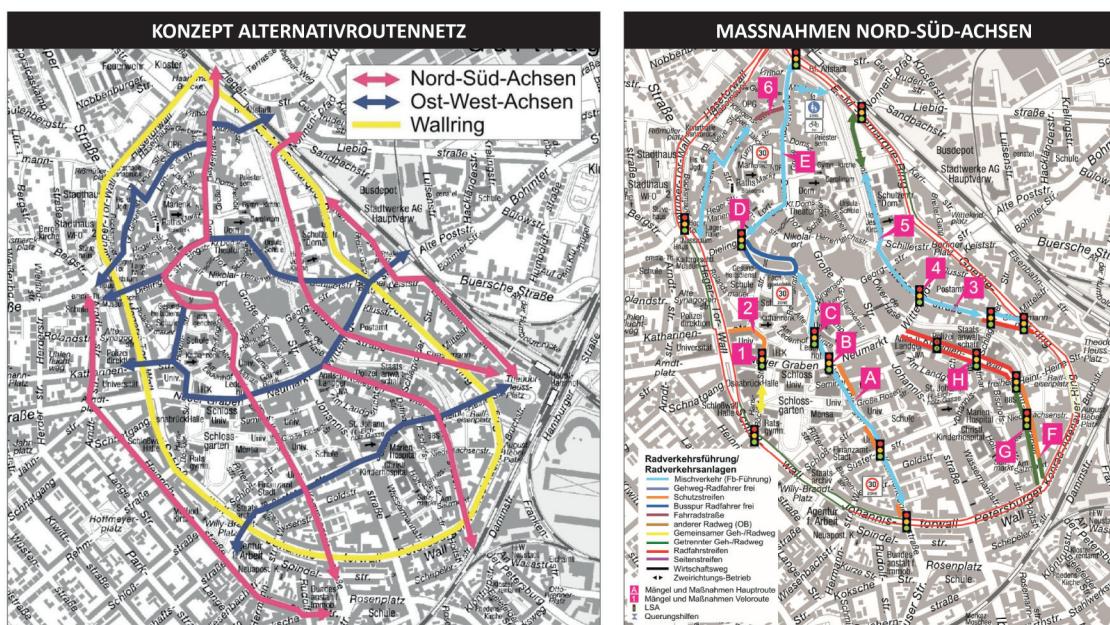


Abbildung 53: Innerstädtisches Alternativroutennetz zum Wallring (links) mit Maßnahmenkatalog (rechts) im Radverkehrsplan 2030 (Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück et al., 2017a, 2017b)

Neben der Stärkung des übergeordneten Radwege- und Radschnellwegenetzes stehen vor allem das Innenstadtgebiet und die Verbindungen in die umliegenden Quartiere im Fokus der Strategie.

Hier wurde vor allem der Wallring als eine kritische Infrastruktur und Hauptunfallort für den Radverkehr erkannt. Als Konsequenz entwickelt der Radverkehrsplan ein konkretes Konzept, um den Wallring einerseits durch gezielte bauliche Maßnahmen zu verbessern, und andererseits durch die Einführung paralleler Alternativrouten vom Radverkehr zu entlasten. In Abbildung 53 ist das erarbeitete Alternativroutennetz zum Wallring und zur Durchquerung der Innenstadt sowie die entsprechenden Maßnahmen für die Nord-Süd-Achsen zu sehen. Um die geplanten Verbesserungsmaßnahmen entlang des Wallrings teilweise schon kurzfristig und damit vor dem Abschluss der langjährigen Umbauarbeiten einführen zu können, wurden in Osnabrück auch sogenannte „Ad hoc-Maßnahmen“ ins Leben gerufen (Stadt Osnabrück, n.d.-a). Dabei wurden beispielsweise kurzfristig PKW-Stellplätze zugunsten neuer Fahrradspuren aus dem Straßenraum eliminiert.

### Städtebaulicher Masterplan Innenstadt

Auch in der Stadt Osnabrück sieht man sich in den letzten Jahren darüber hinaus mit einigen Herausforderungen in der Innenstadt konfrontiert. Im Rahmen eines partizipativen Prozesses wurde daraufhin seit 2017 an einer übergeordneten Handlungsstrategie gearbeitet, die 2019 mit dem „Städtebaulichen Masterplan Innenstadt“ beschlossen wurde (Stadt Osnabrück, 2019). Anhand spezifischer Arbeits- und Handlungsfelder, die jeweils in räumlichen Themenkarten münden, erarbeitet der Masterplan eine Leitlinie für die Transformation der Innenstadt.

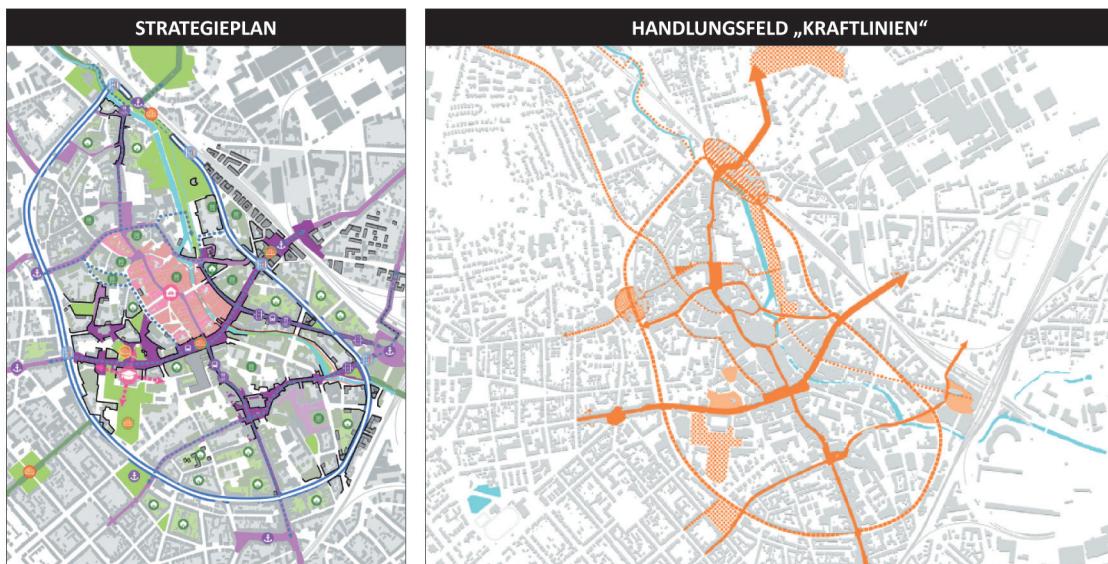


Abbildung 54: Strategieplan (links) und Themenkarte (rechts) des Handlungsfelds „Kraftlinien“ im Städtebaulichen Masterplan Innenstadt (Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück, 2019)

Mit einem Strategieplan und einem Gestaltplan werden die Handlungsfelder dann in einem übergeordneten Planwerk zusammengefasst. Als wichtigste Maßnahmen erarbeitet der Masterplan dabei das Konzept der „Kraftlinien“, „Dichte“ und „Höhenentwicklung“. Abbildung 54

zeigt sowohl den Strategieplan als auch die Themenkarte des Handlungsfeldes „Kraftlinien“ als wichtige Bausteine des Gesamtkonzepts. Unter dem Konzept der Kraftlinien sollen einige wichtige Innenstadt-Korridore zukünftig zu charakteristischen öffentlichen Räumen ausgebaut werden und das Osnabrücker Innenstadtbild damit maßgeblich prägen. Als stadtbildprägende Verbindungsräume durch die Innenstadt sollen sie dann nicht nur wichtige Orte und Funktionen miteinander vernetzen, sondern sich insbesondere auch durch ihre qualitativ hochwertige Gestaltung perspektivisch zu Räumen mit hoher Aufenthaltsqualität entwickeln.

### **Innenstadtprogramm 2023**

Ebenfalls mit der Zielsetzung, die Osnabrücker Innenstadt zu stärken, widmet sich das „Innenstadtprogramm Osnabrück 2023“ (Stadt Osnabrück, 2023a) der Umsetzung konkreter Projekte im Kontext der Innenstadttransformation. Das Projekt wird im Rahmen des Sofortprogramms „Perspektive Innenstadt!“ von der EU und dem Land Niedersachsen gefördert (Stadt Osnabrück, 2023b). In Verbindung mit dem Innenstadtprogramm werden Projekte mit einem Umsetzungs-horizont von 2023 bis ins Jahr 2026 finanziert, die sich mit den Themen „Klima“, „Infrastruktur“, „Hochbau“ oder „Leben“ in der Innenstadt beschäftigen und kreative Lösungsansätze aufzeigen.



*Abbildung 55: Projekte des Innenstadtprogramms: Fassadenbemalung (links) im Rahmen des famOS Festivals 2022 und Mobiler Stadtgarten (rechts) am Domhof  
(Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück, 2023b; Fotografie links: © Aileen Rogge, Fotografie rechts: © Stadt Osnabrück)*

Die ersten bereits umgesetzten Projekte weisen eine große Bandbreite auf und reichen von temporären Aktionen, wie beispielsweise dem „Streetart famOS Festival 2022“ mit dauerhaften Fassadenbemalungen, bis hin zur Umgestaltung von ehemaligen Stellplätzen mithilfe von bepflanzten Parklets, den „Mobilen Stadtgärten“ (Stadt Osnabrück, n.d.-b). Diese Stadtgärten sind im gesamten Innenstadtgebiet Osnabrücks verteilt und erfreuen sich seither als multifunktionale Sitzgelegenheiten einer großen Beliebtheit. Ein Einblick in die beiden genannten Projektbeispiele ist in Abbildung 55 zu sehen.

### 3.3 Auswahl der Fallstudien

Aufbauend auf die erstellten Stadtprofile und auf die zur Verfügung stehenden Heatmaps aus den EmoCycling-Messungen der genannten Projekte, werden in einem nächsten Schritt geeignete Untersuchungsgebiete identifiziert und ausgewählt. Pro Stadt werden anhand eines definierten Auswahlverfahrens dadurch schlussendlich jeweils zwei Stress-Hotspots als Fallstudien für die Erhebungen definiert.

Methodisch wird die Auswahl der Untersuchungsgebiete in einem ersten Schritt mithilfe einer qualitativen Analyse der Stress-Hotspots in den Heatmaps durchgeführt. Entsprechend der verwendeten Farbcodierung der Heatmap werden zunächst alle farblich gelb, orange, oder rot dargestellten Punkte der Heatmap betrachtet. An diesen neuralgischen Punkten wurden im Zuge der EmoCycling-Messungen vermehrt und intensiv Stressmomente bei den teilnehmenden Probanden gemessen.

In einem nächsten Schritt erfolgt dann ein Abgleich der identifizierten neuralgischen Punkte mit der realen stadträumlichen Situation. Dieser Abgleich erfolgt sowohl durch Vor-Ort-Beghungen und eine fotografische Dokumentation der jeweiligen Situation als auch durch eine intensive Luftbild-Analyse. Die beschriebenen Analysen sowohl der Heatmap als auch der realen Situation bilden die Grundlage für den darauf aufbauenden qualitativen Auswahlprozess der Untersuchungsgebiete. In diesem Arbeitsschritt wird die Heatmap erneut mit der Strukturanalyse überlagert und die Ausschnitte als Zoom-Ins sowohl mit dem Luftbild als auch mit der fotografischen Dokumentation der Ortsbegehung intensiv miteinander verglichen und evaluiert. Aufgrund des besonderen Anspruchs der Arbeit, die Wahrnehmung von städtischen Räumen insbesondere hinsichtlich weicher Faktoren zu untersuchen, werden die identifizierten Stress-Hotspots innerhalb dieser Evaluierung intensiv auf ihre Lage, Urbanität und Vielschichtigkeit der stadträumlichen Situation hin untersucht.

Angesichts dessen sei explizit erwähnt, dass für die Auswahl der Untersuchungsräume quantitative Argumente bewusst in den Hintergrund gerückt werden. Anders als in den meisten Untersuchungen von Stress-Heatmaps werden auffallend große Häufungen von Stressmomenten also in der vorliegenden Untersuchung nicht automatisch für die Auswahl priorisiert. Demnach ist es also nicht allein entscheidend, wie rot ein Punkt auf der Heatmap dargestellt ist, sprich wie häufig an diesen Stellen Stress nachgewiesen wurde.

Entscheidend ist für die hier angeführten Untersuchungen darüber hinaus nämlich vielmehr die Vielschichtigkeit der stadträumlichen Situation, die dementsprechende Anschlussfähigkeit für Analysethemen, die Beispielhaftigkeit der stadträumlichen Situation sowie die Übertragbarkeit auf andere räumliche Situationen in der jeweiligen Untersuchungsstadt.

Für die Auswahl der Untersuchungsräume werden daher zusammenfassend die folgenden Kriterien festgehalten:

**STRESS-HOTSPOT:** Der Stadtraum wurde im Rahmen der Heatmap der EmoCycling-Messungen als ein Stress-Hotspot identifiziert (Heatmap-Darstellung in den Farben gelb, orange oder rot).

**URBANITÄT:** Der Stadtraum befindet sich in einer zentralen und urbanen Lage innerhalb des Stadtzentrums der jeweiligen Untersuchungsstadt.

**VIELSCHICHTIGKEIT:** Die städträumliche Situation ist vielschichtig und bietet hinsichtlich der Analyse potenzieller Stressfaktoren vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten.

**ÜBERTRAGBARKEIT:** Die räumliche Struktur des Stadtraums ist beispielhaft für die jeweilige Stadt und bietet hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Räume Potenziale.

Anhand dieses Auswahlverfahrens werden für jede der beiden Untersuchungsstädte zunächst fünf potenziell geeignete Untersuchungsräume ausgewählt. In der folgenden Betrachtung werden diese fünf Stadträume in Karlsruhe beziehungsweise in Osnabrück zunächst kurz umrissen. Die zwei zur Fallstudie ausgewählten Stadträume werden daraufhin detaillierter vorgestellt.

### 3.3.1 Auswahl Fallstudien Stadt Karlsruhe

Nach den genannten Kriterien werden nun beginnend mit der Untersuchungsstadt Karlsruhe geeignete Stadträume für die Fallstudien ermittelt (siehe Abbildung 56).

#### 3.3.1.1 Analyse der Stress-Hotspots



Abbildung 56: Auswahl potenzieller Fallstudien in der Untersuchungsstadt Karlsruhe (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

In der Untersuchungsstadt Karlsruhe können anhand der definierten Kriterien die folgenden Stadträume als potenzielle Fallstudien identifiziert werden:

#### **Nr. 1: Zirkel**

Der erste Bereich entlang des westlichen Zirkels zeigt einen Ausschlag der gemessenen Stressmomente hauptsächlich an der Ampelanlage im Übergangsbereich vom Zirkel zur Hans-Thoma-Straße. An dieser Stelle erscheinen hauptsächlich die dichte und auffallend geschlossene Bebauungsstruktur, das eingeschränkte Sichtfeld sowie die teilweise lange Wartezeit an der Ampelanlage als untersuchenswerte Einflussfaktoren auf das negative Erlebnis der stadträumlichen Situation. Darüber hinaus sind auch die vom Schloss abgehenden Strahlen der Fächerstadt hier stadtstrukturell besonders prägend und zeichnen sich entlang des Zirkels als Einmündungen ab, die für Radfahrende teilweise schlecht einsehbar sind.

#### **Nr. 2: Ludwigsplatz/Stephanplatz**

Der zweite Stadtraum zeigt den Übergang von der Waldstraße über den Stephanplatz, die Karlstraße mit den dort verlaufenden Schienen und den belebten Ludwigsplatz sowie die Abbiegesituation auf die ebenfalls sehr belebte Erbprinzenstraße. In diesem sehr urbanen und hochfrequentierten Bereich lassen sich eine enorme Anzahl an möglichen Analysethemen identifizieren, die unterschiedlichste Themenbereiche behandeln.

Spannend erscheint dabei vor allem auch, dass dieser Bereich sowohl von Zufußgehenden als auch von Radfahrenden intensiv genutzt wird, wodurch im Rahmen der Ortsbegehung häufig Konflikte zu beobachten waren. Auch stadtstrukturell ist dieser Bereich besonders interessant, da hier sowohl wichtige Freiraumverbindungen bestehen als auch der Strahl der Waldstraße eine wichtige Achse zum Schloss darstellt.

#### **Nr. 3: Rondellplatz**

Der Rondellplatz liegt auf der stadtstrukturell prägenden Achse der Karl-Friedrich-Straße, die vom Schloss über den Marktplatz zum Ettlinger Tor nach Süden führt, und stellt im Zuge der Untersuchung ebenfalls eine potenzielle Fallstudie dar. Am Rondellplatz, der als Kreisverkehr um das Großherzog-Karl-Denkmal angelegt ist, treffen die von Westen kommende Erbprinzenstraße und die von Osten kommende Markgrafenstraße mit der erwähnten Achse zusammen.

Diese Verbindung ist sowohl für Radfahrende in Ost-West-Richtung Teil der südlichen Cityroute als auch für Zufußgehende eine wichtige Verbindung in die Innenstadt. Zudem befindet sich hier der Eingang des Shoppingcenters „Ettlinger Tor“, was zu einer allgemein hohen Frequentierung führt und für die Analysen dieser Arbeit durch das somit entstehende Konfliktpotenzial von besonderem Interesse erscheint.

#### Nr. 4: Adlerstraße

Der vierte Bereich verläuft über die vom Rondellplatz ausgehende Markgrafenstraße, den belebten Lidellplatz und den Strahl der Adlerstraße über die Zähringerstraße bis hin zum Kronenplatz. Die parallel zur Fußgängerzone der Kaiserstraße verlaufende Zähringerstraße ist, auch wegen ihrer Nähe zum Universitätscampus, für den Radverkehr im Stadtzentrum eine der am höchsten frequentierten Nebenachsen im Stadtgebiet. Stadtstrukturell ist in diesem Bereich ebenfalls die zum Schloss führende Adlerstraße sowie die Freiraumverbindung der beiden Plätze prägend. Im Kontext der EmoCycling-Messung wurden die häufigsten Stressreaktionen am Abbiegepunkt von der Adlerstraße auf die Zähringerstraße gemessen. Sowohl räumlich als auch hinsichtlich der dort stattfindenden Nutzungen und Sanierungsmaßnahmen erscheint dieser Raum für die Untersuchungen geeignet und bietet eine Vielzahl an Analysethemen.

#### Nr. 5: Brücke Kronenplatz

Direkt angrenzend an die Adlerstraße befindet sich schließlich der fünfte Stadtraum, der als eine potenzielle Fallstudie infrage kommt. Die vom Kronenplatz abgehende Brücke verbindet hier den Innenstadtbereich mit dem historischen Stadtgebiet „Dörfl“ in Ost-West-Richtung über die Fritz-Erler-Straße mit den Schienen und der Haltestelle „Kronenplatz“ hinweg. Mit ihrer stadtstrukturell interessanten Lage bildet die Brücke damit eine Sondersituation aus und bietet für die Untersuchungen dieser Arbeit interessante Anknüpfungspunkte hinsichtlich verkehrlicher und gestalterischer Aspekte.

##### 3.3.1.2 Fallstudie K1

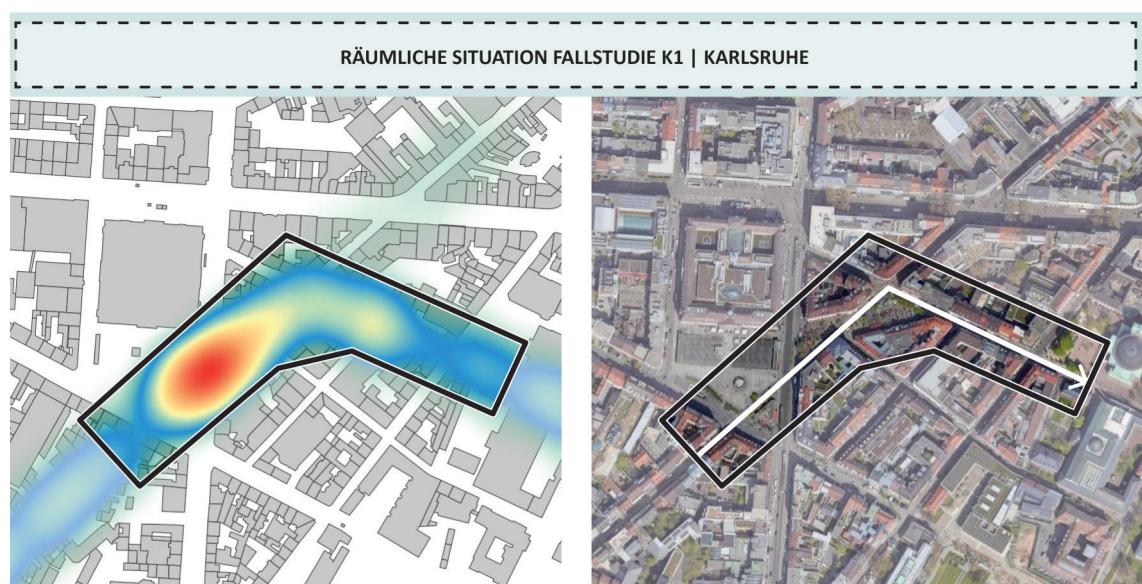


Abbildung 57: Fallstudie K1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

Aufgrund seiner vielfältig genutzten Erdgeschosszonen, seiner hohen Frequentierung sowie den häufig auftretenden Konflikten zwischen Radfahrenden und Zufußgehenden erscheint der Stadtraum rund um den Ludwigsplatz von besonderem Interesse für die angeführten Untersuchungen. Er wird deshalb für die Untersuchungsstadt Karlsruhe als Fallstudie K1 definiert. Analog zu der Fahrtrichtung der durchgeführten EmoCycling-Messung des Projekts Cape Reviso wird die Bewegungslinie der hier stattfindenden Untersuchungen ebenfalls von Westen nach Osten definiert. Der Verlauf des Untersuchungsraums reicht von der Waldstraße bis hin zum Kirchplatz St. Stephan. Hauptsächlich wurde in diesem Bereich ein markanter Hotspot am Kreuzungspunkt zwischen der Karlstraße und der Waldstraße identifiziert, aber auch an der Einmündungssituation von der Erbprinzenstraße und der Bürgerstraße ist eine leichte Ballung an Stressmomenten zu beobachten.



Abbildung 58: Fallstudie K1: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation (Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv)

Die Fotos in Abbildung 58 geben einen Eindruck über die stadträumliche Situation im Gebiet rund um den Ludwigsplatz. Die oberen beiden Fotos zeigen dabei den Verlauf der Waldstraße, die im südlichen Bereich auch „Südliche Waldstraße“ genannt wird und für ihre Dekoration mit Lampions in der Stadt bekannt ist. In diesem Abschnitt sind vor allem kleinere Ladengeschäfte, Cafés und Restaurants ansässig, die sich mit ihren Vorzonen mit Aufstellern, Reklamen und Bestuhlung in den Straßenraum ausbreiten. Die Bodenmarkierung mit dem markanten gelben Strahl aus Keramikfliesen leitet direkt auf das Karlsruher Schloss zu. Sie führt weiterhin über den Stephanplatz und die große Nord-Süd-Achse der Karlstraße, entlang derer auch die Bahnlinie geführt wird. Direkt an der Abbiegesituation der Untersuchungsroute von der Waldstraße in die Erbprinzenstraße grenzt der Ludwigsplatz an, der von verschiedenen Restaurants, Bars und Cafés bespielt wird und vor allem am Nachmittag und am Abend sehr stark besucht ist.

Die unteren beiden Fotos zeigen die hochfrequentierte Erbprinzenstraße mit den sich überwiegend ausladend in den Straßenraum ausdehnenden Vorzonen der Erdgeschossnutzungen. In diesem Bereich ist ein hohes Aufkommen und Queren von Zufußgehenden zu beobachten und es können immer wieder Konfliktsituationen zwischen dem Rad- und Fußverkehr beobachtet werden. Die Erbprinzenstraße wird ab dem Bereich des Kirchplatz St. Stephan dann als Fahrradstraße deklariert und führt als Teil der Cityroute über den Friedrichsplatz bis zum Rondellplatz.

### 3.3.1.3 Fallstudie K2

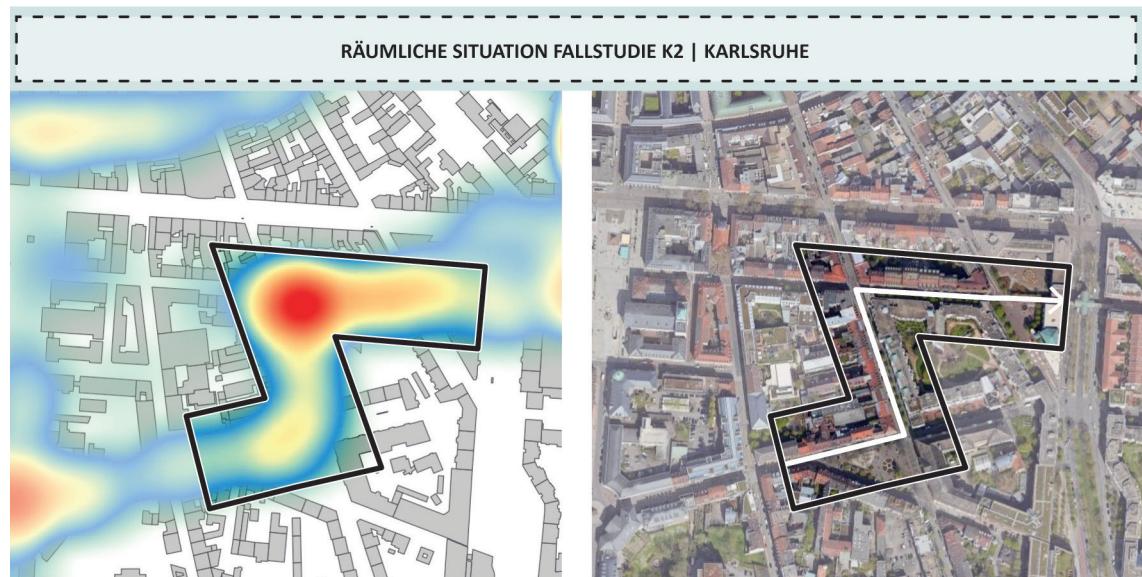
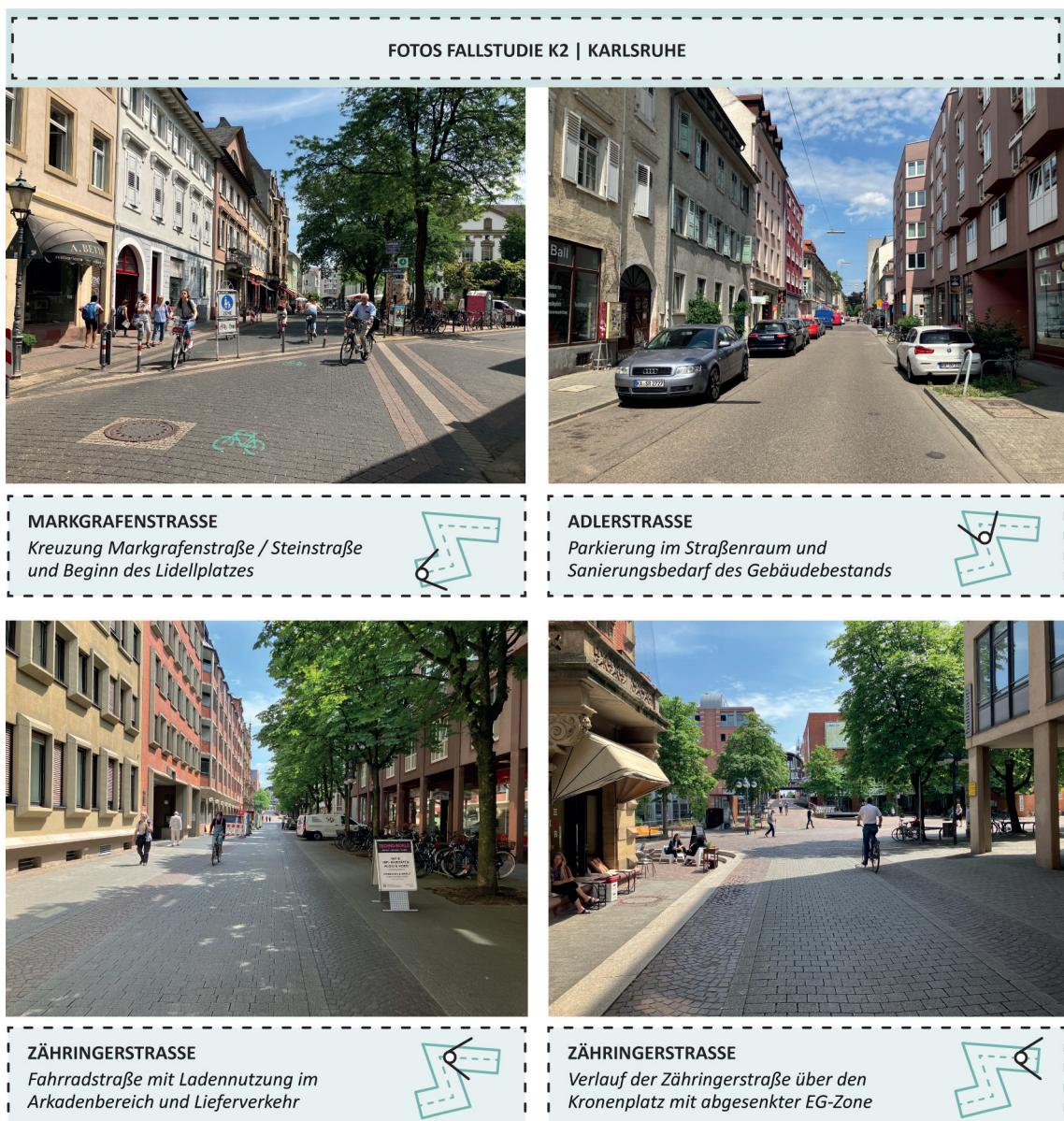


Abbildung 59: Fallstudie K2: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

Als ein zweites Untersuchungsgebiet wird für Karlsruhe der Bereich um die Adlerstraße im östlichen Teil des Stadtzentrums als Fallstudie K2 definiert. Dieser Bereich scheint vor allem durch

seine Nähe zum Universitätscampus, der Freiraumverbindung von Kronenplatz und Lidellplatz, dem stadtstrukturell bedeutenden „Strahl“ der Adlerstraße sowie der dortigen Sanierungsbestrebungen vonseiten der Stadt von besonderem Interesse für die vorliegende Arbeit. Auch in diesem Bereich erfolgten die EmoCycling-Messungen des Projekts Cape Reviso von Westen nach Osten. Dementsprechend wird auch hier die Bewegungslinie des Untersuchungsraums in dieser Richtung definiert. Der Untersuchungsbereich wird dabei zackenförmig vom Lidellplatz über die Adlerstraße bis hin zum Beginn der Brückensituation auf dem Kronenplatz definiert. Im Zuge der Auswertung der Heatmap konnte dabei vor allem die Abbiegesituation vom Strahl der Adlerstraße auf die Zähringerstraße als ein auffallender Stress-Hotspot sowie eine kleinere Ballung an Stressmomenten entlang des Lidellplatzes identifiziert werden.



*Abbildung 60: Fallstudie K2: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation (Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigene Archiv)*

Die Fotos in Abbildung 60 geben einen Eindruck über den Stadtraum um den Bereich des Lidellplatzes, der sich teilweise sehr unterschiedlich präsentiert und in drei verschiedene Abschnitte eingeteilt werden kann. Die oberen Fotos zeigen die Markgrafenstraße und den Lidellplatz im ersten Abschnitt des Stadtraums sowie den Übergang in die Adlerstraße. Der Lidellplatz wird von großen Bäumen gesäumt, ist mit einem Brunnen und einem Spielplatz gestaltet und wird rege genutzt. Durch die für Radfahrende freigegebene Fußgängerzone der Markgrafenstraße grenzt er nicht direkt an die umliegende Bebauung an, deren Erdgeschosszonen mit vielen kleineren Cafés, Bars und Geschäften belebt sind. In der Adlerstraße, die als „Strahl“ zum Karlsruher Schloss führt, beginnt dann der zweite Abschnitt des Stadtraums. Die Dichte der Erdgeschossnutzungen und die Qualität des Gebäudebestands nimmt in diesem Bereich deutlich ab. Innerhalb des Straßenraums sind beidseitig Parkzonen für den MIV ausgewiesen. Durch einige Durchfahrten und Tiefgaragenausfahrten kommt es in diesem Abschnitt trotz des eigentlich kreuzungsfreien Straßenraums oft zum plötzlichen Ein- und Abbiegen von Autos, was eine erhöhte Aufmerksamkeit vonseiten der Radfahrenden erfordert.

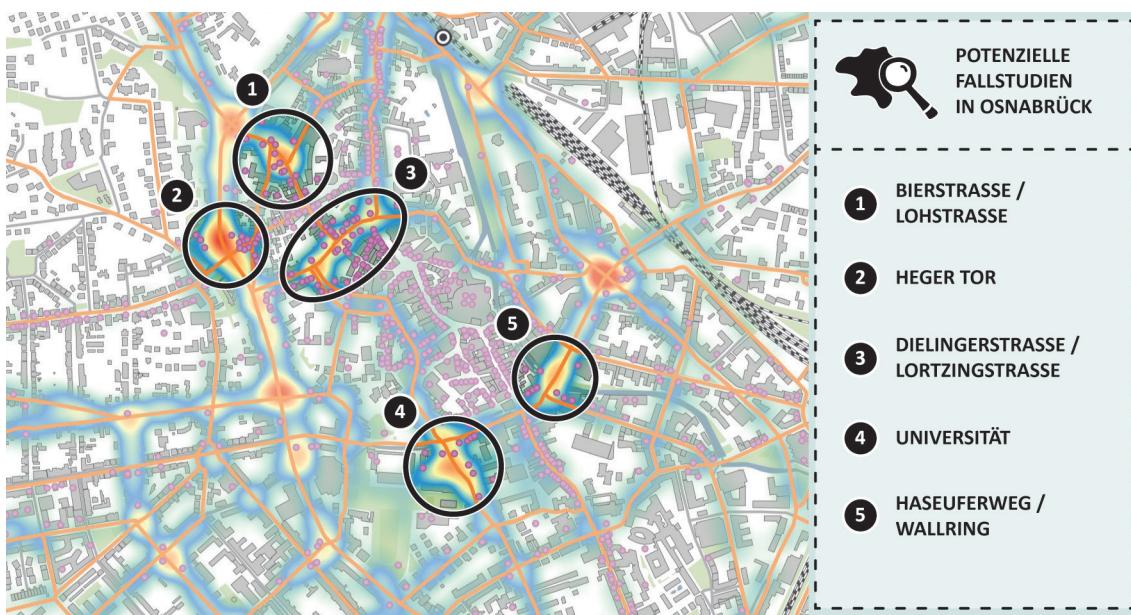
Die Route des Untersuchungsgebiets knickt dann in einer scharfen Kurve auf die Zähringerstraße ab, die als dritter Abschnitt des Untersuchungsraums angesehen werden kann. Durch die Arkaden der Gebäude und die geringen Abstandsflächen ist das Sichtfeld im Kurvenbereich stark eingeschränkt und die Verkehrssituation unübersichtlich. Auf der nördlichen Seite, also links an die Bewegungslinie angrenzend, sind in der Zähringerstraße überwiegend private Wohn- oder Büronutzungen zu finden, wohingegen auf der südlichen Seite in den Arkadengängen verschiedene Geschäfte ansässig sind. Zu beobachten ist hier jedoch, dass die Erdgeschossnutzungen überwiegend von geringer Qualität und stark introvertiert aufgebaut sind. Es handelt sich beispielsweise um eine Spielhalle, einen Handyshop und einen indischen Lebensmittelhandel. Zum Kronenplatz hin ist der Straßenraum dann mit mehreren Höhenversprüngen und Treppenanlagen gestaltet und führt zwischen zwei Brunnenanlagen über die Brücke weiter in den östlichen Teil der Zähringerstraße.

### **3.3.2 Auswahl Fallstudien Stadt Osnabrück**

Ergänzend zu den beiden Fallstudien in der Untersuchungsstadt Karlsruhe, sollen nun auch in der Untersuchungsstadt Osnabrück geeignete Untersuchungsgebiete definiert werden.

#### **3.3.2.1 Analyse der Stress-Hotspots**

Nach der gleichen Vorgehensweise identifiziert die Arbeit deshalb auch für die Untersuchungsstadt Osnabrück fünf zentral gelegene Stadträume, die den definierten Kriterien entsprechen und als potenzielle Fallstudien infrage kommen. Eine Übersicht ist in Abbildung 61 zu sehen.



*Abbildung 61: Auswahl potenzieller Fallstudien in der Untersuchungsstadt Osnabrück (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM)*

Die Vorauswahl der fünf Stadträume wird im Folgenden kurz beschrieben:

#### **Nr. 1: Bierstraße/Lohstraße**

Der gemessene Stresspunkt entlang der Kurve am Übergang von der Bierstraße in die Lohstraße ist in direktem Zusammenhang mit dem ebenfalls als Hotspot identifizierten Rißmüllerplatz auf dem Wallring zu sehen. Bei der von Norden kommenden Natruper Straße handelt es sich hierbei um eine der wichtigsten Verbindungen von den nördlichen Quartieren in die Innenstadt. Die Bierstraße ist an dieser Stelle im südlichen Bereich als Fußgängerzone deklariert, sodass Radfahrende im Bereich des Kulturvereins auf die Lohstraße abbiegen müssen. Zusätzlich zum spitzen Winkel der Kurve ist in diesem Bereich auch die mittelalterliche Struktur der Stadt mit den typischen verwinkelten, schmalen Gassen besonders spürbar. Für die angeführten Untersuchungen erscheinen hier vor allem die Dimensionen des Straßenraums, die Sicht- und Bewegungssachsen sowie bauliche und gestalterische Faktoren von besonderem Interesse.

#### **Nr. 2: Heger Tor**

Der zweite Stadtraum, der als mögliche Fallstudie für die Untersuchungen interessant erscheint, ist das Heger Tor und befindet sich in direkter Lage am Wallring. Der Torbogen des dortigen „Waterloo-Tors“ begleitet als Wehranlage einen Teil des Wallrings und bildet zugleich eine Eingangssituation in den mittelalterlichen Stadt kern aus. Aufgrund der dort beginnenden Fußgängerzone wird die Torsituation allerdings nur von Zufußgehenden und nicht von Radfahrenden genutzt. Entlang des Wallrings wird der Fahrradverkehr in diesem Bereich gemeinsam mit der Busspur geführt. Die Situation an den Knotenpunkten ist größtenteils unübersichtlich und an

den Kreuzungspunkten und Ampelanlagen steht den Radfahrenden kein Aufstellstreifen zur Verfügung. Für die Untersuchungen scheinen hier deshalb neben baulichen und gestalterischen Themen hauptsächlich verkehrsspezifische Faktoren ausschlaggebend zu sein.

#### **Nr. 3: Dielingerstraße/Lortzingstraße**

Der dritte Bereich entlang der Dielingerstraße, der Lortzingstraße und des Domhofs stellt für den Radverkehr in Osnabrück eine wichtige Achse durch den zentralen Innenstadtbereich dar. In der Dielingerstraße und Lortzingstraße wird der Radverkehr auf separaten Schutzstreifen parallel zum Autoverkehr in einer mit Bäumen begrünten Tempo-30-Zone geführt. An den Kreuzungspunkten sind Aufstellstreifen für Radfahrende eingerichtet beziehungsweise die Kreuzungspunkte mit der Fußgängerzone entlang der Krahnenstraße mit einem doppelten Zebrastreifen hervorgehoben.

Am „Platz der Deutschen Einheit“ vor dem Theater knickt der Straßenverlauf dann im rechten Winkel Richtung „Domhof“ ab. Der Kurvenbereich ist in diesem Bereich mit einer schachbrettartigen Markierung hervorgehoben. Für die Untersuchungen erscheint dieser Stadtraum nicht nur aufgrund seiner zentralen Lage in der Altstadt Osnabrücks, sondern vor allem auch durch die spannenden Kreuzungssituationen mit der Fußgängerzone und den beiden belebten Plätzen interessant.

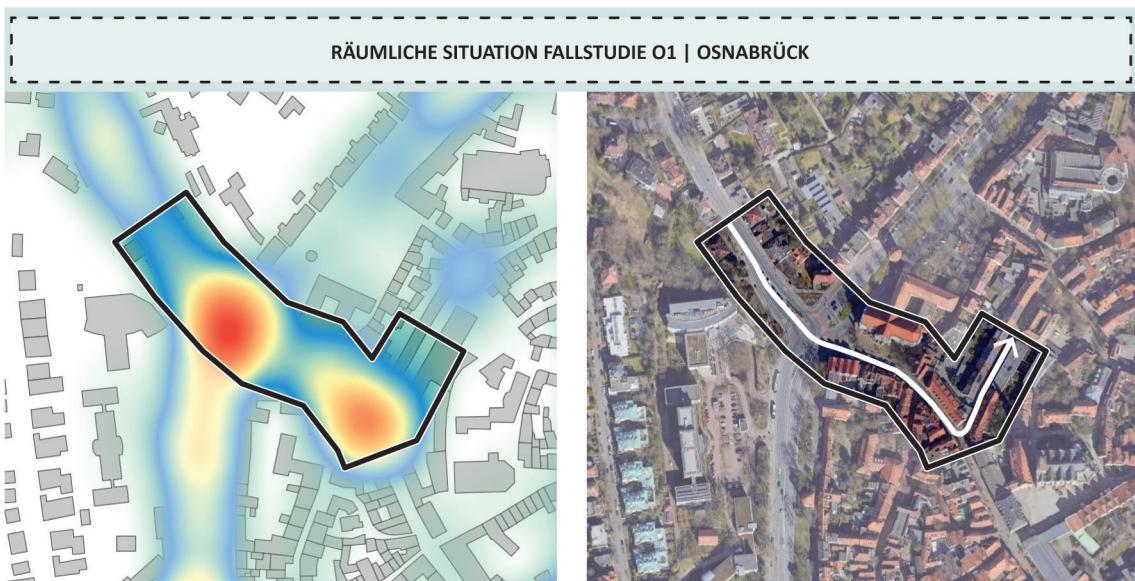
#### **Nr. 4: Universität**

Als einen weiteren Stadtraum, der als Fallstudie geeignet erscheint, identifiziert die Arbeit den Bereich um den südlichen Campus der Universität, die sich in den Gebäuden des Osnabrücker Schlosses befindet. Im Rahmen der Stressmessungen wurde dabei der östliche Eingang zum Campus über die Kolpingstraße und die Seminarstraße als ein neuralgischer Punkt identifiziert. Dieser Bereich erscheint vor allem hinsichtlich seiner nutzungstypisch hohen Frequentierung zu den Stoßzeiten des Universitätsbetriebs und wegen seiner gestalterischen und freiraumspezifischen Besonderheiten wertvoll für die geplanten Untersuchungen.

#### **Nr. 5: Haseuferweg/Wall**

Der letzte Bereich umfasst den Wallring im Bereich der Wittekindstraße und dem Kreuzungspunkt zum Haseuferweg entlang der Hase. Er grenzt direkt an den belebten Neumarkt und den südlichen Beginn der Fußgängerzone an. Entlang der Wittekindstraße wurden in diesem Bereich des Wallrings Schutzstreifen für den Radverkehr eingerichtet und durchgehend rot markiert, um die Sicherheit zu erhöhen. Mit der hohen Frequentierung des Neumarkts, dem stark vom Autoverkehr belasteten Wallring und dem schmalen Uferweg entlang des stadtstrukturell prägenden Freiraums der Hase lassen sich an dieser Stelle einige Angriffspunkte für die Untersuchungen identifizieren.

### 3.3.2.2 Fallstudie O1



*Abbildung 62: Fallstudie O1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM)*

Aufgrund seiner direkten räumlichen Verknüpfung zum Wallring sowie seinen durch die mittelalterliche Stadtstruktur eingeschränkten Sichtachsen und Straßenquerschnitten bietet der Bereich um die Bierstraße vielfältige Anknüpfungspunkte für die vorliegende Arbeit. Darüber hinaus ist diese Verbindungsachse in die Innenstadt als Teil der Ost-West-Achse des Radverkehrsplans im besonderen Fokus der Stadt Osnabrück. Aus diesen Gründen wird für die Untersuchungsstadt Osnabrück der Bereich um die Bierstraße als Fallstudie O1 definiert.

Obwohl die EmoCycling-Messungen im Projekt ESSEM als freie Fahrten ohne eine festgelegte Route durchgeführt wurden, kann durch die Kennzeichnung des Bereichs als Einbahnstraße für den Autoverkehr an dieser Stelle eine eindeutige Hauptbewegungsrichtung von Westen nach Osten angenommen werden. Dementsprechend wird auch die Bewegungslinie in den hier angeführten Untersuchungen von Westen nach Osten definiert.

Der Untersuchungsbereich der Fallstudie O1 beginnt im Nordwesten Osnabrücks in der Natruper Straße am Rißmüllerplatz, geht dann in den Altstadtbereich über und folgt dem kurvenförmigen Übergang der Bierstraße in die Lohstraße bis zur Höhe des Parkhauses Altstadtgarage. Im Rahmen der EmoCycling-Messungen des Forschungsprojekts ESSEM konnten in diesem Bereich zwei markante Stress-Hotspots identifiziert werden. Diese sind eindeutig im Bereich des Rißmüllerplatzes sowie entlang des spitzwinkligen Kurvenverlaufs der Lohstraße auszumachen.

Die Fotos in Abbildung 63 geben einen anschaulichen Überblick über den enormen Gegensatz zwischen den locker bebauten Bereichen außerhalb des Wallrings und den mittelalterlichen

Strukturen innerhalb des Wallrings. In der oberen Reihe der Fotos ist der Knotenpunkt der Natruper Straße mit dem Wallring am Rißmüllerplatz zu sehen. Die Fahrbahnmarkierung des Schutzstreifens wird in diesem Bereich nicht fortgeführt, sodass das Überqueren der sieben Spuren trotz der vorhandenen Ampelanlage für Radfahrende sehr unübersichtlich gestaltet ist.

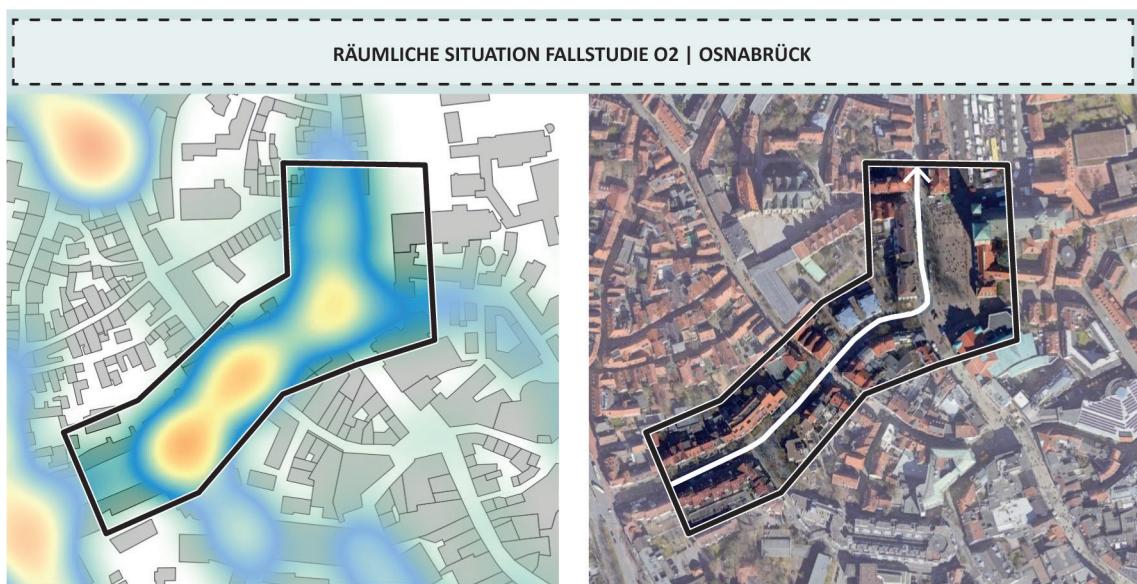


Abbildung 63: Fallstudie O1: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation (Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv)

Im nördlichen Abschnitt der Bierstraße grenzt der Vorplatz der Kunsthalle mit seinen großen Bäumen und einem Brunnen an. In diesem Bereich sind beidseitig Parkzonen für den MIV vorgesehen. Im südlichen Abschnitt der Bierstraße, der in den unteren Fotos zu sehen ist, sind die Dimensionen des Stadtraums durch die mittelalterlichen Strukturen dann deutlich enger gefasst und nur noch vereinzelte Parkplätze im Seitenraum markiert. Auffallend sind hier die roten Ausweichbuchen für Radfahrende, die an dieser Stelle aufgrund der Häufung von Konflikt-

situationen und des beengten Straßenraums eingerichtet wurden. Durch den steilen Verlauf der Kurve im Übergangsbereich von der Bierstraße in die Lohstraße weichen hier jedoch viele Radfahrende auf den Fußgängerweg aus. In der ruhigeren Lohstraße ist der Straßenraum dann deutlich großzügiger dimensioniert und wird von großen Bäumen gesäumt.

### 3.3.2.3 Fallstudie O2



*Abbildung 64: Fallstudie O2: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM)*

Als Fallstudie O2 wird in der Untersuchungsstadt Osnabrück der Bereich um die Dielinger Straße und die Lortzingstraße definiert. Hier ist vor allem die Straßenführung über den Platz der Deutschen Einheit, der für das mittelalterliche Stadtzentrum großzügige Straßenquerschnitt sowie die flächige Verteilung der gemessenen Stresspunkte von besonderem Interesse für die vorliegende Untersuchung. Darüber hinaus wird dem betreffenden Bereich im Radverkehrsplan eine besondere Bedeutung beigemessen, da er einen Teil des vorgeschlagenen Cityrings als geplante Umfahrung der Innenstadt bildet.

Die Bewegungslinie wird für die vorgenommenen Untersuchungen in der Richtung von Westen nach Osten, also vom Wallring ins Stadtzentrum kommend, definiert. Der Untersuchungsbereich beginnt damit im Bereich der Dielingerstraße und reicht über die Lortzingstraße bis zum Domhof auf der Höhe des Doms St. Petrus. Im Rahmen der EmoCycling-Messung konnte in diesem Abschnitt eine sehr flächige Ballung an Stressmomenten beobachtet werden, wobei sich eine punktuelle Konzentration an allen drei Kreuzungspunkten identifizieren lässt. Die Konzentration der gemessenen Stressmomente fällt an den beiden Kreuzungspunkten Dielingerstraße und Krahnstraße jedoch leicht höher aus als im Bereich des Domhofs.



Abbildung 65: Fallstudie O2: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation (Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv)

Abbildung 65 zeigt den räumlichen Eindruck des Stadtraums. Vom Wallring aus kommend werden die Fahrbahnen der Dielingerstraße durch einen Grünstreifen mit großen Bäumen abgetrennt. Im gesamten Untersuchungsgebiet sind Ladennutzungen und Cafés zu finden, die jedoch durch Parkierung, großzügige Fußgängerwege oder Arkaden klar von der Fahrbahn getrennt sind. Die Dielingerstraße ist verkehrsberuhigt und als Tempo-30-Zone deklariert, wird jedoch auch von den Stadtbussen befahren. Für den Fahrradverkehr gibt es lediglich an der Ampelanlage einen schmalen Schutzstreifen zwischen der Bus- und der Autospur. Der Kreuzungspunkt zur Fußgängerzone Krahnenstraße ist als doppelter Zebrastreifen ausgeführt. Durch die rege Frequentierung kommt es hier vor allem zu den Stoßzeiten zu Wartezeiten für den Auto- und Fahrradverkehr. Im Bereich des Vorplatzes des Doms St. Petrus trennt eine große Baumreihe den Platz von der Fahrbahn ab. In diesem Bereich befindet sich auch eine Bushaltestelle.



### 3.4 Zusammenfassung Kapitel 3

In Kapitel 3 begibt sich die Arbeit auf die Suche nach geeigneten Untersuchungsräumen für die Entwicklung eines Methodenansatzes zur ganzheitlichen Untersuchung von Stadträumen.

Im ersten Kapitelabschnitt werden deshalb zunächst geeignete Untersuchungsstädte ausgewählt. Der für diese Auswahl zur Verfügung stehende Pool aus insgesamt fünf deutschen Mittel- und Großstädten ergibt sich dabei aus dem Bezug der Forschungsarbeit zu den Projekten der Urban Emotions Initiative. Für die fünf Städte Karlsruhe, Stuttgart, Herrenberg, Ludwigshafen und Osnabrück liegen durch diverse Projekte der Initiative bereits EmoCycling-Messdaten vor, die sich als Basis für die geplante Ursachenforschung eignen. Um aus diesem Städtepool eine Auswahl treffen zu können, werden die fünf Städte anhand vergleichbarer Kriterien in Kurzporträts vorgestellt und miteinander verglichen. Aufgrund der überwiegenden Kongruenz und des markanten Unterschieds in der Bewertung der Fahrradfreundlichkeit werden schließlich die beiden Städte Karlsruhe und Osnabrück als Untersuchungsstädte ausgewählt.

Der folgende Abschnitt des Kapitels beschäftigt sich dann im Rahmen von Stadtprofilen intensiv mit sowohl der räumlichen Struktur (Strukturanalyse) der beiden Untersuchungsstädte als auch den Ergebnissen der durchgeführten EmoCycling-Messungen (Emotionsanalyse). In der zugehörigen Heatmap werden dabei im Rahmen einer Vorauswahl in diesem Schritt bereits je zehn neuralgische Stress-Hotspots markiert. Aus der Überlagerung der Struktur- und Emotionsanalyse in einer gemeinsamen Kartendarstellung entsteht dann in einem nächsten Schritt für jede Untersuchungsstadt jeweils eine „Stadträumliche Emotionskarte“, die als Basis für die spätere Auswahl der genauen Untersuchungsräume dient. Im letzten Teil der Stadtprofile werden schließlich relevante Planungen und Projekte in den Städten Karlsruhe und Osnabrück vorgestellt, die sich speziell der Verbesserung der Aufenthaltsqualität, des Radverkehrs oder des Fußverkehrs im Innenstadtbereich widmen.

Im dritten und letzten Kapitelabschnitt konzentriert die Arbeit sich schließlich auf die finale Eingrenzung des Untersuchungsraums und begibt sich auf die Suche nach geeigneten Stadträumen für die Fallstudienuntersuchungen. Aus den stadträumlichen Emotionskarten wird die Auswahl an Stress-Hotspots hierfür auf zunächst fünf interessante Bereiche eingegrenzt. Nach einer eingehenden Untersuchung dieser markanten Punkte hinsichtlich der gemessenen Stressreaktionen, ihrer Urbanität, Vielschichtigkeit und Übertragbarkeit werden schließlich pro Untersuchungsstadt zwei Stadträume als Fallstudien ausgewählt. In Karlsruhe handelt es sich dabei um die Fallstudien K1 (Ludwigsplatz/Stephanplatz), K2 (Adlerstraße) und in Osnabrück um die Fallstudien O1 (Bierstraße/Lohstraße) und O2 (Dielingerstraße/Lortzingstraße).



# 04

## KAPITEL 4

---

# ERFASSEN & ÜBERSETZEN

## UNTERSUCHUNGSFAKTOREN UND METHODENBAUSTEINE

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 122 | 4.1 ERKUNDUNG VON EINFLUSSFAKTOREN, DATENGRUNDLAGEN  
UND ERHEBUNGSMETHODEN

S. 126 | 4.2 ENTWICKLUNG EINER ÜBERSETZUNGSMETHODE

S. 129 | 4.3 TESTLÄUFE

S. 143 | 4.4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 4

→ Abbildung 66: Stadtraum Osnabrück Dielingerstraße/Krahnstraße (Fotografie: Eigenes Archiv)

## 4.1 Erkundung von Einflussfaktoren, Datengrundlagen und Erhebungsmethoden

Ausgehend von der Auswahl der vier Fallstudien nähert sich die Arbeit im folgenden Abschnitt schrittweise an den Untersuchungsgegenstand, mögliche Erhebungsmethoden und die allgemeine Datengrundlage an.

In diesem Kontext werden zunächst in Form einer ersten Gedankensammlung potenzielle Untersuchungsfaktoren gesammelt, bei denen in einer ersten Hypothese von einer Einflussnahme auf die menschliche Wahrnehmung ausgegangen wird. Anhand des so entstandenen Einflussfaktoren-Pools wird daraufhin eine erste Datenerhebungsstrategie für die Analyse der unterschiedlichen Faktoren erarbeitet.

### 4.1.1 Sammeln potenzieller Einflussfaktoren

Im Rahmen einer ersten Annäherung an den Untersuchungsgegenstand werden zunächst potenzielle Stressfaktoren gesammelt, die in einem ersten Auswahl-Pool in Abbildung 67 dargestellt sind. In diesem Zusammenhang bezieht sich die Arbeit zunächst auf die bereits im Kontext des Forschungsstandes dargestellten aktuellen Ansätze aus der Verkehrs- und Stadt- forschung (vergleiche Kapitel 2.2.2 und 2.2.3).

Die in diesen Forschungsarbeiten untersuchten Faktoren bilden die wichtigste Basis für den hier erstellten Einflussfaktoren-Pool. Darüber hinaus wird die Sammlung potenzieller Einflussfaktoren jedoch maßgeblich auch aus den eigenen Eindrücken während der ersten Vor-Ort-Begehungen in den vier ausgewählten Fallstudien (vergleiche Kapitel 3.3.1.2, 3.3.1.3, 3.3.2.2 und 3.3.2.3) gespeist. Zusätzlich fließen auch die Erkenntnisse aus den Stadtprofilen in den Auswahlprozess mit ein, wobei hier insbesondere die stadträumlichen Emotionskarten (vergleiche Kapitel 3.2.2.4 und 3.2.3.4) aufschlussreich sind. Gemäß des ganzheitlichen Ansatzes der vorliegenden Forschungsarbeit sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass es ein besonderes Anliegen der Arbeit ist, sowohl „harte“ quantifizierbare Faktoren als auch „weiche“ qualifizierbare Faktoren in diesen ersten Einflussfaktoren-Pool mitaufzunehmen.

Zur besseren Übersicht werden die identifizierten potenziellen Einflussfaktoren hierfür je nach ihrer thematischen Ausrichtung in vorerst sechs Themengebiete eingeordnet:

1. *Bauliche Einflussfaktoren*
2. *Freiraumspezifische Einflussfaktoren*
3. *Gestalterische Einflussfaktoren*
4. *Verkehrsspezifische Einflussfaktoren*
5. *Bewegungsspezifische Einflussfaktoren*
6. *Sensuelle Einflussfaktoren*

Die Einflussfaktoren, die in der Sammlung des Pools den sechs Themengebieten zugeordnet werden, erfüllen dabei folgende Kriterien:

1. *Es kann davon ausgegangen werden, dass der Faktor einen Einfluss auf das subjektive Empfinden von Radfahrenden bei der Bewegung durch den Untersuchungsraum ausübt.*
2. *Der Faktor ist entweder quantitativ messbar, oder lässt sich durch eigens durchgeführte Erhebungen in einer vergleichbaren Form darstellen.*

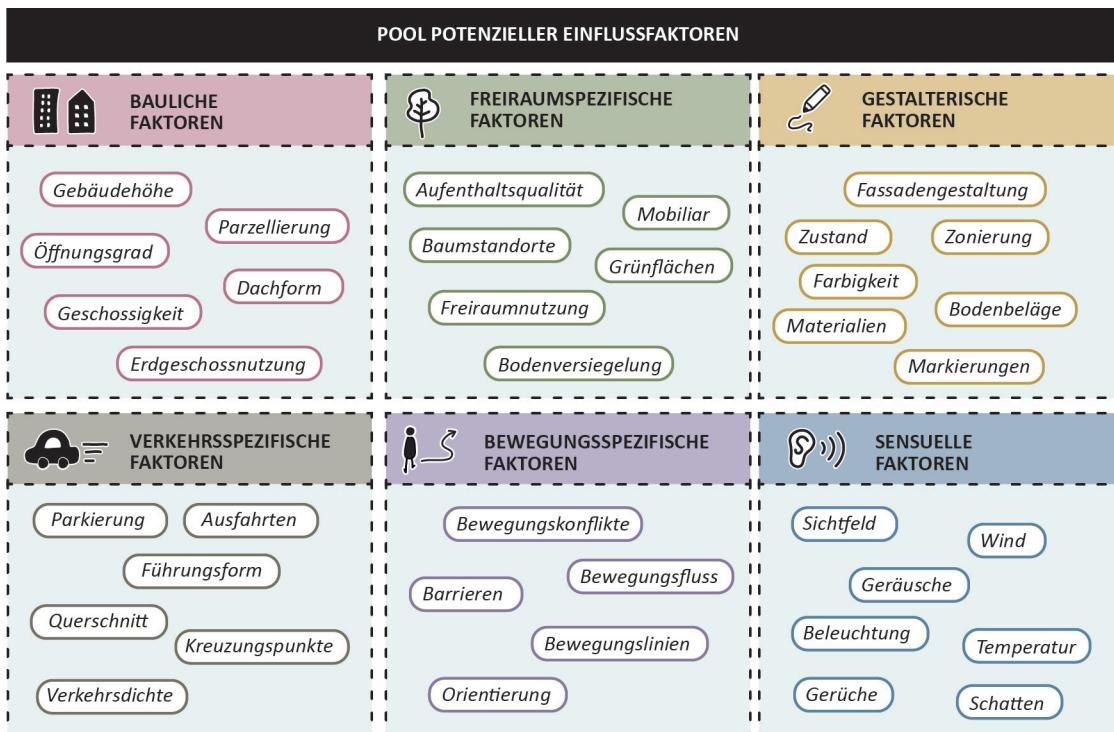


Abbildung 67: Pool potenzieller Einflussfaktoren, nach Themengebieten geordnet (Quelle: Eigene Darstellung)

Nach dem beschriebenen Muster konnten für jedes der sechs Themengebiete jeweils potenzielle Einflussfaktoren identifiziert werden. Der so entstandene Pool ist in Abbildung 67 dargestellt. Die insgesamt 36 ausgewählten Einflussfaktoren reichen dabei von harten verkehrsplanerischen Faktoren wie zum Beispiel der Führungsform und dem Verkehrsaufkommen bis hin zu weichen sensuellen Faktoren wie beispielsweise der Wahrnehmung von Gerüchen, Geräuschen und der Temperatur.

#### 4.1.2 Bewertung der Datengrundlagen

Die identifizierten Einflussfaktoren bilden ein breites Spektrum „harter“ und „weicher“ stadt-räumlicher Faktoren ab, sodass sich folglich auch die zur Verfügung stehenden Datengrundlagen stark voneinander unterscheiden. Es erscheint daher notwendig, eine Systematik zu entwickeln, mithilfe derer die verschiedenen Datengrundlagen bewertet sowie erste Ansätze zu möglichen

Erhebungsstrategien abgeleitet werden können. In diesem Rahmen wird insbesondere der Nutzung von frei verfügbaren Datensätzen, also Open Data, in besonderem Maß Rechnung getragen.

Das zu diesem Zweck entwickelte Entscheidungsdiagramm ist in Abbildung 68 dargestellt. Zunächst wird nach dieser Vorgehensweise aufgeschlüsselt, aus welchen Unterparametern sich ein jeder Einflussfaktor zusammensetzt. In einem nächsten Schritt wird daraufhin untersucht, welche Datengrundlagen für die Untersuchung der Parameter zur Verfügung stehen. Vor allem bei baulichen Themen kann hier beispielsweise oftmals auf frei verfügbare Datensätze der Plattformen OpenStreetMap zurückgegriffen werden, die mithilfe eines Geoinformationssystems verarbeitet werden können.

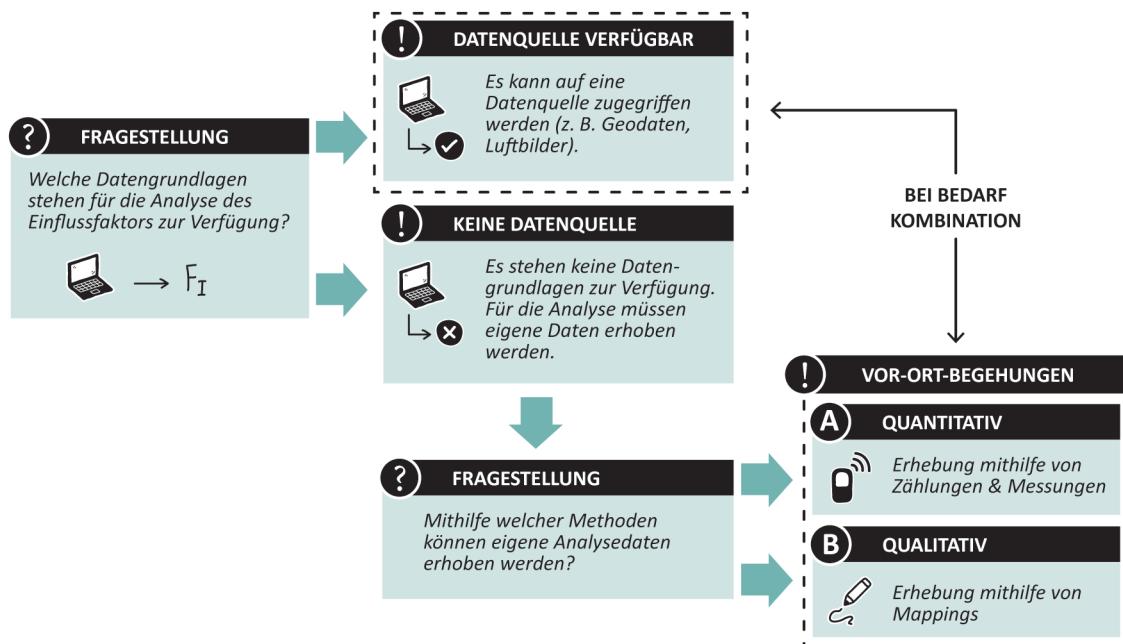


Abbildung 68: Entscheidungsdiagramm zur Datenerhebung (Quelle: Eigene Darstellung)

Stehen jedoch keine Datenquellen zur Verfügung, oder sind diese nicht von ausreichender Qualität, müssen eigene Erhebungen durchgeführt werden. Ist der Parameter dabei quantitativ durch zum Beispiel Zählungen messbar, so sind für die Erhebung des Parameters entsprechende quantitative Erhebungen durchzuführen. Andernfalls kann der Parameter durch qualitative Erhebungen wie beispielsweise Mappings erhoben werden.

#### 4.1.3 Ableiten von Erhebungsmethoden

Auf der Basis dieses Entscheidungsdiagramms werden in einem nächsten Schritt entsprechende Strategien zur Datenerhebung erarbeitet. Im Rahmen dieser Strategie prüft die vorliegende Arbeit also zunächst die Verfügbarkeit einer Datenquelle und evaluiert anschließend, ob diese

als alleinige Datengrundlage ausreichend ist. Tritt der Fall ein, dass keine Datenquelle vorhanden ist, oder aber diese nicht ausreichend erscheint, so werden im Datenerhebungsplan alternative beziehungsweise ergänzende Erhebungsmethoden definiert. Dabei reicht das Spektrum von qualitativen Mappings bis hin zu quantitativen Zählungen. In einigen Fällen kommt es darüber hinaus auch zu einer Kombination verschiedener Erhebungsmethoden.

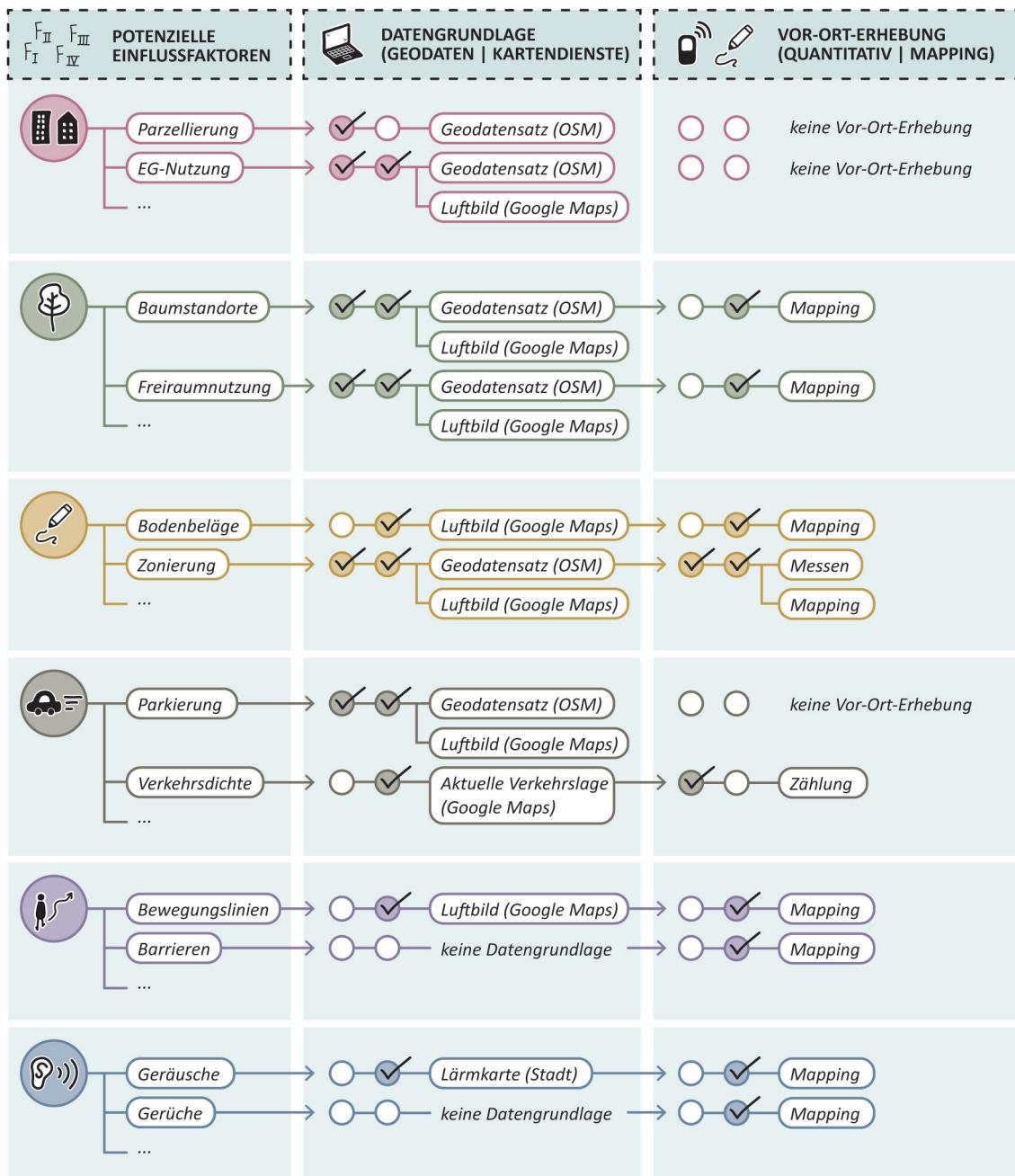


Abbildung 69: Erste Skizze zur Datenerhebungsstrategie als Auszug von jeweils zwei Einflussfaktoren pro Themengebiet (Quelle: Eigene Darstellung)

Die in diesem Abschnitt entwickelte Skizze zur Datenerhebungsstrategie ist dabei als eine erste Annäherung zu verstehen. Die detailliertere Ausarbeitung in Form des Datenerhebungsplans (vergleiche Kapitel 5.1.2) wird anschließend im Kontext der Fallstudienuntersuchungen gezeigt.

In Abbildung 69 wird zur besseren Veranschaulichung die entwickelte Strategie für jedes der sechs Themengebiete anhand von jeweils zwei potenziellen Einflussfaktoren skizziert. Die Übersicht verdeutlicht dabei, wie unterschiedlich die einzelnen Parameter sich verhalten und wie vielfältig sich dementsprechend auch der gewählte Methodenbaukasten präsentiert.

So lassen sich beispielsweise die Faktoren „Parzellierung“ und „EG-Nutzung“ aus dem Themenbereich der baulichen Einflussfaktoren relativ einfach über die diversen Informationsebenen der frei verfügbaren OpenStreetMap-Geodatensätze analysieren. Im Gegensatz dazu kann bei sensuellen und situativen Einflussfaktoren vergleichsweise selten auf verfügbare Datenquellen zurückgegriffen werden. Bei diesen „weichen“ Faktoren muss die Datenerhebungsstrategie deshalb vorwiegend auf eigene Erhebungen zurückgreifen beziehungsweise diese mit anderen Methoden kombinieren.

Ferner kann für die Analyse des Faktors „Geräusche“ zwar anhand der städtischen Lärmkartierung auf eine Datengrundlage zurückgegriffen werden, jedoch liefern diese Kartendaten lediglich einen eingeschränkten Eindruck über die tatsächliche Wahrnehmung der realen Situation. In Kombination mit eigenen Vor-Ort-Erhebungen bildet die Lärmkarte jedoch eine solide Grundlage für die akustischen Analysen.

## 4.2 Entwicklung einer Übersetzungsmethodik

Gemäß der Zielsetzung, einen ganzheitlichen Stressforschungsansatz voranzubringen, mit dem sowohl „harte“ als auch „weiche“ Faktoren miteinander in Beziehung gesetzt werden können, wird im folgenden Abschnitt auf die entwickelten Methodenbausteine eingegangen.

### 4.2.1 Fragestellungen

Die Methodenentwicklung orientiert sich an den folgenden Fragen: Mithilfe welcher Methoden lassen sich die spezifischen räumlichen Analysen aus den Fallstudien in eine vergleichbare Form übersetzen? Welche Darstellungsform kann den Transfer zwischen dem analysierten Inhalt und der abstrahierten Übersetzung leisten? Welchen Mindestgrad an Abstraktion braucht es dabei, um eine Vergleichbarkeit der Inhalte zu sichern? Wie viel Kontext muss die Darstellung mindestens beinhalten, um weiterhin auch räumlichen Komponenten Rechnung zu tragen?

Darauf aufbauend sollen in diesem Methodenteil schließlich auch erste Antworten auf die folgenden Fragestellungen gegeben werden: Welche Korrelationen lassen sich zwischen den erhobenen Faktoren und dem im Rahmen der EmoCycling-Messungen gemessenen Stressempfinden beobachten? Wie verhalten sich die einzelnen Faktoren zueinander? Wo lassen sich Abhängigkeiten identifizieren?

## 4.2.2 Methodenbausteine

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen werden im folgenden Abschnitt die zwei Kernelemente der erarbeiteten Übersetzungsmethodik vorgestellt: Die „Stressorenabwicklung“ und die „Stressorenmatrix“. Dabei soll an dieser Stelle hauptsächlich auf die Entwicklung, den Aufbau und die gewählte Darstellungsform eingegangen werden. Der Aufbau der Methodenbausteine wird in den Abbildungen 70 und 71 visualisiert.

### 4.2.2.1 Stressorenabwicklung

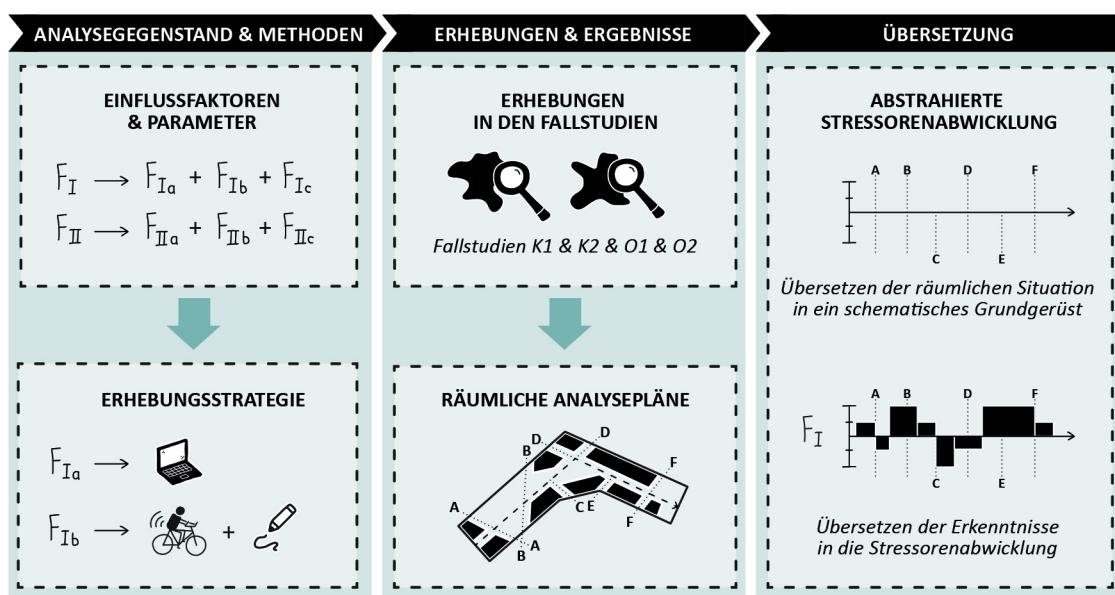


Abbildung 70: Entwicklung des Methodenbausteins „Stressorenabwicklung“ (Quelle: Eigene Darstellung)

Die im vorherigen Abschnitt identifizierten Einflussfaktoren bilden gemeinsam mit der erläuterten Erhebungsstrategie die Grundlage für die Erhebungen in den vier Fallstudien. Für jede der vier Fallstudien wurde hierfür bereits die Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, die Bewegungslinie sowie die Bewegungsrichtung der Untersuchungen festgelegt. Als ein erster Schritt werden dann zunächst für jeden Parameter detaillierte räumliche Analysen vorgenommen. Aus dem vorgestellten Datenerhebungsplan ist dabei zuvor für jeden Parameter zu entnehmen, auf welcher Datengrundlage die Analysen basieren beziehungsweise nach welchen Methoden eigene Erhebungen durchzuführen sind. Die Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchungen werden dann in räumlichen Analyseplänen festgehalten, deren Vergleichbarkeit durch die ähnliche Darstellungsform und die Verwendung eines einheitlichen Maßstabs erzielt wird.

In einem nächsten Schritt wird dann die räumliche Situation anhand der Bewegungslinie und der wichtigsten Kreuzungspunkte in ein abstraktes räumliches Gerüst transferiert. Dabei wird die Strecke der Bewegungslinie als eine Abwicklung im gleichen Maßstab wie in der Darstellung

des räumlichen Analyseplans dargestellt. Im abstrahierten Diagramm ist die Bewegungslinie der echten räumlichen Situation also als x-Achse übersetzt. Darüber hinaus werden auch die entlang der Bewegungslinie auftretenden Kreuzungspunkte in das Diagramm übersetzt. Als Fixpunkte verleihen diese Achsen dem Diagramm den notwendigen Bezug zur räumlichen Situation. Sie werden daher maßstäblich übertragen, sodass die Position des Fixpunktes auf der x-Achse im Diagramm maßstäblich der echten räumlichen Position des Kreuzungspunktes auf der Bewegungslinie entspricht. Auf der y-Achse wird dann eine Skala definiert, anhand derer die Erkenntnisse aus den räumlichen Analyseplänen in das Diagramm der Abwicklung transferiert werden können. Die nach dieser Methode entstandenen Darstellungen werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit als „Stressorenabwicklungen“ bezeichnet.

#### 4.2.2.2 Stressorenmatrix

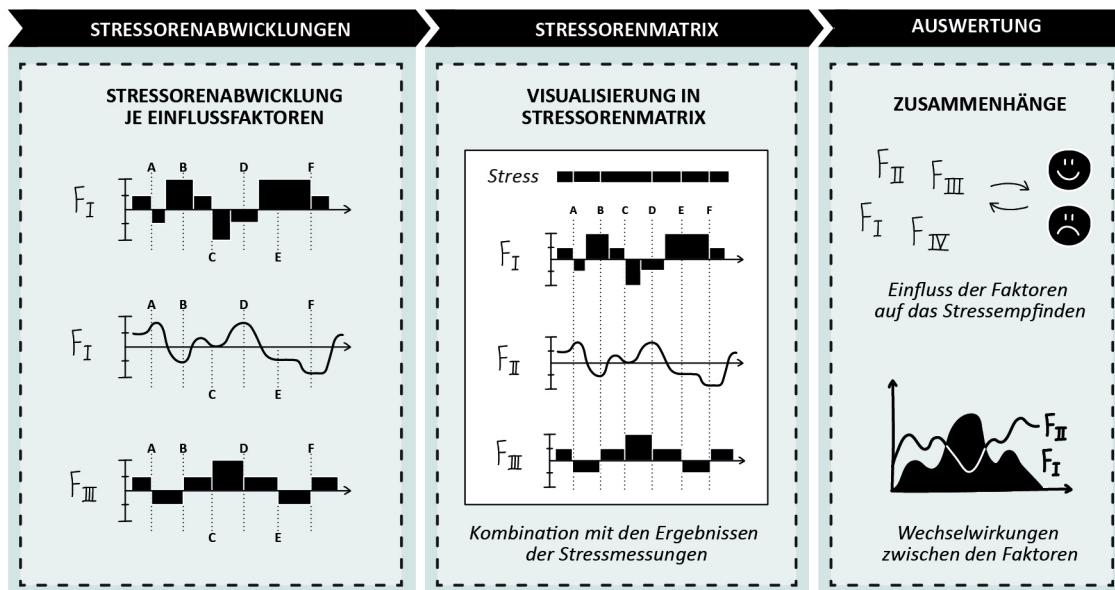


Abbildung 71: Entwicklung des Methodenbausteins „Stressorenmatrix“ (Quelle: Eigene Darstellung)

Die verschiedenen Abwicklungen, die nach der beschriebenen Methodik für jeden Unterparameter eines Einflussfaktors erstellt wurden, werden anschließend zugunsten der Übersichtlichkeit der angestellten Analysen in einer einzigen Darstellung kombiniert beziehungsweise gegebenenfalls auch reduziert. Nach diesem Arbeitsschritt steht den anschließenden Untersuchungen also für jeden der identifizierten Einflussfaktoren jeweils eine Stressorenabwicklung zur Verfügung. Um nun die Vergleichbarkeit der Analysedarstellungen zu nutzen, werden die Stressorenabwicklungen in einem nächsten Arbeitsschritt in einer Art Matrix dargestellt.

Wie in einer Tabelle belegt die Stressorenabwicklung eines jeden Einflussfaktors dabei jeweils eine Zeile der Matrix. In der obersten Zeile wird darüber hinaus der Bezug zu den Ergebnissen

der EmoCycling-Messung hergestellt. Hierzu wird die Heatmap, ähnlich wie bei der bereits erläuterten Übersetzung der räumlichen Analysepläne, ebenfalls in ein schematisches Grundgerüst übertragen. Dabei wird eine ähnliche Farbcodierung wie bei den Heatmaps verwendet und die Ballung der gemessenen Stressmomente in einer vierstufigen Farbskala dargestellt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird diese matrixartige Kombination aus den gemessenen Stressmomenten und den verschiedenen Stressorenabwicklungen als „Stressorenmatrix“ bezeichnet.

Die Stressorenmatrix bildet die Grundlage für die im Anschluss durchgeführte Auswertung. Durch diese übersichtliche, vergleichende Darstellungsform wird das Erkennen von Zusammenhängen zwischen den Untersuchungsfaktoren beziehungsweise Stress vereinfacht.

### 4.3 Testläufe

In den beiden vorangegangenen Abschnitten wurde mit der Identifikation der Einflussfaktoren, Datenquellen und Analysemethoden sowie der Entwicklung einer eigenen Übersetzungsmethodik der Grundstein für eine Weiterentwicklung der Stressorenanalyse gelegt. Um zu überprüfen, ob diese neuartige Methodik im Rahmen der geplanten Erhebungen in den Fallstudien anwendbar ist beziehungsweise inwieweit sie gegebenenfalls noch adaptiert werden muss, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit zwei Testläufe durchgeführt. Durch die Erkenntnisse der Testläufe soll es der vorliegenden Forschungsarbeit ermöglicht werden, mit einer bereits erprobten und dementsprechend optimierten Methodik in die detaillierten Untersuchungen in den Fallstudien zu starten.

Der erste Testlauf evaluiert dabei die entwickelte Methodik der Stressorenabwicklung innerhalb eines experimentellen Rahmens. Dabei erprobt der Testlauf nicht nur potenzielle Untersuchungsfaktoren für die Erhebungen, sondern insbesondere auch die grafisch-visuelle Übersetzung räumlicher Erkenntnisse. Konkret wurden hier also Vor-Ort-Analysen zu den einzelnen Stressoren durchgeführt, in räumlichen Analyseplänen dokumentiert und anschließend in die Form der Stressorenabwicklung übersetzt.

Anknüpfend an die mit dem ersten Testlauf gewonnenen Erkenntnisse wurden mithilfe eines zweiten Testlaufs daraufhin verschiedene Erhebungsansätze und Messmethoden zur Analyse urbaner Stressoren vertieft sowie zur Verfügung stehende Datenquellen evaluiert. Mit seinem besonderen Fokus auf die Integrationsmöglichkeiten frei verfügbarer Bild- und Videomaterialien in die Stressorenanalyse setzt sich dieser zweite Testlauf somit insbesondere auch mit der Sicherung der Übertragbarkeit der entwickelten Erhebungsstrategien auseinander.

Im Folgenden werden sowohl die Methode, der Ablauf und die Aufgabenstellung als auch die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den beiden Testläufen vorgestellt.

### 4.3.1 Testlauf 1: Untersuchungsfaktoren und Übersetzungsmethodik

Mit dem ersten Testlauf wurde in Hinblick auf die entwickelte Methodik das Ziel verfolgt, die entwickelten Methodenbausteine zur Übersetzung räumlicher Beobachtungen in die schematische Form der Stressorenabwicklung zu erproben. Der Testlauf bietet der hier durchgeführten Untersuchung dabei einen explorativen Rahmen, um sowohl die Untersuchungsfaktoren als auch die entwickelte Übersetzungsmethodik in einem begrenzten Zeitraum in realen Umgebungen zu erproben, zu evaluieren und schließlich entsprechend adaptieren zu können. Darüber hinaus wurde mit diesem Experiment die Absicht erklärt, den erarbeiteten Pool an Einflussfaktoren weiter eingrenzen zu können. Mithilfe dieser Eingrenzung soll es schließlich gelingen, die Untersuchungen in den Fallstudien mit einer relevanten, aber handhabbaren Größe an Untersuchungsfaktoren durchzuführen.

#### 4.3.1.1 Methode, Ablauf und Aufgabenstellung

Der erste Testlauf wurde im Frühsommer 2023 mit Studierenden des Masterstudiengangs Architektur des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) im Rahmen der Lehrveranstaltung des Forschungsstegreifs „Decoding Stress“ durchgeführt. Für die vierwöchige Bearbeitungszeit der Aufgabenstellung bildeten sich aus den 23 teilnehmenden Studierenden insgesamt 15 Forschungsgruppen, die sich entweder in Einzelarbeit mit der Analyse eines einzelnen Einflussfaktors befassten, oder in Zweierteams zusammenschlossen und sich dementsprechend der Analyse zweier Einflussfaktoren widmeten. Die Auswahl der zu analysierenden Faktoren basierte dabei auf dem bereits im Rahmen der vorliegenden Arbeit im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Pool potenzieller Einflussfaktoren (siehe Abbildung 67). Den Forschungsteams war es im Rahmen der Bearbeitung jedoch erlaubt, die gewählten Themen anhand eigener Schwerpunktsetzungen geringfügig anzupassen und zu erweitern.

Als Untersuchungsort für den Testlauf wurde das Untersuchungsgebiet um den Karlsruher Ludwigsplatz, Fallstudie K1, ausgewählt, da dort nahezu alle Einflussfaktoren aus dem vordefinierten Pool vertreten sind. Zudem gilt das Gebiet als ein beliebter Treffpunkt unter Studierenden, sodass bei allen der teilnehmenden Forschungsgruppen eine gewisse Ortskenntnis vorausgesetzt werden konnte.

Im Rahmen eines Impulsvortrags wurde dann Mitte Mai 2023 nach dem beschriebenen Setting mit dem Testlauf begonnen. Nach einer Erläuterung der Hintergründe der vorliegenden Forschungsarbeit und einer umfassenden Einführung in die Aufgabenstellung erhielten die Teilnehmenden im Rahmen des Impulsvortrags auch weiterführende Informationen zu den vorangegangenen EmoCycling-Messungen sowie den räumlichen Charakteristika des Untersuchungsgebiets. Zur

Bearbeitung wurden allen Forschungsgruppen dann sowohl CAD-Planunterlagen als auch maßstäbliche Luftbilder des Untersuchungsgebiets zur Verfügung gestellt, aus denen die Abgrenzung des Perimeters und die von Westen nach Osten führende Bewegungslinie im Gebiet hervorgeht. Als Bearbeitungsmaßstab und Detailtiefe wurde für den räumlichen Analyseplan und die Stressorenabwicklung der Maßstab 1:1.000 definiert.

Die vierwöchige Bearbeitungszeit des Testlaufs wurde in zwei Phasen gegliedert. Die ersten zwei Wochen wurden die Forschungsgruppen dazu angehalten, sich intensiv mit dem Ort zu befassen und die Beobachtungen zu ihrem gewählten Einflussfaktor sowohl fotografisch als auch in Form erster Skizzen und Mappings festzuhalten. Diese ersten Beobachtungen wurden dann zur Halbzeit des Bearbeitungszeitraums in Form eines Tischgesprächs mit jeder Gruppe diskutiert und weiterentwickelt. In der darauffolgenden zweiten Bearbeitungsphase setzten sich die Forschungsgruppen dann nochmals für zwei Wochen intensiv mit der Übersetzung ihrer Beobachtungen auseinander und erprobten die Anwendung der Analysewerkzeuge.

Die Präsentation der Ergebnisse erfolgte nach den vier Wochen Bearbeitungszeit im Rahmen eines gemeinsamen Abschlussworkshops, in dem die einzelnen Arbeiten vorgestellt und in der Gruppe diskutiert wurden. Nach einem vorgegebenen Planlayout wurden die Analysen zu jedem Einflussfaktor dabei jeweils durch eine fotografische Annäherung, einen räumlichen Analyseplan im Maßstab 1:1.000, die Stressorenabwicklung in der maßstäblichen Einteilung 1:1.000, ergänzenden Diagrammen und Skizzen in frei wählbaren Maßstäben sowie einem kurzen Erläuterungstext auf einem Plan im Format DIN A0 präsentiert. Die einheitliche Darstellung der vorgegebenen Inhalte stellte dabei die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse sicher.

#### 4.3.1.2 Ergebnisse

Nach dem beschriebenen Setting konnten insgesamt 23 Stressoren durch die 15 Forschungsgruppen auf dem Untersuchungsgebiet rund um den Karlsruher Ludwigsplatz erforscht werden. Die übergeordneten Themenfelder der analysierten Stressoren wurden dabei gleichmäßig verteilt, sodass alle sechs der im vorangegangenen Kapitel eingeführten Themengebiete des Einflussfaktoren-Pools bearbeitet wurden. Die einzelnen Arbeiten des Testlaufs wurden im Rahmen der Broschüre „Decoding Stress: Stegreif Dokumentation Sommersemester 2023“ (Haug, Zeile et al., 2023) als Forschungsbericht dokumentiert und sind dort im Detail einsehbar.

Auf zwei der Faktoren soll in diesem Abschnitt detaillierter eingegangen werden, da sie besonders anschaulich zeigen, welche Chancen sich mit der hier erstmals erprobten Methodik für die Integration weicher Faktoren in die Stressorenanalyse eröffnen. Des Weiteren wird in diesen zwei Beispielen die grafisch-visuelle Übersetzung der räumlichen Erkenntnisse demonstriert.

Zunächst soll dabei die Arbeit zum Thema „Fassadengestaltung“ behandelt werden, die in Auszügen in Abbildung 72 dargestellt ist. Im Rahmen der Analyse dieses Einflussfaktors wurden in einem ersten Schritt die zugrunde liegenden Unterparameter Fassadenöffnungen, Schaufenster, Vordächer und Beschilderung intensiv vor Ort beobachtet, aufgenommen und im räumlichen Analyseplan gemappt. In Kombination mit der fotografischen Dokumentation und der grafischen Abstraktion und Überzeichnung des Parameters Beschilderung entsteht mit dieser Arbeit nicht nur ein sehr plastischer Eindruck über die prägendsten Elemente der Fassadengestaltungen rund um den Ludwigsplatz. Es werden darüber hinaus auch einige interessante Abhängigkeiten und Querbeziehungen verdeutlicht. Zum einen konnten beispielsweise die Vordächer und ausgeklappten Markisen der Ladengeschäfte als raumstrukturierende Elemente identifiziert werden, die auf eine indirekte Weise Bereiche für den Fußverkehr markieren. Bei entsprechenden Witterungsverhältnissen, wie zum Beispiel Regen oder Hitze, bieten diese Elemente Zufußgehenden Schutz und bewirken eine intuitive Aufteilung des Straßenraums in eine Zone für Zufußgehende in den Seitenbereichen sowie eine Mittelzone für den Radverkehr. Eine weitere Querbeziehung konstatiert die Arbeit hinsichtlich der verschiedenen Symboldichten, die sich zum Beispiel anhand von Aufstellern, Leuchtreklamen und Werbetafeln innerhalb des Stadtraums manifestieren und sich räumlich oftmals massiv in den Vorzonen ausbreiten. Diesbezüglich konnte jedoch nicht nur der naheliegende Ablenkungsfaktor auf Radfahrende beobachtet werden, sondern vor allem auch eine Veränderung des Bewegungsmusters der Zufußgehenden. Durch die Aufsteller veränderten viele Passanten plötzlich ihre Bewegungsrichtung und kreuzten die Bewegungslinie der Radfahrenden, wodurch an Punkten mit hohen Symboldichten auch eine Häufung von Beinaheunfällen beobachtet werden konnte.

Eine weitere Arbeit, die sich von großem Interesse für das Studiendesign der geplanten Erhebungen herausstellt, wird in Abbildung 73 gezeigt und behandelt das Thema „Gerüche“ und deren Einfluss auf die subjektive Stadtwahrnehmung. Der räumliche Analyseplan beschäftigt sich hier vor allem mit den verschiedenen Geruchsquellen und Geruchsarten sowie deren Ausbreitung und Vermischung innerhalb des Untersuchungsgebiets. Dieses sensuelle Mapping wird dabei sehr dreidimensional von der fotografischen Dokumentation der Geruchsquellen unterstützt. Einen besonders wertvollen Ansatzpunkt stellt bei diesem Thema vor allem aber die Darstellung in der Stressorenabwicklung dar, die nicht nur die verschiedenen Geruchsarten dokumentiert, sondern auch die mit diesen Gerüchen verbundene positive oder negative Assoziation der Bearbeiter:innen in die Analyse miteinbezieht. Damit wird also nicht nur der zu analysierende Einflussfaktor gemappt oder überzeichnet, sondern auch das wahrnehmende Subjekt – in diesem Fall sind das die sich durch den Stadtraum bewegenden und emotional auf ihre Umgebung reagierenden Radfahrenden – in der Analyse berücksichtigt.

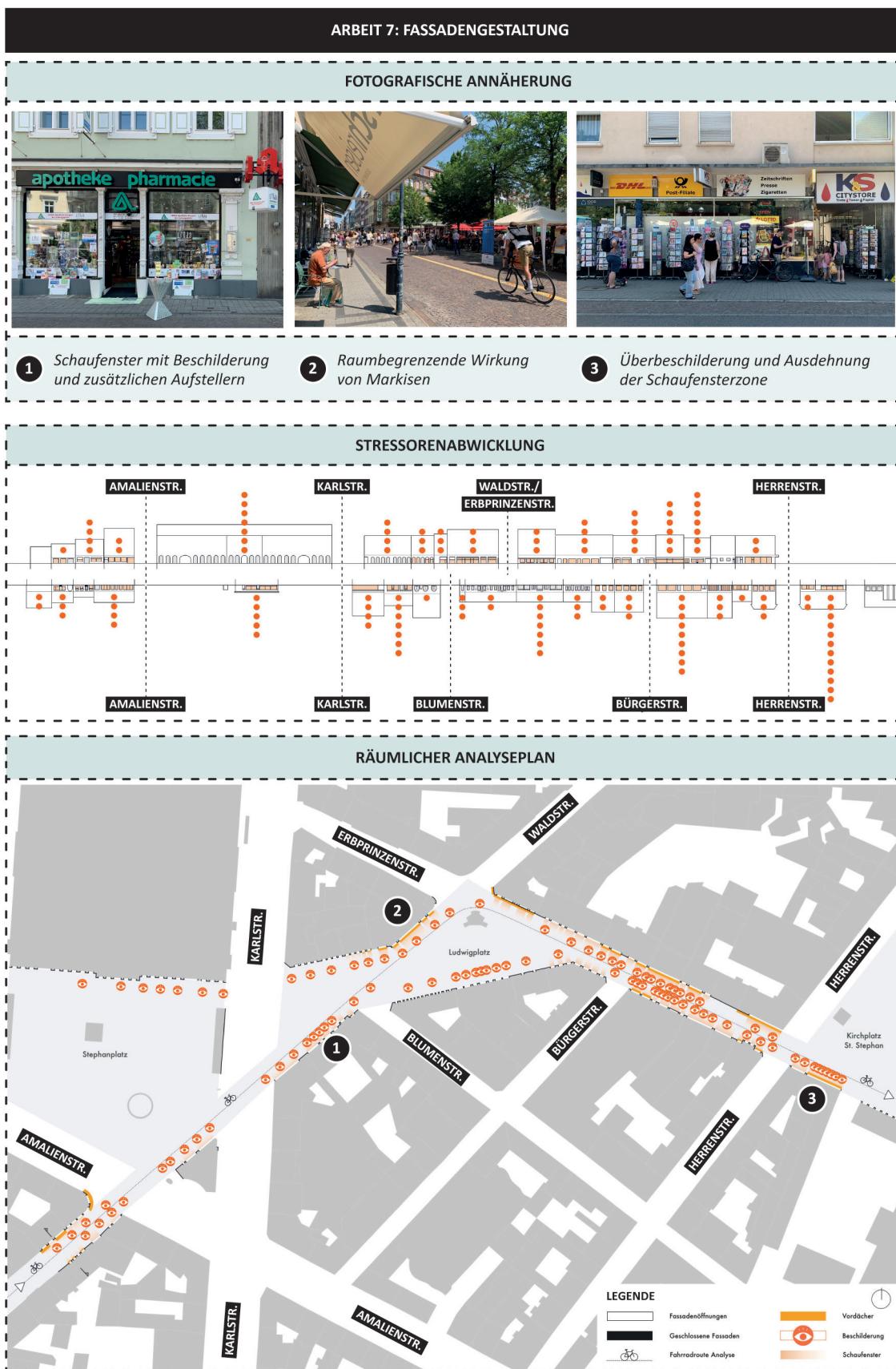


Abbildung 72: Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 7 zum Thema Fassadengestaltung von Engelmann & Römersperger (Quelle: Eigene Darstellung nach Haug, Zeile et al., 2023)

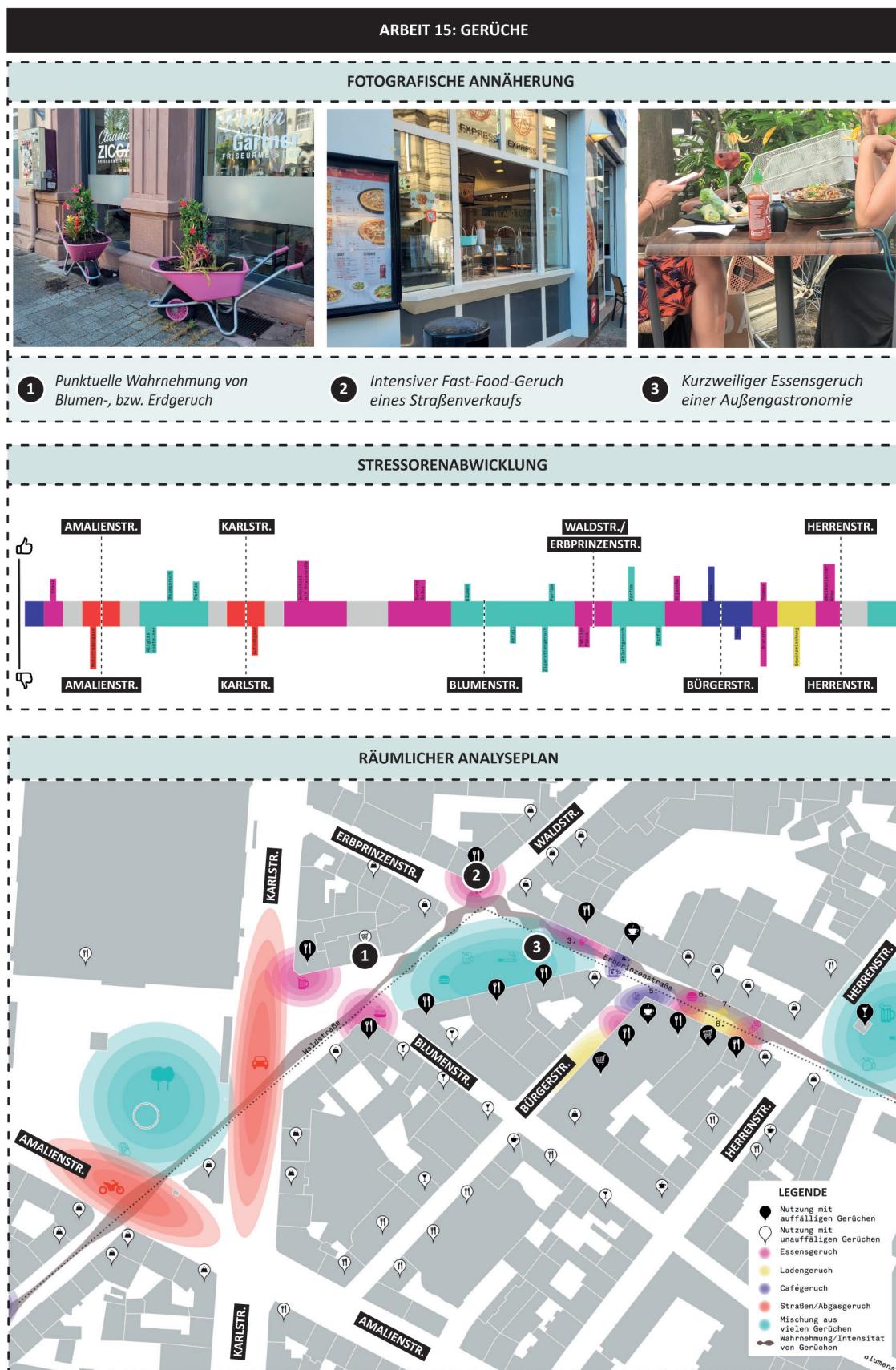


Abbildung 73: Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 15 zum Thema Gerüche von Montnacher & Klein (Quelle: Eigene Darstellung nach Haug, Zeile et al., 2023)

### 4.3.2 Testlauf 2: Erhebungsansätze und Datengrundlagen

Mit dem zweiten Testlauf wurden verschiedene Erhebungs- und Messmethoden zur Analyse urbaner Stressoren untersucht sowie die zur Verfügung stehenden Datengrundlagen evaluiert. Mithilfe dieser Annäherung soll es schließlich gelingen, die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Erhebungsmethoden bewerten zu können und etwaige Kombinationsmöglichkeiten zu prüfen. In diesem Kontext werden darüber hinaus auch die Integrationsmöglichkeiten von Bilddaten in die Stressorenanalyse, wie zum Beispiel Luftbild- und Videoanalysen, geprüft.

#### 4.3.2.1 Methode, Ablauf und Aufgabenstellung

Der zweite Testlauf wurde im Herbst/Winter 2023/24 mit Studierenden des Bachelor- und Masterstudiengangs Architektur am KIT im Kontext der Lehrveranstaltung „Emotionen auf der Spur“ durchgeführt. Aus den 24 teilnehmenden Studierenden wurden insgesamt 9 Forschungsgruppen gebildet, die sich jeweils aus zwei bis drei Studierenden zusammensetzten. Die Gruppen beschäftigten sich im Rahmen des Forschungsseminars für ein Semester, also von Oktober 2023 bis Februar 2024, mit der Analyse eines ausgewählten Untersuchungsfaktors.

Als Basis für die Auswahl der Untersuchungsfaktoren dienten dabei erneut der Pool potenzieller Einflussfaktoren (siehe Abbildung 67) sowie die Ergebnisse des ersten Testlaufs. Auch hier war es den Gruppen jedoch erlaubt, die gewählten Themen anhand eigener Schwerpunktsetzungen anzupassen und zu erweitern. Im Rahmen der Analyse ihres spezifischen Untersuchungsfaktors entwickelten die Forschungsgruppen im Laufe des Semesters damit eigene Erhebungsstrategien und erprobten im Zuge ihres Forschungsdesigns den Einsatz verschiedener Messmethoden und Datengrundlagen.

Zur Bearbeitung wurden alle Forschungsgruppen, wie auch im ersten Testlauf, mit CAD-Planunterlagen und maßstäblichen Luftbildern der Untersuchungsgebiete versorgt. Als Untersuchungsorte dienten den Forschungsgruppen jedoch nun alle vier Fallstudien, also K1 und K2 in Karlsruhe und O1 und O2 in Osnabrück. Der Bearbeitungsschwerpunkt lag aufgrund der räumlichen Nähe zu Karlsruhe auf den Fallstudien K1 und K2. Da im Rahmen der Lehrveranstaltung keine Exkursion nach Osnabrück möglich war, dienten die beiden Fallstudien in Osnabrück hauptsächlich dazu, aus den vor Ort in Karlsruhe entwickelten Erhebungsansätzen eine Strategie hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ansätze zu erarbeiten. Nach einer Einführung in die Thematik beschäftigten sich die Forschungsgruppen in der ersten Arbeitsphase zunächst anhand einer kurzen „Blitzanalyse“ in allen vier Fallstudien mit ihrem Untersuchungsfaktor. Diese erste Annäherung diente hauptsächlich der Evaluation der Datengrundlage und der räumlichen Situation. Die Grundlage hierfür bildeten Luftbilder, Videomaterial und frei verfügbare OpenStreetMap-Datensätze.

Anschließend recherchierten die Forschungsgruppen in der zweiten Arbeitsphase verschiedene Erhebungs-, Mess- und Dokumentationsansätze und entwickelten daraus jeweils eine eigene Erhebungsstrategie für ihren Untersuchungsfaktor. Zusätzlich recherchierten die Gruppen den Stand der Forschung und arbeiteten sich in themenspezifische Normen und Richtlinien ein.

In der dritten Arbeitsphase im November 2023 wurden die Analysemethoden dann in den Fallstudien K1 und K2 in iterativen Schleifen erprobt. Dabei führten die Forschungsgruppen jeweils mehrere Vor-Ort-Begehungen und Messreihen durch. Die entwickelten Erhebungsstrategien der Gruppen reichten diesbezüglich von fotografischen Analysen bis hin zu sensorischen Messungen. Die Gruppen wurden im Rahmen ihrer Methodenevaluation insbesondere dazu angehalten, auch Fehlversuche, Schwachstellen und weiteren Forschungsbedarf zu dokumentieren.

Aus diesen Erkenntnissen der Untersuchungen in Karlsruhe wurden dann im Januar 2024 in einer letzten Arbeitsphase adäquate Strategien für die hypothetische Erhebung in Osnabrück abgeleitet. Hier wurde das Ziel verfolgt, eine Übertragbarkeit der entwickelten Methode zu gewährleisten und insbesondere auch die Einsatzmöglichkeiten von Open Data zu ergründen.

Die Forschungsarbeiten wurden schließlich in Form eines Forschungsberichts dokumentiert, in dem jede Gruppe ein Kapitel zu ihrem Untersuchungsfaktor anfertigte. Die Ergebnisse wurden im März 2024 im Rahmen eines Abschlussworkshops präsentiert und gemeinsam diskutiert.

#### **4.3.2.2 Ergebnisse**

Die Ergebnisse des zweiten Testlaufs wurden in der Broschüre „Emotionen auf der Spur – Eine urbane Suche nach Stressoren beim Radfahren und Zufußgehen“ (Haug et al., 2024) dokumentiert. Hier können die Arbeiten der einzelnen Forschungsgruppen detailliert eingesehen werden. Auf zwei der Arbeiten soll im Folgenden jedoch detaillierter eingegangen werden, da sie grundlegende Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der vorgestellten Methode liefern. Bei dieser Kurzvorstellung wird jeweils auf das Untersuchungsthema, die Methodik und die Ergebnisse eingegangen und die wichtigsten Grafiken in einer Übersichtsgrafik visualisiert.

In diesem Kontext soll zunächst die Arbeit Nummer 2 behandelt werden, die den Zusammenhang zwischen Erschütterung, Oberflächenqualität und Stress untersucht. Die Arbeit setzt einen klaren methodischen Schwerpunkt auf die Anwendung und Evaluation verschiedener Messverfahren. Dabei werden insbesondere die Kombinationsmöglichkeiten detaillierter Stressoren-Messungen mit Emotion-Sensing-Messdaten reflektiert. Die wichtigsten Methodenbausteine und Ergebniskarten sind in Abbildung 74 zu sehen. Als Grundlage wurden im Rahmen der Forschungsarbeit zunächst anhand von Luftbildern und Vor-Ort- beziehungsweise Remote-Begehungen detaillierte Bodenflächenkarten erstellt. Die Karte zeigt diesbezüglich die verschiedenen Boden-

materialien der untersuchten Stadträume und klassifiziert ihre Beschaffenheiten hinsichtlich der Erschütterung für Radfahrende in „unebene“ beziehungsweise „ebene“ Bodenflächen. In einem nächsten Schritt wurden daraufhin in den beiden Untersuchungsgebieten in Karlsruhe mehrere Messreihen durchgeführt. Bei diesen Erhebungen wurde jeweils sowohl die Erschütterung über ein am Fahrrad fest montiertes Smartphone mit dem Programm „Phyphox“ gemessen als auch parallel neue Stressmessungen mithilfe des Sensorarmbands Empatica E4 durchgeführt.

Die Parallelität dieser Messungen stellt einen zentralen Punkt dieser Forschungsmethodik dar, da nur durch die Gleichzeitigkeit belastbare Rückschlüsse über die Korrelation zwischen der Erschütterung und den gemessenen Stressmomenten abgeleitet werden können. Die ausgewerteten Erschütterungsmessungen wurden dann sowohl als Einzelpunkte als auch als Heatmap dargestellt und grafisch mit den Hochpunkten der Stressmessungen überlagert. Trotz der teilweise ähnlichen Ausprägung der Hochpunkte gelangt die Arbeit jedoch zu der Erkenntnis, dass anhand der durchgeführten Messreihen keine belastbare Korrelation nachgewiesen werden kann. In diesem Zusammenhang reflektiert die Arbeit darüber hinaus kritisch ihr eigenes Setting und kommt zu dem Schluss, dass eine isolierte Messung einzelner Faktoren immer auch ein Ausblenden jeglicher anderer Einfluss nehmender Umweltfaktoren bedeutet. Denn selbst bei deckungsgleichen Messpunkten der Erschütterungs- und Stressmessung kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass der gemessene Stressmoment durch die hohe Erschütterung verursacht wurde. Schließlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass das erhöhte Stressempfinden durch einen anderen, nicht gemessenen Faktor begründet ist.

Die Forschungsarbeit Nummer 9 beschäftigt sich mit dem tatsächlich zur Verfügung stehenden Bewegungsraum innerhalb von Stadträumen. In diesem Kontext legt die Arbeit inhaltlich ihren Fokus auf die Beziehung zwischen räumlichen Engstellen und dem Empfinden von Stress. Dabei wird zwischen dem „Brutto-Stadtraum“, also dem theoretisch zur Verfügung stehenden Raum von einer Gebäudekante zur gegenüberliegenden, und dem „Netto-Bewegungsraum“, also dem nach Abzug von beispielsweise Vorzonennutzungen oder Bepflanzungen verbleibenden, tatsächlich zur Verfügung stehenden Bewegungsraum, unterschieden. Methodisch stützt sich der Forschungsansatz hierbei auf die Auswertung von Bildmaterialien in Form von Straßenansichten und Luftbildern. Durch die Kategorisierung und die entsprechende farbliche Markierung im Bildmaterial wird mit der Methode ein visueller Analyseansatz erprobt. Die Vorgehensweise inklusive der definierten Kategorien sowie eine beispielhafte Ergebniskarte ist in Abbildung 75 zu sehen. In der kritischen Reflektion kristallisierte sich vor allem die hohe Übertragbarkeit der Methode auf andere Stadträume als ein Vorteil heraus, da die zugrunde liegenden Bildmaterialien meist frei verfügbar sind. Dabei ist es allerdings wichtig, die Kategorien und Parameter im Sinne einer Auswertungssystematik im Vorfeld genau festzulegen.

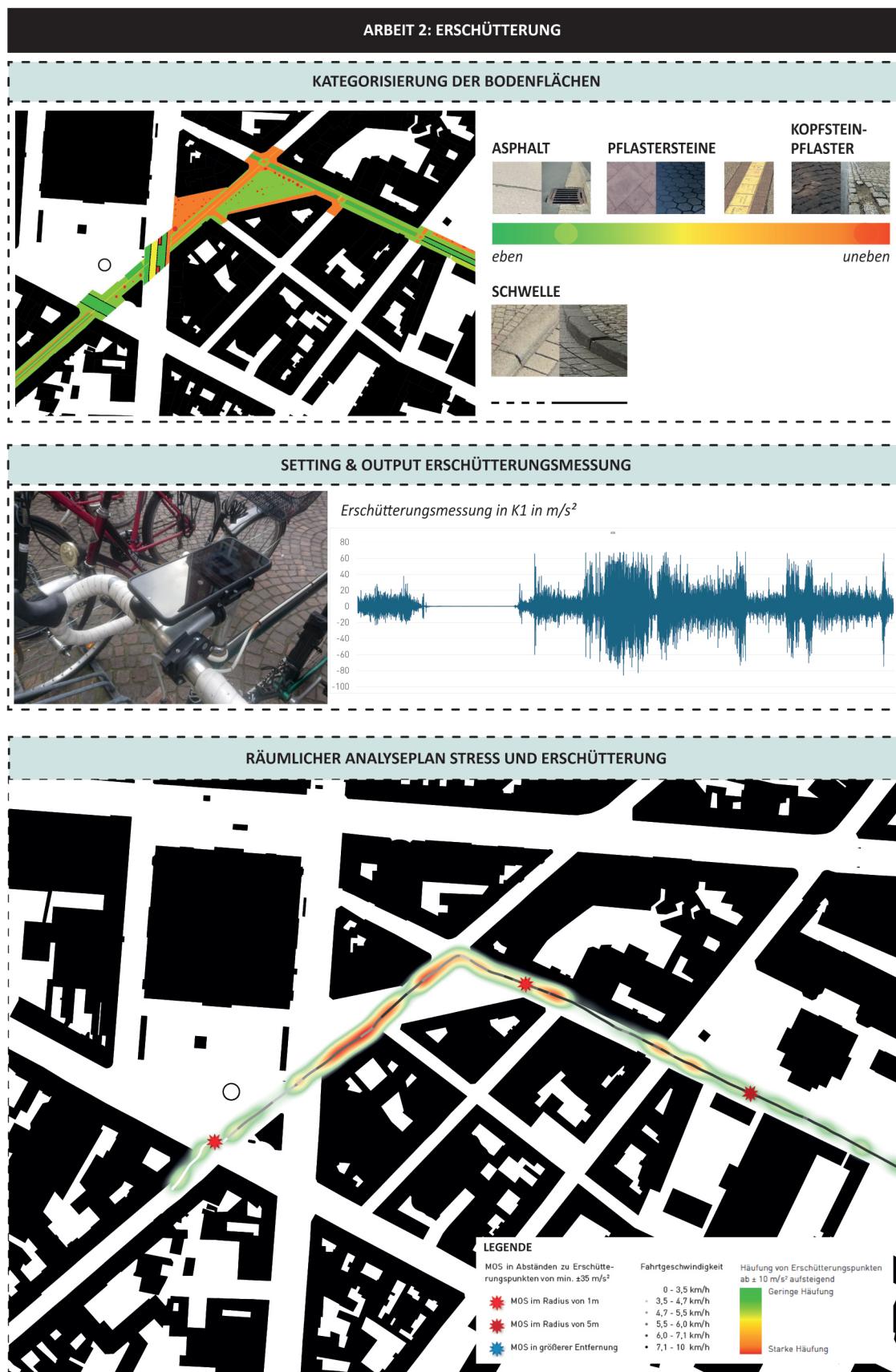
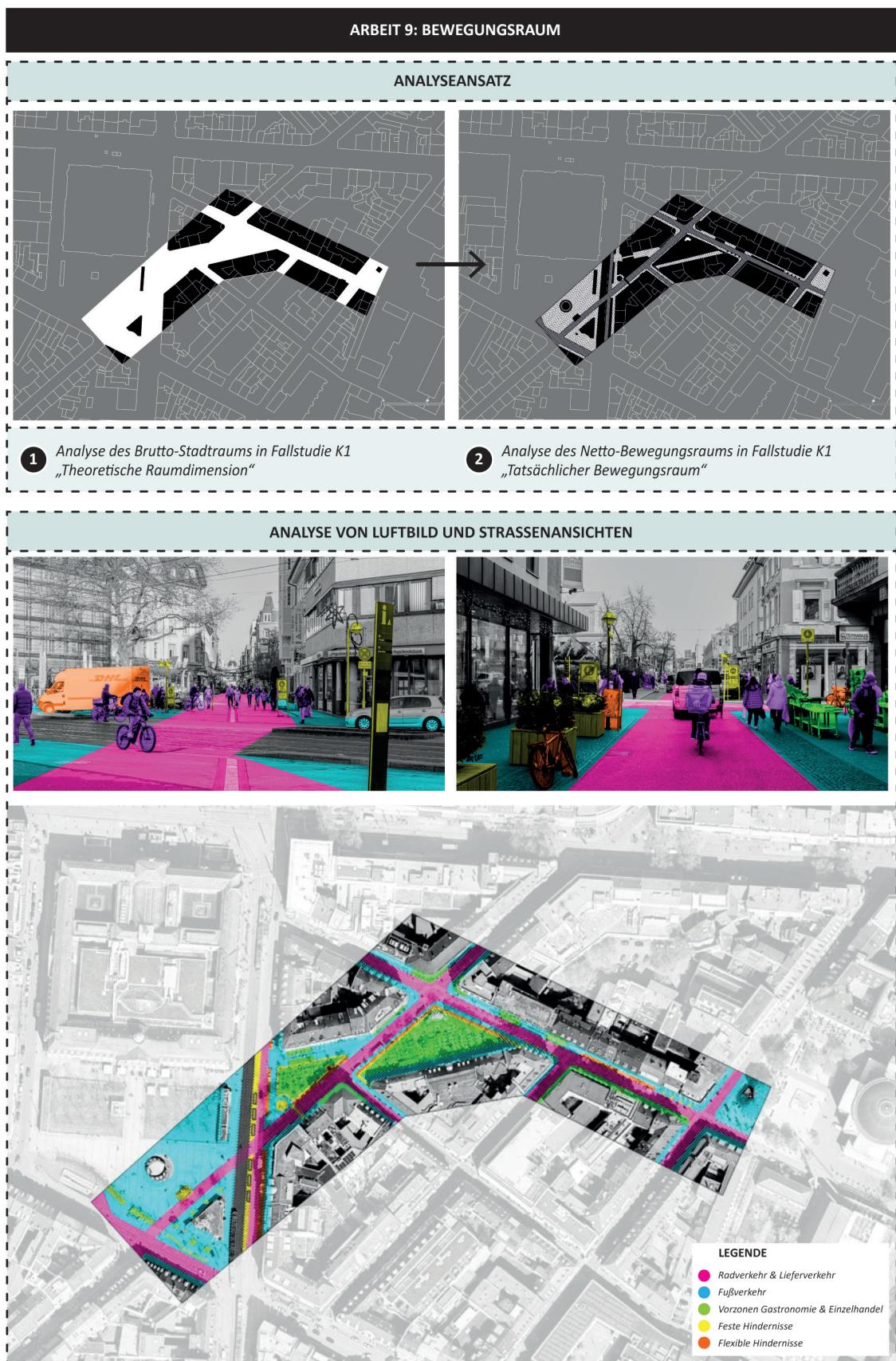


Abbildung 74: Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 2 zum Thema Erschütterung von Mannherz, Markus & Dupont (Quelle: Eigene Darstellung nach Haug et al., 2024)



*Abbildung 75: Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 9 zum Thema Bewegungsraum von Hirschmann & Bichel  
(Quelle: Eigene Darstellung nach Haug et al., 2024)*

### 4.3.3 Erkenntnisse für die Erhebungen

Im folgenden Abschnitt soll nun explizit auf die Erkenntnisse eingegangen werden, die aus den beiden Testläufen sowohl inhaltlich als auch methodisch für den Aufbau der geplanten Erhebungen gewonnen werden konnten.

#### **Eingrenzen und Verdichten der Untersuchungsfaktoren**

Nach Beendigung des ersten Testlaufs wurden die einzelnen Analysethemen zunächst gegenübergestellt und intensiv hinsichtlich ihres Beitrags für die Stressorenanalyse in dichten Städträumen diskutiert. Im Rahmen dieses direkten Vergleichs konnten die insgesamt 36 mit dem Testlauf analysierten Einflussfaktoren schließlich so miteinander kombiniert und eingegrenzt werden, dass der Untersuchungsgegenstand auf zwölf Einflussfaktoren verdichtet wurde. In diesem Kontext werden beispielsweise die vier Arbeiten zum Themenbereich der Bodenflächen, die sich mitunter dessen Beschaffenheit, Qualität und Versiegelung widmeten, zum Analysethema „Bodenbelag: Qualität & Materialität“ zusammengeführt. Die Definition dieser zwölf Untersuchungsfaktoren inklusive ihrer Unterparameter wird im nächsten Kapitel vorgestellt.

#### **Gleichwertiges Berücksichtigen der faktenbasierten und subjektiven Dimension**

Als eine weitere wichtige Erkenntnis kristallisierte sich als Fazit des ersten Testlaufs heraus, welcher große Mehrwert für die Stressorenanalyse mit der Integration der subjektiven Wahrnehmung in die Stressorenabwicklung erzielt werden kann. Da sich die Arbeit explizit dem Zusammenhang zwischen Bewegung, Stadtwahrnehmungen und subjektiven Emotionen verschreibt, erscheint es essenziell, dass im Rahmen der Erhebungen nicht nur der faktenbasierten Dimension, sondern auch der subjektiven Dimension sowie insbesondere dem Zusammenspiel dieser beiden Dimensionen ein Einzug in die Stressorenanalyse gewährt wird.

Die subjektive Dimension eines Stressfaktors kann dabei beispielsweise durch die Bewertung der Wahrnehmung des Untersuchungsfaktors anhand definierter Kategorien in die Abwicklung integriert werden. Zwar spielt diese subjektive Komponente nicht bei allen Faktoren eine Rolle, doch konnte hier speziell für die Analyse der Faktoren aus dem Themenbereich „sensuelle Faktoren“ ein ersichtlicher Mehrwert beobachtet werden. Es ist dabei jedoch von großer Bedeutung, dass die Analyse der subjektiven Komponente sowohl inhaltlich bei den Erkundungsgängen als auch in der späteren Ergebnisvisualisierung klar von den datenbasiert erhobenen Komponenten separiert behandelt wird. Erst durch die Zusammenführung der beiden Dimensionen in der Stressorenabwicklung erfolgt schließlich die Rückkopplung und der Vergleich zwischen der subjektiven und der faktenbasierten Dimension. In der Stressorenabwicklung wird formal dann in einer Zeile die subjektive Wahrnehmung und in einer anderen Zeile die datenbasierte Analyse des Einflussfaktors dargestellt.

### **Adaptieren und Differenzieren der Stressorenabwicklungen**

Ebenfalls stellte sich im Rahmen des ersten Testlaufs heraus, dass die Straßenseiten eines Untersuchungsraums, die sich links und rechts der definierten Bewegungslinie befinden, teilweise sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Diese Unterschiedlichkeit spielt für die Analyse einiger Untersuchungsfaktoren eine wichtige Rolle, weshalb bereits im Zuge des Testlaufs bei einigen Stressorenabwicklungen in eine linke und rechte Straßenseite differenziert wurde. Beispielsweise erwies sich diese Unterscheidung insbesondere bei den analysierten Einflussfaktoren aus dem Themenbereich „bauliche Faktoren“ als sinnvoll.

Für die geplanten Erhebungen wird im Vorfeld deshalb noch einmal geprüft werden, bei welchen Untersuchungsfaktoren eine solche Unterscheidung sinnvoll erscheint und die Darstellung in der Stressorenabwicklung dementsprechend adaptiert wird.

### **Eingeschränkte Verwendbarkeit detaillierter Messreihen für die retrospektive Ursachenforschung**

Als eine weitere Erkenntnis für die geplanten Erhebungen kristallisierte sich aus dem zweiten Testlauf heraus, dass detaillierte Messungen einzelner Stressoren im Idealfall immer gleichzeitig mit den Stressmessungen durchgeführt werden sollten. Denn bei einem Großteil der analysierten Einflussfaktoren variieren die Messergebnisse enorm, wenn diese zum Beispiel mit einer anderen Bewegungslinie, zu einer anderen Tageszeit oder auch bei anderen Witterungsbedingungen aufgenommen wurden.

Deshalb können nur dann belastbare Aussagen über die Korrelation einzelner Untersuchungsfaktoren und dem Erlebnis von Stress abgeleitet werden, wenn die beiden Messgrößen simultan erhoben werden. Für das hier verfolgte Ziel der retrospektiven Ursachenforschung können detaillierte Messungen deshalb nur sehr eingeschränkt zum Einsatz kommen.

### **Priorität der Vollständigkeit und Nachrangigkeit der Detailtiefe**

Jedoch gelangt die vorliegende Arbeit darüber hinaus zu der Erkenntnis, dass sich mit der detaillierten Betrachtung von Einzelfaktoren selbst unter der Voraussetzung der Gleichzeitigkeit nur sehr eingeschränkte Rückschlüsse auf die Ursachen des Stressemfindens im urbanen Kontext ziehen lassen. Denn selbst eine hochdetaillierte Erhebung von Einzelfaktoren kann immer lediglich ein sehr fragmentarisches Bild der erlebten Situation liefern.

Für die gemeinsame Auswertung der einzelnen Messergebnisse mit den Ergebnissen der Stressmessungen birgt dieser Umstand deshalb die große Gefahr von zu schnellen Schlussfolgerungen und der Ableitung falscher Korrelationen. Auch unter idealen Messbedingungen wird die detaillierte Erhebung von Einzelfaktoren der Vielschichtigkeit und Komplexität urbaner Stadt-

räume im Rahmen der vorliegenden Aufgabenstellung deshalb nicht gerecht werden können. Es ist aus diesem Grund kein Anspruch dieser Forschung, einzelne Teilespekte so detailliert wie möglich abzubilden und mit Messreihen zu untermauern. Der Anspruch der vorliegenden Arbeit liegt im Gegensatz dazu in der sehr breit gefächerten Auswahl an Untersuchungsfaktoren, um vorrangig ein möglichst vollständiges Bild dichter Stadträume erheben zu können.

Für die geplanten retrospektiven Erhebungen der einzelnen Stressfaktoren wird daher eine möglichst gleichwertige Detailtiefe angestrebt, ohne jedoch detaillierte Messreihen vorzunehmen. Um vorschnelle Schlussfolgerungen zu vermeiden, sollen die Teilergebnisse der Einzel-erhebungen daraufhin auch erst in der darauffolgenden Auswertung mit den Ergebnissen der Stressmessungen in Beziehung gesetzt werden.

### **Potenzial der Analyse von (Bild-)Datengrundlagen**

Als eine letzte wichtige Erkenntnis für die Erhebungen konnte angesichts des zweiten Testlaufs festgestellt werden, welches große Potenzial die Auswertung von räumlichen Bilddaten für die Stressorenanalyse darstellt. Insbesondere durch die kombinierte Auswertung von Luftbildern und Fotos beziehungsweise Videos der entsprechenden Straßenansichten konnte für die meisten der hier analysierten Untersuchungsthemen ein sehr vollständiges Bild der stadtäumlichen Situation erlangt werden. Ausgenommen sind dabei jedoch insbesondere sensuelle Faktoren, die zum Beispiel den Geruch und die Geräusche innerhalb eines Stadtraums betreffen.

Darüber hinaus wird durch die weitestgehend freie Verfügbarkeit von Bilddaten eine hohe Übertragbarkeit der Vorgehensweise auf andere räumliche Situationen gewährleistet. In diesem Zusammenhang erweist sich zur Auswertung von Luftbildern vor allem das Plugin „HCMGIS“ (QGIS Python Plugins Repository et al., n.d.) des GIS-Programms QGIS als hilfreich, mithilfe dessen auf maßstäbliche Kartenmaterialien zum Beispiel des Anbieters Google Maps zurückgegriffen werden kann.

Für die Auswertung von Straßenansichten liefert darüber hinaus die „Umsehen“-Funktion des Anbieters „Apple Karten“ sehr vollständige und dreidimensionale Bilddaten für die meisten deutschen Städte. Ähnliches gilt auch für die noch relativ neue Plattform „Mapillary“ (Mapillary, 2024), die als offene Plattform georeferenzierte Bilddaten von Usern bereitstellt. Mit dem Testlauf konnte vor diesem Hintergrund bestätigt werden, dass mit der Analyse von Bilddaten im Rahmen von Fernerkundungen beziehungsweise „Remote“-Analysen durchaus sehr anschlussfähige Ergebnisse generiert werden können.



#### 4.4 Zusammenfassung Kapitel 4

In Kapitel 4 nähert sich die vorliegende Forschungsarbeit zunächst potenziellen Untersuchungsfaktoren an und untersucht die jeweiligen Datengrundlagen und Erhebungsmethoden. Daran anschließend werden in diesem Kapitel die verschiedenen Bausteine der Methodik zur „Stadtraumdiagnostik“ entwickelt und in zwei experimentellen Testläufen erprobt.

Der erste Teil des Kapitels leitet auf Grundlage sowohl bestehender Ansätze aus der Verkehrs- und Stadtforschung, den durchgeführten Vor-Ort-Begehungen der Fallstudien sowie den erstellten Stadtprofilen einen ersten Auswahl-Pool möglicher Untersuchungsfaktoren her. Innerhalb dieser ersten Sammlung werden insgesamt 36 potenzielle Einflussfaktoren als Untersuchungsgegenstand für die Stressorenanalyse aufgelistet, die ein breites Spektrum von „harten“ und „weichen“ Faktoren repräsentieren. Die Faktoren werden dabei in die sechs Themengebiete „bauliche“, „freiraumspezifische“, „gestalterische“, „verkehrsspezifische“, „bewegungsspezifische“ und „sensuelle“ Einflussfaktoren kategorisiert. Aufbauend auf dem Auswahl-Pool nähert sich die Arbeit daraufhin den jeweiligen (und sehr unterschiedlichen) Datengrundlagen an und leitet beispielhaft für einige der Faktoren eine erste Datenerhebungsstrategie ab. Mit dieser Skizze wird ersichtlich, welche Geodaten und Bildmaterialien für welche Analysen zur Verfügung stehen, welche Faktoren sich mithilfe von Vor-Ort-Mappings erfassen lassen und in welchen Fällen eine Kombination sinnvoll erscheint. Die Arbeit verfolgt damit das Ziel, die untersuchten Faktoren in eine quantifizierbare, vergleichbare Form zu transferieren.

Im zweiten Teil des Kapitels werden dann die Methodenbausteine für die geplante Ursachenforschung in den Fallstudien entwickelt. Mit der „Stressorenabwicklung“ skizziert die Arbeit damit eine Methodik, mithilfe derer konkrete räumliche Situationen in eine abstrahierte, vergleichbare Form übersetzt werden können. Mit der Bewegungslinie als x-Achse und dem Eintrag der verschiedenen Ausprägungen des untersuchten Faktors in y-Richtung entsteht eine Art Koordinatensystem, das für die Analyse aller Untersuchungsfaktoren gleichermaßen anwendbar ist. Die einzelnen Abwicklungen werden dann in der „Stressorenmatrix“ zu einer Art Matrix kombiniert und mit den Ergebnissen der Stressmessungen in Beziehung gesetzt. Aus dieser Gesamtübersicht können schließlich im Rahmen des Auswertungsprozesses Zusammenhänge zwischen den Faktoren beziehungsweise Stress untersucht werden.

Im dritten Teil des Kapitels werden die vorläufigen Untersuchungsfaktoren, die Methodenbausteine und die erarbeiteten Ansätze zur Datenerhebung im Rahmen von zwei experimentellen Testläufen überprüft. Die gewonnenen Erkenntnisse und Anpassungen bilden schließlich die Grundlage für den konkreten Aufbau und die Durchführung der Fallstudienuntersuchungen.



# 05

## KAPITEL 5

---

# ANALYSIEREN & AUSWERTEN

## ERHEBUNGEN IN DEN VIER FALLSTUDIEN

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 146 | 5.1 EINLEITUNG IN DIE FALLSTUDIEN

S. 155 | 5.2 ERHEBUNGEN IN DEN FALLSTUDIEN

S. 188 | 5.3 GESAMTAUSWERTUNG UND HYPOTHESEN

S. 203 | 5.4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 5

## 5.1 Einleitung in die Fallstudien

Im folgenden Kapitel soll der skizzierte Methodenansatz nun anhand der Erhebungen in den Fallstudien an realen Beispielen erprobt werden. Vor diesem Hintergrund wird zunächst der finale Aufbau und die Durchführung der Erhebungen in den Fallstudien geklärt, der im vorherigen Kapitel skizziert und mit den Testläufen evaluiert wurde.

### 5.1.1 Aufbau und Durchführung der Erhebungen

Zugunsten eines besseren Überblicks sollen im Folgenden die wichtigsten Eckpunkte zum Aufbau der Erhebungen zusammengefasst werden.

#### Untersuchungsfaktoren

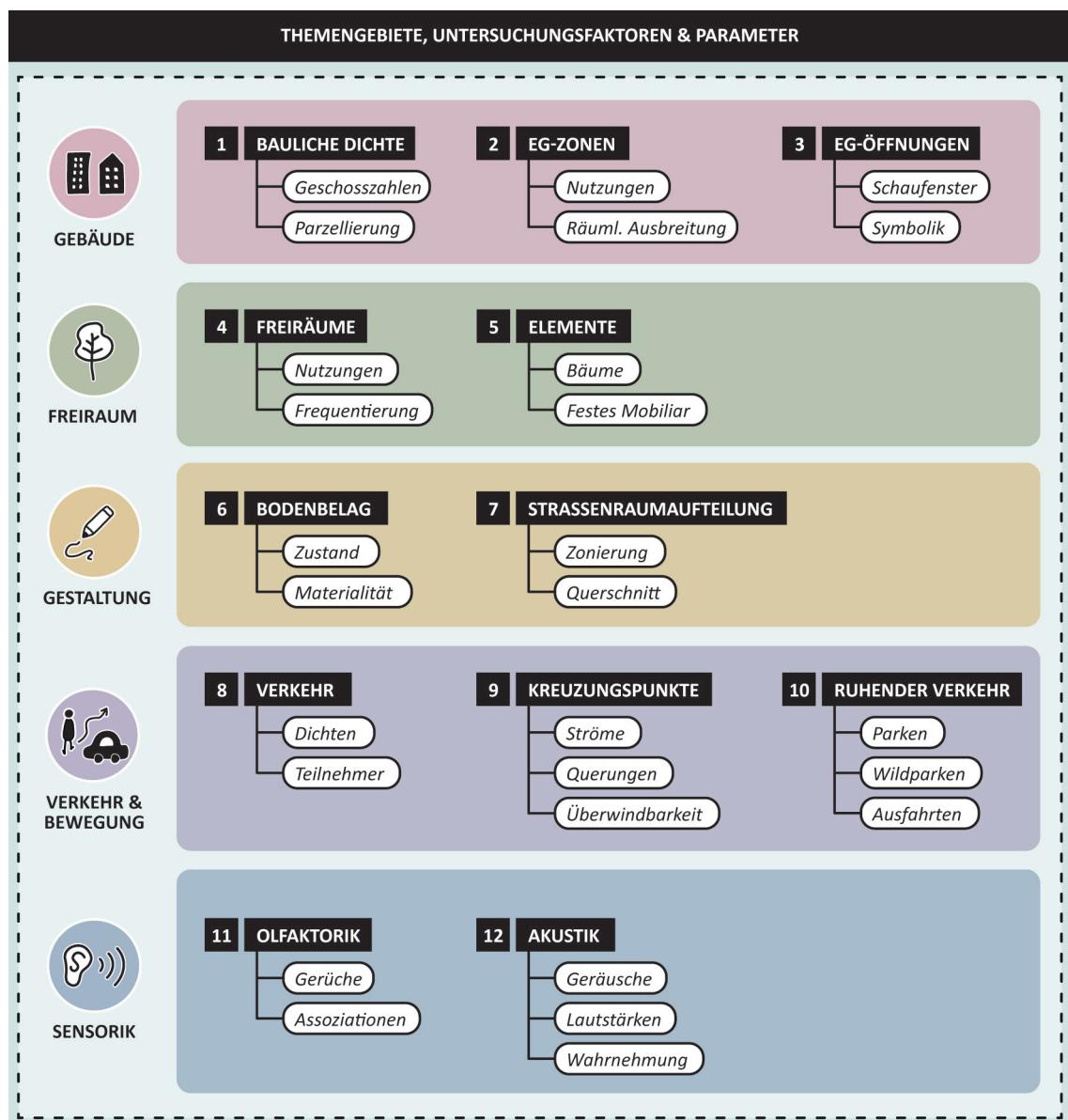


Abbildung 77: Definition der Themengebiete, Untersuchungsfaktoren und Parameter  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Auf Basis des ersten Einflussfaktoren-Pools (siehe Kapitel 4.1.1) und den Erkenntnissen aus den Testläufen kann der Untersuchungsgegenstand auf insgesamt zwölf Faktoren eingegrenzt werden. Die abschließende Definition der Untersuchungsfaktoren für die Fallstudienuntersuchungen und ihrer zugehörigen Unterparameter sind Abbildung 77 zu entnehmen.

Durch die Zusammenfassung der beiden Themengebiete „Verkehr“ und „Bewegung“ werden die Untersuchungsfaktoren nunmehr lediglich fünf unterschiedlichen Themengebieten zugeordnet. Diese Themengebiete werden schließlich wie folgt definiert: „Gebäude“, „Freiraum“, „Gestaltung“, „Verkehr und Bewegung“ und „Sensorik“.

### **Untersuchungsgebiete**

Die vier Fallstudien K1, K2, O1 und O2 wurden in Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 erarbeitet und befinden sich jeweils im dichten Innenstadtbereich der beiden ausgewählten Untersuchungsstädte Karlsruhe und Osnabrück.

Die exakte Abgrenzung der Untersuchungsperimeter sowie die festgelegten Bewegungslinien sind in den Abbildungen 57, 59, 62 und 64 dargestellt. Hinsichtlich der Länge der untersuchten Bewegungslinien wurde darauf geachtet, ein vergleichbares Maß zu definieren. Die Längen der Bewegungslinien umfassen deshalb jeweils eine Strecke von circa 380 bis 460 Metern.

### **Zweidimensionale Datengrundlagen**

Als Datengrundlage wird im Rahmen der Untersuchungen hauptsächlich auf frei verfügbare Geodaten der Plattform OpenStreetMap zurückgegriffen. Die verwendeten Layer sind im Datenerhebungsplan aufgelistet und bieten den Vorteil, dass die darin enthaltenen Informationen nicht nur frei verfügbar sind, sondern auch im GIS-Programm, zum Beispiel QGIS, eingelesen werden können.

Ergänzend dazu konnten vereinzelt auch Datengrundlagen über das Geoportal der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe Liegenschaftsamt, n.d.) beziehungsweise über das Geoportal der Stadt Osnabrück (Stadt Osnabrück Fachbereich Geodaten und Verkehrsanlagen, n.d.) bezogen werden.

### **Remote-Analyse von dreidimensionalen Bildmaterialien**

Einen wichtigen Baustein der Analysen in den Fallstudien bildet neben den aufgezeigten Datengrundlagen auch die Remote-Analyse von frei verfügbaren Bildmaterialien. Wichtige Informationen können in diesem Zusammenhang zum Beispiel aus Luftbildern generiert werden.

Mit dem verwendeten GIS-Programm QGIS und der Installation des Plugins „HCMGIS“ (QGIS Python Plugins Repository et al., n.d.) kann so zum Beispiel auf maßstäbliche Luftbilder und erweiterte Karteninformationen des Anbieters Google Maps zurückgegriffen werden.

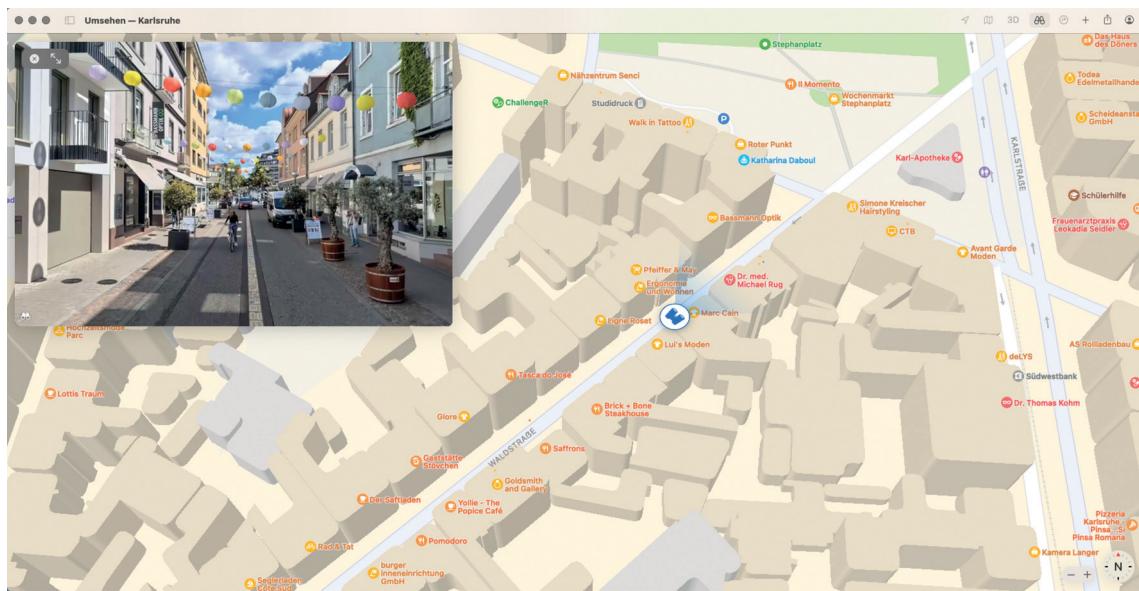


Abbildung 78: 360°-Ansicht des Kartenanbieters Apple Karten am Beispiel Karlsruhe (Quelle: Apple Karten, 2022)

In vielen Fällen lässt sich eine Remote-Analyse zudem über die Funktion „Umsehen“ (Apple, n.d.) des Kartenanbieters Apple Karten vornehmen (siehe Abbildung 78). Die Funktion ermöglicht es, sich virtuell und nahezu lückenlos in den Innenstadtbereichen vieler Städte zu bewegen und umzusehen. Das Tool greift dabei auf Bilddaten verschiedener, vom Kartenanbieter selbst durchgeführten Kamerabefahrungen zurück. Über das Informationsfenster des Kartentools wird in Bezug auf eine exakte zeitliche Angabe zu den Befahrungen jedoch lediglich der Monat und das Jahr angegeben.

Anhand verschiedener Anhaltspunkte in den Bilddaten können allerdings zumindest grobe Informationen über den Wochentag, die Tageszeit und die Wetterlage gezogen werden. Für die verwendeten 360°-Ansichten ergeben sich daraus die folgenden Hintergrundinformationen, die in Tabelle 17 zusammengefasst sind.

**Tabelle 17:** Information zu den verwendeten Aufnahmedaten der 360°-Ansichten des Kartenanbieters Apple Karten (Quelle: Eigene Darstellung)

Stadt	Datumsangabe	Wochentag	Tageszeit	Wetter
Karlsruhe	Mai 2022	Werktag	Vormittag	sonnig
Osnabrück	Juli 2020	Werktag	Vormittag	bewölkt

Angesichts dessen ist darauf hinzuweisen, dass die Kamerabefahrungen damit in Karlsruhe nur einige Monate vor der Durchführung der Stressmessungen stattgefunden haben. In Osnabrück ist hier jedoch ein zeitlicher Unterschied von fast zwei Jahren zu beachten (vergleiche Datenübersicht in Kapitel 3.1.1.2).

### Vor-Ort-Begehungen

Eine Besonderheit des angewendeten Methodenansatzes stellt darüber hinaus die intensive Arbeit mit Vor-Ort-Begehungen der realen stadtäumlichen Situationen dar. Wenngleich diese Vor-Ort-Begehungen bei der Analyse einiger Untersuchungsfaktoren lediglich eine Art Kontroll-ebene bilden, so stellen sie für die Analyse anderer Faktoren hingegen oftmals die einzige Datengrundlage dar.

In diesem Zusammenhang erweisen sich Vor-Ort-Begehungen insbesondere für die Analyse der „weichen“ Faktoren eines Stadtraums als eine elementare Datengrundlage. Die Begehungen wurden in den beiden Untersuchungsstädten in den folgenden Zeiträumen und Wetterlagen durchgeführt, die in Tabelle 18 zusammengefasst werden.

*Tabelle 18: Rahmenbedingungen der durchgeführten Vor-Ort-Begehungen (Quelle: Eigene Darstellung)*

Stadt	Datum	Wochentag	Tageszeit	Wetter
Karlsruhe	12. Mai 2023	Freitag	Vormittag, 10 Uhr	sonnig
	Juni 2023	<i>mehrere Begehungen im Rahmen von Testlauf 1 an verschiedenen Werktagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten</i>		sonnig
	6. Juli 2023	Donnerstag	Nachmittag, 14 Uhr	sonnig
	10. November 2023	Freitag	Nachmittag, 15 Uhr	bewölkt
	29. April 2024	Montag	Nachmittag, 14 Uhr	bewölkt
Osnabrück	29. Juni 2023	Donnerstag	Nachmittag, 15 Uhr	bewölkt
	24. April 2024	Donnerstag	Nachmittag, 14 Uhr	bewölkt

Die Vor-Ort-Begehungen werden jeweils in zwei Phasen durchgeführt und nach einem einheitlichen System dokumentiert. In einem ersten Schritt wird die Bewegungslinie zu Fuß abgegangen und grundlegende Beobachtungen zu dem Einflussfaktor in kurzen Notizen und Skizzen festgehalten. Im Rahmen dieser Begehungsphase werden ergänzend auch mehrere rund 10-minütige Aufenthalte innerhalb des Untersuchungsgebiets absolviert. Damit soll eine vollumfängliche Erfassung des Ortes ermöglicht werden und der Fokus der Analysen auf die menschliche Wahrnehmung des jeweiligen Faktors gelegt werden.

In der darauffolgenden Phase werden die Beobachtungen dann mit einer zweiten Begehung entweder mit quantitativen Zählungen oder qualitativen Mappings ergänzt und dokumentiert. Die Erkenntnisse aus beiden Begehungen werden schließlich pro Untersuchungsfaktor in einem skizzenhaften Plan zusammengefasst. Zur Dokumentation und Nachverfolgung werden darüber hinaus während den Begehungen auch Notizen, Skizzen und Fotos erstellt.

Ergänzend wird mithilfe einer hochauflösenden Kamera jeweils auch ein Video des untersuchten Stadtraums aufgenommen.

### **Darstellungsform der Ergebnisse**

Die gesammelten Ergebnisse aus den verschiedenen Datengrundlagen, den Remote-Analysen von Bildmaterialien, den Datenerhebungen sowie den Vor-Ort-Begehungen werden anschließend in räumliche Analysepläne der definierten Fallstudien übertragen. In einem nächsten Schritt werden diese räumlichen Analysepläne dann für jeden der definierten Untersuchungsfaktoren nach der vorgestellten Methodik in das Gerüst der Stressorenabwicklung (siehe Kapitel 4.2.2.1) übersetzt. Nach dem gleichen Prinzip werden folglich auch die Ergebniskarten der Stressmessungen in die Form der Stressorenabwicklung übersetzt. In der Stressorenmatrix (siehe Kapitel 4.2.2.2) werden in einem letzten Schritt dann schließlich sowohl die Stressorenabwicklungen der zwölf untersuchten Umgebungs faktoren als auch die Stressorenabwicklung der durchgeführten Stressmessungen in einer gemeinsamen Darstellung miteinander kombiniert. Diese Matrix bildet dann die Grundlage für die spätere Auswertung der Ergebnisse.

### **5.1.2 Datenerhebungsplan**

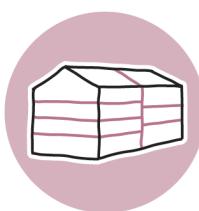
Der nachfolgende Datenerhebungsplan erläutert die Durchführung der Fallstudienuntersuchungen anhand der einzelnen Analyseschritte. In diesem Zusammenhang werden für jeden Untersuchungsfaktor und jeden Analyseschritt jeweils sowohl die definierten Kategorien als auch die verwendeten Datengrundlagen und Erhebungsmethoden aufgeführt.

Der Datenerhebungsplan gliedert sich nach den fünf Themengebieten und beinhaltet entsprechend der definierten Untersuchungsfaktoren insgesamt zwölf Analysefaktoren, für die jeweils zwei bis drei Analyseschritte definiert werden.

#### **THEMENGEBIET GEBÄUDE**

##### **1 | Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung**

---



###### **Schritt 1      Unterscheiden von bebauten und unbebauten Flächen**

> *Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_buildings*

###### **Schritt 2      Differenzieren der bebauten Flächen in Gebäude und Parzellen**

> *Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_buildings*

###### **Schritt 3      Eintrag der Geschosszahlen der Gebäude**

*Kategorien: „1“, „2-3“, „4-5“, „>5“*

> *Remote-Analyse: 360°-Ansicht (Apple Karten)*

> *Vor-Ort-Begehung*

## 2 | EG-Zonen: Nutzungen & Räumliche Ausbreitung



**Schritt 1** **Unterscheiden der Art der EG-Nutzungen aller bebauten Flächen**  
 Kategorien: „Einzelhandel/Dienstleistung“, „Gastronomie“, „Büros/Ärzte/Hotels“, „öff./soz. Einrichtungen“, „Wohnen“  
 > Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_buildings  
 > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps)

**Schritt 2** **Quantifizieren der räumlichen Ausbreitung der EG-Nutzungen in den Stadtraum durch Abmessen der Vorzone**  
 Kategorien: „keine“ (keine Vorzone vorhanden), „gering“ (Vorzone bis 1 m), „hoch“ (Vorzone > 1 m)  
 > Remote-Analyse: Entfernungsmessung im Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)  
 > Vor-Ort-Begehung

## 3 | EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik



**Schritt 1** **Erheben der Schaufensterflächen in den EG-Zonen anhand der sichtbaren Schaufensterflächen und Nutzungen**  
 Kategorien: „EG ohne Schaufenster“, „EG mit Schaufenster“  
 > Remote-Analyse: 360°-Ansicht (Apple Karten)  
 > Vor-Ort-Begehung

**Schritt 2** **Quantifizieren der Symboldichte in den Schaufenstern und Vorzonen anhand von z. B. Leuchtreklamen, Aufstellern, Postern etc.**  
 Kategorien: „gering“ (1-3 Symbole pro 10 m Stadtraum), „mittel“ (4 bis 6 Symbole pro 10 m Stadtraum), „hoch“ (ab 7 Symbole pro 10 m Stadtraum)  
 > Remote-Analyse: 360°-Ansicht (Apple Karten)  
 > Vor-Ort-Begehung

## THEMENGEBIET FREIRAUM



**Schritt 1** **Unterscheiden der unbebauten Flächen in Straßen- und Freiräume**  
 > Datengrundlage: Städtische Themenkarten (Geoportal)

**Schritt 2** **Differenzieren der Freiraumnutzungen**  
 Kategorien: „keine feste Nutzung“, „Gastronomie“, „Spielfläche“, „Markt (temporär)“  
 > Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_landuse, osm\_pois  
 > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)  
 > Vor-Ort-Begehung

**Schritt 3** **Quantitatives Erheben der Freiraum-Frequentierung als Mittelwert der beobachteten Tageszeiten und Wochentage**  
 Kategorien: „gering“ (sehr vereinzelte Frequentierung), „mittel“ (rege Frequentierung), „hoch“ (hohe Frequentierung)  
 > Vor-Ort-Begehung

## 5 | Elemente: Bäume &amp; Festes Mobiliar



**Schritt 1 Ermittlung von Baumstandorten**

- > Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_natural und städtische Themenkarten (Geoportal)
- > Remote-Analyse: Google Maps und Apple Karten 3D-Ansicht
- > Vor-Ort-Begehung

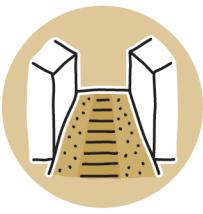
**Schritt 2 Quantitatives Erheben von fest verbautem Stadtmobiliar, wie z. B. Bänke, Laternen, Poller inklusive der Verteilungsdichte**

Kategorien: „gering“ (1-3 Elemente pro 10 m Stadtraum), „mittel“ (4-6 Elemente pro 10 m Stadtraum), „hoch“ (ab 7 Elementen pro 10 m Stadtraum)

- > Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_pois und städtische Themenkarten (Geoportal)
- > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)
- > Vor-Ort-Begehung

## THEMENGEBIET GESTALTUNG

## 6 | Bodenbelag: Zustand &amp; Materialität



**Schritt 1 Differenzieren der Bodenbeläge anhand des vorherrschend verbaute Materials**

Kategorien: „Schienen“, „vorwiegend Asphalt“, „vorwiegend Pflastersteine“, „vorwiegend Kopfsteinpflaster“

- > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)
- > Vor-Ort-Begehung

**Schritt 2 Qualitatives Bewerten des Zustandes der Bodenflächen anhand sichtbarer Belagschäden**

Kategorien: „schlecht“ (erhebliche Mängel), „mittel“ (vereinzelte Mängel), „gut“ (wenige bis keine sichtbaren Mängel)

- > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)
- > Vor-Ort-Begehung

## 7 | Straßenraumaufteilung: Zonierung &amp; Querschnitte



**Schritt 1 Aufschlüsseln des Straßenquerschnitts in unterschiedliche Zonen und Fahrbahnen der Verkehrsteilnehmer:innen**

Kategorien: „Fußverkehr“, „Fahrradverkehr“, „MIV“, „Parkzonen“, „Busverkehr“, „Abstandsgrün“

- > Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_roads & osm\_railways
- > Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)
- > Vor-Ort-Begehung

**Schritt 2 Angabe der jeweiligen Fahrbahnbreiten in Metern**

- > Remote-Analyse: Entfernungsmessung im Luftbild (Google Maps)
- > Vor-Ort-Begehung

## THEMENGEBIET VERKEHR &amp; BEWEGUNG

## 8 | Verkehr: Dichten &amp; Teilnehmer

Schritt 1 **Ermittlung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer:innen, die sich durch den Stadtraum bewegen**

*Kategorien: „Fußverkehr“, „Fahrradverkehr“, „MIV inklusive Lieferverkehr“, „Schienenverkehr“, „Busverkehr“*

*> Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_roads, osm\_railways*

*> Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)*

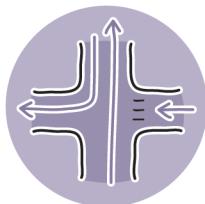
Schritt 2 **Quantitatives Erheben der durchschnittlichen Verkehrsdichte als Mittel der beobachteten Tageszeiten und Wochentage**

*Kategorien: „gering“, „mittel“, „hoch“*

*> Remote-Analyse: Aktuelle Verkehrslage (Google Maps)*

*> Vor-Ort-Begehung*

## 9 | Kreuzungspunkte: Ströme, Querung &amp; Überwindbarkeit

Schritt 1 **Differenzierung der Kreuzungspunkte anhand der Art der kreuzenden Verkehrsteilnehmer:innen**

*Kategorien: „Fußverkehr“, „Fahrradverkehr“, „MIV inklusive Lieferverkehr“, „Schienen-/Busverkehr“*

*> Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_roads, osm\_railways*

*> Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)*

Schritt 2 **Angaben zur Art der Querungsanlage beziehungsweise dem Vorhandensein einer Querungsanlage**

*Kategorien: „keine“, „Ampel“, „Zebrastreifen“*

*> Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_traffic*

*> Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)*

Schritt 3 **Einschätzen der subjektiv wahrgenommenen Überwindbarkeit der Kreuzung z. B. anhand von Wartezeiten, Dimensionen und der zu überquerenden Spurenanzahl**

*Kategorien: „gut“, „mittel“, „schlecht“*

*> Remote-Analyse: 360°-Ansicht (Apple Karten)*

*> Vor-Ort-Begehung*

## 10 | Ruhender Verkehr: Parken, Wildparken &amp; Ausfahrten

Schritt 1 **Unterscheiden aller Flächen, die offiziell für den ruhenden Verkehr ausgewiesen sind und Angabe zur Position von Parkhäusern**

*Kategorien: „kein Parken“, „Parkplätze MIV“, „Parkhäuser“, „Fahrradabstellanlagen“*

*> Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_traffic und städtische Themenkarten (Geoportal)*

*> Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)*

**Schritt 2 Kennzeichnen von Aus- und Durchfahrten**

- > *Datengrundlage: OpenStreetMap, Layer: Osm\_roads und städtische Themenkarten (Geoportal)*
- > *Remote-Analyse: Luftbild (Google Maps), 360°-Ansicht (Apple Karten)*

**Schritt 3 Quantitatives Erheben wildgeparkter Fahrräder im Stadtraum**

- Kategorien:** „gering“ (1-3 Wildparker pro 10 m Stadtraum), „mittel“ (4-7 Wildparker pro 10 m Stadtraum), „hoch“ (ab 7 Wildparker pro 10 m Stadtraum)
- > *Remote-Analyse: 360°-Ansicht (Apple Karten)*
- > *Vor-Ort-Begehung*

## THEMENGEBIET SENSORIK

### 11 | Olfaktorik: Gerüche & Assoziationen



**Schritt 1 Qualitative Differenzierung der im Stadtraum wahrnehmbaren Gerüche**

- Kategorien:** „neutral“, „Überlagerung“, „Essen/Kaffee“, „Straße/Abgase“
- > *Vor-Ort-Begehung*

**Schritt 2 Einstufung der Geruchsassoziationen**

- Kategorien:** „positiv“, „neutral/gemischt“, „negativ“
- > *Vor-Ort-Begehung*

### 12 | Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung



**Schritt 1 Qualitative Differenzierung der im Stadtraum wahrnehmbaren Geräusche**

- Kategorien:** „neutral“, „Überlagerung“, „menschliches Treiben“, „Natur“, „Straßen“
- > *Vor-Ort-Begehung*

**Schritt 2 Subjektive Einstufung der Lautstärken**

- Kategorien:** „gering“ (schwacher Geräuschpegel, bis ca. 40 dB), „mittel“ (mittlerer Geräuschpegel, ca. 40-60 dB), „hoch“ (starker Geräuschpegel, ab ca. 60 dB)
- > *Datengrundlage: Lärmkarte (Geodatenportal)*
- > *Vor-Ort-Begehung*

**Schritt 3 Einstufung der Geräuschassoziationen**

- Kategorien:** „positiv“, „neutral/gemischt“, „negativ“
- > *Vor-Ort-Begehung*

## 5.2 Erhebungen in den Fallstudien

Nachdem das Grundgerüst definiert wurde, stellt der folgende Abschnitt die Ergebnisse der Analysen in den vier Fallstudien vor.

Die Teilkapitel zu den einzelnen Fallstudien sind dabei jeweils nach der gleichen Systematik aufgebaut, die in diesem Abschnitt kurz erläutert wird: In einer fotografischen Dokumentation werden als Einleitung in die Fallstudie zunächst die prägendsten Elemente und räumlichen Besonderheiten des jeweiligen Stadtraums visuell dokumentiert. Daraufhin werden die räumliche Abgrenzung, die Bewegungslinie und die abgehenden Straßen in Form eines räumlichen Grundgerüsts skizziert und in die abstrahierte Form der Stressorenabwicklung übersetzt. Die Analyseergebnisse zu den einzelnen Untersuchungsfaktoren werden anschließend in der Stressorenmatrix der Fallstudie dargestellt.

Diese Matrix ist jeweils als eine Gesamtübersicht zu verstehen und setzt sich aus einzelnen Stressorenabwicklungen zusammen, die einen Untersuchungsfaktor behandeln. Die Reihenfolge der gezeigten Stressorenabwicklungen in der Stressorenmatrix entspricht dabei der Aufstellung der Untersuchungsfaktoren im Datenerhebungsplan (vergleiche Kapitel 5.1.2) und stellt demnach keine Priorisierung dar.

Nach dieser grafischen Visualisierung der Ergebnisse wird daran anschließend in einem kurzen Textabschnitt auf besondere Beobachtungen und Auffälligkeiten in den einzelnen Stressorenabwicklungen eingegangen.

### 5.2.1 Fallstudie K1 Stadt Karlsruhe

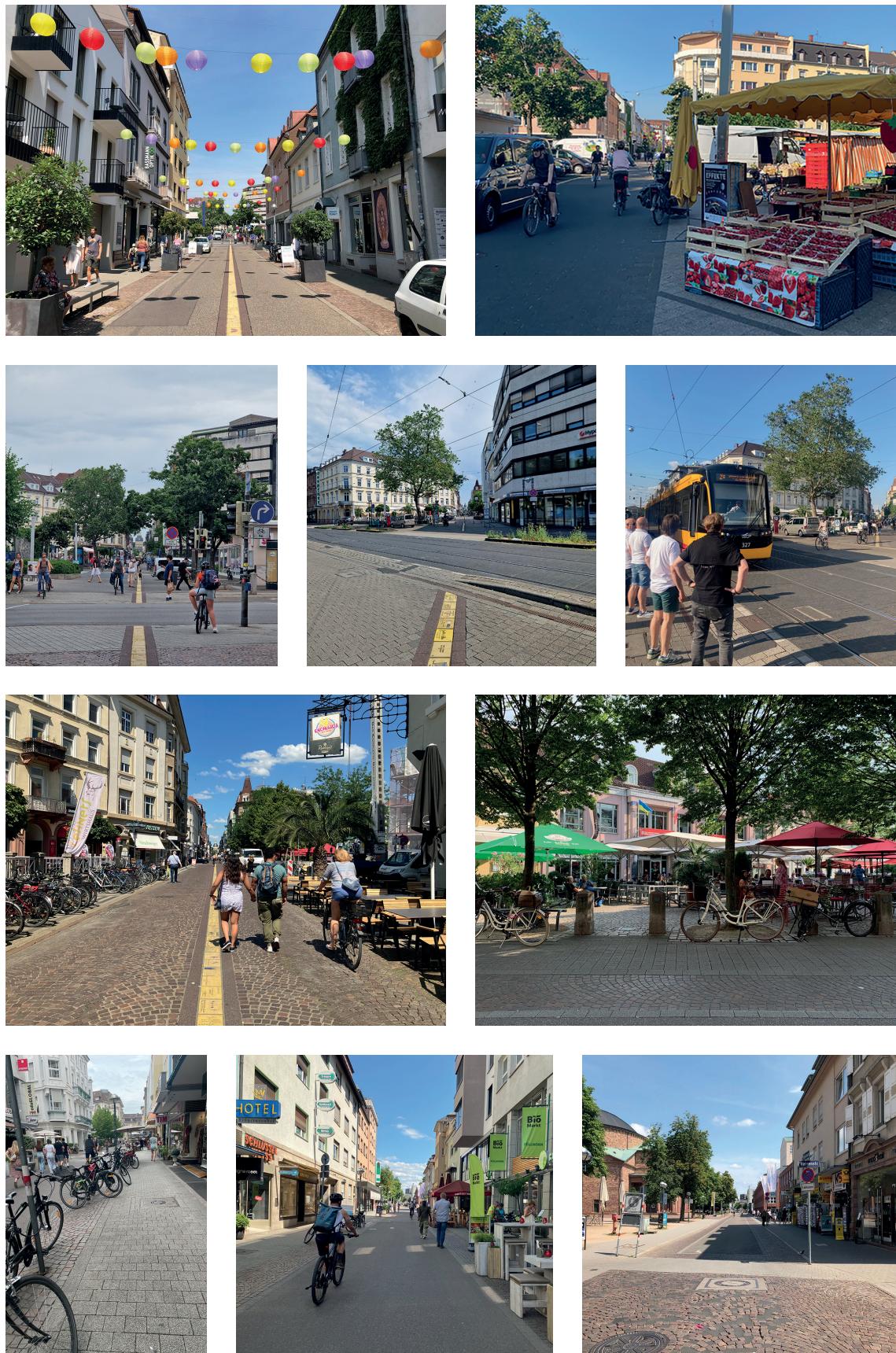


Abbildung 79: Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie K1 (Fotografien: Eigenes Archiv)

Die Fallstudie K1 präsentiert sich innerhalb der Stadt Karlsruhe als ein sehr vielfältiger und belebter Stadtraum, der eine hohe Dichte an Erdgeschossnutzungen besitzt und zu den Stoßzeiten ein hohes Rad- und Fußverkehrsaufkommen aufweist.

Eine Besonderheit in diesem Stadtraum ist es, dass die erwähnten Erdgeschossnutzungen sich auch sehr stark mit ihren Vorzonen in den Straßenraum ausbreiten, was sich wiederum stark auf die Bewegungslinien des Rad- und Fußverkehrs auswirkt. Auffällig erscheint in diesem Stadtraum zudem der besondere Verlauf der Waldstraße über den Stephanplatz mit dem temporär stattfindenden Wochenmarkt und den teilweise schwierigen Kreuzungssituationen an der Amalienstraße und der Karlstraße.

Aufgrund der hohen Nutzungsdichte lässt sich über den gesamten Stadtraum verteilt eine auffallend hohe Anzahl an parkenden beziehungsweise wildparkenden Fahrrädern beobachten, die sich vor allem entlang von Stadtmobiliar und stark frequentierten Nutzungen zu konzentrieren scheinen. Der östliche Bereich ab dem Kreuzungspunkt zur Herrenstraße ist als Fahrradstraße definiert. In diesem Teilbereich wird der Radverkehr in der Organisation des Straßenraums auch deutlicher vom Fußverkehr abgegrenzt.

### 5.2.1.1 Grundgerüst K1

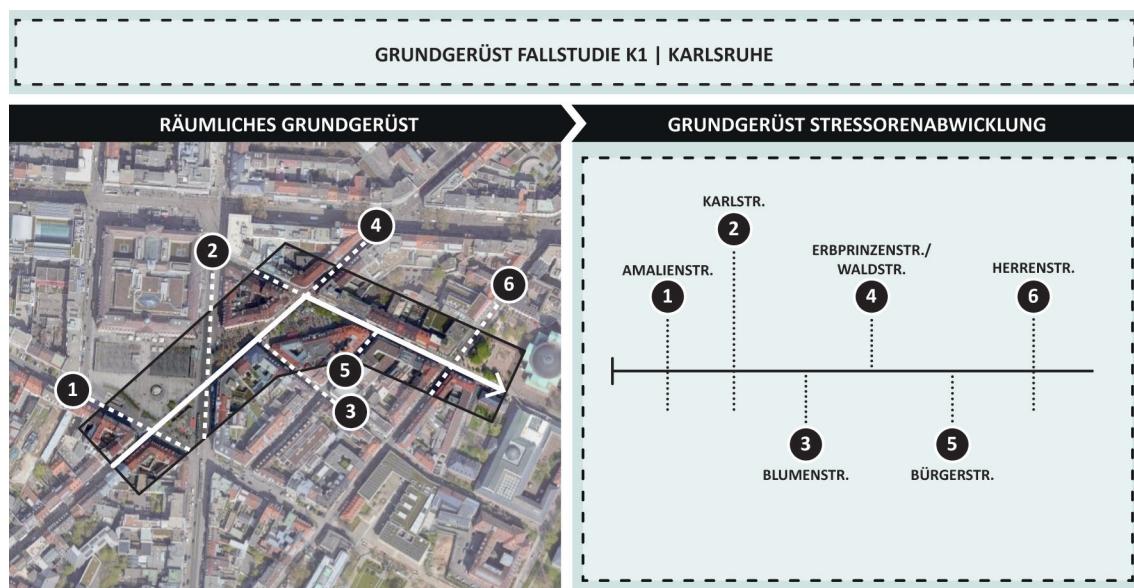


Abbildung 80: Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie K1 (Quelle: Eigene Darstellung)

Im räumlichen Grundgerüst der Fallstudie K1 gehen die folgenden Straßen von der in West-Ost-Richtung definierten Bewegungslinie ab: Amalienstraße, Karlstraße, Blumenstraße, Erbprinzenstraße bzw. Waldstraße, Bürgerstraße und Herrenstraße. Das abstrakte Gerüst der Stressorenabwicklung wird dementsprechend in der Fallstudie K1 von sechs Fixpunkten strukturiert.

## 5.2.1.2 Stressorenmatrix K1

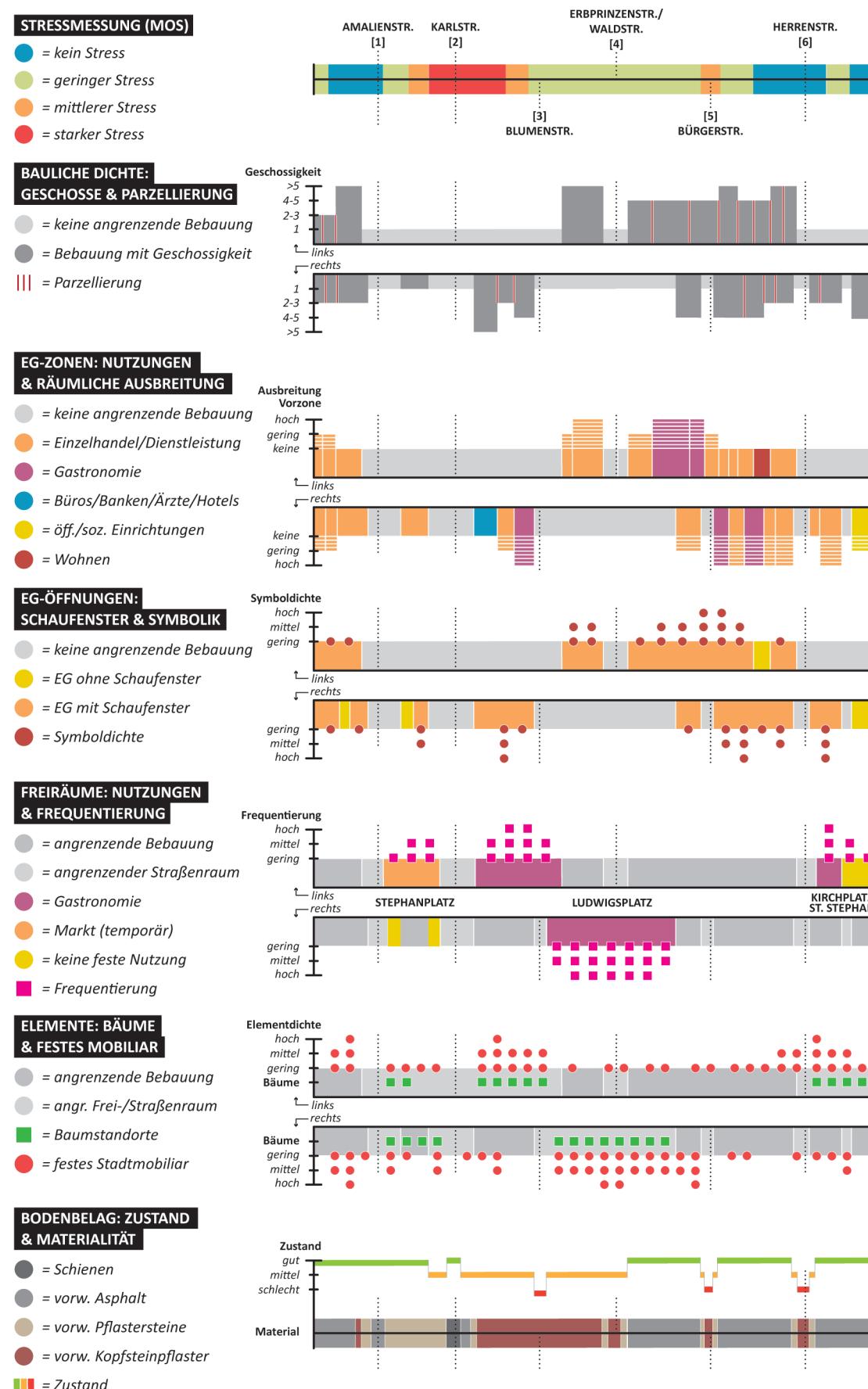
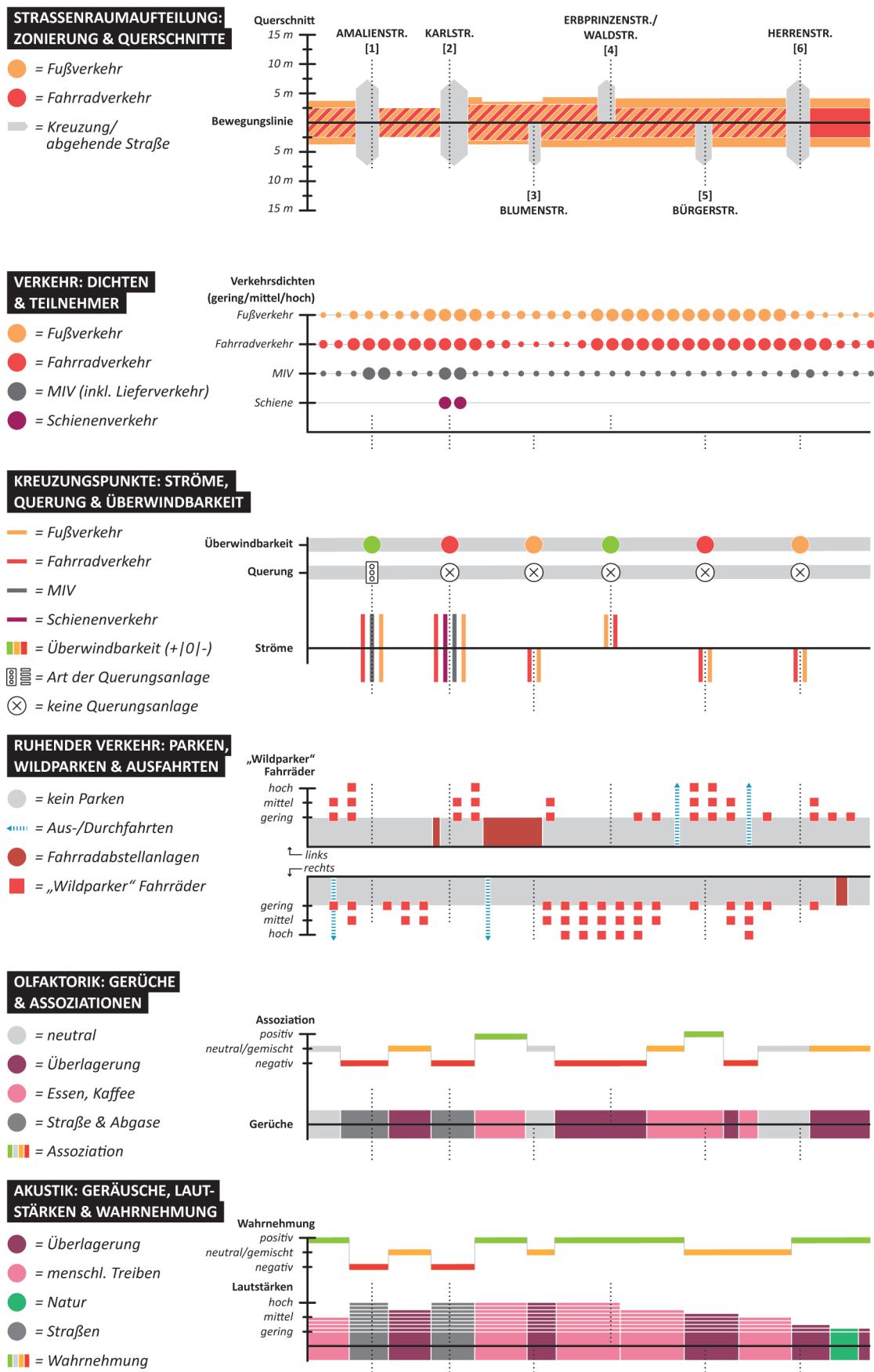


Abbildung 81: Stressorenmatrix Fallstudie K1 (Quelle: Eigene Darstellung)



### 5.2.1.3 Analyseergebnisse K1

Nachfolgend sollen nun die Beobachtungen aus den Erhebungen in Fallstudie K1 detailliert besprochen werden. Die Erläuterungen beziehen sich dabei auf die einzelnen Stressorenabwicklungen, die der Gesamtdarstellung der Stressorenmatrix K1 (siehe Abbildung 81) zu entnehmen sind. Die Bezeichnung der abgehenden Straßen beziehungsweise die Nummerierung der Fixpunkte sind im Grundgerüst K1 erläutert (siehe Abbildung 80).

#### Stressmessung (MOS)

Äquivalent zur Ergebniskarte der im Rahmen des Projekts Cape Reviso durchgeführten Stressmessungen im Bereich der Fallstudie K1 (vergleiche Kapitel 3.3.1.2) zeigen sich in den Abwicklungsdarstellungen zwei neuralgische Stress-Hotspots. Die Abwicklung identifiziert in diesem Zusammenhang zunächst eine besonders starke Konzentration mit auffallend flächiger Verteilung der gemessenen Stressmomente im Bereich des Kreuzungspunktes mit der Karlstraße (2). Ferner kann auch an der Einmündung zur Bürgerstraße (5) ein punktueller Stress-Hotspot erkannt werden, der eine mittlere Dichte besitzt.

#### Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung

Neben der überwiegend homogen ausgeprägten Geschossigkeit und Parzellierung sowohl im anfänglichen Bereich der Bewegungslinie bis Fixpunkt 1 (Amalienstraße) als auch zwischen den Fixpunkten vier und sechs zeichnen sich in der Abwicklung insbesondere die unbebauten Freiflächen des Stadtraums deutlich ab. Auffallend ist dabei vor allem die große unbebaute Fläche zwischen den Kreuzungspunkten zur Amalienstraße (1) und Karlstraße (2), die durch den besonderen Verlauf der Waldstraße über den Stephanplatz entsteht.

#### EG-Zonen: Nutzungen & Räumliche Ausbreitung

Über den gesamten Stadtraum verteilt lässt sich eine intensive Nutzung der Erdgeschosszonen beobachten, die sich teilweise mit ihren Vorzonen massiv in den öffentlichen Raum hinein ausbreiten. Im ersten Teil der Bewegungslinie bis Fixpunkt 1 sind überwiegend kleinteilige Einzelhandels- und Dienstleistungsnutzungen mit geringer Vorzonenausbreitung zu finden. Ab dem Kreuzungspunkt zur Blumenstraße (3) sind dann auch starke Vorzonenausbreitungen vorhanden, die insbesondere im Bereich zwischen den Fixpunkten vier und sechs extrem ausgeprägt sind. In diesem Abschnitt sind auch vermehrt gastronomische Nutzungen anzutreffen.

#### EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik

Allgemein ist in Fallstudie K1 in den Erdgeschosszonen ein sehr hoher Anteil an Schaufensterflächen vorhanden, der sich auf die hohe Nutzungsdichte zurückführen lässt. Hinsichtlich der Symbolik des Stadtraums erscheint sowohl die punktuell hohe Symboldichte zwischen Karlstraße

(2) und Blumenstraße (3) als auch vor allem die extrem hohe und flächig verteilte Symboldichte im Bereich von Fixpunkt 5, der Bürgerstraße, auffällig.

### **Freiräume: Nutzungen & Frequentierung**

In Bezug auf die Freiräume wird der Untersuchungsraum durch insgesamt vier stark frequentierte Stadtplätze geprägt. Der Stephanplatz zwischen den Fixpunkten 1 und 2 wird temporär durch den Wochenmarkt genutzt und verzeichnet teilweise starke Spitzen in der Nutzungsverteilung. Die Freifläche zwischen Karlstraße und Blumenstraße sowie der Ludwigsplatz an Fixpunkt 4 werden ausschließlich gastronomisch genutzt und weisen durch ihre übergeordnete Bedeutung im Stadtgebiet eine starke Frequentierung auf. Der gemischt genutzte Kirchplatz St. Stephan im Bereich der Herrenstraße (6) verzeichnet schließlich eine hohe Frequentierung der gastronomischen Nutzungen im vorderen Bereich und eine geringere Frequentierung der umliegenden, weitestgehend unbespielten Platzflächen.

### **Elemente: Bäume & Festes Mobiliar**

Das Stadtmobiliar ist im gesamten Untersuchungsgebiet relativ gleichmäßig verteilt. Punktuelle Häufungen sind sowohl in der Waldstraße im Bereich vor Fixpunkt 1 und an den vier Freiräumen zu verzeichnen. Die Baumstandorte sind ebenfalls fast ausschließlich an den Freiräumen zu finden.

### **Bodenbelag: Zustand & Materialität**

Die Materialität der Bodenflächen ist in Fallstudie K1 sehr vielfältig. Im Bereich bis Fixpunkt 1 ist vorwiegend Asphalt verbaut, bis Fixpunkt 2 dann hauptsächlich Pflastersteine. Zwischen den Kreuzungspunkten zur Karlstraße (2) und zur Erbprinzenstraße/Waldstraße (4) sind die Bodenflächen vorwiegend mit Kopfsteinpflaster belegt. Ab Fixpunkt 4 ist dann wieder Asphalt vorherrschend. Hinsichtlich der verwendeten Materialien erscheinen darüber hinaus vor allem die Kreuzungspunkte auffällig, die über den gesamten Stadtraum hinweg durch die Verwendung verschiedener Materialien optisch hervortreten. Allerdings wird hier vor allem an den Kreuzungspunkten 3 bis 6 auch auf Kopfsteinpflaster zurückgegriffen, das mehrheitlich große Lücken aufweist und in schlechtem Zustand ist. Der Zustand der restlichen Bodenflächen ist überwiegend als „gut“ beziehungsweise zwischen Fixpunkt 2 und 4 als „mittel“ zu bewerten.

### **Straßenraumaufteilung: Zonierung & Querschnitte**

Hinsichtlich der Zonierung und der Aufteilung des Straßenraums präsentiert sich Fallstudie K1 relativ einheitlich. Im Mittelbereich ist bis Fixpunkt 6 eine circa fünf Meter breite, gemischt genutzte Zone für den Rad- und Fußverkehr abgesetzt. In den Seitenbereichen sind zusätzlich schmale Zonen für den Fußverkehr vorbehalten, die jedoch gleichzeitig der Erschließung von

Ladengeschäften dienen und an vielen Stellen auch durch deren Vorzonen versperrt werden. Dies führt dazu, dass der Mittelbereich stärker vom Fußverkehr genutzt wird als die Seitenbereiche. Der Bereich ab der Einmündung zur Herrenstraße ist dann als Fahrradstraße ausgewiesen und klar definiert: In der etwa fünf Meter tiefen Mittelzone wird der Radverkehr und auf den beiden abgesetzten Gehsteigen im Seitenbereich der Fußverkehr geführt.

#### **Verkehr: Dichten & Teilnehmer**

Der in Fallstudie K1 untersuchte Stadtraum wird durch seine hohe Frequentierung durch den Rad- und Fußverkehr geprägt. Besonders hohe Verkehrsdichten sind diesbezüglich auf dem Stephanplatz zwischen Fixpunkt 1 und 2 sowie im Abschnitt zwischen 4 und 6 zu beobachten. Der MIV beschränkt sich auf den Lieferverkehr in den Morgenstunden und vereinzelter Anwohnerverkehr. Lediglich an den Punkten 1 und 2, an denen die Amalienstraße beziehungsweise die Karlstraße kreuzt, tritt der MIV in mittlerer Dichte auf. Entlang der Karlstraße kreuzt zusätzlich der Schienenverkehr mit einer engen Taktung.

#### **Kreuzungspunkte: Ströme, Querungen & Überwindbarkeit**

Größere Kreuzungspunkte sind in diesem Stadtraum im Anfangsbereich der Bewegungslinie an Fixpunkt 1 und 2 zu finden. Während der Kreuzungspunkt an der Amalienstraße (1) mit der Ampelanlage gut überwindbar ist, ist der große Kreuzungspunkt an der Karlstraße (2) aufgrund fehlender Signalanlagen oder Markierungen sehr schlecht überwindbar. In beiden Fällen kreuzt der MIV sowie der Fahrrad- und Fußverkehr. An der Karlstraße wird darüber hinaus auch der Schienenverkehr gekreuzt. Bei den Kreuzungspunkten 3 bis 6 handelt es sich hingegen um kleinere Kreuzungspunkte beziehungsweise Einmündungen, auf denen der Rad- und Fußverkehr geführt wird. Aufgrund der hohen Frequentierung des Stadtraums, der ausladenden Vorzonen und der teilweise schwierigen Einsehbarkeit der Kreuzungspunkte variiert die Bewertung der Überwindbarkeit hier von „gut“ an Fixpunkt 4, über „mittel“ an Fixpunkt 3 und 6 und „schlecht“ an Fixpunkt 5.

#### **Ruhender Verkehr: Parken, Wildparken & Ausfahrten**

In Bezug auf den ruhenden Verkehr ist in K1 vor allem das Fahrradparken auffallend. Die offiziellen Fahrradabstellanlagen befinden sich am Kreuzungspunkt der Karlstraße (2), im Umfeld des Ludwigsplatzes an Fixpunkt 3 und an der Badischen Landesbibliothek im letzten Teil der Bewegungslinie. Darüber hinaus sind es im untersuchten Stadtraum K1 jedoch insbesondere wildgeparkte Fahrräder, die auffallend sind. Die größten Dichten an wildparkenden Fahrrädern befinden sich vor allem im direkten Umfeld des Ludwigsplatzes. Parkplätze für den MIV gibt es in Fallstudie K1 keine, lediglich vier Aus- und Durchfahrten zu Parkbereichen in Innenhöfen oder Tiefgaragen, die relativ gleichmäßig entlang der Bewegungslinie verteilt sind.

**Olfaktorik: Gerüche & Assoziationen**

Die Gerüche im untersuchten Stadtraum K1 sind – typisch für seine Nutzungsdichte und Frequentierung – sehr unterschiedlich und vermischen sich teilweise stark. Im vorderen Bereich der Bewegungslinie bis zur Überquerung der Karlstraße (2) dominieren negativ assoziierte Straßen- und Abgasgerüche, die sich auf dem Stephanplatz dann stark mit den Gerüchen des Wochenmarkts vermischen und mit gemischten Assoziationen konnotiert werden. Im mittleren Teil der Bewegungslinie setzen sich dann immer wieder auch als „positiv“ assoziierte Essens- und Kaffeegerüche durch. Im Bereich um den Ludwigsplatz (4) vermischen sich die Gerüche sehr stark und werden als „negativ“ wahrgenommen. Der Bereich um Fixpunkt 6 wird hingegen überwiegend als „neutral“ assoziiert beziehungsweise im hinteren Teil auch mit der Kategorie „gemischt“ beschrieben.

**Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung**

In Hinblick auf die Lautstärke innerhalb des Stadtraums sind in K1 die Spitzen vor allem an den beiden größeren Kreuzungspunkten, Fixpunkt 1 und 2, sowie im mittleren Teil zwischen Fixpunkt 2 und 4 zu identifizieren. An der Amalienstraße (1) und der Karlstraße (2) ist die Geräuschkulisse eindeutig dem Straßenverkehr zuzuordnen und wird tendenziell eher „negativ“ wahrgenommen. Im restlichen Stadtraum sind es vor allem Geräusche wie zum Beispiel Gesprächs, Rufe oder Gelächter, die unter dem Sammelbegriff „menschliches Treiben“ zusammengefasst werden können. Trotz der erhöhten Lautstärke werden diese Art an Geräuschen im Bereich zwischen 2 und 4 überwiegend „positiv“ wahrgenommen. Nach dem Kreuzungspunkt Erbprinzenstraße/Waldstraße flacht die Lautstärke dann langsam ab und die Geräuschkulisse durchmischt sich stärker. Im Bereich des Stephanplatz, nach Fixpunkt 6, lassen sich schließlich natürliche Geräusche in Form eines plätschernden Brunnens identifizieren.

## 5.2.2 Fallstudie K2 Stadt Karlsruhe



Abbildung 82: Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie K2 (Fotografien: Eigenes Archiv)

Der in Fallstudie K2 untersuchte Stadtraum präsentiert sich sehr kontrastreich im Spannungsfeld zwischen übergeordneten und quartiersinternen Nutzungen. Insbesondere der Bereich um den Lidellplatz wird mit seinen kleineren Ladengeschäften, Cafés und einem Spielplatz als Quartiertreffpunkt genutzt. In diesem Bereich ist auch ein erhöhtes Aufkommen an parkenden Fahrrädern zu beobachten.

Die Adlerstraße, die den Lidellplatz an seinem östlichen Rand tangiert, bildet verkehrlich eine wichtige Nebenroute für den östlichen Innenstadtbereich. Im seitlichen Straßenraum sind hier beidseitig Parkflächen für den MIV ausgewiesen. Entlang dieser Achse sind nur vereinzelt gewerbliche Erdgeschossnutzungen zu finden, die teilweise auch nur von geringer Qualität sind.

Ähnlich verhalten sich die Nutzungen auch im Bereich der Zähringerstraße, die jedoch für den Rad- und Fußverkehr mit ihrem großzügigen Querschnitt und großen schattenspendenden Bäumen eine beliebte Alternative zur parallel verlaufenden Haupteinkaufsstraße bildet. Die Zähringerstraße führt schließlich auf den Kronenplatz, von dem aus über eine in die Platzgestaltung integrierte Rad- und Fußverkehrsbrücke in die östlich anschließenden Quartiere weitergeleitet wird.

### 5.2.2.1 Grundgerüst K2



Abbildung 83: Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie K2 (Quelle: Eigene Darstellung)

Im räumlichen Grundgerüst der Fallstudie K2 gehen von der vorgegebenen Bewegungslinie die folgenden Straßen ab: Steinstraße, Adlerstraße bzw. Markgrafenstraße, Zähringerstraße bzw. Adlerstraße und Kronenstraße. Das abstrakte Gerüst der Stressorenabwicklung wird dementsprechend in der Fallstudie K2 durch vier Fixpunkte gegliedert.

### 5.2.2.2 Stressorenmatrix K2

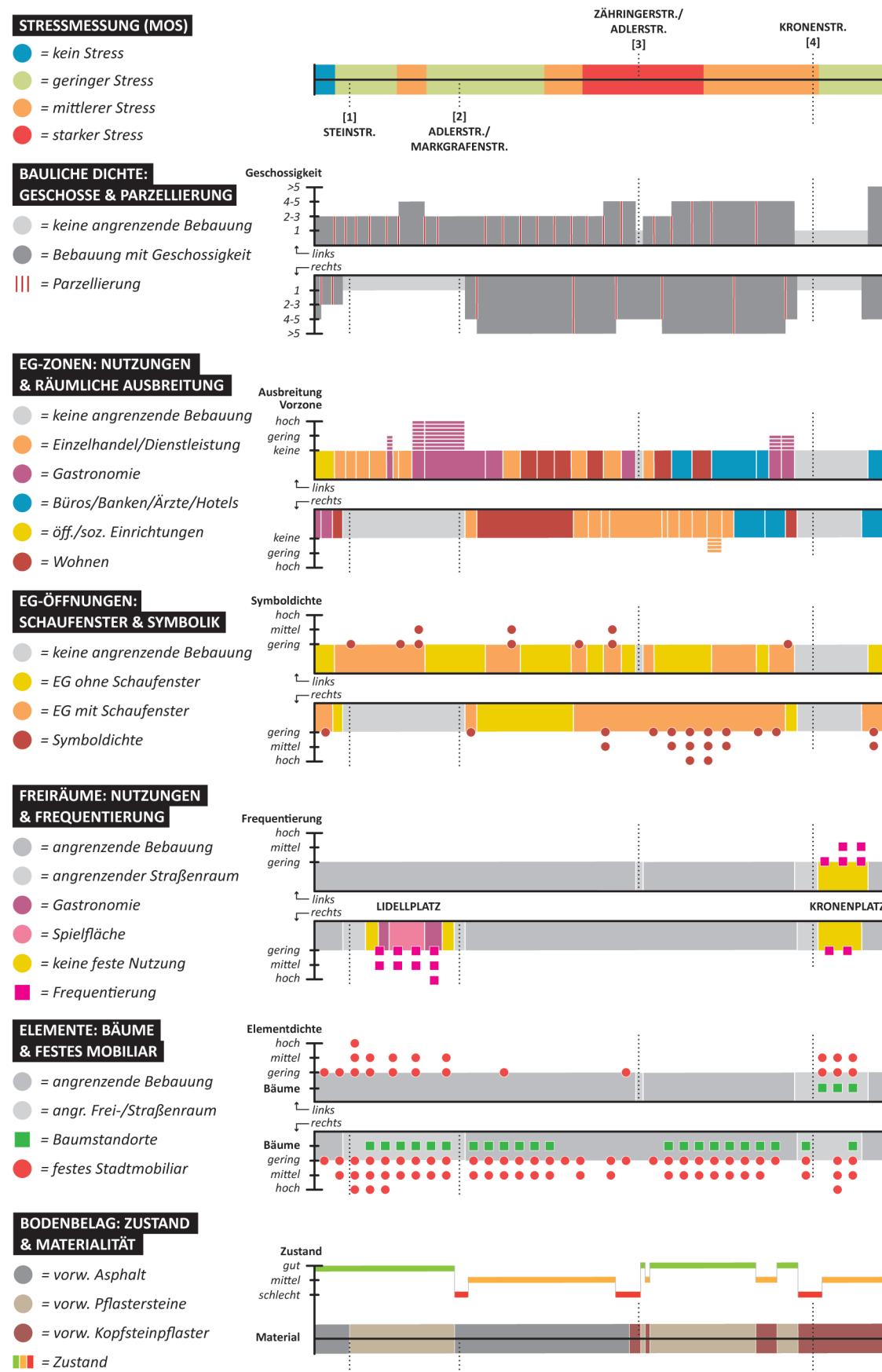
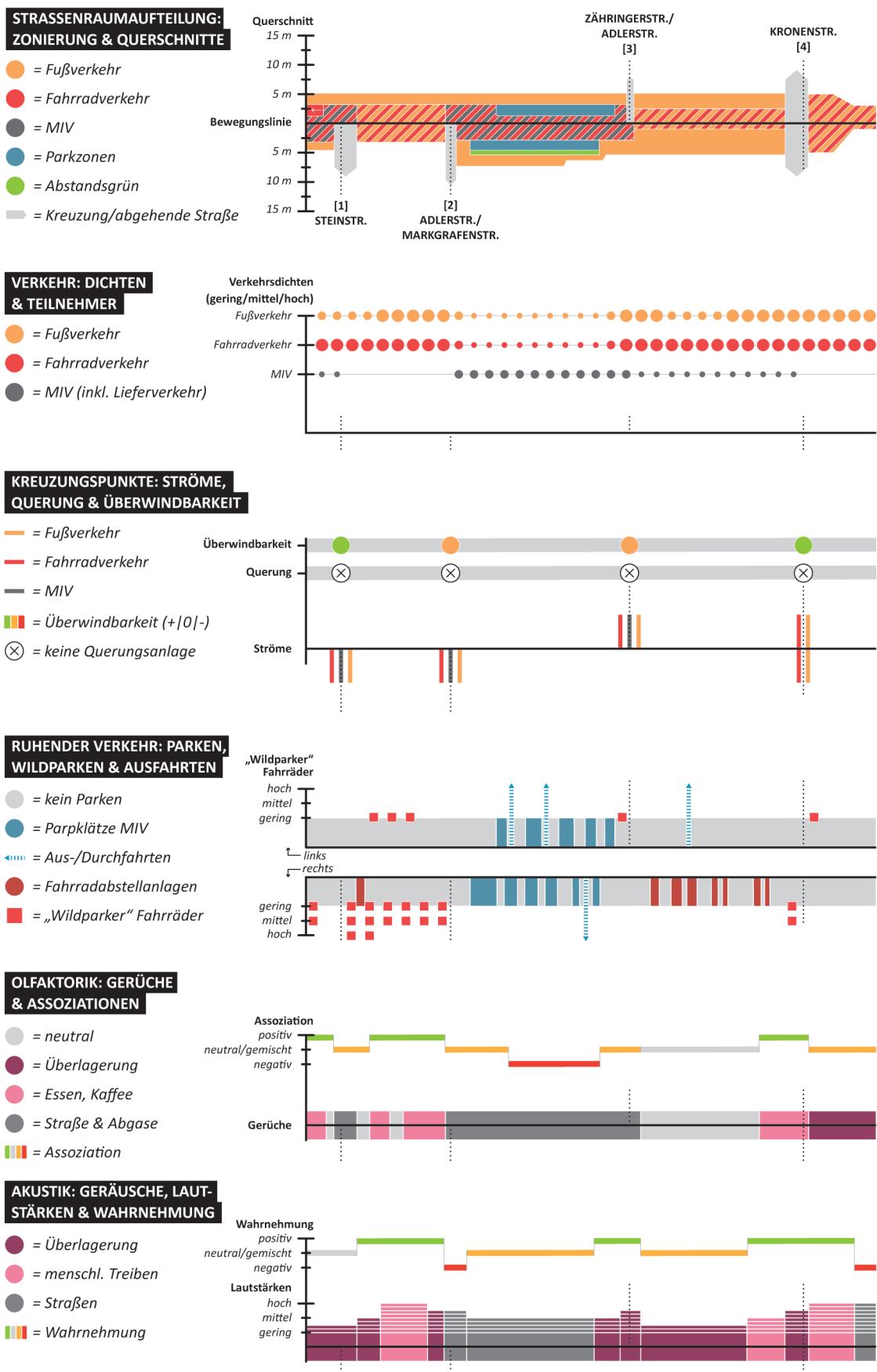


Abbildung 84: Stressorenmatrix Fallstudie K2 (Quelle: Eigene Darstellung)



### 5.2.2.3 Analyseergebnisse K2

Nach der gleichen Vorgehensweise wie in Fallstudie K1 sollen in diesem Abschnitt nun auch die Analyseergebnisse aus Fallstudie K2 anhand der in der Stressorenmatrix K2 (siehe Abbildung 84) gezeigten Abwicklungen dargelegt werden.

#### Stressmessung (MOS)

Mit der Übertragung der Ergebnisse der im Bereich der Fallstudie K2 durchgeführten Stressmessungen (vergleiche Kapitel 3.3.1.3) in die Darstellungsform der Abwicklung können zwei auffallende Stress-Hotspots identifiziert werden. Ein punktuelles Stressaufkommen mittlerer Intensität kann in diesem Kontext zwischen Steinstraße (1) und Adlerstraße/Markgrafenstraße (2), also unmittelbar am Lidellplatz, beobachtet werden. Darüber hinaus zeigt sich im Bereich Zähringerstraße/Adlerstraße (3) eine flächig verteilte Dichte an Stresspunkten von mittlerer bis starker Intensität, die sich bis zur Kronenstraße (4) sowie dem Kronenplatz erstreckt.

#### Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung

Die bauliche Dichte verhält sich auf der linken und rechten Straßenseite sehr unterschiedlich. Die zur linken Seite angrenzende Bebauung präsentiert sich bis Fixpunkt 3 sehr homogen mit mehrheitlich zwei bis drei Geschossen und einer kleinteiligen Parzellenstruktur. Im Bereich nach Fixpunkt 3 nimmt die Geschossigkeit zu und die Parzellierung wird großmaschiger. Die zur rechten Seite angrenzende Bebauung zeigt sich im Anfangsbereich der Bewegungslinie bis zur Steinstraße (1) zwar ebenfalls sehr kleinteilig, wandelt sich nach dem Lidellplatz ab Fixpunkt 2 jedoch zu sehr großflächigen Wohnstrukturen mit mehrheitlich über fünf Geschossen.

#### EG-Zonen: Nutzungen & Räumliche Ausbreitung

In Bezug auf die Nutzungen in den Erdgeschossen ist in Fallstudie K2 eine auffallend hohe Durchmischung festzuhalten. Während im Bereich um den Lidellplatz bis zur Adlerstraße/Markgrafenstraße (2) gastronomische Angebote sowie Einzelhandels- und Dienstleistungsnutzungen dominieren, sind im weiteren Verlauf bis Fixpunkt 4 beidseitig vermehrt auch Wohn- und Büronutzungen zu finden. Die Vorzonenausbreitung der Nutzungen spielt im gesamten Stadtraum eine eher untergeordnete Rolle und ist lediglich im Bereich um dem Lidellplatz zwischen Fixpunkt 1 und 2 sowie sehr vereinzelt zwischen 3 und 4 nennenswert.

#### EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik

Schaufensterflächen in den Erdgeschosszonen sind im Untersuchungsgebiet K2 mehrheitlich auf der linken Seite im Umfeld des Lidellplatzes bis Fixpunkt 2 und auf der rechten Seite vor Fixpunkt 3 bis hin zu Fixpunkt 4 zu finden. Sehr vereinzelt sind Schaufensterflächen auch in den restlichen Bereichen zu finden, allerdings dominieren hier Erdgeschosszonen mit einem

geringeren Öffnungsgrad. Die Symboldichte ist im gesamten Stadtraum sehr gering. Lediglich im Bereich der Einzelhandelsnutzungen auf der rechten Seite zwischen Punkt 3 und 4 kristallisiert sich eine flächige und hohe Konzentration an Symbolen heraus. Im restlichen Bereich sind lediglich punktuelle Spitzen mit geringer bis mittlerer Intensität zu verzeichnen.

#### **Freiräume: Nutzungen & Frequentierung**

Im Untersuchungsgebiet sind zwei Freiräume verortet. Der Lidellplatz befindet sich auf der rechten Seite zwischen den Abzweigungen zur Steinstraße (1) und zur Adlerstraße/Markgrafenstraße (2). Die Nutzung des Lidellplatzes ist sehr heterogen mit sowohl unbespielten Flächen als auch gastronomischen Außenbereichen und einem Kinderspielplatz. Nach Fixpunkt 4 führt die Bewegungslinie dann über den Kronenplatz, der in diesem hinteren Bereich lediglich mit zwei Brunnen bespielt wird. Die Frequentierung ist für den Lidellplatz als „mittel“ bis „hoch“ einzustufen. Auf dem Kronenplatz muss hierbei zwischen der gering frequentierten rechten Seite und der zur Fußgängerzone der Kaiserstraße hin orientierten, stärker frequentierten linken Seite unterschieden werden.

#### **Elemente: Bäume & Festes Mobiliar**

Das Stadtmobiliar ist in Fallstudie K2 mehrheitlich auf der rechten Seite der Bewegungslinie in mittleren bis hohen Dichten platziert. Auf der linken Seite ist lediglich die mittlere Elementdichte um den Lidellplatz bis Fixpunkt 2 und um den Kronenplatz nach Fixpunkt 4 auffallend.

#### **Bodenbelag: Zustand & Materialität**

Das Material der Bodenflächen lässt sich im Stadtraum K2 anhand der Kreuzungspunkte respektive Fixpunkte in fünf Abschnitte aufteilen. Im ersten Abschnitt bis Fixpunkt 1 ist vorherrschend Asphalt verbaut, bis Fixpunkt 2 folgen dann Pflastersteine. Ab Fixpunkt 2 ist dann wieder Asphalt vorherrschend. Im Teilbereich nach der Zähringerstraße/Adlerstraße (3) sind Pflastersteine vorherrschend, ab der Kronenstraße (4) ist schließlich Kopfsteinpflaster verlegt. Der Zustand des Bodenbelags variiert von „gut“ im Bereich bis Fixpunkt 2 über „mittel“ bis Fixpunkt 3, überwiegend „gut“ bis Fixpunkt 4 bis hin zu „mittel“ im hinteren Bereich nach Fixpunkt 4. Auffallend ist darüber hinaus, dass der Bodenbelag an den Kreuzungspunkten punktuell schlechte Zustände aufweist. An den Fixpunkten 3 und 4 weist das hier punktuell an den Kreuzungen verbaute Kopfsteinpflaster große Lücken und Reparaturstellen auf.

#### **Straßenraumaufteilung: Zonierung & Querschnitte**

In Bezug auf die Zonierung des Stadtraums K2 ist ebenfalls eine Einteilung in fünf Abschnitte zu beobachten. Im ersten Abschnitt wird der Radverkehr gemeinsam mit dem Autoverkehr auf einer rund fünf Meter breiten Spur geführt. Der MIV wird dann jedoch vor dem Lidellplatz an Fix-

punkt 1 abgeleitet. Der zweite Bereich entlang des Lidellplatzes misst ebenfalls rund fünf Meter, ist als Fußgängerzone ausgewiesen und für den Radverkehr freigegeben. In den Abschnitten eins und zwei verlaufen zusätzlich auch geschützte Gehwege im Seitenbereich, die lediglich auf der rechten Seite am Lidellplatz unterbrochen werden. Im dritten Abschnitt ist der Straßenraum klassisch unterteilt in eine mittlere, rund fünf Meter breite Fahrbahn für den Auto- und Radverkehr, Parkzonen im Seitenbereich, einem schmalen Abstandsgrün auf der rechten Seite und beidseitigen Fußwegen. In der Zähringerstraße, dem vierten Abschnitt zwischen Fixpunkt 3 und 4, zeichnet sich dann eine mittlere, rund 2,50 Meter breite Spur ab, die vonseiten des Rad- und Fußverkehrs genutzt wird. In den Seitenbereichen sind hier großzügige Flächen für den Fußverkehr vorbehalten, die teilweise durch einen Höhenversprung deutlich abgesetzt sind. Der Verlauf der Bewegungslinie über den Kronenplatz ab Fixpunkt 4 ist schließlich offen und ohne Zonierung als Fläche für den Rad- und Fußverkehr gestaltet.

#### **Verkehr: Dichten & Teilnehmer**

Über den gesamten Stadtraum K2 hinweg ist ein hohes Radverkehrsaufkommen und ein mittleres bis hohes Fußverkehrsaufkommen festzustellen. Lediglich entlang der Adlerstraße, zwischen Fixpunkt 2 und 3, ist eine geringere Dichte an Radfahrenden und Zufußgehenden zu beobachten. In diesem Bereich kann jedoch ein mittleres MIV-Aufkommen verzeichnet werden. Ansonsten beschränkt sich der Autoverkehr in K2 auf vereinzelten Lieferverkehr.

#### **Kreuzungspunkte: Ströme, Querungen & Überwindbarkeit**

Die vier Kreuzungspunkte entlang der Bewegungslinie sind ohne spezielle Querungsanlagen gestaltet. An den Fixpunkten 1, 2 und 3 kreuzt sowohl der MIV als auch der Rad- und Fußverkehr. Am Kreuzungspunkt der Kronenstraße (4) wird lediglich der über den Kronenplatz geführte Rad- und Fußverkehr gekreuzt. Die Überwindbarkeit an der Kreuzstraße (1) und an der Kronenstraße (4) wird als „gut“ bewertet, da die räumliche Situation gut einsehbar ist. Die Kreuzungspunkte 2 und 3 werden als „mittel“ bewertet, da das Sichtfeld teilweise aufgrund von spitzwinkligen Baukörpergeometrien und geringen Abstandsflächen eingeschränkt wird. Zusätzlich ist hier durch den Autoverkehr auf der Adlerstraße erhöhte Aufmerksamkeit gefordert.

#### **Ruhender Verkehr: Parken, Wildparken & Ausfahrten**

Über den Stadtraum K1 verteilt befindet sich ein Fahrradständer zwischen Fixpunkt 1 und 2 auf dem Lidellplatz und mehrere Fahrradabstellanlagen auf der rechten Seite der Bewegungslinie entlang der Zähringerstraße. Durch die rege Frequentierung des Lidellplatzes lässt sich insbesondere auf der rechten Seite zwischen Fixpunkt 1 und 2 eine höhere Dichte an wildparkenden Fahrrädern beobachten. Parkplätze für den MIV sind ausschließlich in der Adlerstraße vorbehalten und sind im dritten Abschnitt auf beiden Seiten gleichmäßig verteilt. Durch Hinter-

hofnutzungen sind in diesem Abschnitt auch drei Durchfahrten respektive Ausfahrten für den MIV verortet. Eine weitere Ausfahrt befindet sich nach Fixpunkt 3 in der Zähringerstraße.

### **Olfaktorik: Gerüche & Assoziationen**

Die Gerüche innerhalb des Stadtraums präsentieren sich im Bereich um den Lidellplatz bis Fixpunkt 2 heterogen und variieren zwischen Essens- und Kaffeegerüchen, Abgasgerüchen und kurzweiligeren neutralen Bereichen. Dieser Abschnitt wird, mit Ausnahme der Abgasgerüche an der Steinstraße (1), mehrheitlich „positiv“ konnotiert. Der darauffolgende Abschnitt bis Kreuzungspunkt 3 wird deutlich von den Abgasgerüchen des Autoverkehrs geprägt und „negativ“ bis „gemischt“ wahrgenommen. Entlang der nach Fixpunkt 3 verlaufenden Zähringerstraße sind zunächst keine spezifischen Geruchsnoten wahrnehmbar. Vor dem Kreuzungspunkt zur Kronenstraße (4) treten dann deutliche Kaffeegerüche hervor, die „positiv“ wahrgenommen werden. Nach Fixpunkt 4 kommt es wieder zu einer Überlagerung, die als „gemischt“ assoziiert wird.

### **Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung**

Hinsichtlich der Akustik in Fallstudie K2 können im Bereich bis zur Steinstraße (1) lediglich als „neutral“ assoziierte Überlagerungen wahrgenommen werden. Im Umfeld des Lidellplatzes bis zum Kreuzungspunkt Adlerstraße/Markgrafenstraße (2) sind vereinzelt „positiv“ konnotierte Geräusche zu erkennen. Hier sind durch den Kinderspielplatz vor allem Spielgeräusche, also menschliches Treiben, herauszufiltern. Die Lautstärke nimmt in diesem Bereich zu. Im folgenden Abschnitt sind entlang der Adlerstraße bis Fixpunkt 3 Straßengeräusche mit mittlerer Lautstärke wahrnehmbar, die „gemischt“ wahrgenommen werden.

Ab der Ecke Zähringerstraße/Adlerstraße (3) kommt es dann zu Geräuschüberlagerungen. Im direkten Kreuzungsbereich ist dabei sogar deutlich die nur unweit entfernte Fußgängerzone zu hören, worauf auch die hier punktuell erhöhte Lautstärke zurückzuführen ist. Die akustischen Überlagerungen werden dort mehrheitlich als „positiv“ bewertet. Die Lautstärke flacht dann im Verlauf der Zähringerstraße deutlich ab und wird als „gemischt“ assoziiert. Im Übergang zum Kronenplatz steigt die Lautstärke dann bereits vor der Kronenstraße (4) wieder deutlich an. Durch die gastronomischen Nutzungen, die Frequentierung des Freiraums und die Nähe zur Fußgängerzone wechseln sich in diesem Bereich das Geräusch menschlichen Treibens sowie Überlagerungen ab, die mehrheitlich „positiv“ wahrgenommen werden. Im Bereich der Brücke über die Fritz-Erler-Straße im letzten Teil der Bewegungslinie werden „negativ“ assoziierte Straßengeräusche wahrnehmbar.

### 5.2.3 Fallstudie O1 Stadt Osnabrück

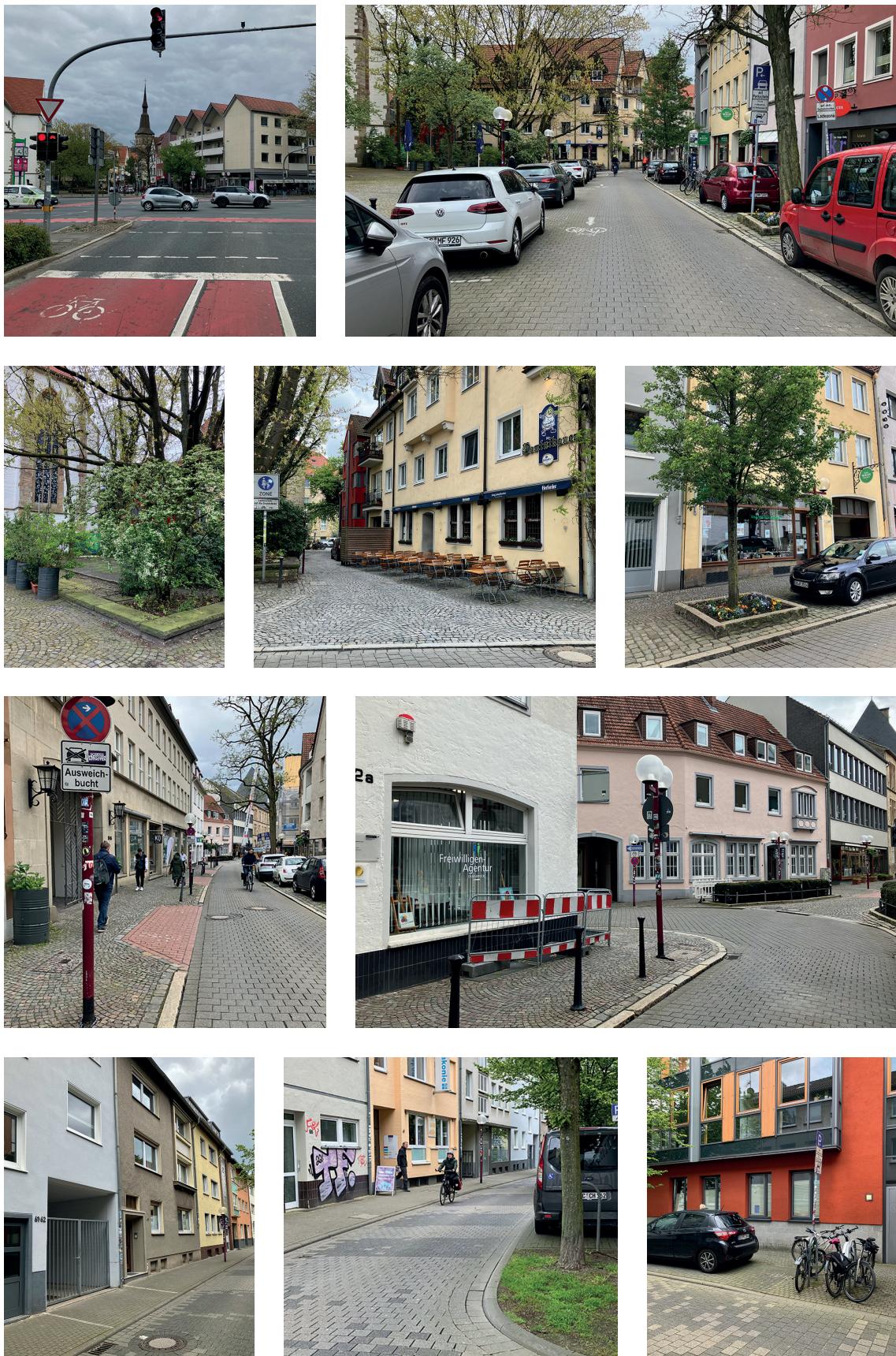


Abbildung 85: Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie O1 (Fotografien: Eigenes Archiv)

Der Stadtraum in Fallstudie O1 präsentiert sich sehr kontrastreich und steht im Spannungsfeld zwischen den großen Hauptverkehrsachsen und Kreuzungspunkten sowie dem dicht bebauten historischen Altstadtkern der Stadt Osnabrück. Die Natruper Straße, die eine der wichtigsten Verbindungen in die nördlichen Quartiere darstellt, und die Hauptachse des Wallrings sind hier die prägenden Strukturen und werden vom Autoverkehr dominiert.

Charakteristisch für den Bereich, der dann innerhalb des Stadtzentrums nach dem Überqueren des Wallrings folgt, ist dann zunächst der großzügige, ruhige Platz um das historische Kirchengebäude, in dem die Kunsthalle ansässig ist. Weiter in Richtung Innenstadt werden die Strukturen dann deutlich dichter und belebter mit einigen Erdgeschossnutzungen. Jedoch sind die Querschnitte des Stadtraums dementsprechend auch um einiges geringer, was durch das Parken im Seitenbereich noch verstärkt wird. Ausweichbuchten sollen den Radverkehr hier vor gefährlichen Situationen mit dem Gegenverkehr schützen. Eine Besonderheit stellt dann auch die scharfe Kurve am Eingang der Fußgängerzone dar, über die der Verkehr weiter über die Bierstraße abgeleitet wird. Der daran anknüpfende Teilbereich ist schließlich wenig belebt und durchmischt mit einigen unübersichtlichen Aus- und Durchfahrten.

### 5.2.3.1 Grundgerüst O1

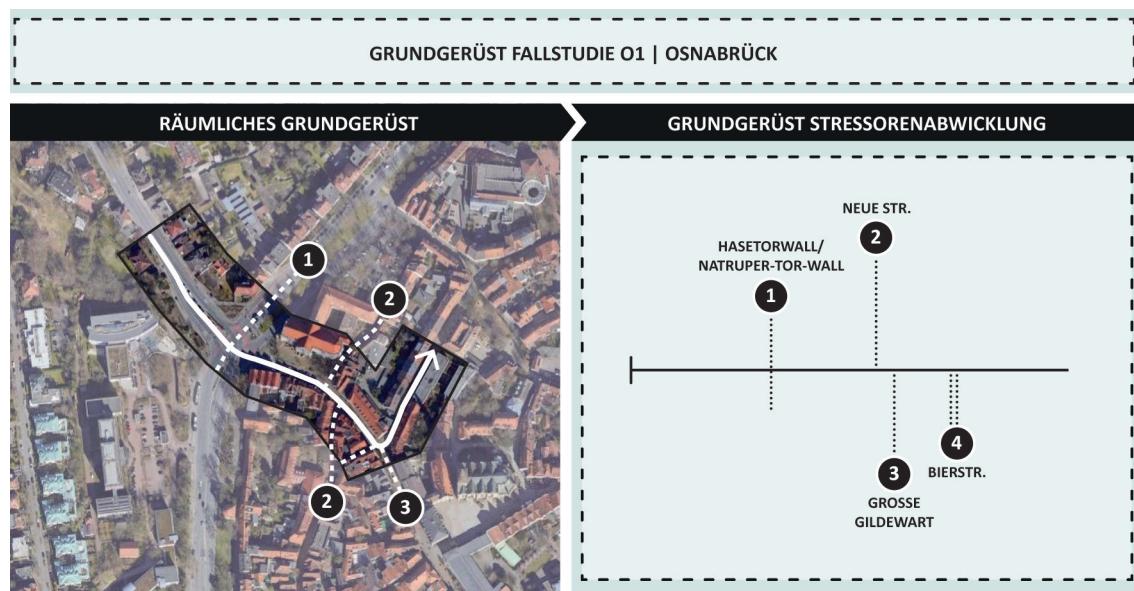


Abbildung 86: Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie O1 (Quelle: Eigene Darstellung)

Im räumlichen Grundgerüst der Fallstudie O1 gehen von der zuvor definierten Bewegungslinie die folgenden Straßen ab: Hasetorwall bzw. Natruper-Tor-Wall, Neue Straße, Große Gildewart, Bierstraße. Das abstrakte Gerüst der Stressorenabwicklung wird dementsprechend in der Fallstudie O1 durch vier Fixpunkte strukturiert.

### 5.2.3.2 Stressorenmatrix O1

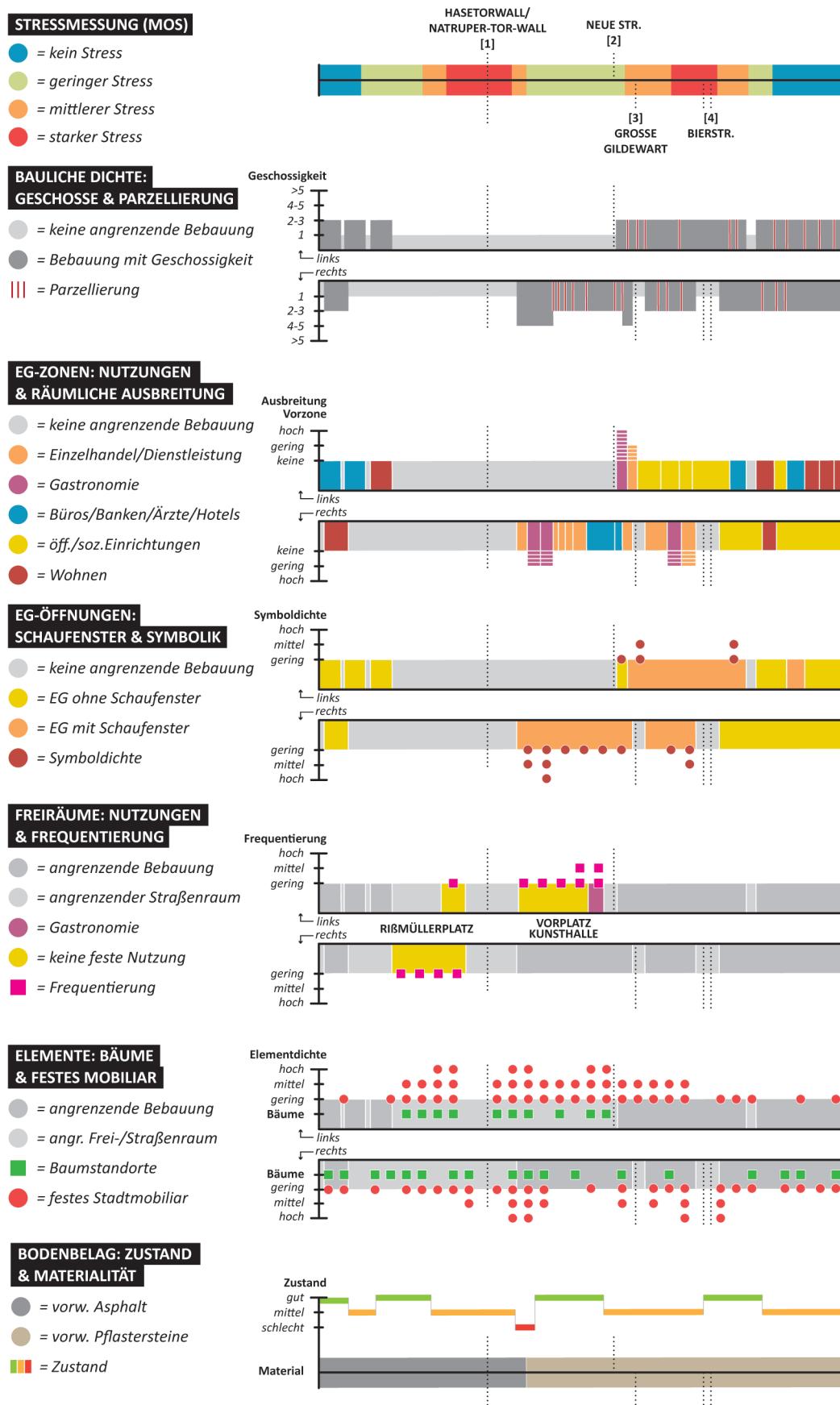
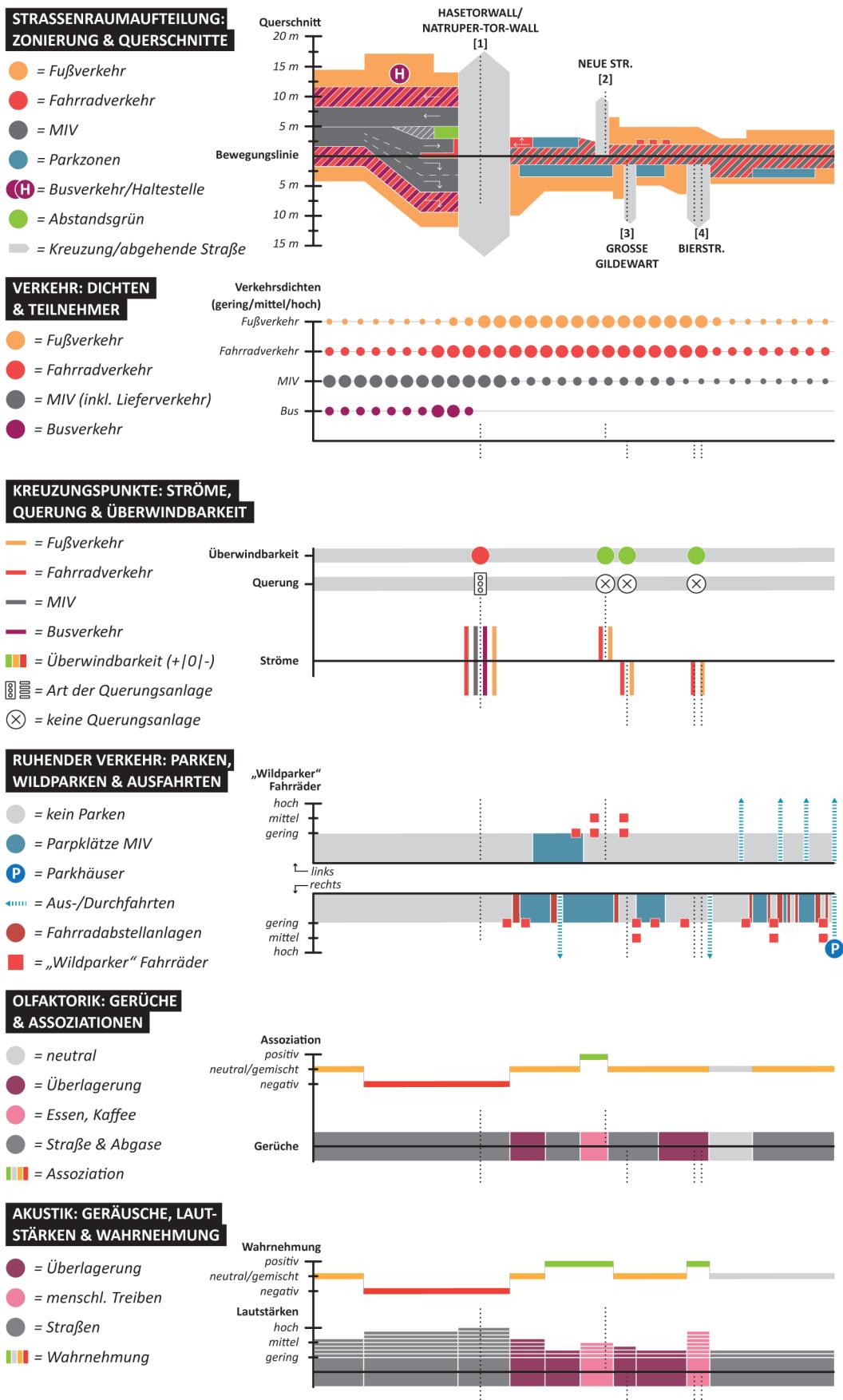


Abbildung 87: Stressorenmatrix Fallstudie O1 (Quelle: Eigene Darstellung)



### 5.2.3.3 Analyseergebnisse O1

Im folgenden Abschnitt werden die Analyseergebnisse in Fallstudie O1 detailliert besprochen. Dafür bildet die in Abbildung 87 dargestellte Stressorenmatrix O1 sowie die dort aufgeführten Stressorenabwicklungen die Grundlage, anhand derer im Folgenden die wichtigsten Auffälligkeiten und Ausprägungen der analysierten Faktoren in Fallstudie O1 besprochen werden soll.

#### Stressmessung (MOS)

Entsprechend der räumlichen Ergebniskarte der Stressmessungen aus dem Projekt ESSEM im Bereich der Fallstudie O1 (vergleiche Kapitel 3.3.2.2) zeigt die Abwicklungsdarstellung zwei neuralgische Stress-Hotspots. Die beiden Hotspots lassen sich am Kreuzungspunkt zum Wallring (Fixpunkt 1: Hasetorwall/Natruper-Tor-Wall) und im Bereich der Bierstraße (4) lokalisieren. Beide Hotspots weisen an diesen Punkten jeweils eine starke Konzentration der gemessenen Stressmomente auf. Mittlere Ausschläge erstrecken sich an diesen Punkten jeweils auch bis in die umliegenden Bereiche der Hotspots.

#### Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung

Im vorderen Bereich flankieren auf beiden Seiten freistehende, zwei- bis dreigeschossige Gebäude die Bewegungslinie. Durch die große Kreuzungssituation des Wallrings zeichnet sich dann deutlich eine große unbebaute Fläche in der Abwicklung ab. Im darauffolgenden Verlauf der Bierstraße ab Fixpunkt 1 sind dann überwiegend homogene Strukturen zu finden, die auf der rechten Seite im Übergang zur Altstadt besonders kleinteilig parzelliert sind.

#### EG-Zonen: Nutzungen & Räumliche Ausbreitung

Die Erdgeschossnutzungen in Stadtraum O1 präsentieren sich auffallend heterogen. Während die EG-Zonen vor Fixpunkt 1 durch Wohnnutzungen, Arztpraxen und Büros genutzt werden, kommen im anschließenden Bereich vor allem auf der rechten Seite auch der Einzelhandel, Dienstleistungen und Gastronomie hinzu. Auffallend ist in O1 auch der große Anteil öffentlicher und sozialer Nutzungen, die links nach Fixpunkt 2 und rechts nach Fixpunkt 4 verortet sind. Links dominieren im hinteren Bereich dann wiederum Wohn- und Büronutzungen. Im Bereich zwischen Fixpunkt 1 und 4 breiten sich die Gastronomie und der Einzelhandel sehr vereinzelt auch in Form von kleineren Vorzonen im Stadtraum aus.

#### EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik

Die Fassaden der Erdgeschosszonen weisen in O1 im vorderen und hinteren Bereich der Bewegungslinie einen geringen Öffnungsgrad auf. Der Mittelbereich zwischen Hasetorwall/Natruper-Tor-Wall (1) und Bierstraße (4) ist mit Ladengeschäften, Gastronomie und öffentlichen Nutzungen hingegen mit Schaufensterflächen gestaltet. Die Symboldichte wird hier mehrheitlich

als „gering“ eingestuft, weist jedoch an den Kreuzungspunkten punktuelle Spitzen von mittlerer und hoher Intensität auf.

### **Freiräume: Nutzungen & Frequentierung**

In Bezug auf die Freiräume sind entlang der Bewegungslinie drei Freiflächen platziert. Zwei der Freiflächen sind dabei Teil des Rißmüllerplatzes und sind beidseitig im Bereich vor dem Kreuzungspunkt des Wallrings angeordnet. Sie sind als grüne Gestaltungselemente des Straßenraums mit Bepflanzungen und kleineren Sitzbereichen gestaltet und weisen keine feste Nutzung auf. Durch die direkte Lage am Wallring ist die Aufenthaltsqualität sowie die Frequentierung dieser beiden Plätze eher gering. Unmittelbar nach Kreuzungspunkt 1 ist dann auf der linken Seite der Bierstraße der Vorplatz der Kunsthalle, einer ehemaligen Klosterkirche, verortet. Der Platz bleibt weitestgehend unbespielt und wird lediglich im hinteren Bereich an der Einmündung der Neuen Straße (2) mit Außengastronomie bespielt. Hier nimmt die Frequentierung leicht zu.

### **Elemente: Bäume & Festes Mobiliar**

Das Stadtmobiliar ist im Untersuchungsgebiet O1 sehr heterogen verteilt. Auf der linken Seite steigert sich die Elementdichte von „gering“ und „mittel“ ab dem Rißmüllerplatz zu „hoch“ und flacht dann ab der Neuen Straße (2) wieder ab. Auf der rechten Seite ist relativ durchgehend eine geringe Konzentration zu beobachten, die punktuelle Spitzen an den Kreuzungspunkten 1, 3 und 4 aufweist. Die Standorte der Bäume sind links im Bereich der Freiflächen zu lokalisieren, wohingegen sie rechts gleichmäßig über die Bewegungslinie verteilt sind.

### **Bodenbelag: Zustand & Materialität**

Hinsichtlich der Materialien der Bodenflächen kann in O1 eine klare Einteilung in zwei Abschnitte getroffen werden. Im Bereich vor der Kreuzung des Wallrings sind die Bodenflächen asphaltiert. Unmittelbar nach dem Kreuzungspunkt, also nach Fixpunkt 1, sind Pflastersteine das vorherrschende Bodenmaterial. Der Zustand der Bodenflächen ist sehr gemischt und wechselt, mit Ausnahme der schlechten Qualität des unmittelbaren Kreuzungspunktes Hasetorwall/Natruper-Tor-Wall (1), zwischen „gut“ und „mittel“.

### **Straßenraumaufteilung: Zonierung & Querschnitte**

In der Abwicklung der Straßenraumaufteilung ist der große Kreuzungspunkt des Wallrings an Fixpunkt 1 anhand des vergrößerten Querschnitts und der mehrspurigen Aufteilung der MIV-Fahrbahnen in diverse Abbiegespuren deutlich zu erkennen. Der Radverkehr wird in diesem Bereich gemeinsam mit dem Busverkehr auf einer separaten Spur geführt. Lediglich die Abbiegespur nach rechts auf den Wallring wird im Bereich des MIVs separat abgetrennt. Nach Überqueren des Wallrings wird der Radverkehr über die gesamte Bewegungslinie hinweg gemeinsam

mit dem MIV auf einer sehr schmalen Fahrbahn geführt, die bis Fixpunkt 4 lediglich drei Meter misst. Zusätzlich grenzen im Verlauf ab Fixpunkt 1 auch einige Parkzonen für den MIV direkt im Seitenbereich an die Fahrbahn an. Aufgrund dieser unzureichenden Platzverhältnisse sind zwischen der Neuen Straße (3) und der Großen Gildewart (4) im Seitenbereich Ausweichbuchten für den Radverkehr eingerichtet. Der Fußverkehr wird im gesamten Stadtraum beidseitig auf ausreichend dimensionierten Gehwegen geführt. Lediglich entlang des Freiraums zwischen Fixpunkt 1 und 2 ist kein separater Fußweg vorbehalten. Hier wird der Fußverkehr unmittelbar über den Vorplatz der Kunsthalle geleitet.

#### **Verkehr: Dichten & Teilnehmer**

Hinsichtlich der Verkehrsteilnehmer und -dichten ist im vorderen Abschnitt des Stadtraums O1 ein hohes Aufkommen des MIVs zu beobachten. Der Busverkehr ist hier insbesondere in den Haltebereichen vor der Ampelanlage und an der Haltestelle in der Natruper Straße, also unmittelbar vor Fixpunkt 1, präsent. Der Fahrradverkehr erreicht in diesem ersten Abschnitt zunächst mittlere Dichten, ballt sich dann aber analog zum Busverkehr an den Haltezonen vor der Ampelanlage. Am Eingangsbereich zur Innenstadt nach Fixpunkt 1 ist der Autoverkehr dann deutlich geringer. Der Fahrrad- und Fußverkehr nimmt bis zur Abzweigung in die Fußgängerzone (Fixpunkt 4) hingegen deutlich zu. Entlang der Lohstraße ab Fixpunkt 4 sind dann wieder geringere Dichten für den Auto- und Fußverkehr und hinsichtlich des Radverkehrs eine mittlere Dichte zu beobachten.

#### **Kreuzungspunkte: Ströme, Querungen & Überwindbarkeit**

Insgesamt sind im Stadtraum O1 vier Kreuzungspunkte entsprechend der genannten Fixpunkte zu finden. Dabei handelt es sich bei Fixpunkt 1 um den großen Kreuzungspunkt der Natruper Straße mit dem Wallring, über den sowohl der Auto- und Busverkehr als auch der Rad- und Fußverkehr mithilfe einer Ampelanlage gesteuert wird. Aufgrund der mehrspurigen Zonierung, des hohen Verkehrsaufkommens und der teilweise langen Wartezeiten an der Ampelanlage wird die Überwindbarkeit der Kreuzung als „schlecht“ beurteilt. An den kleineren Einmündungen an den Fixpunkten 2 bis 4 sind keine Querungsanlagen vorgesehen, die kreuzenden Verkehre sind aber relativ gering und die räumliche Situation ist gut zu überblicken. An diesen Stellen wird die Überwindbarkeit deshalb als „gut“ eingeschätzt.

#### **Ruhender Verkehr: Parken, Wildparken & Ausfahrten**

Die Zonen für den ruhenden Verkehr sind in O1 erst ab Fixpunkt 1 ausgewiesen und befinden sich vorwiegend auf der rechten Seite der Bewegungslinie. Auf der linken Seite des Straßenraums ist lediglich im Abschnitt zwischen den Kreuzungspunkten 1 und 2 eine Parkzone im Seitenbereich für den MIV ausgewiesen. Auf der rechten Seite sind ab Fixpunkt 1 über die gesamte Bewegungs-

linie hinweg größere Parkzonen verteilt. Die Fahrradabstellanlagen konzentrieren sich ebenfalls auf der rechten Straßenseite und wechseln sich in Form von kleineren Abstellanlagen mit den MIV-Parkzonen ab. Sie sind gleichmäßig zwischen Fixpunkt 1 und 2 sowie ab Fixpunkt 4 bis zum Ende des Untersuchungsraums verteilt. Im hinteren Teil sind darüber hinaus ab Fixpunkt 4 eine Vielzahl an Aus- und Durchfahrten für den Autoverkehr zu verzeichnen. Fahrradwildparken ist in Fallstudie O1 nur sehr wenig zu beobachten und konzentriert sich auf das direkte Umfeld von Fahrradabstellanlagen beziehungsweise an Stellen ohne offizielle Abstellmöglichkeiten, wie zum Beispiel am Kreuzungspunkt Neue Straße (2).

### **Olfaktorik: Gerüche & Assoziationen**

Die in O1 wahrnehmbaren Gerüche sind vor allem im vorderen Bereich bis zum Wallring und im hinteren Bereich der Lohstraße ab Fixpunkt 4 von starken Abgasgerüchen geprägt. Lediglich entlang der Bierstraße zwischen Fixpunkt 1 und 4 sind vereinzelt auch Essens- und Kaffeegerüche beziehungsweise Überlagerungen herauszufiltern. Die Wahrnehmung der Gerüche variiert von überwiegend „schlecht“ im vorderen Bereich über „gemischt“ und „gut“ bis zur Einmündung der Neuen Straße (2) und bleibt dann „gemischt“ bis zum Ende des Untersuchungsraums.

### **Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung**

Ähnlich wie die Olfaktorik lässt sich auch die Akustik im Stadtraum O1 in drei Abschnitten beschreiben. Im ersten Abschnitt bis zum Wallring steigern sich die wahrnehmbaren Straßengeräusche zu einer hohen Lautstärke und werden als „negativ“ assoziiert. Im zweiten Abschnitt bis zum Kreuzungspunkt Bierstraße (4) sind dann vermehrt Geräuschüberlagerungen und menschliches Treiben akustisch zu identifizieren. Die Lautstärke flacht hier auf einen durchschnittlich mittleren Pegel ab und bildet lediglich am Übergang zur belebten Einkaufsstraße (Fixpunkt 4) eine Spitze mit hoher Lautstärke. Die Akustik wird in diesem zweiten Abschnitt des Stadtraums mehrheitlich als „positiv“ beziehungsweise „gemischt“ bewertet. Im dritten Abschnitt nach Fixpunkt 4 sind dann wieder ausschließlich Straßengeräusche herauszufiltern, die jedoch lediglich geringe Lautstärken erreichen und deshalb als „neutral“ wahrgenommen werden.

## 5.2.4 Fallstudie O2 Stadt Osnabrück



Abbildung 88: Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie O2 (Fotografien: Eigenes Archiv)

Der in Fallstudie O2 präsentierte Stadtraum bildet eine der Hauptachsen ins Stadtzentrum Osnabrücks und führt vom westlichen Teil des Wallrings bis zum Dom St. Petrus, einem der wichtigsten Wahrzeichen und belebtesten Orte der Stadt. Eine Besonderheit ist dabei, dass auch der Busverkehr mit einer hohen Frequenz durch diesen Stadtraum geleitet wird, was an vielen Stellen zu Konfliktsituationen führt. Die Erdgeschosszonen sind überwiegend gewerblich im westlichen Teilbereich durch Arkaden abgesetzt, durch die auch der Fußweg führt.

Vorzonen sind im gesamten Stadtraum jedoch eher selten eingerichtet, nur vereinzelt sind kleinere Tischgruppen und Aufsteller zu finden. Im Bereich der Krahnenstraße ist der Kreuzungspunkt zur Fußgängerzone und Haupteinkaufsstraße dann großzügig mit einem doppelten Zebrastreifen eingerichtet.

In dem daran anschließenden Teilbereich sind vermehrt historische Gebäude und große Bäume zu finden. Am Platz der Deutschen Einheit sind die Bodenflächen der Kurve zwischen der Lortzingstraße und dem Domhof in einem auffallenden Schachbrettmuster bemalt. Der Platz vor dem Dom wird schließlich durch große Bäume von der Straße abgegrenzt. Dort befindet sich auch eine Bushaltestelle.

#### 5.2.4.1 Grundgerüst O2

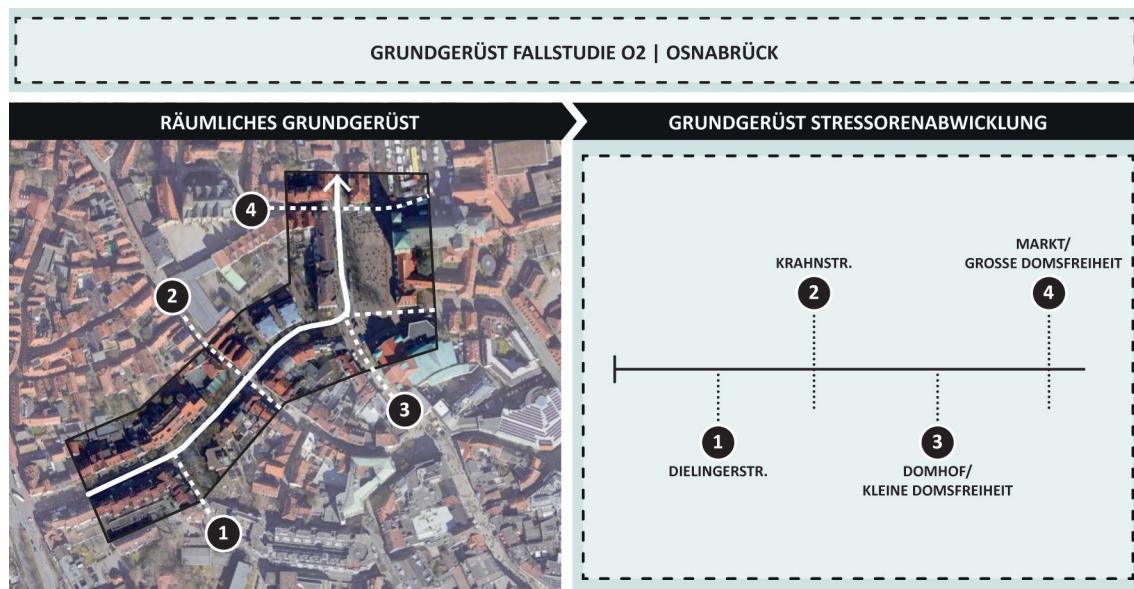


Abbildung 89: Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie O2 (Quelle: Eigene Darstellung)

Im räumlichen Grundgerüst der Fallstudie O2 gehen von der definierten Bewegungslinie die folgenden Straßen ab: Dielingerstraße, Krahnenstraße, Domhof bzw. Kleine Domsfreiheit, Markt bzw. Große Domsfreiheit. Das abstrakte Gerüst der Stressorenabwicklung wird dementsprechend in der Fallstudie O2 durch vier Fixpunkte gegliedert.

### 5.2.4.2 Stressorenmatrix O2

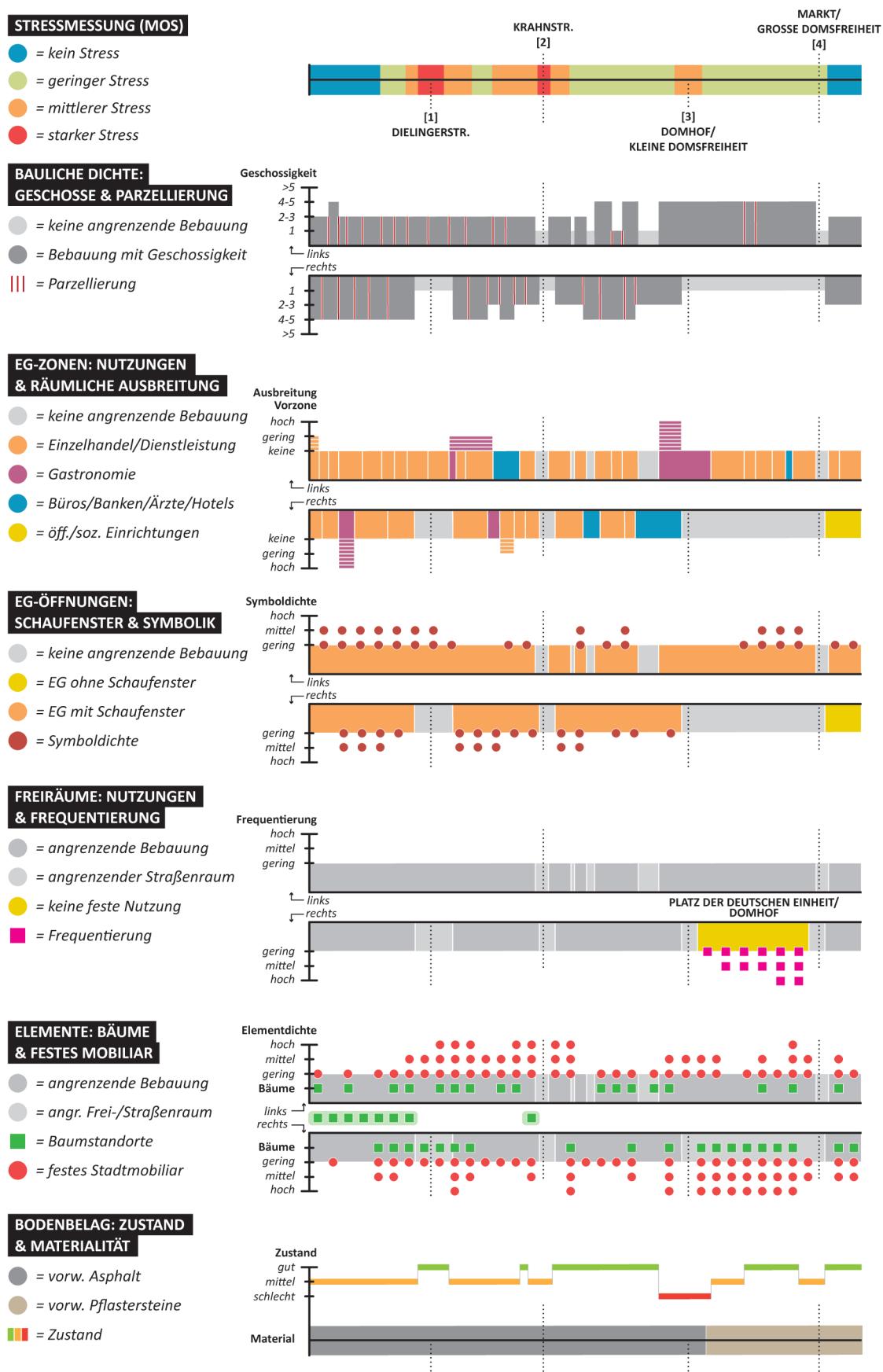
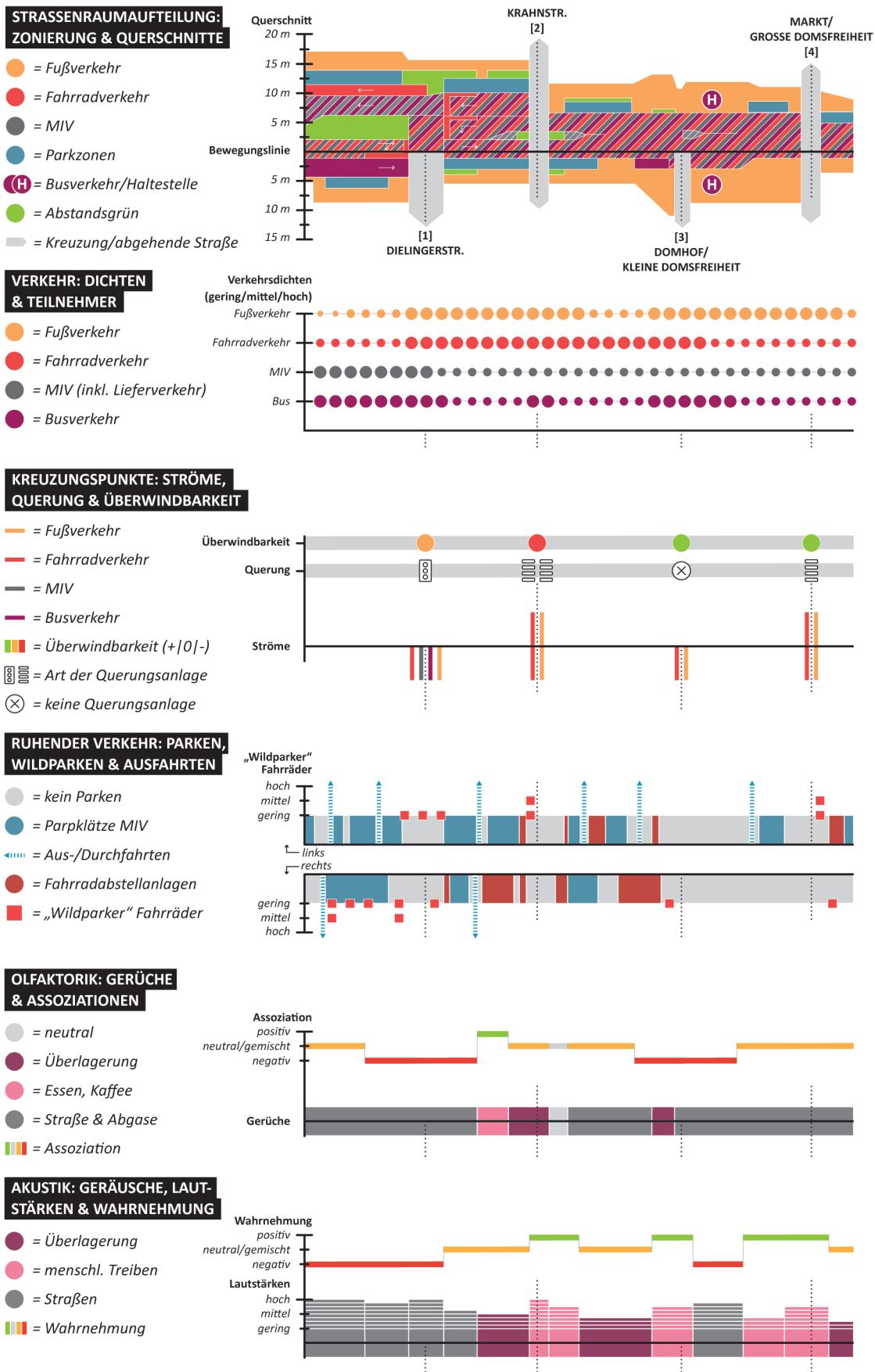


Abbildung 90: Stressorenmatrix Fallstudie O2 (Quelle: Eigene Darstellung)



### 5.2.4.3 Analyseergebnisse O2

Für die Ergebnisbesprechung der in Fallstudie O2 durchgeführten Analysen wird auf die in Abbildung 90 dargestellte Stressorenmatrix O2 Bezug genommen. Im Folgenden soll dabei auf die wichtigsten Beobachtungen zu den einzelnen Untersuchungsfaktoren eingegangen werden.

#### Stressmessung (MOS)

Analog zur Heatmap der Stressmessungen im Kontext der Fallstudie O2 (vergleiche Kapitel 3.3.2.3) bildet die Abwicklung drei neuralgische Stress-Hotspots ab. An den Einmündungen zur Dielingerstraße (1) und zur Krahnstraße (2) sind in diesem Zusammenhang zwei Hotspots mit einem mittleren bis starken Stressaufkommen zu verzeichnen, die flächig in einer mittleren Konzentration auslaufen. Darüber hinaus lässt sich im Bereich Domhof/Kleine Domsfreiheit (3) ein mittlerer Stress-Hotspot identifizieren.

#### Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung

In Bezug auf die bauliche Dichte können in der Abwicklung drei Bereiche identifiziert werden. Der erste Bereich bis Fixpunkt 2, die Einmündung zur Haupteinkaufsstraße Krahnstraße, präsentiert sich sehr homogen. Er wird von kleinteilig parzellierten Gebäuden gekennzeichnet, die auf der linken Seite mehrheitlich zwei bis drei und auf der rechten Seite sogar vier bis fünf Geschosse besitzen. Der zweite Bereich bis zur Einmündung Domhof/Kleine Domsfreiheit (3) ist deutlich heterogener bebaut und weist wechselhafte Parzellierungen und Geschoss Höhen auf. Auf der linken Seite sind hier durch das feinmaschige Gassensystem der Innenstadt auch freistehende Gebäude zu finden, wohingegen die rechte Seite sich deutlich kompakter zeigt. Im darauf folgenden Abschnitt im Bereich des Doms sind größere Gebäudestrukturen zu finden.

#### EG-Zonen: Nutzungen & Räumliche Ausbreitung

Die Erdgeschossnutzungen bestehen in Fallstudie O2 überwiegend aus kleinteiligen Einzelhandels- und Dienstleistungsnutzungen mit nur sehr vereinzelten, geringfügigen Vorzonenausbreitungen. Punktuell sind in den Erdgeschosszonen auch gastronomische Nutzungen sowie Büros und Arztpraxen zu finden.

#### EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik

Hinsichtlich der Schaufensterflächen und der Symbolik der Erdgeschosszonen präsentiert sich das Untersuchungsgebiet O2 mit einem hohen Öffnungsgrad. Im gesamten Gebiet sind, bis auf eine vereinzelte EG-Zone ohne Schaufensterfläche nach Fixpunkt 4, durchgängig Schaufensterflächen zu finden. Äquivalent dazu verhält sich auch die Symbolik des Stadtraums O2, die sich insbesondere im vorderen Bereich bis Fixpunkt 1 beidseitig mit einer flächigen, mittleren Symboldichte präsentiert. Im Bereich bis zur Krahnstraße (2) verlagert sich die Symboldichte

dann verstärkt auf die rechte Seite der Bewegungslinie. Bis zu Fixpunkt 3 sind dann beidseitig punktuelle Spitzen von mittlerer Intensität zu verzeichnen. Im hinteren Teil der Bewegungslinie nach Fixpunkt 3 sind dann durch die große Freifläche vor dem Dom auf der rechten Seite lediglich auf der linken Seite der Bewegungslinie Symbole in den Erdgeschossen verortet, die im Bereich vor dem Markt/Große Domsfreiheit (4) eine flächige, mittlere Dichte erreichen.

### **Freiräume: Nutzungen & Frequentierung**

Entlang der definierten Bewegungslinie ist in O2 lediglich der „Domhof“ beziehungsweise der „Platz der Deutschen Einheit“ als Freiraum zu finden, der sich unmittelbar vor dem Dom St. Petrus und dem Theater im hinteren Bereich zwischen Fixpunkt 3 und 4 befindet. Dieser großzügig dimensionierte Platz ist offen und ohne eine feste Nutzungsvorgabe gestaltet. Durch seinen Bezug zu den touristischen Wahrzeichen der Stadt wird auf diesem Platz durchschnittlich eine mittlere bis hohe Frequentierung beobachtet.

### **Elemente: Bäume & Festes Mobiliar**

Das feste Stadtmobiliar ist in O2 über den gesamten Stadtraum hinweg verteilt und ballt sich, abgesehen von vereinzelten Spitzen an den Kreuzungsbereichen, hauptsächlich auf der linken Seite zwischen Fixpunkt 1 und 2 sowie rechts zwischen Fixpunkt 3 und 4 entlang des Domhofs. Auch die Stadtbäume sind beidseitig relativ gleichmäßig entlang der Bewegungslinien verteilt. Zu Verdichtungen kommt es lediglich bis zur Abzweigung Dielingerstraße (1) auf dem Abstandsgrün des Mittelstreifens, im rechten Seitenbereich um Fixpunkt 1 sowie entlang des Domhofs zwischen Fixpunkt 3 und 4.

### **Bodenbelag: Zustand & Materialität**

Die verlegten Bodenmaterialien sind in Fallstudie O2 in zwei Abschnitte zu unterteilen. Im Abschnitt bis zur Abzweigung Domhof/Kleine Domsfreiheit ist vorwiegend Asphalt verbaut, im Bereich danach sind Pflastersteine vorherrschend. Der Zustand des Bodenbelags wird überwiegend als „mittel“ und an einigen Stellen auch als „gut“ eingestuft. Lediglich im Bereich von Fixpunkt 3, der Kurve zum Domhof, ist die schachbrettartige Markierung stark abgenutzt und der Zustand des Belags schlecht.

### **Straßenraumaufteilung: Zonierung & Querschnitte**

Der Straßenraum ist in Fallstudie O2 bis zum Kreuzungspunkt Markt/Große Domsfreiheit im Mittelbereich zweispurig ausgebaut, mit einer Spur in jede Fahrtrichtung. Über diese mittlere Fahrbahn werden sowohl der Radverkehr als auch der MIV und Busverkehr geführt. Im Anfangsbereich bis zur Dielingerstraße (1) sind die beiden Fahrtrichtungen durch ein Abstandsgrün voneinander abgetrennt. Im unmittelbaren Kreuzungsbereich der Dielingerstraße sind

zusätzlich Abbiegespuren platziert, wodurch der Querschnitt des mittleren Fahrbahnbereichs hier insgesamt rund zwölf Meter beträgt. In den Seitenbereichen sind bis zur Krahnenstraße (2) beidseitig sowohl Parkzonen und Grünstreifen als auch Gehwege verortet. Der Übergang der Fußgängerzone ist an Fixpunkt 2 deutlich durch eine begrünte Mittelinsel im Straßenquerschnitt abgesetzt. Im Abschnitt von Fixpunkt 2 bis 4 sind die Fußgängerwege in den Seitenbereichen dann großzügig ausgebaut und der Querschnitt des Fahrbahnbereichs auf insgesamt rund acht Meter reduziert. Auch in diesem Bereich sind vereinzelt Parkplätze im Seitenbereich platziert. Im Kreuzungsbereich vor dem Domhof ist zudem eine Ausweichbucht für den Busverkehr verortet. Eine Besonderheit ist zudem die große Bushaltestelle am Domhof.

#### **Verkehr: Dichten & Teilnehmer**

Der Verkehr in Fallstudie O1 wird im ersten Abschnitt bis zum Kreuzungspunkt Dielingerstraße (1) hauptsächlich vom MIV und Busverkehr geprägt, die hier in hoher Dichte auftreten. Der Rad- und Fußverkehr bewegt sich in diesem ersten Abschnitt überwiegend in mittlerer Dichte. Der MIV wird mehrheitlich über die Dielingerstraße (2) abgeleitet und flacht in den nachfolgenden Abschnitten deshalb zu mittleren Verkehrsichten ab. Ein ähnlicher Verlauf ist auch hinsichtlich des Busverkehrs zu beobachten, der jedoch am Kreuzungspunkt Krahnenstraße (2) und im Umfeld der Bushaltestelle am Domhof an Fixpunkt 3 erneut hohe Dichten erreicht. Der Fahrradverkehr steigert sich nach Fixpunkt 2 zu einer hohen Dichte und flacht erst ab der Einmündung Domhof/Kleine Domsfreiheit (3) zu mittleren Dichten ab. Der Fußverkehr konzentriert sich hauptsächlich in den Bereichen zwischen der Einmündung der Dielingerstraße (1) und dem Kreuzungspunkt zur Krahnenstraße (2) sowie im Bereich des Domhofs nach Fixpunkt 3.

#### **Kreuzungspunkte: Ströme, Querungen & Überwindbarkeit**

Entlang der definierten Bewegungslinie in Fallstudie O2 sind vier Kreuzungspunkte verteilt. Der erste Kreuzungspunkt, die Einmündung der Dielingerstraße an Fixpunkt 1, ist in verkehrlicher Hinsicht der markanteste Kreuzungspunkt. An dieser Stelle kreuzen nicht nur der Fuß- und Radverkehr, sondern auch der MIV und der Busverkehr. Der Verkehrsfluss ist an diesem Kreuzungspunkt über eine Ampelanlage geregelt. Aufgrund der teilweise langen Wartezeiten und des schmalen Fahrrad-Aufstellstreifens vor der Ampelanlage wird die Überwindbarkeit als „mittel“ eingestuft. Am zweiten Kreuzungspunkt innerhalb des Untersuchungsraums kreuzt die Bewegungslinie die Haupteinkaufsstraße Krahnenstraße (2). Der Übergang ist für den kreuzenden Fußverkehr mit einem doppelten Zebrastreifen gestaltet. In den Morgen- und Abendstunden ist dieser Bereich auch für den Radverkehr freigegeben. Durch die oftmals entstehende Notwendigkeit des Anhalts beziehungsweise des Absteigens sowie die häufig zu beobachtenden Konfliktsituationen und Beinaheunfälle wird dieser Kreuzungspunkt für den entlang der Bewegungslinie geführten

Fahrradverkehr als „schlecht“ bewertet. Die Kreuzungspunkte an den Punkten 3 und 4 sind hingegen aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens einfach zu überwinden. Die Einmündung Domhof/Kleine Domsfreiheit (3) ist dabei ohne Querungsanlage gestaltet, wohingegen die Kreuzung zum Markt/Große Domsfreiheit (4) über einen Zebrastreifen funktioniert. An beiden Punkten kreuzt lediglich der Rad- und Fußverkehr.

### **Ruhender Verkehr: Parken, Wildparken & Ausfahrten**

Im Stadtraum O2 erstrecken sich die Zonen für den ruhenden Verkehr überwiegend im Bereich bis zur Einmündung Domhof/Kleine Domsfreiheit (3). In diesem Abschnitt sind beidseitig sowohl Parkplätze für den MIV als auch nach Fixpunkt 1 einige Fahrradabstellanlagen zu finden. Auf der linken Seite der Bewegungslinie sind zusätzlich auch im hinteren Bereich Parkzonen vorhanden. Wildparkende Fahrräder sind im Stadtraum O2 nur sehr vereinzelt und hauptsächlich vor Fixpunkt 1 anzutreffen, da in diesem Bereich keine Fahrradabstellanlagen vorhanden sind. Auffallend ist darüber hinaus die hohe Anzahl der Aus- und Durchfahrten, die insbesondere auf der linken Seite der Bewegungslinie angeordnet sind.

### **Olfaktorik: Gerüche & Assoziationen**

In Hinblick auf die Olfaktorik sind aufgrund des Busverkehrs innerhalb des Stadtraums O2 vor allem Straßen- und Abgasgerüche vorherrschend. Insbesondere gilt das für den Bereich bis nach Fixpunkt 1 und den Bereich ab dem Domhof nach Fixpunkt 3. Die stark wahrnehmbaren Abgasgerüche werden vorwiegend als „negativ“ bis „gemischt“ assoziiert. Im Abschnitt zwischen der Dielingerstraße (1) und dem Domhof (3) sind stellenweise auch Essens- und Kaffeegerüche der Gastronomie sowie Geruchsüberlagerungen identifizierbar, die durch die Nähe zur stark frequentierten Fußgängerzone entstehen. Mehrheitlich werden die Gerüche in diesem mittleren Abschnitt der Bewegungslinie als „gemischt“ bis hin zu „gut“ wahrgenommen.

### **Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung**

Die Akustik des Untersuchungsraums O2 wird im Anfangsbereich bis nach Fixpunkt 1 von lauten Straßengeräuschen dominiert und als „negativ“ wahrgenommen. Im Verlauf zum Kreuzungspunkt mit der Fußgängerzone an Fixpunkt 2 treten dann vermehrt akustische Überlagerungen auf, die stellenweise von klar identifizierbaren Geräuschen menschlichen Treibens unterbrochen werden. Die Lautstärke flacht in diesem Bereich zu einer mittleren Stärke ab und die Geräusche werden als „positiv“ bis „gemischt“ assoziiert. An der Krahnstraße (2) sind punktuell aufgrund der starken Frequentierung der Fußgängerzone hohe Lautstärken zu verzeichnen. Der darauf folgende Bereich ab Fixpunkt 3 wird mehrheitlich von menschlichen Geräuschen geprägt und „positiv“ bis „gemischt“ wahrgenommen. Lediglich an der Bushaltestelle am Domhof (3) sind lautere Straßengeräusche wahrnehmbar, die als „negativ“ assoziiert werden.

### 5.3 Gesamtauswertung und Hypothesen

Aufbauend auf den Analysen in den vier Fallstudien K1, K2, O1 und O2 sollen die einzelnen Beobachtungen zu den zwölf untersuchten Faktoren aus den fünf übergeordneten Themenfeldern (vergleiche Kapitel 5.1.1) nun im Sinne einer Gesamtauswertung betrachtet werden.

In diesem Zusammenhang versucht die Arbeit zunächst, aus den Matrizen der vier Fallstudien Rückschlüsse auf den Zusammenhang der Untersuchungsfaktoren und das Phänomen Stress zu ziehen. Darauf aufbauend werden die Faktoren anschließend auf gegenseitige Wechselwirkungen und Abhängigkeiten geprüft. Schließlich werden aus diesen beiden Auswertungen erste Beobachtungen zu übergeordneten Stressphänomenen in dichten Stadträumen skizziert.

Es ist hervorzuheben, dass es sich bei den gewonnenen Erkenntnissen dieser Auswertungsprozesse lediglich um erste Hypothesen hinsichtlich der Stresszusammenhänge (Hypothese 1), Wechselwirkungen (Hypothese 2) und übergeordneten Stressphänomenen (Hypothese 3) handelt. Die Arbeit verzichtet aufgrund der vergleichsweise geringen Stichprobenzahl von vier Fallstudien bewusst auf den in diesem Kontext häufig verwendeten Begriff der „Korrelation“.

#### 5.3.1 Auswertung 1: Stresszusammenhang

Im Rahmen der Untersuchungen zu Hypothese 1 wird zunächst der Stresszusammenhang der untersuchten Faktoren ermittelt. Im Zentrum steht dabei folgende Frage: Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Untersuchungsfaktoren und den Ergebnissen der Stressmessung?

##### 5.3.1.1 Vorgehensweise

Als Grundlage für diese Auswertungen dienen die Stressorenmatrizen und -abwicklungen aus den vier Fallstudien. Im ersten Schritt werden hierfür zunächst im Rahmen einer Einzelauswertung anhand der jeweiligen Matrix pro Fallstudie die untersuchten Faktoren und ihr Stresszusammenhang ausgewertet. Die in der Matrix dargestellte Abwicklung der Stressmessung wird dabei nacheinander mit allen anderen innerhalb der Fallstudie entstandenen Stressorenabwicklungen verglichen. Dementsprechend werden somit Schritt für Schritt alle untersuchten Faktoren mit den Ergebnissen der Stressmessungen in Beziehung gesetzt.

Die Leitfrage lautet dabei: Decken sich die Hotspots der Stressmessungen mit Auffälligkeiten in der Stressorenabwicklung? Die Systematik der Einzelauswertung erfolgt unter dieser Fragestellung nach einem einheitlichen Muster. Zunächst werden in der Abwicklung der Stressmessung alle Hochpunkte respektive Stress-Hotspots markiert, die mit einem mittleren bis starken Stresslevel kategorisiert wurden. Analog dazu werden in der Stressorenabwicklung des zu vergleichenden Untersuchungsfaktors daraufhin alle Hoch- und Tiefpunkte, Kategorienwechsel sowie andere

auffällige Ausprägungen markiert. Die Position der in den beiden Abwicklungen markierten Punkten entlang der x-Achse wird anschließend miteinander verglichen und je nachdem, wie kongruent beziehungsweise inkongruent sich die markierten Punkte zueinander verhalten, mit einem vordefinierten Zahlenwert beschrieben.

Die zugeordneten Einzelwerte bewegen sich dabei auf einer Skala von 0 bis 1. Dabei steht der Wert 0 für „keinen Zusammenhang“ und der Wert 1 für einen „starken Zusammenhang“. Verhalten sich die markierten Punkte kongruent zueinander, so wird in der Einzelauswertung also von einem Zusammenhang des untersuchten Faktors mit Stress ausgegangen. Der Wert 0,5 wird in der Einzelauswertung dann vergeben, wenn nur ein partieller Zusammenhang festgestellt werden kann. Entsprechend der Anzahl der vier Fallstudien mit jeweils zwölf Faktoren werden in der Einzelauswertung folglich in Summe 48 Einzelwerte vergeben.

Im zweiten und letzten Schritt der Auswertung des Stresszusammenhangs werden die Einzelwerte schließlich für jeden Untersuchungsfaktor zu einem Gesamtzusammenhang addiert. Die Summe, die sich also pro Faktor aus der Addition der vier Einzelwerte aus den vier Fallstudien ergibt, gibt demnach an, welcher Gesamtzusammenhang zwischen dem Untersuchungsfaktor und dem Phänomen Stress besteht. Aufgrund der vier Fallstudien und der möglichen Einzelwerte von 0 bis 1 ergibt sich für die Gesamtzusammenhänge folgende Skala:

0 und 0,5:	<i>Sehr geringer Zusammenhang des Untersuchungsfaktors mit Stress</i>
1 und 1,5:	<i>Geringer Zusammenhang des Untersuchungsfaktors mit Stress</i>
2 und 2,5:	<i>Mittlerer Zusammenhang des Untersuchungsfaktors mit Stress</i>
3 und 3,5:	<i>Starker Zusammenhang des Untersuchungsfaktors mit Stress</i>
4:	<i>Sehr starker Zusammenhang des Untersuchungsfaktors mit Stress</i>

### 5.3.1.2 Hypothese 1

Im folgenden Teil werden die wichtigsten Erkenntnisse des ersten Auswertungsprozesses beschrieben und die erste Hypothese abgeleitet. Abbildung 91 zeigt in diesem Zusammenhang die durchgeführten Einzelauswertungen in den vier Fallstudien sowie die errechneten Gesamtzusammenhänge der untersuchten Faktoren mit dem Entstehen von Stress. Aufbauend auf den ermittelten Gesamtzusammenhängen werden die untersuchten Faktoren dann je nach ihrem Stresszusammenhang in Gruppen eingeteilt, die von „sehr stark“, „stark“, „mittel“ und „gering“ reichen. Die markantesten Ausprägungen innerhalb der einzelnen Gruppen werden dann mit kurzen Textabschnitten erläutert. Dabei werden die Untersuchungsfaktoren wie zuvor bereits im Datenerhebungsplan (siehe Kapitel 5.1.2) mit Piktogrammen visualisiert. Die verwendete Hintergrundfarbe verweist auf das Themengebiet des Untersuchungsfaktors (vergleiche Kapitel 5.1.1).

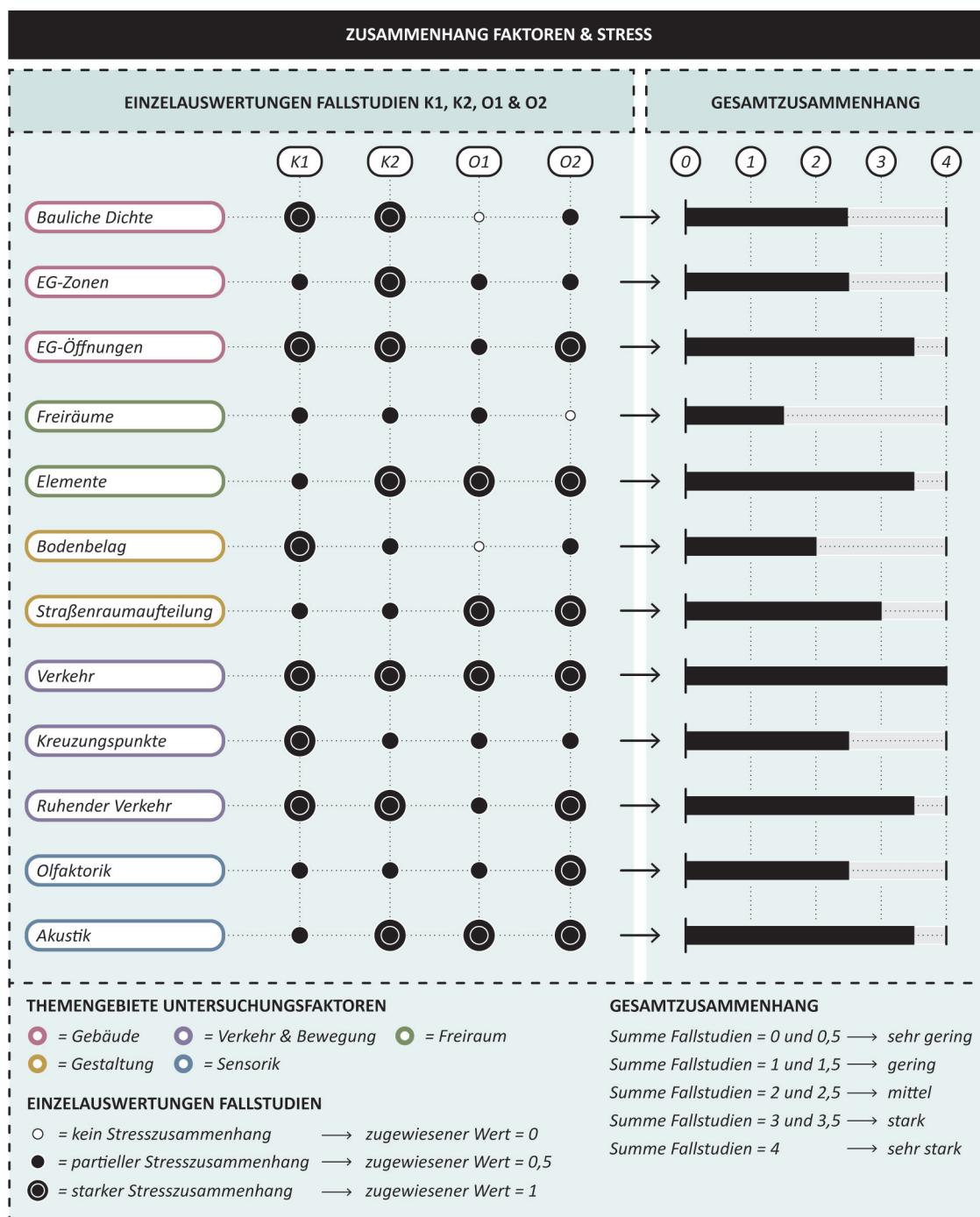


Abbildung 91: Einzel- und Gesamtauswertung des Stresszusammenhangs (Quelle: Eigene Darstellung)

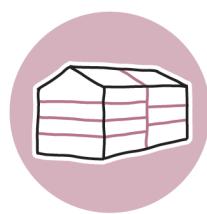
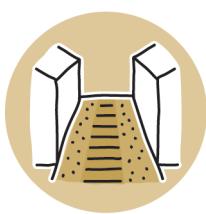
Für die vorliegende Arbeit erscheinen vor allem diejenigen Faktoren interessant, für die im Rahmen des ersten Auswertungsprozesses ein starker oder sehr starker Stresszusammenhang abgeleitet werden kann. Es handelt sich dabei um all diejenigen Faktoren, bei denen sich der errechnete Gesamtzusammenhang zwischen den Werten 3 und 4 bewegt. Sie werden deshalb im Rahmen von Hypothese 1 als „Einflussfaktoren“ bezeichnet. Konkret handelt es sich diesbezüglich um die Faktoren „Verkehr“, „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Straßenraumaufteilung“, „Ruhender Verkehr“ und „Akustik“.

**Faktoren mit sehr starkem Stresszusammenhang (Gesamtwert = 4,0):****Verkehr (4,0)**

Für den Faktor „Verkehr“ konnte im Rahmen der Einzelauswertungen in allen vier Fallstudien ausnahmslos ein starker Stresszusammenhang ermittelt werden. In der Gesamtauswertung ergibt sich für diesen Untersuchungsfaktor folglich ebenfalls ein sehr starker Stresszusammenhang. Damit ist der Untersuchungsfaktor „Verkehr“ im Rahmen der hier beschriebenen Hypothese der häufigste Auslöser für Stress.

**Faktoren mit starkem Stresszusammenhang (Gesamtwert 3,0 oder 3,5):****EG-Öffnungen (3,5)****Elemente (3,5)****Straßenraum-  
aufteilung (3,0)****Ruhender Verkehr (3,5)****Akustik (3,5)**

Für die Faktoren „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Straßenraumaufteilung“, „Ruhender Verkehr“ und „Akustik“ ergibt sich im Querschnitt der Fallstudien ein starker Stresszusammenhang. Dabei ist jedoch hervorzuheben, dass der Untersuchungsfaktor „Straßenraumaufteilung“ nur in den Osnabrücker Fallstudien O1 und O2 einen starken Stresszusammenhang erzielte, wohingegen der Zusammenhang in den Karlsruher Fallstudien lediglich als partiell bewertet wurde. Dadurch ergibt sich für den Gesamtzusammenhang des Faktors „Straßenraumaufteilung“ der Wert 3,0. Die anderen vier Faktoren sind gleichmäßiger über die beiden Untersuchungsstädte verteilt und mit dem Gesamtzusammenhang 3,5 auch deutlicher ausgeprägt.

**Faktoren mit mittlerem Stresszusammenhang (Gesamtwert 2,0 oder 2,5):****Bauliche Dichte (2,5)****EG-Zonen (2,5)****Bodenbelag (2,0)****Kreuzungspunkte (2,5)****Olfaktorik (2,5)**

Wenngleich der Fokus der hier angeführten Hypothese primär auf denjenigen Faktoren liegt, für die ein starker oder sehr starker Zusammenhang festgestellt werden konnte, sollen an dieser Stelle jedoch auch die Faktoren mit einem mittleren Stresszusammenhang kurz benannt werden.

Denn insbesondere für die anschließenden Auswertungen in Hypothese 2, der Untersuchung der Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den analysierten Untersuchungsfaktoren, und Hypothese 3, der Ableitung übergeordneter Stressphänomene, könnten sich diese Untersuchungsfaktoren im weiteren Verlauf der Auswertung als bedeutsam erweisen. Ein mittlerer Stresszusammenhang konnte demnach für die fünf Untersuchungsfaktoren „Bauliche Dichte“, „EG-Zonen“, „Bodenbelag“, „Kreuzungspunkte“ und „Olfaktorik“ ausgewertet werden. Die Verteilung der Stresszusammenhänge ist dabei über die einzelnen Fallstudien hinweg gleichmäßig.

#### **Faktoren mit geringem Stresszusammenhang (Gesamtwert 1,0 oder 1,5):**



In Bezug auf den analysierten Stresszusammenhang des Untersuchungsfaktors „Freiräume“ konnte im Rahmen des Auswertungsprozesses lediglich ein geringer Zusammenhang ermittelt werden. In den Einzelauswertungen der Fallstudien K1, K2 und O1 wurde dabei ein partieller Stresszusammenhang und in Fallstudie O2 kein Zusammenhang ausgewertet.

##### **Freiräume (1,5)**

Der geringste errechnete Wert für den Gesamtzusammenhang lag im Rahmen der Untersuchungen bei 1,5 (Untersuchungsfaktor „Freiräume“). Demzufolge ist die Kategorie „Faktoren mit sehr geringem Stresszusammenhang“ in den vier analysierten Fallstudien nicht vertreten.

### **5.3.2 Auswertung 2: Wechselwirkungen**

Aufbauend auf die Ergebnisse der Stresszusammenhänge der Untersuchungsfaktoren (Hypothese 1) werden im Rahmen der zweiten Auswertung die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den untersuchten Faktoren analysiert und in Hypothese 2 zusammengefasst. Die zentralen Fragestellungen lauten hierbei: In welcher Beziehung stehen die Untersuchungsfaktoren zueinander? Wie beeinflussen sie sich gegenseitig? Welche Parallelitäten bestehen?

#### **5.3.2.1 Vorgehensweise**

Im Zuge dieses zweiten Auswertungsprozesses kommt eine ähnliche Methodik wie bereits in der Auswertung des Stresszusammenhangs zum Tragen. Die Grundlage bilden hier erneut die einzelnen Fallstudien-Matrizen und die dort dargestellten Stressorenabwicklungen. Analog zur ersten Auswertung wird auch hier zunächst im Sinne einer Einzelauswertung jede der Fallstudien separat betrachtet. Dabei werden die einzelnen Abwicklungen dieses Mal jedoch nicht mit den Ergebnissen der Stressmessung, sondern mit den Abwicklungen der anderen Untersuchungsfaktoren verglichen. Die Leitfrage lautet hierbei: Decken sich Auffälligkeiten in Stressorenabwicklung A mit auffälligen Bereichen in Stressorenabwicklung B? In Hinblick auf die Beantwortung dieser Fragestellung werden im Rahmen des Auswertungsprozesses, ähnlich wie

im vorangegangenen Abschnitt, zunächst in den Stressorenabwicklungen markante Hoch- und Tiefpunkte, Kategorienwechsel sowie andere Auffälligkeiten markiert und deren Position entlang der x-Achse miteinander verglichen. Je nachdem wie kongruent sich die Lage dieser Punkte in den beiden Abwicklungen verhält, wird dann in der Einzelauswertung ein Wert vergeben. Die zugeteilten Werte bewegen sich diesbezüglich erneut auf einer Skala von 0 bis 1. Der Wert 0 steht für „keinen Zusammenhang“, der Wert 0,5 für einen „partiellen Zusammenhang“ und der Wert 1 für einen „starken Zusammenhang“. Schließlich wird somit in jeder Fallstudie jeder Untersuchungsfaktor mit allen anderen elf Untersuchungsfaktoren verglichen, sodass pro Fallstudie insgesamt 66 Einzelauswertungen durchgeführt werden.

Auch im Rahmen der Ableitung von Hypothese 2 werden auf Basis dieser Einzelzusammenhänge schließlich der Gesamtzusammenhang beziehungsweise die Gesamtwechselwirkungen im Querschnitt aller vier Fallstudien für jeden Untersuchungsfaktor rechnerisch ermittelt. Hierfür werden, analog zur Ableitung von Hypothese 1, die Summen der Einzelauswertungen miteinander addiert. Aufgrund der vier Fallstudien und der möglichen Einzelwerte von 0 bis 1 ergibt sich für die Gesamtzusammenhänge die folgende Skala:

<i>0 und 0,5:</i>	<i>Sehr geringe Wechselwirkung der Untersuchungsfaktoren</i>
<i>1 und 1,5:</i>	<i>Geringe Wechselwirkung der Untersuchungsfaktoren</i>
<i>2 und 2,5:</i>	<i>Mittlere Wechselwirkung der Untersuchungsfaktoren</i>
<i>3 und 3,5:</i>	<i>Starke Wechselwirkung der Untersuchungsfaktoren</i>
<i>4:</i>	<i>Sehr starke Wechselwirkung der Untersuchungsfaktoren</i>

### 5.3.2.2 Einzelauswertungen

Die Abbildungen 92 bis 95 visualisieren die Ergebnisse der Einzelauswertungen in den vier Fallstudien. Im folgenden Textabschnitt werden die wichtigsten Auffälligkeiten dieser Einzelbetrachtungen kurz umrissen. In diesem Zusammenhang geht die Ausarbeitung jedoch lediglich auf erkennbare übergeordnete Muster der identifizierten Wechselwirkungen und auf die markantesten Einzelausprägungen ein. Dementsprechend verzichtet die vorliegende Untersuchung in diesem Abschnitt auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Untersuchungsfaktoren und setzt den Fokus auf die in Kapitel 5.3.2.3 folgende Gesamtauswertung.

In der Einzelauswertung der Fallstudie K1 (siehe Abbildung 92) können unter den Themengebieten folgende Wechselwirkungen beobachtet werden: Die Faktoren innerhalb des Themengebiets „Gebäude“ beeinflussen sich einerseits gegenseitig und können darüber hinaus in Beziehung mit dem Themengebiet „Freiraum“ gebracht werden. Gegenseitige Wechselwirkungen bestehen auch für die Felder „Freiraum“, „Gestaltung“ und „Verkehr & Bewegung“. Für die Untersuchungs-

faktoren aus letzterem Themenfeld lassen sich zusätzlich auch Abhängigkeiten zum Themen-gebiet „Gestaltung“ erkennen. Jenseits dieser übergeordneten Muster können in der Fallstudie K1 darüber hinaus folgende Auffälligkeiten festgehalten werden: Die Untersuchungsfaktoren „Bauliche Dichte“ und „EG-Zonen“ stehen in K1 in enger Beziehung zu den Faktoren „Ruhender Verkehr“, „Olfaktorik“ und „Akustik“. Ebenfalls können auch für die Untersuchungsfaktoren „Verkehr“ und „Freiräume“ starke Wechselwirkungen mit den Faktoren „Olfaktorik“ und „Akustik“ beobachtet werden. Interessant erscheint hier auch die Wechselwirkung zwischen „Ruhender Verkehr“ und „Elemente“ sowie zwischen „Straßenraumaufteilung“ und „Freiräume“.

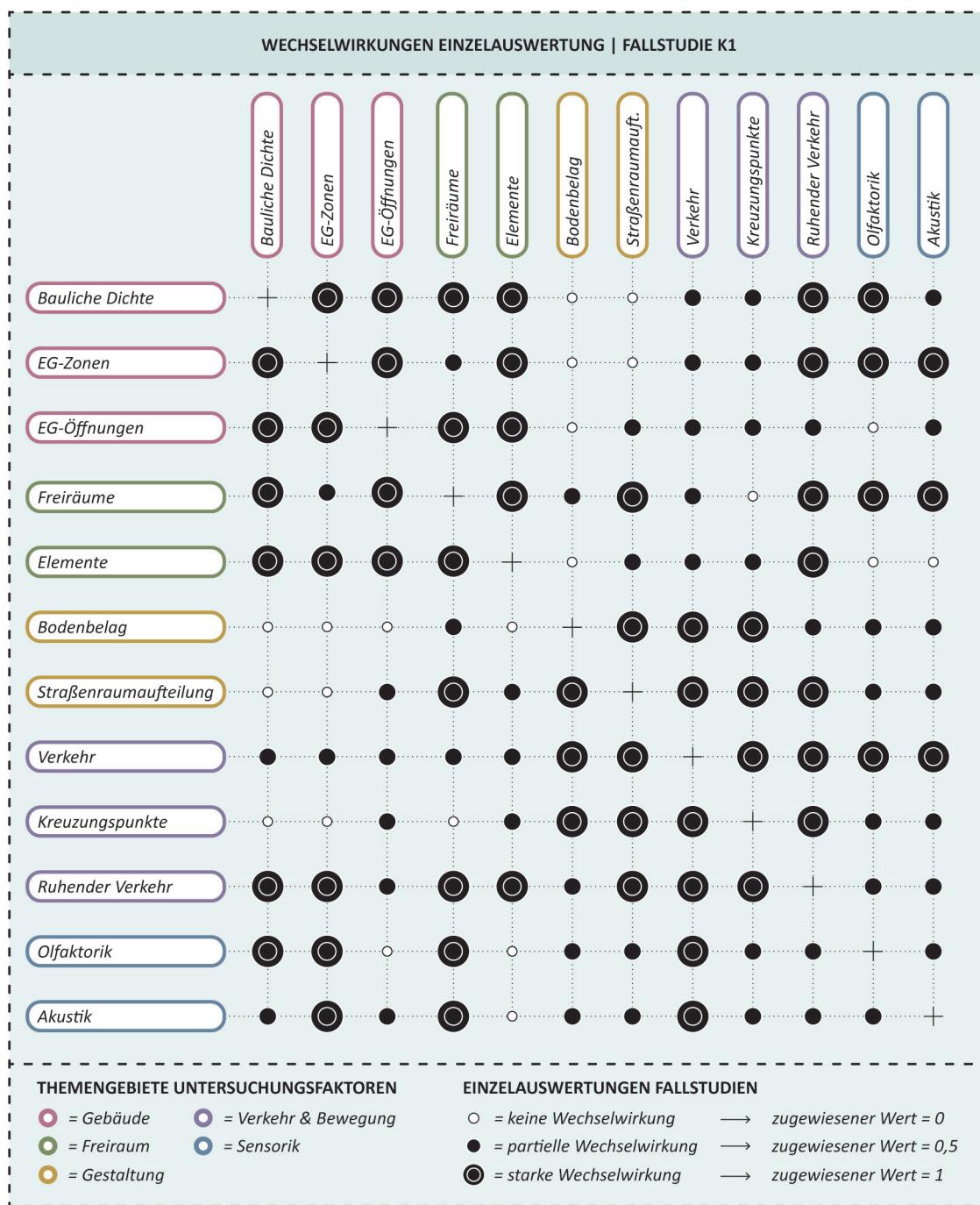


Abbildung 92: Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie K1 (Quelle: Eigene Darstellung)

In K2 (siehe Abbildung 93) erscheint in Bezug auf erkennbare Muster lediglich das Themengebiet „Verkehr & Bewegung“ relevant, welches einerseits in sich selbst starke Wechselwirkungen aufweist und andererseits starke Beziehungen zu dem Themengebiet „Sensorik“ aufbaut. Ebenfalls bedingen sich die Themenfelder „Freiraum“, „Gestaltung“ und „Sensorik“ selbst. Ferner sind die Wechselwirkungen zwischen den Untersuchungsfaktoren „Elemente“ und den Faktoren der Themengebiete „Gebäude“ und „Freiraum“, die Beziehung der Faktoren „Verkehr“, „Bauliche Dichte“ und „EG-Zonen“ sowie der Bezug des Themengebietes „Sensorik“ zu den Faktoren „EG-Öffnungen“ und „Freiräume“ in Fallstudie K2 von besonderem Interesse.

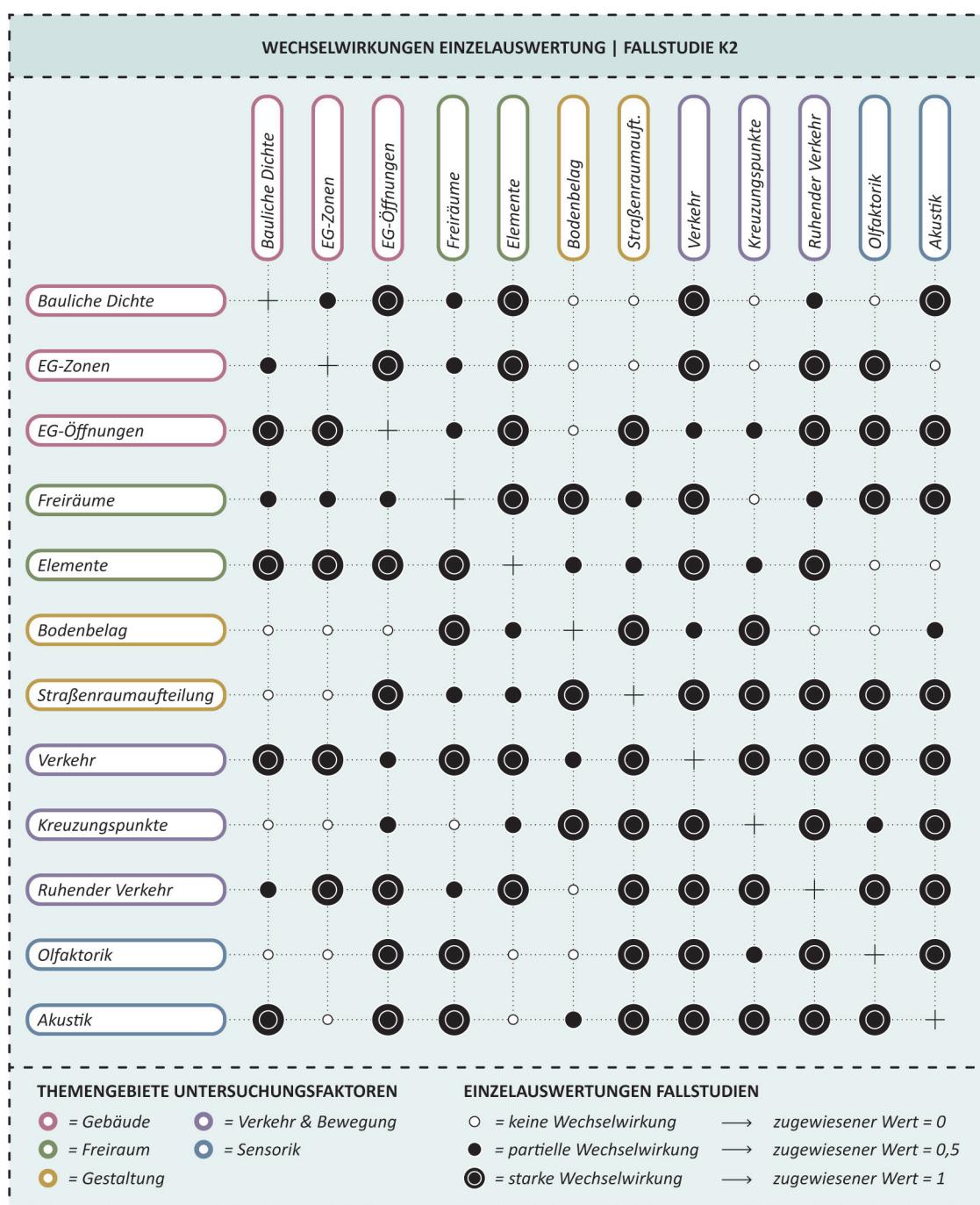


Abbildung 93: Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie K2 (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Auswertung der Wechselwirkungen in O1 (siehe Abbildung 94) zeigt in der übergeordneten Analyse, dass sich die Faktoren aus allen fünf Themengebieten jeweils stark untereinander beeinflussen. Die Untersuchungsfaktoren aus dem Themengebiet „Verkehr & Bewegung“ stellen darüber hinaus starke Beziehungen zu den Themenfeldern „Gestaltung“ und „Sensorik“ her. Ergänzend hierzu lässt sich in O1 eine starke Dominanz der Faktoren „Straßenraumaufteilung“ und „Verkehr“ beobachten, die mit nahezu allen anderen Faktoren in Beziehung stehen. Des Weiteren ist in O1 der Untersuchungsfaktor „Elemente“ auffällig, der zusätzlich zu den bereits erwähnten Bezügen starke Wechselwirkungen zum Themengebiet „Gebäude“ aufbaut.

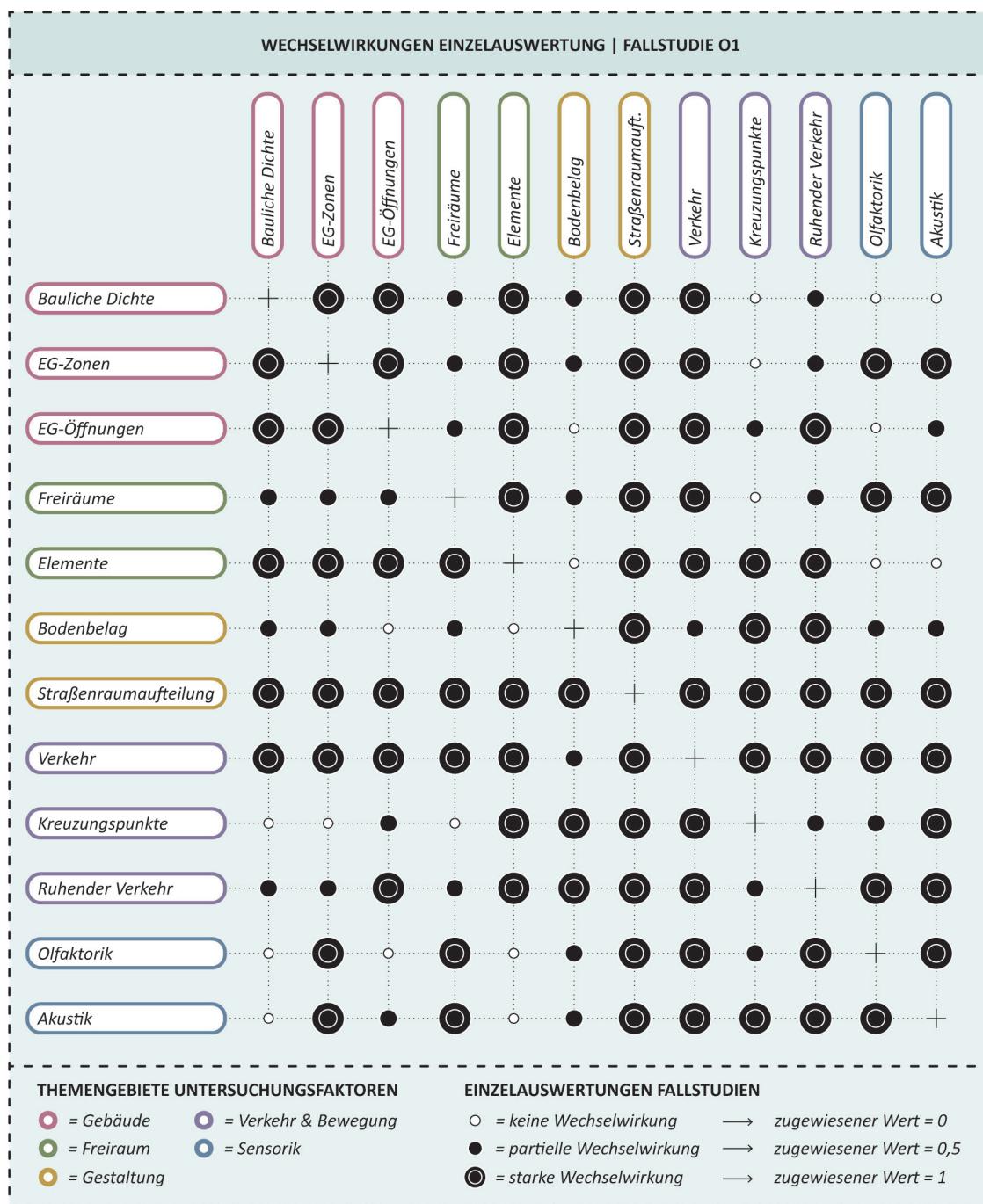


Abbildung 94: Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie O1 (Quelle: Eigene Darstellung)

In Fallstudie O2 (siehe Abbildung 95) bedingen sich die Faktoren innerhalb der Themengebiete „Freiraum“, „Sensorik“ und „Verkehr & Bewegung“ jeweils stark untereinander. Letzteres Themenfeld steht darüber hinaus in O2 auch in Beziehung zu dem Themenbereich „Gestaltung“ und baut starke Wechselwirkungen zu dem Untersuchungsfaktor „Elemente“ auf. Wie in O1 ist auch in O2 der Faktor „Straßenraumaufteilung“ dominierend und steht in Wechselwirkung mit nahezu allen anderen Faktoren. Auffällig erscheint auch die Beziehung zwischen dem Untersuchungsfaktor „Ruhender Verkehr“ und den Faktoren aus den Themengebieten „Gebäude“, „Gestaltung“ und „Sensorik“.

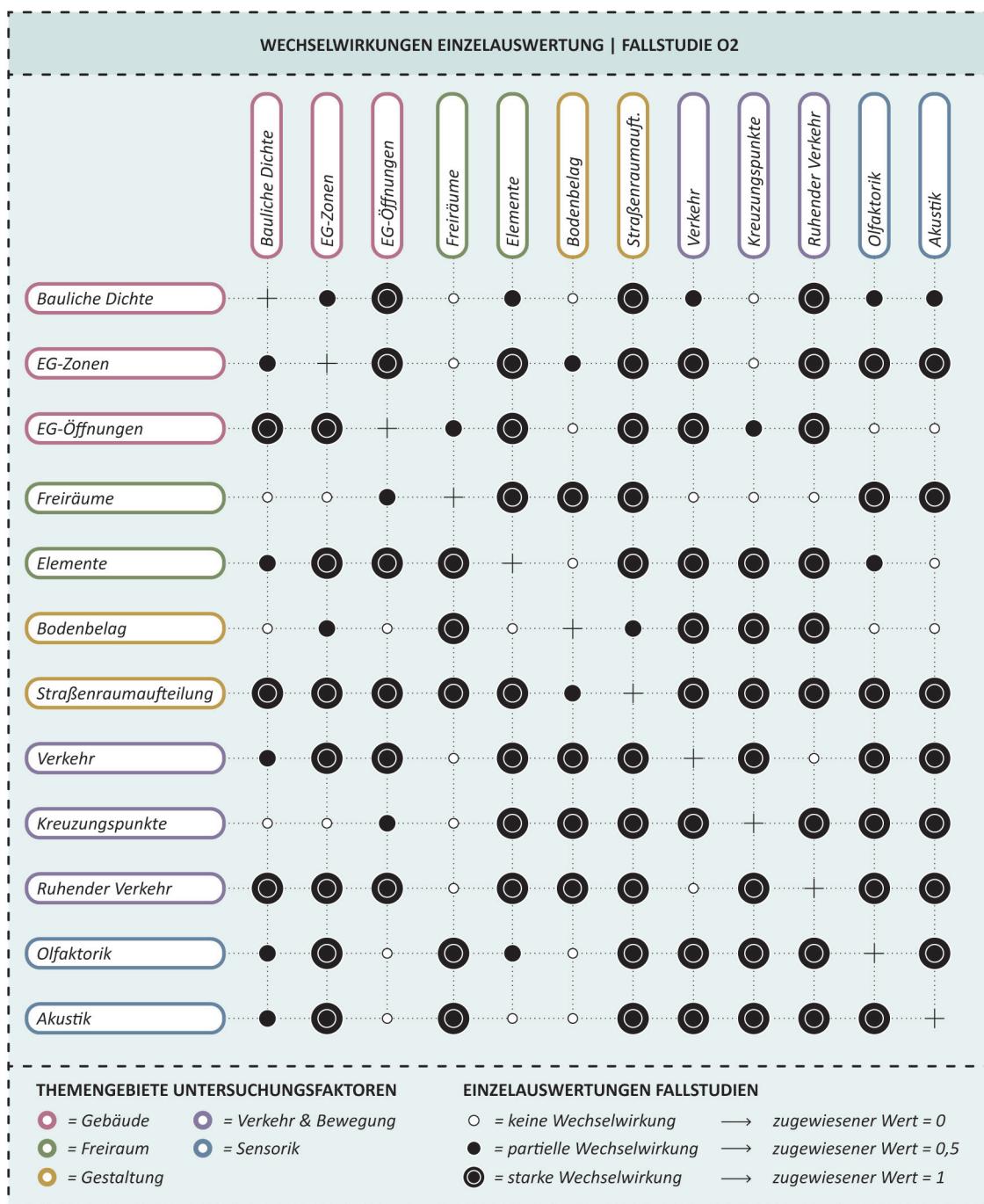


Abbildung 95: Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie O2 (Quelle: Eigene Darstellung)

### 5.3.2.3 Hypothese 2

Abbildung 96 zeigt die so errechneten Gesamtzusammenhänge zwischen den Untersuchungsfaktoren. Für die vorliegende Arbeit stehen dabei vor allem die Wechselwirkungen derjenigen Faktoren im Fokus, die im Rahmen der ersten Hypothese bereits als Einflussfaktoren identifiziert wurden. Sie sind in der Grafik entsprechend gekennzeichnet.

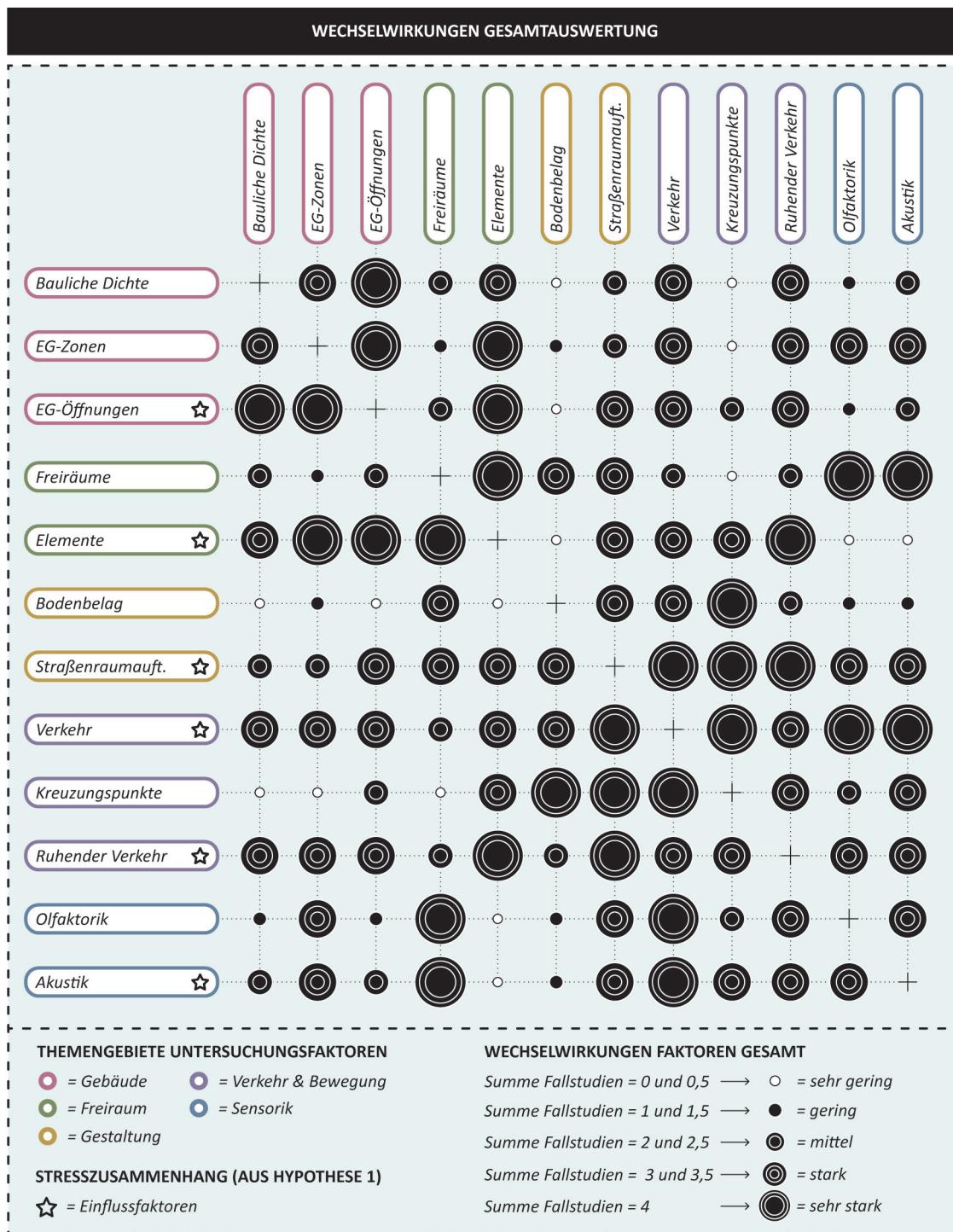


Abbildung 96: Gesamtauswertung der Wechselwirkungen aller Untersuchungsfaktoren und Fallstudien  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Die folgende Übersicht stellt die identifizierten Wechselwirkungen für die sechs Einflussfaktoren vor. Aufgrund des nachgewiesenen starken beziehungsweise sehr starken Zusammenhangs dieser Faktoren mit dem Phänomen Stress wird mit Hypothese 2 die Annahme aufgestellt, dass die aufgelisteten Wechselwirkungen im Rahmen der untersuchten Fallstudien einen indirekten Einfluss auf die Wahrnehmung von dichten Stadträumen ausüben. Die einzelnen Faktoren werden dabei in die Kategorien „sehr starke Wechselwirkungen“ und „starke Wechselwirkungen“ unterteilt. Faktoren mit mittleren, geringen oder sehr geringen Wechselwirkungen werden im Rahmen dieser Übersicht nicht aufgeführt und sind Abbildung 96 zu entnehmen.

#### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „EG-Öffnungen“:



##### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*Bauliche Dichte, EG-Zonen, Elemente*

##### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*Straßenraumaufteilung, Verkehr, Ruhender Verkehr*

#### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Elemente“:



##### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*EG-Zonen, EG-Öffnungen, Freiräume, Ruhender Verkehr*

##### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*Bauliche Dichte, Straßenraumaufteilung, Verkehr, Kreuzungspunkte*

#### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Straßenraumaufteilung“:



##### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*Verkehr, Kreuzungspunkte, Ruhender Verkehr*

##### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*EG-Öffnungen, Freiräume, Elemente, Bodenbelag, Olfaktorik, Akustik*

#### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Verkehr“:



##### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*Straßenraumaufteilung, Kreuzungspunkte, Olfaktorik, Akustik*

##### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*Bauliche Dichte, EG-Zonen, EG-Öffnungen, Elemente, Bodenbelag, Ruhender Verkehr*

### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Ruhender Verkehr“:



#### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*Elemente, Straßenraumaufteilung*

#### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*Bauliche Dichte, EG-Zonen, EG-Öffnungen, Verkehr, Kreuzungspunkte, Olfaktorik, Akustik*

### Identifizierte Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Akustik“:



#### Sehr starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 4,0):

*Freiräume, Verkehr*

#### Starke Wechselwirkungen (Gesamtwert = 3,0 oder 3,5):

*EG-Zonen, Straßenraumaufteilung, Kreuzungspunkte, Ruhender Verkehr, Olfaktorik*

### 5.3.3 Auswertung 3: Übergeordnete Stressphänomene

Im Rahmen der ersten beiden Hypothesen konnten aus den Untersuchungen in den vier Fallstudien sowohl erste Stresszusammenhänge als auch gegenseitige Wechselwirkungen der untersuchten Faktoren ermittelt werden. Im folgenden Abschnitt soll nun der dritte und letzte Teil der Auswertung vorgestellt werden. Dieser dritte Teil des Auswertungsprozesses beschäftigt sich mit der Ableitung übergeordneter Stressphänomene (Hypothese 3). Die Untersuchung widmet sich dabei der folgenden Fragestellung: Welche übergeordneten Stressphänomene lassen sich aus den Untersuchungen für dichte Stadträume ableiten?

#### 5.3.3.1 Vorgehensweise

Der dritte Auswertungsprozess geht im Vergleich zu den ersten beiden Auswertungen nach einer anderen Systematik vor. So dienen hier nicht primär die Matrizen der Fallstudien als Grundlage für die Untersuchungen, sondern es wird auch eine stadtplanerische Bewertung der Situationen vorgenommen. Die Auswertung stützt sich dabei maßgeblich auf die ersten beiden Hypothesen und verwendet diese als Ausgangspunkt dafür, die Erkenntnisse wieder zurück in den realen Raum zu transferieren. Hierfür dienen die Foto- und Videodokumentationen der Vor-Ort-Begutachtungen (vergleiche Kapitel 5.1.1) der vier Fallstudien als Grundlage. Es erscheint evident, dass diese Rückkopplung der Ergebnisse mit dem realen Raum dabei weniger einem systematischen Auswertungsprozess wie in Auswertung 1 und 2 entspricht, sondern vielmehr eine weiche Analyse und Interpretation der Ergebnisse darstellt. Die Leitfrage lautet: In welchen realen, räumlichen Situationen zeigen sich die Einflussfaktoren und ihre Wechselwirkungen? Welche

übergeordneten Stressphänomene lassen sich daraus ableiten? Im Rahmen dieser weichen Analyse werden die in den Foto- und Videoaufnahmen dokumentierten realen Situationen in den Fallstudien zunächst auf die identifizierten Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen hin untersucht, die Bildausschnitte gesammelt und daraus häufig auftretende, übergeordnete Stressphänomene abgeleitet.

### 5.3.3.2 Hypothese 3

Nach dieser Vorgehensweise werden mit der dritten Hypothese vier übergeordnete Stressphänomene in dichten Stadträumen abgeleitet, die in Abbildung 97 visualisiert und verortet sind.



Abbildung 97: Visualisierung übergeordneter Stressphänomene (Quelle: Eigene Darstellung)

### **Stressphänomen 1: Überschneidung von Bewegungslinien**

Klassischerweise ist dieses Stressphänomen primär an Kreuzungen und Einmündungen vorzufinden, an denen sich die Bewegungslinien verschiedener Verkehrsteilnehmer:innen kreuzen. In dichten Stadträumen ist dieses Phänomen insbesondere jedoch auch an solchen Stellen zu beobachten, an denen verschiedene Verkehrsteilnehmer:innen auf gemeinsam genutzten Verkehrsflächen gebündelt werden. Vor allem bei hohen Frequentierungen kommt es dann häufig zu Überschneidungen und Kreuzungen von Bewegungslinien, wodurch Stress entsteht.

### **Stressphänomen 2: Überlagerung von Raumansprüchen**

Häufig lässt sich das Entstehen von Stress in dichten Stadträumen auch dann beobachten, wenn sich verschiedene Raumansprüche überlagern. Insbesondere ist dieses Stressphänomen erkennbar, wenn Verkehrsflächen durch Stadträume mit hoher Nutzungsichte und Frequentierung hindurchführen. Dabei überlagern sich lineare Raumansprüche, wie zum Beispiel Transit und Bewegung, mit flächigen Raumansprüchen, wie zum Beispiel den Aufenthaltsbereichen in Vorzonen. Diese unterschiedlichen beziehungsweise oftmals konträren Nutzungsmotive führen häufig zu Konflikten und Stress.

### **Stressphänomen 3: Verengung von Bewegungsflächen**

Oftmals ist dieses Stressphänomen in solchen Situationen vorzufinden, in denen sich zum Beispiel aufgrund von baulichen Gegebenheiten oder fahrbahnbegleitenden Straßenbegrünungen der Fahrbahnquerschnitt reduziert. In dichten Stadträumen werden diese Engstellen jedoch auch massiv durch flexible Elemente wie beispielsweise wildparkende Fahrräder und ausladende Erdgeschoss-Vorzonen hervorgerufen. Durch diese plötzlich auftretenden Engstellen werden die betreffenden Verkehrsteilnehmer:innen dazu veranlasst, ihre Wunschlinie zu verlassen, wodurch häufig Stress entsteht.

### **Stressphänomen 4: Verortung von starken Aufmerksamkeitsmagneten**

Insbesondere in Stadträumen mit dichten Erdgeschoss-Nutzungen und hohen Frequentierungen sind zudem auch häufig extreme Ballungen von Aufmerksamkeitsmagneten zu beobachten. Damit sind jedoch nicht nur solche Magnete gemeint, die unsere visuellen Reize ansprechen, also zum Beispiel Werbetafeln, Plakatierungen und Aufsteller. Häufig lenken diese Magnete nämlich auch in Form von auffälligen Geräuschen und Gerüchen, wie zum Beispiel Musik oder Fast-Food-Gerüchen, unsere akustischen und olfaktorischen Sinne auf sich. Stress entsteht dabei jedoch nicht nur durch die plötzlich erhöhte Aufmerksamkeit und Ablenkung der Verkehrsteilnehmer:innen selbst. Aufmerksamkeitsmagnete können darüber hinaus nämlich auch zu einem plötzlichen Abändern der Bewegungslinie anderer Teilnehmer:innen und folglich zu Konflikten führen.



## 5.4 Zusammenfassung Kapitel 5

Kapitel 5 leitet in die Untersuchungen der vier Fallstudien über, deren Ergebnisse jeweils in Form der Stressorenmatrix dargestellt werden. Im Rahmen der anschließenden Gesamtauswertung werden daraus schließlich drei übergeordnete Hypothesen abgeleitet.

Aufbauend auf den explorativen Voruntersuchungen in Kapitel 4 wird im ersten Abschnitt dieses Kapitels der Aufbau und die Durchführung der Erhebungen in den vier Fallstudien definiert. In den Untersuchungsgebieten K1 und K2 in Karlsruhe und O1 und O2 in Osnabrück werden zwölf potenzielle Stressfaktoren mit jeweils zwei bis drei Unterparametern analysiert. Die detaillierten Analyseschritte, die zugrunde liegenden Kategorien und Datengrundlagen sowie die angewandten Erhebungsmethoden werden schließlich in einem finalen Datenerhebungsplan festgehalten.

Im nächsten Abschnitt des Kapitels werden die Erhebungen in den vier Fallstudien dann jeweils mit einer fotografischen Dokumentation eingeleitet und die Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in die abstrakte Form der Stressorenabwicklung erläutert. Daran anschließend werden die Abwicklungen der zwölf Untersuchungsfaktoren gemeinsam mit der Abwicklung der Stressmessungen in der Stressorenmatrix gezeigt. Die Ausprägungen der untersuchten Faktoren in den Abwicklungen werden anschließend in kurzen Textabschnitten besprochen.

Der letzte Abschnitt widmet sich schließlich der Gesamtauswertung der Fallstudien. Die Auswertung wird dabei in drei Teilauswertungen gegliedert, aus denen jeweils eine Hypothese als Erkenntnis abgeleitet wird. Der erste Auswertungsprozess beschäftigt sich mit dem Zusammenhang der Untersuchungsfaktoren und dem Entstehen von Stress. Im Rahmen dieser ersten Hypothese konnte auf Grundlage der Stressorenmatrizen in den vier Fallstudien bei insgesamt sechs Untersuchungsfaktoren ein deutlicher Stresszusammenhang nachgewiesen werden, die fortan unter Berücksichtigung einiger Limitationen als Einflussfaktoren benannt werden. Konkret sind das die Faktoren „Verkehr“, „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Straßenraumaufteilung“, „Ruhender Verkehr“ und „Akustik“. Der zweite Auswertungsprozess untersucht daraufhin die Wechselwirkungen zwischen den Untersuchungsfaktoren anhand der Matrizen und konzentriert sich dabei insbesondere auf die sechs Einflussfaktoren. Hypothese 2 benennt schließlich all jene Wechselwirkungen, die als „sehr stark“ oder „stark“ identifiziert wurden in Form einer Aufstellung. Der letzte Auswertungsprozess baut auf den ersten beiden Hypothesen auf und führt diese zurück in die reale räumliche Situation. Als Erkenntnis werden mit Hypothese 3 insgesamt vier übergeordnete Stressphänomene in dichten Stadträumen formuliert. Konkret sind das die Überschneidung von Bewegungslinien, die Überlagerung von Raumansprüchen, die Verengung von Bewegungsflächen und die Verortung starker Aufmerksamkeitsmagnete.



# 06

## KAPITEL 6

---

# PRÜFEN & IMPLEMENTIEREN

## DIE STADTRAUMDIAGNOSTIK IM REALITÄTSCHECK

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 206 | 6.1 ÜBERPRÜFEN IM KONTROLLVERSUCH

S. 230 | 6.2 IMPLEMENTIERUNG IN DIE PLANUNG

S. 243 | 6.4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 6

## 6.1 Überprüfen im Kontrollversuch

Die Hypothesen, die in Kapitel 5.3 abgeleitet wurden, sollen im folgenden Abschnitt nun im Rahmen eines Kontrollversuchs überprüft werden.

Per Definition dienen Kontrollversuche der Überprüfung von Kausalitäten eines vorherigen Experiments (Wirtz, 2013). Sie werden deshalb unter identischen Bedingungen durchgeführt, wobei einzelne Variablen zur Hypothesenprüfung verändert werden. Auf diese Weise lassen sich Störfaktoren ausschließen und die Methodik eines Experiments evaluieren beziehungsweise verifizieren.

Der hier aufgebaute Kontrollversuch konzentriert sich auf die Überprüfung der ersten Hypothese (Stresszusammenhang), da sowohl die zweite Hypothese (Wechselwirkungen) als auch die dritte Hypothese (übergeordnete Stressphänomene) maßgeblich auf ihr aufbaut. Dabei werden die Untersuchungen der Stadtraumdiagnostik bei gleichem methodischem Vorgehen und Versuchsaufbau innerhalb eines neuen räumlichen Kontexts durchgeführt.

### 6.1.1 Projektbezug Super Testsite Würzburg

Mit dem Kontrollversuch werden Bezüge zu dem Projekt „Super Testsite Würzburg“ aufgebaut, das als eine Initiative aus dem im Jahr 2023 durchgeführten, interdisziplinären „Geolinguist Studies Workshop“ an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg hervorgegangen ist (Super Testsite, 2024a).

Die Untersuchungen des Projekts finden in der Stadt Würzburg statt, die mit rund 131.000 Einwohner:innen (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2024) die drittgrößte Stadt innerhalb der Region Franken beziehungsweise die siebtgrößte im Bundesland Bayern ist.

In Hinblick auf ein besseres Verständnis für den hier durchgeführten Kontrollversuch soll deshalb zunächst der genaue Versuchsaufbau des Projekts Super Testsite Würzburg kurz erläutert werden.

#### 6.1.1.1 Kontext Super Testsite

Mit dem Projekt Super Testsite werden im Rahmen der Urban Emotions Initiative erstmals Emotion-Sensing-Daten gleichzeitig mit mehreren verschiedenen Untersuchungsfaktoren erhoben. Das Projekt verfolgt in diesem Kontext einen interdisziplinären Ansatz, der es sich zum Ziel setzt, aus verschiedenen Messdaten ein möglichst holistisches Bild der Stadtwahrnehmung, des subjektiven Stressemfindens und des Einflusses verschiedener Umgebungsvariablen auf Radfahrende und Zufußgehende zu zeichnen.

### 6.1.1.2 Versuchsaufbau Super Testsite

Um ein besseres Verständnis für die Ergebnisse des Projekts zu erlangen, wird im folgenden Abschnitt zunächst der Versuchsaufbau der Messkampagne der Super Testsite beschrieben (Super Testsite, 2024b). Diesbezüglich werden zunächst beide Messreihen des Projekts vorgestellt, also sowohl die Fahrrad-Messreihe als auch die Zufußgehenden-Messreihe. An dieser Stelle ist jedoch hervorzuheben, dass für den Ergebnisvergleich mit dem Kontrollversuch insbesondere die Zufußgehenden-Messungen herangezogen werden, wohingegen die Fahrrad-Messungen lediglich der Vollständigkeit halber aufgeführt werden.

#### Zeitraum

Die Messreihen wurden im Sommer des Jahres 2024 im Zeitraum vom 10. bis 21. Juni 2024 durchgeführt (Super Testsite, 2024b). An diesen Tagen wurden die Erhebungen der verschiedenen Messreihen jeweils morgens, mittags und nachmittags durchgeführt, um mit den Untersuchungen eine möglichst hohe Varianz unterschiedlicher Tageszeiten abzudecken.

#### Messreihen

Im Rahmen der Super-Testsite-Messkampagne wurden grundlegend zwei verschiedene Messreihen durchgeführt (Super Testsite, 2024b). Eine der Messreihen widmet sich dabei der Erhebung verschiedener Untersuchungsfaktoren während des Fahrradfahrens. Hierbei wurden verschiedene Umgebungsfaktoren mithilfe eines multisensorischen Lastenfahrrads entlang einer definierten Route im erweiterten Stadtgebiet Würzburgs erhoben.

Parallel fuhren dabei auch einige Teilnehmende mit ihrem eigenen Fahrrad die Strecke ab, welche zusätzlich mit körpernahen Sensoren ausgestattet wurden, die zur Erhebung verschiedener Leistungs- und Vitaldaten dienten. Allerdings wurden in dieser Fahrrad-Messreihe keine EmoCycling-Messungen durchgeführt, weshalb für die Fahrrad-Messungen keine Stressdaten zur Verfügung stehen.

In der zweiten Messreihe des Projekts wurden hingegen verschiedene Untersuchungsfaktoren im Kontext des Zufußgehens und gemeinsam mit den Emotion-Sensing-Messungen erhoben. Diese Untersuchungen wurden mit den teilnehmenden Zufußgehenden im Gebiet der Würzburger Innenstadt durchgeführt.

#### Untersuchungsraum

Die zwei Messreihen des Projekts Super Testsite wurden in unterschiedlichen Teilen des Würzburger Stadtgebiets durchgeführt und sind in Abbildung 99 dargestellt. Die Messreihe zum Radfahren wurde dabei in einem größeren räumlichen Kontext ausgeführt und betrachtet auch einige Stadtteile Würzburgs, wohingegen sich die Messreihe zum Zufußgehen auf den dichten

Innenstadtbereich beschränkt. Die beiden Messreihen besitzen allerdings einige räumliche Schnittstellen im Innenstadtbereich. In diesen Bereichen deckt die definierte Route der Fahrrad-Messreihe auch einige Teile des Untersuchungsgebiets der Zufußgehenden-Messungen ab.

Damit wird innerhalb des Projekts darauf abgezielt, eine möglichst große Schnittmenge der Ergebnisse zu erreichen. Dementsprechend kann mithilfe dieses Settings auch im Rahmen der Fußverkehrs-Messreihe auf einige Messwerte der Fahrrad-Messreihe zurückgegriffen werden und andersherum.

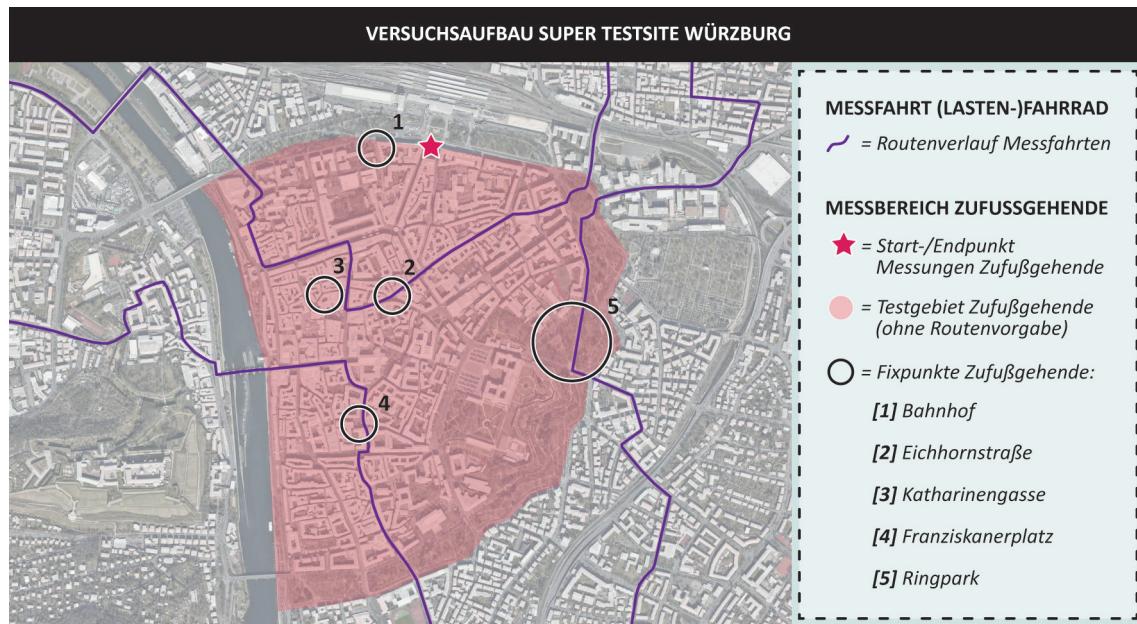


Abbildung 99: Versuchsaufbau der Studie Super Testsite Würzburg (Quelle: Eigene Darstellung nach Datengrundlage Super Testsite)

Im Zuge des Projekts wurde die Zufußgehenden-Messreihe im Gegensatz zur Fahrrad-Messreihe ohne eine definierte Route durchgeführt. Allerdings wurden den Teilnehmenden fünf Fixpunkte im Innenstadtbereich Würzburgs genannt, die sie während ihres Messlaufs erreichen sollten. Diese Fixpunkte bestehen aus dem Bahnhof (1), der Fußgängerzone Eichhornstraße (2), der Katharinengasse (3), dem Franziskanerplatz (4) und dem Ringpark (5) und sind in Abbildung 99 gekennzeichnet.

### Untersuchungsfaktoren & Methoden

Einen wesentlichen Bestandteil der Zufußgehenden-Messreihe stellt die eigens entwickelte App „Digitales Mobilitätstagebuch“ dar, die die Teilnehmenden jeweils an den fünf Fixpunkten bedienen sollten. In der App wurden die Teilnehmenden dann dazu aufgefordert, sowohl einen kurzen Fragebogen auszufüllen und den Ort fotografisch zu dokumentieren als auch einige Tonaufnahmen zu speichern. Die Übersicht in Tabelle 19 gibt Aufschluss über die teilnehmenden Forschungseinrichtungen und Fachbereiche, die Zugehörigkeit zu den unterschiedlichen

Messreihen sowie die gemessenen Untersuchungsfaktoren und zur Anwendung kommenden Erhebungsmethoden.

*Tabelle 19: Übersicht der Untersuchungsfaktoren, Methoden und teilnehmenden Fachbereiche der Super Testsite Würzburg (Quelle: Eigene Darstellung)*

	Untersuchungsfaktor	Methoden	Fachbereich
Messreihe Zufußgehende	Stadträumliche Charaktere und Stimmungen	Entwicklung der qualitativen Umfrage-App zur Integration verschiedener Daten	Digital Humanities and Social Studies, FAU Erlangen-Nürnberg
	Blickbewegung	Eye-Tracking-Messgerät	Experimentelle klinische Psychologie, JMU Würzburg
	Fotografische Erfassung von Stadträumen	Manuelle Analyse der Fotos, die in der Umfrage-App gespeichert wurden	
	Stadträumliche Klanglandschaften „Soundscapes“	Auswertung von Tonaufnahmen und Antworten, die in der Umfrage-App eingegeben wurden	Sozialgeographie, JMU Würzburg
	Schriftliche Äußerungen zu stadträumlichen Charakteren und Stimmungen	Geolinguistische Auswertung von Textdaten, die in der Umfrage-App eingegeben wurden	Englische Sprachwissenschaft, JMU Würzburg
	Passantenfrequenz	Web Scraping der Mobilitätsdaten des Geoportals Würzburg	Wirtschaftsinformatik, JMU Würzburg
	Moments of Stress	Emotion-Sensing-Messungen	Stadtquartiersplanung, KIT Karlsruhe
Messreihe Radfahrende & Lastenfahrrad	Luftpartikel	Sensorische Messung am Lastenfahrrad mithilfe fest verbauter Sensoren	Informatik; Globale Urbanisierung und Fernerkundung, JMU Würzburg
	Temperatur		
	Herzfrequenz	Sensorische Messung mithilfe von körpernahen und am Lastenfahrrad fest verbauten Sensoren	Sportwissenschaften, JMU Würzburg
	Leistung		
unabhängig	Strukturtypen	Fernerkundliche Erfassung des Untersuchungsgebiets anhand hochauflösender Luftbilder	Globale Urbanisierung und Fernerkundung, JMU Würzburg

### **Messreihe Zufußgehende: Teilnehmerzahl & Messgruppen**

Die Messreihe zum Zufußgehen in der Würzburger Innenstadt wurde mit insgesamt 41 Teilnehmenden durchgeführt. Durch Mehrfachteilnahmen und den Austausch von defekten Geräten wurden dabei in Summe 60 Tracks aufgezeichnet. Für die Messläufe wurden die teilnehmenden Zufußgehenden in verschiedene Gruppen eingeteilt und mit unterschiedlichen Messgeräten wie

zum Beispiel Eye-Tracking-Geräten beziehungsweise einer Kombination verschiedener Geräte ausgerüstet. Zusätzlich zu der jeweiligen Messgeräte-Kombination wurden alle Teilnehmenden mit den Messgeräten zur Stressmessung (Empatica E4) ausgestattet.

### 6.1.1.3 Emotionsanalyse Super Testsite

Die Ergebnisanalyse der Emotionsmessungen im Kontext der Zufußgehenden-Messreihe in der Würzburger Innenstadt beobachtet an insgesamt vier der fünf definierten Fixpunkte ein erhöhtes Aufkommen von Stress. Lediglich am ersten Fixpunkt, an der Röntgenstraße im Bereich des Bahnhofs, konnte mit den Emotion-Sensing-Messungen kein erhöhtes Stressaufkommen nachgewiesen werden.

Eine Übersicht zu dem gewählten Wegenetz der teilnehmenden Zufußgehenden und der räumlichen Lage der fünf untersuchten Fixpunkte ist im linken Teil von Abbildung 100 dargestellt. Im rechten Teil wird ergänzend dazu die Ergebniskarte der Stressmessungen respektive die Heatmap gezeigt. Diesbezüglich ist festzuhalten, dass sich der Verlauf des Wegenetzes zwischen den ersten drei Fixpunkten durch das meist chronologische Abgehen der fünf definierten Fixpunkte relativ gleichförmig verhält.

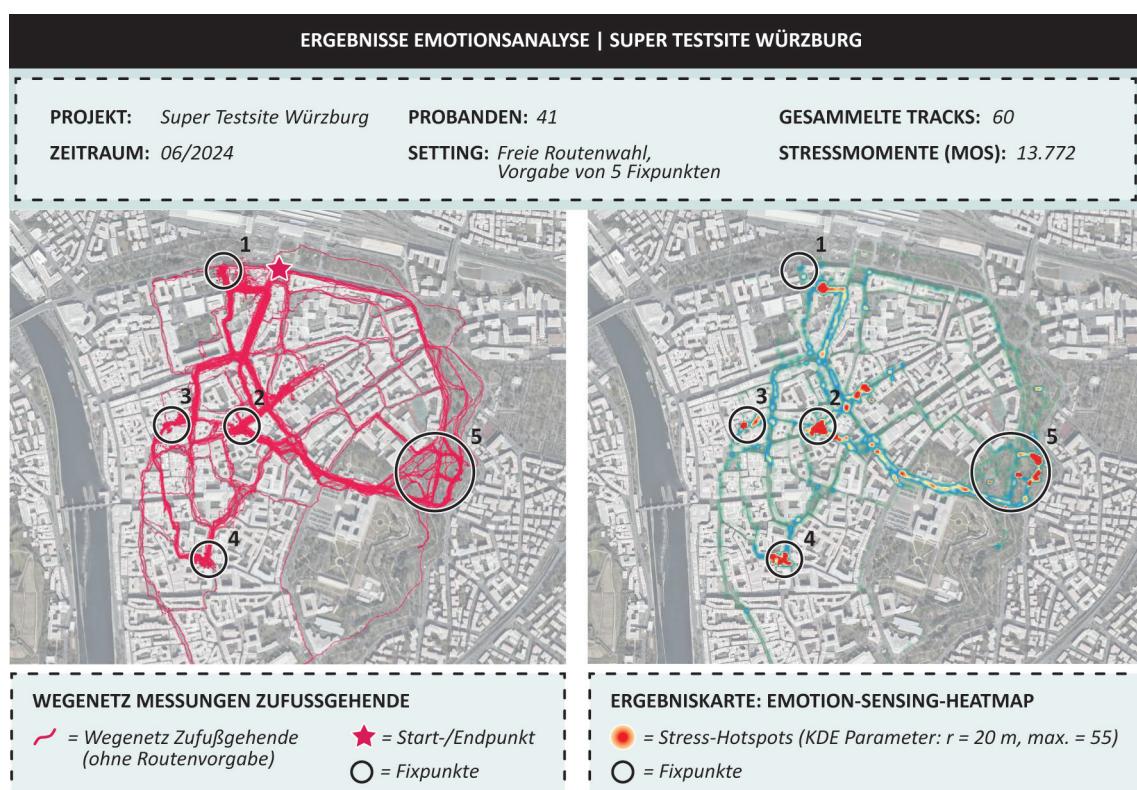


Abbildung 100: Studienergebnisse Super Testsite Würzburg: Emotionsanalyse (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite)

## 6.1.2 Kontrollversuch W1 Stadt Würzburg

Vor dem Hintergrund der parallel stattfindenden Untersuchungen des Projekts Super Testsite Würzburg wird mit der vorliegenden Arbeit ein Kontrollversuch durchgeführt, dessen Zielsetzung und Aufbau im folgenden Abschnitt vorgestellt werden soll.

### 6.1.2.1 Leitfragen und Zielsetzung

Mit der Durchführung des Kontrollversuchs W1 wird das Ziel verfolgt, die Gültigkeit der anhand der Fallstudienuntersuchungen identifizierten sechs Einflussfaktoren in einem weiteren unbekannten räumlichen Kontext zu überprüfen. Schließlich soll mithilfe dieser Kontrollebene evaluiert werden, inwieweit der entwickelte Methodenansatz zur Identifikation von Stressfaktoren auch auf andere Städte und Stadträume übertragbar ist. Durch den besonderen Bezug des Kontrollversuchs zum Projekt „Super Testsite Würzburg“ sollen die Ergebnisse der Stadtraumdiagnostik darüber hinaus auch auf ihre Konsistenz in Hinblick auf detaillierte Messreihen evaluiert werden.

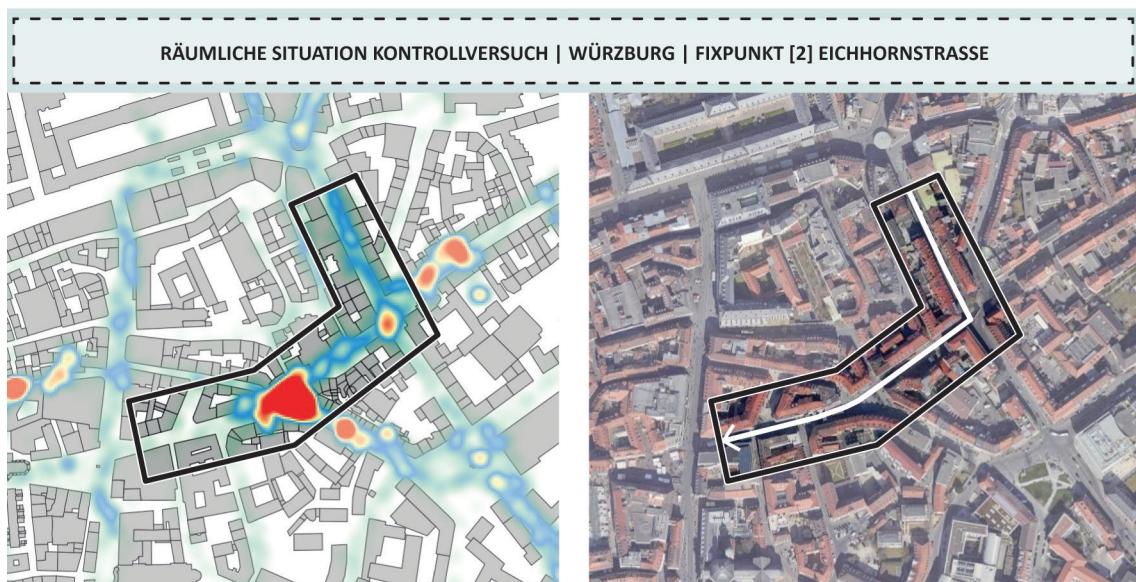
Der Kontrollversuch beschäftigt sich demnach mit den folgenden Fragestellungen: Wie konsistent verhält sich das entwickelte Modell zur Identifikation von Stressfaktoren auch in anderen räumlichen Kontexten? Inwiefern können die identifizierten Einflussfaktoren beziehungsweise als eine Gegenthese auch die unauffälligen Faktoren in der Untersuchungsstadt Würzburg bestätigt werden? Wie vergleichbar sind die einzelnen Analyseergebnisse der Stadtraumdiagnostik mit detaillierten Messreihen?

### 6.1.2.2 Aufbau und Durchführung Kontrollversuch

Der Aufbau und die Durchführung des Kontrollversuchs erfolgt nach einem ähnlichen Muster wie die vier Fallstudienuntersuchungen in Karlsruhe und Osnabrück (siehe Kapitel 5.1.1). Im Folgenden soll nur auf die wichtigsten Eckpunkte und Unterschiede eingegangen werden.

#### Untersuchungsgebiet

Von den im Rahmen der Super Testsite untersuchten fünf Fixpunkten (vergleiche Abbildung 99 und 100) in der Würzburger Innenstadt soll ein Punkt als Untersuchungsraum für den Kontrollversuch ausgewählt werden. Die Wahl fällt dabei auf Fixpunkt 2, Eichhornstraße. Für den Kontrollversuch wird der Untersuchungsraum und die rund 400 Meter lange Bewegungslinie wie folgt definiert: Vom Bahnhof in die Altstadt kommend beginnt der Untersuchungsraum unmittelbar nach dem Barbarossaplatz in der Theaterstraße, biegt dann in Richtung des Stadtzentrums in die Eichhornstraße ein und endet vor dem Kreuzungspunkt zur Schönbornstraße. Von dort aus gelangt man über den Oberen Markt zum Marktplatz und schließlich zum Main.



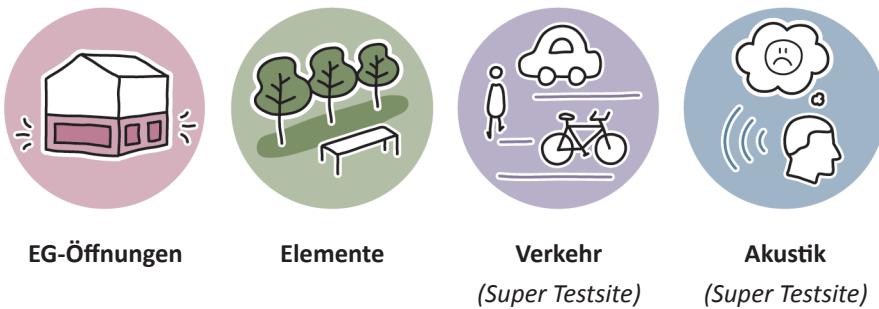
*Abbildung 101: Kontrollversuch W1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Super Testsite)*

Die räumliche Übersicht ist in Abbildung 101 zu sehen. In dieser Grafik sind ebenfalls die Ergebnisse der Stressmessungen dargestellt, im Rahmen derer am Kreuzungspunkt zwischen Theaterstraße und Eichhornstraße ein punktuell erhöhtes Stressaufkommen gemessen wurde sowie ein besonders markanter Stress-Hotspot entlang der Aufweitung der Eichhornstraße am sogenannten „QR-Code“ nachgewiesen wurde.

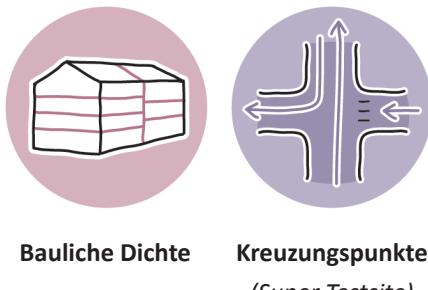
### Untersuchungsfaktoren

Im Unterschied zu den Fallstudienuntersuchungen wurden zwar auch im Rahmen des Kontrollversuchs alle zwölf Untersuchungsfaktoren analysiert, jedoch sollen für die Darstellung der Ergebnisse lediglich eine Auswahl von sechs Untersuchungsfaktoren präsentiert werden. Anhand dieser sechs Untersuchungsfaktoren soll stichprobenartig untersucht werden, inwiefern die in Hypothese 1 definierten Einflussfaktoren auch in anderen räumlichen Kontexten konsistent sind. Die Auswahl dieser Stichprobe an Untersuchungsfaktoren bildet deshalb eine Mischung aus sowohl „unauffälligen“ Faktoren als auch im Zuge der Fallstudienuntersuchungen aufgefallenen „Einflussfaktoren“ ab. Die detaillierte Auswertung der Stresszusammenhänge im Zuge der Fallstudienuntersuchungen ist hierbei Kapitel 5.3.1 zu entnehmen.

Zusätzlich zu den unterschiedlichen Stresszusammenhängen der ausgewählten Untersuchungsfaktoren, wird mit der Stichprobe angestrebt, eine möglichst große Schnittmenge mit den Messungen des Projekts Super Testsite zu erzielen. Für drei der sechs untersuchten Faktoren liegen dementsprechend auch detaillierte Messdaten vor, sodass im Rahmen der Auswertung die Ergebnisse der Stadtraumdiagnostik mit den Messergebnissen der Super Testsite verglichen werden können. Die Stichprobe umfasst die folgenden Untersuchungsfaktoren:

Faktoren mit starkem Stresszusammenhang nach Hypothese 1 („Einflussfaktoren“):

Die vier Untersuchungsfaktoren „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Verkehr“ und „Akustik“ wurden in Hypothese 1 als Einflussfaktoren identifiziert. Mit dem Kontrollversuch soll nun untersucht werden, inwiefern ihre Ausprägung auch im Stadtraum Eichhornstraße in Würzburg in den Zusammenhang mit Stress gebracht werden können. Aus dem Projekt Super Testsite kann dabei für die Faktoren „Verkehr“ und „Akustik“ auf weiterführende Messdaten zurückgegriffen werden.

Faktoren mit mittlerem Stresszusammenhang nach Hypothese 1 („Unauffällige Faktoren“):

Für die Faktoren „Bauliche Dichte“ und „Kreuzungspunkte“ konnte in den Fallstudienuntersuchungen bislang kein nennenswerter Einfluss auf das Stressempfinden nachgewiesen werden. Im Kontrollversuch soll deshalb geprüft werden, ob sich diese Faktoren auch im Stadtraum W1 unauffällig in Bezug auf die gemessenen Stress-Hotspots verhalten. Für den Faktor „Kreuzungspunkte“ können wiederum Messdaten aus dem Projekt Super Testsite herangezogen werden.

**Datenerhebung**

Die Erhebung der Untersuchungsfaktoren im Kontrollversuch ist analog zu den Fallstudienuntersuchungen aufgebaut und im Datenerhebungsplan in Kapitel 5.1.2 abgebildet.

**Datengrundlagen**

Ähnlich wie in den vier bereits untersuchten Fallstudien wird auch für die Erhebungen im Rahmen des Kontrollversuchs in Würzburg maßgeblich auf frei verfügbare Geodaten der Plattform OpenStreetMap sowie das Geodatenportal der Stadt Würzburg (Stadt Würzburg Fachbereich Geodaten und Vermessung, n.d.) zurückgegriffen.

## Remote-Analyse von Bildmaterialien

Die Remote-Analyse von zweidimensionalen Bildmaterialien erfolgt im Kontrollversuch erneut über Luftbilder des Anbieters Google Maps, die mithilfe des Plugins HCMGIS in das verwendete GIS-Programm QGIS eingelesen werden können (siehe Kapitel 5.1.1).

In Hinblick auf die Analyse dreidimensionaler Bildmaterialien respektive Straßenansichten ist die Datenlage für das gewählte Untersuchungsgebiet in Würzburg sehr unterschiedlich. Die Übersicht in Tabelle 20 zeigt die Datenlagen der verschiedenen Tools.

*Tabelle 20: Information zu den verwendeten Aufnahmedaten verschiedener Anbieter  
(Quelle: Eigene Darstellung)*

Anbieter	Aufnahmebereich	Datumsangabe	Wochentag	Tageszeit	Wetter
<b>Apple Karten</b>	Theaterstraße	Juli 2020	Werktag	Nachmittag	bewölkt
<b>Google Street View</b>	Theaterstraße	Mai 2022	Werktag	Mittag	leicht bewölkt
	Eichhornstraße	Januar 2024	Werktag	Nachmittag	bewölkt
<b>Mapillary</b>	Theaterstraße	2. Juli 2024	Dienstag	Morgen	leicht bewölkt
	Theaterstraße	1. Mai 2018	Mittwoch (Feiertag)	K. A.	bewölkt
	Eichhornstraße & Teile der Theaterstraße	3. Oktober 2017	Dienstag (Feiertag)	Vormittag	bewölkt, nass
	Eichhornstraße	24. Juli 2018	Dienstag	Vormittag	sonnig

Auf die bislang in den Fallstudien verwendete „Umsehen“-Funktion (Apple, n.d.) des Kartenanbieters Apple Karten kann in diesem Stadtraum lediglich im Bereich der Theaterstraße auf 360°-Bildmaterialien zurückgegriffen werden, nicht jedoch in der Eichhornstraße. Hier bietet allerdings das Tool „Google Street View“ (Google, n.d.) des Kartenanbieters Google Maps vollständige 360°-Aufnahmen für sowohl die Theater- als auch die Eichhornstraße an.

Ferner stehen für die Untersuchungen auch Bildmaterialien der Plattform „Mapillary“ (Mapillary, 2024) zur Verfügung. Die georeferenzierten Bildsequenzen wurden hier in den Jahren 2017, 2018 und 2024 auf unterschiedlichen Streckenabschnitten aufgenommen. Allerdings wurden die Bilder nicht als 360°-Aufnahmen aufgenommen, sodass teilweise Bereiche verdeckt werden. Die Mapillary-Datensätze werden deshalb im Rahmen des Kontrollversuchs lediglich ergänzend als Kontrollebene verwendet. Zugunsten der Vollständigkeit werden sie jedoch ebenfalls in der Übersicht aufgeführt.

## Vor-Ort-Begehungen

Zusätzlich zu der Remote-Analyse bestehender Datengrundlagen und Bildmaterialien werden auch im Rahmen des Kontrollversuchs Vor-Ort-Begehungen durchgeführt.

*Tabelle 21: Rahmenbedingungen der durchgeführten Vor-Ort-Begehungen (Quelle: Eigene Darstellung)*

Stadt	Datum	Wochentag	Tageszeit	Wetter
Würzburg	28. Oktober 2024	Montag	Vormittag, 11 Uhr	sonnig
			Mittag, 13 Uhr	sonnig

Die Eckdaten zu den durchgeführten Begehungen sind in Tabelle 21 vermerkt. Wie bereits bei den Fallstudienuntersuchungen werden die Begehungen anhand von Notizen, Skizzen und Fotos dokumentiert und zur retrospektiven Nachverfolgung jeweils ein Video des Stadtraums aufgenommen.

### 6.1.2.3 Fotografische Dokumentation

Der im Kontrollversuch W1 untersuchte Stadtraum bildet eine wichtige Verbindung vom Bahnhof über die Fußgängerzone Eichhornstraße bis hin zum Marktplatz der Stadt Würzburg. Grundlegend gliedert sich der Untersuchungsraum dabei in zwei verschiedene Abschnitte: Die vom Bahnhof kommend ab dem Barbarossaplatz beginnende Theaterstraße, die in Nord-Süd-Richtung verläuft und die in Ost-West-Richtung von ihr abgehende Fußgängerzone Eichhornstraße, die als Haupteinkaufsstraße zum Marktplatz führt. Diese beiden Abschnitte weisen sehr unterschiedliche Charaktere und Gliederungen auf. So wird die Theaterstraße mit der Hauptfahrbahn für den Auto-, Bus- und Radverkehr, den Parkzonen im Seitenbereich und der Bushaltestelle im vorderen Bereich stark vom Verkehr geprägt. Die Nutzungen der Erdgeschosszonen sind kleinteilig und überwiegend von geringer Qualität. Am Kreuzungspunkt zur Semmelstraße, der mit einer Ampelanlage gestaltet ist, geht dann die Fußgängerzone Eichhornstraße von der Theaterstraße ab. Die großzügig angelegte Einkaufsstraße wurde erst vor wenigen Jahren neu gestaltet und präsentiert sich über die gesamte Länge hinweg in einem guten Zustand mit einheitlich gestalteten Bodenflächen und aufgeräumtem Stadtmobiliar. Im vorderen Abschnitt weitet sich der Stadtraum zwischen den Kreuzungspunkten Oberthürstraße und Spiegelstraße/ Dominikanergasse zu einer Platzsituation auf. Eine weitere Aufweitung folgt dann direkt nach der Kreuzungssituation Spiegelstraße/Dominikanergasse. In diesem Bereich ist die Bodenfläche der Platzsituation mit einem QR-Code-Muster hervorgehoben. Beide Platzsituationen sind mit einem einheitlichen Stadtmobiliar ausgestattet, mit dem großzügige Sitzgelegenheiten unter Bäumen angeboten werden.



Abbildung 102: Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Kontrollversuch W1 (Fotografien: Eigenes Archiv)

### 6.1.3 Ergebnisse Stadtraumdiagnostik

Anhand des in Kapitel 6.1.2.2 beschriebenen Aufbaus und der dort ebenfalls skizzierten Durchführung des Kontrollversuchs werden im Folgenden die Ergebnisse der Stadtraumdiagnostik vorgestellt.

#### 6.1.3.1 Grundgerüst W1

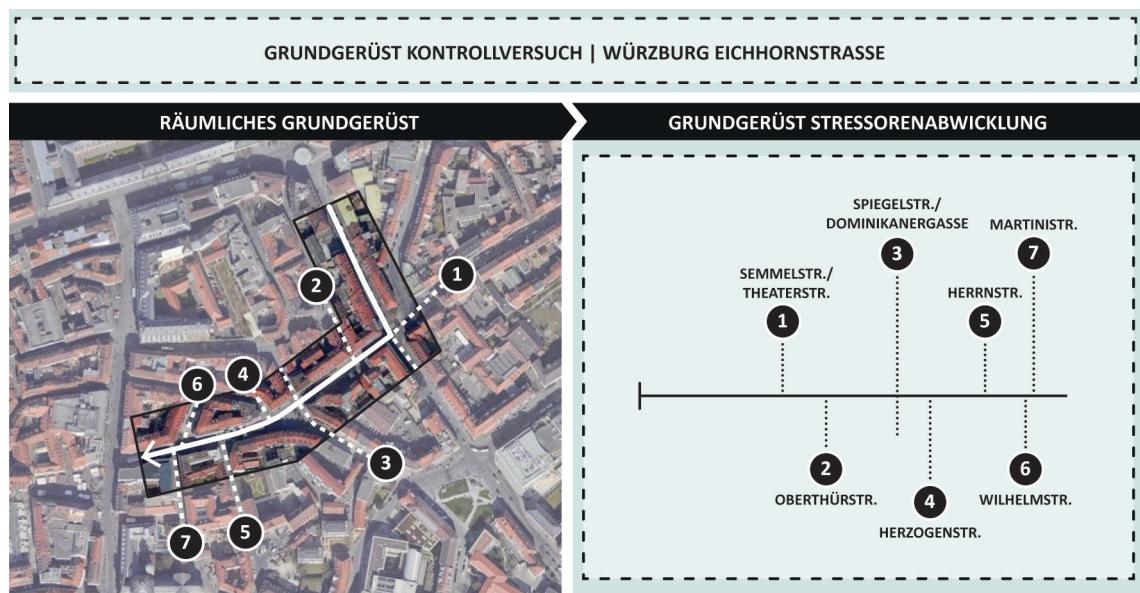


Abbildung 103: Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Gerüst der Stressorenabwicklung, Kontrollversuch W1 (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Bewegungslinie des Kontrollversuchs verläuft zunächst entlang der Theaterstraße in Nord-Süd-Richtung und knickt dann entlang der Eichhornstraße in Ost-West-Richtung ab. Im räumlichen Grundgerüst gehen von der definierten Bewegungslinie demzufolge die folgenden Straßen ab: Semmelstraße/Theaterstraße, Oberthürstraße, Spiegelstraße, Herzogenstraße, Herrnstraße, Wilhelmstraße und Martinistraße. Das Grundgerüst der Stressorenabwicklung wird demzufolge von insgesamt sieben Fixpunkten gegliedert.

#### 6.1.3.2 Auszug Stressorenmatrix W1

Die Analysen zu den Untersuchungsfaktoren werden gemäß der Methodik der Stadtraumdiagnostik gemeinsam mit den Ergebnissen der Stressmessungen jeweils in der Form der Stressorenabwicklung dargestellt. Die Stressorenmatrix W1 zeigt demzufolge die einzelnen Abwicklungen in der Übersicht und ist in Abbildung 104 dargestellt. In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass im Unterschied zu den Fallstudienuntersuchungen hier lediglich eine Stichprobe aus sechs der zwölf Untersuchungsfaktoren gezeigt wird. Die Auswahl der gezeigten Untersuchungsfaktoren wurde bereits in Kapitel 6.1.2.2 dargelegt.

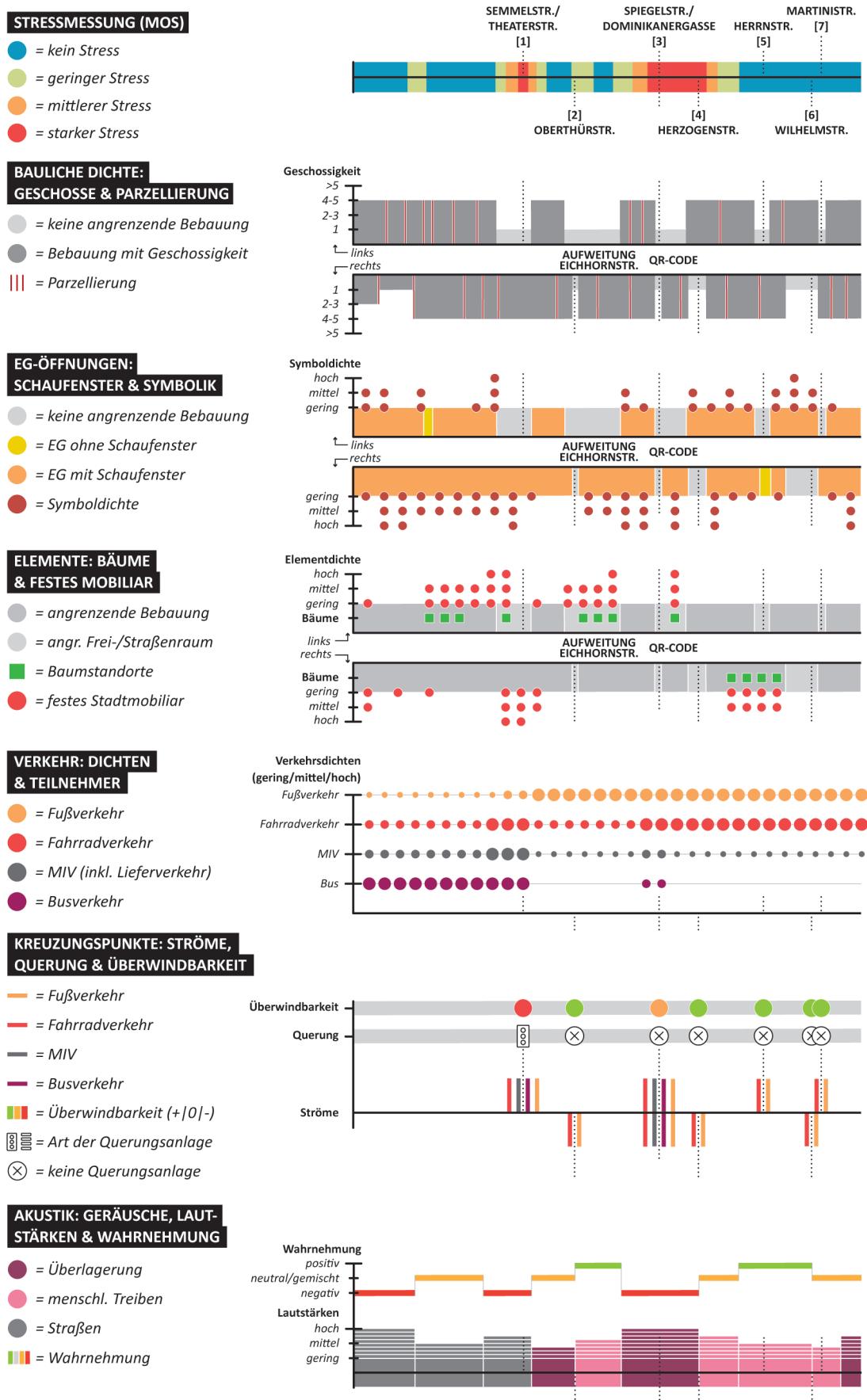


Abbildung 104: Auszug Stressorenmatrix Kontrollversuch W1 (Quelle: Eigene Darstellung)

### 6.1.3.3 Analyseergebnisse W1

Die Ergebnisbesprechung der im Kontrollversuch W1 durchgeführten Analysen bezieht sich auf die in Abbildung 104 dargestellte Stressorenmatrix. Im Folgenden werden dabei die wichtigsten Auffälligkeiten und Eckpunkte zu den einzelnen Untersuchungsfaktoren beschrieben.

#### Stressmessung (MOS)

Wie bereits in der Ergebniskarte (Heatmap) der Stressmessungen aus Abbildung 101 hervorgeht, lassen sich im Untersuchungsgebiet W1 zwei neuralgische Stress-Hotspots erkennen. Der erste dieser beiden Hotspots befindet sich punktuell in der Theaterstraße im Kreuzungsbereich Semmelstraße/Theaterstraße (1), der den Übergang zur Fußgängerzone markiert. Der zweite Hotspot präsentiert sich hingegen markanter und flächiger in der Eichhornstraße im Bereich des QR-Codes zwischen der Spiegelstraße/Dominikanergasse (3) und der Herzogenstraße (4).

#### Bauliche Dichte: Geschosse & Parzellierung

Hinsichtlich der baulichen Dichte präsentiert sich der Stadtraum W1 äußerst homogen. Die Geschossigkeit beträgt hier fast ausschließlich vier Geschosse und auch die Parzellierung der Gebäude weist eine überwiegend gleichmäßige Körnung auf. Mit Ausnahme der Straßenräume in den direkten Kreuzungsbereichen zeichnen sich in der Abwicklung zwei Freiräume deutlich in der Baustruktur ab: Die Aufweitung der Fußgängerzone im Bereich von Punkt 3 sowie der QR-Code zwischen Punkt 3 und 4.

#### EG-Öffnungen: Schaufenster & Symbolik

In Bezug auf die Schaufensterflächen und Symbolik in den Erdgeschosszonen ist innerhalb des Untersuchungsraums W1 ein hoher Öffnungs- und Symbolgrad vorzufinden. So präsentieren sich die Erdgeschosszonen mit Ausnahme von zwei geschlossenen Parzellen mit großzügigen Schaufensterflächen. Hinsichtlich der Symbolik ist bis Punkt 1 insbesondere auf der rechten Seite der Bewegungslinie eine flächige Ballung an Symbolen zu beobachten, die im Kreuzungsbereich Semmelstraße/Theaterstraße dann beidseitig Hochpunkte ausbildet. Ein weiterer markanter Ausschlag ist dann auf der rechten Seite zwischen Punkt 3 und 4, also im Bereich des QR-Codes, zu beobachten. Auf der linken Seite ballt sich die Symboldichte dann im hinteren Bereich zwischen der Herrnstraße (5) und der Martinistraße (7) erneut zu einem Hochpunkt, der deutlich in der Abwicklung zu erkennen ist.

#### Elemente: Bäume & Festes Mobiliar

Das feste Stadtmobiliar ist über den gesamten Stadtraum W1 sehr kompakt angeordnet und klar gegliedert. Auf der linken Seite verteilen sich die Stadtmöbel zunächst im hinteren Abschnitt unmittelbar vor Punkt 1, innerhalb der Aufweitung der Eichhornstraße im Bereich zwischen

Punkt 2 und 3 sowie punktuell im Bereich des QR-Codes zwischen Punkt 3 und 4. Auf der rechten Seite ballt sich das Stadtmobiliar dann insbesondere an der Einmündung zur Eichhornstraße (1) mit einer hohen Dichte an Fahrradabstellanlagen sowie zwischen der Herzogenstraße (4) und der Wilhelmstraße (6). Die Baumstandorte sind, mit Ausnahme der Bäume in den Pflanzkübeln entlang der Theaterstraße vor Punkt 1, im Stadtraum W1 in großzügigen Stadtmöbeln integriert, mit denen schattige Sitzgelegenheiten in der Fußgängerzone angeboten werden. Diese Sitzbank-Baum-Kombinationen sind jeweils als kompakte Pakete angeordnet und befinden sich auf der linken Seite an den beiden Freiräumen sowie auf der rechten Seite zwischen Punkt 4 und 6.

#### **Verkehr: Dichten & Teilnehmer**

Der Verkehr wird entlang der Theaterstraße bis Punkt 1 hauptsächlich vom Auto- und Busverkehr geprägt, wobei für den MIV eine mittlere und für den Busverkehr eine hohe Dichte zu beobachten ist. Der Fahrradverkehr wird auf der Hauptfahrbahn geführt und erreicht mittlere Dichten. Der in den Seitenbereichen geführte Fußverkehr ist hingegen von geringer Dichte. Im Bereich der Ampelanlage an der Einmündung zur Eichhornstraße (1) staut sich der motorisierte Verkehr und der Fahrradverkehr im Wartebereich und steigert sich dadurch punktuell zu einer hohen Dichte. Die nach Punkt 1 beginnende Eichhornstraße ist dann dem Fuß- und Radverkehr vorbehalten, wobei hier auch viel Lieferverkehr stattfindet. Im Abschnitt bis zur Kreuzung Spiegelstraße/ Dominikanergasse (3) ist in der Eichhornstraße eine hohe Fußverkehrsdichte, eine mittlere Radverkehrsdichte und geringfügig Lieferverkehr zu verzeichnen. An Punkt 3 kreuzt dann sowohl der MIV- als auch der Busverkehr, weshalb es an dieser Stelle zu kurzzeitigen Ausschlägen in der Abwicklung kommt. Hier biegen auch viele Radfahrende in die Eichhornstraße ein, weshalb im folgenden Teil nach Punkt 3 zusätzlich auch höhere Radverkehrsdichten zu beobachten sind.

#### **Kreuzungspunkte: Ströme, Querungen & Überwindbarkeit**

Entlang der definierten Bewegungslinie sind insgesamt sieben Kreuzungspunkte verteilt. An den Punkten 2, 4, 5, 6 und 7 münden jedoch lediglich kleinere Querstraßen und Gassen ein, die dem Rad- und Fußverkehr vorbehalten sind. Durch die großzügige Dimensionierung der Fußgängerzone sind diese Einmündungen auch ohne Querungsanlagen gut überwindbar. Anders verhalten sich die Kreuzungspunkte 1 und 3. Die Kreuzungssituation zur Semmelstraße/Theaterstraße (1) ist hier mit einer Ampelanlage ausgestattet und wickelt viele verschiedene Verkehrsströme aus unterschiedlichen Richtungen ab.

Durch die hohe Anzahl an Zufußgehenden, die aus den umliegenden Gebieten in Richtung der Fußgängerzone strömen, und den relativ dicht getakteten Busverkehr ist die Kreuzung eher unübersichtlich und es entstehen teilweise lange Standzeiten im Wartebereich der Ampelanlage. Die Überwindbarkeit der Kreuzung wird dementsprechend als „schlecht“ eingestuft. Weiter

entlang der Eichhornstraße wird am Kreuzungspunkt Spiegelstraße/Dominikanergasse (3) dann die Fußgängerzone sowohl vom Rad- und Fußverkehr als auch vom MIV- und Busverkehr gekreuzt. Die Kreuzungssituation ist unübersichtlich und vor allem durch den kreuzenden Busverkehr kommt es hier trotz der eigentlich großzügigen Platzverhältnisse häufig zu Konflikten und Beinaheunfällen. Dementsprechend wird die Überwindbarkeit dieser Kreuzung nur als „mittel“ eingestuft.

#### **Akustik: Geräusche, Lautstärken & Wahrnehmung**

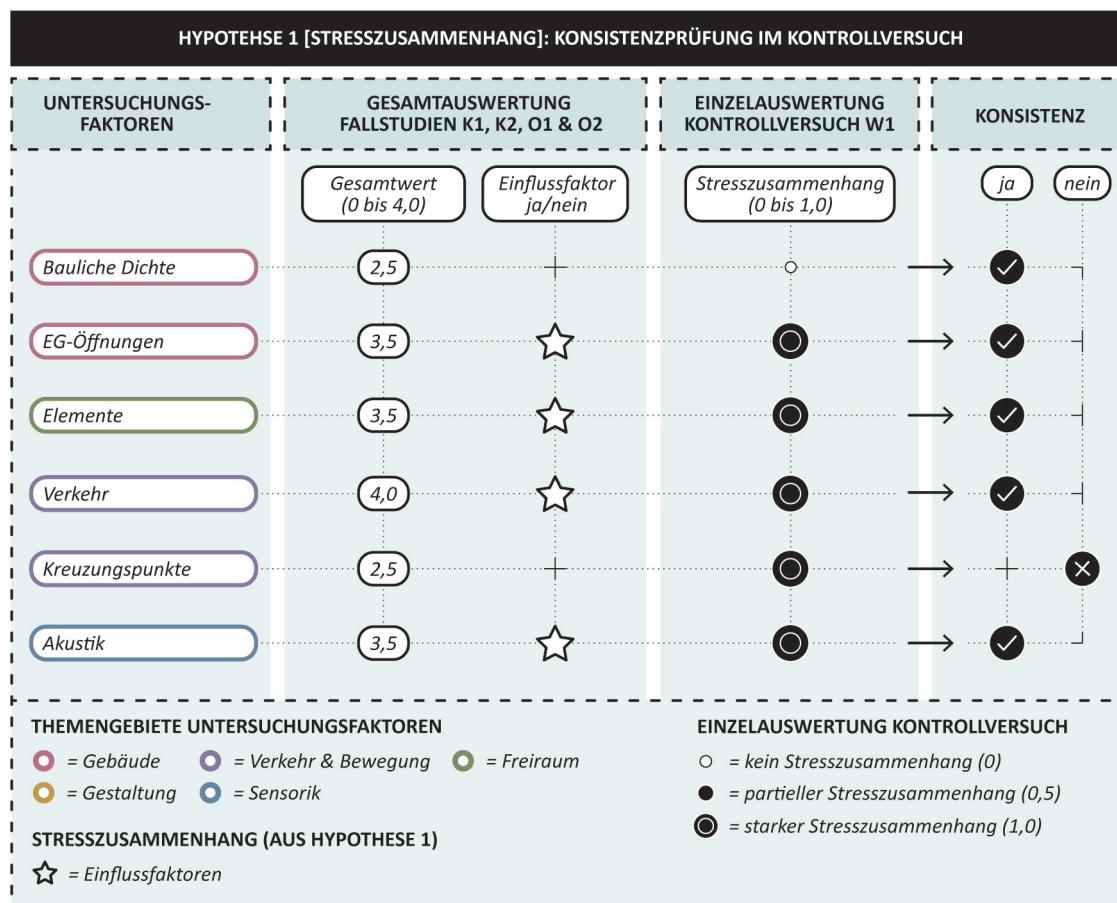
Die Akustik des Stadtraums wird im ersten Abschnitt bis Punkt 1 von lauten Straßengeräuschen dominiert. Vom Barbarossaplatz kommend herrscht hier zunächst ein hoher Geräuschpegel, der als „negativ“ wahrgenommen wird. Darauf folgt ein kurzer Bereich, in dem der Geräuschpegel leicht abflacht und die Akustik „gemischt“ eingestuft wird. Am Kreuzungspunkt Semmelstraße/Theaterstraße (1) steigt die Lautstärke dann wieder an und wird erneut als „negativ“ assoziiert. An der Einmündung zur Fußgängerzone Eichhornstraße kommt es daraufhin bis zum Kreuzungspunkt Oberthürstraße (2) zunächst zu Geräuschüberlagerungen mittlerer Lautstärke, die überwiegend als „gemischt“ bewertet werden. Im Bereich der Aufweitung der Fußgängerzone, also unmittelbar nach Punkt 2, lässt sich dann etwas lauteres menschliches Treiben aus der Geräuschkulisse identifizieren, das mehrheitlich als „positiv“ assoziiert wird.

Am QR-Code kommt es dann zu einer „negativen“ Geräuschüberlagerung und zu einer deutlichen Erhöhung der Lautstärke. In den folgenden Abschnitten bis zur Martinistraße (7) kann daraufhin schließlich wieder menschliches Treiben aus der Geräuschkulisse des Stadtraums identifiziert werden und die Lautstärke flacht sukzessive ab. Dieser Abschnitt wird zunächst „gemischt“, im hinteren Bereich dann aber vermehrt „positiv“ konnotiert. Im letzten Teil der Bewegungslinie kommt es im untersuchten Stadtraum W1 dann noch einmal vermehrt zu Geräuschüberlagerungen durch die Straßenbahn entlang der Schönbornstraße. An dieser Stelle ist zudem ein leichter Anstieg der Lautstärke zu vernehmen, der erneut als „gemischt“ wahrgenommen wird.

#### **6.1.3.4 Konsistenzprüfung zu Hypothese 1**

Um anhand der Analyseergebnisse des Kontrollversuchs W1 nun eine Aussage darüber treffen zu können, inwieweit sowohl der entwickelte Methodenansatz als auch die bisherigen Erkenntnisse zu den Einflussfaktoren auch auf andere Stadträume übertragbar sind, wird im folgenden Teil der Arbeit eine Konsistenzprüfung vorgenommen. Inhaltlich soll mithilfe dieses Prüfverfahrens die erste Hypothese zum Stresszusammenhang der untersuchten Faktoren (siehe Kapitel 5.3.1) überprüft werden. In Abbildung 105 werden die einzelnen Schritte der Konsistenzprüfung in jeweils einer Spalte dargestellt. Ganz links sind die im Kontrollversuch untersuchten Faktoren

aufgelistet. Die Stichprobe des Kontrollversuchs (siehe Kapitel 6.1.2.2) umfasst dabei die sechs Untersuchungsfaktoren „Bauliche Dichte“, „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Verkehr“, „Kreuzungspunkte“ und „Akustik“.



*Abbildung 105: Auszug Konsistenzprüfung der Hypothese 1 im Kontrollversuch W1  
(Quelle: Eigene Darstellung)*

Im ersten Schritt der Konsistenzprüfung, der in der zweiten Spalte von Abbildung 105 visualisiert ist, wird zunächst aufgelistet, welche Werte für die jeweiligen Faktoren im Zuge der Gesamtauswertung des Stresszusammenhangs im ersten Teil der Fallstudienauswertung (vergleiche Kapitel 5.3.1.2) vergeben wurden. Zusätzlich wird in dieser Spalte dann auch entsprechend visualisiert, ob der Untersuchungsfaktor im Rahmen der ersten Hypothese als ein Einflussfaktor identifiziert wurde, oder sich im Rahmen der Fallstudien unauffällig zeigte. In diesem Zusammenhang werden die vier Faktoren „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Verkehr“ und „Akustik“ als Einflussfaktoren gekennzeichnet. In Bezug auf die beiden Untersuchungsfaktoren „Bauliche Dichte“ und „Akustik“ konnte anhand der bisherigen Untersuchungen hingegen kein Zusammenhang mit dem gemessenen Stressempfinden nachgewiesen werden.

Im zweiten Teil der Konsistenzprüfung, der in der dritten Spalte von Abbildung 105 dargestellt ist, erfolgt dann die Auswertung des Stresszusammenhangs im Kontrollversuch W1 anhand

der zugehörigen Stressorenmatrix W1 (siehe Abbildung 104). Hierbei wird ein ähnliches Auswertungsverfahren verwendet, wie es bereits im Rahmen der ersten Fallstudienauswertung zum Einsatz gekommen ist. Im Allgemeinen wird dabei untersucht, inwiefern sich die Hotspots der Stressmessungen mit Auffälligkeiten in den Stressorenabwicklungen der einzelnen Untersuchungsfaktoren decken (vergleiche Kapitel 5.3.1.1).

Die Kongruenz jeder der sechs Stressorenabwicklungen des Kontrollversuchs W1 zu den identifizierten Stress-Hotspots wird dann, analog zu den Fallstudienauswertungen, mithilfe eines Zahlenwertes beschrieben. Die zugeordneten Werte bewegen sich dann erneut auf einer Skala von 0 bis 1, wobei der Wert 0 für „keinen Zusammenhang“ und der Wert 1 für einen „starken Zusammenhang“ steht. Der Wert 0,5 wird in der Einzelauswertung dann vergeben, wenn nur ein partieller Zusammenhang festgestellt werden kann. Anhand dieses Auswertungsmusters konnten im Kontrollversuch für fünf der sechs untersuchten Faktoren ein starker Stresszusammenhang nachgewiesen werden. Lediglich der Untersuchungsfaktor „Bauliche Dichte“ weist im Kontrollversuch keinen Zusammenhang mit dem gemessenen Stressemfinden auf.

Im letzten Schritt der Konsistenzprüfung, die in der rechten Spalte von Abbildung 105 dargestellt ist, werden die Ergebnisse der beiden Auswertungen dann pro Untersuchungsfaktor miteinander verglichen. Dabei steht die folgende Fragestellung im Vordergrund: Decken sich die in den Fallstudienuntersuchungen ausgewerteten Stresszusammenhänge mit denen des Kontrollversuchs? Beziehungsweise: Erweisen sich die mit Hypothese 1 identifizierten Einflussfaktoren auch im Kontrollversuch als konsistent? Nach diesem Auswertungsmuster kann schließlich festgehalten werden, dass fünf der sechs ermittelten Stresszusammenhänge mit dem Kontrollversuch bestätigt werden konnten.

Lediglich der in Hypothese 1 als unauffällig postulierte Untersuchungsfaktor „Kreuzungspunkte“ konnte mit dem Kontrollversuch nicht bestätigt werden, da hier im Kontext des Untersuchungsraums W1 ein starker Zusammenhang mit Stress ermittelt wurde. Für die Untersuchungsfaktoren „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Verkehr“ und „Akustik“ konnte hingegen sowohl in den vier Fallstudienuntersuchungen als auch im Kontrollversuch in der Würzburger Innenstadt ein starker Stresszusammenhang nachgewiesen werden.

Darüber hinaus konnte in Bezug auf den Untersuchungsfaktor „Bauliche Dichte“ mit dem Kontrollversuch auch die Gegenthese bewiesen werden: Weder in den Fallstudienuntersuchungen noch im Untersuchungsgebiet W1 wurde hier ein nennenswerter Einfluss auf das Stressemfinden nachgewiesen.

### 6.1.4 Ergebnisvergleich Super Testsites

Aufbauend auf dem Setting des Projekts Super Testsites (vergleiche Kapitel 6.1.1) und den Analyseergebnissen der Stadtraumdiagnostik im Untersuchungsgebiet W1 (vergleiche Kapitel 6.1.3) soll nun die Schnittmenge der beiden Analysen miteinander verglichen werden. Hierfür werden im Folgenden zunächst die Ergebnisse dreier Messreihen aus dem Projekt Super Testsites Würzburg vorgestellt und ihre zugrunde liegende Methodik in Kurzform erläutert. Eine detaillierte Methoden- und Ergebnisbeschreibung ist dabei nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit und ist den weiterführenden Veröffentlichungen der projektleitenden Lehrstühle beziehungsweise dem Projekt Super Testsites zu entnehmen.

Im Anschluss an die Vorstellung der drei Super-Testsites-Messreihen werden die Ergebnisse dann im Rahmen eines Ergebnisvergleichs mit den entsprechenden Untersuchungsfaktoren und Stressorenabwicklungen der Stadtraumdiagnostik in Beziehung gesetzt.

#### 6.1.4.1 Messergebnisse Super Testsites

Im Rahmen des Projekts bilden die zwei Teiluntersuchungen zu den stadträumlichen Klanglandschaften sowie die Analyse der Passantenfrequenz inhaltliche Schnittstellen zur Stadtraumdiagnostik aus.

##### **Soundscapes, Teiluntersuchung 1, Klanglandschaften:**

Im Kontext der Super Testsites untersucht der Lehrstuhl für „Sozialgeographie“ der Universität Würzburg (JMU Würzburg, n.d.-b) in einer ersten Teiluntersuchung die verschiedenen Klanglandschaften in der Würzburger Innenstadt. Hierfür wurden die Probanden der Zufußgehenden-Messreihe an den fünf definierten Fixpunkten dazu aufgefordert, in der Umfrage-App spezifische Fragen zu der von ihnen wahrgenommenen Geräuschkulisse vor Ort zu beantworten. Für diese qualitative Abfrage der Klanglandschaften wurde für das Design der Umfrage eine Likert-Skala verwendet, anhand derer die Probanden ihre subjektive Wahrnehmung der Geräuschkulisse vor Ort auf einer Skala von 1 bis 5 einstufen sollten.

In dem darauffolgenden Auswertungsprozess werden die Umfrageergebnisse dann anhand der vorliegenden Likert-Skalen mithilfe von Künstlicher Intelligenz ausgewertet und dabei die Klanglandschaft des Stadtraums je nach Themenschwerpunkt der Untersuchungen vier beschreibenden Attributen zugeordnet. Die Definition der Attribute und die Auswertungsmethodik geht dabei auf die Arbeiten von Axelsson et al. (2010) sowie Mitchell et al. (2024) zurück. Am Lehrstuhl für Sozialgeographie der JMU Würzburg wurde dieser Methodenansatz zur Auswertung stadträumlicher Klanglandschaften aufgegriffen und anhand verschiedener Untersuchungen im Kontext der Würzburger Innenstadt weiterentwickelt. Mit der grafischen Visualisierung der Er-

gebnisse in jeweils einem Diagramm wird angesichts dessen veranschaulicht, mithilfe welcher Attribute die Klanglandschaft des untersuchten Stadtraums beschrieben werden kann. Die detaillierte grafische Aufbereitung der Diagramme wird am Lehrstuhl Sozialgeographie der Universität Würzburg (JMU Würzburg, n.d.-b) ausgearbeitet. Für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse stark vereinfacht dargestellt (siehe Abbildung 106).

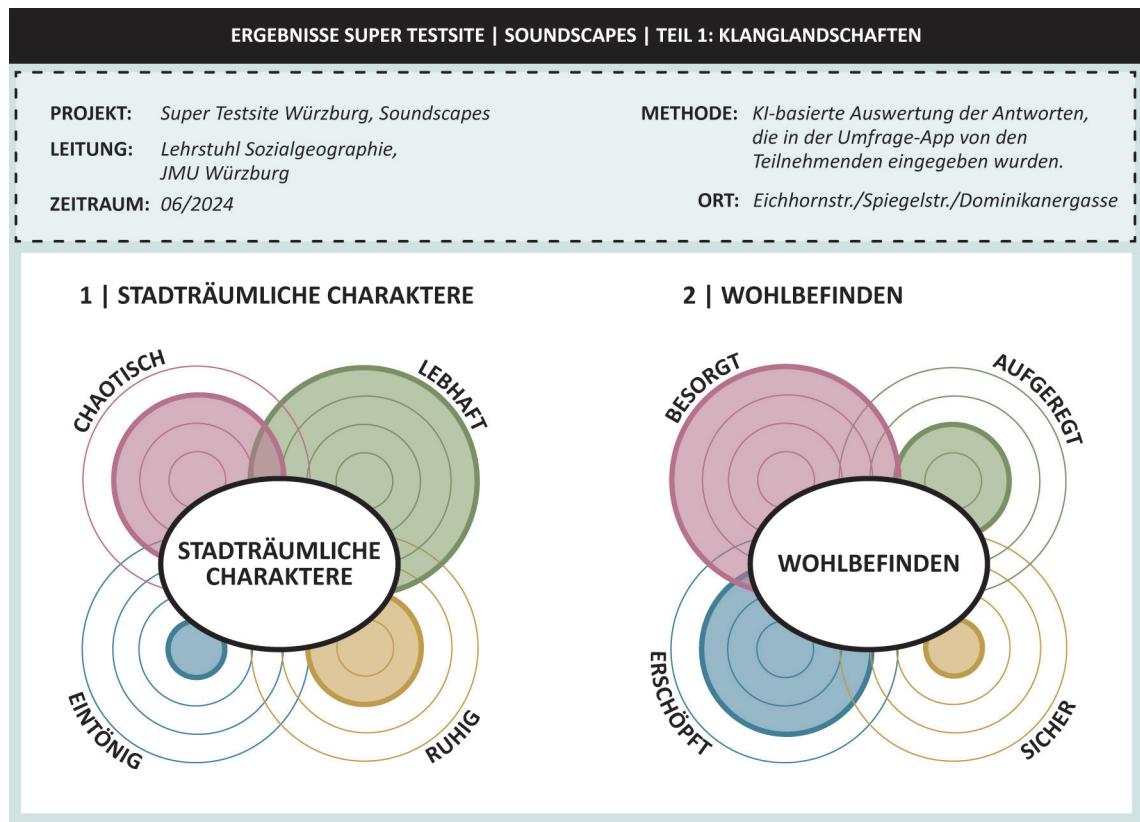


Abbildung 106: Ergebnisvergleich Super Testsite, Soundscapes, Teil 1: Klanglandschaften (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Sozialgeographie, JMU Würzburg)

Von den fünf analysierten Fixpunkten der Zufußgehenden-Messreihe werden im Rahmen des Ergebnisvergleichs zur Stadtraumdiagnostik die Umfrageergebnisse am Fixpunkt „QR-Code“ herangezogen. Im Grundgerüst des Kontrollversuchs (vergleiche Kapitel 6.1.3.1) entspricht dies dem dritten Punkt entlang der Bewegungslinie in den Stressorenabwicklungen des Kontrollversuchs. Abbildung 106 fasst die wichtigsten Eckpunkte der Klanglandschafts-Untersuchungen für diesen Bereich der Würzburger Innenstadt zusammen. In den beiden Diagrammen wird dabei sowohl der stadtäumliche Charakter (links) als auch das Wohlbefinden (rechts) des untersuchten Stadtraums auf einer qualitativen Ebene anhand der Zuordnung zu den unterschiedlichen Attributen visualisiert.

Im Zuge der Auswertung der stadtäumlichen Charaktere wird dem Stadtraum am QR-Code in diesem Zusammenhang ein überwiegend „lebhafter“ bis „chaotischer“ Charakter zugeordnet.

Vereinzelt können hier jedoch auch Ausreißer in Richtung des Attributs „ruhig“ beobachtet werden. Aus den Untersuchungen zum Wohlbefinden innerhalb des Stadtraums ergibt sich eine mehrheitliche Zuordnung zu den Attributen „besorgt“ und „erschöpft“. Darüber hinaus wurde hier in manchen Fällen vereinzelt auch das Attribut „aufgeregt“ zugewiesen.

### Soundscapes, Teiluntersuchung 2, Lautstärken:

In der zweiten Teiluntersuchung der Soundscape-Untersuchungen wurden dann auch die an den fünf Fixpunkten von den Probanden gespeicherten Tonaufnahmen mithilfe von zwei verschiedenen KI-basierten Auswertungsmustern analysiert.

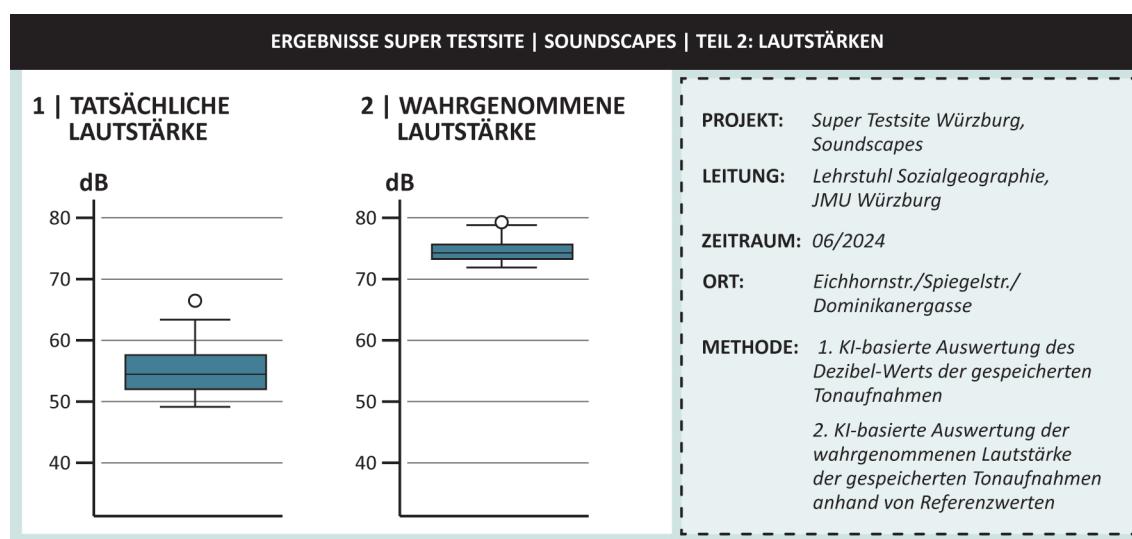


Abbildung 107: Ergebnisvergleich Super Testsite, Soundscapes, Teil 2: Lautstärken (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Sozialgeographie, JMU Würzburg)

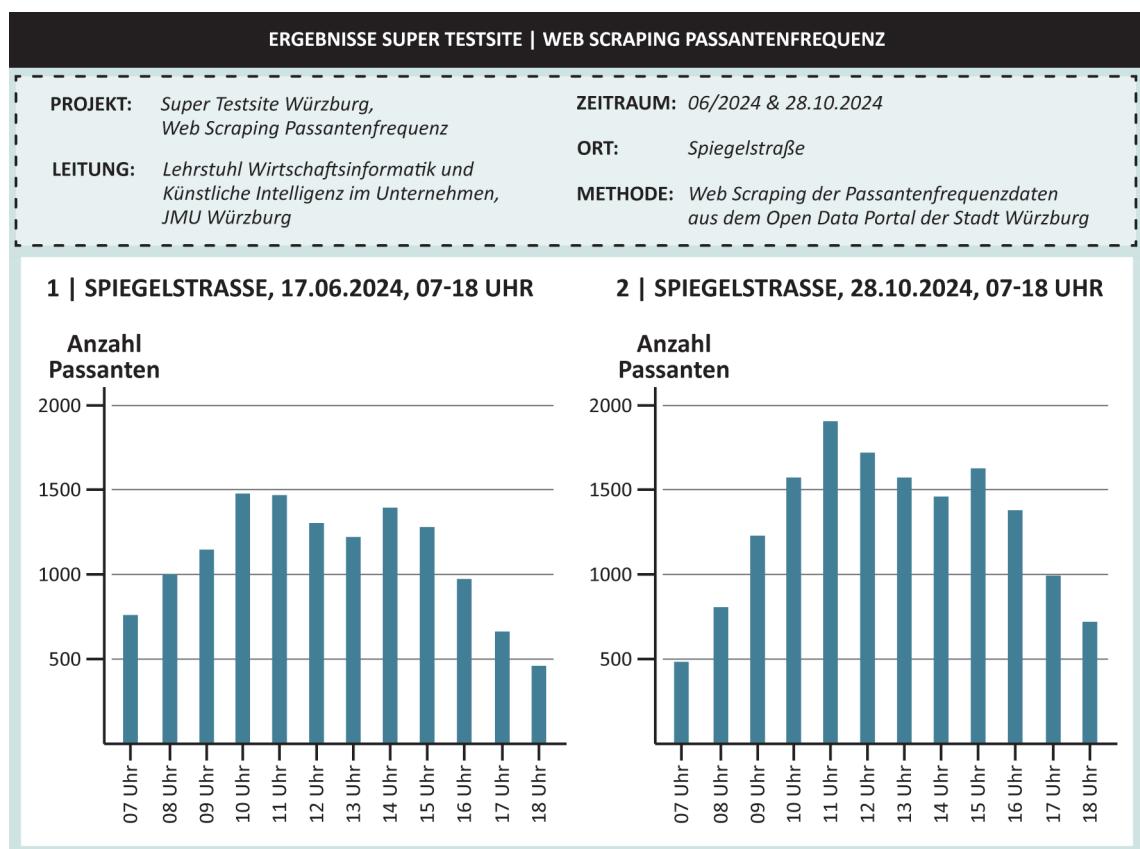
Die erste Auswertung gibt in diesem Kontext die tatsächliche Lautstärke der Tonaufnahmen, die über das Smartphone aufgenommen wurden, in der Einheit Dezibel an. In der zweiten Auswertung wird dann mithilfe einer KI anhand von Referenzwerten die durchschnittliche subjektive Wahrnehmung der Tonaufnahmen analysiert. Aus den beiden Untersuchungen (siehe Abbildung 107) geht hervor, dass die tatsächliche Lautstärke am QR-Code stark zur subjektiv wahrgenommenen Lautstärke variiert. Denn obwohl die gemessene Lautstärke nur bei etwa 55 Dezibel liegt, wird sie durchschnittlich mit circa 75 Dezibel subjektiv deutlich höher eingestuft.

### Passantenfrequenz:

Die zweite Untersuchung, die im Rahmen der Super Testsite durchgeführt wurde, und hier hinsichtlich eines Ergebnisvergleichs zur Stadtraumdiagnostik herangezogen wird, untersucht die Passantenfrequenz. Dabei greift die Untersuchung auf Zahlenwerte zurück, die vonseiten der Stadt Würzburg über das städtische Open Data Portal zur Verfügung gestellt werden (Stadt Würzburg, 2024). Auf dem Portal können für bislang drei Messpunkte kostenlos stündliche Mess-

daten zur Passantenfrequenz eingesehen werden. Diese Zählungen werden mittels Lasertechnik durchgeführt, womit es möglich ist, das Passantenaufkommen vollständig anonymisiert zu erheben. Die drei Zählstellen werden von dem Anbieter „Hystreet“ betrieben und befinden sich im Würzburger Innenstadtbereich an der Kaiserstraße, der Schönbornstraße und der Spiegelstraße (Hystreet GmbH, n.d.).

Für das Projekt Super Testsite Würzburg wurden diese Daten vom Lehrstuhl für „Wirtschaftsinformatik und Künstliche Intelligenz im Unternehmen“ der Universität Würzburg (JMU Würzburg, n.d.-a) mithilfe eines Web-Scraping-Verfahrens für den Erhebungszeitraum des Projekts extrahiert und aufbereitet. Im Rahmen dieser Verfahren, die auch unter der Bezeichnung Screen Scraping bekannt sind, werden Daten von externen Websites mit speziellen Programmen extrahiert und in anderen Zusammenhängen beziehungsweise verändertem Datendesign für eigene Zwecke wiederverwendet.



*Abbildung 108: Ergebnisvergleich Super Testsite, Web Scraping Passantenfrequenz (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik und Künstliche Intelligenz im Unternehmen, JMU Würzburg)*

Für den hier angestrebten Ergebnisvergleich werden die aufbereiteten Daten für den Messpunkt an der Spiegelstraße herangezogen, die vom QR-Code als Querstraße abgeht und im Grundgerüst des Kontrollversuchs (vergleiche Kapitel 6.1.3.1) den dritten Kreuzungspunkt entlang der definierten Bewegungslinie ausbildet. Die Passantenfrequenzdaten der Spiegelstraße werden

in Abbildung 108 stichprobenartig für sowohl einen Tag während des Erhebungszeitraums der Super Testsite (Montag, 17. Juni 2024) als auch für den Tag der Vor-Ort-Begehung im Rahmen der Stadtraumdiagnostik (Montag, 28. Oktober 2024) jeweils im Tagesverlauf von 7 bis 18 Uhr gezeigt. Die Passantenfrequenz beläuft sich dabei am 17. Juni auf durchschnittlich 1.095 Passanten pro Stunde und erreicht den Höchstwert mit 1.485 Passanten um 10 Uhr. Am 28. Oktober, zum Zeitpunkt der Herbstferien im Bundesland Bayern, fallen die Werte entsprechend höher aus und belaufen sich auf durchschnittlich 1.286 Passanten pro Stunde. Der Höchstwert mit 1.903 Passanten pro Stunde wird an diesem Tag um 11 Uhr erreicht.

Um die Werte der gemessenen Passantenfrequenzen besser einschätzen zu können, liefert eine Messkampagne der IHK Nord Westfalen entsprechende Vergleichswerte (IHK Nord Westfalen, 2024). Im Rahmen dieser Untersuchung wurde mitunter in den Städten Recklinghausen und Bottrop jeweils an einem Donnerstagnachmittag um 15 Uhr Passantenzählungen durchgeführt. Die Einwohnerzahl der beiden Städte ist nur geringfügig niedriger als die der 131.000 Einwohner:innen zählenden Stadt Würzburg (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2024) und die Lage der jeweiligen Messpunkte vergleichbar mit der Spiegelstraße. Dem Bericht zufolge wurden dabei in Recklinghausen 1.062 und in Bottrop 1.184 Passanten gezählt. Die entsprechenden Messwerte für Würzburg liegen hier höher, wobei am 17. Juni um 15 Uhr insgesamt 1.282 und am 28. Oktober zur selben Uhrzeit in Summe sogar 1.624 Passanten gezählt wurden.

#### **6.1.4.2 Vergleich der Ergebnisse**

Vor dem Hintergrund des Ergebnisvergleichs sollen die beiden Super-Testsite-Untersuchungen „Klanglandschaften“ und „Passantenfrequenz“ nun mit den thematisch zugehörigen Stressorenabwicklungen „Akustik“, „Verkehr“ und „Kreuzungspunkte“ der Stadtraumdiagnostik (vergleiche Kapitel 6.1.3.2) in Beziehung gesetzt werden. Unter diesem Aspekt wird in der Abwicklung speziell der Bereich Spiegelstraße/Dominikanergasse (3) betrachtet, da an dieser Stelle auch die beiden zuvor erläuterten Messungen der Super Testsite stattgefunden haben.

Hinsichtlich des Untersuchungsfaktors „Akustik“ wurde mit der Stadtraumdiagnostik für diesen Stadtraum eine starke Überlagerung der Geräuschkulisse und eine hohe Lautstärke analysiert. Die subjektive Wahrnehmung der Akustik wurde dabei mehrheitlich als „negativ“ eingeschätzt. Mit den verschiedenen Soundscape-Messungen der Super Testsite, die in Abbildung 106 und 107 dargestellt sind, werden hier ähnliche Ergebnisse erzielt. Der als „chaotisch“ bis „lebhaft“ eingestufte akustische Charakter des Stadtraums, die Beschreibung des Wohlbefindens mit den Adjektiven „besorgt“, „erschöpft“ und „aufgeregt“ sowie die subjektiv sehr laut wahrgenommene Geräuschkulisse des Stadtraums bestätigen die Ergebnisse der Stadtraumdiagnostik.

Ferner können die Ergebnisse der Stressorenabwicklungen „Verkehr“ und „Kreuzungspunkte“ der Stadtraumdiagnostik durch die Passantenfrequenz-Messungen der Super Testsite (siehe Abbildung 108) bestätigt werden. Die allgemein hohe Passantenfrequenz in der Spiegelstraße, die im Rahmen der Super Testsite analysiert wurde, wird dabei insbesondere in der Abwicklung „Kreuzungspunkte“ abgebildet. Hier wurde die Überwindbarkeit des Kreuzungspunktes Spiegelstraße/Dominikanergasse (3) aufgrund der teilweise in hoher Frequenz kreuzenden Verkehrs- und Fußgängerströme im Rahmen der Stadtraumdiagnostik nur als „mittel“ eingestuft. Diese Einschätzung wird durch die genauen Messdaten der Passantenfrequenz unterstützt. In Hinblick auf die Stressorenabwicklung „Verkehr“ untermauern die Daten zur Passantenfrequenz ebenfalls zumindest punktuell die mit der Stadtraumdiagnostik im Bereich Spiegelstraße/Dominikanergasse beobachtete hohe Fußverkehrsdichte.

### 6.1.5 Erkenntnisse aus dem Kontrollversuch

Mit dem Kontrollversuch kann der entwickelte Methodenansatz sowohl in Bezug auf seine grundlegende Funktionsweise und Übertragbarkeit als auch hinsichtlich der ersten Erkenntnisse für die Ursachen des Aufkommens von Stress in dichten Stadträumen überprüft werden. Die Konsistenzprüfung zu Hypothese 1 (vergleiche Kapitel 6.1.3.4) beweist in diesem Kontext nicht nur die Gültigkeit der mit Hypothese 1 identifizierten Einflussfaktoren, sondern auch die allgemeine Funktionsweise der Methode.

Die Bestätigung des Stresszusammenhangs von fünf der sechs untersuchten Faktoren weist hier eindeutig darauf hin, dass den im Rahmen der Stadtraumdiagnostik formulierten Hypothesen eine grundlegende Gültigkeit zugeschrieben werden kann. Die geringfügige Abweichung der Ergebnisse bei einem der sechs untersuchten Faktoren kann in diesem Zusammenhang damit erklärt werden, dass innerhalb der komplexen Umwelt Stadt stets auch ganz unterschiedliche räumliche Besonderheiten vorzufinden sind. Einige Faktoren werden dementsprechend in verschiedenen Städten immer sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Mit dem Kontrollversuch konnte jedoch gezeigt werden, dass sich diese Unterschiede jedoch innerhalb eines gewissen Rahmens bewegen und sich der Großteil der untersuchten Faktoren trotz der verschiedenen räumlichen Gegebenheiten ähnlich verhält.

Darüber hinaus können durch den Ergebnisvergleich mit den detaillierten Messungen der Super Testsite auch die einzelnen Analysemethoden der Stadtraumdiagnostik überprüft werden. Der Ergebnisvergleich zeigt hier eine hohe Übereinstimmung zwischen den detaillierten Messreihen und den in den Abwicklungen visualisierten Beobachtungen der Stadtraumdiagnostik. Damit wird mit dem Kontrollversuch auch die Gültigkeit der verwendeten Datengrundlagen und der im Datenerhebungsplan (vergleiche Kapitel 5.1.1) festgehaltenen Analyseschritte demonstriert.

## 6.2 Implementierung in die Planung

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Methode der Stadtraumdiagnostik entwickelt und in umfassenden Fallbeispielen evaluiert wurde, beschäftigt sich die Arbeit im nachfolgenden Teil mit einer möglichen Implementierung der Methodik in die Planung. Hierfür wird zunächst erklärt, worin die inhaltlichen und methodischen Schnittstellen zur Planungspraxis bestehen und welche Schlüsselrolle der Digitalisierung und Automatisierung der Methodik beizumessen ist. Zum Abschluss zeigt das Kapitel dann auf, mithilfe welcher Strategie die Methode schließlich Einzug in die kommunale Planung halten könnte.

### 6.2.1 Schnittstellen und Anknüpfungspunkte

Der vorgestellte Methodenansatz lässt bereits in seiner aktuellen Entwicklungsstufe einige inhaltliche Schnittstellen zur Planungspraxis erkennen, was die Planung mobilitätsgerechter, lebenswerter Stadträume anbelangt. Mit einer entsprechenden Weiterentwicklung könnte die Methodik der Stadtraumdiagnostik darauf aufbauend zu einem anwendbaren Planungswerkzeug entwickelt werden. Dadurch könnte die Stadtraumdiagnostik nicht nur bei Neuplanungen, sondern insbesondere auch im Kontext komplexer Transformationsprozesse im Bestand eine echte Hilfestellung für komplexe kommunale Planungsprozesse darstellen. In diesem Zusammenhang ist mit der Implementierung der Stadtraumdiagnostik die Chance verbunden, nicht nur planungsrechtliche und entwerferische Entscheidungen in den Planungsprozess miteinfließen zu lassen, sondern auch der menschlichen Wahrnehmung von Stadträumen in besonderem Maß Rechnung zu tragen. Denn mit einer entsprechenden technischen Weiterentwicklung könnte aus dem skizzierten Methodenansatz eine Planungshilfe entstehen, die die Möglichkeit bietet, nicht nur die Bestands situation verschiedener Stadträume zu bewerten, sondern auch verschiedene Planungsvarianten miteinander zu vergleichen und beispielsweise in Hinblick auf Beteiligungsprozesse anschaulich zu visualisieren. Damit könnte aus dem ursprünglich rein analytisch beziehungsweise diagnostisch konzipierten Methodenansatz eine praktikable Planungshilfe entstehen, mithilfe derer komplexe Transformationsprozesse im Rahmen eines Monitorings über den gesamten Projektverlauf unterstützt werden können. Von der Bestandsanalyse über die Evaluation erster Planungsvarianten und Beteiligung der Öffentlichkeit bis schließlich hin zur Umsetzung ergeben sich dabei vielfältige Anknüpfungspunkte.

#### 6.2.1.1 Inhaltliche und methodische Anknüpfungspunkte

Im folgenden Abschnitt werden die inhaltlichen und methodischen Schnittstellen zur Planungspraxis anhand von realen Anwendungsbeispielen veranschaulicht. Die in diesem Kontext herangezogenen Beispielprojekte aus den beiden Städten Karlsruhe und Osnabrück wurden bereits

im Zuge der Stadtprofile in Kurzform vorgestellt (vergleiche Kapitel 3.2.2.5 und 3.2.3.5). Die verschiedenen Projekte setzen sich in besonderem Maß mit den Themen Innenstadttransformation, Aktive Mobilität, Aufenthaltsqualität und Stadtgestaltung auseinander und stammen sowohl aus dem formellen als auch aus dem informellen Planungsbereich. Mit der Untersuchung dieser Anwendungsfälle soll schließlich überprüft werden, in welchen Punkten die Methode der Stadtraumdiagnostik reale Planungsprojekte zukünftig sowohl inhaltlich als auch methodisch unterstützen könnte. Die Projektübersicht ist dabei unterteilt in Anwendungsbeispiele aus formellen und informellen Planungsbereichen.

### **6.2.1.1.1 Anwendungsbeispiele in formellen Planungsbereichen**

Im Folgenden werden die Anwendungsbereiche der Stadtraumdiagnostik deshalb zunächst im Kontext des formellen Planungsbereichs evaluiert, indem die Schnittstellen zu verschiedenen Beispielprojekten evaluiert werden.

#### **Planungshilfe für die innerstädtische Radverkehrsplanung**

Mit Blick auf die Radverkehrsplanung bietet die Stadtraumdiagnostik die Möglichkeit, Neuplanungen oder Umgestaltungen innerhalb des innerstädtischen Radverkehrsnetzes nicht nur unter verkehrsplanerischen Gesichtspunkten, sondern auch aus der menschlichen Perspektive heraus zu bewerten. Damit kann bereits zu einem frühen Planungszeitpunkt spezifisch auf das Wohlbefinden der Radfahrenden reagiert werden und ein wichtiger Schritt in Richtung Sicherheit und Komfort im innerstädtischen Radverkehr unternommen werden.

##### **Projektbeispiel Radverkehrsplan 2030, Osnabrück:**

Das konkrete Beispiel des Osnabrücker Radverkehrsplans 2030 (Stadt Osnabrück et al., 2017a) und des zugehörigen Maßnahmenkatalogs (Stadt Osnabrück et al., 2017b), die bereits in Kapitel 3.2.3.5 vorgestellt wurden, wird im Rahmen dieser Projektkategorie herangezogen, um die Einsatzmöglichkeiten der Stadtraumdiagnostik im Bereich der Radverkehrsplanung zu verdeutlichen. Im Wesentlichen behandelt der Radverkehrsplan die Konzeption eines Alternativroutennetzes zum Wallring, mithilfe dessen der innerstädtische Radverkehr an Sicherheit und Komfort gewinnen soll. Die Stadtraumdiagnostik könnte innerhalb dieses Projekts über den gesamten Projektverlauf eine Hilfestellung leisten und reicht von der Evaluierung der Bestandssituation und der Erarbeitung eines Alternativroutenkonzepts bis hin zur Definition von Maßnahmen.

Im Rahmen der Analyse der Bestandssituation bietet die Methode dabei allen voran die Möglichkeit, die städ़tümliche Situation aus der direkten Perspektive der Radfahrenden zu bewerten und in die räumliche und verkehrsplanerische Analyse miteinfließen zu lassen. Die verschiedenen Straßenabschnitte, deren Eignung als Alternativrouten geprüft werden sollen, könnten mit

der Stadtraumdiagnostik dann nicht nur auf einer übergeordneten und verkehrsplanerischen Ebene, sondern auch hinsichtlich Wahrnehmungs- und Komfortaspekten untersucht werden. Es erscheint in diesem Kontext evident, dass vor allem in Hinblick auf die spätere Nutzung eines neuen Streckennetzes nämlich insbesondere die subjektive Wahrnehmung, also das Wohlbefinden, einer Strecke entscheidend dafür ist, ob sich die Radfahrenden für oder gegen eine Route entscheiden.

Auf Grundlage der Problemstellen, die mit der Stadtraumdiagnostik identifiziert wurden, können im Rahmen des Entwurfsprozesses daraufhin zunächst Stellschrauben definiert werden. Anhand dieser Stellschrauben können dann in Hinblick auf die Umsetzung des Projekts verschiedene Planungsvarianten erarbeitet werden, die wiederum mithilfe der Stadtraumdiagnostik evaluiert und miteinander verglichen werden können. Beispielsweise kann in diesem Kontext überprüft werden, wie sich das Reduzieren von Parkplätzen auf den Komfort des Radverkehrs auswirkt und wie sich verschiedene Nachnutzungskonzepte auf das Wohlbefinden auswirken. Die Stadtraumdiagnostik bildet im Rahmen dieser Projektkategorie also nicht nur ein sinnvolles Tool zur Bewertung der Bestandssituation, sondern bietet auch eine Hilfestellung für die Erarbeitung spezifischer Lösungsansätze und Maßnahmenkataloge.

### **Werkzeug für die Integrative Planung Aktiver Mobilitätsformen in dichten Stadträumen**

Hinsichtlich der Förderung Aktiver Mobilitätsformen in dichten innerstädtischen Räumen stellt die Stadtraumdiagnostik eine Planungshilfe dar, mit der die Möglichkeit besteht, die Wahrnehmung verschiedener Verkehrsteilnehmer:innen gleichberechtigt zu analysieren und zu bewerten. Damit kann die Stadtraumdiagnostik insbesondere auch im Kontext gemeinsam genutzter Verkehrsflächen eine wichtige Entscheidungsgrundlage hinsichtlich der integrativen Planung Aktiver Mobilitätsformen bieten und somit einen Beitrag zur Planung mobilitätsgerechter und lebenswerter Stadträume leisten.

#### *Projektbeispiele Verkehrsentwicklungsplan und Programm für Aktive Mobilität, Karlsruhe:*

Die integrative Mobilitätsentwicklung der Stadt Karlsruhe, die in Kapitel 3.2.2.5 beschrieben wurde, dient im folgenden Abschnitt als Projektbeispiel für die Anwendungsmöglichkeit der Stadtraumdiagnostik. Konkret liegen die Anknüpfungspunkte dabei im sogenannten „Programm für Aktive Mobilität“ (Stadt Karlsruhe et al., 2021), mit dem das 2005 verabschiedete „20-Punkte-Programm zur Förderung des Radverkehrs“ weiterentwickelt und um den Themenbereich des Fußverkehrs ergänzt wurde. Das Programm ist im direkten Zusammenhang mit dem 2012 vom Gemeinderat beschlossenen Verkehrsentwicklungsplan (Stadt Karlsruhe, 2013) zu verstehen. Sowohl im Verkehrsentwicklungsplan als auch im Programm für Aktive Mobilität werden die unterschiedlichen Verkehrsarten bislang jedoch stark isoliert voneinander betrachtet.

In Hinblick auf die Demonstration möglicher Anwendungsbereiche könnte mit der Stadtraumdiagnostik hier eine Lücke im grundlegenden Aufbau der Projekte geschlossen werden und ein wertvoller Schritt in Richtung der integrativen Entwicklung Aktiver Mobilitätsformen gemacht werden. Diese Verknüpfung ist insbesondere in dichten Innenstadtlagen entscheidend, in denen der Rad- und Fußverkehr mehrheitlich auf gemeinsamen Flächen geführt wird. In diesen Bereichen ist eine getrennte Führung der verschiedenartigen Verkehrsteilnehmer:innen oftmals sowohl aufgrund der knappen Flächenkapazitäten nicht möglich als auch in Hinblick auf die angestrebte Aufenthaltsqualität meist auch nicht gewünscht.

Die Stadtraumdiagnostik bietet hier die Möglichkeit, die bislang sowohl im Verkehrsentwicklungsplan als auch innerhalb des Programms für Aktive Mobilität isoliert voneinander betrachteten Verkehrsarten zukünftig mithilfe einer gemeinsamen Methodik gleichwertig analysieren und planen zu können. In Zukunft könnten mit der Stadtraumdiagnostik perspektivisch dann auch neu hinzukommende Verkehrsteilnehmer:innen in die Betrachtungen miteinbezogen werden, wie zum Beispiel Lastenräder oder E-Scooter.

#### **6.2.1.1.2 Anwendungsbeispiele in informellen Planungsbereichen**

Ergänzend zu den bereits dargestellten Schnittstellen im formellen Planungsbereich werden im folgenden Abschnitt die Anknüpfungspunkte der Stadtraumdiagnostik im informellen Planungsbereich aufgezeigt.

##### **Entscheidungsgrundlage für strategische Planungen in der Innenstadt**

Im Rahmen strategischer Planungen im Geltungsbereich der Innenstadt bietet die Methode der Stadtraumdiagnostik eine Möglichkeit, die Aufenthaltsqualität, das Wohlbefinden und die Wahrnehmung von Stadträumen zu evaluieren und damit eine Entscheidungsgrundlage für daran anknüpfende strategische Planungen zu generieren.

##### **Projektbeispiel Städtebaulicher Masterplan Innenstadt, Osnabrück:**

Am konkreten Projektbeispiel „Städtebaulicher Masterplan Innenstadt“ der Stadt Osnabrück (Stadt Osnabrück, 2019), der in Kapitel 3.2.3.5 vorgestellt wurde, kann in diesem Kontext aufgezeigt werden, welchen Mehrwert die Stadtraumdiagnostik im Rahmen dieses Anwendungsbereichs bietet. Mit dem zentralen Handlungsfeld der Kraftlinien formuliert der Plan auf der Basis einer Bestandsanalyse das Ziel, einige wichtige Verbindungsräume in der Osnabrücker Innenstadt zu stadtbildprägenden Räumen zu entwickeln, die sich insbesondere durch eine qualitativ hochwertige Gestaltung und eine hohe Aufenthaltsqualität auszeichnen sollen. Da vor allem für diese Art von weichen beziehungsweise subjektiven Faktoren oftmals keine belastbare Grundlage vorliegt, bildet die Methode der Stadtraumdiagnostik hier ein Instrument, um die

Qualität der betreffenden öffentlichen Räume möglichst objektiv bewerten zu können. Nach der Ausarbeitung eines groben Konzeptansatzes für den Verlauf der Kraftlinien könnte die Stadtraumdiagnostik im Rahmen des Projekts schließlich herangezogen werden, um die Bestands situation innerhalb der betreffenden Stadträume zu evaluieren.

Anhand der anschaulichen Darstellung in Form der Stressorenmatrix kann dabei ein umfassender Eindruck über die Ausprägung der einzelnen Untersuchungsfaktoren erreicht werden und dabei die Wahrnehmung respektive die Qualität des Stadtraums in den Vordergrund gerückt werden. In dieser ersten Übersicht können daraufhin Auffälligkeiten innerhalb der einzelnen Stressoren abwicklungen dazu verwendet werden, um mögliche Problemstellen hinsichtlich der Qualität des Stadtraums zu identifizieren.

Die Leitfrage lautet dabei: Welche der untersuchten Faktoren stellen an welchen Punkten innerhalb des Stadtraums Störquellen dar? Die Identifikation dieser neuralgischen Punkte bildet dann im nächsten Schritt die Basis, um sowohl Stellschrauben für das Erreichen der definierten strategischen Ziele, also der Erhöhung der Aufenthaltsqualität, zu definieren, als auch erste Lösungsvorschläge hinsichtlich verschiedener Gestaltungsvorschläge zu evaluieren. Dabei lautet die Fragestellung: Mit welchen Mitteln kann die Ausprägung des jeweiligen Faktors in der Stressorenabwicklung erhöht beziehungsweise gesenkt werden?

### **Monitoring von Reallaboren innerhalb komplexer Innenstadttransformationen**

Die Methode der Stadtraumdiagnostik bietet aufgrund ihrer übersichtlichen Visualisierung verschiedener Untersuchungsfaktoren und der damit einhergehenden Möglichkeit, verschiedene Zustände eines Stadtraums miteinander zu vergleichen, vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Rahmen komplexer Transformationsprozesse. Insbesondere das immer häufiger zum Einsatz kommende Instrument der Reallabore könnte mit der Stadtraumdiagnostik intensiv vorbereitet, begleitet und evaluiert werden.

#### **Projektbeispiele ÖRMI & City-Transformation, Karlsruhe:**

Als konkretes Projektbeispiel kann in diesem Kontext das Projekt „Öffentlicher Raum und Mobilität in der Innenstadt“, kurz „ÖRMI“, der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe et al., 2022) herangezogen werden. Unter der Zielsetzung, die Aufenthalts- und Lebensqualität in der Innenstadt zu verbessern, wurden hier im Sommer 2022 zwei Reallabore eingerichtet, mit denen unter anderem Schnittstellen zum Projekt „City-Transformation“ (Karlsruhe Tourismus GmbH et al., n.d.) aufgebaut wurden (vergleiche Kapitel 3.2.2.5). Für die Stadtraumdiagnostik besteht innerhalb dieses Projektbeispiels die Möglichkeit, die Reallabore von der Vorbereitung bis hin zur Durchführung und Evaluation begleiten zu können.

Mit der Darstellung der Ausprägung unterschiedlicher wahrnehmungsrelevanter Faktoren in Form der Stressorenmatrix kann dabei mithilfe der Methodik ein anschauliches Bild der räumlichen Bestandssituation erstellt werden und damit vergleichsweise einfach neuralgische Punkte und Schwachstellen identifiziert werden. Auf Grundlage der identifizierten Defizite kann das Reallabor daraufhin gezielt vorbereitet und eingerichtet werden. In Karlsruhe wurde im Rahmen des Projekts so zum Beispiel die Karlstraße für den Autoverkehr gesperrt und mit neuen Raumverteilungen experimentiert.

Aber auch Interventionen wie das Ergänzen neuer Sitzmöglichkeiten und Fahrradabstellanlagen, oder das Experimentieren mit verschiedenen Bepflanzungen und Vorzonen werden häufig mithilfe von Reallaboren erprobt und könnten mithilfe der Stadtraumdiagnostik zielgerichtet aus der Analyse entwickelt werden. Die Methodik bietet dann auch innerhalb der Wirkungszeit der Reallabore die Möglichkeit, die veränderte Situation mithilfe erneuter stadtraumdiagnostischer Analysen zu untersuchen. Für die spätere Evaluation des Reallabors bietet das den Vorteil, dass die Vorher- und die Nachher-Situation durch die Darstellung in den Stressorenmatrizen besonders übersichtlich miteinander verglichen werden kann.

### **Unterstützung von Partizipationsprozessen**

Durch die grafisch visuelle Aufbereitung der Untersuchungsergebnisse in Form der Stressorenmatrizen ermöglicht die Methodik der Stadtraumdiagnostik einen vergleichsweise einfachen Zugang zu komplexen räumlichen Fragestellungen. In Bezug auf die im Rahmen vieler Planungsprojekte immer wichtiger werdenden Partizipationsprozesse bietet die Stadtraumdiagnostik eine neue Möglichkeit, komplexe räumliche Analysen in einer leicht zugänglichen Form zu visualisieren und dadurch als Gesprächsgrundlage nutzen zu können.

#### **Projektbeispiel MobiLab (Quartier Zukunft – Labor Stadt), Karlsruhe:**

Anhand des Projektbeispiels „MobiLab“ aus dem Projekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ in Karlsruhe (ITAS, 2011) können die Integrationsmöglichkeiten der Stadtraumdiagnostik im Kontext von Partizipationsprozessen erläutert werden. Als ein mobiles Partizipationslabor wird das MobiLab an verschiedenen Orten eingesetzt, um den öffentlichen Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft über verschiedene Themen direkt vor Ort durchführen zu können (vergleiche Kapitel 3.2.2.5).

An dieser Stelle würde mit der vorgestellten Methode die Möglichkeit bestehen, die Visualisierung der Ergebnisse in Form der Stressorenmatrizen direkt in dem betreffenden Stadtraum mit der Stadtbevölkerung zu diskutieren. Dabei bietet die Stadtraumdiagnostik den Vorteil, dass die Problemstellen des analysierten Stadtraums in Form der Hoch- und Tiefpunkte in den einzelnen Abwicklungen auf eine sehr anschauliche Weise visualisiert werden. Dadurch ist es möglich,

den Zugang zu komplexen räumlichen Analysen für die Teilnehmer:innen zu erleichtern. Durch die Strukturierung der Stressorenmatrizen in die einzelnen Stressorenabwicklungen ergibt sich darüber hinaus die Möglichkeit, die Matrizen im Gespräch mit den Bürger:innen als eine Art Gesprächsleitfaden zu verwenden, anhand dessen die verschiedenen Themengebiete abgefragt werden können.

Auf diese Weise können die besprochenen Themen im Rahmen der anschließenden Ergebnissammlung dann auch direkt den verschiedenen Stressorenabwicklungen und Untersuchungsfaktoren zugeordnet und der Auswertungsprozess erleichtert werden.

### 6.2.1.2 Technische Schnittstellen

Hinsichtlich der technischen Schnittstellen, die mit der Methode der Stadtraumdiagnostik ausgebildet werden, liegen die Anknüpfungspunkte allen voran in der Integration in die jeweiligen kommunalen 3D-Stadtmodelle respektive Digitalen Zwillinge. Vielfach werden diese virtuellen 3D-Stadtmodelle bereits in Städten eingesetzt, um Informationen zu bündeln und zu visualisieren.

Entscheidend ist dabei aber, dass die vorhandenen Daten in solchen Digitalen Zwillingen nicht nur gelagert werden, sondern auch zielführend im Sinne der digitalen Daseinsvorsorge in der kommunalen Planung der jeweiligen Städte angewendet werden. Im besten Fall reicht die Anwendung des Digitalen Zwillinges dann nämlich über eine reine Datensammlung hinaus und wird innerhalb komplexer räumlicher Planungsprozesse dazu verwendet, die Auswirkungen einzelner Maßnahmen und Veränderungsprozesse evaluieren zu können. In diesem Kontext ist schließlich insbesondere die intelligente Verknüpfung der verschiedenen Datensätze und Systeme, die in das Modell integriert werden, entscheidend für den Erkenntnisgewinn, der aus den 3D-Stadtmodellen gezogen werden kann.

Die Methode der Stadtraumdiagnostik könnte in Hinblick auf diesen Anwendungsfall, ähnlich wie bei der von Ruohomäki et al. (2018) vorgestellten „Smart City Platform“, eine sinnvolle Ergänzung darstellen, um Urbane Digitale Zwillinge einen weiteren Schritt in Richtung „System-of-Systems“ zu bringen (Fraunhofer IESE, 2023). In diesem Zusammenhang könnte der Digitale Zwilling mit der Stadtraumdiagnostik zukünftig um ein hilfreiches System ergänzt werden, das eine Bewertung der stadträumlichen Situation aus der menschlichen Perspektive heraus ermöglicht. Im Sinne einer ganzheitlichen Planung könnte damit also nicht nur ein breites Spektrum an Umgebungsfaktoren direkt aus den Daten des Modells analysiert werden, sondern auch ein entscheidender Perspektivwechsel für die digitale Planung realer, menschengerechter Stadträume gelingen. Der voranschreitende Detaillierungsrad der 3D-Stadtmodelle bildet in diesem Zusammenhang eine wichtige Grundlage für die Implementierung der Stadtraumdiagnostik in die digitale kommunale

Planung. Aktuell stehen hier in den meisten Städten Modelle in der Detaillierungsstufe „LoD2 (Level of Detail 2)“ zur Verfügung, die die Gebäude innerhalb des Modells inklusive Dach- und Fassadendetails abbilden.

In vielen Kommunen steht diese Detailstufe der 3D-Stadtmodelle darüber hinaus auch in Kombination mit einer automatisierten fotorealistischen Texturierung zur Verfügung. So zum Beispiel auch im Digitalen Zwilling der Stadt Karlsruhe (Stadt Karlsruhe Liegenschaftsamt, 2022), aus dem in Abbildung 109 ein Ausschnitt zu sehen ist. Mit dieser Detaillierungsstufe der kommunalen digitalen Stadtmodelle ergeben sich für die skizzierte Methode ganz neue Schnittstellen und Anwendungsfälle.

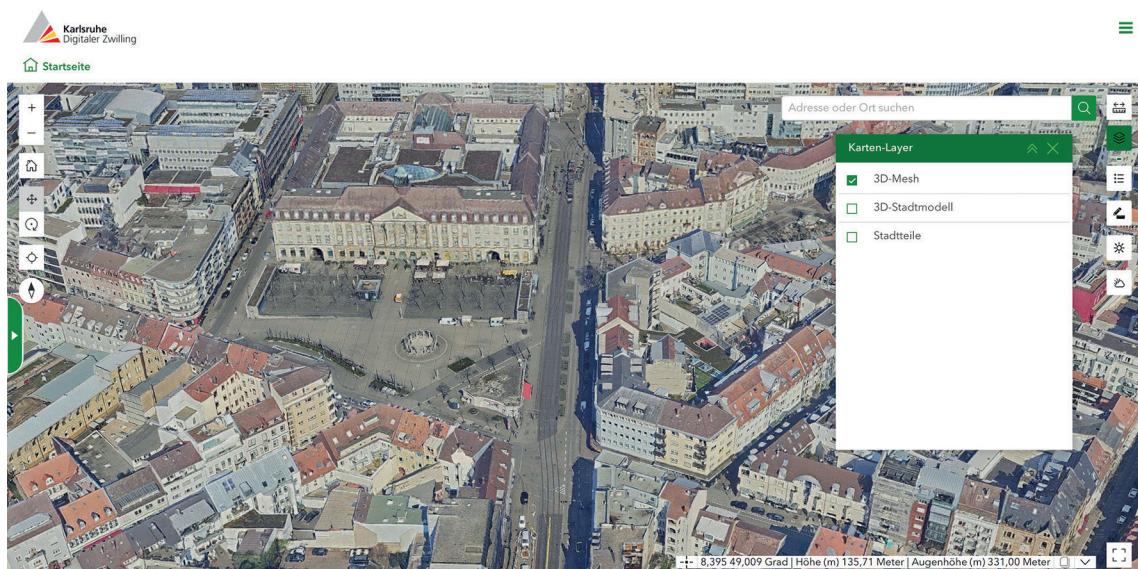


Abbildung 109: Geoportal der Stadt Karlsruhe: Digitaler Zwilling mit 3D-Mesh (Quelle: Stadt Karlsruhe Liegenschaftsamt, 2022)

Insbesondere diese fotorealistische Texturierung der Modelle könnte der Methodik der Stadtraumdiagnostik schließlich die Möglichkeit eröffnen, die als Datengrundlage benötigten dreidimensionalen Bildmaterialien direkt aus dem Modell zu beziehen. Perspektivisch könnte die Stadtraumdiagnostik dann als ein „System“ mit dem Digitalen Zwilling verknüpft werden, sodass die Auswertungen zum Beispiel über eine zusätzliche Schaltfläche in der Benutzeroberfläche direkt im 3D-Stadtmodell durchgeführt werden können. Durch die Verknüpfung mit verschiedenen anderen Ebenen des digitalen Modells könnte es dann schließlich auch gelingen, die Stadtraumdiagnostik mit weiteren städtischen Datensätzen, wie zum Beispiel Messstationen zur Luftqualität oder Lärmkartierungen, zu verflechten. Mit dieser Verknüpfung könnten dann auch tagesaktuelle Daten beziehungsweise Echtzeitdaten Einzug in das Diagnoseverfahren der Stadtraumdiagnostik erhalten sowie perspektivisch zum Beispiel auch unterschiedliche Wochentage und Tageszeiten miteinander verglichen werden.

## 6.2.2 Schlüsselrolle der Digitalisierung und Automatisierung

Die vorangegangene Betrachtung der inhaltlichen, methodischen und technischen Schnittstellen zur Planungspraxis zeigt, welchen entscheidenden Aspekt die Digitalisierung und Automatisierung für die erfolgreiche Implementierung der Stadtraumdiagnostik in die Planungspraxis darstellt. Denn nur, wenn sich die Methode möglichst einfach für die beteiligten Planer:innen anwenden lässt, kann sie genau dort als eine Planungshilfe eingesetzt werden, wo sie auch wirklich einen Mehrwert bietet. Bei diesem Gedankengang wird an mehreren Stellen deutlich: Die Skalierung der vorgestellten Methode hin zu einer praktikablen Planungshilfe steht und fällt mit der Digitalisierung und Automatisierung des Diagnoseverfahrens. Der folgende Abschnitt beschäftigt sich aus diesem Grund mit verschiedenen digitalen Anwendungen und Systemen, mithilfe derer dieser Skalierungsschritt gelingen könnte.

In diesem Kontext ergeben sich insbesondere durch die bereits an vielen Stellen zum Einsatz kommenden automatisierten Bildauswertungen besondere Möglichkeiten für die Digitalisierung und Automatisierung der Stadtraumdiagnostik. Angesichts dessen wurden bereits im Rahmen des zweiten Kapitels dieser Arbeit in Bezug auf die automatisierte Erhebung von Verkehrsteilnehmer:innen und Verkehrsdichten die Einsatzmöglichkeiten der KI-gestützten Auswertung von Bild- und Videoaufnahmen in der Analyse von Stadträumen aufgezeigt (vergleiche Kapitel 2.2.2.1.1). In dem dort vorgestellten Beispielprojekt Cape Reviso (HLRS, 2020) werden die im öffentlichen Raum mit stationären Kamerasytstemem aufgenommenen Bilddaten mithilfe des neuronalen Netzes „YOLO“ algorithmisch ausgewertet (Redmon et al., 2016). Bei dieser Art des Maschinellen Lernens lernt das eingesetzte Erfassungssystem generell aus manuell aufbereiteten Trainingsdaten, verschiedene Objekte richtig zu erkennen und zu kategorisieren. Der zugrunde liegende YOLO-Algorithmus ermöglicht es dabei, die Erkennung und Klassifizierung der Objekte gleichzeitig und in Echtzeitgeschwindigkeit durchzuführen.

Zusätzlich zu diesen intelligenten Kamerasytstemem, die in der Stadt- und Verkehrsplanung eingesetzt werden, zeigt die Disziplin der Fernerkundung in diesem Kontext, welche Informationen auch bereits aus herkömmlichen Luftbildern generiert werden können. Mit fernerkundlichen Untersuchungen ist es so zum Beispiel möglich, aus Luftbildern unter anderem die Gebäude, Straßen, Freiflächen und Oberflächenmaterialien eines Stadtraums weitestgehend automatisiert zu erkennen und zu klassifizieren (Taubenböck et al., 2010).

Da der Kern des Diagnoseverfahrens Stadtraumdiagnostik allen voran aus der Klassifizierung und Quantifizierung verschiedener Untersuchungsparameter über die zugrunde liegenden Datengrundlagen beziehungsweise Bildmaterialien besteht, könnte sich die Integration des beschriebenen algorithmischen Auswertungssystems als vielversprechend erweisen. Wenngleich

seine technische Umsetzung nicht Gegenstand dieser Arbeit ist, so soll im Folgenden doch skizziert werden, wie eine solche KI-basierte Auswertung von Bildmaterialien im Rahmen der Stadtraumdiagnostik konzipiert sein könnte.

In einem ersten Schritt müssen hierfür spezifische Trainingsdaten zu den Untersuchungsfaktoren und ihren Unterparametern erstellt werden. Mithilfe dieser Trainingsdaten könnte dann ein YOLO-Algorithmus aufgesetzt werden, der die erkannten Objekte anhand des entsprechend aufgestellten Regelwerks erkennt und kategorisiert. Anhand des Datenerhebungsplans und der dort definierten Zahlenwerte für die Quantifizierung der jeweiligen Unterparameter könnte dann ein System aufgebaut werden, das die erfassten Objekte inklusive ihrer Kategorie beziehungsweise ihrer Anzahl direkt in die Stressorenabwicklung übersetzt. Diese automatische Übersetzung könnte dann zum Beispiel wie eine Art Excel-Diagramm funktionieren, bei dem die Datenreihen einer Tabellenspalte, hier also die erfassten Daten des Algorithmus, direkt mit der Darstellung in einem Diagramm, also hier in der Form der Stressorenabwicklung, verknüpft werden. Entsprechend des Methodenbausteins Stressorenabwicklung (vergleiche Kapitel 4.2.2.1) bildet dabei die Bewegungslinie die x-Achse des Diagramms und die Ausprägung der verschiedenen Untersuchungsparameter wird dann in Form von Balken, Kurven oder anderen Darstellungsformen je nach Stärke der Ausprägung in y-Richtung im Diagramm eingetragen.

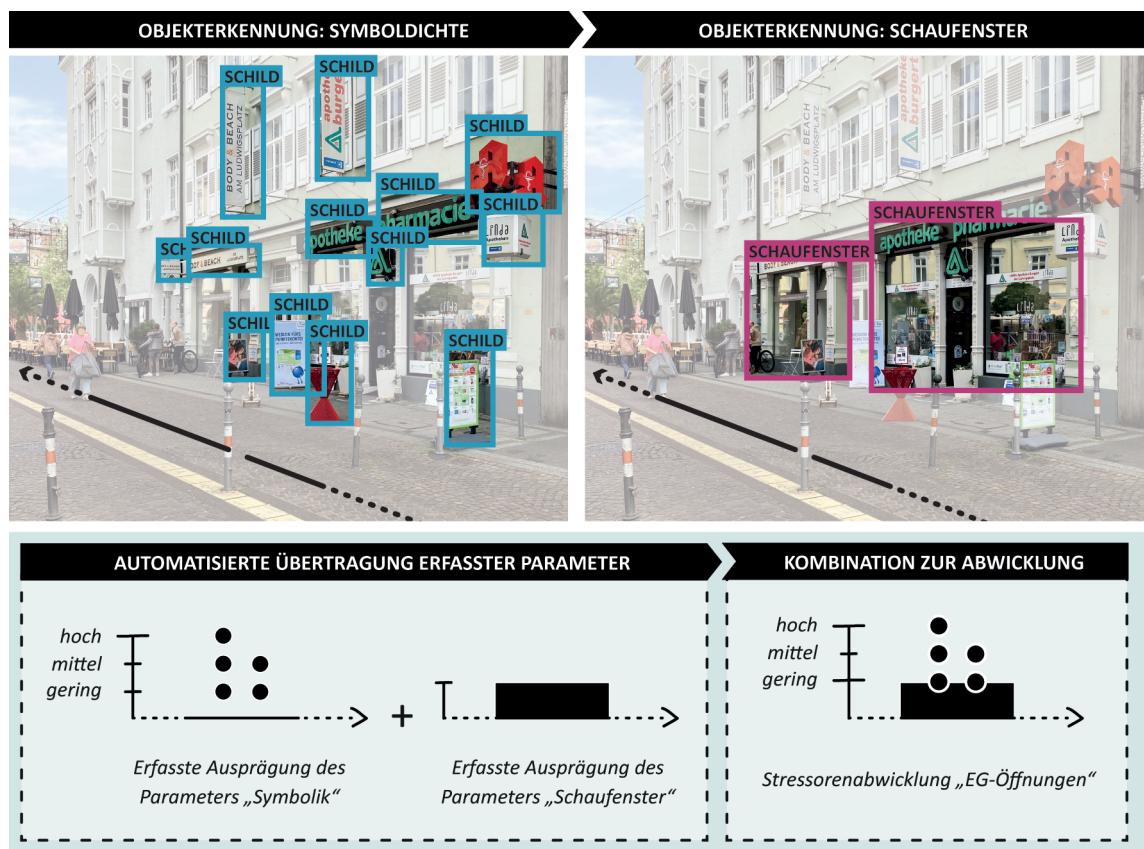


Abbildung 110: Skizze zur automatisierten Übertragung kategorisierter Objekte in die Stressorenabwicklung (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 110 zeigt in diesem Kontext skizzenhaft erste Überlegungen zur geplanten Digitalisierung und Automatisierung des Diagnoseverfahrens. Im oberen Teil wird dabei anhand von Fotografien aus der Fallstudie K1 und dem skizzenhaften Eintrag einer möglichen Objekterkennung demonstriert, nach welchen Kriterien eine automatisierte Objekterkennung und -kategorisierung innerhalb der Stressorenabwicklung „EG-Öffnungen“ ablaufen könnte. Im unteren Teil wird erläutert, wie die jeweilige Abwicklung dann automatisiert aus den Daten des Algorithmus in einer diagrammatischen Darstellung zusammengesetzt werden könnte.

### 6.2.3 Strategie zur Implementierung

Es erscheint evident, dass sich jedes neue Planungswerkzeug nicht nur in Hinblick auf seine technische Funktionsweise, sondern insbesondere auch in Bezug auf seine Passfähigkeit zu den inhaltlichen Aufgabenstellungen und organisatorischen Abläufen innerhalb der kommunalen Verwaltung beweisen muss.

Die hier vorgestellte Strategie skizziert daher in mehreren Schritten einen Weg, mit dem die Implementierung, Evaluierung und schließlich auch die Etablierung der Stadtraumdiagnostik als eine Planungshilfe in die kommunale Planung gelingen kann. Die wichtigsten Eckpunkte der Strategie sind in Abbildung 111 visualisiert und werden im folgenden Abschnitt erläutert.

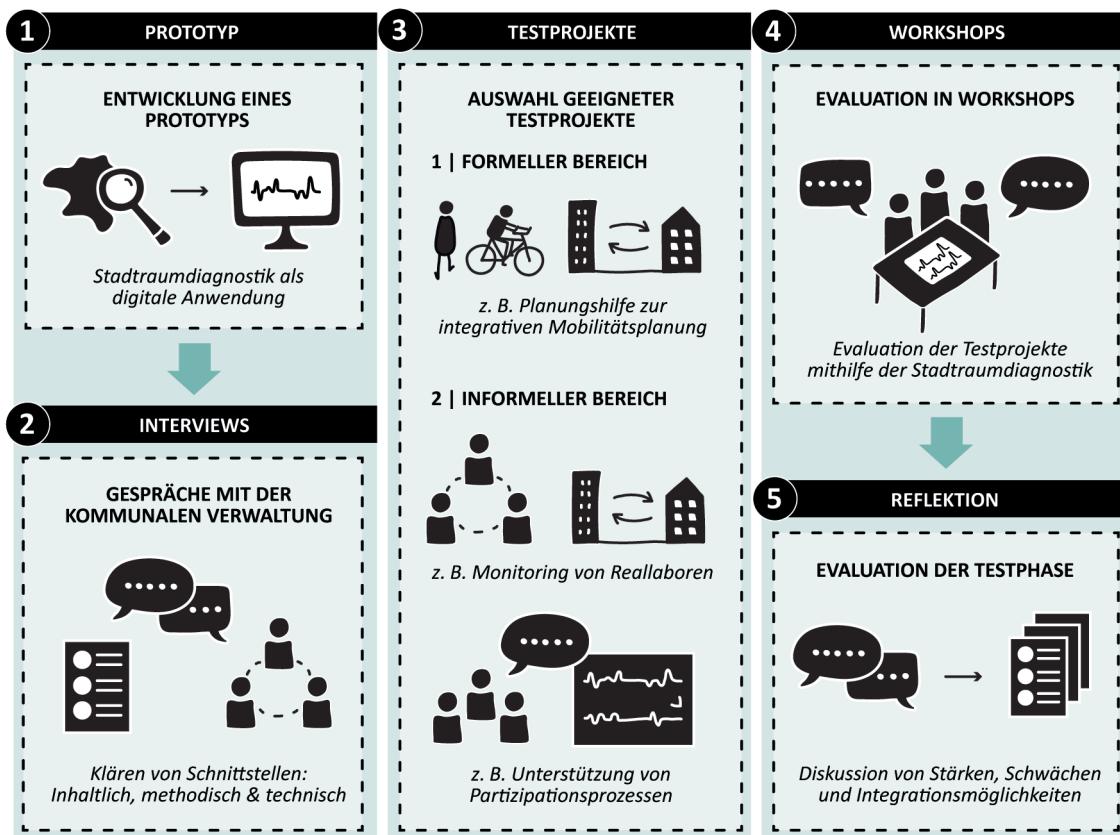


Abbildung 111: Strategie zur Implementierung der Methodik in der kommunalen Planung  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Wie bereits im vorherigen Abschnitt deutlich wurde, ist der Digitalisierung und Automatisierung der vorgestellten Methode eine zentrale Rolle zuzusprechen, wenn es um das Erreichen einer Anwendungsreife als Planungswerkzeug geht. Auch in Bezug auf die Implementierung in kommunale Planungsprozesse nimmt die Entwicklung eines Prototyps deshalb eine Schlüsselrolle ein. Dieser Prototyp bildet dementsprechend auch den ersten Schritt für die Implementierungsstrategie der Stadtraumdiagnostik. Im Rahmen dieser Prototyp-Entwicklung soll das Ziel erreicht werden, die Analyse von Stadträumen nach der Methode der Stadtraumdiagnostik automatisiert in einer digitalen Anwendung auf Grundlage von Bildern und Geodatensätzen direkt aus dem 3D-Stadtmodell vornehmen zu können.

In einem nächsten Schritt werden daraufhin die inhaltlichen, methodischen und technischen Schnittstellen im Gespräch mit verschiedenen kommunalen Verwaltungen in Form von Interviews und Prototyp-Demonstrationen geklärt. Damit verfolgt die Implementierungsstrategie das Ziel, den unterschiedlichen Aufgabenstellungen, Prozessen, Organisationen und Größen verschiedener Stadtverwaltungen in besonderem Maß Rechnung zu tragen. Für die Interviews werden die folgenden Fragestellungen als Leitfragen definiert: Im Rahmen welcher Aufgabenstellungen kann die Stadtraumdiagnostik eine Hilfestellung leisten? An welchen Punkten innerhalb des Projektverlaufs könnte die Stadtraumdiagnostik in welcher Form sinnvoll in den Planungsprozess integriert werden? Und: Auf welche Datengrundlagen kann die Stadtraumdiagnostik im Digitalen Zwilling zurückgreifen beziehungsweise mit welchen anderen, bereits vorhandenen Datensätzen kann das Modell darüber hinaus gespeist werden? Die Ergebnisse der Interviews werden in Form von Erwartungen an die Planungshilfe der Stadtraumdiagnostik formuliert.

Auf Grundlage der Interviews werden daraufhin in Abstimmung mit den kooperierenden Stadtverwaltungen geeignete Testprojekte ausgewählt. Mithilfe dieser Anwendungsbeispiele wird das Ziel verfolgt, die Anwendung und Handhabung der Stadtraumdiagnostik im unmittelbaren Kontext realer Planungsprojekte austesten zu können. Dabei können nicht nur aktuelle, sondern auch bereits abgeschlossene Projekte herangezogen werden. Die Auswahl der Testprojekte sollte jedoch ein möglichst vielfältiges Spektrum an informellen und formellen Projekten abdecken, um die verschiedenen Einsatzgebiete der Stadtraumdiagnostik möglichst umfassend evaluieren zu können.

Im Rahmen eines Workshops wird in einem nächsten Schritt daraufhin die Anwendung der Stadtraumdiagnostik anhand der ausgewählten Testprojekte evaluiert. Hierfür werden Kleingruppen gebildet, die sich mit jeweils einem der Testprojekte befassen. In den Kleingruppen wird daraufhin zunächst über die inhaltlichen, methodischen und technischen Anknüpfungspunkte in den ausgewählten Testprojekten diskutiert und als Ergebnis die Erwartungen an das Tool der Stadt-

raumdiagnostik protokolliert. In der anschließenden Experimentierphase erhalten die Kleingruppen dann Zeit, um mit dem Prototyp der Stadtraumdiagnostik direkt in ihrem Testprojekt zu experimentieren und die zuvor erarbeiteten Anknüpfungspunkte im direkten Anwendungsfall austesten zu können. Je nach Art und Kategorie des Projekts können dabei zum Beispiel verschiedene Planungsvarianten mit der Bestandssituation verglichen werden. Als Abschluss des Workshops wird schließlich zunächst in den Kleingruppen und daran anknüpfend in der großen Runde über die Stärken und Schwächen der Stadtraumdiagnostik im Anwendungsfall der verschiedenen Testprojekte diskutiert.

In einer abschließenden Reflektionsrunde wird dann gemeinsam mit den Vertreter:innen der Stadtverwaltung evaluiert, inwiefern die in den Interviews formulierten Erwartungen an die Planungshilfe Stadtraumdiagnostik in den Workshops erfüllt werden konnten und an welchen Stellen noch Potenzial zur Weiterentwicklung des Tools besteht. Damit sollen sowohl die Möglichkeiten als auch die Grenzen einer möglichen Integration der Stadtraumdiagnostik in die Planungsprozesse der jeweiligen Verwaltung abschließend definiert werden.



### 6.3 Zusammenfassung Kapitel 6

Im sechsten Kapitel durchläuft die vorgestellte Methode einen Realitätscheck, indem die Erkenntnisse aus den Fallstudien in einem Kontrollversuch überprüft und die Implementierung der Methode in die Planungspraxis aufgezeigt wird.

Im Kontext des Kontrollversuchs wird im ersten Teil des Kapitels zunächst der Bezug zu dem Projekt Super Testsite Würzburg hergestellt. Im Rahmen dieses interdisziplinär ausgerichteten Projekts werden Emotion-Sensing-Messungen (Stressmessungen) an Zufußgehenden mit verschiedenen Messreihen zu unterschiedlichen Umgebungsfaktoren und körpernahen Daten kombiniert. Mit dem Kontrollversuch wird auf Grundlage der dort durchgeführten Stressmessungen zunächst ein Hotspot innerhalb der Würzburger Innenstadt zum Untersuchungsgebiet für den Kontrollversuch erhoben. Dieser erste Teil des Kontrollversuchs verfolgt das Ziel, die Konsistenz der Ergebnisse in anderen räumlichen Zusammenhängen zu überprüfen. Dabei werden für eine Stichprobe von sechs Untersuchungsfaktoren gemäß der vorgestellten Methodik Stressorenabwicklungen und Matrizen erstellt und die jeweiligen Stresszusammenhänge evaluiert. Der Vergleich der ermittelten Zusammenhänge weist dabei eine hohe Konsistenz im Vergleich zu den Fallstudienauswertungen auf. Im zweiten Teil des Kontrollversuchs wird dann evaluiert, inwiefern die Ergebnisse der Stadtraumdiagnostik auch im Vergleich zu detaillierten Messreihen Bestand haben. Dabei zeigt der Vergleich zu drei Teiluntersuchungen des Projekts Super Testsite auf, dass die Ausprägung der Untersuchungsfaktoren in den Stressorenabwicklungen grundsätzlich mit den Messreihen des Projekts übereinstimmen.

Im zweiten Teil des Kapitels wird dann anhand verschiedener inhaltlicher, methodischer und technischer Schnittstellen aufgezeigt, wie die Methode der Stadtraumdiagnostik in die Planungspraxis implementiert werden kann. Dabei werden mithilfe ausgewählter Projektbeispiele aus dem formellen und informellen Planungsbereich verschiedene Anwendungsbereiche der Stadtraumdiagnostik skizziert. Die Einsatzmöglichkeiten reichen dabei von der Planungshilfe für konkrete Radverkehrsplanungen über das Monitoring von Transformationsprozessen bis hin zur Unterstützung von Partizipationsprozessen. Im Rahmen der Evaluation der technischen Anknüpfungspunkte wird daran anknüpfend demonstriert, wie mit der Implementierung der Stadtraumdiagnostik in kommunale Digitale Datenplattformen respektive Digitale Zwillinge ein Schritt in Richtung verknüpfter Datensätze und einer menschengerechten digitalen Planung unserer Städte gemacht werden könnte. Mit der Vorstellung einer Strategie sowohl für die Digitalisierung und Automatisierung der Methodik hin zu einem Prototyp als auch einer Strategie für die schrittweise Implementierung der Stadtraumdiagnostik in die kommunale Planung schließt das Kapitel den Realitätscheck mit einem Ausblick ab.



# 07

## KAPITEL 7

---

# REFLEKTIEREN & EVALUIEREN

## ERKENNTNISGEWINN UND DISKUSSION

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 246 | 7.1 ERKENNTNISGEWINN

S. 251 | 7.2 DISKUSSION AUSGEWÄHLTER PUNKTE

## 7.1 Erkenntnisgewinn

Die mit dieser Arbeit skizzierte Entwicklung des Methodenansatzes „Stadtraumdiagnostik“ wurde in Kapitel 1.3.1 mit der Formulierung spezifischer Forschungsfragen eingeleitet. Im folgenden Abschnitt sollen diese Forschungsfragen nun beantwortet werden.

### 7.1.1 Beantwortung der vier Teilfragestellungen

In diesem Zusammenhang werden zunächst die vier Teilfragen zu den Themengebieten „Stress“, „Analysemethoden“, „Einflussfaktoren“ und „Übertragbarkeit“ beantwortet, bevor schließlich die im Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage gewonnenen Erkenntnisse vorgestellt werden.

#### Antworten auf Forschungsfrage 1 (Stress)

*Teilfrage 1: Was bedeutet „Stress“ für den Menschen in Bezug auf die Bewegung durch einen Stadtraum?*

Die Wahrnehmung seiner Umwelt ist stark in der ursprünglichen, natürlichen Lebensweise des Menschen verwurzelt. Wenn sich der Mensch durch einen Raum bewegt, ist er unterbewusst stetig damit beschäftigt, die auf ihn einwirkenden Umweltreize zu verarbeiten (Mehrabian, 1987). Infolgedessen reagiert der Mensch auf einen Umweltreiz entweder positiv mit Annäherung oder negativ mit Meidung. Die negative Reaktion des Menschen auf einen Umweltreiz respektive „Stressor“ wird auch als „Stressreaktion“ bezeichnet. Unter dem Phänomen „Stress“ wird folglich die Summe aller körperlichen und psychischen Reaktionen des Menschen auf seine Umwelt zusammengefasst.

In diesem Zusammenhang ist die Umwelt „Stadt“ als eine hochkomplexe Umwelt mit besonders hohem Reizvolumen zu verstehen. In einer natürlichen Alltagssituation wird der Mensch deshalb während der Bewegung durch dichte Stadträume einer Vielzahl an positiven und negativen Reizen ausgesetzt (Mehrabian, 1987). Allein aufgrund dieser Masse können einzelne Reize dadurch gar nicht klar voneinander abgegrenzt werden. In der Konsequenz führt diese „Reizüberflutung“ schließlich zu einer sehr selektiven Wahrnehmung von Stadträumen, die sich fragmentarisch aus verschiedenen Elementen und Teilbildern zusammensetzt (Lynch, 1965). Je nachdem, welcher Teil überwiegt beziehungsweise welche Reize dominanter sind als andere, empfinden die Menschen während ihrer Bewegung in Summe dann entweder Sicherheit und Wohlbefinden oder Unbehagen respektive „Stress“.

Im Kontext der Stressforschung werden grundsätzlich zwei theoretische Stressmodelle unterschieden: Das physiologische Stressmodell, das Stress als Reaktion definiert, und das psycho-

logische Stressmodell, das Stress als Reiz oder Transaktion definiert (Fink, 2009; Werdecker et al., 2019). Jenseits dieses theoretischen Verständnisses für Stress beruht die physiologische Reaktion des Menschen jedoch auf demselben Muster. Wird der Mensch (je nach zugrunde liegender Theorie) mit einem Stressor konfrontiert beziehungsweise schätzt er einen Reiz bewusst als Stressor ein, aktiviert der menschliche Körper das Nervensystem und schüttet zu seinem Schutz Stresshormone aus. Diese Körperreaktion bewirkt, den „stabilen“ Zustand der „Homöostase“ wiederherzustellen (Cannon, 1914; Chrousos et al., 1988).

Mit der Methodik des Emotion Sensings kann diese physiologische Stressreaktion des Menschen mittlerweile auch in realen Umgebungen nachgewiesen werden. Mithilfe der sensorischen Messung der Indikatoren „Hautleitfähigkeit“ und „Hauttemperatur“ kann dann in Kombination mit den zugehörigen GPS-Daten ermittelt werden, an welcher Stelle innerhalb eines Stadtraums die Probanden auf dem Fahrrad oder zu Fuß „Stress“ beziehungsweise „keinen Stress“ empfunden haben (Kyriakou & Resch, 2019). „Stress“ wird im Rahmen der Messung vereinfacht ausgedrückt dann identifiziert, wenn die Hautleitfähigkeit kurzzeitig zunimmt und gleichzeitig die Temperatur abfällt.

### **Antworten auf Forschungsfrage 2 (Analysemethoden)**

**Teilfrage 2:** *Welche Methoden eignen sich für die Analyse welcher in dichten Stadträumen auftretenden Umgebungsfaktoren?*

Die in dichten Stadträumen auftretenden Umgebungsfaktoren umfassen ein breites Spektrum an „harten“ und „weichen“ Faktoren, wodurch auch die Methoden zur Analyse dieser Faktoren sowie die zugehörigen Datengrundlagen eine hohe Varianz aufweisen. Im Wesentlichen zeigt der hier vorgestellte Methodenansatz jedoch, dass die in dichten Stadträumen auftretenden Umgebungsfaktoren in der Regel mithilfe der folgenden drei Methodenansätze beziehungsweise einer Kombination daraus umfassend abgebildet werden können (vergleiche Kapitel 4.1.2, 4.1.3 und 5.1.2).

#### I. Zweidimensionale Datengrundlagen:

Einige der Untersuchungsfaktoren können mithilfe zweidimensionaler digitaler Datensätze sehr effizient analysiert werden. In diesem Kontext können sowohl frei verfügbare OpenStreetMap-Datensätze als auch einfache Luftbildaufnahmen als Datengrundlage dienen. Diese Methode eignet sich insbesondere für die Untersuchung all jener Parameter, deren Ausprägung allein aus der Vogelperspektive heraus bewertet werden kann. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten zweidimensionale digitale Analyseansätze schließlich für den Großteil der untersuchten

Faktoren erfolgreich angewendet werden. Eine Ausnahme bilden dabei lediglich die Faktoren aus dem Themengebiet der Sensorik und all jene Parameter, die die dritte Dimension betreffen.

### II. Dreidimensionale Remote-Analysen:

In Bezug auf all jene Parameter, für deren Erfassung die dritte Dimension respektive die Fußgängerperspektive essenziell erscheint, können dreidimensionale Remote-Ansätze eine sinnvolle Analysemethode darstellen. Hier können vor allem mithilfe der Analyse von Bildmaterialien aus der Straßenansicht, wie zum Beispiel den 360°-Ansichten des Kartenanbieters Apple Karten, oder Videoaufnahmen Erkenntnisse über die Ausprägung des jeweiligen Untersuchungsfaktors gewonnen werden. Ähnlich wie bei den zweidimensionalen Datenanalysen konnte auch dieser Ansatz, mit Ausnahme der sensuellen Faktoren, erfolgreich bei nahezu allen untersuchten Parametern angewendet werden. Darüber hinaus ergibt sich hier vor allem auch aus der Kombination mit anderen Analyseansätzen ein großes Potenzial in Hinblick auf die angestrebte Vollständigkeit der vorgestellten Untersuchungen.

### III. Vor-Ort-Begehungen:

Für die Untersuchung all jener Parameter, die eine subjektive Komponente beinhalten sowie zur Erfassung aller „weichen“ Umgebungs faktoren sind Vor-Ort-Begehungen ein unverzichtbares Analysewerkzeug. Mit dieser Methode wird der komplexen Stadt wahrnehmung des Menschen in einem besonderen Maß Rechnung getragen. Es ist dabei jedoch von großer Bedeutung, dass die qualitativen Beobachtungen und quantitativen Zählungen zu den untersuchten Faktoren während der Vor-Ort-Begehungen in einer adäquaten Form, wie zum Beispiel in Mappings, dokumentiert werden. Bei einem Großteil der analysierten Faktoren stellen die Begehungen darüber hinaus eine wichtige Kontrollebene und Ergänzung der ersten beiden Methoden dar.

## **Antworten auf Forschungsfrage 3 (Einflussfaktoren)**

**Teilfrage 3:** Welche Faktoren beeinflussen das subjektive Stressempfinden des Menschen bei seiner Bewegung durch einen Stadtraum?

Aus den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit gehen sechs Faktoren hervor, für die im Rahmen der Fallstudien und des Kontrollversuchs ein deutlicher Zusammenhang mit einer kurzzeitigen Erregung respektive dem Empfinden von Stress bei der Bewegung durch dichte Städte räume nachgewiesen werden konnte. Bei diesen sogenannten Einflussfaktoren handelt es sich um die Faktoren „Verkehr“, „EG-Öffnungen“, „Elemente“, „Straßenraumaufteilung“, „Ruhender Verkehr“ und „Akustik“. Aus den insgesamt vier Fallstudien mit jeweils zwölf Untersuchungsfaktoren und dem Kontrollversuch mit sechs Untersuchungsfaktoren leitet die vorliegende

Forschungsarbeit demnach die Hypothese ab, dass die genannten Einflussfaktoren in einem sehr starken beziehungsweise in einem starken Zusammenhang mit dem menschlichen Stressempfinden in dichten Stadträumen stehen (vergleiche Kapitel 5.3.1.2).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die genannten Einflussfaktoren allein aufgrund der hohen Komplexität der Umwelt Stadt niemals isoliert voneinander zu betrachten sind. An dieser Stelle ist erneut auf die hohe Komplexität der Umwelt Stadt zu verweisen, die einen eindeutigen Rückschluss des gemessenen Stressempfindens auf einzelne Einflussfaktoren erschwert. Infolgedessen sind in Bezug auf die Analyse Stress auslösender Faktoren nicht nur die identifizierten Einflussfaktoren selbst, sondern insbesondere auch die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Umgebungsfaktoren in der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Diese Wechselwirkungen können aufgrund spezifischer räumlicher Besonderheiten in verschiedenen Untersuchungsstädten und Stadträumen unterschiedlich ausgeprägt sein. Im Rahmen der Fallstudienuntersuchungen konnten hier zum Beispiel sehr starke Wechselwirkungen des Einflussfaktors „Elemente“ mit den Untersuchungsfaktoren „EG-Zonen“, „EG-Öffnungen“, „Freiräume“ und „Ruhender Verkehr“ ermittelt werden (vergleiche Kapitel 5.3.2.3).

Das komplexe Zusammenwirken dieser hypothetischen Einflussfaktoren, Wechselwirkungen und räumlichen Zusammenhänge lässt sich deshalb allgemeingültiger auf einer übergeordneten Ebene beschreiben. Die Stadtraumdiagnostik identifiziert aus dieser Notwendigkeit heraus schließlich als Quintessenz der durchgeführten Untersuchungen kritische Konstellationen verschiedener Umgebungsfaktoren in dichten Stadträumen, die sich nachweislich negativ auf das subjektive Empfinden des Menschen auswirken. Diese kritischen Konstellationen bilden den Kern der durchgeführten Untersuchungen und Auswertungsprozesse und münden in der abschließenden Formulierung von vier in dichten Stadträumen häufig auftretenden, übergeordneten Stressphänomenen. Konkret handelt es sich dabei um die Überschneidung von Bewegungslinien, die Überlagerung von Raumansprüchen, die Verengung von Bewegungsflächen sowie die Verortung starker Aufmerksamkeitsmagneten (vergleiche Kapitel 5.3.3.2).

#### **Antworten auf Forschungsfrage 4 (Übertragbarkeit)**

**Teilfrage 4:** *Wie lässt sich der entwickelte Methodenansatz auch auf andere Stadträume übertragen?*

Anhand der hohen Übereinstimmung der Ergebnisse des Kontrollversuchs zu den Ergebnissen der Fallstudienuntersuchungen wird deutlich, dass der skizzierte Methodenansatz grundsätzlich auch auf weitere Stadträume mit anderen räumlichen Gegebenheiten übertragbar ist. Die im Kontrollversuch nur geringfügig von den Fallstudien abweichenden Stresszusammenhänge

dienen in diesem Kontext als Nachweis für sowohl die methodische als auch die inhaltliche Konsistenz des entwickelten Methodenansatzes (vergleiche Kapitel 6.1.3.4).

Mit der Fragestellung nach der Übertragbarkeit der Methodik auf andere Stadträume ist jedoch auch die Frage nach einer möglichen Implementierung der Stadtraumdiagnostik in die Planungspraxis verbunden. In Bezug auf die Weiterentwicklung der Stadtraumdiagnostik hin zu einer übertragbaren und funktionsfähigen Planungshilfe muss dabei konstatiert werden, dass die zu diesem Zeitpunkt noch überwiegend manuelle Durchführung der Methode aktuell noch ein Hindernis darstellt. Die Implementierung der Stadtraumdiagnostik in der Planungspraxis und ihr damit verbundener Einsatz in anderen Stadträumen ist deshalb stark an die Digitalisierung und Automatisierung der Methodik gebunden (vergleiche Kapitel 6.2.2). Die vorliegende Arbeit kommt im Rahmen dieser Fragestellung zu dem Schluss, dass insbesondere durch die KI-gestützte Erkennung und Kategorisierung von Umgebungs faktoren sowie den automatisierten Eintrag in die zugehörige Stressorenabwicklung ein wichtiger Schritt für die Übertragbarkeit und Implementierung des Methodenansatzes getan werden könnte. Ferner stellt auch die Verzahnung mit kommunalen 3D-Stadtmodellen, womit die benötigten Datengrundlagen direkt aus dem digitalen Modell bezogen werden könnten, einen wichtigen Anknüpfungspunkt dar (vergleiche Kapitel 6.2.1.2).

Im Kontext der vollständigen Beantwortung der Fragestellung nach der Übertragbarkeit der Stadtraumdiagnostik bleibt also zu prüfen, inwiefern die Erwartungen an die Stadtraumdiagnostik als eine Hilfestellung für die Planungspraxis mit der entsprechenden Entwicklung eines Prototyps bestätigt werden könnten. Im Rahmen von Beispielprojekten könnten dann mithilfe des Prototyps auch explizit die Möglichkeiten und Grenzen der Stadtraumdiagnostik in Hinblick auf die Übertragbarkeit der Methode auf andere Stadträume evaluiert werden.

### 7.1.2 Beantwortung der zentralen Fragestellung

**Zentrale Forschungsfrage:** *Ist es möglich, die Ursachen für das Auftreten von Stress in dichten Stadträumen zu diagnostizieren?*

Die angeführten Untersuchungen führen zu dem Schluss, dass mit dem vorgestellten Methodenansatz bislang noch keine vollumfänglich belastbaren Aussagen zu den Ursachen für das Auftreten von Stress in dichten Stadträumen getätigt werden können. Dabei ergeben sich vor allem durch die hohe Komplexität der Umwelt Stadt und die vielfältigen im menschlichen Unterbewusstsein ablaufenden Prozesse eine Vielzahl an unbekannten Variablen für die Ursachenforschung. Ein konkreter, allgemeingültiger Nachweis verantwortlicher Einflussfaktoren ist aus diesen Gründen aktuell noch nicht möglich.

Allerdings stellt die Anwendung des Methodenansatzes in den vier Fallstudien sowie dem Kontrollversuch eine wichtige Annäherung dar. Denn durch das breite Spektrum der untersuchten Umgebungsfaktoren und die gleichberechtigte Einbeziehung datenbasierter und subjektiver Komponenten konnte zweifellos ein wichtiger Schritt in Richtung einer ganzheitlichen Analyse der menschlichen Wahrnehmung dichter Stadträume getan werden. Konkret: Mit der vorgestellten Methode ist es möglich, dem Entstehen von Stress in dichten Stadträumen in Form einer ersten Einschätzung auf den Grund zu gehen. In diesem Kontext kann mithilfe der Stadtraumdiagnostik schließlich eine grundsätzliche Aussage darüber getroffen werden, welche potenziell Stress auslösenden Faktoren in dem betreffenden Stadtraum an welchen Stellen wie stark ausgeprägt sind. Weiterführend ermöglichen es diese Analysen, erste Hinweise darauf zu gewinnen, wie anfällig der untersuchte Stadtraum für das Entstehen von Stress ist.

## 7.2 Diskussion ausgewählter Punkte

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Punkte dieser Forschungsarbeit zur Diskussion gestellt. Mithilfe dieser kritischen Reflexion sollen sowohl der Methodenansatz selbst als auch dessen Anwendung und die gewonnenen Erkenntnisse kritisch reflektiert werden.

### 7.2.1 Limitationen der Stressmessungen

Einige der Einschränkungen, unter denen die vorgestellte Methodenentwicklung betrachtet werden muss, betreffen die zugrunde liegenden Stressmessungen respektive Emotion-Sensing-Messungen oder EmoCycling-Messungen. Hierfür soll die grundlegende Funktionsweise dieses Verfahrens und das damit verbundene Verständnis des Phänomens Stress noch einmal kurz zusammengefasst werden. Im Zuge von Emotion-Sensing-Messungen werden vereinfacht ausgedrückt negative Emotionen im urbanen Kontext durch sensorische Messungen messbar beziehungsweise nachweisbar gemacht. Dabei wird ein Messpunkt immer dann als ein Stressmoment (MOS) deklariert, wenn die kurzzeitige Veränderung der gemessenen Indikatoren Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur sich innerhalb eines bestimmten Musters bewegt (vergleiche Kapitel 2.1.3.2). Diese Musterreaktion geht auf die physiologische Definition des Phänomens Stress zurück und beschreibt die im menschlichen Körper infolge auf einen Reiz ablaufende Anpassungsreaktion, bei der das autonome Nervensystem aktiviert wird, um das Gleichgewicht der physiologischen Körperfunktionen (Homöostase) wiederherzustellen (Cannon, 1914; Chrousos et al., 1988). Häufen sich die so gemessenen Stressmomente im Rahmen der durchgeführten Emotion-Sensing-Messungen an einer bestimmten Position, so werden diese im Rahmen des Auswertungsprozesses in den Ergebniskarten (Heatmaps) als Stress-Hotspots hervorgehoben (vergleiche Kapitel 2.1.3). Im Zuge des hier vorgestellten Analyseverfahrens dienen die somit

nachgewiesenen Stress-Hotspots als Grundlage für die Durchführung der Ursachenforschung und die damit verbundene Ableitung von Einflussfaktoren.

Im Kontext der Interpretation der Emotion-Sensing-Ergebnisse muss an dieser Stelle deutlich hervorgehoben werden, dass die Bezeichnung der auffälligen Messpunkte als „Stressmomente“ unbedingt differenziert verwendet werden muss, da durch die im allgemeinen Sprachgebrauch negative Konnotation dieses Begriffs die Gefahr einer Fehlinterpretation besteht. Denn im Rahmen der Auswertung der Emotion-Sensing-Daten ist darauf hinzuweisen, dass die gemessenen Punkte vielmehr als ein Nachweis für die kurzzeitige Erregung der Probanden dienen. In den Neurowissenschaften wird die zuvor beschriebene körperliche Anpassungsreaktion infolge eines Reizes deshalb auch als „Arousal“ bezeichnet (Bestelmeyer et al., 2017).

Die entsprechende Übersetzung als „Erregung“ beziehungsweise als „kurzzeitige Aktivierung“ beschreibt die Messgröße in diesem Kontext treffender und erleichtert die Interpretation der Emotion-Sensing-Messungen. Vor diesem Hintergrund ist auch anzuführen, dass das Maß dieser messbaren Erregung teilweise stark variieren kann und von geringfügigen Aktivierungen bis hin zu hoher Erregung reicht. Nicht jeder Messpunkt darf demnach automatisch mit negativen Emotionen und dem Begriff Stress gleichgesetzt werden, sondern kann auch in Verbindung mit einer geringfügigen Erhöhung der Aufmerksamkeit stehen.

In diesem Kontext bleibt auch darüber zu diskutieren, inwiefern aus dem Nachweis für diese kurzzeitigen Erregungen im städtischen Kontext Rückschlüsse über die langfristige Wahrnehmung von Stadträumen gewonnen werden können. Die in der Stadtraumdiagnostik herangezogenen „Stresspunkte“ sind nach dem aktuellen Stand der Emotion-Sensing-Messungen deshalb differenzierter ausgedrückt als messbare Indizien für die situationsbedingte Erhöhung der Aufmerksamkeit infolge von subjektiv wahrgenommenen, kurzweiligen Eindrücken städtischer Situationen zu verstehen.

Darüber hinaus ist auch die zeitliche Komponente der Messungen in Hinblick auf die zur Diskussion stehenden Limitationen der Stressmessungen ein nicht zu unterschätzender Faktor. Denn durch die Zeit, die der menschliche Körper nach Einwirkung eines Reizes für die entsprechende physiologische Reaktion benötigt und schließlich auch die Zeit, die das Messgerät dafür in Anspruch nimmt, um die Eingangsgröße in ein Signal umzuwandeln und zu verarbeiten, entsteht eine geringfügige Zeitverzögerung. Für die Ursachenforschung ist es deshalb essenziell, auch die Bereiche unmittelbar vor und nach den identifizierten Stress-Hotspots zu untersuchen.

Mit der vorliegenden Arbeit wurden diese Bereiche deshalb bewusst in die untersuchten Fallstudien einbezogen und auch bei der Auswertung der Matrizen berücksichtigt. Trotzdem kann die zeitliche Verzögerung der Messungen dadurch nicht vollständig ausgeglichen werden und sollte

im Rahmen der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Für die Weiterentwicklung der Stressmessungen stellt deshalb die weitere Präzisierung des Messverfahrens und der Ausgleich dieses Zeitversatzes eine wichtige Aufgabenstellung dar.

### 7.2.2 Retrospektivität der Erhebungen

Als ein weiterer limitierender Faktor bleibt die Retrospektivität der durchgeführten Erhebungen zu diskutieren. Aufgrund der besonderen Zielsetzung der Arbeit, die Ursachenforschung in den Mittelpunkt der Methodenentwicklung zu stellen, wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt die Entscheidung getroffen, mit der Stadtraumdiagnostik keine eigenen Stressmessungen durchzuführen. Durch ihren engen Bezug zu den Projekten der Urban Emotions Initiative konnte die vorliegende Arbeit jedoch trotz dessen auf einen ausreichend großen Pool an bereits durchgeführten EmoCycling-Messungen in fünf Untersuchungsstädten zurückgreifen, die im Zeitraum von November 2021 bis Oktober 2022 durchgeführt wurden (vergleiche Kapitel 3.1.1).

Vor diesem Hintergrund wird klar, dass dieser retrospektive Aufbau der Ursachenforschung weitere Limitationen mit sich bringt. Zum einen müssen dabei Einschränkungen in Bezug auf Veränderungen der räumlichen Situation in den Untersuchungsräumen berücksichtigt werden. Denn aufgrund des zeitlichen Versatzes der beiden Erhebungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass die räumliche Situation, in der die Stressmessungen durchgeführt wurden, sich bis zum Zeitpunkt der hier durchgeführten Ursachenforschung nicht verändert hat.

Diese Limitation betrifft schließlich nicht nur zeitliche und witterungsbedingte Aspekte, sondern kann durchaus auch weitgreifende Veränderungsprozesse wie zum Beispiel die veränderte Nutzung von Erdgeschosszonen oder die Umleitung von Verkehrsführungen mit einschließen. Zum anderen bringt die fehlende Parallelität der Stressmessung und der zugehörigen Ursachenforschung eine gewisse Unschärfe mit sich, die als eine weitere Einschränkung zu berücksichtigen ist. So kann zum Beispiel keine genaue Aussage über den exakten Verlauf der Bewegungslinie getroffen werden, der für die Ausprägung einiger Faktoren, wie zum Beispiel für den Untersuchungsfaktor „Bodenbelag“, ausschlaggebend ist.

Um schließlich präzise Aussagen über die Zusammenhänge zwischen den gemessenen Stressmomenten und der Ausprägung der untersuchten Faktoren treffen zu können, müssten die beiden Erhebungen demnach idealerweise zum gleichen Zeitpunkt, also synchron, durchgeführt werden. Zwar würde durch diese Parallelität die Belastbarkeit der Ergebnisse verbessert werden können, jedoch müssen auch die Anzahl der untersuchten Faktoren und die dadurch benötigten personellen Ressourcen ins Verhältnis mit dem Erkenntnisgewinn gesetzt werden. Zusammenfassend vermag es die retrospektive Ursachenforschung im Gegensatz zur synchronen Ursachen-

forschung zwar nicht, eine vollständige Genauigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Dennoch erweist sie sich als eine äußerst praktikable Methode, da sie eine vergleichsweise hohe Anzahl von zwölf Untersuchungsfaktoren einbezieht und gleichzeitig mit einem relativ geringen Personalaufwand realisierbar ist.

### 7.2.3 Abstraktionsprozess der Stressorenabwicklung

Mit der Stressorenabwicklung, die in Kapitel 4.2.2 als ein wesentlicher Baustein des hier präsentierten Methodenansatzes vorgestellt wird, erprobt die vorliegende Arbeit eine neuartige Übersetzungsmethodik in Bezug auf die Analyse unterschiedlicher räumlicher Situationen. Die Stressorenabwicklung hat dabei zum Ziel, komplexe räumliche Situationen in ein abstraktes Koordinatensystem zu überführen. Die analysierten Ausprägungen eines Untersuchungsfaktors werden im Rahmen der vorgestellten Methodik dann in jeweils einer Stressorenabwicklung dargestellt. Durch dieses einheitliche System können die einzelnen Untersuchungsfaktoren schließlich besser miteinander verglichen werden, da sie in der Abwicklung losgelöst von der spezifischen räumlichen Situation betrachtet werden können. Weiterführend erleichtert die Verwendung dieses abstrakten Systems auch den Vergleich unterschiedlicher Untersuchungsräume.

Nachdem in dieser Arbeit bereits gezeigt werden konnte, welche Chancen sich für die Stressorenanalyse durch die Übersetzungsmethode der Stressorenabwicklung ergeben, soll an dieser Stelle jedoch auch über die Limitationen dieser Methode diskutiert werden. Allen voran ist hier der Abstraktionsprozess selbst als Diskussionspunkt anzuführen, bei dem komplexe räumliche Situationen auf einfache schematische Darstellungen reduziert werden. Logischerweise ist mit dieser Abstraktion allerdings gleichzeitig auch ein Reduktionsprozess verbunden, durch den bestimmte räumliche Merkmale bewusst aus der Darstellung ausgeschlossen werden.

Diese Reduktion wird vor allem an solchen Orten deutlich, in denen die räumliche Situation vielschichtiger funktioniert als die klassische Einteilung in eine links und rechts an die definierte Bewegungslinie angrenzende Baulinie. In einigen Stadträumen ist dies zum Beispiel der Fall, wenn sich ein Gebäude hinter großen, direkt an die untersuchte Bewegungslinie anschließenden Freiräumen befindet und selbst nicht im analysierten Einzugsgebiet entlang der Bewegungslinie liegt. In diesem Fall wird zugunsten der besseren Lesbarkeit in der Abwicklung schließlich nur der angrenzende Freiraum aufgeführt, nicht aber das dahinter befindliche Gebäude. Folglich kann auch dessen potenzieller Einfluss auf die Wahrnehmung des jeweiligen Stadtraums nicht aus der Abwicklung hervorgehen.

Darüber hinaus ergeben sich auch durch die teilweise komplexen Geometrien der analysierten Stadträume beziehungsweise der untersuchten Bewegungslinien Einschränkungen. So können

insbesondere spitze Winkel in der Bewegungslinie dazu führen, dass im Zuge des „Ausklappens“ der Bewegungslinie zur x-Achse in der Abwicklungsdarstellung einige Inhalte, wie zum Beispiel an den spitzen Ecken angrenzende Gebäude, nur fragmentarisch dargestellt werden und folglich nicht vollumfänglich der realen Situation vor Ort entsprechen. Darüber hinaus können auch komplexe Formen, wie zum Beispiel abgerundete Gebäudekanten, nicht in der zweidimensionalen Darstellung der Stressorenabwicklung berücksichtigt werden.

Anhand dieser Beispiele wird deutlich, dass mithilfe der abstrakten Darstellung der Stressorenabwicklung zwar eine hohe Vergleichbarkeit generiert wird, diese jedoch nicht vollständig isoliert von der räumlichen Situation betrachtet werden kann, da ansonsten die Gefahr besteht, dass der Bezug zur jeweiligen spezifischen räumlichen Situation zu sehr außer Acht gelassen wird. In diesem Zusammenhang können beispielsweise fotografische Dokumentationen des untersuchten Stadtraums eine sinnvolle Ergänzung zu den Abwicklungen darstellen, wie sie in dieser Arbeit jeweils als Einleitung in die Fallstudien gezeigt wurden (vergleiche Kapitel 5).

#### 7.2.4 Integrativität des Methodenansatzes

Jenseits der Diskussionspunkte, die sich aus den zugrunde liegenden Stressmessungen und ihrer Verwendung für die Stressorenanalyse ergeben, ist auch die Integrativität des hier vorgestellten Methodenansatzes kritisch zu reflektieren.

Zum einen wurde mit dem integrativen Ansatz der Stadtraumdiagnostik das Ziel verfolgt, die untersuchten Stadträume mit der Auswahl adäquater Untersuchungsfaktoren erstmals nicht nur sektoral, sondern aus einer integrativen holistischen Perspektive heraus zu untersuchen. Hinsichtlich der Auswahl der Untersuchungsfaktoren wurde deshalb besonders Wert darauf gelegt, ein möglichst großes Spektrum wahrnehmungsprägender Faktoren als Untersuchungsgegenstand zu definieren. Mit diesem integrativen Aufbau der Stressorenanalyse wurden daher verschiedene Untersuchungsfaktoren aus den unterschiedlichsten Themengebieten in den Erhebungsplan der Stadtraumdiagnostik mitaufgenommen. Die Untersuchungsfaktoren und ihre zugehörigen Unterparameter sind dabei den sechs Themengebieten „Gebäude“, „Freiraum“, „Gestaltung“, „Verkehr und Bewegung“ und „Sensorik“ zugeordnet (vergleiche Kapitel 5.1.1) und bilden damit einen repräsentativen Querschnitt dichter Stadträume ab.

Die Integrativität des vorgestellten Methodenansatzes wurde ferner auch in Bezug auf die Analyse der definierten Untersuchungsfaktoren berücksichtigt. Im Vergleich zu bisherigen Forschungsarbeiten, in denen lediglich der Einfluss einzelner oder weniger Faktoren auf die menschliche Wahrnehmung untersucht wird (vergleiche Kapitel 2.2), werden mit der Stadtraumdiagnostik erstmals gleichermaßen sowohl „harte“ quantifizierbare als auch „weiche“ qualifizierbare

Faktoren mit einem gemeinsamen integrativen Methodenansatz untersucht. Insbesondere hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse ergibt sich daraus ein signifikanter Vorteil der Methode.

Ein weiteres Ziel, das mit dem integrativen Aufbau des Methodenansatzes verfolgt wurde, liegt in der besonderen Berücksichtigung der subjektiven Dimension einiger Untersuchungsfaktoren. Wie bereits aus den ersten Anwendungsversuchen der Stadtraumdiagnostik im Rahmen der Testläufe hervorgegangen ist, können vor dem Hintergrund der vollständigen Analyse wahrnehmungsprägender Faktoren einige Untersuchungsfaktoren nicht allein durch fakten- beziehungsweise datenbasierte Parameter abgebildet werden.

Im Sinne der hohen Integrativität der Methode fließt deshalb bei einigen Untersuchungsfaktoren sowohl eine datenbasierte Dimension, also zum Beispiel die Parzellierung eines Gebäudes, als auch eine subjektive Dimension, wie zum Beispiel die Wahrnehmung der Schaufenster-Symboldichte, mit in die Untersuchungen der Stadtraumdiagnostik ein. Dabei zeigen vor allem die Untersuchungen der sensuellen Faktoren „Olfaktorik“ und „Akustik“, wie wichtig es im Sinne der ganzheitlichen Betrachtung von Stadträumen ist, auch diese subjektive Dimension abzubilden, da sie in diesem Themengebiet oftmals die wichtigste Informationsquelle darstellt.

Mit der Integration dieser subjektiven Komponente muss außerdem klargestellt werden, dass die Untersuchungen in Bezug auf die subjektive Wahrnehmung der untersuchten Parameter lediglich einen Durchschnittswert abbilden. Die Untersuchungen sind demnach nicht mit soziologisch und statistisch repräsentativen Erhebungen zu verwechseln und verzichten auf eine differenzierte Unterscheidung in soziologische Aspekte wie beispielsweise Geschlecht, Altersgruppe oder Persönlichkeitsmerkmale. Für den Zweck der Untersuchungen erweist sich die Generalisierung der subjektiven Dimension in einem Durchschnittswert jedoch zweifellos als praktikabel und zielführend.

Es erscheint anhand der betrachteten Punkte wichtig, dass sowohl über die Auswahl der Untersuchungsfaktoren, die zugrunde liegenden Analysemethoden und Datengrundlagen als auch die Untersuchung der subjektiven Dimension im Detail diskutiert wird und hier perspektivisch Potenzial zur Weiterentwicklung der Methode identifiziert wird.

Zweifellos wird daher mit dem vorgestellten Methodenansatz der Stadtraumdiagnostik ein wichtiger Schritt in Richtung einer integrativen Untersuchung dichter Stadträume getan und bewiesen, dass es möglich ist, die Ausprägung unterschiedlicher wahrnehmungsprägender Faktoren mit einem gemeinsamen Methodenansatz und in einer vergleichbaren Form zu untersuchen.

### 7.2.5 Berücksichtigung situativer Einflüsse

Im Rahmen der Untersuchungen in den Fallstudien wurden nicht nur statische Faktoren, wie zum Beispiel die Analyse der baulichen Dichte des betreffenden Stadtraums, sondern zusätzlich auch einige Faktoren untersucht, die starken situativen Einflüssen ausgesetzt sind. Dies umfasst im Rahmen der vorliegenden Arbeit zum Beispiel die Untersuchung der Frequentierung von Freiräumen, der Anzahl wildgeparkter Fahrräder oder auch die Analyse erlebter Geräuschkulissen innerhalb eines Stadtraums.

Im Allgemeinen besteht bei diesen Untersuchungsfaktoren und ihren Unterparametern folglich die Problematik, dass deren Ausprägung durch situative Einflüsse starken Schwankungen unterlegen ist. Diese teilweise starke Varianz ist in vielen Fällen auf zeitliche und witterungsbedingte Faktoren zurückzuführen, also die Veränderung eines Faktors über verschiedene Jahreszeiten, Wochentage, Tageszeiten und Witterungsbedingungen hinweg. Darüber hinaus können situative Einflüsse in hochfrequentierten Stadträumen jedoch auch in Form von temporären Events und Verkaufsaktionen, wie zum Beispiel Stadtteste, verkaufsoffene Sonntage und Schlussverkäufe gegeben sein.

Im Kontext der hier durchgeführten Fallstudienuntersuchungen wurden mit den jeweiligen Remote-Analysen und Vor-Ort-Begehungen (vergleiche Kapitel 5.1.1) lediglich Momentaufnahmen dieser situativen Einflüsse gesammelt. Aus der Summe dieser Einzelausschnitte wurde daraufhin für die Übersetzung der Beobachtungen in die Darstellungsform der Stressorenabwicklung ein Mittelwert gebildet. In den Stressorenabwicklungen sind für die betreffenden Faktoren deren durchschnittliche Ausprägung im Rahmen der untersuchten Situationen dargestellt.

Mithilfe dieses Durchschnittswerts kann lediglich ein grundsätzlicher Überblick über die situativ veränderbaren Faktoren gegeben werden. Dementsprechend lassen sich aus den bisher dargestellten Stressorenabwicklungen keine detaillierten Informationen über beispielsweise den Einfluss verschiedener zeitlicher Komponenten ableiten.

Im weiteren Verlauf ist es deshalb von großem Interesse für diese Methodenentwicklung, beginnend mit der Analyse der Einflussnahme zeitlicher Komponenten, mehrere Erhebungen zu möglichst exakt vergleichbaren Bedingungen durchzuführen. Damit könnte beispielsweise untersucht werden, wie sich die Ausprägung der untersuchten situativen Komponenten an verschiedenen Wochentagen verändert und inwiefern diese Werte von den bisher dargestellten Durchschnittswerten abweichen.

## 7.2.6 Grenzen der Übertragbarkeit

Der vorgestellte Methodenansatz wurde in dieser Forschungsarbeit anhand von vier Fallstudien erprobt. Diese teilen sich gleichmäßig auf die zwei Untersuchungsstädte Karlsruhe und Osnabrück auf und behandeln demnach unterschiedliche räumliche Kontexte. Weiterhin wurden die aus den Fallstudienuntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse in einem Kontrollversuch in der Stadt Würzburg, also in einem weiteren räumlichen Kontext, evaluiert. Vor dem Hintergrund dieser drei unterschiedlichen Untersuchungsstädte respektive drei unterschiedlicher räumlicher Kontexte reflektiert der folgende Abschnitt die Grenzen der Übertragbarkeit des Methodenansatzes.

In diesem Zusammenhang ist allen voran anzuführen, mit welchen großen Herausforderungen die Ableitung allgemeingültiger Erkenntnisse im Kontext des vielschichtigen Gefüges dichter Stadträume generell verbunden ist. Dabei ist hervorzuheben, dass die Stadt als Untersuchungsraum aufgrund ihrer hohen Komplexität und Dynamik nicht mit Laborbedingungen gleichgesetzt werden kann. Allein aufgrund ihrer unterschiedlichen historischen, kulturellen und sozialen Prägungen, also ihrer „DNA“, können generell die Erkenntnisse, die aus der Untersuchung einer Stadt A hervorgegangen sind, nicht pauschal auf die nächste Stadt B übertragen werden. Mit der Entscheidung, mehrere Städte zu untersuchen und die beiden Untersuchungsstädte Karlsruhe und Osnabrück sich darüber hinaus auch im Rahmen von Stadtprofilen mit den jeweiligen Charakteristika auseinanderzusetzen (vergleiche Kapitel 3.2.2 und 3.2.3), stellt sich die Stadtraumdiagnostik dieser Herausforderung.

Darüber hinaus bildet die Stadtraumdiagnostik die untersuchten stadträumlichen Situationen in den Stressorenmatrizen mithilfe der Ausprägungen verschiedener Untersuchungsfaktoren ab und stellt damit insbesondere auch deren Varianz und Unterschiedlichkeit in den Vordergrund der Untersuchungen. Mit dem vorgestellten Methodenansatz wird deshalb bereits in der frühen Phase der Analyse der Gefahr einer Generalisierung verschiedener räumlicher Situationen entgegengewirkt.

Diese Gefahr der Generalisierung wurde weiterhin auch im Rahmen der Gesamtauswertung der Erkenntnisse erkannt. Die vorliegende Arbeit verwendet deshalb bewusst den Begriff „Hypothese“, um an dieser Stelle auf die Grenzen der Übertragbarkeit der Ergebnisse hinzuweisen. Die Arbeit distanziert sich in diesem Kontext eindeutig von dem Begriff der „Korrelation“, der vor allem in der Disziplin der Psychologie für eindeutige Kausalzusammenhänge verwendet wird. Es bleibt die Frage, inwiefern innerhalb des komplexen Untersuchungsraums Stadt im Themengebiet der Wahrnehmung überhaupt von eindeutig nachweisbaren und übertragbaren Kausalzusammenhängen die Rede sein kann.

Die Stadtraumdiagnostik stellt im Rahmen dieser komplexen Fragestellung allerdings zweifellos eine Annäherung dar. Um die getroffenen Hypothesen weiter zu festigen und damit auch den entwickelten Methodenansatz weiterzuentwickeln, müssen perspektivisch allerdings weitere Kontrollversuche in neuen Untersuchungsstädten durchgeführt werden.



# 08

## KAPITEL 8

---

# AUSBLICK & SCHLUSSBETRACHTUNG

---

### KAPITELÜBERSICHT:

S. 262 | 8.1 WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

S. 266 | 8.2 SCHLUSSWORT

## 8.1      Weiterer Forschungsbedarf

Im Verlauf der vorgestellten Methodenentwicklung zur ganzheitlichen Untersuchung dichter Stadträume sind an vereinzelten Stellen weiterführende Fragestellungen aufgekommen, deren Erforschung nicht mehr Gegenstand dieser Arbeit sind. Im Sinne eines Ausblicks sollen die identifizierten Themen im Folgenden dennoch kurz umrissen werden.

### 8.1.1    Messen menschlicher Emotionen im urbanen Kontext

Wie bereits im Diskussionsteil dieser Arbeit angeklungen ist (vergleiche Kapitel 7.2.1), ergibt sich ein wichtiger Anknüpfungspunkt für weitere Forschungsarbeiten aus den Herausforderungen, die das Messen von Emotionen im urbanen Kontext in seinem aktuellen Entwicklungsstand mit sich bringt. Vor dem Hintergrund der hier entwickelten Stressorenanalyse bleibt dabei insbesondere zu erforschen, inwiefern die Emotion-Sensing-Messungen in Bezug auf den Nachweis negativer Emotionen zukünftig noch weiter differenziert werden können. Dabei geht es insbesondere darum, kurzzeitige Erregungen („Arousal“) im Sinne einer positiven Aktivierung der körper-eigenen Ressourcen präziser von negativen Emotionen im Sinne von subjektiv empfundenem Unbehagen respektive Stress abgrenzen zu können.

Alternativ zu der Weiterentwicklung der Messmethode kann diese Informationsebene auch durch eine Ergänzung der Stressmessungen mit anderen Methoden generiert werden. In ersten Feldforschungen werden die Stressmessungen deshalb im Kontext des Radfahrens durch sogenannte „Ping“-Buttons ergänzt, die am Fahrradlenker befestigt werden und immer dann von den Probanden manuell ausgelöst werden sollen, wenn in der erlebten Situation Unbehagen empfunden wird (Bike Citizens GmbH, n.d.). Durch diese zusätzliche Information über die bewusst empfundenen Emotionen der Probanden ist es möglich, im Rahmen des anschließenden Auswertungsprozesses die unterbewusst und die bewusst empfundenen Stressmomente miteinander abzulegen. In diesem Zusammenhang wurde beobachtet, dass die Ergebnisse der Stressmessungen durch die zusätzliche Aufgabenstellung oftmals verfälscht werden, da die Aufmerksamkeit der Probanden tendenziell nicht mehr allein auf die Wahrnehmung der städträumlichen Situation gerichtet ist, sondern sich automatisch auf das Erledigen der gestellten Aufgaben verlagert. Je mehr parallele Aufgaben die Probanden während der Stressmessungen erledigen sollten, desto häufiger konnten Stressmomente gemessen werden. Diese Beobachtung kann auch durch erste neurowissenschaftliche Studien bestätigt werden, die unter Laborbedingungen erhöhte Stressreaktionen infolge von Multitasking nachweisen konnten (Becker et al., 2023).

Vergleichbare Forschungsarbeiten setzen in diesem Kontext deshalb auf die Kombination der Stressmessungen mit retrospektiven Befragungen der Probanden. Die Probanden werden dann

im Rahmen von Interviews oder Workshop-Formaten dazu aufgefordert, in räumlichen Karten all jene Orte zu markieren, an denen sie während ihrer Fahrradfahrt Stress empfunden haben und einen entsprechenden Ausschlag in den Stressmessungen vermuten. Im Allgemeinen ergibt sich bei diesem Methodenmix, dass die sensorischen Messungen durch die zusätzliche Informationsebene aus den qualitativen Befragungen sinnvoll angereichert werden können (Haug, Schmidt-Hamburger et al., 2023). Allerdings muss in diesem Zusammenhang der Bogen zurück zu der grundsätzlichen Intention der Emotion-Sensing-Messungen gespannt werden. Denn mit diesem Messverfahren sollen insbesondere auch unbewusst empfundene negative Emotionen nachweisbar gemacht werden. Es bleibt deshalb zu erforschen, wie die Messmethode des Emotion Sensings weiterentwickelt werden muss, um differenziertere Aussagen über das subjektive Empfinden negativer Emotionen treffen zu können, ohne auf weitere Hilfsmittel wie ergänzende Messgeräte oder Befragungen zurückgreifen zu müssen.

Jenseits der Herausforderungen, die das Emotion Sensing in Bezug auf den Nachweis negativer Erregungen im urbanen Kontext mit sich bringt, können perspektivisch gesehen auch durch den Nachweis der gegenteiligen Gefühlslage, nämlich positiver Emotionen, weiterführende Erkenntnisse generiert werden. Vor diesem Hintergrund bietet beispielsweise die „blenderFace“-Methode vielversprechende Ansatzpunkte (Zinkernagel et al., 2019). Bei diesem optischen Messverfahren wird die mimische Verarbeitung von Emotionen anhand von Videoaufnahmen des Gesichts analysiert und dabei die kleinsten Bewegungen der Gesichtshaut erkannt. Im Rahmen des Messverfahrens werden die Bewegungen dann anhand der veränderten Position definierter Marker erfasst und die entsprechenden Emotionen mithilfe eines Pattern-Matching-Algorithmus, also einem Musterabgleich, erkannt. Vor allem im Kontext des Radfahrens könnte dieses Verfahren vielversprechend sein, da die Videoaufnahmen der teilnehmenden Probanden über eine am Helm befestigte Kamera relativ niederschwellig aufgenommen werden können. Auf Grundlage der damit identifizierten positiven Emotionen können daran anschließend mit der Stadtraumdiagnostik perspektivisch erste Versuche in Bezug auf die Identifikation von „Wohlfühlfaktoren“ durchgeführt werden, die die menschliche Wahrnehmung von Stadträumen positiv beeinflussen.

### 8.1.2 Fragmentarität der menschlichen Wahrnehmung

Ein anderes wichtiges Themengebiet in Bezug auf anknüpfende Forschungsarbeiten stellt die weiterführende Untersuchung der stark fragmentarisch funktionierenden menschlichen Wahrnehmung von Stadträumen und deren Einzug in die Stadtraumdiagnostik dar. In diesem Zusammenhang wurde bereits anhand der Forschungen von Kevin Lynch verdeutlicht, dass verschiedene Faktoren respektive Elemente einen unterschiedlichen Einfluss auf das im mensch-

lichen Unterbewusstsein entstehende Bild beziehungsweise Teilbild einer Stadt besitzen (Lynch, 1965). Mit der hier vorgestellten Entwicklung des ganzheitlichen Methodenansatzes der Stadtraumdiagnostik wurde dieser Fragmentarität jedoch zunächst weniger Bedeutung beigemessen, um die Analyse komplexer Stadträume zunächst ganz generell im Sinne einer Grundlagenforschung aufzubauen zu können. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurde deshalb zunächst bewusst auf eine unterschiedliche Gewichtung der Untersuchungsfaktoren verzichtet. Damit wurde in der Entwicklung des Methodenansatzes die Priorität auf die Gleichwertigkeit und Vergleichbarkeit der Untersuchungen gelegt. Im Hinblick auf die grundsätzliche Aufschlüsselung komplexer stadträumlicher Situationen in verschiedene wahrnehmungsrelevante Umgebungs faktoren erweist sich diese Strategie rückblickend als zielführend.

Nachdem die Stadtraumdiagnostik durch die umfassenden Fallstudienuntersuchungen und ihre Überprüfung im Kontrollversuch zu einer anwendbaren Methode ausgereift ist, bleibt es für anschließende Forschungsarbeiten zu prüfen, inwieweit die Fragmentarität der menschlichen Raumwahrnehmung zukünftig in den Analysen berücksichtigt werden sollte. Damit verknüpft ist die Fragestellung, ob es dementsprechend solche Faktoren gibt, die für die Wahrnehmung eines Stadtraums eine größere Rolle spielen als andere und deshalb in der Stadtraumdiagnostik im Rahmen der Auswertung der Stresszusammenhänge und Wechselwirkungen anders gewichtet werden müssten. Vor diesem Hintergrund könnten beispielsweise durch die Kombination der Stadtraumdiagnostik mit Eye-Tracking-Geräten und Kameraaufnahmen aus der Egoperspektive erste Erkenntnisse gewonnen werden. Mithilfe dieses Settings könnte es gelingen, sowohl einen objektiven Überblick über die erlebte stadträumliche Situation der Probanden zu erlangen als auch zu untersuchen, welche Elemente häufiger beziehungsweise weniger häufig von den Probanden fokussiert wurden.

### **8.1.3 Abbilden realer Situationen in abstrakten Modellen**

Mit den zwölf analysierten Faktoren und ihren spezifischen Unterparametern wurde im Rahmen der Stadtraumdiagnostik das Ziel verfolgt, ein möglichst ganzheitliches Bild der untersuchten stadträumlichen Situationen zu zeichnen (vergleiche Kapitel 7.2.4). Gleichzeitig ist sich die vorliegende Arbeit jedoch der grundsätzlichen Schwierigkeit bewusst, die die Vereinfachung komplexer räumlicher Gegebenheiten in ein abstraktes Modell mit sich bringt. Die Auswahl dieser zwölf Untersuchungsfaktoren ist deshalb als eine Annäherung an den komplexen Untersuchungsraum Stadt zu verstehen.

Es bleibt daher in anknüpfenden Forschungsarbeiten zu klären, welche anderen Untersuchungsfaktoren und Parameter einen Einfluss auf die menschliche Wahrnehmung dichter Stadträume besitzen und mit welchen Methoden diese Faktoren erhoben werden können. Weiterhin ist in

diesem Zusammenhang zu erforschen, welchen Stresszusammenhang diese Untersuchungsfaktoren dann wiederum aufweisen und welche Wechselwirkungen zu den bereits erhobenen Untersuchungsfaktoren erkennbar sind.

#### 8.1.4 Datensammlung mithilfe von Crowdsourcing

Als Weiterentwicklung der Methode wurde im vorherigen Kapitel bereits ein KI-gestützter Ansatz skizziert, um die Stadtraumdiagnostik in der Erkennung, Kategorisierung und Quantifizierung der Untersuchungsparameter voranzubringen (vergleiche Kapitel 6.2.2). Ferner stellt sich diesbezüglich die Frage, inwiefern diese Weiterentwicklung auch durch die Integration von „Crowdsourcing“-Ansätzen gestützt werden kann beziehungsweise welche Kombinationsmöglichkeiten sich dadurch ergeben. Crowdsourcing-Ansätze erfreuen sich mittlerweile auch in der Stadtforschung und -planung großer Beliebtheit und eröffnen insbesondere im Kontext der Beobachtung urbaner Phänomene und der Bestandsaufnahme komplexer räumlicher Situationen vielfältige Integrationsmöglichkeiten (Streich, 2014).

Allgemein sind sie dabei als Bottom-up-Ansätze zu verstehen, bei denen die sogenannten „Crowdsourcer“ freiwillig Daten erheben und in offene Datenplattformen einspeisen. Eine Vielzahl an Projektbeispielen zeigt, dass damit sehr spezifische Monitoringsysteme entstehen können, mithilfe derer die vielfältigen Aspekte des urbanen Raums langfristig und aus verschiedenen Perspektiven heraus beobachtet werden können. So zum Beispiel auch in dem bereits im Stand der Forschung vorgestellten Projekt „Stadtradeln“, bei dem die Crowdsourcer Mängel in Bezug auf den Zustand von Radwegen mithilfe der App „RADar!“ melden können (Klima-Bündnis, n.d.-a).

Mit dieser kollektiven Form der Datenerhebung kann die Methode der Stadtraumdiagnostik allen voran in der quantitativen Erfassung der Untersuchungsparameter unterstützt werden. Etwa mithilfe von Crowdsourcing kann die Analyse der subjektiven Komponenten einiger Untersuchungsfaktoren, wie zum Beispiel die subjektive akustische Wahrnehmung von Stadträumen, damit weiter unterfüttert werden. Denn wie bereits hervorgehoben wurde, gestaltet sich die Erfassung dieser subjektiven Komponenten, die nach aktuellem Stand der Methode fast ausschließlich über eigene Vor-Ort-Begehungen erfasst werden, bislang als sehr personal- und zeitintensiv. Zudem kann durch das Einbeziehen einer heterogenen „Crowd“ auch eine vielfältigere Perspektive erlangt werden, wodurch die Untersuchungen der Stadtraumdiagnostik weiter an Repräsentativität gewinnen.

## 8.2 Schlusswort

Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Diagnoseverfahren entwickelt, das mithilfe eines umfassenden Abstraktionsprozesses der menschlichen Wahrnehmung dichter Stadträume auf den Grund geht. Durch die Untersuchung unterschiedlicher wahrnehmungsrelevanter Faktoren wurde mit der Stadtraumdiagnostik damit ein Themengebiet in Angriff genommen, dessen Erforschung seit jeher eine Art „Black Box“ in der Stadtforschung darstellt. Denn jenseits der qualitativen Beschreibung existieren in dieser Disziplin bislang nur wenige Ansätze, die sich mit diesen schwierig zu erfassenden, subjektiven Komponenten des Untersuchungsgegenstands Stadt beschäftigen. Doch wie wir Menschen einen Stadtraum wahrnehmen, beeinflusst maßgeblich, wie gerne wir uns in ihm aufhalten und entscheidet somit über den praktischen Erfolg städtebaulicher Planungen. Äquivalent dazu beschreibt auch der Kunst- und Medienwissenschaftler Rudolf Arnheim in seinem Werk „Art and Visual Perception“ (1964), dass das menschliche Sehen beziehungsweise die Wahrnehmung automatisch auch immer ein Urteil darstellt.

„[...] Every act of seeing is a visual judgement.“

(Arnheim, 1964, S. 2)

Das Erforschen dieses unterbewusst gefällten, subjektiven Urteils stadträumlicher Situationen ist eine Herausforderung, der sich die Stadtraumdiagnostik gestellt hat. Trotz der dargestellten Limitationen und Grenzen der Methode ist es damit gelungen, erste Hypothesen zu typischen Krankheitsbildern in dichten Stadträumen aufzustellen und entsprechende Störfaktoren abzuleiten. Durch diese Annäherung an den komplexen Untersuchungsgegenstand Stadt und die vielschichtige menschliche Wahrnehmung wird mit der Stadtraumdiagnostik ein wichtiger Schritt in Richtung eines menschenzentrierten Verständnisses unserer Städte lanciert. Dabei wird aufgezeigt, wie überfällig eine Auseinandersetzung mit diesen komplexen Mensch-Raum-Beziehungen nicht nur für die Stadtforschung, sondern auch für den gesellschaftlichen Diskurs ist.

Wenngleich die Methode vorrangig mit Blick auf die Ursachenforschung urbaner Stressreaktionen entwickelt wurde, so wurde im Verlauf anhand der vielfältigen Anknüpfungsmöglichkeiten deutlich, dass die Stadtraumdiagnostik im Begriff dabei ist, zu einem Planungswerkzeug weiterentwickelt zu werden. Mit dieser Schnittstelle zur Planungspraxis ist deshalb auch die Forderung verbunden, kommunale Planungsprojekte wieder aus einer Perspektive zu bewerten, die in den letzten Jahren an vielen Stellen verloren gegangen ist: Die Perspektive der Menschen, die in unseren Städten leben. Damit leistet die Stadtraumdiagnostik einen wichtigen Beitrag zur lebenswerten und menschengerechten Transformation unserer Städte, die trotz aller Regularien, Kostenfragen und Diskussionen um Mobilitäts- und Verdichtungsthemen niemals aus dem Fokus der Planung geraten darf. Mit anderen Worten: Back to the roots!

# **ANHANG**

---

## **ÜBERSICHT:**

**S. 268 | LITERATURVERZEICHNIS**

**S. 280 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

**S. 288 | TABELLENVERZEICHNIS**

**S. 290 | DATENQUELLEN**

**S. 291 | EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

**S. 292 | DANKSAGUNG**

## LITERATURVERZEICHNIS

### **ADFC (2020)**

Verkehrsrecht für Radfahrende.

[https://www.adfc.de/fileadmin/user\\_upload/Im-Alltag/Recht/Downloads/Verkehrsrecht\\_fuer\\_Rad-fahrende\\_6.20.pdf](https://www.adfc.de/fileadmin/user_upload/Im-Alltag/Recht/Downloads/Verkehrsrecht_fuer_Rad-fahrende_6.20.pdf) (08.01.2023)

### **ADFC (2021)**

ADFC-Fahrradklima-Test 2020.

<https://fahrradklima-test.adfc.de/ergebnisse#c105827> (08.01.2023)

### **ADFC BADEN-WÜRTTEMBERG (2021)**

Fahrradzählstellen.

<https://bw.adfc.de/artikel/fahrradzaehlstellen#> (18.03.2024)

### **ADLI, M. (2017)**

Stress and the City. Warum Städte uns krank machen. Und warum sie trotzdem gut für uns sind (2.Auflage). München: C. Bertelsmann Verlag.

[doi.org/10.1007/s13147-018-0517-4](https://doi.org/10.1007/s13147-018-0517-4)

### **APPLE (N.D.)**

Apple Karten.

<https://www.apple.com/de/maps/> (21.10.2024)

### **ARNHEIM, R. (1964)**

Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye (4.Auflage). Berkeley: University of California Press.

### **AXELSSON, Ö., NILSSON, M., & BERGLUND, B. (2010)**

A principal components model of soundscape perception. The Journal of the Acoustical Society of America, 128(5), S. 2836-2846.

[doi.org/10.1121/1.3493436](https://doi.org/10.1121/1.3493436)

### **BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2024)**

Zensus 2022: Zahlen und Eckdaten für Würzburg (Krfr.St).

<https://www.zensus2022.bayern.de/#Oberfranken> (11.11.2024)

### **BBSR – BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (2017)**

Laufende Stadtbeobachtung – Raumabgrenzungen: Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland.

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html> (27.02.2023)

### **BECKER, L., KALTENEGGER, H. C., NOWAK, D., WEIGL, M., & ROHLEDER, N. (2023)**

Biological stress responses to multitasking and work interruptions: A randomized controlled trial.

Psychoneuroendocrinology, 156, S. 106358.

[doi.org/10.1016/J.PSYNEUEN.2023.106358](https://doi.org/10.1016/J.PSYNEUEN.2023.106358)

### **BERGK, F., KNÖRR, W., LAMBRECHT, U., & CHRISTA FRIEDL WISSENSCHAFTSJOURNALISTIN, D.-I. (N.D.)**

Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen.

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen> (07.01.2023)

### **BESTELMEYER, P. E. G., KOTZ, S. A., & BELIN, P. (2017)**

Effects of emotional valence and arousal on the voice perception network. Social Cognitive and Affective Neuroscience, 12(8), S. 1351-1358.

[doi.org/10.1093/scan/nsx059](https://doi.org/10.1093/scan/nsx059)

#### **BIKE CITIZENS GMBH (N.D.)**

Ping!-Campaign: Bicycle Campaign for more Safety.  
<https://www.bikecitizens.net/en/ping-campaign> (19.12.2024)

#### **BMDV – BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (2021a)**

Entwicklung einer Softwareanwendung zur Qualitätsbestimmung kommunaler Radverkehrsanlagen auf Basis von Crowdsourcing-Daten – INFRASense.  
<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/infrasense.html> (18.03.2024)

#### **BMDV – BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (2021b)**

Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR).  
<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionstatistische-raumtypologie.html>  
(27.02.2023)

#### **BMDV – BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (2023)**

Sofortprogramm Saubere Luft.  
<https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Urbane-Mobilitaet/Sofortprogramm-Saubere-Luft/sofortprogramm-saubere-luft.html> (18.03.2024)

#### **BMVI – BUNDESMINISTERIUM VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2018)**

Ergebnisbericht Mobilität in Deutschland (MiD) 2017  
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/mobilitaet-in-deutschland.html> (20.12.2023)

#### **BMVI – BUNDESMINISTERIUM VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2022)**

Nationaler Radverkehrsplan 3.0.  
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/nationaler-radverkehrsplan-3-0.html>  
(20.03.2023)

#### **BOUCSEIN, W. (1988)**

Elektrodermale Aktivität: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.  
[doi.org/10.1007/978-3-662-06968-4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-06968-4)

#### **BRAUNER, M., GRILLO, I., & WEISSHAAR, B. (2013)**

Kunstpassanten: Spaziergangswissenschaft als Form des kritischen Kuratierens. In: B. Weisshaar (Hrsg.), Spaziergangswissenschaft in Praxis: Formate in Bewegung (S. 168-179). Berlin: Jovis Verlag.

#### **BUNDESREGIERUNG DEUTSCHLAND (2020)**

Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Berlin.  
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte-der-bundesregierung/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846> (21.04.2024)

#### **BUNDESSTIFTUNG BAUKULTUR (2014)**

Baukulturbericht 2014/15: Gebaute Lebensräume der Zukunft – Fokus Stadt. Potsdam: Bundesstiftung Baukultur.

#### **BUNDESSTIFTUNG BAUKULTUR (2020)**

Baukultur Bericht 2020/21: Öffentliche Räume. Potsdam: Bundesstiftung Baukultur.

#### **BURCKHARDT, L. (2006)**

Warum ist Landschaft schön? Die Spaziergangswissenschaft (Hrsg.: M. Ritter & M. Schmitz). Berlin: Schmitz.

#### **BUSSE, A., PLAUMANN, M., & WALTER, U. (2006)**

Stresstheoretische Modelle. In: Weißbuch Prävention 2005/2006: Stress? Ursachen, Erklärungsmodelle und präventive Ansätze (S. 63-77). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.  
[doi.org/10.1007/3-540-32662-6\\_5](https://doi.org/10.1007/3-540-32662-6_5)

**CANNON, W. B. (1914)**

The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. American Journal of Physiology-Legacy Content, 33(2), S. 356-372.  
doi.org/10.1152/ajplegacy.1914.33.2.356

**CAPE REISO (2021)**

Projekthomepage Cape Reiso – Cyclist And PEdestrians on REal and Vlirtual Shared rOads.  
<https://capereiso.hrs.de/> (20.12.2024)

**CHROUSOS, G. P., LORIAUX, D. L., & GOLD, P. W. (1988)**

Mechanisms of Physical and Emotional Stress. Advances in Experimental Medicine and Biology, Volume 245. New York: Springer Verlag.  
doi.org/10.1007/978-1-4899-2064-5

**DEUTSCHER STÄDTETAG (2006)**

Strategien für den Öffentlichen Raum – Ein Diskussionspapier.  
[https://zora-cep.ch/cmsfiles/d\\_0608\\_staedtetag\\_strat\\_off\\_raum.pdf](https://zora-cep.ch/cmsfiles/d_0608_staedtetag_strat_off_raum.pdf) (05.06.2023)

**DORSCH, H. (2023)**

Wer umbauen will, lässt zählen: Immer mehr Städte und Länder erheben Radverkehrsdaten.  
<https://emmett.io/article/erhebung-von-radverkehrsdaten> (18.03.2024)

**ECDF – EINSTEIN CENTER DIGITAL FUTURE (N.D.)**

SimRa: Sicherheit im Radverkehr.  
<https://www.digital-future.berlin/forschung/projekte/simra/> (26.03.2024)

**ECKARDT, F. (2014)**

Stadtforschung – Gegenstand und Methoden. Wiesbaden: Springer VS.  
doi.org/10.1007/978-3-658-00824-6

**ECKART, J., & MERK, J. (2021)**

Die sensorbasierte Vermessung des Radverkehrs: Analyse des Radverkehrs mit einem SensorBike mit ubiquitären Sensoren. Informatik, S. 1137-1149.  
doi.org/10.18420/inf2020\_106

**FINK, G. (2009)**

Stress: Definition and history. In: Encyclopedia of Neuroscience (S. 549-555). Academic Press.  
doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00076-0

**FRAUNHOFER IESE (2023)**

Dynamische Systems-of-Systems für Smart Cities der Zukunft. Blog Des Fraunhofer Instituts Für Experimentelles Software Enigneering (IESE).  
<https://www.iese.fraunhofer.de/blog/dynamische-sos-fuer-smart-cities/> (17.11.2024)

**FÜLLING, J., HERING, L., & KULKE, E. (2021).**

Kartierung und Foto-Dokumentation. Vorschlag für ein raumsensibles Mixed-Methods-Design am Beispiel einer Einzelhandelskartierung. In: Handbuch qualitative und visuelle Methoden der Raumforschung (S. 345-364). Bielefeld: transcript Verlag.  
doi.org/10.36198/9783838555829

**GEHL, J. (2012)**

Leben zwischen Häusern. Berlin: jovis Verlag.

**GOOGLE (N.D.)**

Google Street View.  
<https://www.google.de/intl/de/streetview/> (21.10.2024)

**GRESSNER, A. M., & GRESSNER, O. A. (2019)**

Diagnose, medizinische. In: Gressner A. M., Arndt, T. (Hrsg.), Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik (S. 691). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.  
doi.org/10.1007/978-3-662-48986-4\_875

**GROSS, R. (1969)**

Medizinische Diagnostik - Grundlagen und Praxis (Vol. 48). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.  
doi.org/10.1007/978-3-642-95112-1

**HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C., & ZEILE, P. (2023)**

Identifying urban stress and bicycle infrastructure relationships: a mixed-methods citizen-science approach. *Urban, Planning and Transport Research*, 11(1), S. 2267636.  
doi.org/10.1080/21650020.2023.2267636

**HAUG, N., ZEILE, P., & NEPPL, M. (2023)**

Decoding Stress: Stegreif Dokumentation Sommersemester 2023. Karlsruhe.  
doi.org/10.5445/IR/1000163061

**HAUG, N., ZEILE, P., & NEPPL, M. (2024)**

Emotionen auf der Spur: Eine urbane Suche nach Stressoren beim Radfahren und Zufußgehen. Karlsruhe.  
doi.org/10.5445/IR/1000173380

**HERING, E., & SCHÖNFELDER, G. (2018)**

Sensoren in Wissenschaft und Technik – Funktionsweise und Einsatzgebiete. Wiesbaden: Springer Fachmedien.  
doi.org/10.1007/978-3-658-12562-2

**HLRS (2020)**

Kurzfassung Projektantrag Cape Reviso.  
[https://capereviso.hhrs.de/wp-content/uploads/2020/10/CapeReviso\\_Kurzbeschreibung\\_Web.pdf](https://capereviso.hhrs.de/wp-content/uploads/2020/10/CapeReviso_Kurzbeschreibung_Web.pdf)  
(28.03.2024)

**HLRS (2022)**

Map – OpenBikeSensor Portal.  
<https://openbikesensor.hhrs.de/map#3.98/40.12940450692086/17.37260222798147> (08.01.2023)

**HOCHSCHULE KARLSRUHE (2019)**

EcoSensorBike: Messfahrräder für studentische Forschung im Bereich Verkehrsökologie. Hochschule Karlsruhe.  
<https://www.h-ka.de/ivi/projekte/ecosensorbike> (07.01.2023)

**HÖFFKEN, S., WILHELM, J., GROSS, D., BERGNER, B. S., & ZEILE, P. (2014)**

EmoCycling – Analysen von Radwegen mittels Humansensorik und Wearable Computing. Tagungsband Real CORP 2014, S. 851-860.  
<http://www.corp.at/archive/CORP2014> (20.12.2024)

**HYSTREET GMBH (N.D.)**

Hystreet – Die Methodik.  
<https://hystreet.com/methodology> (11.11.2024)

**IHK NORD WESTFALEN. (2024)**

Passantenfrequenzzählung in den Mittelzentren des IHK-Bezirks 2024. Münster.  
<https://www.ihk.de/nordwestfalen/branchen/handel/passantenfrequenz-3594674> (11.11.2024)

**ITAS – INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG UND SYSTEMANALYSE (2011)**

Quartier Zukunft – Labor Stadt.  
[https://www.itas.kit.edu/projekte\\_paro11\\_quazu.php](https://www.itas.kit.edu/projekte_paro11_quazu.php) (29.07.2024)

**JMU WÜRZBURG (N.D.-a)**

JMU Würzburg – Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Künstliche Intelligenz im Unternehmen.  
<https://www.wiwi.uni-wuerzburg.de/wiki/> (11.11.2024)

**JMU WÜRZBURG (N.D.-b)**

JMU Würzburg – Professur für Sozialgeographie.  
<https://www.geographie.uni-wuerzburg.de/sozialgeographie/> (11.11.2024)

**KARLSRUHE TOURISMUS GMBH, & KARLSRUHE MARKETING UND EVENT GMBH (N.D.)**

City-Transformation in Karlsruhe.  
<https://www.karlsruhe-erleben.de/projekte/city-transformation> (29.07.2024)

**KIT – KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (N.D.)**

Projekthomepage Quartier Zukunft – Labor Stadt.  
<https://www.quartierzukunft.de/> (29.07.2024)

**KARTHIKEYAN, P., MURUGAPPAN, M., & YAACOB, S. (2013)**

Multiple physiological signal-based human stress identification using non-linear classifiers. Elektronika Ir Elektrotechnika, 19(7), S. 80-85.  
[doi.org/10.5755/j01.eee.19.7.2232](https://doi.org/10.5755/j01.eee.19.7.2232)

**KIRCHMAIR, R. (2022)**

Was ist qualitative Forschung? In: R. Kirchmair (Hrsg.), Qualitative Forschungsmethoden. Angewandte Psychologie Kompakt (S. 1-7). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.  
[doi.org/10.1007/978-3-662-62761-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-62761-7_1)

**KLIMA-BÜNDNIS (N.D.-a)**

Projekthomepage RADar!  
<https://www.radar-online.net/impressum> (26.03.2024)

**KLIMA-BÜNDNIS (N.D.-b)**

Projekthomepage Stadtradeln.  
<https://www.stadtradeln.de/home> (26.03.2024)

**KREIBIG, S. D. (2010)**

Autonomic nervous system activity in emotion: A review. Biological Psychology, 84(3), S. 394-421.  
[doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.03.010](https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.03.010)

**KURTH, D. (2021)**

In 15 Minuten zur Europäischen Stadt? In: Bauwelt, 19-2021 (S. 28-29). Gütersloh: Bauverlag BV.

**KYRIAKOU, K., & RESCH, B. (2019)**

Spatial Analysis of Moments of Stress Derived from Wearable Sensor Data. International Cartographic Association, 2(Advances in Cartography and GIScience), S. 1-8.  
[doi.org/10.5194/ica-adv-2-9-2019](https://doi.org/10.5194/ica-adv-2-9-2019)

**KYRIAKOU, K., RESCH, B., SAGL, G., PETUTSCHNIG, A., WERNER, C., NIEDERSEER, D., LIEDLGRUBER, M., WILHELM, F., OSBORNE, T., & PYKETT, J. (2019)**

Detecting Moments of Stress from Measurements of Wearable Physiological Sensors. Sensors, 19(17), 3805.  
[doi.org/10.3390/s19173805](https://doi.org/10.3390/s19173805)

**LAND NIEDERSACHSEN (N.D.)**

Geschichte der Regionen – Osnabrück.  
[https://www.niedersachsen.de/startseite/land\\_leute/die\\_geschichte/geschichte\\_der\\_regionen/osnabruck/-19600.html](https://www.niedersachsen.de/startseite/land_leute/die_geschichte/geschichte_der_regionen/osnabruck/-19600.html) (03.04.2023)

### LANDESAMT FÜR STATISTIK NIEDERSACHSEN (2023)

LSN-Online: Regionalstatistische Datenbank Niedersachsen.  
<https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/default.asp> (20.03.2023)

### LANDESBETRIEB IT.NRW (2024)

Kerndichteschätzer zur Veröffentlichung von Karten mit georeferenzierten Daten der amtlichen Statistik.  
<https://www.it.nrw/de/kerndichteschaeftzer-zur-veroeffentlichung-von-karten-mit-georeferenzierten-daten-der-amtlichen-0> (11.03.2024)

### LAZARUS, R., & FOLKMAN, S. (1984)

Stress, Appraisal, and Coping. New York: Springer Publishing.

### LISSNER, A., & FRANCKE, S. (2017)

Big Data im Radverkehr. Ein anwendungsorientierter Leitfaden zur Nutzung von smartphone-generierten Radverkehrsdaten. Dresden: TU Dresden.  
<https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/249677> (20.12.2024)

### LYNCH, K. (1965)

Das Bild der Stadt. Bauwelt Fundamente, 16. Berlin/Frankfurt a.M./Wien: Ullstein Verlag.

### MAPILLARY (2024)

Desktopversion der Kartenplattform Mapillary by Meta.  
<https://www.mapillary.com/app/?lat=20&lng=0&z=1.5&menu=true> (18.05.2024)

### MEHRABIAN, A. (1987)

Räume des Alltags. Wie die Umwelt unser Verhalten bestimmt. Frankfurt am Main: Campus Verlag.

### MERK, J. (2019)

Vergleich der objektiven Verkehrssicherheit und des subjektiven Verkehrsstresses bei Schutzstreifen und Radfahrstreifen im Vergleich zu eigenständigen Radwegen. Masterarbeit. Karlsruhe: Hochschule Karlsruhe, Fakultät Informationsmanagement und Medien.

### MERK, J., ECKARD, J., & ZEILE, P. (2021)

Subjektiven Verkehrsstress objektiv messen – Ein EmoCycling Mixed Methods Ansatz. Tagungsband REAL CORP 2021, S. 767-778.  
[doi.org/10.48494/REALCORP2021.9072](https://doi.org/10.48494/REALCORP2021.9072)

### MILLION, A. (2021)

Mental Maps und narrative Landkarten. In: Handbuch qualitative und visuelle Methoden der Raumforschung (S. 293-308). Bielefeld: transcript Verlag.  
[doi.org/10.36198/9783838555829](https://doi.org/10.36198/9783838555829)

### MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (N.D.)

Digitales landesweites Verkehrsmodell für Baden-Württemberg.  
<https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/zukunftskonzepte/digitale-mobilitaet/landesweites-verkehrsmodell> (18.03.2024)

### MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (2019)

Personenverkehr in Stadt und Land. Befragungsergebnis Mobilitätsverhalten 2017.  
<https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/personenverkehr-in-stadt-und-land/> (18.03.2024)

### MITCHELL, A., ALETTA, F., OBERMAN, T., & KANG, J. (2024)

Soundscape Perception Indices (SPI): Developing context-dependent single value scores of multidimensional soundscape perceptual quality.  
[doi.org/10.31234/osf.io/zpa9e](https://doi.org/10.31234/osf.io/zpa9e)

**MORENO, C. (2024)**

The 15-Minute City: A Solution for Saving Our Time & Our Planet. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Publishing.

**MOTZER, N., ZEILE, P., HAUG, N., & SCHMIDT-HAMBURGER, C. (2023)**

Emotionswahrnehmung für Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort Analyse von humansensorischen Messungen und Korrelation mit Umgebungsparametern. AGIT Journal Für Angewandte Geoinformatik, S. 142-149. Berlin/Offenbach: VDE Verlag.

doi.org/10.14627/537742015

**NEPPL, M. (2018)**

Von der Fahrradstadt zur Stadt der Nachbarschaften. In: Fahr Rad! Die Rückeroberung der Stadt (S. 141-150). Berlin/Boston: Birkhäuser Verlag.

doi.org/10.1515/9783035615265-011

**NOLD, C. (2009)**

Emotional cartography: Technologies of the self.  
<http://emotionalcartography.net> (20.12.2024)

**OPENBIKESENSOR E. V. (2022)**

OpenBikeSensor.  
<https://www.openbikesensor.org/> (07.01.2023)

**PELGER, D., KELLING, EM., & STOLLMANN, J. (2021)**

Multiskalares Mapping. In: Handbuch qualitative und visuelle Methoden der Raumforschung (S. 327-344). Bielefeld: transcript Verlag.  
doi.org/10.36198/9783838555829

**PLAUMANN, M., BUSSE, A., & WALTER, U. (2006)**

Grundlagen zu Stress. In: Weißbuch Prävention 2005/2006: Stress? Ursachen, Erklärungsmodelle und präventive Ansätze (S. 3-12). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.  
doi.org/10.1007/3-540-32662-6\_2

**POLIS MAGAZIN (2022)**

Für mehr Gefühl in der Planung. Polis – Magazin Für Urban Development, 03(2022). Wuppertal: Müller + Busmann Verlag.  
<https://polis-magazin.com/ausgabe/polis-03-2022-aengste-augen-auf-und-durch/> (12.12.2022)

**QGIS PYTHON PLUGINS REPOSITORY, & QUACH, T. (N.D.)**

HCMGIS – Basemaps, Download OpenData, Batch Converter, VN-2000 Projections, Geometry Processing and Field Calculation Utilities.  
<https://plugins.qgis.org/plugins/HCMGIS/#plugin-about> (18.05.2024)

**REDMON, J., & FARHADI, A. (2016)**

YOLO9000: Better, Faster, Stronger. Proceedings of the 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.  
doi.org/10.48550/arXiv.1612.08242

**RUOHOMÄKI, T., AIRAKSINEN, E., HUUSKA, P., KESÄNIEMI, O., MARTIKKA, M., & SUOMISTO, J. (2018)**

Smart City Platform Enabling Digital Twin. Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Systems (IS) 2018, Funchal, Portugal, S. 155-161.  
doi.org/10.1109/IS.2018.8710517

**SCHMIDT-HAMBURGER, C. (2022)**

Stresstest Fußverkehr: Eine Studie im Rahmen des NRVP-Projektes „Cape Reviso“ zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender in Stuttgart. Masterarbeit. Bremen: Universität Bremen.

**SEGGERN, HILLE, V., WERNER, J., & GROSSE-BÄCHLE, L. (2008)**

Creating knowledge: Innovationsstrategien im Entwerfen urbaner Landschaften. Berlin: Jovis Verlag.

**SELYE, H. (1956)**

The stress of life. New York: McGraw-Hill.

**SINGH, S. A., KUMAR GUPTA, P., RAJESHWARI, M., & JANUMALA, T. (2018)**

Detection of Stress Using Biosensors. Materials Today: Proceedings, 5(10), S. 21003-21010.  
[doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.492](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.492)

**STADT HERRENBERG (2019)**

Mobilität neu denken. IMEP – Der integrierte Mobilitätsentwicklungsplan für Herrenberg.  
[https://www.herrenberg.de/MpS?project\\_id=37](https://www.herrenberg.de/MpS?project_id=37) (31.03.2023)

**STADT KARLSRUHE (2012)**

Karlsruhe 2020: Integriertes Stadtentwicklungskonzept.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/stadtentwicklung/stadtteilentwicklung> (16.04.2023)

**STADT KARLSRUHE (2013)**

Verkehrsentwicklungsplan Karlsruhe.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/mobilitaet/verkehrsplanungen-und-konzepte/verkehrsentwicklungsplan-karlsruhe-vep> (28.11.2024)

**STADT KARLSRUHE (2016)**

Räumliches Leitbild Karlsruhe.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/stadtplanung/staedtebauliche-projekte/raeumliches-leitbild> (16.04.2023)

**STADT KARLSRUHE (2020)**

Verkehrsmittelwahl und Mobilitätsverhalten Ergebnisse der repräsentativen Verkehrsbefragung (SrV) 2018.  
[www.karlsruhe.de/stadtentwicklung](https://www.karlsruhe.de/stadtentwicklung) (16.04.2023)

**STADT KARLSRUHE (2021)**

Statistisches Jahrbuch 2021.  
<https://web6.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/statistik/pdf/2021/2021-jahrbuch.pdf> (20.03.2023)

**STADT KARLSRUHE (2022)**

Förderprojekt „City-Transformation“.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/stadtentwicklung/city-transformation> (29.07.2024)

**STADT KARLSRUHE, GEHL, ARGUS STADT UND VERKEHR, & WEEBER+PARTNER (2022)**

Platz für mehr – Grün, Leben und gesunde Mobilität.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/stadtplanung/staedtebauliche-projekte/neugestaltung-innenstadt/oefentlicher-raum-und-mobilitaet-innenstadt-oermi> (17.04.2023)

**STADT KARLSRUHE LIEGENSCHAFTSAMT (N.D.)**

Karlsruhe: Geoportal Karlsruhe.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/bauen-und-immobilien/geoportal-karlsruhe> (04.07.2024)

**STADT KARLSRUHE LIEGENSCHAFTSAMT (2022)**

Digitaler Zwilling der Stadt Karlsruhe: 3D-Mesh Frühjahr 2022. Geoportal Stadt Karlsruhe.  
[https://geoportal.karlsruhe.de/3d/karlsruhe\\_3d/?page=Startseite&views=Layer](https://geoportal.karlsruhe.de/3d/karlsruhe_3d/?page=Startseite&views=Layer) (17.11.2024)

**STADT KARLSRUHE, & PGV-ALRUTZ (2021)**

Karlsruher Programm für aktive Mobilität. Weiterentwicklung des 20-Punkte-Programms zur Förderung des Radverkehrs und Ergänzung von Aspekten für den Fußverkehr.  
<https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/mobilitaet/radverkehr/karlsruher-programm-fuer-aktive-mobilitaet> (14.04.2023)

**STADT OSNABRÜCK (N.D.-a)**

Ad hoc-Maßnahmen für mehr Radverkehrssicherheit auf dem Wallring.  
<https://www.osnabrueck.de/wohnen/wallring> (16.04.2023)

**STADT OSNABRÜCK (N.D.-b)**

Stadt Osnabrück: Historische Karten.  
<https://www.osnabrueck.de/wohnen/geodaten-und-karten/historische-karten> (24.03.2023)

**STADT OSNABRÜCK (2019)**

Städtebaulicher Masterplan Innenstadt Osnabrück.  
<https://entwickelt.osnabrueck.de/de/stadtraeume-gestalten/masterplan-innenstadt-1/> (20.12.2024)

**STADT OSNABRÜCK (2020)**

Mobilität in Städten. SrV 2018 – Ergebnisse für die Stadt Osnabrück.  
<https://www.osnabrueck.de/start/aktuelles/news/mobilitaet-in> (20.12.2024)

**STADT OSNABRÜCK (2023a)**

Innenstadtprogramm Osnabrück 2023.  
<https://dialog.osnabrueck.de/innenstadtprogramm-osnabrueck-2023> (31.07.2024)

**STADT OSNABRÜCK (2023b)**

Sofortprogramm „Perspektive Innenstadt!“.  
<https://entwickelt.osnabrueck.de/de/stadtraeume-gestalten/sofortprogramm-perspektive-innenstadt/> (31.07.2024)

**STADT OSNABRÜCK FACHBEREICH GEODATEN UND VERKEHRSANLAGEN (N.D.)**

Geodatenportal der Stadt Osnabrück.  
<https://geo.osnabrueck.de/geodatenportal/?p=kartendienste> (04.07.2024)

**STADT OSNABRÜCK, & SHP INGENIEURE (2017a)**

Stadt Osnabrück – Radverkehrsplan 2030.  
<https://www.osnabrueck.de/radverkehrsplan> (16.04.2023)

**STADT OSNABRÜCK, & SHP INGENIEURE (2017b)**

Maßnahmenkatalog zum Radverkehrsplan 2030.  
<https://www.osnabrueck.de/radverkehrsplan> (16.04.2023)

**STADT WÜRZBURG (2024)**

Open Data Würzburg – Passantenzählung Zählstellen Stadt Würzburg.  
[https://opendata.wuerzburg.de/explore/dataset/pedestrians\\_counter\\_geojson/information/?location=16,49.79751,9.93569&basemap=jawg.streets](https://opendata.wuerzburg.de/explore/dataset/pedestrians_counter_geojson/information/?location=16,49.79751,9.93569&basemap=jawg.streets) (11.11.2024)

**STADT WÜRZBURG FACHBEREICH GEODATEN UND VERMESSUNG (N.D.)**

Geostadtplan der Stadt Würzburg  
<https://geostadtplan.wuerzburg.de/> (21.10.2024)

**STADTARCHIV KARLSRUHE (2023)**

Kurze Karlsruher Stadtgeschichte.  
<https://stadtgeschichte.karlsruhe.de/materialien-zur-stadtgeschichte/einstiege-in-die-stadtgeschichte/kurze-stadtgeschichte> (24.03.2023)

### **STATISTISCHES BUNDESAMT (2024)**

Großstadtregionen im Wandel.

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/Aspekte/demografie-grossstadtregionen.html> (31.01.2024)

### **STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2021)**

Bevölkerung im Überblick.

<https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/99025010.tab?R=GS111000> (21.02.2023)

### **STIPPL, H. (2013)**

Der promenadologische Spaziergang. In: B. Weisshaar (Hrsg.), Spaziergangswissenschaft in Praxis: Formate in Bewegung (S.84-99). Berlin: Jovis Verlag.

### **STREICH, B. (2014)**

Crowdsourcing. In: Subversive Stadtplanung (S. 103-119). Wiesbaden: Springer Fachmedien.  
[doi.org/10.1007/978-3-658-05480-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-05480-9_7)

### **SUPER TESTSITE (2024a)**

Super Testsite Würzburg. Geolingual Studies, JMU Würzburg.

<https://www.phil.uni-wuerzburg.de/gls/news/single/news/super-test-site-wuerzburg/> (08.11.2024)

### **SUPER TESTSITE (2024b)**

Measurement campaign „Super-Test-Site Würzburg.“ Earth Observation Research Cluster, JMU Würzburg.

<https://remote-sensing.org/measurement-campaign-super-test-site-wurzburg-first-week/> (08.11.2024)

### **TAGESSPIEGEL (2008)**

Autobahnbau ist kein Weg in die Zukunft.

<https://www.tagesspiegel.de/berlin/autobahnbau-ist-kein-weg-in-die-zukunft-6548122.html> (03.02.2023)

### **TAUBENBÖCK, H., & DECH, S. (2010)**

Fernerkundung im urbanen Raum: Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis. Darmstadt: WBG Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

### **TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN, & EINSTEIN CENTER DIGITAL FUTURE (2024)**

SimRa Dashboard. GitHub.

<https://simra-project.github.io/dashboard/index.html> (26.03.2024)

### **TEMMEN, M. (2022)**

Messen mit SensorBikes – Wie die Radverkehrsforschung von der Digitalisierung im Radsport profitieren kann. Tagungsband Fahrradlabor Hochschule Karlsruhe, S. 9-14. Karlsruhe: Hochschule Karlsruhe.

### **VENTURI, R., SCOTT BROWN, D., & IZENOUR, S. (1979)**

Lernen von Las Vegas. Zur Ikonographie und Architektursymbolik der Geschäftsstadt. Bauwelt Fundamente, 16. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg Verlag.

### **WAGNER, U. (2023)**

Vom 20-Punkte-Programm zum Programm für aktive Mobilität. ISE-Kolloquium 2013: Radverkehr - Neue Erkenntnisse und Entwicklungen. Karlsruhe: Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen.

### **WEISSHAAR, B., & BRAUNER, M. (2013)**

Spaziergangswissenschaft in Praxis: Formate in Bewegung (Hrsg.: B. Weisshaar). Berlin: Jovis Verlag.

### **WERDECKER, L., & ESCH, T. (2019)**

Stress und Gesundheit. In: Gesundheitswissenschaften (S. 347-359). Berlin: Springer Verlag.  
[doi.org/10.1007/978-3-662-58314-2\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58314-2_33)

**WERNER, C., RESCH, B., & LOIDL, M. (2019)**

Evaluating Urban Bicycle Infrastructures through Intersubjectivity of Stress Sensations Derived from Physiological Measurements. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 265.  
doi.org/10.3390/ijgi8060265

**WIRTZ, M. A. (2013)**

Definition Kontrollversuch. Dorsch – Lexikon der Psychologie.  
<https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/kontrollversuch#search=6d940441dd26163392329228d2e4257a&offset=0> (08.11.2024)

**WOLFENBERGER, W., & O'CONNOR, N. (1967)**

Relative effectiveness of galvanic skin response latency, amplitude and duration scores as measures of arousal and habituation in normal and retarded adults. *Psychophysiology*, 3(4), S. 345-350.  
doi.org/10.1111/j.1469-8986.1967.tb02718.x

**ZEILE, P. (2017)**

Feel the City: Urban Emotions. *Forum Raumentwicklung*, 02(2017), S. 8-9. Bern: Bundesamt für Raum-entwicklung.

**ZEILE, P., EXNER, J.-P., BERGNER, B. S., & STREICH, B. (2013)**

Humansensorik und Kartierung von Emotionen in der räumlichen Planung. Tagungsband Digital Land-scape Architecture 2013, S. 129-141.

**ZEILE, P., EXNER, J.-P., HÖFFKEN, S., & STREICH, B. (2010)**

Menschen als Messfühler – Die Kombination von Geowebmethoden und Sensorik. Tagungsband REAL CORP 2010, S. 419-426.

**ZEILE, P., HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C., BENGEL, S., & MOTZER, N. (2022)**

Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort – Das BMDV-Projekt ESSEM. Ta-gungsband REAL CORP 2022, S. 259-268.  
doi.org/10.48494/REALCORP2022.8029

**ZEILE, P., HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C., MOTZER, N., MOSER, M., & RESCH, B. (2023)**

Emotion Sensing for (E-)Bicycle Safety and Mobility Comfort. *Journal of Digital Landscape Architectu-re*, 08-2023, S. 381-389. Berlin/Offenbach: VDE Verlag.  
doi.org/10.14627/537740041

**ZEILE, P., OBST, T., DEMBSKI, F., DRESCHER, J., CINAR, Ö., & WÖSSNER, U. (2021)**

Radfahren und Zufußgehen auf realen und virtuellen Flächen – Das NRVP-Projekt Cape Reviso. Ta-gungsband REAL CORP 2021, S. 613-622.  
doi.org/10.48494/REALCORP2021.9147

**ZEILE, P., OBST, T., SCHMIDT-HAMBURGER, C., HAUG, N., DRESCHER, J., & WÖSSNER, U. (2023)**

Radfahrende und Fußgänger\*innen auf gemeinsamen realen und virtuellen Flächen Das Cape Reviso-Projekt des Nationalen Radverkehrsplans NRVP. In: *Transforming Cities*, 02-2023 (S. 78-82). Baiers-bronn-Buhlbach: Trialog Publishers.

**ZEILE, P., & RESCH, B. (2018)**

Emotionen für intelligente Städte: Die Urban Emotion Initiative als Beitrag zur digitalen Partizipation. *Transforming Cities*, 01-2018 (S. 49-53). Baiersbronn-Buhlbach: Trialog Publishers.

**ZEILE, P., RESCH, B., EXNER, J.-P., SAGL, G., & SUMMA, A. (2014)**

Urban Emotions – Kontextuelle Emotionsinformationen für die Räumliche Planung auf Basis von Echtzeit- Humansensorik und Crowdsourcing-Ansätzen. *AGIT Journal Für Angewandte Geoinformatik*, S. 664-669.

---

**ZEILE, P., RESCH, B., LOIDL, M., PETUTSCHNIG, A., & DÖRRZAPF, L. (2016)**

Urban Emotions and Cycling Experience – enriching traffic planning for cyclists with human sensor data. *Journal for Geographic Information Science*, 1-2016, S. 204-216. Wien: ÖAW Verlag.  
[doi.org/10.1553/giscience2016\\_01\\_s204](https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s204)

**ZINKERNAGEL, A., ALEXANDROWICZ, R. W., LISCHETZKE, T., & SCHMITT, M. (2019)**

The blenderFace method: video-based measurement of raw movement data during facial expressions of emotion using open-source software. *Behavior Research Methods*, 51(2), S. 747-768.  
[doi.org/10.3758/s13428-018-1085-9](https://doi.org/10.3758/s13428-018-1085-9)

**ZUKUNFTSINSTITUT (2018)**

Futopolis. Stadt, Land, Zukunft. Frankfurt am Main: Zukunftsinstutut.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

XII	<b>Abb. 1</b>	<b>Prozessdiagramm</b> Quelle: Eigene Darstellung
XIV	<b>Abb. 2</b>	<b>Stadtraum Karlsruhe Waldstraße</b> Fotografie: Eigenes Archiv
S. 3	<b>Abb. 3</b>	<b>Kampf um den Quadratmeter auf den Straßen deutscher Städte</b> Quelle: ADFC, Fotografie: © Gerhard Westrich
S. 4	<b>Abb. 4</b>	<b>Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Raumtypen im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle BMVI, 2018
S. 5	<b>Abb. 5</b>	<b>Platzverbrauch von Verkehrsmitteln im Vergleich: (v.l.n.r.) 60 Autofahrer:innen, 60 Radfahrende und 60 Zufußgehende</b> Fotografien: © Frank Lochau   ProCopter GmbH
S. 6	<b>Abb. 6</b>	<b>Negative Folgen der Verdichtung deutscher Innenstädte</b> Fotografie: © Jürgen Rösner
S. 9	<b>Abb. 7</b>	<b>Heatmap einer EmoCycling-Messung in Osnabrück</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle ESSEM
S. 24	<b>Abb. 8</b>	<b>Stadtraum Osnabrück Bierstraße</b> Fotografie: Eigenes Archiv
S. 29	<b>Abb. 9</b>	<b>Fünf Elemente der Stadtwahrnehmung nach Lynch: (v.l.n.r.) Wege, Grenzlinien, Bereiche, Brennpunkte und Merkzeichen</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Lynch, 1965
S. 36	<b>Abb. 10</b>	<b>Setting und Output der EmoCycling-Messungen: Smartband Empatica E4 und Smartphone mit eDiary-App (links) und Output als Spatialite-Datenbank (rechts)</b> Quelle links: Zeile et al., 2022; Quelle rechts: Eigene Darstellung
S. 37	<b>Abb. 11</b>	<b>Schematische Veränderung der Hautleitfähigkeit als Reaktion auf einen hypothetischen Stimulus</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Kyriakou, Resch et al., 2019
S. 38	<b>Abb. 12</b>	<b>Idealtypischer Kurvenverlauf von Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur (links) und Ableitungsmuster (rechts) im Rahmen einer Stressreaktion</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Zeile et al., 2013
S. 39	<b>Abb. 13</b>	<b>Heatmap einer EmoCycling-Messung in Karlsruhe</b> Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Cape Reviso
S. 44	<b>Abb. 14</b>	<b>Kamerasystem mit automatischer Erkennung von Verkehrsteilnehmer:innen in Stuttgart im Rahmen des Forschungsprojekts Cape Reviso</b> Quelle: HLRS, 2020
S. 46	<b>Abb. 15</b>	<b>Ergebniskarte der OpenBikeSensor-Messungen in Herrenberg</b> Quelle: HLRS, 2022
S. 48	<b>Abb. 16</b>	<b>Ergebniskarte der SimRa-Messungen in Berlin</b> Quelle: Technische Universität Berlin et al., 2024

S. 49 **Abb. 17** **Analyse der Wartezeiten von Strava-Nutzer:innen in Dresden**  
Quelle: Lißner et al., 2017

S. 51 **Abb. 18** **Kombination von Stressmessungen und Frontkamera-Aufnahmen im Fußverkehr in der Stadt Karlsruhe**  
Quelle: Zeile et al., 2018

S. 57 **Abb. 19** **Analysekarten des Strips von Las Vegas zu den Themen Gebäude, sakrale Räume, Asphaltflächen und Beleuchtung**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979

S. 59 **Abb. 20** **Mental Map aus den mündlichen Befragungen in Boston mit Zeichenerklärung**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Lynch, 1965

S. 62 **Abb. 21** **Promenadologische Spaziergänge: „Windschutzbereichspaziergang“ (links) von Lucius Burckhardt 1993 und Spaziergang des Projekts „Kunstpassanten“ (rechts) in Zürich 2009**  
Quelle links: Burckhardt, 2006; Quelle rechts: Weisshaar et al., 2013

S. 63 **Abb. 22** **Fotografische Analyse der Nutzung von Stadtmobiliar auf öffentlichen Plätzen: Mittige Anordnung (oben), Anordnung in Randbereichen (unten)**  
Quelle: Gehl, 2012, Anordnung verändert

S. 64 **Abb. 23** **Schnittanalyse verschiedener Straßenräume im Vergleich zu Las Vegas in Bezug auf Raum, Maßstäßlichkeit, Symbol und Geschwindigkeit**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979

S. 66 **Abb. 24** **Vergleichende Matrix von Hotels am Strip von Las Vegas in Grundrissen, Ansichten und Details**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979

S. 68 **Abb. 25** **Stadtraum Karlsruhe Markgrafenstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv

S. 70 **Abb. 26** **Setting der EmoCycling-Messungen am Beispiel des BMDV-Projekts ESSEM: Smartband Empatica E4 und Smartphone mit eDiary-App**  
Quelle links: Zeile et al., 2022; Fotografie rechts: Eigenes Archiv

S. 72 **Abb. 27** **Heatmaps aus dem Projekt ESSEM**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle ESSEM

S. 73 **Abb. 28** **Heatmaps aus dem Projekt Cape Reviso**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Cape Reviso

S. 75 **Abb. 29** **Übersicht der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR) nach der Einteilung des BMDV**  
Quelle: Eigene Darstellung nach BMDV, 2021b

S. 77 **Abb. 30** **Langsamverkehrsanteile im Modal Split nach Raumtypen im Vergleich mit dem Bundesdurchschnitt**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle BMVI, 2018

S. 78 **Abb. 31** **Kurzporträt Stadt Karlsruhe**  
Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap

S. 79 **Abb. 32** **Kurzporträt Landeshauptstadt Stuttgart**  
Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap

S. 80 **Abb. 33** **Kurzporträt Stadt Herrenberg**  
Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap

S. 81 **Abb. 34** **Kurzporträt Stadt Ludwigsburg**  
Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap

S. 82 **Abb. 35** **Kurzporträt Stadt Osnabrück**  
Quelle: Eigene Darstellung, Karte: OpenStreetMap

S. 83 **Abb. 36** **Gegenüberstellung der Städte anhand der Bewertungsskala in den Kurzporträts mit Darstellung des Auswahlbereichs**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 84 **Abb. 37** **Systematik der Stadtprofile inklusive Teiluntersuchungen**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 85 **Abb. 38** **Methodendiagramm „Stadträumliche Emotionskarte“**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 86 **Abb. 39** **Schrägluftansicht im 3D-Stadtmodell der Stadt Karlsruhe**  
Quelle: © Stadt Karlsruhe, Liegenschaftsamt

S. 87 **Abb. 40** **Räumliche Übersicht der Stadt Karlsruhe**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap

S. 89 **Abb. 41** **Strukturanalyse der Stadt Karlsruhe in Einzellayern**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap

S. 90 **Abb. 42** **Emotionsanalyse Karlsruhe: Versuchsaufbau und Ergebnisse der EmoCycling-Messungen aus dem Projekt Cape Reviso**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso

S. 91 **Abb. 43** **Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit prägenden Strukturelementen der Stadt Karlsruhe**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso

S. 92 **Abb. 44** **Themenkarte der Stoßrichtung „Urbane Nähe – Neue Wege der Erreichbarkeit“ im Räumlichen Leitbild der Stadt Karlsruhe**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Karlsruhe, 2016

S. 93 **Abb. 45** **Gesamtvisionsplan und Luppenbereich Karlstraße Nord mit Reallabor 2022 im Konzept „Platz für mehr“**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Karlsruhe et al., 2022

S. 94 **Abb. 46** **Übersicht der Quartiere, Transformationsziele und Maßnahmen im Projekt „City-Transformation“**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Karlsruhe Tourismus GmbH et al., n.d.; Stadt Karlsruhe, 2022; Fotografie oben links: © KME, Fotografie unten links: © Sebastian Heck

S. 95 **Abb. 47** **Aktionen MobiLab (links) und Parking Day (rechts) im Projekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“**  
Quelle: Eigene Darstellung nach KIT, n.d.; Fotografie links: © KAT, Fotografie rechts: © Quartier Zukunft, KIT

S. 96 **Abb. 48** **Schrägluftansicht im 3D-Stadtmodell der Stadt Osnabrück**  
Quelle: © Stadt Osnabrück, Fachdienst Geodaten, 2023

S. 97 **Abb. 49** **Räumliche Übersicht der Stadt Osnabrück**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap

S. 99 **Abb. 50** **Strukturanalyse der Stadt Osnabrück in Einzellayern**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap

S. 100 **Abb. 51** **Emotionsanalyse Osnabrück: Versuchsaufbau und Ergebnisse der EmoCycling-Messungen aus dem Projekt ESSEM**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM

S. 101 **Abb. 52** **Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit prägenden Strukturelementen der Stadt Osnabrück**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM

S. 102 **Abb. 53** **Innerstädtisches Alternativroutennetz zum Wallring (links) mit Maßnahmenkatalog (rechts) im Radverkehrsplan 2030**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück et al., 2017a, 2017b

S. 103 **Abb. 54** **Strategieplan (links) und Themenkarte (rechts) des Handlungsfelds „Kraftlinien“ im Städtebaulichen Masterplan Innenstadt**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück, 2019

S. 104 **Abb. 55** **Projekte des Innenstadtprogramms: Fassadenbemalung (links) im Rahmen des famOS Festivals 2022 und Mobiler Stadtgarten (rechts) am Domhof**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Stadt Osnabrück, 2023b; Fotografie links: © Aileen Rogge, Fotografie rechts: © Stadt Osnabrück

S. 106 **Abb. 56** **Auswahl potenzieller Fallstudien in der Untersuchungsstadt Karlsruhe**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso

S. 108 **Abb. 57** **Fallstudie K1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso

S. 109 **Abb. 58** **Fallstudie K1: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation**  
Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv

S. 110 **Abb. 59** **Fallstudie K2: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso

S. 111 **Abb. 60** **Fallstudie K2: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation**  
Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv

S. 113 **Abb. 61** **Auswahl potenzieller Fallstudien in der Untersuchungsstadt Osnabrück**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM

S. 115 **Abb. 62** **Fallstudie O1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM

S. 116 **Abb. 63** **Fallstudie O1: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation**  
Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv

S. 117 **Abb. 64** **Fallstudie O2: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle ESSEM

S. 118 **Abb. 65** **Fallstudie O2: Fotografische Annäherung an die stadträumliche Situation**  
Quelle: Eigene Darstellung, Fotografien: Eigenes Archiv

S. 120 **Abb. 66** **Stadtraum Osnabrück Dielingerstraße/Krahnstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv

S. 123 **Abb. 67** **Pool potenzieller Einflussfaktoren, nach Themengebieten geordnet**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 124 **Abb. 68** **Entscheidungsdiagramm zur Datenerhebung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 125 **Abb. 69** **Erste Skizze zur Datenerhebungsstrategie als Auszug von jeweils zwei Einflussfaktoren pro Themengebiet**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 127 **Abb. 70** **Entwicklung des Methodenbausteins „Stressorenabwicklung“**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 128 **Abb. 71** **Entwicklung des Methodenbausteins „Stressorenmatrix“**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 133 **Abb. 72** **Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 7 zum Thema Fassadengestaltung von Engelmann & Römersperger**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Haug, Zeile et al., 2023

S. 134 **Abb. 73** **Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 15 zum Thema Gerüche von Montnacher & Klein**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Haug, Zeile et al., 2023

S. 138 **Abb. 74** **Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 2 zum Thema Erschütterung von Mannherz, Markus & Dupont**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Haug et al., 2024

S. 139 **Abb. 75** **Testlauf-Ergebnis aus Arbeit 9 zum Thema Bewegungsraum von Hirschmann & Bichel**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Haug et al., 2024

S. 144 **Abb. 76** **Stadtraum Karlsruhe Erbprinzenstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv

S. 146 **Abb. 77** **Definition der Themengebiete, Untersuchungsfaktoren und Parameter**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 148 **Abb. 78** **360°-Ansicht des Kartenanbieters Apple Karten am Beispiel Karlsruhe**  
Quelle: Apple Karten, 2022

S. 156 **Abb. 79** **Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie K1**  
Fotografien: Eigenes Archiv

S. 157 **Abb. 80** Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie K1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 158 **Abb. 81** Stressorenmatrix Fallstudie K1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 164 **Abb. 82** Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie K2  
Fotografien: Eigenes Archiv

S. 165 **Abb. 83** Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie K2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 166 **Abb. 84** Stressorenmatrix Fallstudie K2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 172 **Abb. 85** Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie O1  
Fotografien: Eigenes Archiv

S. 173 **Abb. 86** Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie O1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 174 **Abb. 87** Stressorenmatrix Fallstudie O1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 180 **Abb. 88** Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Fallstudie O2  
Fotografien: Eigenes Archiv

S. 181 **Abb. 89** Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Grundgerüst der Stressorenabwicklung, Fallstudie O2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 182 **Abb. 90** Stressorenmatrix Fallstudie O2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 190 **Abb. 91** Einzel- und Gesamtauswertung des Stresszusammenhangs  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 194 **Abb. 92** Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie K1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 195 **Abb. 93** Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie K2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 196 **Abb. 94** Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie O1  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 197 **Abb. 95** Einzelauswertung der Wechselwirkungen, Fallstudie O2  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 198 **Abb. 96** Gesamtauswertung der Wechselwirkungen aller Untersuchungsfaktoren und Fallstudien  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 201 **Abb. 97** Visualisierung übergeordneter Stressphänomene  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 204 **Abb. 98** **Stadtraum Würzburg Eichhornstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv

S. 208 **Abb. 99** **Versuchsaufbau der Studie Super Testsite Würzburg**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datengrundlage Super Testsite

S. 210 **Abb. 100** **Studienergebnisse Super Testsite Würzburg: Emotionsanalyse**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite

S. 212 **Abb. 101** **Kontrollversuch W1: Räumliche Übersicht mit Markierung des Untersuchungsraums und der Bewegungslinie in Heatmap und Luftbild**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Super Testsite)

S. 216 **Abb. 102** **Fotografische Dokumentation des Stadtraums, Kontrollversuch W1**  
Fotografien: Eigenes Archiv

S. 217 **Abb. 103** **Übersetzung des räumlichen Grundgerüsts in das Gerüst der Stressorenabwicklung, Kontrollversuch W1**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 218 **Abb. 104** **Auszug Stressorenmatrix Kontrollversuch W1**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 222 **Abb. 105** **Auszug Konsistenzprüfung der Hypothese 1 im Kontrollversuch W1**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 225 **Abb. 106** **Ergebnisvergleich Super Testsite, Soundscapes, Teil 1: Klanglandschaften**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Sozialgeographie, JMU Würzburg

S. 226 **Abb. 107** **Ergebnisvergleich Super Testsite, Soundscapes, Teil 2: Lautstärken**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Sozialgeographie, JMU Würzburg

S. 227 **Abb. 108** **Ergebnisvergleich Super Testsite, Web Scraping Passantenfrequenz**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Super Testsite, Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik und Künstliche Intelligenz im Unternehmen, JMU Würzburg

S. 237 **Abb. 109** **Geoportal der Stadt Karlsruhe: Digitaler Zwilling mit 3D-Mesh**  
Quelle: Stadt Karlsruhe Liegenschaftsamt, 2022

S. 239 **Abb. 110** **Skizze zur automatisierten Übertragung kategorisierter Objekte in die Stressorenabwicklung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 240 **Abb. 111** **Strategie zur Implementierung der Methodik in der kommunalen Planung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 244 **Abb. 112** **Stadtraum Osnabrück Lortzingstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv

S. 260 **Abb. 113** **Stadtraum Karlsruhe Zähringerstraße**  
Fotografie: Eigenes Archiv



## TABELLENVERZEICHNIS

S. 43 **Tab. 1** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Verkehrsteilnehmer:innen und Verkehrs-dichten**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 45 **Tab. 2** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Lärmbelastung, Wetterverhältnisse, Fahr-bahnqualität und Überholabstände**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 47 **Tab. 3** **Status quo des Untersuchungsfaktors Überholabstände**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 47 **Tab. 4** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Oberflächenbeschaffenheit, Wartezeiten und Zeitverluste**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 49 **Tab. 5** **Status quo des Untersuchungsfaktors Gefahrensituationen**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 50 **Tab. 6** **Status quo des Untersuchungsfaktors Wartezeiten**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 52 **Tab. 7** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Verkehrsaufkommen, Führungsform, Über-holvorgänge und Kreuzungspunkte**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 53 **Tab. 8** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Bewegungslinien und Beinaheunfälle**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 54 **Tab. 9** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Infrastrukturmängel und Gefahrensituatio-nen**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 58 **Tab. 10** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Morphologie, Dichte, EG-Nutzung, Öffent-lichkeit, Versiegelung und Beleuchtung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 60 **Tab. 11** **Status quo der Untersuchungsfaktoren prägende Elemente und Orientierung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 61 **Tab. 12** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Wahrnehmung von Stadt & Landschaft und wahrnehmungsprägende Faktoren**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 63 **Tab. 13** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Zonierung & Nutzung öffentlicher Räume, Frequentierung, Bewegungslinien, Stadtmobiliar und Fassadengestaltung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 65 **Tab. 14** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Symbolik und Maßstäblichkeit**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 66 **Tab. 15** **Status quo der Untersuchungsfaktoren Morphologie, Zonierung und Fassadenge-staltung**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 71 **Tab. 16** **Datenübersicht der Heatmaps aus dem EmoCycling-Pool**  
Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquellen Cape Reviso und ESSEM

S. 148 **Tab. 17** **Information zu den verwendeten Aufnahmedaten der 360°-Ansichten des Kartenanbieters Apple Karten**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 149 **Tab. 18** **Rahmenbedingungen der durchgeführten Vor-Ort-Begehungen**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 209 **Tab. 19** **Übersicht der Untersuchungsfaktoren, Methoden und teilnehmenden Fachbereiche der Super Testsite Würzburg**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 214 **Tab. 20** **Information zu den verwendeten Aufnahmedaten verschiedener Anbieter**  
Quelle: Eigene Darstellung

S. 215 **Tab. 21** **Rahmenbedingungen der durchgeführten Vor-Ort-Begehungen**  
Quelle: Eigene Darstellung

## DATENQUELLEN

Als Grundlage für die Stressorenanalysen in den vier Fallstudien und dem Kontrollversuch wurde auf eine Reihe von Emotion-Sensing-Messdaten zurückgegriffen, die im Rahmen verschiedener Projekte und Kooperationen der Urban Emotions Initiative erhoben wurden. Die einzelnen Quellen sind jeweils im Text vermerkt und die verschiedenen Hintergründe und Settings der Messungen wurden bereits detailliert beschrieben.

In Ergänzung dazu werden in der folgenden Aufstellung weiterführende Informationen zu den betreffenden Projekten bereitgestellt.

### **ESSEM (Emotionswahrnehmung für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort)**

**Förderung:** BMDV im Rahmen des mFUND-Programms

**Förderkennzeichen:** 19F2195A

**Projektlaufzeit:** 01/2022 – 12/2024

**Projektpartner:** Universität Stuttgart  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Paris Lodron Universität Salzburg (PLUS)  
Stadt Osnabrück  
Outdooractive AG

**Kontakt:** Dr. Peter Zeile,  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

### **Cape Reviso (Cyclist and Pedestrians on Real and Virtual Shared roads)**

**Förderung:** BMDV im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP)

**Förderkennzeichen:** VB2013A-C

**Projektlaufzeit:** 07/2020 – 06/2023

**Projektpartner:** Höchleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Allgemeiner Deutscher Fahrradclub (ADFC)

**Kontakt:** Dr. Peter Zeile,  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

### **Super Testsite Würzburg**

**Förderung:** -

**Projektlaufzeit:** seit 06/2024

**Projektpartner:** Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU)  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**Kontakt:** Prof. Dr. Hannes Taubenböck,  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU)

## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Eidesstattliche Versicherung gemäß § 13 Absatz 2 Satz 2 Ziffer 3 der Promotionsordnung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) für die KIT-Fakultät für Architektur:

1. Bei der eingereichten Dissertation zu dem Thema „Stadtraumdiagnostik – Ein Methodenansatz zur ganzheitlichen Untersuchung von Stadträumen“ 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.

**Nina Marie Haug**

Karlsruhe, 01.03.2025

## DANKSAGUNG

Mit der Fertigstellung der Stadtraumdiagnostik geht eine intensive und prägende Zeit für mich zu Ende, in der mich einige Menschen aus meinem beruflichen und privaten Umfeld unterstützt haben. Mit dieser Danksagung möchte ich mich von Herzen bei diesen Wegbegleitern bedanken. Ohne eure Unterstützung wäre das Zustandekommen dieser Arbeit schlichtweg nicht möglich gewesen. Diese Arbeit ist auch eure Arbeit!

Mein besonderer Dank gilt vor allem Prof. Markus Neppl, von dessen umfassendem Erfahrungsschatz ich bereits seit meinem Masterstudium profitieren durfte und der diese Arbeit durch seine wertvollen Beiträge maßgeblich geprägt hat. Das Vertrauen, das er mir nicht nur für meine Forschungen im Rahmen dieser Arbeit, sondern auch für meine Tätigkeit an seinem Lehrstuhl in den vergangenen sechs Jahren entgegengebracht hat, hat mir unzählige Möglichkeiten eröffnet, für die ich sehr dankbar bin. Dabei verstand es Prof. Markus Neppl wie kein Zweiter, mich immer genau zum richtigen Zeitpunkt ins kalte Wasser zu werfen und mir dabei aber auch gleichzeitig stets seine volle Rückendeckung zu geben. Letztendlich glaube ich, dass es genau diese Mischung war, durch die ich gelernt habe, auf meine Fähigkeiten zu vertrauen, sie voll zu entfalten und meinen eigenen Weg zu gehen.

Ein großer Dank gilt auch meinen (ehemaligen) Kolleginnen und Kollegen des Fachgebiets Stadtquartiersplanung am KIT. Die Menschen, die mir dort in den letzten Jahren begegnet sind, haben mich auf besondere Weise inspiriert und darin bestärkt, diese Arbeit zu schreiben. Besonders erwähnen möchte ich hier Angelina Amoroso, Matthias Burgbacher, Simon Joa, Céline Schmidt-Hamburger, Maria Schweitzer, Dr. Matthias Stippich und Dr. Peter Zeile. Danke euch allen für diesen großartigen Zusammenhalt, den inspirierenden Austausch sowie die anregenden fachlichen und ausschweifenden privaten Diskussionen.

Speziell möchte ich meinem Kollegen Dr. Peter Zeile dafür danken, dass er mir die Tür zur Forschungswelt geöffnet und mich mit seiner Urban Emotions Initiative überhaupt erst zu diesem Thema inspiriert hat. Im Rahmen unserer jahrelangen Zusammenarbeit konnte ich mit seinem Rückhalt viele unterschiedliche Facetten der Forschung kennenlernen, ausprobieren und selbst gestalten. Danke für diese großartige Lernumgebung und dein Vertrauen!

Im Rahmen meiner Lehrtätigkeit am KIT hatte ich die Gelegenheit, in einigen Lehrveranstaltungen die ersten methodischen Ansätze meiner Forschung zu erproben. Die intensiven Diskussionen und die kreative Herangehensweise der teilnehmenden Studierenden waren für meine Arbeit ein wertvoller Input und eine große Motivation. Für diese einmalige Chance möchte ich mich bei Prof. Markus Neppl, Dr. Peter Zeile sowie allen teilnehmenden Studierenden herzlich bedanken.

Ein großes Dankeschön gilt außerdem Prof. Dr. Hannes Taubenböck, der dieser Arbeit als Zweitbetreuer mit seiner Begeisterung für das Thema, seinen präzisen Rückfragen und der Idee zur Kooperation mit dem Projekt Super Testsite Würzburg an entscheidender Stelle zu einer ganz neuen Dynamik verholfen hat. Unser Austausch war weitaus mehr, als ich mir je von einem Zweitbetreuer erhofft hatte, und hat mir und meiner Arbeit in den letzten Monaten noch einmal einen enormen Drive gegeben – vielen Dank dafür!

Dem gesamten Projektkonsortium der Super Testsite Würzburg möchte ich ebenfalls für die inspirierende und erkenntnisreiche Zusammenarbeit danken. Durch die ersten Projektergebnisse und die vielfältigen Einblicke in die Forschung der beteiligten Lehrstühle konnte diese Arbeit noch einmal deutlich an Tiefe gewinnen. Speziell möchte ich hier die Projektverantwortlichen der teilnehmenden Lehrstühle nennen. Danke an Prof. Dr. Carolin Biewer, Prof. Dr. Anne Böckler, Prof. Dr. Matthias Gamer, Prof. Dr. Gunther Gust, Dr. Dominik Kremer, Prof. Dr. Jürgen Rauh, Prof. Dr. Marco Schmidt, Dr. Birgit Sperlich, Prof. Dr. Hannes Taubenböck und Dr. Peter Zeile.

Mein größter Dank gilt jedoch meiner Familie und meinen Freunden, die mich mit ihrem unerschütterlichen Optimismus und ihrem Vertrauen in meine Fähigkeiten auch in schwierigen Zeiten motiviert haben, am Ball zu bleiben. Meinen Eltern, Karin und Gunter Haug, danke ich von Herzen dafür, dass sie mir in meinem Leben alles ermöglicht und mir dabei stets die Freiheit gelassen haben, meine eigenen Entscheidungen zu treffen. Ihr aufrichtiger Stolz und ihre ehrliche Begeisterung für das, was ich tue, berühren mich zutiefst und haben mich in der Vergangenheit nicht selten dazu inspiriert, über mich hinauszuwachsen. In diesem Zusammenhang möchte ich auch meinem Bruder Max Haug danken, der mir mit seiner Diplomatie und seinem gesunden Blick von außen in schwierigen Situationen immerzu eine wertvolle Stütze war und ist.

Von ganzem Herzen bedanke ich mich außerdem bei meinem Partner Jonas Paustian, der meinen Sorgen auch in herausfordernden Phasen stets mit der nötigen Leichtigkeit begegnet ist und es immer wieder geschafft hat, ein wenig weiße Farbe beizumischen, wenn wieder alles schwarz gemalt wurde. Danke, Jonas, für deine Liebe, dein Verständnis und die Kraft, die du mir tagtäglich gibst. Gemeinsam können wir wirklich alles schaffen!

Nicht zuletzt gebührt meiner mittlerweile 93-jährigen Großmutter Anna Gretchen Haug („Oma Gretel“) ein ganz besonderer Dank für alles, was sie mir auf meinen Weg mitgegeben hat. Wer bereits das Glück hatte, diese außergewöhnliche Frau mit ihrer beeindruckenden Lebensgeschichte und unerschütterlichen Willenskraft kennenzulernen, wird sofort verstehen, warum gerade ihr der krönende Abschluss dieser Danksagung gebührt. Oma, du hast mit deinem „Die muss in die Forschung!“ wohl doch (mal wieder) Recht behalten!

